

建築研究資料

Building Research Data

No.145

August 2013

建築物の長期使用に対応した 外装・防水の品質確保ならびに 維持保全手法の開発に関する研究

Development of the Quality Securing and Maintenance Method for
Exterior Finishing Materials and Water Proofing Membranes of
Buildings and Housing under Long-term Use

古賀純子、根本かおり、濱崎仁、鹿毛忠継、
本橋健司、大久保孝昭、田中享二

Junko KOGA, Kaori NEMOTO, Hitoshi HAMASAKI, Tadatsugu KAGE,
Kenji MOTOHASHI, Takaaki OHKUBO and Kyoji TANAKA

独立行政法人 建築研究所

Published by

Building Research Institute

Incorporated Administrative Agency, Japan

はしがき

持続可能な社会の実現のため、“建築物を長期にわたり良好な状態で使用する”ことを実現するための具体的方策の提案は、建築分野に与えられた大きな課題である。「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」が平成 21 年に施行されるなど、住宅・建築物の長期使用の推進が望まれている。

材料分野においては、住宅や建築物の長期使用に向けた課題として、材料や構造物自体の耐久性の確保・向上及び使用される材料・部材の耐久計画に基づき、適切な維持保全が実施され、必要な性能が維持されることが挙げられる。このうち外装や防水等の仕上げについては、構成材料・部材自体の耐久性向上よりも、適切な維持管理、補修・改修を行うことが住宅や建築物の長寿命化において重要な課題である。

独立行政法人建築研究所では、重点的研究開発課題として、平成 21 年度より平成 22 年度において「建築物の長期使用に対応した材料・部材の品質確保・維持保全手法の開発に関する研究」を実施した。同課題では、「建築物の長期使用に対応した材料・部材の品質確保・維持保全手法の開発に関する検討委員会」（委員長：友澤史紀 東京大学名誉教授）を設置して産官学の知見を集結させ検討を行った。本報告は、同検討委員会のうち、「外装分科会」（主査：本橋健司 芝浦工業大学教授）における外装及び防水に関する成果をとりまとめた報告書（平成 23 年 3 月）について、一定期間精査を行い新たに建築研究資料としてとりまとめたものである。本成果は、旧建設省建築研究所で過去に実施した「建築物の耐久性向上技術の開発」（通称；耐久性総プロ、1980 年～1984 年）の成果を踏まえ、大きく変化した建築をとりまく技術や社会的状況を鑑み、適宜見直しを行いデータの更新や補完を実施した。

建築物の設計や維持保全に携わる関係各位に広く閲覧、活用いただき、建築物の長寿命化、長期にわたる使用に寄与することを期待する。

平成 25 年 8 月

独立行政法人 建築研究所 理事長
坂本 雄三

検討体制

「建築物の長期使用に対応した材料・部材の品質確保・維持保全手法の開発
に関する検討委員会」外装分科会委員名簿（平成 23 年 3 月時点）

外装分科会

主査	本橋 健司	芝浦工業大学工学部 教授
委員	田中 享二	東京工業大学応用セラミックス研究所 教授
	大久保孝昭	広島大学大学院工学研究院 教授
	興石 直幸	早稲田大学理工学術院 教授
	名取 発	東洋大学大学院福祉社会デザイン研究科 准教授
	長谷川拓哉	北海道大学大学院工学研究院 准教授
	黒崎 一昭	国土交通省大臣官房官庁営繕部 課長補佐
	榆木 堯	(財)ベターリビングつくば建築試験研究センター(H22年3月～)
	犬飼 達雄	(財)ベターリビングつくば建築試験研究センター 部長
	渡邊 聡	(財)日本建築総合試験所
	山本 一郎	(独)都市再生機構 住宅経営部ストック活用技術チーム 主幹 (～H22年6月)
	佐藤 治	(独)都市再生機構 住宅経営部ストック活用技術チーム 主幹 (H22年7月～)
	小川 晴果	(株)大林組 技術研究所 上席研究員
	大澤 悟	(株)竹中工務店 技術研究所 主任研究員
	小野 正	清水建設(株) 技術研究所生産技術センター 上席研究員
大島 明	(財)建材試験センター中央試験所 上席主幹	
井上 照郷	日本建築仕上材工業会 事務局長	
川島 敏雄	(社)日本塗装工業会 常務理事	
古市 光男	日本防水材料連合会	
松田 健一	(社)全国防水工事業協会 統括主管	
事務局	鹿毛 忠継	(独)建築研究所材料研究グループ 上席研究員
	古賀 純子	(独)建築研究所材料研究グループ 主任研究員
	濱崎 仁	(独)建築研究所材料研究グループ 主任研究員
	根本 かおり	(独)建築研究所建築生産研究グループ 研究員
	脇山 善夫	(独)建築研究所建築生産研究グループ 主任研究員
	工藤 瑠美	(独)建築研究所長期優良住宅評価室 専門研究員(～H22年9月)

外壁 WG1 委員名簿

主査	本橋 健司	芝浦工業大学工学部 教授
委員	長谷川拓哉	北海道大学大学院工学研究院准教授
	久保田 浩	大成建設(株)技術センター
	添田 智美	(株)フジタ技術センター
	大澤 悟	(株)竹中工務店 技術研究所 主任研究員
	大島 明	(財)建材試験センター 中央試験所 上席主幹
	井上 照郷	日本建築仕上材工業会 常務理事
	川島 敏雄	(社)日本塗装工業会 常務理事
	曾我 元昭	(社)日本塗料工業会 (～H22年4月)
	田村 昌隆	(社)日本塗料工業会 (H22年6月～)
事務局	古賀 純子	(独)建築研究所材料研究グループ 主任研究員
	濱崎 仁	(独)建築研究所材料研究グループ 主任研究員
	根本 かおり	(独)建築研究所建築生産研究グループ 研究員
	工藤 瑠美	(独)建築研究所長期優良住宅評価室 専門研究員

(～H22年9月)

外壁 WG2 委員名簿

主査	本橋 健司	芝浦工業大学工学部 教授
委員	長谷川拓哉	北海道大学大学院工学研究院 准教授
	黒崎 一昭	国土交通省大臣官房官庁営繕部整備課 課長補佐
	小川 晴果	(株)大林組 技術研究所 生産技術研究部 上席研究員
	山本 一郎	(独)都市再生機構 住宅経営部ストック活用技術チーム 主幹
		(～H22年6月)
	佐藤 治	(独)都市再生機構 住宅経営部ストック活用技術チーム 主幹
		(H22年7月～)
	名越 寿一	日本総合住生活(株)技術開発研究所 (～H22年7月)
	松川 忠文	日本総合住生活(株)技術開発研究所 グループリーダー
		(H22年8月～)
	横田 裕司	全日本外壁ピンネット工事業協同組合
	渡辺 清彦	全国ビルリフォーム工事業協同組合
	渡部 秀晴	日本樹脂施工協同組合
	橋向 秀治	日本接着剤工業会
	地頭菌 博	低圧樹脂注入工法協議会
	小笠原和博	(社)全国タイル業協会
	鈴木 光	(社)日本左官業組合連合会

	大久保藤和	太平洋マテリアル（株）技術開発本部技術部
	守屋 善裕	日本化成（株）技術開発本部 技術部
事務局	根本 かおり	（独）建築研究所建築生産研究グループ 研究員
	古賀 純子	（独）建築研究所材料研究グループ 主任研究員
	濱崎 仁	（独）建築研究所材料研究グループ 主任研究員
	工藤 瑠美	（独）建築研究所長期優良住宅評価室 専門研究員

（～H22年9月）

外壁 WG3 委員名簿

主査	大久保孝昭	広島大学大学院工学研究科 教授
委員	長谷川拓哉	北海道大学大学院工学研究院 准教授
	高倉 智志	公益社団法人 ロングライフビル推進協会 課長代理
	小野 正	清水建設（株）上席研究員
	邑橋 将男	押出成形セメント板協会
	細田 吉大	（株）ノザワ 技術本部 開発部
	塩出 有三	ALC 協会
	渡部 紀夫	板硝子協会
	宝田 均	建築改装協会
	横谷 功	建築改装協会
	牧野 雅彦	日本シーリング材工業会
	青木 一夫	建築ガasket工業会
	佐々木哲也	一般社団法人プレコンシステム協会（H22年3月～）
事務局	根本 かおり	（独）建築研究所建築生産研究グループ 研究員
	古賀 純子	（独）建築研究所材料研究グループ 主任研究員
	濱崎 仁	（独）建築研究所材料研究グループ 主任研究員
	工藤 瑠美	（独）建築研究所長期優良住宅評価室 専門研究員（～H22年9月）

防水 WG 委員名簿

主査	田中 享二	東京工業大学応用セラミックス研究所 教授
委員	興石 直幸	早稲田大学理工学術院 教授
	清水 市郎	（財）建材試験センター 上級専門職
	中沢 裕二	アスファルトルーフィング工業会
	星野 隆	アスファルトルーフィング工業会
	七牟禮博幸	アスファルトルーフィング工業会
	吉岡 孝治	合成高分子ルーフィング工業会
	中村 修治	合成高分子ルーフィング工業会

	前田 悟郎	合成高分子ルーフィング工業会
	若林 秀幸	日本ウレタン建材工業会
	田中 基樹	日本ウレタン建材工業会
	鈴木 博	日本ウレタン建材工業会
	石黒 義治	日本ウレタン建材工業会
	伊勢 寿文	トーチ工法ルーフィング工業会
	古市 光男	トーチ工法ルーフィング工業会
	大野 晴巳	トーチ工法ルーフィング工業会
	鈴木 宏一	FRP 防水材工業会
	若杉 幸吉	FRP 防水材工業会
	小杉 雅隆	FRP 防水材工業会
	柿島 孝男	三晃金属工業（株）（～H22年3月）
	秋山 貴之	三晃金属工業（株）
	牧野 雅彦	日本シーリング材工業会
事務局	古賀 純子	（独）建築研究所材料研究グループ 主任研究員
	根本 かおり	（独）建築研究所建築生産研究グループ 研究員
	工藤 瑠美	（独）建築研究所長期優良住宅評価室 専門研究員（～H22年9月）

目次

	頁
1. はじめに	1
2. 外装塗り仕上げ	
2.1 はじめに	2
2.2 外装塗り仕上げの耐久設計に係る技術資料	2
2.2.1 外装塗り仕上げの種類・工法	2
2.2.2 外装塗り仕上げの耐久設計に関する考え方	6
2.2.3 建築用仕上塗材の中性化抑制効果	11
2.2.4 材料規格における外装塗り仕上げ材の劣化区分に関する調査	15
2.2.5 リファレンスサービスマイフの提案	19
2.2.6 まとめ	25
2.3 既存建築物の外装塗り仕上げの維持保全手法	28
2.3.1 既往の外装塗り仕上げの劣化診断方法に関する調査	28
2.3.2 既存建築物の外装塗り仕上げの劣化診断における 標準パターン写真の整備	36
2.3.3 既存建築物の外装塗り仕上げの補修・改修技術	61
2.4 まとめ	71
3. 外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げ	
3.1 はじめに	72
3.2 外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げの補修・ 改修技術の概要と課題	72
3.2.1 外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げの補修・ 改修技術の概要	72
3.2.2 外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げの補修・ 改修技術の課題	84
3.2.3 前期研究における問題点のまとめおよび 後期研究における計画	113
3.3 外壁複合改修構工法(ピンネット工法)施工箇所の補修・改修	117
3.3.1 はじめに	117
3.3.2 研究概要	117
3.3.3 外壁複合改修構工法による改修外壁の経年劣化の整理	120
3.3.4 外壁複合改修構工法で改修された外壁の劣化調査・診断基準の考え方	135
3.3.5 外壁複合改修構工法の補修・改修の考え方	137
3.3.6 外壁複合改修構工法の課題	138

	頁
3.4 タイル直張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法	140
3.4.1 はじめに	140
3.4.2 タイル直張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法選定フローについて	140
3.4.3 タイル直張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法選定フローの概要	142
3.4.4 選定フローに関する浮き部改修の技術的課題	145
3.5 注入口付アンカーピンについて	147
3.5.1 はじめに	147
3.5.2 注入口付アンカーピンの品質	147
3.5.3 注入口付アンカーピンの種類	148
3.5.4 注入口付アンカーピンの課題と展望	152
3.6 まとめ	152
4. 外壁を構成する各種乾式パネルおよびパネル間の防水材料	
4.1 適用範囲	153
4.2 各種外装材の現状	154
4.2.1 プレキャストコンクリートカーテンウォール	155
4.2.2 アルミ外装材	164
4.2.3 板ガラス	171
4.2.4 ALCパネル	177
4.2.5 押出成形セメント板	183
4.2.6 シーリング材	194
4.2.7 ガスケット	210
4.2.8 今後の課題	217
4.3 写真等事例による劣化判定に活用する見本帳	220
4.4 外壁の耐久設計事例の紹介	251
4.4.1 長寿命化に資する目地・接合部の施工事例(シーリング及びガスケット).....	251
4.5 外装カーテンウォール・パネル・サッシおよび外壁接合部の長寿命化のための 要因整理	257
4.6 まとめ	270
5. 防水	
5.1 はじめに	271
5.2 防水の耐久設計に係る技術資料の整備	272
5.2.1 防水の種類・工法	272
5.2.2 防水の劣化現象と要因	277

	頁
5.2.3 防水の耐用年数	282
5.2.4 メンブレン防水の屋外暴露試験体の劣化状態の確認.....	309
5.2.5 まとめ	311
5.3 既存建築物の防水の維持保全手法	315
5.3.1 はじめに	315
5.3.2 メンブレン防水層の維持保全手法	315
5.3.3 メンブレン防水層の補修・改修技術	334
5.3.4 シーリング防水の維持保全手法	346
5.4 まとめ	356
別添資料A 仕上塗材及び塗料の耐用年数の推定式のための係数の考え方	357
別添資料B 外装塗料・仕上塗材のリファレンス耐用年数に関する調査研究 調査経過	359
別添資料C 中性化評価研究会調査結果	373
別添資料D 注入口付アンカーピンの品質・性能基準	377
別添資料E 躯体及び外装の改修に関する認証を受けた技術	383
別添資料F 外壁複合改修構工法について	384
別添資料G 外壁複合補修工法・外壁複合補修の性能試験方法	389
別添資料H 外壁複合改修構工法(ピンネット工法)	393
別添資料I 千葉市の物件 既存外壁複合改修構工法施工部分補修方法(案).....	395
別添資料J 外壁複合改修構工法の施工手順および品質監理項目(案)	399
別添資料K 防水層の生産量に係る工業会資料	400
別添資料L 仕様書掲載仕様(新築工法)の一覧及び変遷	404
別添資料M 性能評価試験の概要及び判定基準	405
別添資料N メンブレン防水層の劣化度の分類、診断の判断基準	406
別添資料O シーリング防水の劣化度の分類	407

建築物の長期使用に対応した外装・防水の品質確保ならびに
維持保全手法の開発に関する研究

古賀純子*1、根本かおり*2、濱崎仁*1、鹿毛忠継*2、
本橋健司*3、大久保孝昭*4、田中享二*5

概要

持続可能な社会の構築の一環として建築物を長期にわたり良好な状態で使用することを
実現するため、外装や防水等の仕上げについては、構成材料・部材自体の耐久性向上もさ
ることながら、適切な維持管理、補修・改修を行うことが重要な課題である。

本研究は建築物の長期使用に対応した材料・部材の品質確保・維持保全手法の開発に関
する研究の一環として行った、外装仕上げ及び防水分野の検討結果をとりまとめたもので
ある。鉄筋コンクリート造建築物の仕上塗材・塗料、タイル張り仕上げ・モルタル塗仕上
げ、外壁カーテンウォール等、メンブレン防水・シーリング防水を対象とし、リファレン
ス・サービスマニュアルの提案、経年劣化の体系化、劣化度判定に使用する標準パターン写真
の整備等を行った。本研究は終了後 25 年余を経過した既往の研究「建築物の耐久性向上技
術の開発」（以下耐久性総プロ、建築研究所、1980～1984 年）の成果について、現状の技
術や社会的状況に適合できるよう見直すことも目的としており、一部の成果は耐久性総プ
ロの成果を基に検討を行ったものである。

*1 独立行政法人建築研究所 材料研究グループ

*2 国土交通省国土技術政策総合研究所 建築研究部

*3 芝浦工業大学工学部教授

*4 広島大学大学院 工学研究科教授

*5 東京工業大学 名誉教授

Development of the Quality Securing and Maintenance Method
for Exterior Finishing Materials and Water Proofing Membranes
of Buildings and Housing under Long-term Use

by

Junko KOGA^{*1}, Kaori NEMOTO^{*2}, Hitoshi HAMASAKI^{*1}, Tadatsugu KAGE^{*2},
Kenji MOTOHASHI^{*3}, Takaaki OHKUBO^{*4} and Kyoji TANAKA^{*5}

ABSTRACT

Long-term use of buildings and housings is necessary to achieve a sustainable society. For exterior finishing materials and water proofing membranes, it is more important to adequate maintenance and repair than to improve durability of materials.

In this research, the result of development of the maintenance method of exterior finishing materials and water proofing membranes for long-term use of buildings and housing is reported. Examination objects are coating materials for textured finishes of buildings, coating materials, tile finishes, mortar coating finishes, exterior curtain walls, water proofing membranes and sealants. reference service life of some finishing materials , schematizing of deterioration of some exterior system and standard deterioration sample of some finishing materials are major results. This research is based on the results of previous research “Development on durability improvement study of buildings” by Building Research Institute (1980-1984).

*1 Department of Building Materials and Components, Building Research Institute

*2 Building Department, National Institute for Land and Infrastructure Management,
Ministry of Land Infrastructure, Transport and Tourism

*3 Prof., Shibaura Institute of Technology

*4 Prof., Hiroshima Univ.

*5 Prof. emeritus, Tokyo Institute of Technology

1. はじめに

持続可能な社会の実現のため、「建築物を長期にわたり良好な状態で使用する（建築物の長期使用）」ことを実現するための具体的方策を提案することは、建設分野に与えられた大きな命題であるが、材料や構造物自体の耐久性の確保・向上は特に重要であり、必要不可欠である。また、同時に、使用される材料・部材の耐久計画に基づき、適切な維持保全が実施され、耐久性の維持が図られるとともに、建物の生産や維持保全に関する情報を必要となるときに活用できる環境を整備する必要がある。

旧建設省建築研究所では、「建築物の耐久性向上技術の開発」（通称；耐久性総プロ）を1980年度から5年間実施し、劣化診断・補修交換・耐久設計の指針を提示し、建築物の耐久性の向上に一定の役割を果たした。同プロジェクトから25年余を経過した現在、建築をとりまく社会的状況、技術は大きく変化したため、データの更新や社会的状況の変化等への対応を行う必要がある。

このため、独立行政法人建築研究所では、重点的研究開発課題として、「建築物の長期使用に対応した材料・部材の品質確保・維持保全手法の開発に関する研究」を実施し、「建築物の長期使用に対応した材料・部材の品質確保・維持保全手法の開発に関する検討委員会」（委員長：友澤史紀 東京大学名誉教授）設置して検討をおこなった。本書は、同委員会のうち、外装分科会の成果をとりまとめたものである。

外装分科会では、外装仕上げのうち主として仕上塗材、タイル等湿式仕上げ、外装パネル等乾式仕上げ、及び防水を対象とし、以下を実施した。

①外装仕上げの耐久設計に係る技術資料に関する調査

耐久性総プロ以降、外装仕上げの材料、工法、仕様等は大きく変化した。これらの新しい工法等を中心に、劣化の原因と現象、劣化の定量的把握手法、耐用年数、耐用年数の予測手法等の実態を調査する。建材メーカーや業界団体等が個々に所有している情報、データ等を収集・整理し、現状における総括を行うと共に、今後の建築物の超長期使用を想定した耐久設計の課題と展望をとりまとめた。

②外装仕上げの維持管理指針の提示

建築物の長期、超長期使用にあたり、外装仕上げについては、外装仕上げそのものの長寿命化よりも、適切な維持管理が特に重要である。①で得た劣化や耐用年数等のデータを基に、長期・超長期使用に適合した外装仕上げの維持管理方法の提案を行った。

2. 外装塗り仕上げ

2.1 はじめに

本節では、主として鉄筋コンクリート造の外壁仕上げのうち、外装塗り仕上げ、つまり建築用仕上塗材及び塗料の耐久設計及び維持保全計画に資する技術資料の整備のために行った検討の結果を報告する。

耐久設計に資する技術資料としては、基礎的情報となる外装塗り仕上げの種類・工法並びに近年の関連研究を整理するとともに、耐久性総プロ当時に示された外装塗り仕上げの標準耐用年数について、近年の既往研究の成果を基に、現状に対応するリファレンスサービスライフ(案)として提案する。

維持保全計画に資する技術資料としては、外装塗り仕上げの劣化診断に用いる標準パターン写真の整備並びに補修・改修手法の選定に用いる外装塗り仕上げの既存塗膜と改修層、シーリングの適合について整理を行う。

2.2 外装塗り仕上げの耐久設計に係る技術資料

2.2.1 外装塗り仕上げの種類・工法

(1) 調査対象

外装塗り仕上げの種類により、劣化現象や要因が異なるため、外装塗り仕上げの種類を把握することは耐久設計を検討する上で重要である。また、メンテナンスや改修方法もこれらの種類により異なるため、仕様の種類の把握が必要となる。

本報告書では、日本工業規格(JIS)及び公的な仕様書のうち「公共建築工事標準仕様書 平成22年版(国土交通省)」¹⁾、「建築工事標準仕様書・同解説 JASS18 塗装工事((社)日本建築学会、2006年版)」²⁾、「建築工事標準仕様書・同解説 JASS23 吹付け工事((社)日本建築学会、2006年版)」³⁾を対象とし、規定されている内容を整理した。

なお、既存建築物の外壁改修において、既存の仕上げ層の種類把握は適切な改修工法の選定のために有効である。改修時に、設計図書や改修記録等の保管がなされておらず書類による確認が出来ないこともあるため、過去の一般的な工法を資料により確認できれば有用な資料となる。

(2) 建築用仕上塗材の種類・工法

建築用仕上塗材は、JIS A 6909:2003(建築用仕上塗材)⁴⁾で規定されている。国土交通省の「公共建築工事標準仕様書 平成22年版」¹⁾では、表2.1に示す仕上塗材について、形状、工法、所要量と塗り回数を規定している。表2.1中、「建築工事標準仕様書・同解説 JASS23 吹付け工事((社)日本建築学会、2006年版)」³⁾に同等の仕様がある場合については、「JASS23 (2006)」欄に○を付した。

(3) 塗料の種類・工法

建築物の外装に用いられる塗料は、その種類ごとにJISで規定されており、その一覧は2.2.4「材料規格における外装塗り仕上げの劣化区分に関する調査」で述べるため、ここでは割愛する。

国土交通省の「公共建築工事標準仕様書 平成22年版」¹⁾では、“建築物内外部のコンクリート、

木部、金属、ボード類、モルタル等の素地に塗装を施す工事”について適用する塗装工事について規定されている。表2.2に、鉄筋コンクリート造の外壁を想定し、コンクリート面及びモルタル面に適用される塗装を示す。各塗装について、工程毎に塗料の規格、塗付け量が示されている。また、「建築工事標準仕様書・同解説 JASS18 塗装工事((社)日本建築学会、2006年版)」²⁾においては金属系素地面、セメント系素地およびせっこうボード素地面、木質系素地面についてそれぞれ仕様を規定している。セメント系素地およびせっこうボード素地面に適用可能な塗装の種類を表2.3に示す。同仕様書では、各塗装仕様について工程、希釈割合、塗付け量、工程間隔時間等を規定している。

表2.1 建築用仕上塗材の種類、仕上げの形状及び工法(1/2) 4)

種類	呼び名	仕上の形状	工法	所要量(kg/m ²)		塗り回数	JASS23(2006)	
				下塗材 主材	(注) ¹ 0.1以上 1.0以上			
薄付け仕上塗材	外装薄塗材Si	砂壁状 ゆず肌状	吹付け	下塗材 主材	(注) ¹ 0.1以上 1.0以上	1 2	—	
		ゆず肌状 さざ波状	ローラー塗り	下塗材 主材	(注) ¹ 0.1以上 0.6以上	1 1~2 (注) ⁴	—	
	可とう形外装薄塗材Si	砂壁状 ゆず肌状	吹付け	下塗材 主材	0.1以上 1.2以上	1 2	—	
		ゆず肌状 さざ波状	ローラー塗り	下塗材 主材	0.1以上 1.2以上	1 1~2	—	
	外装薄塗材E	砂壁状 ゆず肌状	吹付け	下塗材 主材	(注) ¹ 0.1以上 1.0以上	1 2	○	
		平坦状 凹凸状	こて塗り	下塗材 主材	(注) ¹ 0.1以上 0.6以上	1 1~2 (注) ⁴	—	
		ゆず肌状 さざ波状	ローラー塗り				○	
		着色骨材砂壁状	吹付け こて塗り	下塗材 主材	(注) ¹ 0.1以上 0.9以上	1 2 1~2	○ —	
	可とう形外装薄塗材E	砂壁状 ゆず肌状	吹付け	下塗材 主材	0.1以上 1.2以上	1 2	○	
		平坦状 凹凸状	こて塗り	下塗材 主材	0.1以上 1.2以上	1 1~2 (注) ⁴	—	
		ゆず肌状 さざ波状	ローラー塗り				○	
	防水形外装薄塗材E	ゆず肌状 さざ波状	ローラー塗り	下塗材 増塗材 主材基層 主材模様	0.1以上 0.7以上 1.0以上 0.4以上	1 1 1~2 (注) ⁴	○ ○	
		凹凸状	吹付け					
	外装薄塗材S	砂壁状	吹付け	下塗材 主材	(注) ¹ 0.1以上 0.6以上	1 1~2	○	
	厚付け仕上塗材	外装厚塗材C	吹放し 凸部処理	吹付け	下塗材 主材基層 主材模様 上塗材	0.1以上 3.0以上 2.0以上 0.3以上	1 1 1 2	○
			平たん状 凹凸状 ひき起こし かき落とし	こて塗り	下塗材 主材 上塗材	(注) ¹ 0.1以上 5.0以上 (注) ³ 0.3以上	1 1~2 (注) ⁴ 2	—
外装厚塗材Si 外装厚塗材E		吹放し 凸部処理	吹付け	下塗材 主材基層 主材模様 上塗材	(注) ³ 0.1以上 1.5以上 1.5以上 0.3以上	1 1 1 2	○	
		平たん状 凹凸状 ひき起こし	こて塗り ローラー塗り	下塗材 主材 上塗材	(注) ¹ 0.1以上 3.0以上 (注) ³ 0.3以上	1 1~2 (注) ⁴ 2	—	
複層仕上塗材	複層塗材CE 複層塗材Si 複層塗材E 複層塗材RE	凸部処理 凹凸模様	吹付け	下塗材 主材基層 主材模様 上塗材	0.1以上 0.7以上 0.8以上 0.25以上	1 1 1 2	○	
		ゆず肌状	ローラー塗り	下塗材 主材 上塗材	0.1以上 1.0以上 0.25以上	1 1~2 (注) ⁴ 2	○	
	可とう形複層塗材CE	凸部処理 凹凸模様	吹付け	下塗材 主材基層 主材模様 上塗材	0.1以上 1.0以上 0.5以上 0.25以上	1 1~2 (注) ⁴ 1 2	○	
		ゆず肌状	ローラー塗り	下塗材 主材 上塗材	0.1以上 1.0以上 0.25以上	1 1~2 (注) ⁴ 2	○	

表2.1 仕上塗材の種類、仕上げの形状及び工法(2/2) 4)

種類	呼び名	仕上の形状	工法	所要量(kg/m ²)		塗り回数	JASS23 (2006)
複層仕上塗材	複層塗材RS	凸部処理 凹凸模様	吹付け	下塗材	0.1以上	1	○
				主材基層	0.6以上	1	
				主材模様	0.6以上	1	○
				上塗材	0.25以上	2	
		ゆず肌状	ローラー塗り	下塗材	0.1以上	1	○
				主材	0.6以上	1~2 (注) 4	
			上塗材	0.25以上	2		
	防水形複層塗材CE 防水形複層塗材E 防水形複層塗材RE 防水形複層塗材RS	凸部処理 凹凸模様	吹付け	下塗材	0.1以上	1	○
			増塗材 (注) 2	0.9以上	1		
		ゆず肌状	ローラー塗り	主材基層	1.7以上	2	○
				主材模様	0.9以上	1	
				上塗材	0.25以上	2	
軽量骨材仕上塗材	吹付用軽量塗材	砂壁状	吹付け	下塗材	0.1以上	1	○
				主材	厚5mm以上	1~2	
	こて塗用軽量塗材	平坦状	こて塗り	下塗材	0.1以上	1	-
				主材	厚3mm以上	1~2	

- (注) 1. 下塗材を省略又は専用の下地調整材を用いる場合は、仕上塗材製造所の指定による。
 2. 適用は特記による。
 3. セメントスタッコ以外の塗材の場合は、特記による。
 4. 塗り回数は、仕上塗材製造所の指定による。
 5. 工法欄の吹付け、ローラー塗り及びこて塗りは、主材の塗付けに適用する。
 6. 所要量は、被仕上塗材仕上げ面単位面積当たりの仕上塗材（希釈する前）の使用質量とする。
 7. 複層仕上塗材の上塗りが、メタリックの場合の所要量及び塗り回数は、所要量0.4kg/m²以上とし、塗り工程を3回以上とし、第1回目はクリヤー又は、メタリックと同系色のエナメルを塗り付け、最上層はクリヤーとする。

表 2.2 コンクリート面、モルタル面に適用される 塗装工法¹⁾ 表 2.3 セメント系素地およびせっこうボード素地面 塗装²⁾

アクリル樹脂エナメル塗り (AE)
2液形ポリウレタンエナメル塗り (2-UE)
アクリルシリコン樹脂エナメル塗り (2-ASE)
常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル塗り (2-FUE)
つや有合成樹脂エマルジョンペイント塗り (EP-G)
合成樹脂エマルジョンペイント塗り (EP)
マスチック塗材塗り

アクリル樹脂ワニス塗り (AC)
2液形ポリウレタンワニス塗り (2-UC)
アクリルシリコン樹脂ワニス塗り (2-ASC)
常温乾燥形ふっ素樹脂ワニス塗り (2-FUC)
塩化ビニル樹脂エナメル塗り (VE)
アクリル樹脂エナメル塗り (AE)
アクリル樹脂系非水分散形塗料塗り (NADE)
2液形ポリウレタンエナメル塗り (2-UE)
弱溶剤系2液形ポリウレタンエナメル塗り (LS2-UE)
アクリルシリコン樹脂エナメル塗り (2-ASE)
常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル塗り (2-FUE)
2液形エポキシ樹脂エナメル塗り (2-XE)
合成樹脂エマルジョンペイント塗り (EP)
つや有り合成樹脂エマルジョンペイント塗り (EP-G)
ポリウレタンエマルジョンペイント塗り (UEP)
合成樹脂エマルジョン模様塗料塗り (EP-T)
多彩模様塗料塗り (EP-M)

2.2.2 外装塗り仕上げの耐久設計に関する考え方

(1) 建築研究所の既往の研究

旧建設省建築研究所では、建設省総合技術開発プロジェクト「建築物の耐久性向上技術の開発」(以下、「耐久性総プロ」)を1980年から5年間実施した。「耐久性総プロ」で検討された指針と解説は、「外装仕上げの耐久性向上技術」⁵⁾として出版され、外装塗り仕上げについては同出版物の第1編「外装塗り仕上げ」として、その成果がまとめられている。

「耐久性総プロ」で提示された指針と解説を表2.4に示す。

表2.4 耐久性総プロで提示された指針

劣化診断指針
補修指針
施工管理指針
維持保全指針
耐久設計指針

このうち、耐久設計指針では、建築用仕上塗材、塗料の耐用年数の推定方法が定められている。同指針における耐用年数は、「塗り仕上げ面が劣化外力により、機能・性能が低下し、通常の修繕や一部分の補修では許容できる限界まで回復することができなくなり、施工後最初に修繕を行う時期」と定義された。

さらに、推定耐用年数は式2.1により求めることとされた。

$$Y=Y_s \times O \times D \times B \times C \times M \quad (\text{式 2.1})$$

Y	Y _s : 標準耐用年数
	O: 材料による係数
	D: 地域環境による係数
	B: 部位による係数
	C: 施工水準による係数
	M: 維持保全による係数

標準耐用年数及び各係数についてもそれぞれ定められている。[別添資料A] に各係数の一覧を示す。

標準耐用年数は、表2.5に示す区分毎に示されている。

表2.5 「耐久性総プロ」で示された標準耐用年数

区分	外装塗り仕上材の種類		標準耐用年数 (年)
	例	JIS番号*	
塗料	アクリル樹脂エナメル	K 5654	6
薄付け仕上塗材	合成樹脂エマルジョン系リシン	A 6909	7
複層仕上塗材	アクリル系複層塗材E	A 6910	10
	アクリル系伸長形複層塗材E	A 6910	10
厚付け仕上塗材	セメント系厚塗材	A 6915	12

*JIS番号は当時の番号。1995年にJIS A 6909 に統合されている。

これにより、設計者等の技術者が、使用環境や部位等、耐用年数に影響する要因を考慮し、耐用年数の予測を行い、目標とする耐用年数に応じた材料・部材の選択を行うことが可能となった。これらの成果は、後に旧建設省の官民連帯共同研究「外装材の補修・改修技術の開発」(1986-1990)における検討に反映された。

一方、近年の耐久設計に関する独立行政法人建築研究所の研究に「目的指向型耐久設計手法の開発」(2001~2004)がある。同検討において、建築実務者を対象に各種外装仕上げについて、寿命の最低及び最長の年数についてアンケートが行われた。一部を図2.1に示す。

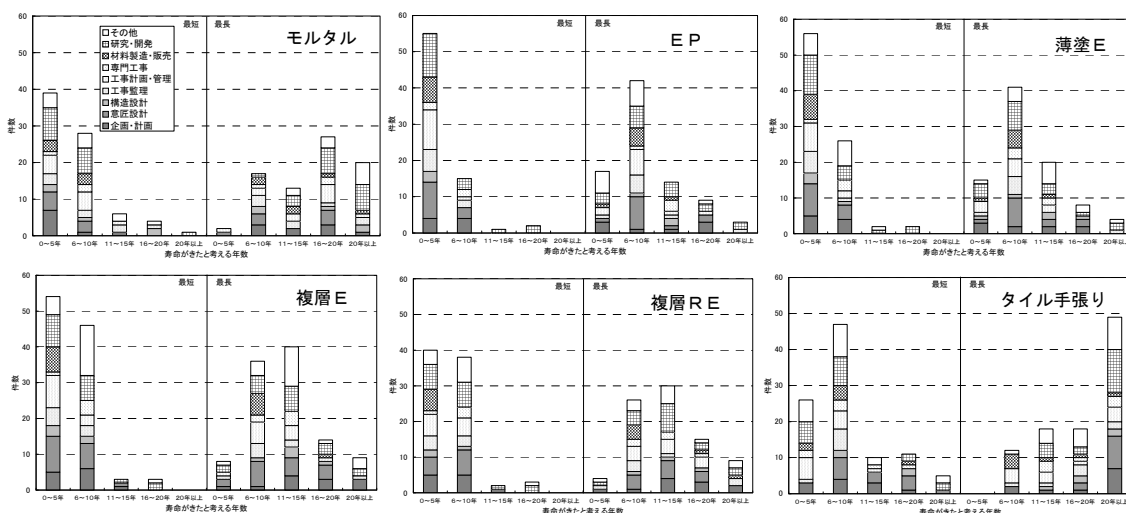


図2.1 外装仕上げの寿命の最短及び最長の年数⁽⁶⁾より一部抜粋

同報告での検討⁽⁶⁾によると、最短及び最長の年数について耐久性総プロ時の結果と大きな差はみられなかった。「耐久性総プロ」で示された耐用年数が実務者に広く浸透している結果とも考えられる。

(2) ISO15686シリーズ

「耐久性総プロ」の成果は、その後、(社)日本建築学会の「建築物の耐久計画に関する考え方」⁷⁾(1988年)や「住宅の品質確保の促進等に関する法律」に基づく「住宅性能表示制度」等に反映されるなど、国内で広く活用されている。

海外においても、「耐久性総プロ」の成果に基づくその後の検討等が国際規格であるISO15686シリーズに反映された。2000年に発行されたISO 15686 Buildings and constructed assets—Service life planning—Part 1: General principles⁸⁾では、「耐久性総プロ」の耐用年数推定式及び標準耐用年数が、“Factor Method”及び”Reference Service Life”(以降、リファレンスサービスライフと表記)として採用された。

リファレンスサービスライフは同規格で「Reference service life: service life that a building or part of building would expect(or is predicted to have) in a certain set(reference set) of in-use conditions <建築物またはその部分に期待される(または予想される)、ある特定の使用条件の組み合わせ(代表的組み合わせ)のもとでの耐用年数>」と定義された⁹⁾。

また、推定耐用年数の予測式として、以下の式2.2が示された。

$$\text{ESLS} = \text{RSLC} \times \text{factor A} \times \text{factor B} \times \text{factor C} \times \text{factor D} \times \text{factor E} \times \text{factor F} \\ \times \text{factor G} \quad \text{(式 2.2)}$$

ESLS: estimated service life of components (or assembly)-部品(構成材)の推定耐用年数

RSLC: reference service life of components (or assembly)-部品(構成材)のリファレンスサービスライフ

factor A: quality of components—部品の品質

factor B: design level—設計のレベル

factor C: work execution level—施工のレベル

factor D: indoor environment—屋内環境

factor E: outdoor environment—屋外環境

factor F: in-use conditions—使用条件

factor G: maintenance level—維持保全条件

ISO 15686シリーズは、現在までにPart 8 まで発効された。発効された規格は以下の通りである。

Part 1: General principles(基本事項)

Part 2: Service life prediction procedures(耐用年数予測方法)

Part 3: Performance audits and reviews(監査およびレビュー)

Part 5: Life-cycle costing(ライフサイクルコスト)

Part 6: Procedures for considering environmental impacts(環境インパクトへの配慮方法)

Part 7: Performance evaluation for feedback of service-life data from practice (耐用性に関する実践データをフィードバックさせるための性能評価)

Part 8: Reference service life and service-life estimation (リファレンスサービスライフおよび耐用年数予測)

さらに、以下について、規格案が現在検討されている。

Part 9: Guidance on assessment of service-life data (製品規格における耐用性評価および耐用宣言に関する要求に対するガイド)

Part 10: Levels of functional requirements and levels of serviceability — Principles, measurement and use (耐用年数予測における必要データ)

リファレンスサービスライフおよび耐用年数の推定方法については、ISO15686 Buildings and constructed assets-Service-life planning -Part 8: Reference service Life and service-life estimation (リファレンスサービスライフおよび耐用年数予測)¹⁰⁾で規定されている。

同規格の5.4.4.1で取得した耐久性、耐用性に関する情報やデータを用いてリファレンスサービスライフのデータとする方法、データの記録方法が示されており、リファレンスサービスライフのデータ記録項目は、a)コードNo、b)適用、c)材料・部材種別、d)手法・データの性格、e)代表的使用環境、f)劣化要因、g)極限特性と要求性能、h)リファレンスサービスライフ、i)データの品質、j)データの信頼性、k)参考・引用文献、l)詳細情報入手法 とされている。

耐久性総プロ後、外装材に関する耐久性、耐用性のデータは多数取得されている。データの収集にあたっては、上記の項目に配慮することが望ましい。

(3) 外装塗り仕上げ材の耐用年数に関する最近の研究事例

社団法人建築業協会(BCS)材料施工専門部会 仕上材料研究会 耐久性 WG において、2005 年から、現在の一般的な塗装仕様について、リファレンスサービスライフの調査が行われている。本稿では、その概要と現在までに得られた成果の概要を紹介する。これらの成果は日本建築学会大会、日本建築仕上学会大会などで発表されている^{11~16)}。詳細は[別添資料B]に示す。

同検討では、外装塗り仕上げ材製造者へのアンケート調査を行い、各種の塗り仕上げについて表面劣化に相当する“美観維持”、“躯体・素地保護”の2つの観点から標準耐用年数の回答を求め、分析を行っている。また、得られたアンケート結果をエキスパートの知見と位置づけ、塗料、建築用仕上塗材(複層塗材E、上塗り材4系統)、焼付け塗装を対象とし、美観維持の観点からの表面劣化に関してリファレンスサービスライフの設定がなされた。設定されたリファレンスサービスライフを表2.6~2.8に示す(表中のRSLCがリファレンスサービスライフ)。躯体・素地保護の観点からのリファレンスサービスライフについては、参考値として提示された。

同研究で設定されたリファレンスサービスライフは、製造者へのアンケート調査に基づいていることから、2.2.2で紹介したISO15686-1中で示された推定耐用年数の計算式(式2.2)における

“RSLC×factorA(部品の品質)”に相当し塗料・仕上塗材の品質の要素を加味していることが推定される。

式2.2の各要素について詳細に検討された例はこれまでほとんど見あらず、厳密な意味でのリファレンスサービスライフの設定にあたっては要素の影響度合いの判断は難しい。データ取得における前提条件をよく見極める必要がある。

表 2.6 設定された仕上塗材の美観上のリファレンスサービスライフ

種類	上塗り材の溶媒	上塗り材の樹脂	回答数	中央値	平均値	標準偏差	仮RSLC
複層塗材E	溶剤系	アクリル系	14	4.5	4.6	1.2	4
		ウレタン系	13	7.0	6.8	1.7	7
		アクリルシリコン系	10	10.5	11.1	3.1	10
		ふっ素系	8	12.0	12.0	3.2	13
	弱溶剤系	アクリル系	4	4.0	4.5	1.0	4
		ウレタン系	9	7.0	6.8	1.8	7
		アクリルシリコン系	10	9.5	10.1	2.5	9
		ふっ素系	5	12.0	12.4	2.3	12
	水系	アクリル系	13	5.0	5.2	2.0	5
		ウレタン系	12	7.0	6.9	1.4	7
		アクリルシリコン系	12	9.0	9.8	2.1	9
		ふっ素系	9	12.0	11.6	2.5	11

表 2.7 設定された塗料の美観上のリファレンスサービスライフ

素地	上塗り塗料	回答数	中央値	平均値	標準偏差	仮RSLC
コンクリート面	アクリル樹脂エナメル	13	4.0	4.0	1.4	4
	2液形ポリウレタンエナメル	12	7.0	6.8	1.7	7
	アクリルシリコン樹脂エナメル	12	9.5	10.1	2.2	10
	常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル	10	14.5	13.8	3.5	14
鉄鋼面	2液形ポリウレタンエナメル	6	8.0	8.0	1.1	7
	アクリルシリコン樹脂エナメル	6	12.5	11.7	2.3	12
	常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル	6	15.0	14.5	4.1	15
亜鉛めっき鋼面	2液形ポリウレタンエナメル	7	7.0	7.6	1.3	7
	アクリルシリコン樹脂エナメル	7	11.0	10.9	1.7	12
	常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル	7	15.0	13.4	3.0	15

表 2.8 設定された焼付け塗装の美観上のリファレンスサービスライフ

種類	塗装仕様	回答数	中央値	平均値	標準偏差	仮RSLC
焼付け塗装	熱硬化形アクリル樹脂塗料塗り	5	5.0	5.6	1.9	5
	熱硬化形1液ウレタン樹脂塗料塗り	5	10.0	9.0	2.6	10
	熱硬化形ふっ素樹脂塗料塗り	5	15.0	15.0	5.0	15
	熱可塑性ふっ素樹脂塗料塗り	5	20.0	17.0	4.5	15

さらに、同調査においては設定された美観上のリファレンスサービスライフについて妥当性の検証がなされている。樹脂の劣化程度の指標として一般的である光沢保持率、さらには実用的な指標である白亜化度との対応が検討された。これにより、「外部環境要因factorEによる影響も考慮する必要があるものの、光沢保持率が30%程度に低下するまでの年数が、仮設定したリファレンスサービスライフとほぼ同等の年数である」、「光沢保持率30%という値は、軽微な白亜化度（CK1、CK2）から重度の白亜化度（CK4、CK5）に移行する過渡期と考えられ、白亜化度（CK3）と概ね対応している」ことが確認された。

2.2.3 建築用仕上塗材の中性化抑制効果

(1) 本項の概要

鉄筋コンクリート造部材に施工される建築用仕上塗材は、一般にコンクリートの中性化抑制効果を有するとされている。しかし、従来、各建築用仕上塗材がどの程度の効果を有するか事例的研究は多数報告されているものの、それらを各建築用仕上塗材毎に整理されたものがなかったのが現状である。ここでは、近年の研究成果から、建築業協会の研究^{17,18)}、独立行政法人建築研究所における研究¹⁹⁾をとりあげ、各種仕上塗材の中性化抑制効果の把握状況について示す。

(2) 建築用仕上塗材の中性化抑制効果評価の考え方

図 2.2 に、代表的な仕上材を施工した場合の中性化進行の概念を示す。一般に、コンクリートの中性化進行は時間の平方根に比例するとされている(図中①)。既往の研究においては、この考え方に従うものとして、仕上材の中性化抑制効果の提案がなされている。既往の多くの研究においては、コンクリートの中性化速度係数Aが仕上材の影響によって低減係数を乗じた分だけ低減された値となるとしている。JASS5-2009²⁰⁾では、仕上材のない場合との比として、「中性化率」としてこの低減係数を表現している。

一方、馬場らは、理論的考察と促進中性化試験の結果に基づき、仕上材のある場合の中性化の進行について次の図中の③、④の式を提案している²¹⁾。仕上材による中性化抑制効果について、その仕上材がどの程度の、中性化の進行を遅らせることができるのかを、「中性化抵抗R」として表したものである。③はセメント系仕上材(仕上材自らが中性化するもの)、④は非セメント系仕上材(仕上材が中性化しないもの)の場合を示している。A・Rは仕上材をコンクリートのかぶり厚さに換算したもの(以下、「等価かぶり厚さ」という。)であり、R又はA・Rを用いることで中性化抑制効果を評価できるとしている。

ここでは、「中性化率」と「中性化抵抗 R」に基づく評価について代表事例を次に示す。

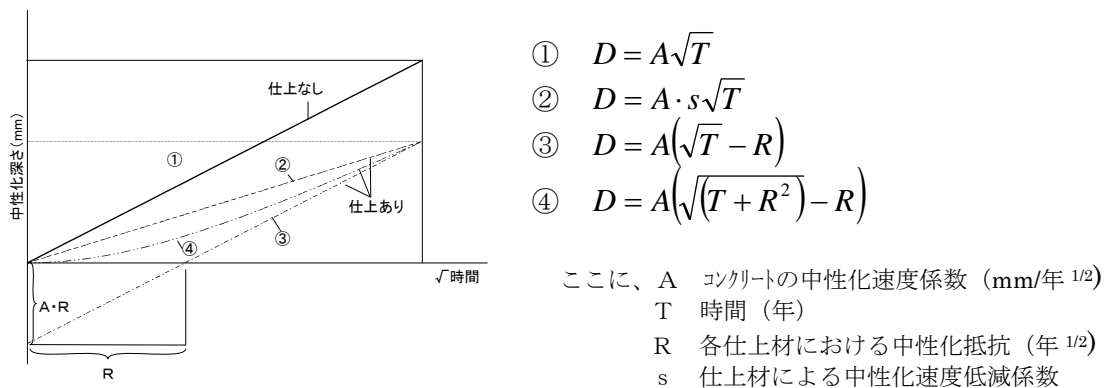


図 2.2 中性化進行の概念図

(3) (社)建築業協会の検討

(社)建築業協会では、2006年2月から2008年12月までの活動において、各種仕上げ材の中性化率について文献調査の結果や実験値などから提案を行っている^{17,18)}。ここでは、その概要を紹介し、詳細を【別添資料C】に示す。

文献調査は論文集を対象とし、既存建築物の実測データ、屋外暴露試験、促進中性化試験のデータから372のデータが抽出された。さらに、データの充実や補足のため、建築物の実態調査と促進中性化試験等が行われた。

検討の結果、中性化抑制効果の評価基準として表 2.9 が示された。

表 2.9 コンクリートの中性化抑制効果の評価基準

評価基準	中性化率
中性化抑制効果が極めて高いもしくは非常に高い	0.3 以下
中性化抑制効果が高い	0.5 以下
中性化抑制効果がある	0.7 以下

また、一般的な仕上げ材を対象に、仕上げ材の種類別の中性化率が検討され、表 2.10 のように提案された。

この結果から、「仕上げ材の中では、塗膜防水材の中性化抑制効果が極めて高く、複層塗材、厚付け仕上塗材の中性化抑制効果も高い」「タイル張りについては中性化抑制効果が極めて高い」ことが確認された。なお、表中のデータのうち、「防水形複層塗材 E については、促進試験で膜厚を 1/2 としたデータも含まれており、安全側の数値である」こと、「薄付け仕上塗材やエマルジョンペイント塗りは、ばらつきが大きい」ことについては注意が必要とのことであった。

また、仕上げ材を施したコンクリートのトレント法²²⁾による透気係数測定結果から、透気係数が大きいほど中性化深さが大きくなる傾向が得られ、透気係数が $0.05 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 以下であれば中性化率が 0.3 以下となり、極めて高い中性化抑制効果を有することが確認された。測定結果に基づく中性化率と透気係数の関係の提案値を表 2.11 に示す。

表 2.10 各種仕上げ材の中性化率の提案値

分類	分類別 中性化率	仕上げの種類	種類別 中性化率
複層塗材	0.32	複層塗材 E	0.22
		複層塗材 RE	0.30
		防水形複層塗材 E	0.40*
		防水形複層塗材 RE	0.08
		可とう形複層塗材 CE	0.00
		防水形複層塗材 RS	0.00
薄付け仕上塗材	1.02	外装薄塗材 E	1.02
		可とう形外装薄塗材 E	0.86
		防水形外装薄塗材 E	0.68
厚付け仕上塗材	0.35	外装厚塗材 C	0.31
		外装厚塗材 E	0.35
塗膜防水材	0.10	アクリルウレタン系	0.00
		アクリルゴム系	0.12*
		アクリル系	0.32*
		ウレタンゴム系	0.00
		外装塗膜防水材	0.09
		ウレタン系	0.00
塗料	0.81	エナメル塗り	0.12
		エマルジョンペイント塗り	0.64
		ワニス塗り	0.81
下地調整塗材	0.87	セメント系 C-1	0.61
		セメント系厚塗材 CM-1、2	0.87
		合成樹脂エマルジョン系 E	0.29
外装タイル (直張り工法)	0.22	磁器質タイル下	0.14
		目地下(目地幅 5mm)	0.22

注 1: 表中の数字は中性化率の最大値を示す。

注 2: 種類別中性化率のうち、分類別中性化率で外れ値となったものには、*を付けた。

注 3: 防水形複層塗材 E は、促進試験で所定の 1/2 の厚さで試験したものもあるため、安全側の数値である。

表 2.11 中性化率と透気係数の関係

中性化率評価	0.3 以下	0.3~0.7	0.7 を超える
中性化率に対応する 透気係数 Kt ($\times 10^{-16} \text{m}^2$)	0.05 以下	0.05~1.69	1.69 超

(4) 建築研究所の研究¹⁹⁾

独立行政法人建築研究所では、研究課題「目的指向型耐久設計手法の開発」(平成 13 年～15 年)において、各種仕上塗材および塗料を施工したコンクリートの促進中性化試験結果および屋外暴露試験結果を文献より収集し、仕上材種類毎の中性化抵抗の程度を示した。表 2.12 にその結果を示す。一部にかなりばらつきが大きい結果があり、仕上塗材毎の中性化抵抗の目安とするためにはさらに多くのデータの蓄積が必要であるとしている¹⁹⁾。

表 2.12 中性化抵抗 R の例¹⁹⁾を元に構成

仕上塗材種類	n	R (year ^{1/2})	
		平均値	標準偏差
薄塗材Si	1	0.11	–
薄塗材C	2	0.04	–
薄塗材E	9	0.27	1.76
可とう形薄塗材E	4	4.05	8.56
防水形薄塗材E	4	2.80	2.69
厚塗材C	1	0.51	–
厚塗材E	3	0.40	0.33
複層塗材C	1	0.48	–
複層塗材CE	5	1.22	0.68
防水形複層塗材CE	2	3.85	–
複層塗材Si	2	3.20	–
複層塗材E	9	2.13	1.86
防水形複層塗材E	7	2.83	1.36
複層塗材RE	5	3.74	7.79
複層塗材RS	2	4.35	–
防水形複層塗材RS	1	0.90	–
アクリルエナメル	6	1.78	1.25
マスチックE	1	15.87	–

(5) 仕上塗材の中性化抑制効果に関する課題

仕上塗材および塗料の中性化抑制効果を、耐久設計や維持管理に活用するにあたり、まだ多くの課題が残されている。以下にその主要なものを示す。

まず、製品毎に中性化抑制効果の目安を示すとした場合、その試験法が問題となる。一般にモルタルまたはコンクリートで作製した試験板に仕上材を施工し、促進中性化試験を行うことが考えられるが、試験板の調合・養生条件によって結果が異なることから、比較可能な結果を得るには厳密な条件の管理が要求されることになる。また、塗膜のみで透気性、透湿性等を測定することが考えられるが、ピンホールなどの影響で、ばらつきが大きくなることも考えられ、適切な試験方法の整備が必要といえる。

また、仕上塗材および塗料の種類が多様であることに加え、施工状況によって中性化抑制効果が異なると考えられるため、現場で施工されたもので確認することが必要である。建築業

協会の検討では、透気試験(トレント法)に基づく透気係数による評価を提案している²³⁾。しかし、コンクリートの含水状態等の影響を考慮する必要がある等、課題が残されている。

さらに、仕上塗材自体が劣化した場合の中性化抑制効果の変化は明らかではなく、どのように劣化を考慮するかも今後の課題と考えられる。

2.2.4 材料規格における外装塗り仕上げ材の劣化区分に関する調査

建築材料・部材の長寿命化に伴い、高耐久性能を備えた外装塗り仕上げ材が開発され、市場に出回っている。今回、仕上塗材及び塗料に関して材料規格における劣化区分を把握するため「建築物の耐久性向上技術の開発」(建設省総合技術開発プロジェクト)以降に追加・変更されたJIS製品等に関して主に促進耐候性試験における規定を調査した。本調査においては、金属系下地に使用する「さび止めペイント」及び「廃止されたが重要と思われる規格」も調査対象として盛り込んだ。

調査内容はグレードの一覧として表 2.13 にまとめた。これらのJISに規定される製品の品質は「施工や作業に関わる性能」、「比較的短期間を想定した耐久性能」、「長期間を想定した耐久性能」及び「組成由来のVOCに関わる性能」について規定されているが、ここでは主に耐久性に絞って抽出した。全体的に耐久性の評価内容は長期間の耐久性を担保すべく、暴露時間が延長されている傾向にある。特に鋼構造物用耐候性塗料(JISK5659:2008)の1級はキセノンウエザーメーター2000 時間の試験を規定している。また、建築用仕上塗材(JISA6909:2010)では耐候形の区分を設け、耐候形1種ではキセノンウエザーメーター2500 時間の試験を規定している。また、個々の試験方法は国際整合化が図られ、ほとんどが JISK5600(塗料一般試験方法)を引用している。この点が「建設省総合技術開発プロジェクト」から大きく変わった内容である。

次に、表 2.14 に耐久性総プロで提示された各種塗料の標準耐用年数とJIS等における促進耐候性試験における規定との関係を示す。更に、代表的な塗料について総プロ時の標準耐用年数と促進耐候性試験における試験時間との相関性を図 2.3 に示す。

表 2.14 及び図 2.3 から、標準耐用年数が長い塗料については材料規格における促進耐候性試験の試験時間が長くなっていることが理解できる。長期耐久性を期待できる塗料については、材料規格における促進耐候性試験の試験時間や屋外暴露試験における暴露期間をより長期設定することが望ましい。しかし、長時間にわたる促進耐候性試験や屋外暴露試験は製品の開発・改良を迅速化する上では大きな制約となっている。

このような点を考慮して、耐久性の高い外装塗り仕上げの促進耐候性試験方法や試験時間、屋外暴露試験条件や暴露期間等を合理的に設定する必要がある。

表 2.13 仕上げ塗材及び塗料の劣化区分に関する調査結果（塗料の区分と耐久性 1/2）

整理番号	塗料名称	規格	区分(上段)、耐久性の規定概要(下段)		
1	アルミニウムペイント	JIS K5492	区分なし		
2	油性調合ペイント	JIS K5511	白ペイント 促進黄褐色試験あり	淡彩ペイント 耐光性100h	色ペイント 耐光性100h
3	合成樹脂調合ペイント	JIS K5516	1種 Xe 240h、屋外暴露 1年	2種上塗り用 Xe 240h、屋外暴露 2年	2種中塗り用 耐候性なし
4	ニトロセルロースラッカー	JIS K5531	クリヤーラッカー	ラッカーエナメル	
5	ラッカー系シーラー	JIS K5533	ウッドシーラー 耐アルカリ性試験なし	サンジグシーラー 耐アルカリ性試験あり	
6	ラッカー系下地塗料	JIS K5535	ラッカープライマー	ラッカーパテ	ラッカーサーフェーサー
7	構造物用さび止めペイント	JIS K5551	A種(反応硬化エポキシ); 膜厚30μm 屋外暴露2年	B種(反応硬化エポキシ); 膜厚60μm 屋外暴露2年	C種1号(エポキシ又は変性ウレタン)60μm 常温施工用、屋外暴露2年 C種2号(エポキシ又は変性ウレタン)60μm 低温施工用、屋外暴露2年
8	シンクリッチプライマー	JIS K5552	1種; 無機アルキルシリケートビヒクル 屋外暴露 6ヶ月	2種; 有機エポキシビヒクル(2液型) 屋外暴露 6ヶ月	
9	厚膜形シンクリッチペイント	JIS K5553	1種; 無機アルキルシリケートビヒクル 屋外暴露 2年	2種; 有機エポキシビヒクル(2液型) 屋外暴露 2年	
10	フェノール樹脂系雲母状酸化鉄塗料 注1)	JIS K5554-2002	区分なし		
11	フタル酸樹脂エナメル	JIS K5572	1種; 屋内 耐候性なし	2種; 屋外 屋外暴露1年、Xe240h	3種; 屋内外、速乾性 屋外暴露1年、Xe240h
12	塩化ビニル樹脂エナメル	JIS K5582	1種; 屋内	2種; 屋外	
13	塩化ビニルプライマー 注1)	JIS K5583-2003	区分なし		
14	油性系下地塗料	JIS K5591	オイルプライマー(金属地肌塗り用)	オイルパテ(下地塗り用)	オイルサーフェーサー(中塗り用)
15	一般さび止めペイント	JIS K5621	1種; 屋内外用、ボイル油系 サイクル腐食性 28サイクル、防錆性 6ヶ月	2種; 屋内外用、有機溶剤系 サイクル腐食性 20サイクル、防錆性 3ヶ月	3種; 屋内外用、有機溶剤系、速乾性 4種; 屋内用、水を揮発成分とする
16	鉛丹さび止めペイント	JIS K5622	1種; ボイル油をビヒクル Xe60h+耐複合サイクル36サイクル、防錆性 24ヶ月	2種; ワニスをビヒクル Xe60h+耐複合サイクル36サイクル、防錆性 24ヶ月	
17	亜酸化鉛さび止めペイント	JIS K5623	1種; ボイル油をビヒクル Xe60h+耐複合サイクル36サイクル、防錆性 24ヶ月	2種; フタル酸樹脂ワニスをビヒクル Xe60h+耐複合サイクル36サイクル、防錆性 24ヶ月	
18	塩基性クロム酸鉛さび止めペイント	JIS K5624	1種; ボイル油をビヒクル Xe60h+耐複合サイクル36サイクル、防錆性 24ヶ月	2種; フタル酸樹脂ワニスをビヒクル Xe60h+耐複合サイクル36サイクル、防錆性 24ヶ月	
19	シアナミド鉛さび止めペイント	JIS K5625	1種; ボイル油をビヒクル Xe60h+耐複合サイクル36サイクル、防錆性 24ヶ月	2種; フタル酸樹脂ワニスをビヒクル Xe60h+耐複合サイクル36サイクル、防錆性 24ヶ月	
20	ジnkクロメートさび止めペイント	JIS K5627	A; 二酸化チタン含有、軽金属用 Xe60h+耐複合サイクル36サイクル、防錆性 24ヶ月	B; 酸化鉄含有、鉄鋼用	
21	鉛丹ジnkクロメートさび止めペイント	JIS K5628	区分なし		
22	鉛酸カルシウムさび止めペイント	JIS K5629	区分なし		
23	エッチングプライマー	JIS K5633	1種; 金属下地の付着性強化	2種; 施工までの一時的防錆 主剤+添加剤の混合物は屋外暴露3ヶ月	
24	塩化ゴム系塗料 注1)	JIS K5639-2002	下塗り	中塗り	上塗り Xe300h、屋外暴露2年
25	カシュー樹脂塗料 注1)	JIS K5641-2002	ワニス1種; 「透きつや漆」に似た色つや	ワニス2種; 「なし地漆」に似た色つや	ワニス3種; 淡色かつ漆に似たつや カシュー樹脂エナメル 耐光性 100h
26	カシュー樹脂下地塗料 注1)	JIS K5646-2002	プライマー; 金属の地肌用 耐塩水性あり	パテ; 木部の下塗り用 加熱安定性あり	サーフェーサー; 木部の中塗り用
27	アミノアルキド樹脂塗料	JIS K5651	クリヤー、1種; エナメル1種の仕上げ塗り用 塩水噴霧48h、Xe720h、屋外暴露2年 エナメル1種 耐候性を重視する上塗り 塩水噴霧72h、Xe720h、屋外暴露2年	クリヤー、2種; エナメル2種の仕上げ塗り用 塩水噴霧48h、Xe360h エナメル2種1号; 低温焼き付けの上塗り 塩水噴霧48h、Xe360h	エナメル2種2号; 一般焼付の上塗り 塩水噴霧72h、Xe360h エナメル3種; 耐食性を重視する焼付の上塗り 塩水噴霧96h、Xe360h、屋外暴露2年
28	アクリル樹脂エナメル 注1)	JIS K5654-2003	区分なし		
29	建築用ポリウレタン樹脂塗料 注1)	JIS K5656-2003	区分なし		
30	建築用ふっ素樹脂塗料	JIS K5658	区分なし		
			注1) 統合され、廃止された規格であるが、参考に掲げた。		* 耐久性の性能規定の概要を、各規格の下段に付記した。

注:年号の記載のないJISは調査当時の最新の規格を参照

表 2.13 仕上げ塗材及び塗料の劣化区分に関する調査結果（塗料の区分と耐久性 2/2）

整理番号	塗料名称	規格	区分(上段)、耐久性の規定概要(下段)			
			上塗り 1級 Xe 2000h、屋外暴露2年	上塗り 2級 Xe 1000h、屋外暴露2年	上塗り 3級 Xe 500h、屋外暴露2年	中塗り
31	鋼構造用耐候性塗料	JIS K5659				
32	つや有合成樹脂エマルジョンペイント	JIS K5660	区分なし			
33	合成樹脂エマルジョンペイント及びシーラー	JIS K5663	1種;主として屋外用 Xe 240h、屋外暴露1年	2種;主として屋内用	シーラーは附属書による	
34	ターレボキシ樹脂塗料 注1)	JIS K5664-2002	1種;長期耐久性、耐油性、耐薬品性に優れる 耐揮発油性あり	2種;防食、耐油、耐薬、耐水性をもつ 耐油性あり	3種;耐食、耐水性あり(耐油、耐薬品性不要)	
35	多彩模様塗料	JIS K5667	1種;主として屋外用 屋外暴露 1年	2種;主として屋内用 耐光性 100h		
36	合成樹脂エマルジョン模様塗料	JIS K5668	1種;主として屋外用 Xe240h、屋外暴露 1年	2種;主として屋内用	3種;主として屋内の天井用	
37	合成樹脂エマルジョンパテ	JIS K5669	耐水形薄付け用;塗付け膜厚が最大0.5mm 耐水性、耐アルカリ性試験あり	耐水形厚付け用;塗付け膜厚が最大1.5mm 耐水性、耐アルカリ性試験あり	一般形薄付け用;塗付け膜厚が最大0.5mm	一般形厚付け用;塗付け膜厚が最大1.5mm
38	アクリル樹脂系非水分散形塗料	JIS K5670	区分なし			
39	鉛・クロムフリーさび止めペイント	JIS K5674	1種;有機溶剤を揮発成分とする。 サイクル腐食性36サイクル	2種;水を主要な揮発成分とする。		
40	家庭用屋内壁塗料	JIS K5960	1種;浴室・台所用 耐水、耐湿、かび抵抗性試験あり	2種;内部・一般用		
41	建築用塗膜防水材	JIS A6021	屋根用;ウレタンゴム系、1類、2類 SWM 250h (ただし2類はSWM規定なし) 外壁用;アクリルゴム系 SWM 250h	屋根用;アクリルゴム系 SWM 250h 外壁用;ウレタンゴム系 SWM 250h	屋根用;クロロプレンゴム系 SWM 250h 外壁用;クロロプレンゴム系 SWM 250h	屋根用;ゴムアスファルト系 SWM 250h 外壁用;シリコンゴム系 SWM 250h
42	建築用仕上塗材	JIS A6909	耐候性 A法(無機系以外に適用) Xe;300h	耐候形1種(複層、可とう改修用に適用) Xe;2500h	耐候形2種(複層、可とう改修用に適用) Xe;2000h	耐候形3種(複層、可とう改修用に適用) Xe;600h
43	建築用下地調整材	JIS A6916	セメント系下地調整塗材;1種 仕上材及び塗料に適用	セメント系下地調整塗材;2種 全ての仕上材に適用、1種より性能基準が高	セメント系下地調整厚塗材;1種 仕上材及び塗料に適用	セメント系下地調整厚塗材;2種 全ての仕上材に適用、1種より性能基準が高い * 耐久性の性能規定の概要を、各規格の下段に付記した。

注:年号の記載のないJISは調査当時の最新の規格を参照

表 2.14 耐久性総プロで提示された各種塗料の標準耐用年数と JIS 等における促進耐候性試験における規定との関係

塗料の種類	Ys×O (年) 注1)	JISによる耐候性の品質				
		規格番号	試験方法	塗料の品質 区分	品質基準	
					白亜化 等級	光沢保持率 (%)
合成樹脂エマルジョン ペイント	4	K5663-2003	キセノンランプ240時間	1種	1以下	—
			屋外暴露1年		—	
つや有り合成樹脂エ マルジョンペイント	5	K5660-2008	キセノンランプ480時間	なし	1以下	60以上
			屋外暴露1年		2以下	—
アクリル樹脂ワニス	6	K5653-2003 注2)	キセノンランプ720時間	なし	—	—
			屋外暴露1年			
アクリル樹脂エナメル	6	K5654-2003 注2)	キセノンランプ480時間	なし	1以下	70以上
			屋外暴露2年		3以下	—
2液形ポリウレタン樹 脂ワニス	7	JASS 18M- 502 注3)	屋外暴露1年	なし	—	—
2液形ポリウレタン樹 脂エナメル	7	K5658-2010 注4)	キセノンランプ2500時間	1級	1以下	80以上
			屋外暴露2年			60以上
			キセノンランプ1200時間	2級	1以下	80以上
			屋外暴露2年			2以下
			キセノンランプ600時間	3級	1以下	70以上
屋外暴露2年	3以下	30以上				
塩化ビニル樹脂エナメ ル	5	K5582-2003	キセノンランプ720時間	2種	3以下	70以上
			屋外暴露1年			—
ふっ素樹脂塗料	8	K5658-2010 注4)	キセノンランプ2500時間	1級	1以下	80以上
			屋外暴露2年			60以上
			キセノンランプ1200時間	2級	1以下	80以上
			屋外暴露2年			2以下
			キセノンランプ600時間	3級	1以下	70以上
屋外暴露2年	3以下	30以上				

注1) Ys×O : 耐久性総プロで提案された標準仕様に基づいた場合の塗料ごとの耐用年数

注2) 2009年に廃止

注3) 対応するJISなし。建築工事標準仕様書(JASS 18)の材料規格による

注4) 2010年ご「建築用耐候性上塗り塗料」として統合

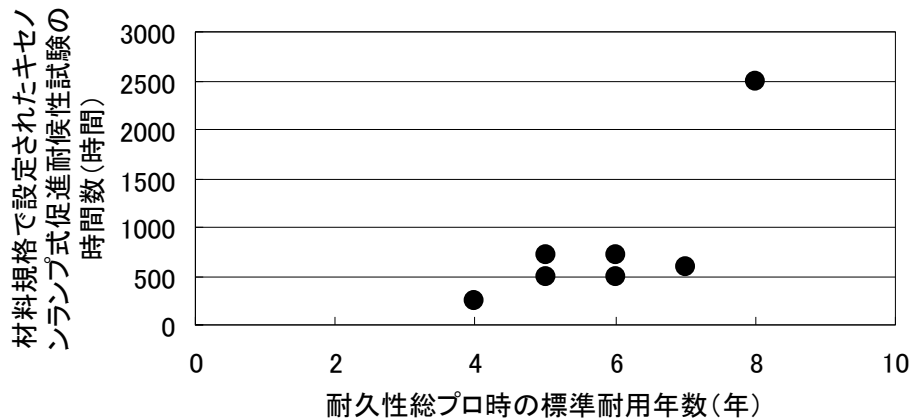


図 2.3 材料規格における促進耐候性試験の試験時間と
耐久性総プロ時の標準耐用年数との関係

2.2.5 リファレンスサービスライフの提案

(1)設定の基本方針

建築用仕上塗材、建築用塗料(コンクリート・モルタル面)のリファレンスサービスライフの設定では、設定根拠や設定のベースとなる資料の特性・信頼性等が重要であり、ISO15686 Buildings and constructed assets – Service life planning – Part8 Reference service life and service-life estimation (リファレンスサービスライフおよび耐用年数予測)では2.2.4で述べた通り、設定にあたってのデータの特性を明示するよう求めている。本検討においても、データの特性等を記述しつつ設定を行う。

本検討におけるリファレンスサービスライフの設定では、2.2.3で概要を述べた(社)建築業協会が実施したアンケート調査結果を踏まえ提案したリファレンスサービスライフを基に検討し、さらに専門家判断により調整を行い提示する。

(2)設定の前提条件

本検討では、ISO15686 シリーズにならい、“リファレンスサービスライフ”の呼称を用い提示を行うものの、同規格における Factor Method (耐用年数推定式、式 2.2)の各係数についての考え方はまだ詳細な規定がないため、耐用年数推定式および各係数の定め方については「耐久性総プロ」で提示されたもの(式 2.1、別添資料1)を準用する。

「耐久性総プロ」では、標準耐用年数について、“標準的な仕様で、標準地域に施工された材料の耐用年数”と定めている。つまり、式 2.1 において、係数 O(材料による係数)、D(地域環境による係数)、B(部位による係数)、C(施工水準による係数)、M(維持保全による係数)をいずれも1とした場合を標準と考える。いずれの係数も1である場合、推定耐用年数が標準耐用年数と等しくなる。本検討の基礎的資料として参照する2.2.2で概要を述べた(社)建築業協会の調査結果についても、推定耐用年数を予測する各係数をいずれも1として検討されたという前提で取り扱うこととする。

なお、(社)建築業協会の検討では“美観維持”、“躯体・素地保護”の2つの観点からリファレンス

サービスライフが提案されている(“躯体・素地保護”については参考値として提示)。同検討で物性値により妥当性の検証が行われた美観維持の観点からのリファレンスサービスライフについてのみを対象とする。「耐久性総プロ」においては、下地の保護機能に重点をおいて耐用年数の推定に関する考え方が提示されており、単純な比較はできないものの、美観に関する劣化現象(例えば汚れ、摩耗、ふくれ、割れ、はがれ、付着性等)は下地の保護とも関連があることから、本検討で提示するリファレンスサービスライフと「耐久性総プロ」で提示された標準耐用年数には一定の関連性があると推量される。

(3)リファレンスサービスライフの検討

(1)で述べた設定の基本方針に従い設定した、表 2.15、表 2.16 に建築用仕上塗材および建築用塗料のリファレンスサービスライフをそれぞれ示す。(社)建築業界のアンケート調査に基づくリファレンスサービスライフを()で併記している。どちらのリファレンスサービスライフが正しいということではなく、設定根拠を理解して、2つの RSL を使い分けるのが望ましい。

表 2.15 建築用仕上塗材のリファレンスサービスライフ(案)

○美観維持の観点からのリファレンスサービスライフ

仕上塗材種類		RSL(年)
薄付け仕上塗材仕上げ	外装薄塗材	4
	可とう形外装薄塗材	4
	防水形外装薄塗材	7 (5)
厚付け仕上塗材仕上げ	外装厚塗材C	7 (6)
	外装厚塗材Si	
	外装厚塗材E	
複層仕上塗材仕上げ	複層塗材CE	7
	複層塗材Si	
	複層塗材E	
	複層塗材RE	
	可とう形複層塗材CE	
	複層塗材RS	
防水形複層仕上塗材仕上げ	防水形複層塗材CE	7
	防水形複層塗材E	
	防水形複層塗材RE	
	防水形複層塗材RS	

○上塗材の溶媒に関する係数

溶媒種類	係数 O_1
溶剤系・弱溶剤系	1.0
水系	1.0
	1.1*
	(1.0)

*アクリル系上塗材の場合

○上塗材の樹脂に関する係数

樹脂種類	係数 O_2
アクリル系	0.6
耐候形3種(ウレタン系)	1.0
耐候形2種(アクリルシリコン系)	1.4
耐候形1種(ふっ素系)	2.0 (1.8)

*()内は想定した樹脂の種類

表 2.16 建築用塗料のリファレンスサービスマイフ(案)

塗装系統(建築工事監理指針の分類に準じる)	美観維持
アクリル樹脂非水分散形塗料塗り(NAD)	4
耐候性塗料塗り(DP)	
耐候性上塗り塗料3級 2液形ホリウレタンエナメル塗り(2-UE)	7
耐候性上塗り塗料2級 アクリルシリコン樹脂エナメル塗り(2-ASE)	10
耐候性上塗り塗料1級 常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル塗り(2-FUE)	14
つや有り合成樹脂エマルジョンペイント塗り(EP-G)	4
合成樹脂エマルジョンペイント塗り(EP)	3
アクリル樹脂エナメル塗り(AE)	4

塗装系統(JASS18の分類に準じる)	美観維持
アクリル樹脂ワニス塗り(AC)	4(5)
2液形ホリウレタンワニス塗り(2-UC)	7
アクリルシリコン樹脂ワニス塗り(2-ASC)	10(11)
常温乾燥形ふっ素樹脂ワニス塗り(2-FUC)	14(15)
塩化ビニル樹脂エナメル塗り(VE)	4
アクリル樹脂エナメル塗り(AE)	4
アクリル樹脂系非水分散形塗料塗り(NADE)	4
2液形ホリウレタンエナメル塗り(2-UE)	7
弱溶剤系2液形ホリウレタンエナメル塗り(LS2-UE)	6
アクリルシリコン樹脂エナメル塗り(2-ASE)	10
常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル塗り(2-FUE)	14
2液形エポキシ樹脂エナメル塗り(2-XE)	—
合成樹脂エマルジョンペイント塗り(EP)	3
つや有り合成樹脂エマルジョンペイント塗り(EP-G)	4
ホリウレタンエマルジョンペイント塗り(UEP)	7

以下、設定の経緯を記述する。

①建築業協会によるアンケート調査結果^{11)~16)}の編集経過

<建築用仕上塗材>

建築用仕上塗材の結果は仕上塗材の種類、上塗材の溶媒、樹脂毎に示されている。結果から、仕上塗材の種類、上塗材の種類等により年数に傾向があることが確認されたため、簡便に用いることのできるよう、仕上塗材の種類ごとのリファレンスサービスマイフ、上塗材の種類による係数を整理し、示すこととした。

薄付け仕上塗材仕上げについては、外装薄塗材の種類、可とう形外装薄塗材の種類によらず美観が維持される年数が変わらないため、まとめて提示することとし、外装薄塗材を4年、可とう形

外装薄塗材を4年、防水形外装薄塗材を5年とした。

厚付け仕上塗材仕上げ、複層仕上塗材仕上げ、防水形複層仕上塗材仕上げについては、同じ仕上塗材の種類においては、主材により美観が維持される年数がほとんど変わらず、また上塗材の種類による年数の傾向がほぼ同様である。このため、主材ごとに区分せずまとめて示し、さらに上塗材の溶媒、樹脂毎に係数を設定することとした。

溶媒の種類による年数の違いをみると、弱溶剤系の結果が耐候形2種に該当する「アクリルシリコン系上塗材」、「耐候形1種に該当するふっ素系上塗材」において溶剤系に比して若干の年数が短いものの、溶剤系とほぼ同等である。また、水系ではアクリル系において溶剤系、弱溶剤系に比して若干年数が長く、また、「耐候形2種に該当するアクリルシリコン系上塗材の場合」、「耐候形1種に該当するふっ素系上塗材の場合」において溶剤系に比して若干年数が短いものの、全体としては溶剤系、弱溶剤系と大きな差は見られなかった。これにより、いずれの溶媒についても係数は1.0とする。

一方、上塗り材の種類による年数の違いについては、おおむね「アクリル系」、「耐候形3種に該当するウレタン系上塗材」、「耐候形2種に該当するアクリルシリコン系上塗材」、「耐候形1種に該当するふっ素系上塗材」の順に年数が長い結果となっている。そこで、便宜上「耐候形3種に該当するウレタン系上塗材」を係数1.0とし、各樹脂の種類における年数との比率から、「アクリル系」を0.6、「耐候形2種に該当するアクリルシリコン系上塗材」を1.4、「耐候形1種に該当するふっ素系上塗材」を1.8と設定する。

上塗材の溶媒の係数をいずれも1.0と設定し、「耐候形3種に該当するウレタン系上塗材」を1.0としたことから、各溶媒の「耐候形3種に該当するウレタン系上塗材」の年数をみると、厚付け仕上塗材仕上げでいずれも6年、複層仕上塗材仕上げでいずれも7年、防水形複層仕上塗材仕上げで溶剤系が7年、弱溶剤系および水系が6年であった。防水形複層仕上塗材仕上げにおいては、溶剤系の7年を採用することとし、それぞれのリファレンスサービスライフと考えることとした。

図2.4に、(社)建築業協会によるアンケート調査結果^{11)~16)}で仮のリファレンスサービスライフとして示された年数(図中、“データ”で表示)と、今回整理したリファレンスサービスライフ及び係数により算出したリファレンスサービスライフの年数(図中、“推定値”で表示)の比較を示す。一部で両者に差が見られるものの、おおむね一致しており、今回整理したリファレンスサービスライフ、係数によるリファレンスサービスライフで問題がないものとする。

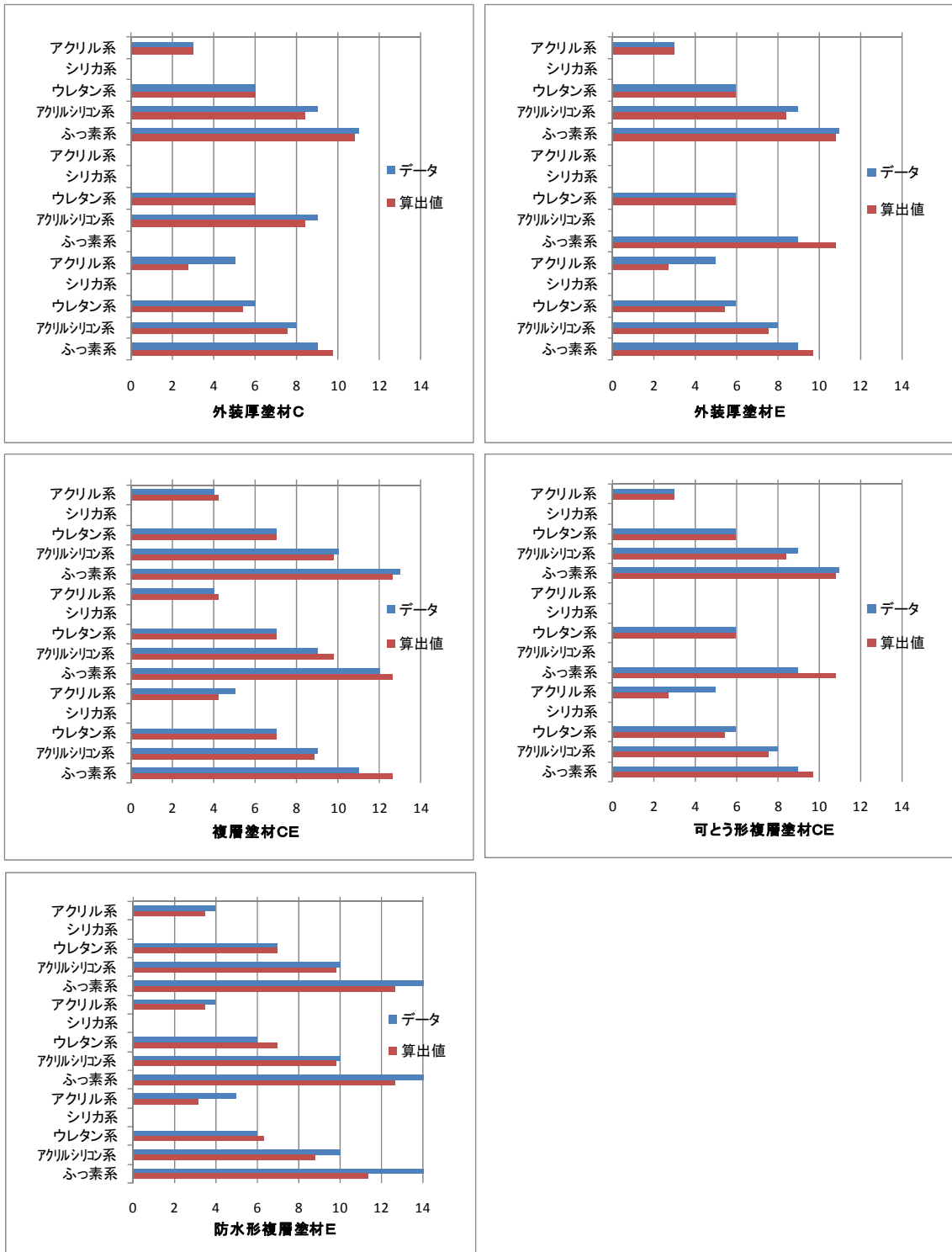


図 2.4 既往の文献のリファレンスサービスライフと
本検討で提案する係数により算出したリファレンスサービスライフの比較

<建築用塗料>

建築用塗料については、現行の建築工事監理指針、JASS 18 に表記を合わせた。特段の編集は行っていない。

②専門家の判断

さらに、専門家により、より実態に即したリファレンスサービスライフとなるよう、実情を加味し検討を行った。本検討に参加した専門家は建築用仕上塗材、建築用塗料の製造者団体の技術委員、工事業者の技術委員、施工者団体の技術委員である。

リファレンスサービスライフを設定する上では、建築用仕上塗材および建築用塗料のサービスライフがついた状態を規定する必要がある。建築用仕上塗材と建築用塗料の場合、サービスライフがつきる状態は①要求される美観性能が失われた状態と②躯体保護(本研究ではコンクリートに対する保護性能)効果が期待できなくなった場合が考えられる。一般的に前者の方が後者よりサービスライフは短いと考えられるが、本研究では主として美観性能が失われた状態をサービスライフのついた状態と考えた。

(社)建築業界によるアンケート調査結果^{11)~16)}とその成果のとりまとめ結果を基に作成したリファレンスサービスライフ案を前述の専門家で確認したところ、以下の問題点が確認された。

<建築用仕上塗材>

- a.防水形外装薄塗材による仕上げは塗膜の均一性や膜厚から、複層仕上塗材仕上げと同等と考えられる。また、防水形外装薄塗材は使用実績も高く、サービスライフについては複層仕上塗材と同等であると判断できる。
- b.厚付け仕上塗材仕上げは複層仕上塗材仕上げと同等かやや上位と考えられ、アンケート結果を基にしたサービスライフと専門家の判断は異なる。
- c.耐候形 1 種に該当するふっ素系上塗材を使用した場合の年数が同種の建築用塗料仕上げと比して短い
- d.アクリル系・水系上塗材は重点的に開発が行われており耐用年数が高く、他と同等の係数では実情に見合っていない。

<建築用塗料>

- a.エナメル塗りはワニス塗りと比較すると RSL は同等以上と考えられる。専門家の判断では、ワニスをエナメルにすることは一般的に耐久性の向上に寄与すると考えられる。したがって、ワニス塗りの方がリファレンスサービスライフが長いものはエナメル塗りに合わせて短くした。

このため、各々の指摘について、以下の対応を行った。

<建築用仕上塗材>

- a.防水形外装薄塗材による仕上げの 5 年を複層仕上塗材仕上げと同等の 7 年に変更

- b.厚付け仕上塗材仕上げの6年を複層仕上塗材仕上げと同等の7年に変更
- c.耐候形1種(代表例としてふっ素系を想定)上塗材の係数を1.8から2.0へ変更
- d.水系上塗材の係数をアクリル系の場合は1.1へ変更

<建築用塗料>

- a.アクリル樹脂ワニス塗り(AC)の5年をアクリル樹脂エナメル塗り(AE)と同等の4年に、アクリルシリコン樹脂ワニス塗り(2-ASC)の11年をアクリルシリコン樹脂エナメル塗り(2-ASE)と同等の10年に、常温乾燥形ふっ素樹脂ワニス塗り(2-UFC)の15年を常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル塗り(2-FUE)と同等の14年に変更

以上の経緯により、表2.15および表2.16に示す建築用仕上塗材及び建築用塗料のリファレンスサービスライフ(案)を提示した。

本検討で提示したリファレンスサービスライフの案は、あくまで現時点で得られる知見を基に検討を行った結果であり、今後の研究によって改訂されうるものである。確証があれば数値を入れ替えて活用しうるものである。

2.2.6 まとめ

外装塗り仕上げの耐久設計に係る技術資料として、以下をとりまとめ、提示した。

- ・外装塗り仕上げの種類・工法の整理
- ・外装塗り仕上げの耐久設計について、「耐久性総プロ」時に示された考え方とその後の規準化の流れと近年の研究の成果の整理
- ・外装塗り仕上げの中性化抑制効果の検討事例の整理
- ・JISにおける外装塗り仕上げの劣化区分に関する状況の整理
- ・外装塗り仕上げのリファレンスサービスライフ(案)の提示

参考文献

- 1) 国土交通省「公共建築工事標準仕様書 平成22年版」
- 2) (社)日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS18 塗装工事」、2006年
- 3) (社)日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS23 吹付け工事」、2006年
- 4) JIS A 6909:2003 建築用仕上塗材
- 5) 建設大臣官房技術調査室監修「外装仕上げの耐久性向上技術」、技報堂出版、1987年
- 6) 長谷川拓哉、井戸川純子、大久保孝昭、植木暁司、小野久美子、小島隆矢、「RC造建築物の外壁・屋上防水仕様における耐久性に関する意識調査」、第17号pp.37-42、2003年6月
- 7) (社)日本建築学会「建築物の耐久計画に関する考え方」、1988年
- 8) ISO 15686-1:2000 "Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 1: General principles"、2000年
- 9) (社)日本建築学会、「建築物・部材・材料の耐用年数予測手法に関するシンポジウム」、平成19年4月
- 10) ISO15686-8:2006 "Buildings and constructed assets-Service-life planning -Part 8: Reference service Life and service-life estimation"、2006年
- 11) 添田智美、大澤悟、久保田浩、小久保正美、住野正博、高松誠、山田人司、「外装塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 その1～その4」、日本建築学会学術講演梗概集A-1分冊pp.1123-1130、2006年9月
- 12) 山田人司、大澤悟、久保田浩、小久保正美、住野正博、添田智美、名知博司、「外装塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 その5」、日本建築学会学術講演梗概集A-1分冊pp.837-838、2007年8月
- 13) 添田智美、大澤悟、久保田浩、小久保正美、巴史郎、名知博司、山田人司、「外装塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 その6～その7」、日本建築学会学術講演梗概集A-1分冊pp.1067-1070、2009年8月
- 14) 添田智美、大澤悟、久保田浩、小久保正美、住野正博、高松誠、名知博司、山田人司、「外装塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 その1、その2」、日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集、2006.10
- 15) 山田人司、大澤悟、久保田浩、小久保正美、添田智美、名知博司、「外装用塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 その3 仕上塗材に関するアンケート調査結果」、日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集、2007.10
- 16) 小久保正美、大澤悟、久保田浩、添田智美、巴史郎、名知博司、山田人司、「外装用塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 その4 美観上の塗装仕様別リファレンスサービスライフの設定と検証」日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集、2009.10
- 17) 長瀬公一、河野政典、竹内博幸、古賀一八、板谷俊郎ほか：躯体コンクリートの中性化

- 抑制に寄与する各種仕上げ材の評価 その1～その8、日本建築学会学術講演梗概集、pp.1123-1138、2007.8
- 18)河野政典他：躯体コンクリートの中性化抑制に寄与する各種仕上げ材の評価(その9～13)、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.957～966、2008.9
- 19) 長谷川拓哉、千歩修、大久保孝昭、古賀純子：建築仕上塗材の中性化抑制効果に関する研究、日本建築学会構造系論文集 No.609、pp.23-30、2006.11
- 20)(社)日本建築学会編：建築工事標準仕様書 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2009、2009.2
- 21)馬場明生、千歩修：各種の表面層をもつコンクリートの中性化深さ推定方法に関する一考察、コンクリート工学年次論文集 VOL.9、pp.333-338、1987
- 22)今本啓一他：実建造物の表層透気性の非・微破壊試験方法に関する研究の現状、コンクリート工学、Vol.44、No.2、pp.31-38、2006.2
- 23)唐沢智之、古賀一八、浦川和也、河野政典：仕上塗材の中性化抑制効果と透気性に関する考察、コンクリート工学年次論文集 VOL.30、pp.645-650、2008.7

2.3 既存建築物の外装塗り仕上げの維持保全手法

2.3.1 既往の外装塗り仕上げの劣化診断方法に関する調査

(1) 劣化診断方法に関する資料調査

耐久性総プロの成果のうち、外装塗り仕上げの劣化診断方法については、1987年に出版された建設大臣官房技術調査室監修「外装仕上げの耐久性向上技術」¹⁾において、「第1章 外装塗り仕上げの劣化診断指針・同解説」(以下、劣化診断指針という。)として公表された。

その後、仕上塗材や塗料の劣化診断方法に関するものとしては、(社)日本建築学会や民間団体などから以下の資料1)～資料10)に示すような資料が刊行されてきた。

資料1) (社)日本塗料工業会:建築外装塗替えマニュアル, 1988年²⁾

資料2) 建設大臣官房官庁営繕部監修:官庁建物修繕措置判定手法・同解説, (財)建築保全センター発行, 1988年³⁾

資料3) 建設大臣官房技術調査室監修:塗り仕上げ外壁の補修・改修技術, (財)日本建築センター・(財)建築保全センター, 1992年⁴⁾

資料4) (社)日本建築学会:建築物の調査・劣化診断・修繕の考え方(案)・同解説, 1993年⁵⁾

資料5) 建設大臣官房官庁営繕部監修:建築物修繕措置判定手法, (財)経済調査会発行, 1993年⁶⁾

資料6) (社)日本建築学会:外壁改修工事の基本的な考え方(湿式編), 1994年⁷⁾

資料7) 神奈川県ビルリフォーム協同組合:外壁塗り替えマニュアル, 1996年⁸⁾

資料8) 建築改修実務事典編集委員会:建築改修実務事典, (株)産業調査会事典出版センター, 1998年⁹⁾

資料9) コンクリート建物改修事典編集委員会:コンクリート建物改修事典, (株)産業調査会事典出版センター, 2005年¹⁰⁾

資料10) (社)日本建築学会:建築物の調査・診断指針(案)・同解説, 2008年¹¹⁾

さらに、1990年度から(財)建築保全センターでは、「建築仕上げ改修施工管理技術者」育成を目的として建築仕上げリフォーム技術研修を、また公益社団法人ロングライフビル推進協会(略称BELCA、旧、(社)建築・設備維持保全推進協会)では、「建築仕上診断技術者(ビルディングドクター<非構造>)」育成を目的として建築仕上診断技術者資格取得講習を行ってきているが、劣化診断に係わる内容については前述の劣化診断指針が活用されている。

また、(社)高層住宅管理業協会ではマンションの管理会社及び維持修繕の関係者向けに技術研修の一環として講習会を行ってきているが、そのテキストである2002年初版の「建築編 マンションの維持修繕技術」の中で、外装塗膜の劣化診断技術が示されており、基本的には劣化診断指針と資料3)の「塗り仕上げ外壁の補修・改修技術」が活用されている。

(2) 資料調査結果の概要

多くの資料は、劣化診断指針を引用又は参考としたものであるが、主な資料についてその概要を表2.17に、また、次の1)～9)の項目別に劣化診断指針との違いなどを補足する。

1) 適用範囲

劣化診断指針では、塗り材として JIS に規格化されている外装塗り仕上げを、また下地として鉄筋コンクリート、プレキャストコンクリート部材、ALC パネル、セメントモルタルを対象としている。

その他の資料の中には、JIS A 6909(建築用仕上塗材)に準じた塗り材として、マスチック塗材又は外壁用塗膜防水材(外壁用アクリルゴム防水材)を追加しているものがある。また、下地でも鉄骨鉄筋コンクリート、コンクリートブロック、無機質成形板を対象に加えているものがある。

2) 劣化現象の種類

ほとんどの資料は、基本的に劣化診断指針に準じているが、資料 5)の「建築物修繕措置判定手法」では、修繕措置のための判定要素を汚れ、変退色、光沢度低下、白亜化、摩耗、割れ、ふくれ、はがれ、割れ・ふくれ・はがれの混在に特定しており、付着性低下やエフロッセンスは除外されている。また、資料 6)の「外壁改修工事の基本的な考え方(湿式編)」では、セメント系仕上塗材の中性を採り上げているのが特徴的である。

3) 劣化診断の対象部位

最も対象部位が詳述されているのは「外装仕上げの耐久性向上技術」¹⁾で、他の資料の多くはその引用又は外壁・外装など広範囲な捉え方をしている。ただし、資料 7)の「外装塗り替えマニュアル」では専門工事業者が調査を行う観点から、調査依頼者との協議決定によることとしながら、原則として比較的面積が広いか顕著な劣化が認められる部位を対象として示している。

4) 劣化診断者の資格

劣化診断指針には明記されていないが、専門的な知識を要する建築技術者として耐久性総プロ以降に制度化された(財)建築保全センターの「建築仕上げ改修施工管理技術者」やBELCAの「建築仕上診断技術者(ビルディングドクター<非構造>)」を紹介しているものが多い。

ただし、資料 5)の「建築物修繕措置判定手法」では、調査対象が官庁建物であることから、点検に近い1次調査は建物管理者、専門的な知識を要する 2 次調査は建築技術者と区分している。

5) 劣化診断のレベル

劣化診断指針では、調査・診断レベルの程度に応じ 1 次診断、2 次診断、3 次診断の 3 つに区分されているが、資料 5)の「建築物修繕措置判定手法」や民間団体の資料では実務を勘案してのことか、1 回又は 2 回の調査診断を前提としている。

なお、資料 10)の「建築物の調査・診断指針(案)・同解説」では、これらを詳細調査と総括し、必要に応じて調査レベルや調査回数を定めたら良いとしている。

6) 劣化診断方法

多くの資料は、表 2.18 に示す劣化診断指針の内容を引用又は参考としたものであるが、民間団体の資料では、既存塗膜の種類を判断する簡易な方法が示されており、特徴的である。

例えば、資料1)の「建築外装塗替えマニュアル」には、既存塗膜の種別を判断する方法として表 2.19 が示されている。

改修塗装系の選定にあたっては、下地となる既存塗膜の種類を把握しておくことが重要であり、

過去の設計図書等で事前に確認したり、塗膜を機器分析で判定することが確実であるが、材料製造業者や専門工事業者などが調査する場合などは、比較的専門的な知識を有しているので、簡便な方法として活用されている。

7) 劣化現象・程度の標準パターン写真

劣化診断指針では、2次診断において薄塗材(リシン)の摩耗及びふくれ・割れ・はがれの混在、複層塗材(吹付けタイル)の割れ、碁盤目付着試験並びに白亜化の標準パターン写真が例示されている。

その他、劣化診断指針を引用した資料以外では、資料 1)の「建築外装塗替えマニュアル」において割れ、ふくれ、はがれについては(財)日本塗料検査協会の「塗膜の評価基準」¹²⁾によることが示されており、資料 7)の「外壁塗り替えマニュアル」ではオリジナルの白亜化、割れ、はがれの写真の他、汚れの種類と程度が示されているのが特徴的である。

8) 劣化原因の推定

何れの資料にも具体的な内容は示されておらず、塗装改修設計にあたって適切な方法で劣化原因を把握するよう解説している。

なお、劣化診断指針では、劣化原因の項目として雨水、使用水、結露、湿度、薬品、塩分、紫外線、大気汚染が示されており、資料 3)の「塗り仕上げ外壁の補修・改修技術」では、コンクリート部分を対象とした劣化原因の推定方法が、また資料 1)の「建築外装塗替えマニュアル」では劣化現象と劣化原因の一覧表が示されている。

9) 劣化診断結果の判定

「外装仕上げの耐久性向上技術」の劣化診断指針には、劣化診断結果の判定については触れられていないが、耐久設計指針において建物への要求性能を「外観を重視」、「保護性能を重視」、「外観と保護性能を重視」の3つに区分し、その要求性能に応じて点検結果の劣化デグリーをグレードに換算して、「補修不要」、「要補修(必要に応じて補修を考慮すべき)」、「要補修(早急に補修すべき)」とする判定例が示されている。

なお、耐久性総プロ後の成果物である資料 3)の「塗り仕上げ外壁の補修・改修技術」では、1次診断以降の高次診断の要否判定方法及び補修・改修の要否判定方法が示され、その考え方は資料 5)の「建築物修繕措置判定手法」に踏襲されている。

「建築物修繕措置判定手法」では、「1次調査」の結果から「2次調査」又は「大規模修繕」を判定する基準が、また「2次調査」の結果からは構造体の保護性能を重視する場合と外観を重視する場合に区分して「維持保全」、「部分修繕」又は「大規模修繕」を判定する基準が示されている。

また、その他の資料で特徴的なものとして資料 7)の「外壁塗り替えマニュアル」では、既存塗膜の除去の要否判定に塗膜の付着性に関する調査結果を活用している他、改修塗装系の選定にあたってコンクリートの中酸化深さ、かぶり厚、塩化物イオン濃度及び既存塗膜の種類の結果を活用する方法が示されている。

表 2.17 耐久性総プロの劣化診断方法と他の出版物との比較概要

	概要	適用範囲 (仕上材)	適用範囲 (下地)	劣化現象の種類	対象部位	劣化診断者の 資格	劣化診断の レベル	劣化診断方法	劣化現象・程度の 標準パターン写真	劣化原因の推定	診断結果の判定
耐久性総プロ) 外装仕上げの耐久性 向上技術(第1編第1章 「外装塗り仕上げの劣 化診断指針・同解説」)	耐久性総プロの成果の普及 版の一つ。第1編第1章「外 装塗り仕上げの劣化診断指 針・同解説」で劣化診断方 法を記載	JISに規定される建築用仕上 塗材、塗料	RC、PCa、ALC、セメ ントモルタル	(塗膜表面)汚れ、変退色、光沢度低 下、白亜化 (塗膜層)割れ、ふくれ(浮き)、剥が れ、割れ・ふくれ・剥がれれの混在、摩 耗、付着性低下 (塗膜層および下地)エフロッセ ンス、クラック	A(一般外壁、塔屋壁)、 B(廊下壁、ひざ裏、段裏、軒裏、バルコニー内 壁、バルコニー軒裏)、 C(斜壁、窓まわり、ひざ鼻先、階段手すり、手 すり脚部、柱形、はり形、垂直目地、水平目地、と いおよび取付金物まわり、手すり、手すり壁、手す り上端、バルコニー鼻先、開口部、出入口)	—	1次診断 2次診断 3次診断	1次:目視、指触(4段階) 2次:目視(標準パターン写 真含む)、指触、簡易器具 (6段階) 3次:専用測定機器(6段階)	リシンの磨耗、タイルの割れ、リ シンのふくれ・割れ・剥がれ混 在、塗料のクロスカット(曇盤 目)、白亜化(手・布)	雨水、使用水、結露、湿度、 薬品、塩分、紫外線、大気 汚染、(膜厚測定・付着汚染 物質分析・温湿度計測、海 塩粒子定量)	耐久設計指針で点検後の補修の要否判定 がある。外観重視、保護性能重視、両者重視 の3つの要求性能に応じた劣化のグレードを 定め、 グレード0、1:補修不要 グレード2、3:必要に応じて補修を考慮すべ き グレード4、5:早急に補修すべき
資料1) 建築外装塗替えマニ ュアル	塗料製造業者の団体が作 成した外装の塗替えマニ ュアルで、その中に劣化診断 方法を記載	マスチック塗材を含む仕上 塗材・塗料	集合住宅のコンクリ ート、セメントモルタル	耐久性総プロと基本的には同じ。た だし、下地の劣化に起因するエフロッセ センスによる変色・ふくれ・剥がれ、漏 水によるふくれ・剥がれ、クラックによ る割れ・ふくれ・剥がれを区分	建築外装	—	1次判定 2次判定	1次:目視、指触(3段階) 2次:目視(日塗検:塗膜の 評価基準)、簡易器具(3段 階) その他:既存塗膜の種類判 断方法	割れ、ふくれ、剥がれは日本塗 料検査協会の塗膜の評価基準 による	塗膜の劣化現象と原因の一 覧表を紹介	なし
資料3) 塗り仕上げ外壁の補 修・改修技術	耐久性総プロ後の官民連帯 共同研究の成果の普及版 の一つ。補修・改修技術の 一環として劣化診断方法を 記載	耐久性総プロの内容に外壁 用塗膜防水材を追加、工事 仕様としてJASS 18、23、8を 解説 アル骨、塩害、特殊な劣化 除く	SRCを追加明記	耐久性総プロと同じ	耐久性総プロと同じ	BELCA、保全 センターを解説 で紹介	1次診断 2次診断 3次診断	耐久性総プロと同じ	耐久性総プロと同じ	コンクリート部分を対象とした 劣化原因の推定のみ記載	高次診断の要否の判定、塗材の劣化による 補修・改修の要否の判定を追加
資料4) 建築物の調査・劣化診 断・修繕の考え方(案) 同解説	日本建築学会の出版物で 材料施工委員会傘下の耐 久性小委員会で作成。劣化 診断および修繕の基本的な 考え方を記載	建築物・部材・材料全般	建築物・部材・材料全 般	W造、S造、RC造について解説で事 例として耐久性総プロの成果を引用。 外装仕上塗材・塗料の具体的な記述 はなし。	広い範囲を対象に調査することを記載している が、具体的な内容は記載なし	BELCA、保全 センターを解説 で紹介	1次劣化調査 2次劣化調査 3次劣化調査	W造、S造、RC造について 解説で事例として耐久性総 プロの成果を引用。外装仕 上塗材・塗料の具体的な記 述はなし。	なし	適切な手法で劣化要因およ び劣化現象を把握するよう 記載	高次劣化調査の要否および修繕の要否に関 する意見を調査報告書にまとめるよう記載
資料5) 建築物修繕措置判定 手法(第7章 塗り仕上 げ外壁)	「官庁建物修繕措置判定手 法・同解説」の改訂版	JASS18・JASS23で対象とし ている塗料・仕上塗材、 JASS8の外壁用アクリルゴム 防水材	RC、SRC、モルタル	判定要素としての劣化現象 汚れ、変退色、光沢度低下、白亜化、 摩耗、割れ、ふくれ、剥がれ、割れ・ ふくれ・剥がれれの混在	目視または手が届く範囲(一般外壁、開口部周 辺、ベランダ、階段、パラペットなど)	1次調査は建 物管理者 2次調査は建 築技術者(BE LCA、保全セ ンターを解説 で紹介)	1次調査 2次調査 診断(付録に記 載。2次調査で判 定できない場合 実施)	耐久性総プロと同じ。ただし 付録には「診断」として3次 調査のレベルと項目を紹介 している	耐久性総プロと同じ	なし	1次調査の結果からフロー図に基づき「大規 模修繕」または「2次調査」を判定 2次調査の結果からフロー図に基づき「維持 保全」、「部分修繕」または「大規模修繕」を 判定
資料6) 外壁改修工事の基本 的な考え方(湿式編) (第1編 共通事項) (第3編 吹付け改修工 事) (第4編 塗装改修工 事)	日本建築学会の出版物で 材料施工委員会・塗付け工 事運営委員会傘下の吹付 け工事小委員会、塗装工事 小委員会、左官工事小委 員会で作成。改修工事に関 する基本的な考え方の中で劣 化診断方法を記載	吹付:JASS23の仕上塗材	(吹付け工事) コンクリート、セメント モルタル、PCa、コン クリートブロック、ALC、 無機質成形板	(塗材表面)汚れ、変退色、光沢度低 下、白亜化、摩耗 (塗材層)割れ、ふくれ(浮き)、剥が れ、割れ・ふくれ・剥がれれの混在 (セメント系塗材)エフロッセ ンス、中性化 (下地)ひび割れ、はく落、損傷、エ フロッセンス、せい弱化、さび汚れ、そ の他の汚れ	外壁	本調査・詳細調 査では建築技 術者または診 断技術者(診断 資格者)	現地調査(※予 備調査と本調査 に区分) 詳細調査(※詳 細調査は施工調 査前に実施)	耐久性総プロと同じ方法を 例示	なし	調査の目的には示してある が、具体的な方法は記載な し	解説で耐久性総プロの劣化デグリーと劣化グ レードの考え方の例を引用。また官民連帯で の劣化程度と改修の要否判定を引用
		塗装:JASS18の塗料	(塗装工事) 吹付け工事の下地に木 部および金属類を追加	(塗膜表面)汚れ、変退色、光沢低 下、白亜化、摩耗 (塗膜内部)割れ、ふくれ(浮き)、剥が れ、摩耗 (コンクリート下地)エフロッセ ンス、ひび割れ、下地の浮き、鋼材のさび (鉄・亜鉛めっき下地)赤さび、白さ び、断面欠損 (アルミニウム下地)点食、孔食、変 形、その他の腐食 (木質系下地)割れ、腐朽、虫害	外壁	本調査・詳細調 査では建築技 術者または診 断技術者(診断 資格者)	現地調査(※予 備調査と本調査 に区分) 詳細調査(※詳 細調査は施工調 査前に実施)	耐久性総プロと同じ方法を 例示	なし	調査の目的には示してある が、具体的な方法は記載な し	解説で耐久性総プロの劣化デグリーと劣化グ レードの考え方の例を引用。また官民連帯で の劣化程度と改修の要否判定を引用
資料7) 外壁塗り替えマニ ュアル	工事業者団体の神奈川県 ビルリフォーム協同組合が 発行した外壁の塗替えマ ニュアルで、調査方法につ いても記載	仕上塗材、マスチック塗材。 アル骨、塩害、特殊な劣化 除く。	コンクリート、セメント モルタルなど	(コンクリート部分)ひび割れ、剥落・ 欠損、中性化深さ (モルタル部分)ひび割れ、剥落・欠 損、浮き (塗膜)汚れ、白亜化、割れ、剥がれ、 付着性	調査依頼者と協議決定(原則としては一般外壁、 バルコニー手摺壁、廊下手摺壁、階段室手摺 壁、大庇鼻先、エレベータ棟、塗装面積が前述 の部位と同等または特に異常のある部位)	団体の会員	特に区分なし	目視、指触、簡易器具 調査項目には劣化現象の ほか鉄筋のかぶり厚さ、漏 水の痕跡、主材の種類、上 塗材の種類を含む	主材の種類、汚れ(程度・種 別)、白亜化、割れ、剥がれ(状 態・程度)、付着性(クロスカ ット)	特に記載なし	塗替えの要否判定は汚れ、白亜化、割れ、 剥がれの程度に応じ躯体保護の場合と美観 重視の条件で区分。 既存塗膜の除去の要否判定について塗膜の 付着性に関する調査結果を活用。 塗替え工法の選定において、中性化深さ、か ぶり厚さ、塩化物イオン濃度、既存塗膜の種 別に関する調査結果を活用
資料10) 建築物の調査・診断指 針(案)・同解説	日本建築学会の「建築物の 調査・劣化診断・修繕の考 え方(案)・同解説」を改訂 し、指針(案)・同解説とし たもの	建築物・部材・材料全般	建築物・部材・材料全 般	W造、S造、RC造について解説で事 例として耐久性総プロの成果を引用。 外装仕上塗材・塗料の具体的な記述 はなし。	広い範囲を対象に調査することを記載している が、具体的な内容は記載なし	BELCA、保全 センターを解説 で紹介	詳細調査 (※必要に応じ調 査レベル・回数 を定めると良い旨を 解説に記載)	W造、S造、RC造について 解説で事例として耐久性総 プロの成果を引用。外装仕 上塗材・塗料の具体的な記 述はなし。	なし	適切な手法で劣化要因およ び劣化現象を把握するよう 記載。劣化機構・劣化要因 の把握を「劣化診断」とし、 「劣化調査」と用語を使い分 けている。	劣化調査・劣化診断結果に基づき、修繕の 要否判定に関わる条件を記載。具体的な判 定基準はなし。

表 2.18 劣化診断指針の調査・診断方法概要¹⁾

劣化現象	1次診断法	2次診断法	3次診断法
1. 変色・退色	①目視診断 一様な変退色	①目視診断 色見本、カラーチャートによる評価	①測色色差計による診断
	②目視診断 局所的な変退色	②目視診断 色見本、カラーチャートによる評価	②測色色差計による診断
2. 光沢度低下	①目視診断	①目視診断	①光沢計による診断
3. 白亜化	①指触診断 皮膜面を指で強くこすり、粉状物の付着を診断	①払拭診断 塗膜面を黒色、白色の布にて強くこすり、粉状物の付着で診断	①白亜化度による診断 「JIS K 5663(合成樹脂エマルションペイント)」等に規定された白亜化度で診断
4. 汚れ	①目視診断	①目視診断	①測色色差計による診断
	②目視診断	②目視診断(標準パターン写真)	②測色色差計による診断 色見本、カラーチャートによる評価
5. ふくれ	①目視診断	①目視診断(標準パターン写真) トップコートのふくれ	②目視診断 トップコートのふくれ
		②目視診断(標準パターン写真) 主材のふくれ	②目視診断 主材のふくれ
		③付着力診断 クロスカットテスト (BS 3900: part E6)	③付着力診断 クロスカットテスト (BS 3900: part E6)
6. 割れ	①目視診断	①目視診断(標準パターン写真) トップコートの割れ診断	①目視診断 トップコートの割れ診断
		②目視診断(標準パターン写真) 主材の割れ診断	②目視診断 主材の割れ診断
		③目視診断(標準パターン写真) 下地クラックの診断 割れの進行度・進行性診断	③目視診断 下地クラックの診断 割れの進行度・進行性診断
		③付着力診断 クロスカットテスト (BS 3900: part E6)	③付着力診断 クロスカットテスト (BS 3900: part E6)
7. 剥がれ	①目視診断	①目視診断(標準パターン写真) トップコートの剥がれ	①目視診断 トップコートの剥がれ
		②目視診断(標準パターン写真) 主材の剥がれ	②目視診断 主材の剥がれ
		③目視診断(標準パターン写真) 下地クラックの診断	③目視診断 下地クラックの診断
		④目視診断 クロスカットテスト (BS 3900: part E6)	④目視診断 クロスカットテスト (BS 3900: part E6)
8. ふくれ、割れ、剥がれの混在	①目視診断	①目視診断(標準パターン写真)	①目視診断
		②目視診断(標準パターン写真) 下地クラックの診断	②目視診断 下地クラックの診断
		③目視診断 クロスカットテスト (BS 3900: part E6)	③目視診断 クロスカットテスト (BS 3900: part E6)
9. 風化による膜厚減少(摩耗)	①目視診断	①目視診断(標準パターン写真)	①目視診断
			②目視診断 クロスカットテスト (BS 3900: part E6)
10. クラック		①目視診断(標準パターン写真)	①目視診断
		②クラックスケールによる下地クラックの診断	②クラックスケールによる下地クラックの診断
			③目視診断 クロスカットテスト (BS 3900: part E6)
11. エフロレンセンス		①目視診断	①目視診断

表 2.19 既存塗膜の種別判断表

*同一の塗料種別でも溶解性が場合によって差異を生じることがある。

項目	旧塗膜		塗料		薄塗材(リシン)								マステック塗材				厚付材(スタッコ)				複層塗材(吹付タイル)						伸長形複層塗材(ゴム状弾性仕上材)										
	形状	膜厚	薄膜(平坦)								砂壁(リシン)状								さざなみ状				凹凸状, 凸部処理状				ゆず肌状, 凹凸状, キャスト状, クレーター状						ゆず肌状, 凹凸状, キャスト状, スチップル状				
外観評価	膜厚	薄い(0.2mm以下)		0.3~3mm								2~3mm				厚い(4~10mm)				厚い(1~5mm)						厚い(1~5mm)											
	硬さ	硬		硬 軟 硬								硬				硬				硬						軟											
	光沢	無	有	有	有	無	有	有	—								—				—				—												
燃焼試験	状態	B	B	B	B'	B	B	B	IB	B'	B	B	B	B'	B'	IB	IB	IB	B'	B'	IB	B'	B'	B	B'	B	B	B	B	B'							
	臭気				注1)																									注1)							
溶剤試験	塗料用シンナー	S	S	S	S	S	ID	S	ID	S	S	S	S	S	S	ID	S	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	S	S	S	S	ID	S							
	塩ゴム系シンナー	D	D	D	D	S	ID	S	ID	S	S	S	D	S	S	ID	S	ID	S	S	ID	S	ID	ID	S	S	S	S	ID	S							
	エポキシ系シンナー	D	D	D	D	D	S	D	ID	S	D	D	D	S	S	ID	S	ID	S	S	ID	S	ID	S	S	S	S	S	S	S							
	はく離剤	D	D	D	D	D	S	D	ID	D	D	D	D	D	D	S	D	ID	S	D	ID	S	D	S	D	D	D	D	S	S	D						
塗料名	合成樹脂エマルションペイント	つや有り合成樹脂エマルションペイント	アクリル樹脂塗料	塩化ビニル樹脂塗料	けい酸質塗料	ポリウレタン樹脂塗料・脂肪酸樹脂塗料	リシンベース	セメント系薄塗材(セメントリシン)	薄塗材E(樹脂リシン)	薄塗材S(溶液リシン)	薄塗材Si(シリカ系リシン)	可とう形薄塗材E(弾性リシン)	薄塗材S(溶液リシン)	薄塗材Si(シリカ系リシン)	マステック塗材A	マステック塗材C	マステック塗材B	厚塗材C(セメントスタッコ)	厚塗材Si(シリカスタッコ)	厚塗材E(樹脂スタッコ)	複層塗材C(セメント系吹付タイル)	複層塗材E(アクリル系吹付タイル)	複層塗材RE(エポキシ水系吹付タイル)	複層塗材RS(エポキシ溶液系吹付タイル)	複層塗材Si(シリカ系吹付タイル)	伸長形複層塗材E-2(連続主材層あり弾性リシン)	伸長形複層塗材E-2(単層弾性材)	伸長形複層塗材E-1(アクリルゴム)	伸長形複層塗材RS(ウレタンゴム)	伸長形複層塗材RS(クロロブレンゴム)							
					注2)									注2)				注2)																			

IB: 燃えない
B': 燃えにくい
B: 燃える

注1): 塩素臭

ID: 不溶
S: 膨潤又は軟化
D: 溶解

注2): シリカ系
当分類では合成樹脂エマルション変性タイプとして評価した。

・複層塗材および上塗材のあるマステック塗材、厚塗材については、上塗材を除いた主材の識別である。上塗材については塗料の項をみる。
・つや無し塩化ビニル樹脂塗料、半つやアクリル樹脂塗料については、それぞれのつや有り塗料の項を参照とする。

(3) 今後の課題

前述の資料調査の結果から、今後の課題として以下のようなことが考えられる。

1) 診断用標準パターン写真の整備

塗膜の劣化診断の考え方や方法は、概ね劣化診断指針¹⁾を基本にしており、感覚的な目視・指触程度の診断レベルから専門の機器を使用する診断のレベルまでが対象とされている。

劣化診断指針における1次診断、2次診断、3次診断の概要は表 2.17 に示したとおりであるが、この中で2次診断に示されている塗膜の劣化現象・程度に関する標準パターン写真は例示にとどまっており、すべての劣化現象について整備されていないばかりか、塗膜の種類を勘案した劣化状況の違いについても示されていない。

また、その他の資料においても同様で、標準パターン写真が整備されているものはなく、劣化診断指針で目視評価の公平性を高めることを目的とした2次診断方法をより実用化するには、標準パターン写真の整備が望まれる。

2) 劣化診断に関する技術情報の再整理

多くの資料が劣化診断指針を活用していることは前述のとおりであるが、材料・施工に関して新たに追加したほうが良いと思われる情報の整備や技術情報の更新が望まれる。例えば、前述の調査結果からすると以下のような内容である。

- ① 塗膜の付着性(付着強さや破壊形態)に関する診断結果などから、既存塗膜を残しても良いのか、除去すべきかの判定方法の整備。
- ② 建物の使用予定期間を勘案した複数回の補修・改修工事への適用性を考慮した劣化診断方法の整備。資料 7)の「外壁塗り替えマニュアル」では適用範囲の解説に、建築物竣工後の最初の塗り替え工事ばかりでなく、再度又は再再度の工事にも活用できるとされているが、その他の資料では明記されていない。

3) 劣化調査・劣化診断の用語の整理

2.3.1 の(1)及び(2)では特に触れていないが、(社)日本建築学会の「建築物の調査・診断指針(案)・同解説」(資料 10)では、劣化調査と劣化診断を次のように使い分けている。

劣化調査:劣化に対する調査。劣化調査の内容には劣化診断も含む。

劣化診断:事前調査や詳細調査における劣化現象の観察・測定・試験の結果などをもとに、劣化の種類、程度を把握し、劣化原因によって劣化現象を起こすに至った劣化機構を解明すること。劣化調査と同じ意味で用いられることがある。

しかし、その他の資料では概ね同じような意味で使われており、「調査」と「診断」を明確に使い分けておらず、用語の使い方について整理が必要と考えられる。

4) 塗膜の耐久性能評価方法の検討

経年における調査結果から、その時点での塗膜の劣化現象や劣化程度は把握できても、その後の劣化の進行に関するシミュレーション技術、耐久性能からみた塗膜の限界状態の判断方法、並びにこれらを踏まえた科学的な補修・改修時期の判断方法などは確立されていない。

なお、耐久性能総プロやその後の官民連帯共同研究では、調査結果から補修・改修の可否を判

定する方法を示しているが、その根拠は建築関係者へのアンケート調査結果やエキスパートの判断などに基づいたもので、知見はかなり集約されているものの科学的な根拠までは言及されていない。

一般に、適切な補修・改修時期については、建築物や部位に要求される基本的な性能を重視するか外観を含めた美観を重視するかによっても考え方が異なる他、防水工事など他の工事との係わりや経費などの総合的な条件、あるいは省エネ、コンバージョン、バリアフリーなど補修・改修の目的によっても異なるため、一様に補修・改修時期を設定することは困難であるが、建築材料の分野にあっては塗膜の限界状態を科学的に判断できる評価手法の開発が必要である。

参考文献

- 1) 建設大臣官房技術調査室監修：外装仕上げの耐久性向上技術，技報堂出版，1987年
- 2) (社)日本塗料工業会：建築外装塗替えマニュアル，1988年
- 3) 建設大臣官房官庁営繕部監修：官庁建物修繕措置判定手法・同解説，(財)建築保全センター発行，1988年
- 4) 建設大臣官房技術調査室監修：塗り仕上げ外壁の補修・改修技術，(財)日本建築センター・(財)建築保全センター，1992年
- 5) (社)日本建築学会：建築物の調査・劣化診断・修繕の考え方(案)・同解説，1993年
- 6) 建設大臣官房官庁営繕部監修：建築物修繕措置判定手法，(財)経済調査会発行，1993年
- 7) (社)日本建築学会：外壁改修工事の基本的な考え方(湿式編)，1994年
- 8) 神奈川県ビルリフォーム協同組合：外壁塗り替えマニュアル，1996年
- 9) 建築改修実務事典編集委員会：建築改修実務事典，(株)産業調査会事典出版センター，1998年
- 10) コンクリート建物改修事典編集委員会：コンクリート建物改修事典，(株)産業調査会事典出版センター，2005年
- 11) (社)日本建築学会：建築物の調査・診断指針(案)・同解説，2008年
- 12) (財)日本塗料検査協会；塗膜の評価基準 2003年版

2.3.2 既存建築物の外装塗り仕上げの劣化診断における標準パターン写真の整備

(1) 概要

2.3.1 では、外装塗り仕上げの劣化診断方法について、耐久性総プロの成果物のほか、それ以降の既往の資料を調査した。その結果、塗膜の劣化診断の考え方や方法は、概ね耐久性総プロの劣化診断指針を基本にしており、感覚的な目視・指触程度の診断レベルから専門の機器を使用する診断のレベルまでが対象とされていた。

このうち、劣化診断指針の2次診断では、目視による評価の公平性を高める目的で、塗膜の劣化程度を5段階に区分した標準パターン写真と対比して判定する方法が提案されているが、標準パターン写真の種類が少なく補足的な説明が不足していること、また耐久性総プロ以降の進展がないことから、今後の課題の一つとして、より実用的な標準パターン写真の整備を取り上げた。

したがって、ここでは塗膜の劣化写真を収集して分類・整理するとともに、標準パターン写真の利便性を向上するために、次の1)及び2)を実施した。

1) 塗材の劣化に関する補足資料の整備

- ①塗材の種類によっては劣化のパターンが異なるため、塗膜の外観から塗材の種類が大別できるように、主な塗材について模様表面形状及び断面形状を写真・図で示した。
- ②塗材の種類によっては劣化の進行パターンが異なるため、主な塗材について劣化進行の模式図を耐久性総プロの成果から引用した。
- ③塗膜の劣化現象を写真で示し、その状態についての説明を補足した。

2) 標準パターン写真の整備

- ①耐久性総プロで示された「割れ」の標準パターン写真を更新し、JIS K 5600-8-4(塗料一般試験方法 第8部:塗膜劣化の評価 第4節:割れの等級)との整合を図った。
- ②耐久性総プロで示された「はがれ」の標準パターン写真を更新し、JIS K 5600-8-5(塗料一般試験方法 第8部:塗膜劣化の評価 第5節:はがれの等級)との整合性も踏まえ、はがれの面積に関する定量的な目安を示した。
- ③「はがれ」の標準パターン写真として、実用性の観点から使用頻度や特徴を勘案し、複層仕上塗材、薄付け仕上塗材、塗料の3種類を作成した。
- ④耐久性総プロで示された「摩耗」の標準パターン写真に模式図及び摩耗の面積に関する定量的な目安を示した。
- ⑤雨筋による「汚れ」の標準パターン写真を作成した。また、平成11年度から平成14年度に実施されたと日本建築仕上材工業会との共同研究「汚れ防止研究委員会」の成果を活用し、汚れの程度に関する指標と定量的な目安を示した。
- ⑥耐久性総プロで示された「白亜化」の標準パターン写真を更新し、JIS K 5600-8-6(塗料一般試験方法 第8部:塗膜劣化の評価 第6節:白亜化の等級)との整合を図った。
- ⑦既存塗膜の付着強さを判断するための試験に際し、塗膜層の構成と破壊形態の表わし方について模式図を補足した。

(2) 塗材の形状

JIS A 6909:2003(建築用仕上塗材)では、改修専用の仕上塗材である可とう形改修塗材を除くと、外装用の仕上塗材については模様や厚さなどの形状の違いから、薄付け仕上塗材、複層仕上塗材、厚付け仕上塗材の3種類に大別され、さらにセメントや合成樹脂などの結合材の違いによって19種類に細分化されている。

仕上塗材の製造業者団体である日本建築仕上材工業会の平成21年の生産統計から推定される外装材の種類別施工面積シェアは、可とう形を含む薄塗材 E(樹脂リシン)が29.5%、防水形薄塗材 E(単層弾性)が9.8%、防水形複層塗材 E(複層弾性)を含む複層塗材 E(樹脂系吹付けタイル)が12%、厚塗材 E(樹脂スタッコ)と厚塗材 C(セメントスタッコ)の合計が2.4%、可とう形改修塗材が29.7%で、既存塗膜の多くは樹脂リシンか樹脂系吹付けタイルである。

したがって、標準パターン写真は比較的多く施工されている塗材を対象として整理しているが、塗材の種類を把握するために主な塗材の表面形状及び断面形状のモデルを図2.6に示す。

なお、図2.6には官庁営繕部やUR都市機構の仕様書で工事仕様が標準化されているマスチック A(薄塗材 E と同等)及びマスチック C(複層塗材 CE:ポリマーセメント系複層塗材と同等)も併記しているが、基本的に既存塗膜の種類調査は、新築時の設計図書や修繕時の記録等による書類調査で確認される。しかし、書類調査で確認できない場合や、書類調査の結果と現地の状況が異なる場合などは図2.6が参考となる。

ただし、主材の結合材の種別までを判定する場合には機器分析が必要となるため、必要に応じて材料製造業者や分析を専門とする会社等に調査が依頼される。

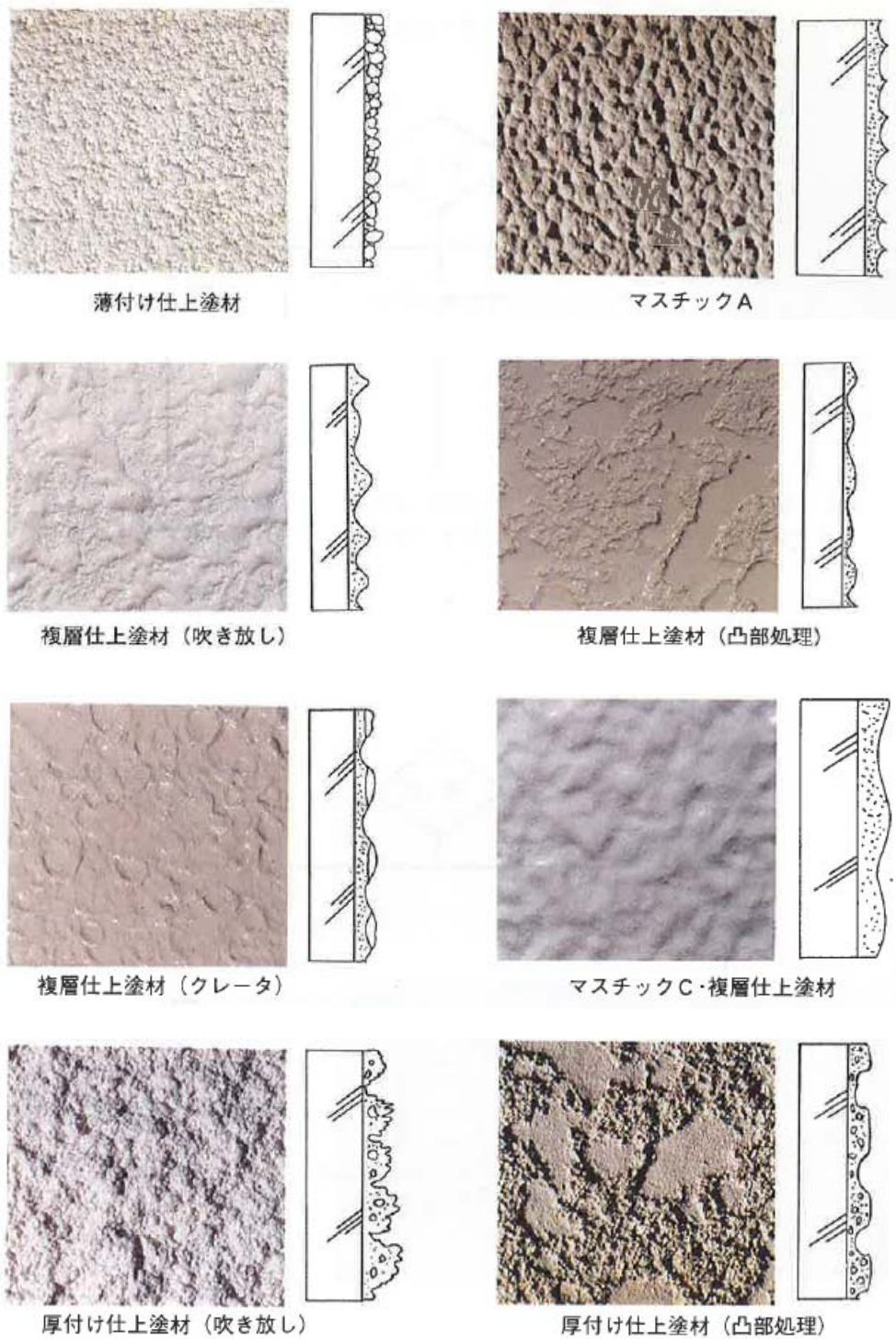


図 2.6 主な塗材の形状

(3) 塗膜劣化の進行モデル

塗材の主な劣化状態の模式図を図 2.7 に、また劣化進行の模式図を図 2.8 に示す。

塗膜は、紫外線、水、熱などの劣化外力によって劣化が進行するが、仕上塗材の種類によって劣化の進行が異なり、劣化現象も異なるので、標準パターン写真の活用にあたって、劣化の進行を把握しておくことは重要である。

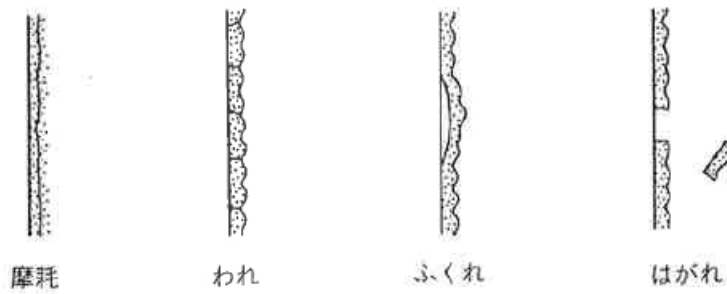


図 2.7 塗材の劣化状態の模式図

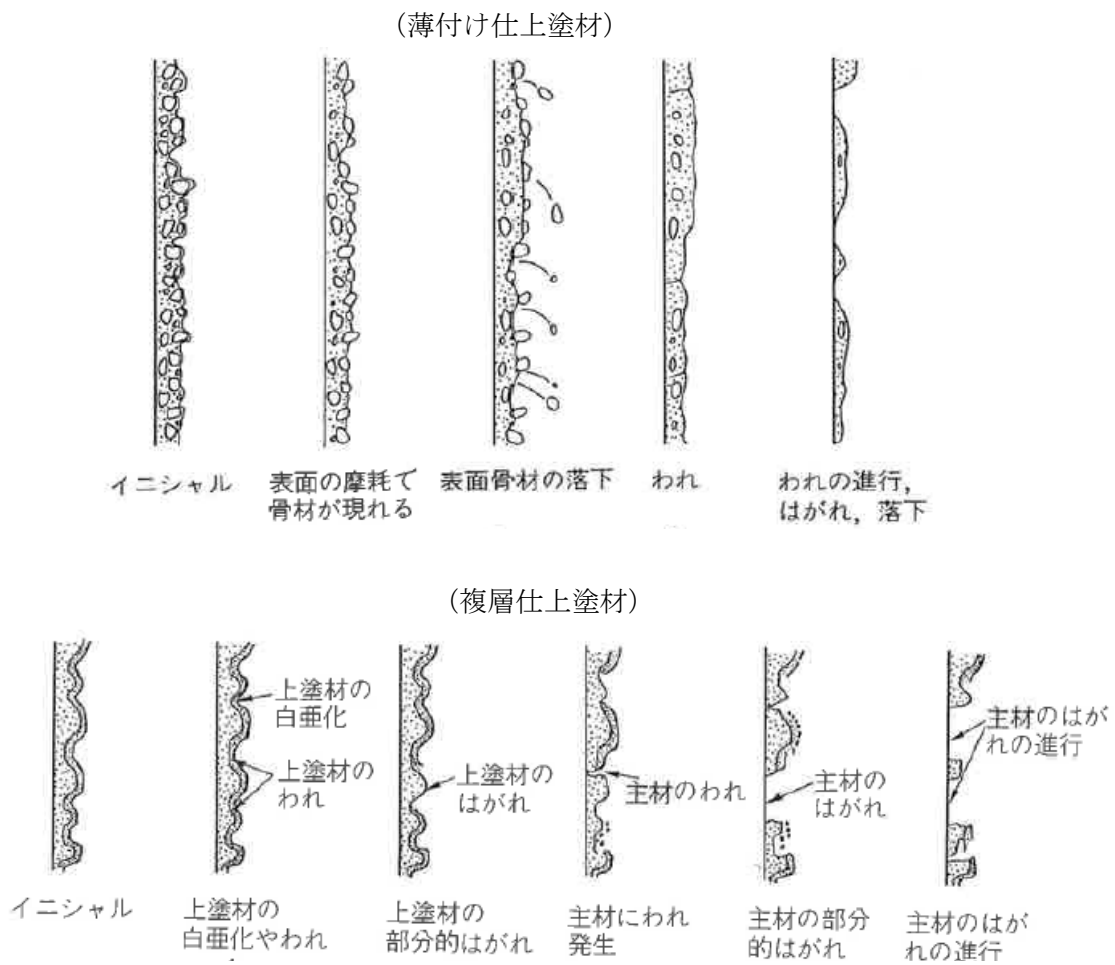
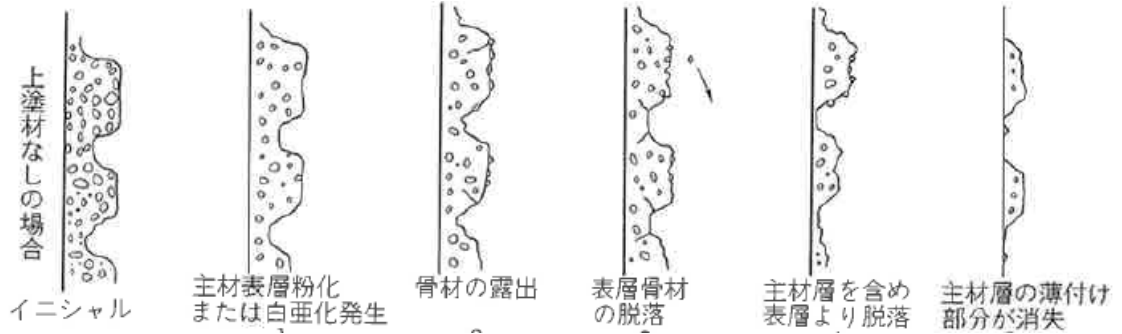


図 2.8 塗材の劣化進行の模式図 (その1)

(厚付け仕上塗材：上塗材がない場合)



(厚付け仕上塗材：上塗材がある場合)

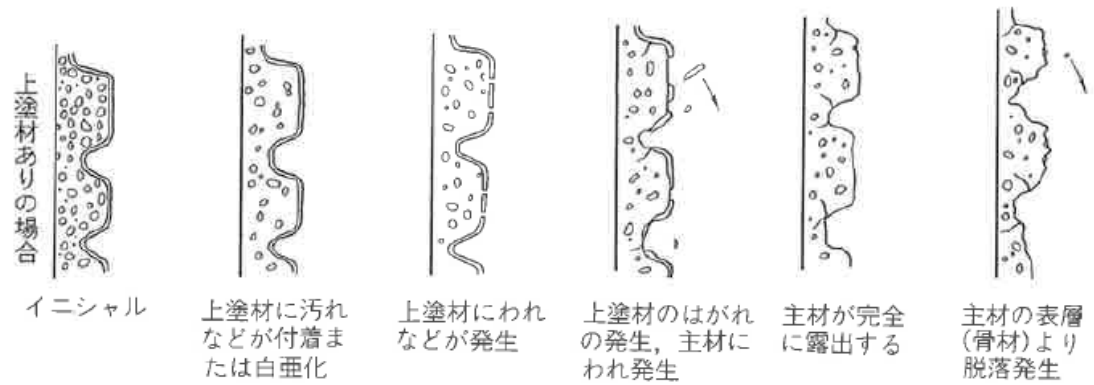


図 2.8 塗材の劣化進行の模式図 (その 2)

(4) 塗膜の劣化現象

1) 塗膜の割れ

既存塗膜に認められる割れは、塗膜の劣化に起因する上塗材や主材層の細かな亀甲状の割れ、下地調整塗材やモルタルの割れに起因する比較的大きな亀甲状の割れ、コンクリートのひび割れに起因する細長い線状の割れなどに大別される。塗膜の劣化に起因する割れは仕上げ面全体にはほぼ均等に認められるのに対し、その他の割れは比較的局部に認められる場合が多い。

割れの状態は、改修工法の選定とも関連するので、図 2.9 は既存塗膜の上塗材の割れ、主材の割れ、モルタルやコンクリート下地に起因する割れに分類して示している。

2) 塗膜のはがれ

塗膜のどの部分からはがれが生じているかによって、改修工法の選定条件が異なるため、現地調査でははがれの状態について調査することが重要である。図 2.10 では上塗材のはがれ、主材のはがれ、下地調整材のはがれ、コンクリートの欠損、シーリング材上のはがれを示している。

なお各劣化現象に対する一般的な改修工法は、次のとおりである。

① 上塗材のはがれ

既存塗膜面全体を対象に選定された塗材で塗り替える。

② 主材のはがれ

塗膜がはがれている部分に既存塗膜と同種または改修用の塗材を部分的に塗付けて残存塗膜との模様合わせを行い、その後全面を選定された塗装系で塗り替える。

③ 下地調整材のはがれ

はがれ部分に下地調整材を塗付けた後、既存塗膜と同種または改修塗材を部分的に塗付けて残存塗膜との模様合わせを行い、その後全面を選定された塗装系で塗り替える。

④ コンクリートの欠損

コンクリートの欠損をポリマーセメントモルタル等で補修した後、②の処理を行う。

⑤ シーリング材上のはがれ

シーリング材を打ち変えない場合は、②の処理を行う。

3) 塗膜の汚れ

塗膜の汚れがどのようなものかについては、改修時の汚れの除去工法を特定するために把握しておく必要があることから、図 2.11 には代表的な汚れの例として、雨筋による汚れ、取付け金物や鉄筋腐食によるさび汚れ、黴類や藻類の発生による生物汚れ、換気扇周りなどの油脂による汚れ、塵埃の付着による塗膜表面全体の汚れを示す。

4) その他の劣化

その他の劣化現象の例として、図 2.12 にピンホール、変色、ふくれ、漏水痕跡、植物の繁殖の状態を示す。

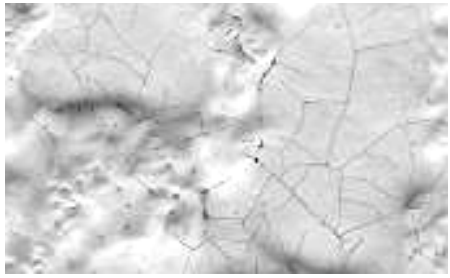
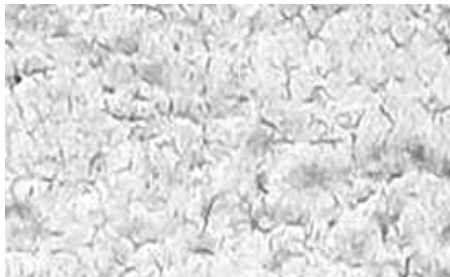

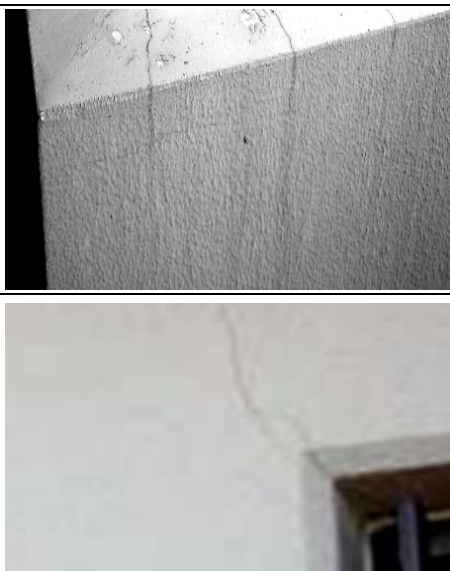
劣化現象	割れの状態	
上塗材の割れ		<p>複層仕上塗材（吹付けタイル）などの上塗材（表層の塗料）にのみ生じている割れ。主材の凹部や凸部を含め塗膜全体に幅の狭い割れが生じていることが多い。ルーペ等で拡大しないと見逃すこともある。</p>
主材の割れ		<p>概ね目視で見分けられる主材層及び上塗材に生じている割れ。上塗りの割れに比べると幅が広く深い。凹凸のある塗膜ではと凸部の周辺に生じていることが多い。</p>
モルタル下地からの割れ		<p>下地がモルタルの場合、モルタルの割れに伴って生じている仕上塗材層の割れ。目視で認められ、数十センチメートル程度の比較的大きな亀甲状の場合が多い。</p>
コンクリート下地からの割れ		<p>下地コンクリートのひび割れに伴って生じている仕上塗材層の割れ。目視で数メートル離れていても認められ、縦・横・斜め方向に直線的に生じるもの、開口部回りに斜め方向に生じるものなどがある。</p> <p>ひび割れ部分に錆汚れが認められる場合は、コンクリート中の鉄筋が腐食しているので、別途コンクリート部分の塩分測定や中性化深さを測定するなど、コンクリートの調査・診断を行う。</p>

図 2.9 割れの状態

劣化現象	はがれの状態	
上塗材のはがれ		<p>複層仕上塗材（吹付けタイル）などの上塗材（表層の塗料）にのみ生じているはがれ。主材が残存しており、指触すると厚さ数ミクロンの上塗材（塗料）だけがはがれる。</p>
主材のはがれ		<p>主材と上塗材が一体となって主材層から生じているはがれ。塗膜を除去すると下地調整塗材、モルタル、コンクリート等が露出する。割れとの混在で認められることが多い。</p>
下地調整材のはがれ		<p>下地調整塗材と仕上塗材が一体となって下地調整塗材とコンクリート等の界面から生じているはがれ。はがれた塗膜の裏面には主にセメント系下地調整塗材が認められる。塗膜を除去するとコンクリート等が露出する。</p>
コンクリートの欠損		<p>コンクリート部分の欠損（はく落）が生じている状態。鉄筋腐食が原因となっている場合は、鉄筋が露出していることが多い。</p>
シーリング材上のはがれ		<p>シーリング材の表面に施された仕上塗材のはがれ状態。塗膜のはがれた部分はシーリング材が露出している。</p>

図 2.10 はがれの状態

劣化現象	汚れの状態	
雨筋汚れ		<p>パラペットや面台などの水平面に堆積した汚れが、降雨とともに壁面に流れ、筋状の汚れとなっている状態。</p>
さび汚れ		<p>コンクリート中の鉄筋が腐食し、錆の膨張圧でひび割れが生じた箇所から、錆が流れ出している状態。コンクリートの耐久性に影響する現象。</p>
藻苔汚れ		<p>建物周辺に植物が生育し、日当たりが悪く湿気が多い部位などに藻や苔が生じている状態。緑色を呈しているが色が黒い場合はカビが生じている可能性が高い。</p>
換気扇周り 油脂汚れ		<p>換気口の周りにだけ生じている汚れ。一般的には生活で排出される油脂分が原因。</p>
塵埃による 汚れ		<p>大きな凹凸模様を特徴とする厚塗材 E（樹脂スタッコ）の汚れ。凸部に比べ凹部に著しい塵埃の汚れが認められることがある。</p>

図 2.11 汚れの状態

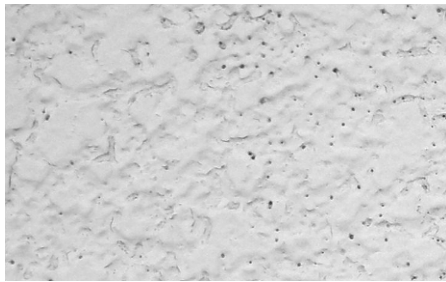




劣化現象	その他の劣化の状態	
ピンホール		<p>塗膜の表面に生じている小さな穴。塗膜の連続層が確保されていない欠陥で、コンクリートの中酸化などに影響する。</p>
変色		<p>塗膜の色が初期と異なって変化している状態。建物の面によって色が異なる場合や面内で局部的に色が異なる場合がある。</p>
ふくれ		<p>気体、液体、腐食生成物などを含んで塗膜が局部的に盛り上がっている現象。下地の水分が多かったり漏水などが原因となっている場合は、塗膜を切り取ると水が流れ出ることがある。</p>
漏水痕跡		<p>上げ裏などコンクリートのひび割れ部分から漏水した痕跡で、汚れがしみ出した状態。降雨時には雨漏りが認められる。</p>
植物の繁殖		<p>外壁に生育した植物（葛）の状態。</p>

図 2.12 その他の劣化の状態

(5) 塗膜の劣化デグリー(劣化程度)

1) 塗膜の割れ

改修工事仕様を検討するにあたっては、既存塗膜表面の劣化現象に加え劣化程度を把握しておくことが重要である。例えば、既存塗膜が複層仕上塗材等で主材層に割れが認められる場合、簡便な上塗材だけの塗り替えでは既存塗膜に生じている割れを十分に隠ぺいすることができないため、可とう形改修塗材や新たな仕上塗材での塗り替えなどが検討される。

図 2.13 は、複層仕上塗材を例とした割れの程度の写真を示したものである。割れの量については、ISO 4628-4:1982 に準じて規格化された JIS K 5600-8-4:1999(塗料一般試験方法—第 8 部:塗膜劣化の評価—第 4 節:割れの等級)を参考としている。

2) 塗膜のはがれ

既存塗膜にどの程度はがれが生じているかによって、改修工事仕様が異なってくるため、現地調査でははがれの状態と共にはがれの程度を調査することが重要である。図 2.14～図 2.16 は、はがれの程度を複層仕上塗材、薄付け仕上塗材及び塗料を対象として示したものであるが、これらは調査対象部位の総面積に占めるはがれの面積の程度を示す場合、または局所的な劣化程度を示す場合の双方に活用できる。

はがれの程度は、改修にあたって部分的な補修で対処するほうが効率的か、あるいは既存塗膜を概ね除去して新たに仕上塗材を全面に塗付けたほうが効率的かの判断要素になる。例えば、はがれの面積が比較的少なく、かつ、既存塗膜の付着性が確保されている場合は、部分的にはがれている部分の模様合わせを行った後、対象面全面を選定された塗装系で塗り替えるほうが効率が良い。しかし、はがれの面積が多い場合や既存塗膜の付着性が確保されていない場合などは、基本的に既存塗膜を全面除去し、新たに仕上塗材で塗り替えるほうが効率的でもあり耐久性の確保にもつながる。

図 2.14～図 2.16 は、ISO 4628-5:1982 に準じて規格化された JIS K 5600-8-5:1999(塗料一般試験方法—第 8 部:塗膜劣化の評価—第 5 節:はがれの等級)を参考としているが、各劣化デグリーにおけるはがれの量は次のとおりである。

劣化デグリー1: 0.1%

劣化デグリー2: 0.3%

劣化デグリー3: 1%

劣化デグリー4: 3%

劣化デグリー5: 15%

3) 塗膜の摩耗

塗膜の摩耗は、表層が脆弱化して徐々に塗膜厚が減少していく現象で、一般にセメント系など無機系の結合材からなる薄付仕上塗材に認められる。

図 2.17 はセメントリシン(薄付け仕上塗材C)の摩耗の程度の写真と摩耗の量の程度を模式図で示したものである。摩耗の量については、2)はがれの程度を準用している。

4) 塗膜の汚れ

汚れの程度は、建物の美観が特に重視される場合の塗り替えの要否の判定と関連がある。図 2.18 は、雨筋汚れの明度差のイメージを示した写真とその模式図を示しており、模式図については、平成 11 年度から平成 14 年度にわたって実施された、独立行政法人建築研究所と日本建築仕上材工業会との共同研究「汚れ防止研究委員会」で使用された汚れ評価の写真を参考としている。

例えば、劣化デグリーと明度差 ΔL^* との関係は次のとおりである。

劣化デグリー1: $0.3 \geq \Delta L^* > -0.8$

劣化デグリー2: $0.8 \geq \Delta L^* > -2.5$

劣化デグリー3: $-3.5 \geq \Delta L^* \geq -5.6$

劣化デグリー4: $-10.7 \geq \Delta L^* \geq -14.8$

劣化デグリー5: $-14.8 > \Delta L^*$

5) 塗膜の白亜化

白亜化はチョーキングとも称されるが、塗膜表面の樹脂の劣化に伴って顔料等が露出し、塗膜表面が粉をふいたような状態になる現象で、塗膜の劣化程度により粉状物の量が異なってくる。

白亜化は汚れと同様に、その程度によって改修塗装系と既存塗膜との付着性を阻害する要因ともなる。建物の改修時には白亜化と汚れが混在していることが多いため、基本的には下地処理の段階で除去・清掃しておく必要がある。下地処理としては一般的に高圧水洗による洗浄が行われているが、外壁から内部への漏水が懸念される場合や建物の立地条件または周辺環境等の条件で、水洗いできない場合などは、その対処法として粉状物の固着を目的とした専用シーラーを用いることもあるため、白亜化の程度を現地で確認しておくことは重要である。

図 2.19 は、塗膜表面を黒布でこすって白亜化の程度を調べる場合と塗膜表面にセロハンテープを張り付けてはがし取った後、そのテープを黒い紙などに張り付けて白亜化の程度を調べる場合のイメージを示している。セロハンテープによる方法については、ISO 4628-6:1990 に準じて規格化された JIS K 5600-8-6:1999 (塗料一般試験方法—第 8 部: 塗膜劣化の評価—第 6 節: 白亜化の等級) を参考としている。

ところで、既存塗膜がリシン(薄付け仕上塗材)の場合、砂壁状の骨材の表面には白亜化が生じず、平滑な塗膜部分に白亜化が生じるので、セロハンテープ等を塗膜表面に押し当てた場合には、まだらな模様となる。このような場合には、骨材表面の部分を評価の対象外とし、白くなった部分だけを対象として写真と見比べる。

6) 塗膜の付着性および付着強さ試験

既存塗膜の付着性が確保されていないと、改修後に既存塗膜層部分から早期にはがれる場合もあるので、クロスカット試験または付着試験機における付着強さと破壊形態の測定によって、既存塗膜の付着性を確認する。

① クロスカット試験

塗膜のクロスカット試験は、カッターナイフで塗膜に切り込みを入れその部分にセロハンテー

ブなどを張り付けて引きはがす試験で、塗料や複層仕上塗材の上塗材の付着性を調べるには簡易な方法である。図 2.20 は 1cm×1cm を 6×6 マスに切り込んだ場合のモデル写真であるが、マス目の数は塗料仕上げの場合 2mm 間隔で 5×5 マスとする場合が多い。また、複層仕上塗材の場合は、本来劣化デグリーが 1 程度であったとしても、あまり細かい間隔で切り込みを入れることによって主材層が粉碎し、デグリー 5 程度の結果になることもあるため、10mm 間隔の 1 マスとした方が良い場合もある。

また、薄付け仕上塗材など比較的塗厚が薄い仕上塗材の場合は、塗膜表面に 5cm 程度の×印のクロスカットを入れ、布テープを張り付けて引きはがす方法もあるが、この場合は、塗膜がはがれるかはがれないかの判定に活用されることが多い。

②付着強さ試験

付着強さ試験は、専用の接着試験機を用いて破壊検査を行うものである。この調査は、既存塗膜層の付着性が十分に確保されているかどうかを確認するための調査で、付着強さと同時に破壊箇所も確認することが重要である。これは、付着強さが小さかったり、あるいはその破壊形態がほとんど層間での界面破壊を示すような状況にあっては、改修後に既存塗膜層からはく離に至ることもあるので、既存塗膜の除去が必要かどうかの判定とも関連する。

図 2.21 は、付着強さと破壊形態の表わし方を例示したものである。


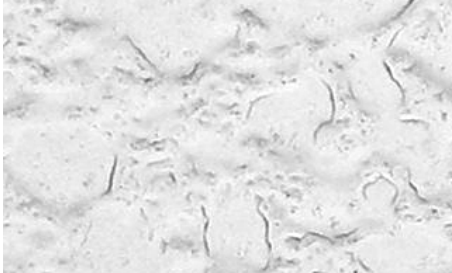

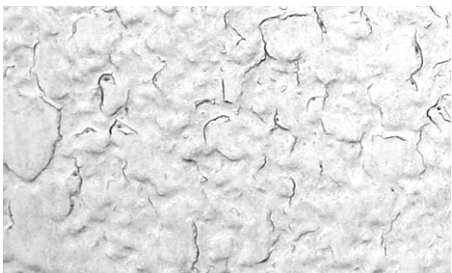
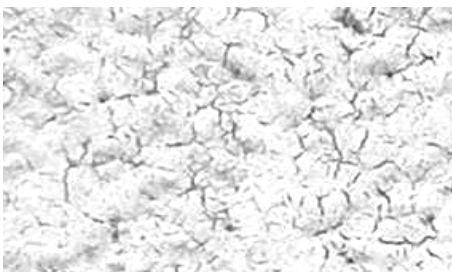
劣化 デグリー	割れの密度の状態イメージ (複層仕上塗材の場合)
1 ほとんど 認められ ない	
2 わずかに 認められ る	
3 はっきり 認められ る	
4 かなり認 められる	
5 顕著に認 められる	

図 2.13 割れの劣化デグリー (複層再下塗材の場合)

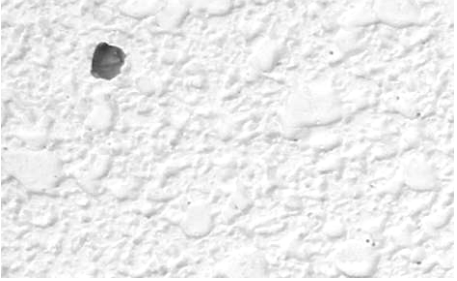
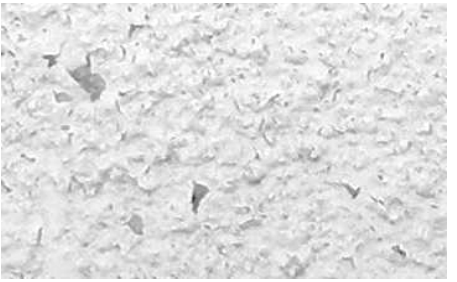
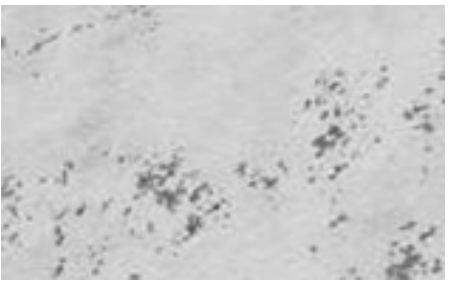

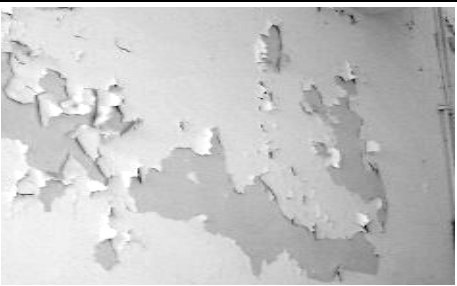
劣化 デグリー	はがれの密度の状態イメージ (複層仕上塗材の場合)
1 ほとんど 認められ ない	
2 わずかに 認められ る	
3 はっきり 認められ る	
4 かなり認 められる	
5 顕著に認 められる	

図 2.14 はがれの劣化デグリー (複層仕上塗材の場合)





劣化 デグリー	はがれの密度の状態イメージ (薄付け仕上塗材の場合)
1 ほとんど 認められ ない	
2 わずかに 認められ る	
3 はっきり 認められ る	
4 かなり認 められる	
5 顕著に認 められる	

図 2.15 はがれの劣化デグリー (薄付け仕上塗材の場合)





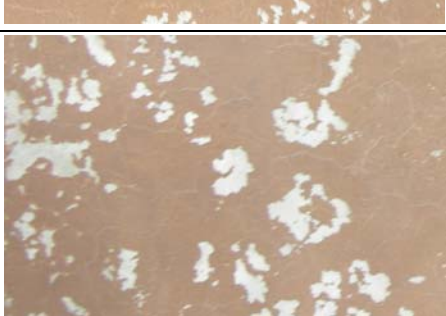
劣化 デグリー	はがれの密度の状態イメージ (塗料の場合)
1 ほとんど 認められ ない	
2 わずかに 認められ る	
3 はっきり 認められ る	
4 かなり認 められる	
5 顕著に認 められる	

図 2.16 はがれの劣化デグリー (塗料の場合)



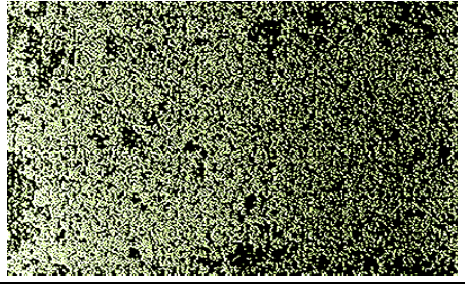
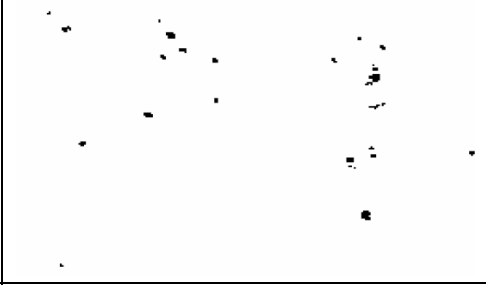
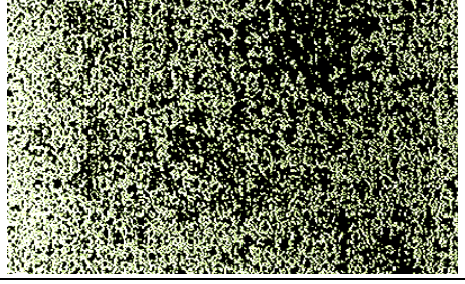

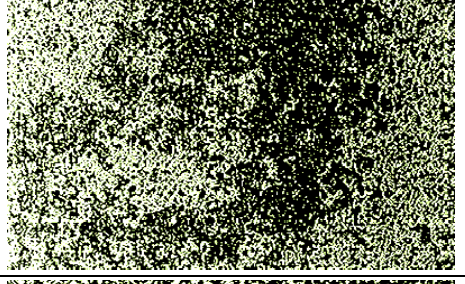

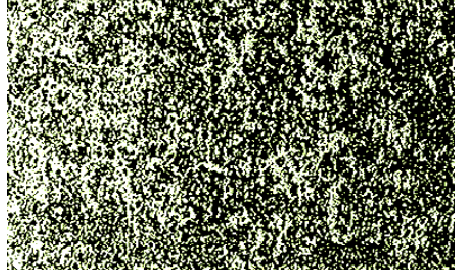

劣化 デグリー	摩耗の密度の状態イメージ（薄付け仕上塗材C：セメントリシンの場合）	
1 ほとんど 認められ ない		
2 わずかに 認められ る		
3 はっきり 認められ る		
4 かなり認 められる		
5 顕著に認 められる		

図 2.17 摩耗の劣化デグリー（薄付け仕上塗材C：セメントリシンの場合）



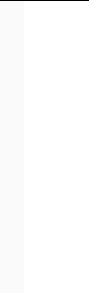
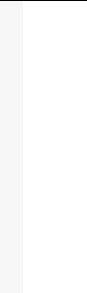
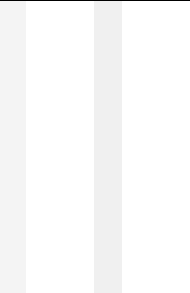









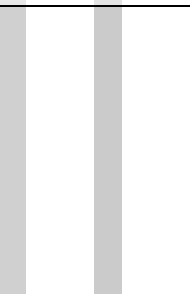




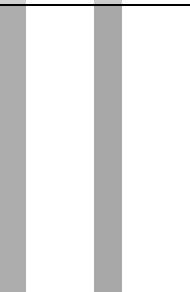




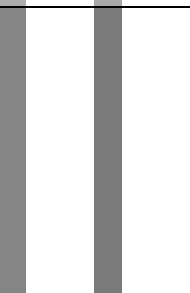
劣化 デグリー	汚れの明度差の状態イメージ				
1 ほとんど認 められない					
2 わずかに認 められる					
3 はっきり認 められる					
4 かなり認め られる					
5 顕著に認め られる					

図 2.18 汚れの劣化デグリー

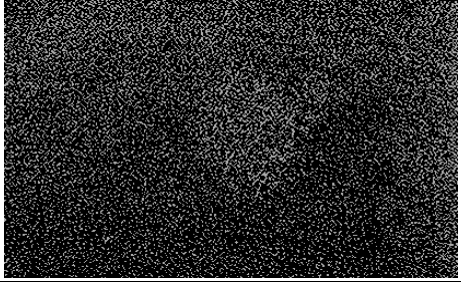
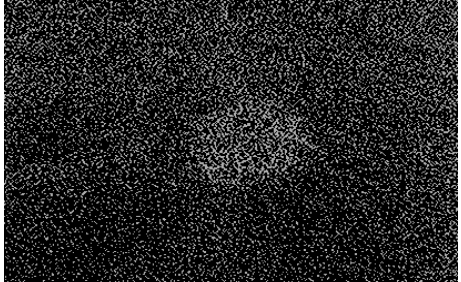
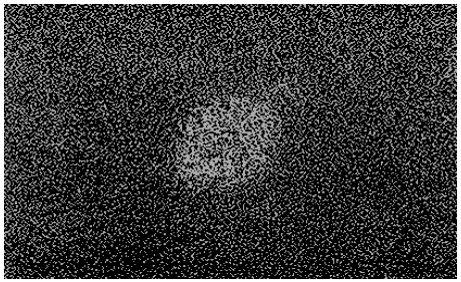

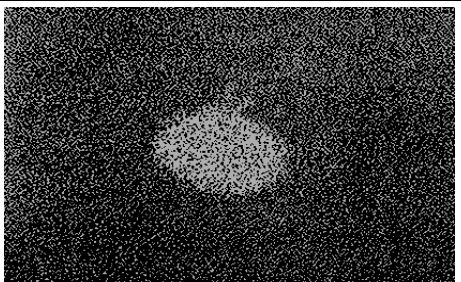
劣化 デグリー	白亜化の程度の状態イメージ
1 ほとんど認められない	
2 わずかに認められる	
3 はっきり認められる	
4 かなり認められる	
5 顕著に認められる	

図 2.19 白亜化の劣化デグリー

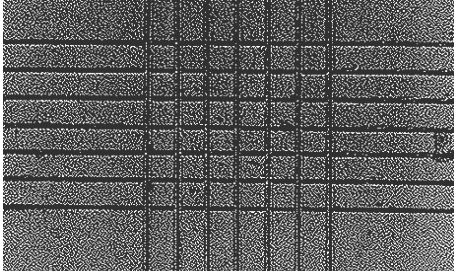
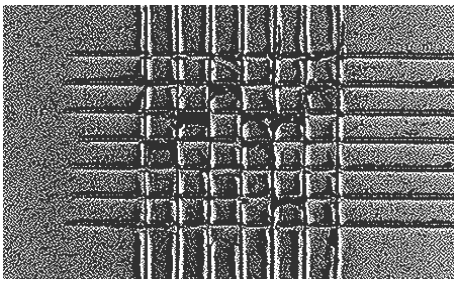
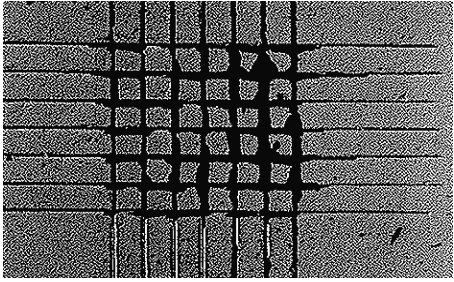
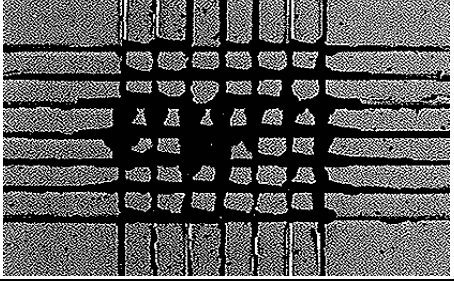
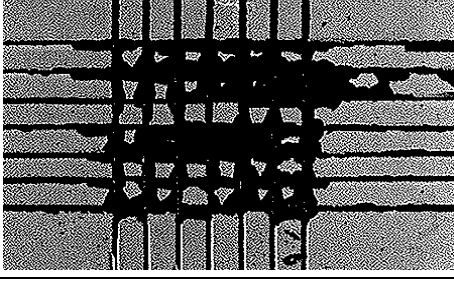
劣化 デグリー	付着力低下の状態イメージ（塗料のクロスカット）	
1 ほとんど認められない		クロスカットの縁がなめらかで、どの格子の目にもはがれがない。
2 わずかに認められる		クロスカットの交差部分や縁の一部に、わずかに小さなはがれが認められる。
3 はっきり認められる		クロスカットの交差部や線に沿って全体的にはがれが認められる。
4 かなり認められる		クロスカットの交差部や線に沿って全体的にはがれが認められ、かつ格子のはがれをわずかに伴う。
5 顕著に認められる		クロスカットの格子のはがれがかなり認められる。

図 2.20 付着性の劣化デグリー

塗膜層構成の記号・破壊形態	判定図（モデル）
<p>塗膜層構成の記号</p> <p>既存塗膜が新築時の塗膜の場合</p>	<p>J: 鋼製治具</p> <p>A: 接着剤</p> <p>T: 上塗材</p> <p>M: 主材</p> <p>F: 下地調整塗材</p> <p>S: 下地 (コンクリート, モルタル)</p>
<p>塗膜層構成の記号</p> <p>新築時の塗膜が既に塗り替えを実施されている場合</p> <p>新築時の塗膜層と塗り替えの塗膜層を小文字の数字で区分して表す (T1, T2 等)</p>	<p>J: 鋼製治具</p> <p>A: 接着剤</p> <p>T2: 上塗材</p> <p>F2: 下地調整塗材</p> <p>T1: 上塗材</p> <p>M: 主材</p> <p>F1: 下地調整塗材</p> <p>S: 下地</p> <p>塗り替え</p>
<p>破壊形態の表しかた</p> <p>凝集破壊: 破壊した箇所の構成材の記号 (A, T, M, F等) で表す</p> <p>界面破壊: 破壊した箇所の上下の構成材の記号により (A/T, T/M, M/F, F/S等) で表す</p> <p>下地破壊: 記号Sで表す</p> <p>なお, 1個の付着試験で破壊形態が複数認められる場合は, それぞれのおよその面積率を百分率 (M/F₈₀, S₂₀等) で示す。</p>	<p>主材凝集破壊が100%の場合のモデル (M₁₀₀)</p> <p>主材と下地調整塗材の界面破壊が80%及び下地破壊が20%混在する場合のモデル (M/F₈₀, S₂₀)</p>

図 2.21 塗膜の付着強さ試験における破壊形態の表わし方 (例)

(6) 結果の表わし方

外壁の改修工事を前提とした調査結果の表わし方としては、図 2.22 に示すような図面へ記入する方法が一般的に多用されているが、本節の標準パターン写真を用いた調査結果の表わし方の例を表 2.20 に、また塗膜の付着強さ試験における結果の表わし方の例を表 2.21 に示す。

図 2.22 及び表 2.20 は、調査対象面の 1 面の面積に対して、劣化がどの程度の面積割合で生じているかを示すときに標準パターン写真を用いる例であるが、特に劣化部分だけを対象として劣化現象や劣化程度を詳細に記載する場合においても、図面への記入や特記または注記する方法で標準パターン写真を活用できる。

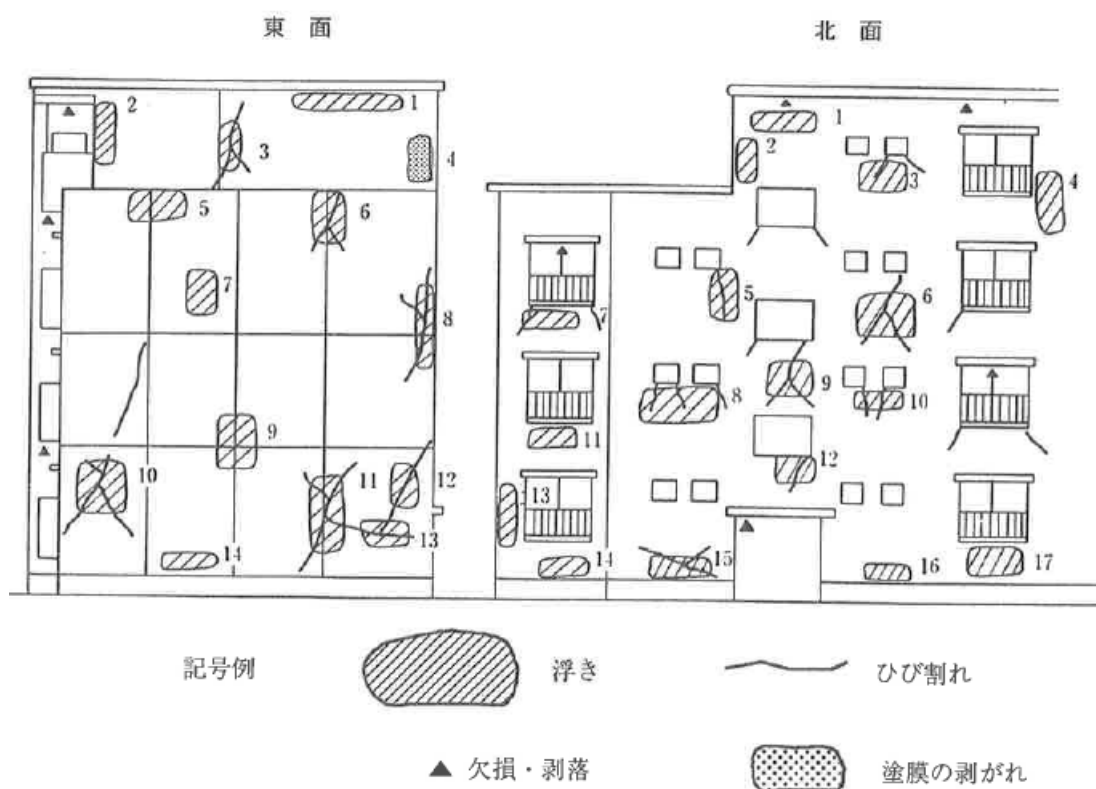


図 2.22 調査結果の図面への記入例

表 2.20 標準パターン写真による調査結果の記入表(例)

建物名称		構造		用途		調査日					
所在地		規模		竣工年		調査者					
調査部位	方位	塗材種別	割れ		はがれ		汚れ		摩耗	白亜化	クロスカ ット試験
			劣化現象	劣化程度	劣化現象	劣化程度	劣化現象	劣化程度	劣化程度	劣化程度	
	東 西 南 北	薄塗 複層 厚塗 その他	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	雨筋 さび 藻 苔 油脂 塵埃	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5
	東 西 南 北	薄塗 複層 厚塗 その他	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	雨筋 さび 藻 苔 油脂 塵埃	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5
	東 西 南 北	薄塗 複層 厚塗 その他	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	雨筋 さび 藻 苔 油脂 塵埃	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5
	東 西 南 北	薄塗 複層 厚塗 その他	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	雨筋 さび 藻 苔 油脂 塵埃	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5
	東 西 南 北	薄塗 複層 厚塗 その他	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	雨筋 さび 藻 苔 油脂 塵埃	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5
	東 西 南 北	薄塗 複層 厚塗 その他	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	雨筋 さび 藻 苔 油脂 塵埃	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5
	東 西 南 北	薄塗 複層 厚塗 その他	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	雨筋 さび 藻 苔 油脂 塵埃	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5
	東 西 南 北	薄塗 複層 厚塗 その他	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	雨筋 さび 藻 苔 油脂 塵埃	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5
	東 西 南 北	薄塗 複層 厚塗 その他	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	上塗材 主 材 その他	0 1 2 3 4 5	雨筋 さび 藻 苔 油脂 塵埃	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5
特記事項	既存塗膜層の層構成、特異な劣化現象とその発生部位、修繕歴、その他の特記すべき劣化などを記入										

2.3.3 既存建築物の外装塗り仕上げの補修・改修技術

(1) 補修・改修工法の選定に当たっての考え方

外装塗り仕上げは、建物の内外壁、天井、屋根などの表面に、美装または下地の保護、特殊機能の付与などを目的として、ハケ、ローラー、吹付け、コテ塗りなどの施工器具によって、平滑、ゆず肌模様、凹凸模様など様々な模様を表現することが可能な材料である。

外装塗り仕上げと同様の目的に使用される物として、めっき・ほうろう・壁紙・化粧タイルなどがあるが、外装塗り仕上げがこれらと異なるのは、物の形や施工場所に関係なく容易に施工できること、物の形・厚さ・重量に関係なく仕上げられること、色、艶のバリエーションが豊富であること、塗り替えによって比較的簡単に塗面を長持ちさせられること、防藻、防カビ、低汚染、遮熱性能など施工することにより特殊機能が付与できるなどで、これらの機能は他の施工材料にはない大きな利点である。

これら外装塗り仕上げについて、既存塗膜に対しての改修層である建築用仕上塗材、建築用塗料の適合表を作成した。この表における評価の設定は、建築用仕上塗材に関しては、日本建築仕上材工業会 技術委員会に参画している仕上材メーカー16社、建築用塗料に関しては、社団法人日本塗料工業会 技術委員会 建築塗料部会に参画している塗料メーカー10社の協議により合意に達した。

また選定に当たっては近年、各種建築材料から発生する揮発性有機化合物(VOC)が問題となり、環境問題として大きくクローズアップされている。塗料・仕上材業界においても、この問題を重視し、主にトルエン、キシレンなどを使用した強溶剤系塗材から、弱溶剤系、水性塗材への変換が盛んに行われている。内装についてはもちろんのこと外装についても、補修・改修については、使用材料として水性や弱溶剤系の環境配慮型塗料・仕上材を選定することが望ましい。

(2) 補修・改修工法の既存塗膜との適合表

表 2.22 に仕上塗材の既存塗膜と改修塗装との適合表を示す。また、表 2.23 に表 2.22 の仕様の一部をまとめ、簡略化した仕上塗材の既存塗膜と改修塗装との適合表を示す。

さらに、表 2.24 に建築用塗料の既存塗膜と改修塗装との適合表を示す。

表中のマークについては、以下の通りである。

- ・◎: 適する(シーラー無しでも可)
- ・○: 適する(シーラー適用)
- ・△: 各表を参照(確認が必要)
- ・×: 不適
- ・—: 一般には適用しない

また特に注意する箇所について以下に示す。

①「仕上塗材の既存塗膜と改修塗装との適合表」についての注意点

- ・下地はコンクリート、モルタル等に限定する。

- ・既存塗膜に使用した塗料より、改修塗材の水準が劣る場合は、「一般的には適用しないもの」として「－」とする。この中でも特に既存塗膜と改修塗材との相性が不適合である場合は、「不適」として「×」とする。
- ・既存塗膜(仕上材)が弾性系、とくに「防水形外装薄塗材 E」で、弱溶剤系の上塗材にて改修を行う場合、軟質タイプのみ適用が可能となるため、「△」とした。
- ・既存塗膜が「外装薄塗材」や「外装厚塗材」等で、弱溶剤系の上塗材にて改修を行う場合、下地処理が適切に行われている場合「○」となるが、既存塗膜にピンホールや脆弱部分が残っている場合、不具合が発生することがある。
- ・断熱性下地で既存塗膜(仕上材)が「外装厚塗材」等で、劣化が著し、巣穴が多いなどの状況で、「可とう形改修塗材」にて改修を行った場合、不具合が発生することがある。
- ・既存塗膜(仕上材)が「防水形複層塗材」で、「可とう形改修塗材」にて改修を行う場合、通常「◎」としているが、既存塗膜(仕上材)が高弾性タイプの「防水形複層塗材」の場合、不具合が発生することがある。
- ・いずれの場合においても、施工環境や劣化状況により不具合が発生することがある。

②「建築用塗料の既存塗膜と改修塗装との適合表」についての注意点

- ・既存塗膜に使用した塗料より、改修塗料の水準が劣る場合は、「一般的には適用しないもの」として「－」とする。この中でも特に既存塗膜と改修塗料との相性が不適合である場合は、「不適」として「×」とする。
- ・既存塗膜がワニス以外の塗膜で、改修塗料としてワニスを使用する場合、「一般的には適用しないもの」として「－」とする。この中でも特に既存塗膜と改修塗料との相性が不適合である場合は、「不適」として「×」とする。
- ・既存塗膜が水性塗料(エマルジョンペイント系)で、改修塗料として弱溶剤系塗料を使用する場合は、塗料製造所の仕様により可否が異なるため、「△」とする。使用する製品の説明書、仕様書などを確認する(既存塗膜がリフティングを起こす場合がある。)
- ・既存塗膜が塩化ビニル樹脂エナメルの場合、いずれの改修塗料において密着不良による不具合が発生する可能性があるため「△」とする。使用する製品の説明書、仕様書などを確認する。
- ・既存塗膜がアクリル樹脂エナメルで、改修塗料としてアクリル樹脂系非水分散形塗料(つや消し)を使用する場合は、塗料製造所の仕様により可否が異なるため、「△」とする。使用する製品の説明書、仕様書などを確認する(改修塗膜にひび割れが発生する場合がある。)
- ・既存塗膜が、耐久性の優れた「ふっ素樹脂系塗料」や「アクリルシリコン樹脂系塗料」などの改修塗装を行う場合、下地調整など塗料製造所の指定する方法とする(はがれ等の不具合が発生することがある。)
- ・表中の「ふっ素樹脂エマルジョン塗り」や「アクリルシリコンエマルジョンペイント塗り」については、品質基準が定まっていない。

- ・シーラーの使用に関しては、塗料製造所の仕様により異なるため、使用する製品の説明書、仕様書などを確認する。
- ・いずれの場合においても、施工環境や劣化状況により不具合が発生することがある。

(4) 既存塗膜と改修塗装適合表 活用に当たっての注意点

この表は、塗装について改修工事を行う際に、既存塗膜と改修塗材・塗料との一般的な相性を示しており、既存塗膜の劣化程度が汚れ、変退色、光沢低下等の塗膜表面における劣化現象で、汚れ、付着物を除去する程度の下地調整レベルでの塗り替え塗装が可能なものについて適用できる。塗膜内部や下地にまで及ぶ劣化現象である場合は、別途適切な下地調整を必要とする。

既存塗膜の下地調整において、塗膜を全面除去して塗替え塗装を行う場合には、新規と同様の考え方で塗装下地の種類に適合する塗料の中からの選定が可能であり、選択のバリエーションが多い。一般には既存塗膜表面の汚れ・付着物を除去するだけで改修仕様にて塗料を塗り重ねたり、あるいは劣化膜のみを除去して活膜を残して、塗り重ねたりするが多い。その際に、単なる化粧直しを目的として、既存塗膜と同程度の改修塗料を用いた仕様にて塗り替え塗装を行うのであれば問題は少ないが、美装性や耐候性の向上等を目的として異なる改修塗材・塗料を用いる場合には、既存塗膜と改修塗材・塗料との相性が選択上の重要な要因となる。

一般に、既存塗膜と改修塗材・塗料との相性が不適合の場合に生ずる不具合として、はじき・リフティング(浮き)・はがれ等の現象がある。

実際に施工を行う場合は、塗料製造所のすすめる適切な処理を行った後、試験施工により適合性を確認し仕様を検討することを奨める。

表 2.22 建築用仕上塗材の既存塗膜と改修塗装との適合表

改修塗材塗りの種類 既存塗膜の種類	塗料での改修(主材を使用しない。)							薄塗材			厚塗材		複層塗材					可とう形改修塗材	
	水系ポリウレタンエマルジョン系	水系アクリルシリコンエマルジョン系	水系常温乾燥形ふっ素樹脂エマルジョン系	つや有り合成樹脂エマルジョン系	弱溶剤系2液形ポリウレタンエナメル	弱溶剤系アクリルシリコン樹脂エナメル	弱溶剤系常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル	外装薄塗材E	外装薄塗材S	可とう形外装薄塗材E	防水形外装薄塗材E	外装厚塗材C・CE	外装厚塗材E	複層塗材Si	複層塗材E	複層塗材RE	防水形複層塗材E	防水形複層塗材RE	可とう形改修塗材E、RE
外装合成樹脂エマルジョン系薄付け仕上塗材 (外装薄塗材E)	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○	○	-	○	-	○	-	○	○	◎
外装合成樹脂溶剤系薄付け仕上塗材 (外装薄塗材S)	○	○	○	○	△*1	△*1	△*1	-	-	○	○	-	○	-	○	-	○	○	◎
可とう形外装けい酸質系薄付け仕上塗材 (可とう形外装薄塗材Si)	○	○	○	○	○	○	○	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	○	◎
可とう形外装合成樹脂エマルジョン系薄付け仕上塗材 (可とう形外装薄塗材E)	○	○	○	○	○	○	○	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	○	◎
防水形外装合成樹脂エマルジョン系薄付け仕上塗材 (防水形外装薄塗材E)	△*2	△*2	△*2	△*2	△*2	△*2	△*2	x	x	-	○	x	x	x	x	x	○	○	◎
外装セメント系厚付け仕上塗材 (外装厚塗材C) 上塗材なし	○	○	○	○	○	○	○	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	○	◎
外装セメント系厚付け仕上塗材 (外装厚塗材C) 上塗材:アクリル系(水系、溶剤系)	○	○	○	○	○	○	○	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	○	◎
外装合成樹脂エマルジョン系厚付け仕上塗材 (外装厚塗材E) 上塗材なし	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	○	○	◎
外装合成樹脂エマルジョン系厚付け仕上塗材 (外装厚塗材E) 上塗材:アクリル系(水系、溶剤系)	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	○	○	◎
セメント系、ポリマーセメント系複層仕上塗材 (複層塗材C、CE) 上塗材:アクリル系(水系、溶剤系)	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	○	-	-	○	-	-	○	○	◎
けい酸質系複層仕上塗材 (複層塗材Si) 上塗材:アクリル系(水系、溶剤系)	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	○	-	-	○	○	-	○	○	◎
けい酸質系複層仕上塗材 (複層塗材Si) 上塗材:シリカ系(水系)	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	○	-	-	○	-	-	○	○	◎
合成樹脂エマルジョン系複層仕上塗材 (複層塗材E) 上塗材:アクリル系、ポリウレタン系(水系、溶剤系)	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	○	-	-	-	○	-	○	○	◎
反応硬化形合成樹脂エマルジョン系 複層仕上塗材(複層塗材RE) 上塗材:アクリル系、ポリウレタン系(水系、溶剤系)	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	○	-	-	-	○	○	○	○	◎
防水形合成樹脂エマルジョン系複層仕上塗材 (防水形複層塗材E) 上塗材:アクリル系、ポリウレタン系(水系、溶剤系)	△*2	△*2	△*2	△*2	△*2	△*2	△*2	x	x	-	○	x	x	x	x	x	○	○	◎
マスチック A(水系、溶剤系)	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	○	○	◎
マスチック C(水系、溶剤系)	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	○	○	◎

◎ : 適する(下塗材なしでも可)。
 ○ : 適する(下塗材適用)
 △*1 : 試し塗りを行って確認が必要である。
 △*2 : 使用する弱溶剤系塗料が硬質系の場合は不可、軟質系の場合は可である。
 x : 不適
 - : 一般には適用しない。

表 2.23 建築用仕上塗材の既存塗膜と改修塗装適合表（簡略版）

改修塗材塗りの種類 既存塗膜の種類	塗料での改修(主材を使用しない。)		薄塗材				厚塗材		複層塗材					可とう形改修塗材
	*3 水系上塗材	*4 弱溶剤系上塗材	外装薄塗材E	外装薄塗材S	可とう形外装薄塗材E	防水形外装薄塗材E	外装厚塗材C・CE	外装厚塗材E	複層塗材Si	複層塗材E	複層塗材RE	防水形複層塗材E	防水形複層塗材RE	可とう形改修塗材E、RE
外装合成樹脂エマルジョン系薄付け仕上塗材 (外装薄塗材E)	○	○	○	-	○	○	-	○	-	○	-	○	○	◎
外装合成樹脂溶剤系薄付け仕上塗材 (外装薄塗材S)	○	△*1	-	-	○	○	-	○	-	○	-	○	○	◎
可とう形外装けい酸質系薄付け仕上塗材 (可とう形外装薄塗材Si)	○	○	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	○	◎
可とう形外装合成樹脂エマルジョン系薄付け仕上塗材 (可とう形外装薄塗材E)	○	○	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	○	◎
防水形外装合成樹脂エマルジョン系薄付け仕上塗材 (防水形外装薄塗材E)	△*2	△*2	×	×	-	○	×	×	×	×	×	○	○	◎
外装セメント系厚付け仕上塗材 (外装厚塗材C) 上塗材なし	○	○	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	○	○
外装セメント系厚付け仕上塗材 (外装厚塗材C) 上塗材:アクリル系(水系、溶剤系)	○	○	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	○	◎
外装合成樹脂エマルジョン系厚付け仕上塗材 (外装厚塗材E) 上塗材なし	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	○	○	◎
外装合成樹脂エマルジョン系厚付け仕上塗材 (外装厚塗材E) 上塗材:アクリル系(水系、溶剤系)	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	○	○	◎
セメント系、ポリマーセメント系複層仕上塗材 (複層塗材C、CE) 上塗材:アクリル系(水系、溶剤系)	○	○	-	-	-	○	-	-	○	-	-	○	○	◎
けい酸質系複層仕上塗材 (複層塗材Si) 上塗材:アクリル系(水系、溶剤系)	○	○	-	-	-	○	-	-	○	○	-	○	○	◎
けい酸質系複層仕上塗材 (複層塗材Si) 上塗材:シリカ系(水系)	○	○	-	-	-	○	-	-	○	-	-	○	○	◎
合成樹脂エマルジョン系複層仕上塗材 (複層塗材E) 上塗材:アクリル系、ポリウレタン系	○	○	-	-	-	○	-	-	-	○	-	○	○	◎
反応硬化合成樹脂エマルジョン系 複層仕上塗材(複層塗材RE) 上塗材:アクリル系、ポリウレタン系(水系、溶剤系)	○	○	-	-	-	○	-	-	-	○	○	○	○	◎
防水形合成樹脂エマルジョン系複層仕上塗材 (防水形複層塗材E) 上塗材:アクリル系、ポリウレタン系(水系、溶剤系)	△*2	△*2	×	×	-	○	×	×	×	×	×	○	○	◎
マスチック A(水系、溶剤系)	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	○	○	◎
マスチック C(水系、溶剤系)	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	○	○	◎

◎ : 適する(下塗材なしでも可)。

○ : 適する(下塗材適用)

△*1 : 試し塗りを行って確認が必要である。

△*2 : 使用する弱溶剤系塗料が硬質系の場合は不可、軟質系の場合は可能である。

× : 不適

- : 一般には適用しない。

*3 : 水性上塗材には、水系ポリウレタンエマルジョンペイント塗り、水系アクリルシリコンエマルジョンペイント塗り、水系常温乾燥形ふっ素樹脂エマルジョンペイント塗り、つや有り合成樹脂エマルジョンペイント塗りがある。

*4 : 弱溶剤系上塗材には、弱溶剤系2液形ポリウレタンエナメル塗り、弱溶剤系アクリルシリコン樹脂エナメル塗り、弱溶剤系常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル塗りがある。

表 2.24 建築用塗料の既存塗膜と改修塗装適合表

改修塗料塗りの種類 既存塗膜の種類	アクリル樹脂系非水分散形塗料 (つや消し)	弱溶剤系2液形ポリウレタン エナメル塗り	弱溶剤系アクリルシリコン樹脂 エナメル塗り	弱溶剤系常温乾燥形ふっ素樹脂 エナメル塗り	ポリウレタンエマルションペン ト塗り	合成樹脂エマルションペン ト塗り	つや有り合成樹脂エマルション ペント塗り	弱溶剤系2液形ポリウレタン ワニス塗り	弱溶剤系アクリルシリコン樹脂 ワニス塗り	弱溶剤系常温乾燥形ふっ素樹脂 ワニス塗り	(参考)	
											アクリルシリコンエマル ションペント塗り	ふっ素樹脂エマルション ペント塗り
塩化ビニル樹脂エナメル	△	△	△	△	△	△	△	×	×	×	△	△
アクリル樹脂系非水分散形塗料 (つや消し)	◎	×	×	×	○	○	○	×	×	×	○	○
2液形ポリウレタンエナメル	-	○	○	○	○	-	-	-	-	-	○	○
アクリルシリコン樹脂エナメル	-	○	○	○	○	-	-	-	-	-	○	○
常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	○	○
ポリウレタンエマルションペン ト塗り	-	△	△	△	○	-	-	-	-	-	○	○
アクリルシリコンエマルションペン ト塗り	-	△	△	△	○	-	-	-	-	-	○	○
ふっ素樹脂エマルションペン ト塗り	-	-	△	△	-	-	×	-	-	-	○	○
合成樹脂エマルションペン ト塗り	◎	△	△	△	○	○	○	×	×	×	○	○
つや有り合成樹脂エマルションペン ト塗り	△	△	△	△	○	-	○	×	×	×	○	○
2液形ポリウレタンワニス	-	○	○	○	○	-	-	△	△	△	○	○
アクリルシリコン樹脂ワニス	-	○	○	○	○	-	-	△	△	△	○	○
常温乾燥形ふっ素樹脂ワニス	-	-	○	○	-	-	-	-	△	△	○	○
アクリル樹脂エナメル	△	○	○	○	○	-	○	-	-	-	○	○

注) ・◎ : 適する(シーラー無しでも可)。
 ・○ : 適する(シーラー適用)。
 ・△ : 選定にあたり製造所への確認を行う必要がある。
 ・× : 不適。
 ・- : 一般には適用しない。

(5) 建築用仕上塗材と建築用シーリング材との適合性について




・建築用仕上塗材と建築用シーリング材の選定に当たっての考え方

目地に充填されたシーリング材の上に建築用仕上塗材を施工した場合、時間の経過とともに汚れなどの不具合が発生することがある。これは、建築用シーリング材の成分や含有する可塑剤などが仕上塗材の表面に移行してくることが原因であると考えられている。

そこで、最新の市販品による建築用仕上塗材と建築用シーリング材との適合性を確認することを目的として、平成17年10月より日本建築仕上材工業会、日本シーリング材工業会および独立行政法人建築研究所は共同で屋外暴露試験を3年間実施した。暴露はつくば市の独立行政法人建築研究所のばくろ試験場で実施した。

この3年間の暴露試験結果を表2.25の建築用シーリング材との適合性(暴露3年後の仕上げ材表面状態)にまとめた。試験に使用したシーリング材種、仕上げ材種は表中に記載している。また、試験体の半分に湿気硬化形ウレタン樹脂系のバリアプライマー処理を実施し、その効果を確認した。

表 2.25 建築用シーリング材との適合性(暴露3年後の仕上げ材表面状態)

 バリアプライマーなしでも汚れない組み合わせの割合
 バリアプライマー処理すれば汚れない組み合わせの割合
 バリアプライマー処理しても汚れる組み合わせの割合

No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
シーリング材		2成分形 ポリウレタン系	1成分形 変成シリコン系	2成分形 変成シリコン系	2成分形変成 シリコン系 応力緩和タイプ	1成分形 ポリサルファイド系	2成分形 ポリサルファイド系	2成分形 アクリルウレタン系	1成分形 ポリウレタン系	1成分形 ポリウレタン系 NBタイプ 注1)	2成分形 ポリウレタン系	2成分形 ポリウレタン系 NBタイプ 注1)	1成分形 アクリル樹脂系	
No.	仕上げ材(主材/上塗材)	製品数	2	5	5	3	1	3	2	1	4	3	5	3
1	外装薄塗材E/なし	2												
2	可とう形外装薄塗材E/なし	2												
3	防水形外装薄塗材E(単層弾性)/なし	2												
4	可とう形外装薄塗材SI/なし	1												
5	外装厚塗材C/なし	1	注2)	注2)	注2)	注2)	注2)	注2)	注2)	注2)	注2)	注2)	注2)	注2)
6	外装厚塗材C/水系	1												
7	外装厚塗材E/なし	2												
8	防水形複層塗材CE/水系	1												
9	複層塗材E/水系	2												
10	防水形複層塗材E/水系	2												
11	複層塗材RE/水系	2												
12	防水形複層塗材RE/水系	1												
13	可とう形改修塗材E/水系	6												
14	可とう形改修塗材E/弱溶剤ウレタン	2												
15	可とう形改修塗材RE/水系	1												
16	可とう形改修塗材CE/水系	1												
17	セメントフィラー+可とう形改修塗材E/水系	2												
18	石材調仕上塗材/水系	2												
19	石材調仕上塗材/溶剤系	2												
20	塗膜防水材(JIS A6021該当)/水系	2												
21	なし/水系	6												
22	なし/溶剤アクリル	1												
23	なし/溶剤ウレタン	1												
24	なし/弱溶剤ウレタン	2												

表 2.25 中の製品数とは、各シーリング材種、各仕上げ材種で試験を実施した製品の数を表し、また、表 2.25 中の は、各シーリング材と各仕上げ材の組み合わせを示したものである。

この に、製品の組み合わせの中で、バリアプライマー処理をすれば汚れない製品の組み合わせの割合を で、バリアプライマー処理をしても汚れる組み合わせの割合を で塗りつぶし、仕上げ材表面の汚れの発生割合を示している。

表 2.25 中の水系上塗材には、アクリル樹脂系、ウレタン樹脂系、アクリルシリコン樹脂系を含む。仕上げ材 No.19 石材調仕上塗材／溶剤系の上塗材は、ウレタン樹脂系、アクリルシリコン樹脂系を含む。

また、表 2.25 中の注記は以下のとおりである。

注 1)シーリング材の種類を表す表記中の NB はノンブリードタイプの略で、塗装の下地として汚れ防止の対策を講じたシーリング材である。

注 2)仕上げ材 No.5 の外装厚塗材 C／上塗なしでは、試験体表面全体がまだらに汚れていてシーリング材による汚れが判別できなかった。

一方、表 2.26 に建築用シーリング材との適合性を示す。

この適合表は、建築用シーリング材、仕上げ材の各材料種別の傾向を明確にし、ユーザーに対しては現状の認識とともに材料の採用、施工時における注意の喚起、また、材料提供者としても現場でのクレームの減少に役立てることを目的としている。

適用部位の要求性能により、各材料の選定範囲が制限されることもあるが、バリアプライマー処理なども考慮し、適合表を基に材料の組み合わせの選定をすることが汚れなどの不具合発生を防ぐ要因となる。

なお、同種類の材料でも、製品による差があるため、促進汚染試験や試験施工などにより適合性を確認し材料選定を検討することが望ましい。

表 2.26 建築用シーリング材との適合性

バリアプライマーなしで異状なし
 バリアプライマー処理すれば異状なし
 バリアプライマー処理しても異状発生

No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
シーリング材		IB-2	MS-1	MS-2	MS-2 応力緩和	PS-1	PS-2	UA-2	PU-1	PU-1 NB 1)	PU-2	PU-2 NB 1)	AC-1	
No.	仕上げ材(主材/上塗材)	n	2	5	5	3	1	3	2	1	4	3	5	3
1	外装薄塗材E/なし	2	25 50 25	50 50 0	0 70 30	0 83 17	50 50 0	0 83 17	75 25 0	0 50 50	25 75 0	33 50 17	50 50 0	50 33 17
2	可とう形外装薄塗材E/なし	2	25 25 50	20 80 0	0 50 50	0 50 50	50 50 0	0 83 17	50 50 0	0 50 50	75 25 0	0 100 0	40 60 0	33 50 17
3	防水形外装薄塗材E(単層弾性)/なし	2	25 25 50	0 80 20	0 80 20	0 83 17	0 100 0	0 83 17	25 75 0	0 50 50	88 17 0	0 100 0	70 30 0	33 67 0
14	可とう形外装薄塗材SI/なし	1	0 50 50	0 40 60	0 20 80	0 0 100	0 100 0	0 100 0	0 100 0	0 0 100	75 25 0	0 67 33	0 100 0	0 0 100
4	外装厚塗材C/なし	1	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0
5	外装厚塗材C/水系	1	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0
6	外装厚塗材E/なし	2	75 0 25	40 60 0	40 40 20	50 50 0	100 0 0	50 50 0	100 0 0	0 100 0	88 12 0	50 50 0	80 20 0	50 33 17
16	防水形複層塗材CE/水系	1	50 0 50	40 60 0	0 100 0	0 100 0	100 0 0	0 100 0	100 0 0	0 100 0	100 0 0	0 100 0	80 20 0	33 67 0
7	複層塗材E/水系	2	50 0 50	40 60 0	10 90 0	0 100 0	100 0 0	0 100 0	100 0 0	0 100 0	100 0 0	67 33 0	100 0 0	67 33 0
9	防水形複層塗材E/水系	2	50 0 50	20 80 0	0 90 10	0 100 0	50 50 0	0 100 0	25 75 0	0 100 0	88 17 0	0 100 0	40 60 0	17 83 0
8	複層塗材RE/水系	2	75 0 25	40 60 0	20 80 0	0 100 0	100 0 0	0 100 0	100 0 0	50 50 0	100 0 0	67 33 0	100 0 0	67 33 0
17	防水形複層塗材RE/水系	1	50 0 50	20 80 0	0 0 100	0 0 100	100 0 0	0 100 0	50 50 0	0 100 0	100 0 0	0 67 33	80 20 0	0 67 33
10	可とう形改修塗材E/水系	6	50 0 50	17 80 3	0 57 43	0 83 17	33 67 0	0 89 11	75 25 0	0 33 67	92 8 0	0 89 11	60 40 0	22 72 6
11	可とう形改修塗材E/弱溶剤ウレタン	2	50 0 50	20 80 0	0 50 50	0 50 50	50 50 0	0 100 0	100 0 0	0 0 100	100 0 0	0 100 0	90 10 0	33 34 33
15	可とう形改修塗材RE/水系	1	50 0 50	20 80 0	0 60 40	0 100 0	100 0 0	0 100 0	100 0 0	0 100 0	100 0 0	0 100 0	80 20 0	33 67 0
18	可とう形改修塗材CE/水系	1	50 0 50	20 40 40	0 40 60	0 0 100	100 0 0	0 100 0	100 0 0	0 100 0	100 0 0	0 67 33	40 40 20	33 67 0
20	セメントフィラー+可とう形改修塗材E/水系	2	50 0 50	30 70 0	0 100 0	0 100 0	100 0 0	17 83 0	100 0 0	50 50 0	100 0 0	17 83 0	100 0 0	67 33 0
12	石材調仕上塗材/水系	2	100 0 0	100 0 0	60 40 0	67 33 0	100 0 0	67 33 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	67 33 0
13	石材調仕上塗材/溶剤系	2	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	67 33 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	83 17 0
19	塗膜防水材(JIS A 6021該当)/水系	2	50 0 50	20 80 0	0 50 50	0 50 50	100 0 0	0 100 0	25 75 0	0 0 100	75 25 0	0 83 17	30 60 10	0 83 17
21	なし/水系	6	17 33 50	10 43 47	0 3 97	0 0 100	17 50 33	0 22 78	17 83 0	0 17 83	63 29 8	0 61 39	37 53 10	6 66 28
22	なし/溶剤アクリル	1	50 0 50	0 100 0	0 40 60	0 100 0	100 0 0	33 67 0	100 0 0	0 0 100	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 67 33
23	なし/溶剤ウレタン	1	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0
24	なし/弱溶剤ウレタン	2	50 0 50	20 80 0	0 10 90	0 0 100	0 100 0	0 67 33	75 25 0	0 0 100	100 0 0	0 100 0	90 10 0	33 67 0

1) 塗装の下地として対策を講じた製品

2.3.4 まとめ

既存建築物の外装塗り仕上げの維持保全手法の検討の一環として、以下を実施した。

- ・外装塗り仕上げの劣化診断方法に関する文献調査を行い、現状の実施方法について確認・整理を行った。
- ・劣化診断において、劣化現象や劣化程度の診断の際に参照する標準パターン写真の整備を行った。また、それらを用いた診断結果の表し方を例示した。
- ・既存建築物の仕上塗材及び建築用塗料の補修・改修技術として、補修・改修工法の選定の考え方、補修・改修工法の既存塗膜やシーリング材との適合表を整理しとりまとめた。

2.4 まとめ

建築物の長期使用に対応した仕上塗材および塗料の耐久設計並びに維持保全計画に資する技術資料を整備する目的で研究を行い、以下のような成果を得た。

- 1) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「公共建築工事標準仕様書」および「公共建築改修工事標準仕様書」並びに（社）日本建築学会の建築工事標準仕様書 JASS 18（塗装工事）および JASS 23（吹付け工事）等を対象として材料・工法の変遷を調査し、最新の標準仕様を整理した。
- 2) 外装塗り仕上げのリファレンスサービスライフについて、耐久性総プロ以降の研究結果を加えて、再検討を行った。まず、ISO で標準化されたリファレンスサービスライフの考え方を整理した。また、既往の成果を整理し、更に、委員会での専門家の判断を加えて、仕上塗材および塗料について新しくリファレンスサービスライフを提案した。
- 3) 耐久性総プロ以降の技術資料等を整理し、仕上塗材仕上げおよび塗装仕上げの劣化度判定に利用する新たな写真見本帳を作成した。改修工事においては、既存の仕上塗材層や塗膜層がどの程度の深さ（塗装素地、下塗り層、主材または中塗り層、上塗り層）まで、どのような割合で（割れ、はがれ、ふくれ等の大きさと密度）発生しているかが基本的に重要である。更に、既存仕上げ層がどの程度の付着力を有しているかも重要である。通常、このような付着性の判定にはセロハンテープ等による試験や、仕上げ層に治具を取付けて付着強さ試験等を実施する。一方、仕上げ層の割れ、はがれ、ふくれ等については写真見本帳と比較することによって劣化程度を判断するのが一般的である。このような劣化程度の判定について信頼性を向上させるためには、写真見本帳の充実が重要である。
- 4) 仕上塗材と塗料について、既存材料と改修材料との適合表を整理し、最新のものを提案した。また、建築用シーリング材との適合性についても整理を行った。

これらの成果については、近年の既往の研究を基に検討を行い、技術資料としてとりまとめたものであり、今後引き続き検証を行うことが望ましい。また、本技術資料を基に適切に耐久設計及び維持保全計画がなされることにより、さらに知見が蓄積されることが期待される。

3. 外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外装仕上げ

3.1 はじめに

本節では、主として鉄筋コンクリート造の外装仕上げのうち、外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げを対象とした検討結果を記す。

まず、外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げの補修・改修技術の概要と課題をとりまとめた。

さらに、抽出された課題から、外壁複合改修構工法(通称、ピンネット工法)が施工された部分の補修・改修、タイル直張り仕上げ外壁の改修工法、ならびに注入口付アンカーピンの品質・評価試験方法の見直しに向けた課題整理を行った結果を報告する。

3.2 外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外装仕上げの補修・改修技術の概要と課題

3.2.1 外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外装仕上げの補修・改修技術の概要

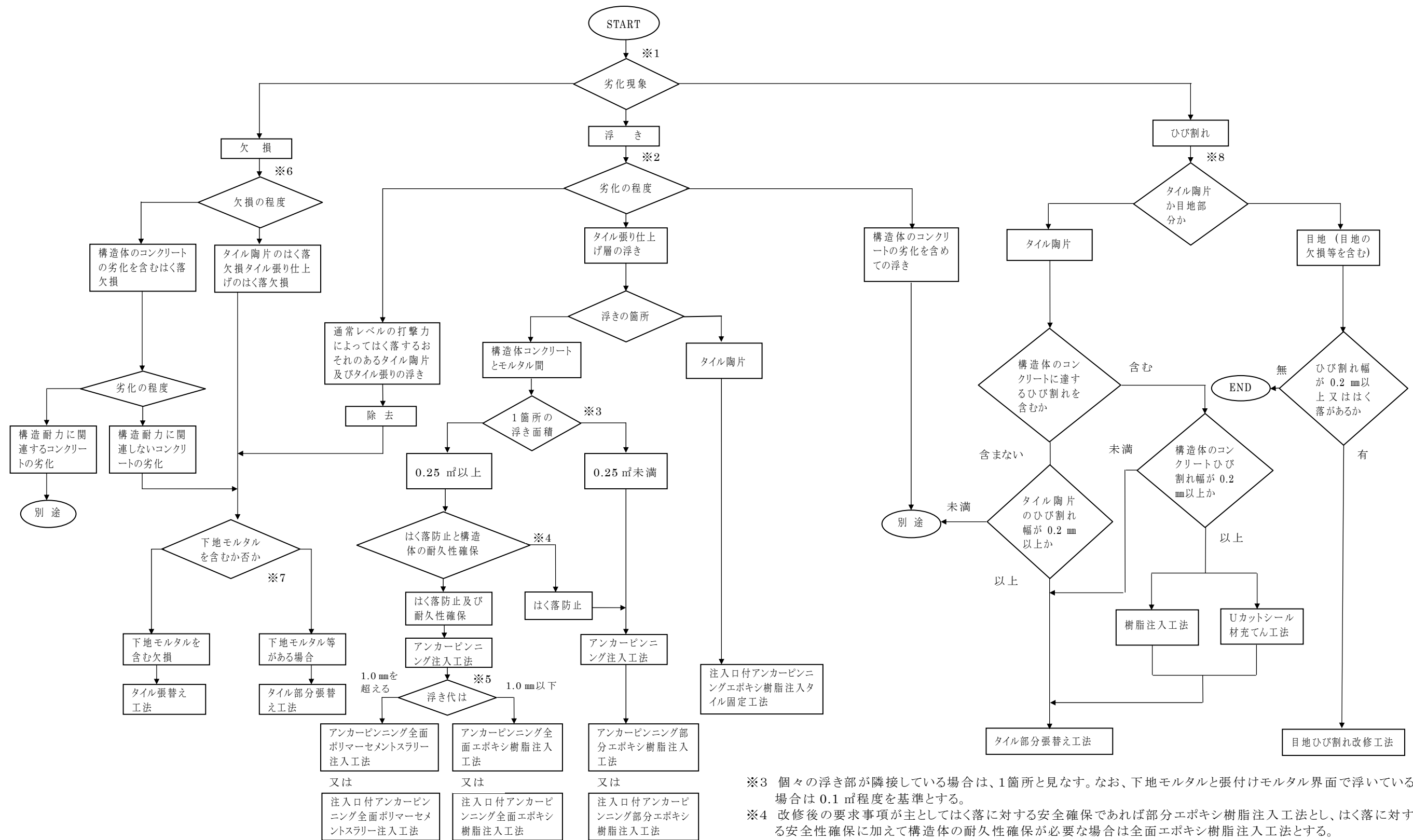
(1) 標準化された補修・改修技術

タイル張り仕上げ外壁およびセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げ(以降、セメントモルタル塗り外壁)の改修技術は、旧建設省建築研究所が実施した建設省総合技術開発プロジェクト「建築物の耐久性向上技術(昭和 55～59 年度)」や官民連帯共同研究「外装材の補修・改修技術(昭和 61～63 年度)」等の研究成果をベースとして、国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編)平成 22 年版」(以降、「改修標仕」)に標準化されている。「改修標仕」は公共建築物のみでなく、民間建築物、マンション等の補修・改修工事においても広く参考とされている。

「改修標仕」およびその解説書である国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「建築改修工事監理指針」(以降、「改修工事監理指針」)では、タイル張り仕上げおよびセメントモルタル塗り仕上げの改修はひび割れ部改修工事、欠損部改修工事、および浮き部改修工事に分類されている。

なお、セメントモルタル塗り仕上げ改修技術は、タイル張り仕上げの改修技術と重複するため、タイル張り仕上げの改修技術について述べる。

図 3.1 に改修標仕で示されたタイル張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法選定フローを示す。以下では、フロー中で示された改修工法について、選定の考え方を解説する。



※1 劣化現象は、□浮き、又は、はらみの場合、□はがれ、又は、はく落等の欠損がある場合、□構造体のひび割れの有無に関係なくタイル、又は、目地部分にひび割れがある場合に適用する。

※2 浮きは、タイル陶片の浮き、タイル張りの浮きを対象とし、構造体のコンクリートからの浮きで構造耐力に関わる場合は、別途とする。
 浮きには、浮きが進行し面外に変形したはらみ、又は、ふくれも含める。どの部分で浮いているか、浮き代はどの位かを見極める。
 浮き部でも、通常レベルの打撃力によって容易にはく落する場合は、欠損の扱いで対応する。

※3 個々の浮き部が隣接している場合は、1箇所と見なす。なお、下地モルタルと張付けモルタル界面で浮いている場合は0.1㎡程度を基準とする。

※4 改修後の要求事項が主としてはく落に対する安全確保であれば部分エポキシ樹脂注入工法とし、はく落に対する安全性確保に加えて構造体の耐久性確保が必要な場合は全面エポキシ樹脂注入工法とする。

※5 浮き代によってエポキシ樹脂とポリマーセメントスラリーの使い分けを規定しているが、実状に応じて使い分ける。

※6 欠損は、タイル陶片の欠損、又は、タイル張りの欠損を対象とし、構造体のコンクリートからの欠損で構造耐力に係わる場合は別途とする。

※7 欠損部が深く下地モルタルを補修する必要があるか否かを判断する。

※8 タイル張りのひび割れは、□タイル部分に生じるひび割れと、□タイル目地部分に生じるひび割れとに分けて考え、さらに、タイル部分に生じるひび割れは、構造体のコンクリートのひび割れを含む場合と含まない場合とに分ける。
 ひび割れの発生部分、ひび割れ幅及びひび割れの動きの有無について見極める。
 浮き、又は、欠損があり、かつ、漏水がある場合は、コンクリート打放し仕上げ外壁の改修において、ひび割れがあり、かつ、漏水がある場合を適用することになる。

図 3.1 タイル張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法選定フロー1)

(2) タイル張り仕上げ外壁の補修・改修技術の選定の考え方

1) ひび割れ部改修工法の選定

タイル張り外壁のひび割れ部改修では、ひび割れがどのような状態であるかを把握した上で、適切な改修工法を選定する。

- ①目地部分のみの軽微なひび割れの場合には、後述する「目地ひび割れ部改修工法」による。
- ②ひび割れ部分に漏水や錆汁が認められる場合やひび割れ部分に浮き部分が共存する場合（すなわち、単なるひび割れでなく、劣化が進行していると考えられる場合）は、タイル張り仕上げ層の一部分を除去して、下地の劣化の有無を確認する必要がある。
その結果、鉄筋腐食やコンクリート躯体に問題がある場合は深刻であり、コンクリート躯体の改修を含めた工事を実施する必要がある。また、タイル張り仕上げ層の浮きが共存している場合は、後述する「浮き部改修工法」により改修を行う。
- ③ひび割れ部のみの改修の場合においても、ひび割れがどこから発生しているか判断する必要がある。ひび割れが下地コンクリートや下地モルタルから発生している場合には、タイル張り仕上げ層を除去し、コンクリート下地面、モルタル下地面において「エポキシ樹脂注入工法」または「Uカットシール材充填工法」を実施し、その後、「タイル部分張替え工法」または「タイル張替え工法」によりタイル張り仕上げ層を復旧することが一般的である。
- ④タイル表面にひび割れが認められるが、漏水や錆汁もなく、ひび割れが下地コンクリートや下地モルタルに起因していない場合には、タイルをはつり、「タイル部分張替え工法」により改修する。また、タイル表面のひび割れ幅が 0.2mm 未満であり、ひび割れ長さも小さい場合には経過観察を行うこともある。

2) 浮き部改修工法の選定

タイル張り外壁の浮き部改修工法の選定においても、まず、浮きの状態がどのようなものであるか調査する必要がある。

- ①浮き部分が通常の打撃力によってはく落するおそれがある場合には、ハンマー等で打撃し、タイル陶片またはタイル張り仕上げ層をはく落させたほうがよい。その後の改修工法は欠損部改修工法の中から選定する。
- ②コンクリート躯体に問題がないことを確認する必要がある。万が一、鉄筋腐食等によりかぶりコンクリート等が浮いている場合は、タイル張り仕上げ層の改修だけでは対応できないため、躯体コンクリートを含めた改修工事が必要となる。
- ③浮きがタイル陶片のみの場合は、「タイル部分張替え工法」とすることも考えられるが、「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」俗に「脳天打ち工法」と呼ばれる方法が選択されることも多い。この工法は、タイル中央部分を穿孔し、注入口付アンカーピンによるアンカーピンニングを行うため、タイル一枚ずつを固定する必要がある。このため、大きなタイル陶片の浮きには有効であるが、モザイクタイルのように小さなタイルには、煩雑な作業となり効率的ではない。

④下地モルタルを含むタイル張り仕上げ層が躯体コンクリートとの間ではく離し、浮いている例は多い。このような場合、一ヶ所の浮き面積の大きさ、および浮き改修の目的により浮き部改修工法の種類が異なる。

・一ヶ所の浮き面積が 0.25 m²未満の場合は、「アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」か、または「注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」のいずれかを選択する。前者はアンカーピンとして φ4mm の全ネジ切りステンレス製アンカーピンを用いる工法であり、後者はステンレス製注入口付アンカーピンを用いる工法である。

ところで、浮き空隙に注入されたエポキシ樹脂はコンクリート躯体とタイル張り仕上げ層を必ずしも確実に接着するとは考えられない。すなわち、エポキシ樹脂が注入される浮き空隙の表面は劣化しているはずであり、そこにエポキシ樹脂を注入しただけで両者を確実に接着できると考えるのは誤りである。その点、アンカーピンをタイル仕上げから躯体コンクリートまで架かるように挿入し、さらにエポキシ樹脂を注入した工法であれば、タイル張り仕上げ層と躯体コンクリートとが、穿孔穴内でアンカーピンとエポキシ樹脂とが一体化し固着することで固定化されるため、浮き空隙に充填したエポキシ樹脂には頼っていない。

したがって、「アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」および「注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」は、タイル張り仕上げ層のはく落防止性を確保できる工法と考えられる。

・次に、一ヶ所の浮き面積が 0.25 m²以上の浮きの場合には、浮き部改修により「はく落に対する安全性を確保する」のか「はく落に対する安全性および耐久性を確保する」のかにより、選択する工法が異なる。

はく落に対する安全性を確保するだけであれば、前述した「アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」または「注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」を選択すればよい。しかし、はく落に対する安全性に加え耐久性も確保するためには、「アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法」または「注入口付アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法」を用いるか、浮き代が 1.0mm 以上と大きい場合は「アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法」または「注入口付アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法」を用いる。

すなわち、浮き部分のはく落に対する安全性はアンカーピンニングにより確保する。エポキシ樹脂またはポリマーセメントスラリーの全面注入の効果は浮き空隙を接着させることではなく、浮き空隙にエポキシ樹脂またはポリマーセメントスラリーを充填することにより浮き空隙をなくし、水の侵入を防ぐことにより、浮いていた部分の耐久性を回復させることにある。

⑤タイル張り外壁の改修に共通する問題であるが、改修対象とならなかったタイル張り仕上げ外壁部分(健全な部分)の将来的な劣化が懸念される場合が多い。このような背景から、外壁複合改修構工法いわゆるピンネット工法が開発されているが、この工法については後述となる p.99 の4)外壁複合改修構工法(ピンネット工法)の課題において解説している。

3) 欠損部の改修工法

欠損部の改修においても、躯体コンクリートに劣化が認められないことを確認する必要がある。かぶりコンクリートのはく落等がある場合は、躯体コンクリートを含めた改修が必要なことは、ひび割れ部や浮き部の改修と同様である。

欠損部の改修工法は、「下地モルタル層を含んだ欠損」か、「下地モルタル層を含まない欠損」かで工法が異なる。前者については「タイル張替え工法」、後者については「タイル部分張替え工法」を適用する。

(3) タイル張り仕上げ外壁の補修・改修工法の概要

① ひび割れ改修工法

< 目地ひび割れ部改修工法 >

本工法は躯体コンクリートのひび割れに関係なく、タイル張りの目地部分の劣化により目地自体にひび割れが生じたり、目地が部分的にはく落したり欠けたりしている場合のように比較的軽微な損傷の修繕に適用する。

- a. ダイヤモンドカッター等による目地除去部分のカット
- b. はつり等による目地の除去
- c. 除去部分の清掃
- d. 水湿し
- e. 目地材の調合
- f. ゴムごてまたは目地ごてによる目地材充填
- g. タイル面に付着した目地材等の清掃
- h. 直射日光や風雨があたらないようシート等で養生
- i. 検査

< 伸縮調整目地改修工法 >

- a. ダイヤモンドカッター等による目地除去部分のカット
- b. はつり等による目地の除去
- c. 除去部分の清掃
- d. マスキングテープの張り付け
- e. プライマーの塗布
- f. シーリング材の充填
- g. マスキングテープの除去、清掃
- h. シーリング材の養生
- i. 検査

<エポキシ樹脂注入工法>

図 3.2 にコンクリート躯体からひび割れが発生している場合の、タイル張り仕上げ外壁のエポキシ樹脂注入工法(手動式の場合)の手順を示す。

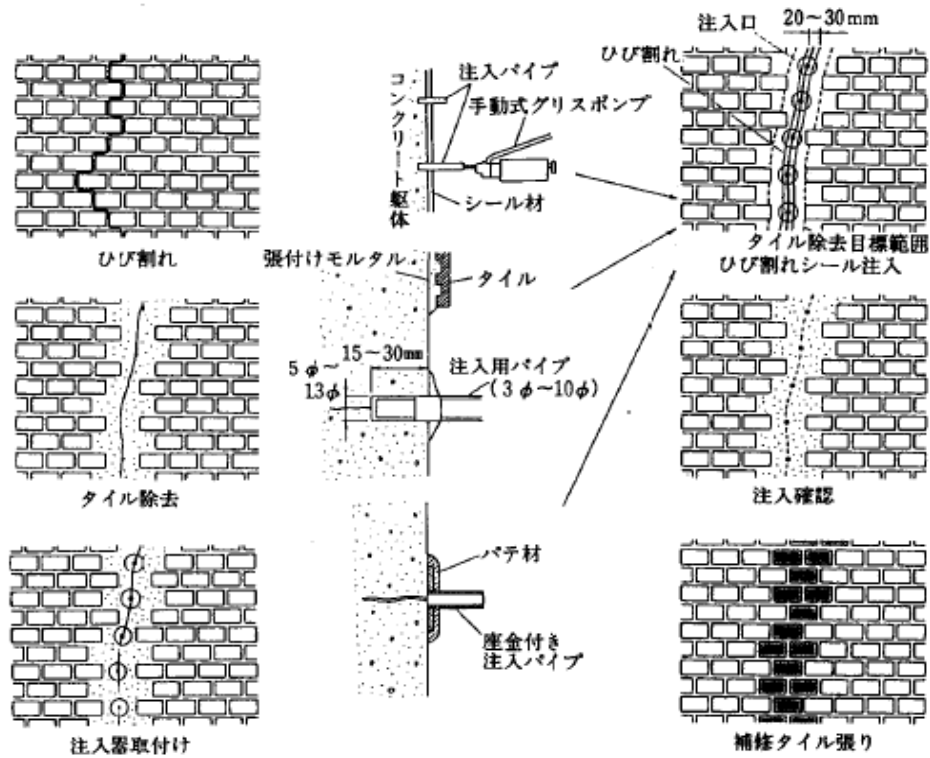


図 3.2 エポキシ樹脂注入工法(手動式)の手順²⁾

<Uカットシール材充填工法>

図 3.3 にコンクリート躯体からひび割れが発生している場合の、タイル張り仕上げ外壁のUカットシール材充填工法(可とう性エポキシ樹脂充填の場合)の手順を示す。

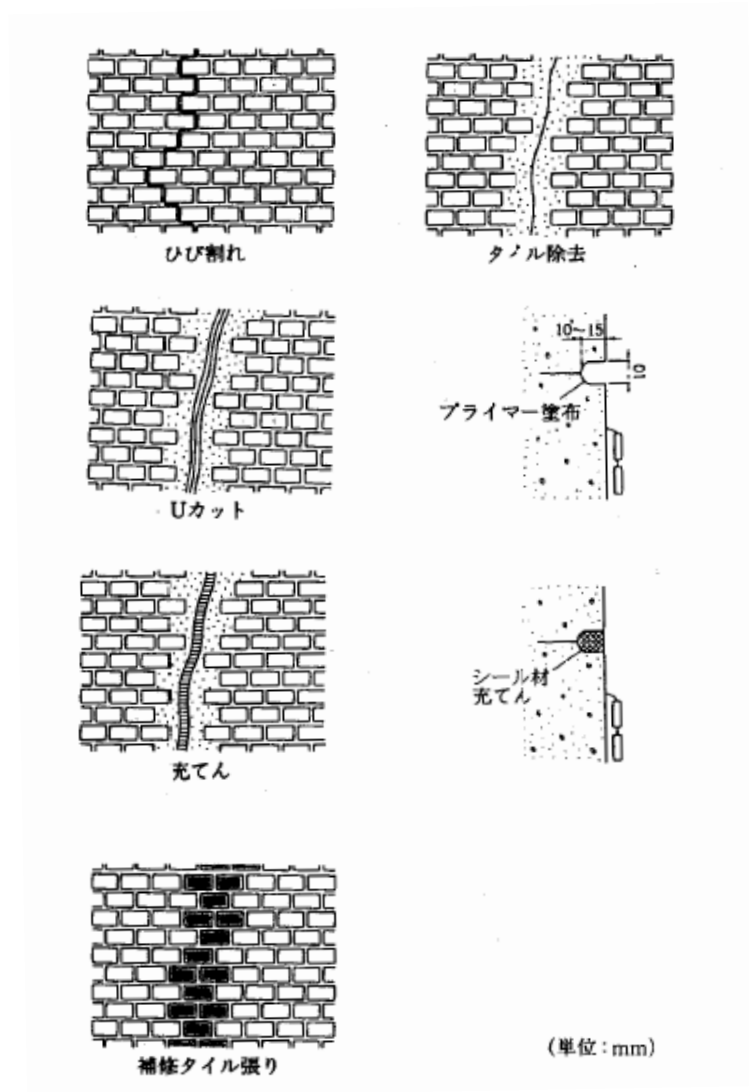


図 3.3 Uカットシール材充填工法(可とう性エポキシ樹脂充填の場合)²⁾

②浮き部改修工法

改修工事監理指針において規定されている浮き部改修工法では、アンカーピンニングに $\phi 4\text{mm}$ の全ネジ切りステンレス製アンカーピンを使用する「アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」、「アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法」、および「アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法」ならびに、ステンレス製注入口付アンカーピンを使用する「注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」、「注入口付アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法」、および「注入口付アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法」に分類できる。

なお、上述した工法は、タイル陶片の浮きが無く、目地モルタルが健全で、躯体コンクリートと下地モルタルの間に発生している浮きに対する改修工法であり、例えば、型枠先付け工法によ

るタイル張り仕上げ外壁や手張り工法であっても積上げ張り工法によるタイル張り仕上げ外壁には適用できない。

<アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法>

アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法ではアンカーピンニングの本数は 16 本/m²(一般部)が標準である。ただし、穿孔位置がタイル陶片にかかる場合には近傍のタイル目に部分に釣り合いを保ちながら移動する。図 3.4 にアンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法のアンカーピンニング位置の例を示す。

なお、アンカーピンニング部分(アンカーピン固定部には 25ml/ヶ所のエポキシ樹脂が注入されている。もし、浮き代が 1.0mm とするとアンカーピンの周囲に直径 18 cm の円状に注入されていることになる。

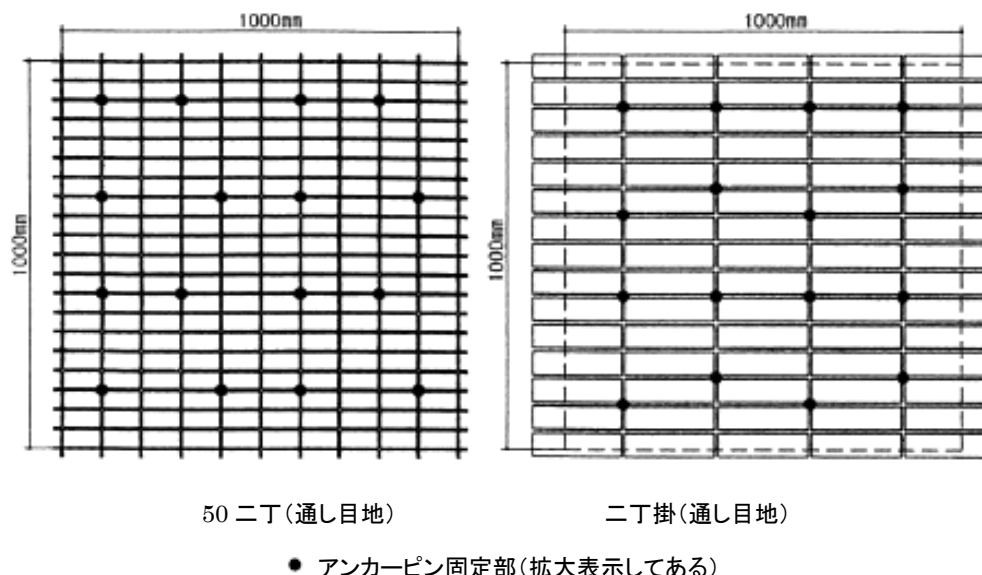


図 3.4 アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法における穿孔位置の例³⁾

<アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法およびアンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法>

アンカーピンニング部分のエポキシ樹脂の硬化を確認してから、全面注入のための穿孔を行いエポキシ樹脂またはポリマーセメントスラリーの全面注入を打診により確認しながら実施するのがポイントである。

前述のようにポリマーセメントスラリーの注入は難しく、あまり実施されていない。ポリマーセメントスラリーの注入をスムーズにするためには事前の水湿し(水通し)やプライマーの注入が効果的である。しかし、建物内部へ漏水しないように十分な注意が必要である。

なお、全面注入工法においては、未注入部分を打診で確認しつつ、内部に空気だまりが発生しないように注意して穿孔し、必要に応じて中粘度エポキシ樹脂を使用する等の工夫により、ほぼ全面にエポキシ樹脂またはポリマーセメントスラリーを注入する。

<注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法>

図 3.5 に注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法の手順を示す。全ネジ切りアンカーピンと異なるのは、注入口付アンカーピンを打ち込んでからエポキシ樹脂を注入する点であり、注入口付アンカーピンにより既に躯体コンクリートに機械的固定がなされていることから、エポキシ樹脂注入による浮き拡大が回避できる。

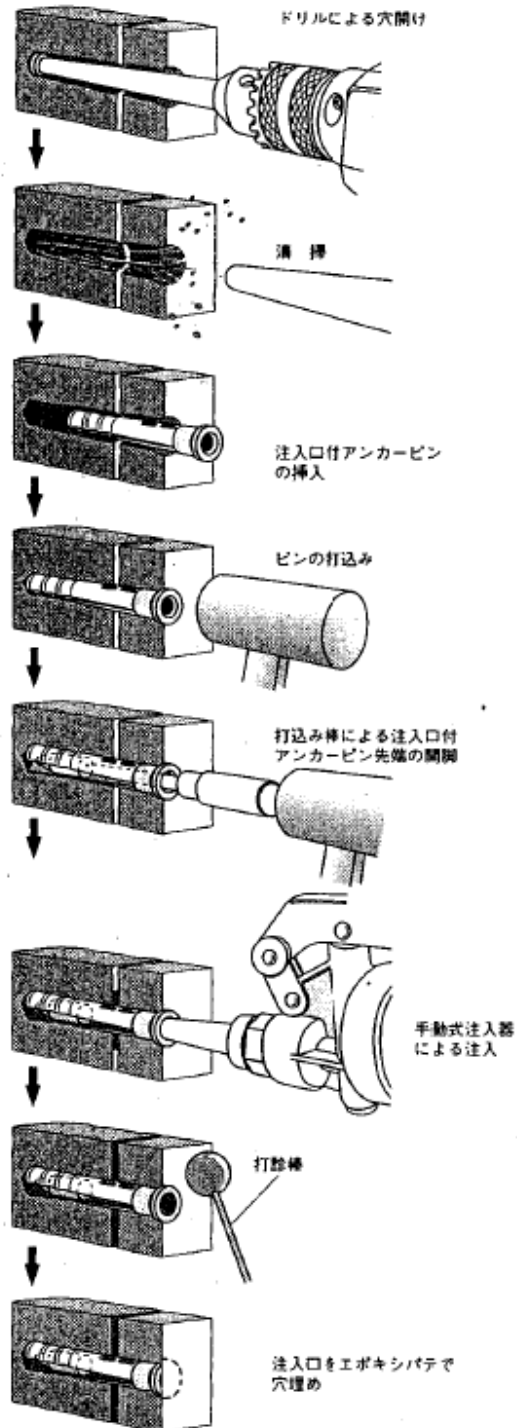


図 3.5 注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法の手順⁴⁾

注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法では注入口付アンカーピンニングの本数は9本/m²(一般部)が標準である。図3.6に注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法の注入口付アンカーピンニング位置の例を示す。

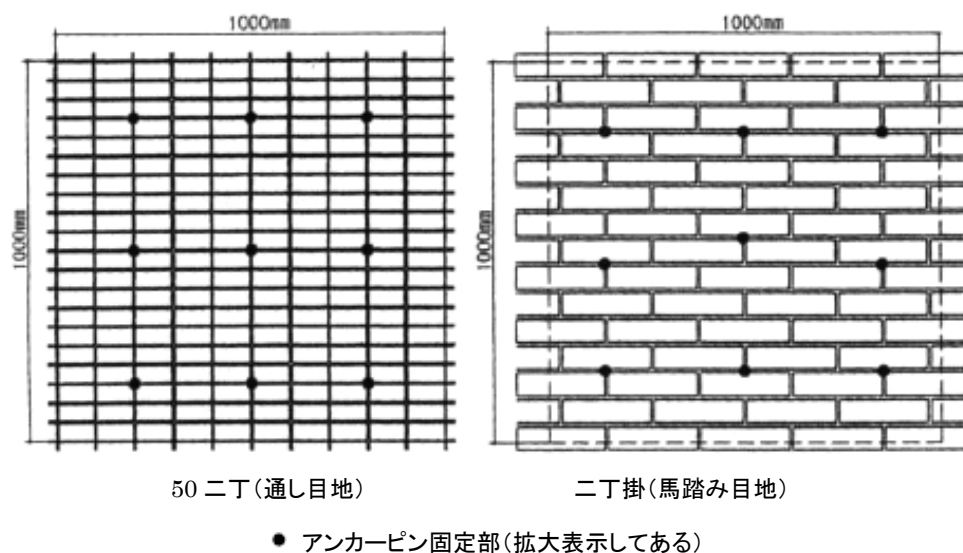


図 3.6 注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法における穿孔位置の例³⁾

<注入口付アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法および注入口付アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法>

注入口付アンカーピンニング部分のエポキシ樹脂が硬化した後に、別の注入口を穿孔し、エポキシ樹脂またはポリマーセメントスラリーを全面注入する。ポイントはアンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法およびアンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法と同様である。

③欠損部改修工法

<タイル張替え工法>

下地モルタルまで含めた欠損の場合には「タイル張替え工法」を採用するが、これは基本的に新築のタイル張り工法と同様である。

<タイル部分張替え工法>

タイル部分張替え工法は、下地モルタル層が健全な場合に適用し、張付けモルタル層が厚い場合にはポリマーセメントモルタルにより、モザイクタイル張りのように張付けモルタル層が薄い場合には有機系接着剤(JIS A 5557)により張付けられる。図3.7にタイル部分張替え工法の手順を示す。

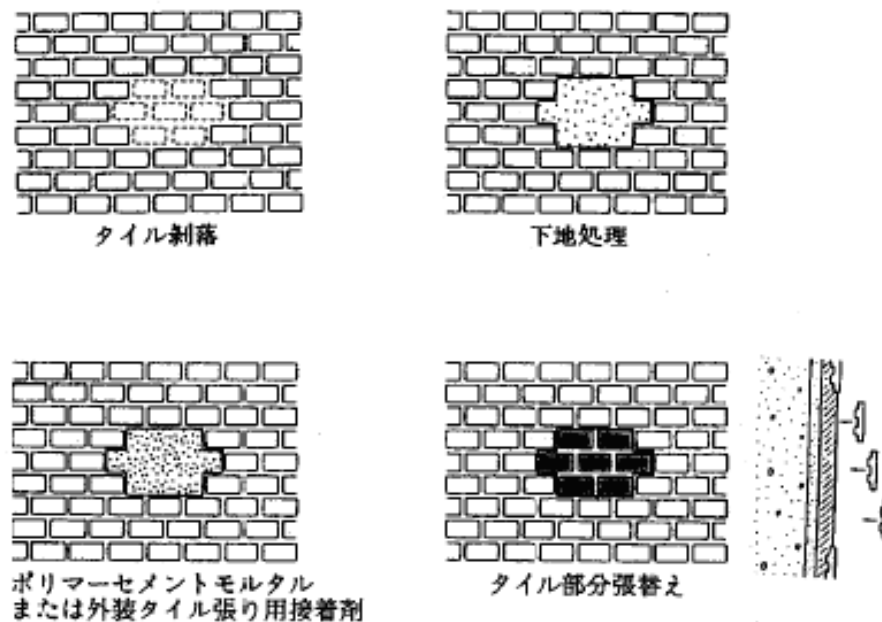


図 3.7 タイル部分張替え工法の手順²⁾

(4)まとめ

国土交通省大臣官房官庁営繕部監修の「改修標仕」および「建築改修工事監理指針」に準拠して、タイル張り仕上げ外壁の改修工法について基本事項を解説した。タイル張り仕上げ外壁の改修工法は標準化されており、劣化状況や改修時の要求性能に応じて適切な工法が選定され、適切な手順で工事が実施されることが重要である。

なお、「改修標仕」で標準化された改修工法以外にもタイル張り仕上げ外壁の改修技術は存在する。「建築改修工事監理指針」ではその他の改修工法として以下の工法を例示している。

- ・外壁複合改修構工法
- ・ガラス繊維補強コンクリート板(GRC)を用いた乾式改修工法
- ・タイル乾式複合パネルを用いた乾式被覆改修構工法

[引用文献]

- 1)「建築設計基準及び同解説(平成 18 年版)」(社)公共建築協会
- 2) (財)日本建築センター, (財)建築保全センター 「外装仕上げ及び防水の補修・改修技術 4 編 タイル仕上げ外壁の補修・改修技術」(財)経済調査会
- 3)「これからのタイル張り仕上げ外壁リニューアルー安全・長寿命・美しい景観造りー」テツアドー出版
- 4) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修 「建築改修工事監理指針(上巻)平成 22 年版」(財)建築保全センター

3.2.2 外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げの補修・改修技術の課題

(1) 外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げの浮き検査法の問題点

タイル張り仕上げおよびセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げ(セメントモルタル塗り外壁)の浮きの調査には、外観目視および打診法または部分打診と赤外線サーモグラフィ法の併用が適用される場合が多い。建築基準法第 12 条に規定される定期検査報告においても、仕上げ材の浮きの調査方法としていずれかを用いることとされている。

1) 打診調査の概要

打診法は、打診用のハンマーを用いて仕上材の表面を軽く打撃し、その打撃音の大きさや周波数の高低を健全な部分と相対的に比較することによって、浮きの有無を判断する方法である。一般的に浮きのある部分の打撃音は高音となる傾向にあり、浮きの層が表層部に近いほどその傾向は顕著である。ただし、仕上材の種類や浮きの状況によってはその傾向は一律ではない。

打診調査は、部分打診調査(手の届く範囲)と全面打診調査があり、特殊建築物等定期調査業務基準(2008年改定版 監修:国土交通省住宅局建築指導課 発行:(財)日本建築防災協会)では、公共的な建物のタイル張り仕上げ外壁において、「落下により歩行者に危害を加えるおそれのある部分」の調査では全面打診等を行うこととしている。

2) 赤外線サーモグラフィ法の概要

赤外線サーモグラフィ法は、健全部と浮き部分の表面温度の相違を赤外線カメラによって撮影し、その温度分布から浮きのある部分を判断する方法である。一般に外壁の温度が上昇する場合(主に日中)には、浮き部分は高温部として検出され、温度が下降する場合(夜間など)には、低温部として検出される。

打診法および赤外線サーモグラフィ法の長所および短所を整理すると、表 3.1のように表される。

表 3.1 打診法および赤外線サーモグラフィ法の特徴

調査方法	打診法	赤外線サーモグラフィ法
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・比較的簡易な方法であり、誰でも実施することが可能 ・高価な装置が不要 	<ul style="list-style-type: none"> ・非接触であり、全面を調査する場合でも足場が不要 ・結果が画像として表れるため、記録や報告が比較的容易
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・手の届く範囲しか調査ができず高所を検査するには足場、ゴンドラ等が必要 ・人為的な判断誤差が発生しやすい。また、調査員の個体差によって調査結果にばらつきが生じやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ・調査の条件(建物形状・方位・天候など)に左右される ・装置が比較的高価(近年では廉価版も普及) ・浮き部の判断には経験を要するため、人為的な誤差が生じやすい

3) 打診調査の問題点

① 打診法の適用上の問題点

- ・適用範囲: 足場を用いない場合の調査可能な範囲(建物形状や開口部の有無等により適用範囲が異なることなど)
- ・精度: 仕上げ層の厚さが大きい場合(20mm 以上)に検出精度が落ちる、長時間の作業では検出精度が落ちることなど
- ・標準化: 標準化された方法がなく、また人の感覚や技量による部分が大きいいため標準化が困難

② はく落危険箇所の把握とはく落危険判定の問題点

- ・打診調査を行う場合、過去の調査や施工記録、建物形状を確認し、はく落危険箇所を事前に把握することが重要である。
- ・はく落危険の大きい箇所としては、開口隅部、水平打継部、コーナー部、パラペット部、斜壁部分等有り、重点的に調査することが望ましい。
- ・はく落危険箇所の中でも、斜壁部分では浮きの判定が難しく、下地状況(防水層の有無)によりはく落危険の判定が変わる。

③ 仮設足場の問題点

- ・全面打診調査では、調査員の足場による作業性や安全性の違いも問題となることがある。調査員の作業性によって調査精度や調査コストも大幅に変わるため、調査計画時に仮設足場にも十分な検討が必要である。また、安全性についても、調査員の安全だけでなく、調査時に劣化部分のはく落の危険も発生するため、第三者災害防止の点からも仮設足場の養生等も検討する必要がある。

④ 人的作業による問題点

・打診調査は人的作業のため、調査者の熟練度及び技量による判定の違いが発生する。また、長時間作業による判断力の低下も調査精度に影響する。調査者の技能水準の均一化と作業環境整備も人的作業に依存する場合は検討が必要である。

⑤ 竣工図面と実建物の違いによる問題点

・打診調査では、竣工図面と実建物(実施工)の違いによる判定の誤りがある。実際にあった事例では、浮きの音が確認され改修工事を行う際に、躯体がRC造でなくブロック積みであり改修が行えない等の問題が発生した。ある程度までは調査者の技能で判断できるが、大掛かりな事前調査が必要な場合もある。

⑥ タイル張り仕上げにおける浮き箇所の判定の問題点

・タイル浮きかタイル下地浮きかの判定は難しく、さらに二重浮きが発生している場合は、その判定がさらに難しくなる。タイル張り仕上げ改修の工法選定に大きな影響を与えるため、タイル張り仕上げの浮き箇所の判定精度の向上が急務である。

⑦ 改修工事施工後の打診調査の問題点

・改修工事を実施していない建物と改修工事を実施している建物で打診調査の際に判定に相違が発生する。改修後の浮きの判定では、改修時の資料との確認が必要である。改修後の浮きの拡大であるか、改修時の状態を維持しているのか適切な判定が重要である。

4) 赤外線サーモグラフィ法の適用上の問題点

① 適用範囲:理想的な条件では調査可能な範囲は広いが、建物の配置、周辺建物、障害物等により、実際の適用範囲は制限されることが多い。また、赤外線カメラの画素数が小さく(市販品は最大で 480×480 画素程度)、解像度の問題から建物からの距離をそれほどとれない。

② 精度:表面温度に外乱がある場合、浮き部との違いが判断しづらく検出精度が低下する。外乱の要因としては、表層部の色の違いや汚れ、障害物等による陰影、周辺建物等からの写り込みなどがある。また、浮きの部分が深い場所にある場合や浮き部分が小さく空気層が少ない場合には検出が困難である。

③ 標準化:平成 21 年度に非破壊検査協会規格 NDIS3428(赤外線サーモグラフィ法による建築・土木構造物表層部の変状評価のための試験方法)が制定されたが、その内容の普及および技術者の確保には時間を要する。また、非破壊検査協会以外にも赤外線サーモグラフィ法により建物外壁診断技術の向上を目指す団体・協会がいくつか結成され、個々に診断手法の標準化を進められており、それらの動向についても把握する必要がある。

5) 打診調査および赤外線サーモグラフィ法共通の問題点

- ・浮きの予測は難しいこと
- ・劣化と瑕疵(施工不良)の判断は難しいこと
- ・はく落等による第三者障害の点からは、安全側の判断をせざるを得ない(どのような状態な

ら危険かということの定量的な裏付けが少ない)

6) その他の調査方法

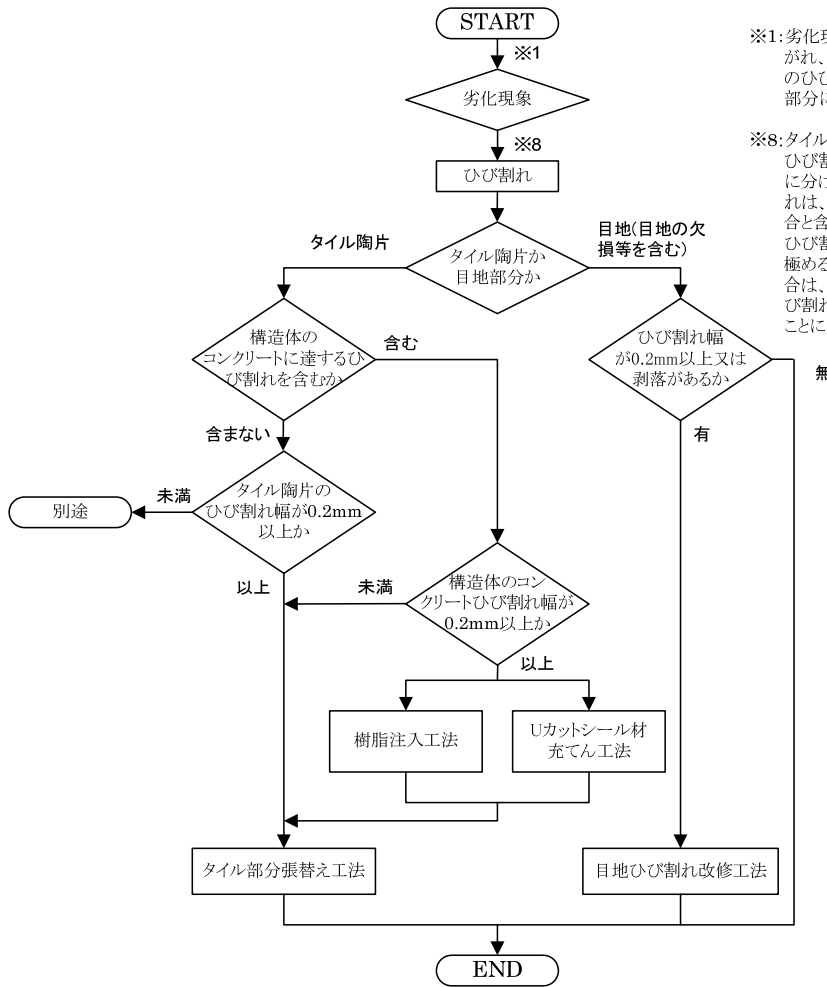
浮き部の調査方法としては、打音や振動をマイクロフォンや加速度センサで取得して、周波数解析を行う方法なども提案されている。また、それらのセンサを組み込んでワイヤや吸盤によって壁面を移動する打診ロボットなども開発されている。ただし、検出精度の問題や壁面の凹凸により適用範囲に制限があるなどの問題から、現状では普及には至っていない。

(2) 外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げのひび割れ補修の問題点

1) ひび割れ補修の現況

外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げ(セメントモルタル塗り外壁)に発生するひび割れとしては、コンクリート躯体に発生したひび割れの影響で外壁タイル張り仕上げ面やセメントモルタル塗り外壁面に発生するひび割れのほかに、タイル張り仕上げのタイル目地のひび割れやタイル陶片のひび割れ、セメントモルタル下地のひび割れなどがある。

外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル塗り外壁に発生したひび割れ補修工法の選定フローを図 3.8、図 3.9 に示す。



※1:劣化現象は、①浮き又ははらみのある場合、②剥がれ、又は剥落等の欠損がある場合、③構造体のひび割れの有無に関係なく、タイル又は、目地部分にひび割れがある場合、に適用する。

※8:タイル張りのひび割れは、①タイル部分に生じるひび割れ、②タイル目地部分に生じるひび割れ、に分けて考え、さらに、タイル部分に生じるひび割れは、構造体のコンクリートのひび割れを含む場合と含まない場合に分ける。ひび割れ発生部分、ひび割れ幅及びひび割れの動きの有無について見極める。浮き又は欠損があり、かつ、漏水がある場合は、コンクリート打放し仕上げ外壁の改修のひび割れがあり、かつ、漏水がある場合を適用することになる。

図 3.8 外壁タイル張り仕上げに発生したひび割れ補修工法の選定フロー¹⁾

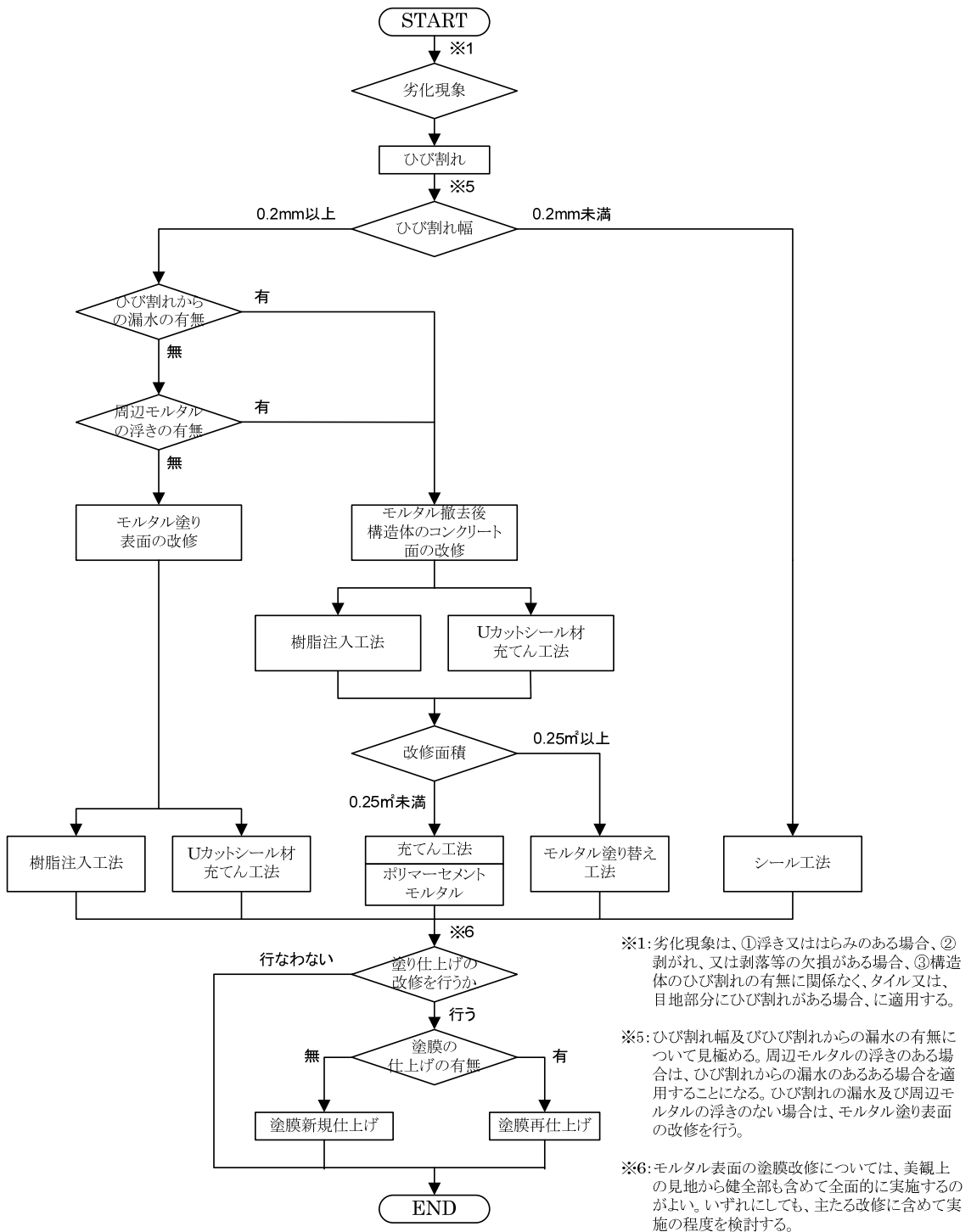


図 3.9 セメントモルタル下地を設けた外壁仕上げセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げに発生したひび割れ補修工法の選定フロー¹⁾

2) ひび割れ補修の問題点

① ひび割れの挙動に関する問題点

ひび割れの挙動については、コンクリートに発生するひび割れの原因を明確にしておく必要がある。コンクリート躯体に発生するひび割れの原因を日本コンクリート工学協会編「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針－2009－」²⁾を参考に、原因と発生時期を取り纏めたものを表 3.2 に示す。

同表に示すようにコンクリート躯体には様々な原因でひび割れが発生し、その影響で外壁タイル張り仕上げやセメントモルタル塗り外壁面にひび割れが発生する。しかし、表中の発生時期が初期(数時間～1 日)、中期(数日)に生じるひび割れのうち、●印のひび割れについては、外壁の仕上げを施工する前にひび割れの補修が終了していると思われるので、これらのことが原因で発生したひび割れが将来的に外壁仕上げ面にひび割れ等を発生させるとは考えにくい。ところが、表中の発生時期が長期(数 10 日以上、所要強度に達した以降)に生じるひび割れ(○印)については、外壁仕上げ面にもひび割れを発生させる可能性があるばかりでなく、建物の耐久性に悪影響を及ぼし、雨水の浸入により室内への漏水をきたすとともに、美観を損ない、仕上げ面のはく落等を招くことになる。また、このような原因で発生したひび割れの挙動は大きく、ひび割れの補修方法や補修する時期の選定が問題となる。それに加えて、一度ひび割れ補修を行っても、補修した箇所よりひび割れが進行したり、別の箇所に新たなひび割れが発生し、再補修が必要となる場合がある。

コンクリート躯体に発生したひび割れの影響で外壁タイル張り仕上げやセメントモルタル塗り外壁面に発生した挙動の小さいひび割れの補修では、ひび割れ部のタイル張り仕上げ或いはセメントモルタル下地を撤去し、エポキシ樹脂注入工法又はUカットシーリング材充填工法で補修した後、タイル部分張替え工法又はタイル張替え工法、或いは、セメントモルタル下地を設けて改修する。挙動の大きいひび割れの補修では、ひび割れ部のタイル張り仕上げ或いはセメントモルタル下地を撤去し、0.2mm 未満の微細ひび割れについては、補修方法、補修時期を検討する必要がある。0.2mm 以上のひび割れについては、エポキシ樹脂注入工法又はUカットシーリング材充填工法で補修する。

タイル張り仕上げのタイル目地やタイル陶片およびセメントモルタル下地に発生するひび割れの原因としては、環境温度・湿度の変化や部材両面の温度・湿度の差によることが多く、ひび割れの挙動はあると思われる。また、そのひび割れから雨水などが浸入し、コンクリート躯体とタイル接着剤との界面、タイル接着剤とタイルとの界面或いはコンクリート躯体とセメントモルタル下地との界面など、界面に悪影響を及ぼすことが考えられる。そのため、タイル目地に発生したひび割れを除き、タイルやセメントモルタル下地を撤去し、コンクリート躯体のひび割れ補修を行った後、タイル張替え工法やセメントモルタル下地の改修が必要である。タイル目地に発生したひび割れは、エポキシ樹脂注入工法などで補修する。また、セメントモルタル下地のひび割れについては、ひび割れ補修後の塗り仕上げ材の選定にも注意が必要である。

表 3.2 ひび割れが発生する原因

大分類	中分類	小分類	番号	原因	発生時期			
					初期	中期	長期	
A 材料	使用材料	セメント	A1	セメントの異常凝結	●			
			A2	セメントの水和熱		●		
			A3	セメントの異常膨張			○	
		骨材	A4	骨材に含まれる泥分		●	○	
			A5	低品質な骨材			○	
			A6	反応性骨材			○	
	コンクリート		A7	コンクリート中の塩化物			○	
			A8	コンクリートの沈下・ブリーディング	●			
			A9	コンクリートの乾燥収縮			○	
			A10	コンクリートの自己収縮		●	○	
B 施工	コンクリート	練混ぜ	B1	混和材料の不均一な分散			○	
			B2	長時間の練混ぜ	●		○	
			運搬 打込み	B3	ポンプ圧送時の配合の不適當な変更	●		○
				B4	不適當な順序	●		○
			B5	急速な打込み	●			
		締固め 養生	B6	不適當な締固め				
			B7	硬化前の振動や載荷		●		
			B8	初期養生中の急激な乾燥	●			
		B9	初期凍害		●	○		
		B10	不適當な打継ぎ処理	●		○		
	鋼材	鋼材配置	B11	鋼材の乱れ			○	
			B12	かぶり(厚さ)の不足			○	
	型枠	型枠	B13	型枠のはらみ	●			
			B14	型枠からの漏水	●			
			B15	型枠の早期除去		●		
	その他	コールドジョイント PC グラウト	B16	支保工の沈下	●	●		
			B17	不適當な打重ね	●			
			B18	グラウト充てん不良			○	
C 使用環境	熱、水分作用	温度・湿度	C1	環境温度・湿度の変化			○	
			C2	部材両面の温度・湿度の差			○	
			C3	凍結融解の繰返し			○	
			C4	火災			○	
			C5	表面加熱			○	
	化学作用		C6	酸・塩類の化学作用			○	
			C7	中性化による内部鋼材のさび			○	
			C8	塩化物の浸透による内部鋼材のさび			○	
D 構造・外力	荷重	長期的な荷重	D1	設計荷重以内の長期的な荷重			○	
			D2	設計荷重を超える長期的な荷重			○	
		短期的な荷重	D3	設計荷重以内の短期的な荷重			○	
			D4	設計荷重を超える短期的な荷重			○	
	構造設計		D5	断面・鋼材量の不足		●	○	
	支持条件		D6	構造物の不同沈下			○	
			D7	凍上			○	
E その他			その他					

発生時期: 初期 数時間~1日、中期 数日、長期 数10日以上*)、**)

*) 所要強度に達した以降が対象となる。 **) D1,D2 の場合、数年から数10年となる。

②ひび割れの再補修に関する問題点

外壁に生じたひび割れは、日射や降雨など外気における温湿度変化によりひび割れが開いたり閉じたりと伸縮挙動するため一度ひび割れ補修を行っても、ひび割れが挙動することによってひび割れが進行し、再びひび割れを補修する必要がある。特に、エポキシ樹脂注入工法で補修した場合、補修したひび割れの近くに再びひび割れが発生することがある。一方、Uカットシール材充填工法で補修したひび割れでは再び近くにひび割れが発生する場合は比較的少ない。このように一度ひび割れ補修を行った後に進行したひび割れや別の箇所新たに発生したひび割れの補修をどのような方法で再補修するかが問題点として挙げられる。

③Uカットシール材充填工法に関する問題点

Uカットシール材充填工法は、U カットする際に埃が発生するため、施工環境を含めた環境対策が必要である。この問題点を解決するために、埃を吸引してUカットする工具も開発されているが、集塵する装置がひび割れ部に重なるため、ひび割れに沿ってUカットするのが困難である。そのため、環境対策を考慮したUカットシール材充填工法とするためには、Uカットする工具の開発、改良が必要である。(8)節参照。

また、Uカットシール材充填工法では、Uカットシール後に珪砂を散布するか、ポリマーセメントモルタルを充填するが、写真 3.1 のように珪砂の凹凸に塵埃が付着しやすくなったり、施工箇所が傷跡のように残り、美観上の問題点が指摘される場合も多い。



写真 3.1 Uカットシール材充填工法で補修した施工例

④シール工法に関する問題点

微細な 0.2mm 未満のひび割れの補修ではシール工法が用いられる。この工法では、可とう性エポキシ樹脂やパテ状エポキシ樹脂を用いて幅 10mm 程度、厚さ 2mm 程度に仕上げ、表面に珪砂を散布することになっているため、表面に段差が現れ、仕上がり上及び美観上の問題点が挙げられる。また、一般的に全体のひび割れの補修数量の中で、0.2mm 未満のひび割れが占める割合が多く、中には網目状に発生しているひび割れもあり、シール工法で補修すると写真 3.2 に示すような施工状況になり、美観上の問題点が挙げられる。



写真 3.2 シール工法で補修した施工例

漏水や構造的な問題のない 0.2mm 未満のひび割れの補修では、ポリマーセメント系フィラーや微弾性フィラー材等をすり込み、硬化後用途にあった塗装仕様で仕上げる方法も可能であり、最終的な仕上がりや美観を考慮したひび割れ補修も検討する必要がある。

⑤タイル撤去、モルタル撤去に関する問題点

外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル塗り外壁では、コンクリート躯体に発生したひび割れを補修する場合、タイルやセメントモルタル下地の撤去を行う必要がある。そのため、撤去に伴う騒音や建設廃材が発生し、環境に対する問題点がある。

また、タイル張替え工法のタイルの張替えには弾性接着剤が使用されることが多くなったが、その弾性接着剤の耐久性や撤去方法についても検討する必要がある。

3) 新しいひび割れ補修工法の事例

ひび割れの補修工法としては、シーリング工法、樹脂注入工法及びUカットシーリング材充填工法が一般に普及している。0.5mm 以上のひび割れのうち、コンクリート躯体表層部やモルタル表層部の動くひび割れに対する補修方法として、Uカットシーリング材充填工法に新たな考え方を取り入れた、ひび割れ箇所の挙動を拘束して補修する工法の事例を紹介する。

①Uカットピンニング併用ポリマーセメントモルタル充填工法

外壁は、外気環境の温冷乾湿変化の影響を受けて伸縮を繰り返し、ひび割れ箇所は劣化し、脆弱化している。

Uカットピンニング併用ポリマーセメントモルタル充填工法は、図 3.10 に示すように脆弱化したひび割れ箇所を U カットし、T 字型のアンカーピンをひび割れ幅に応じて一定間隔に、かつ、ひび割れに直行するように埋没させるように埋込みカスガイ的な役割をさせることにより、ひび割れの挙動を拘束する。さらに、アンカーピンニング後のUカット箇所は、コンクリート躯体に近い性質のポリマーセメントモルタル※1 で埋め戻す。

②Uカットピンニング併用ポリマーセメントモルタル充填工法の手順

I. 事前準備

工事着手に先立ち、落下の恐れのあるモルタル、タイルを事前に撤去する、又は、ピンニングなどで落下防止を講じるなど、安全対策や作業環境等の事前対策を行う。

II. ひび割れ補修方法(写真 3.3 参照)

- a. ひび割れ箇所のマーキング
- b. タイル等の仕上げ材がある場合は、ひび割れに沿って幅 10cm 程度を撤去
- c. コンクリートもしくはモルタル表面のひび割れを集塵装置付きディスクグラインダーで U カットし拡幅
- d. T 字型アンカーピン位置のマーキング
- e. T 字型アンカーピン頭部の埋没用一文字溝切り
- f. T 字型アンカーピンニング用孔の穿孔
- g. T 字型アンカーピンニング孔、一文字溝、Uカット箇所をブローアール清掃
- h. T 字型アンカーピンニング孔に高粘度エポキシ樹脂充填
- i. T 字型アンカーピン装填
- j. T 字型アンカーピン頭部に高粘度エポキシ樹脂充填
- k. ひび割れ部とその周辺にSBR系ポリマーセメントフィラー※ 塗布
- l. ひび割れ部Uカット箇所にSBR系ポリマーセメントモルタル※ を充填して平滑に仕上げる

※1 セメント混和用ゴムラテックスおよび硬化材、細骨材によるポリマーセメントモルタル

※2 ポリマーセメントモルタルおよびポリマーセメントフィラー: JIS A 6203 (:2000) セメント混和用ポリマーデイスパージョン及び再乳化形粉末樹脂 4 種類適合品

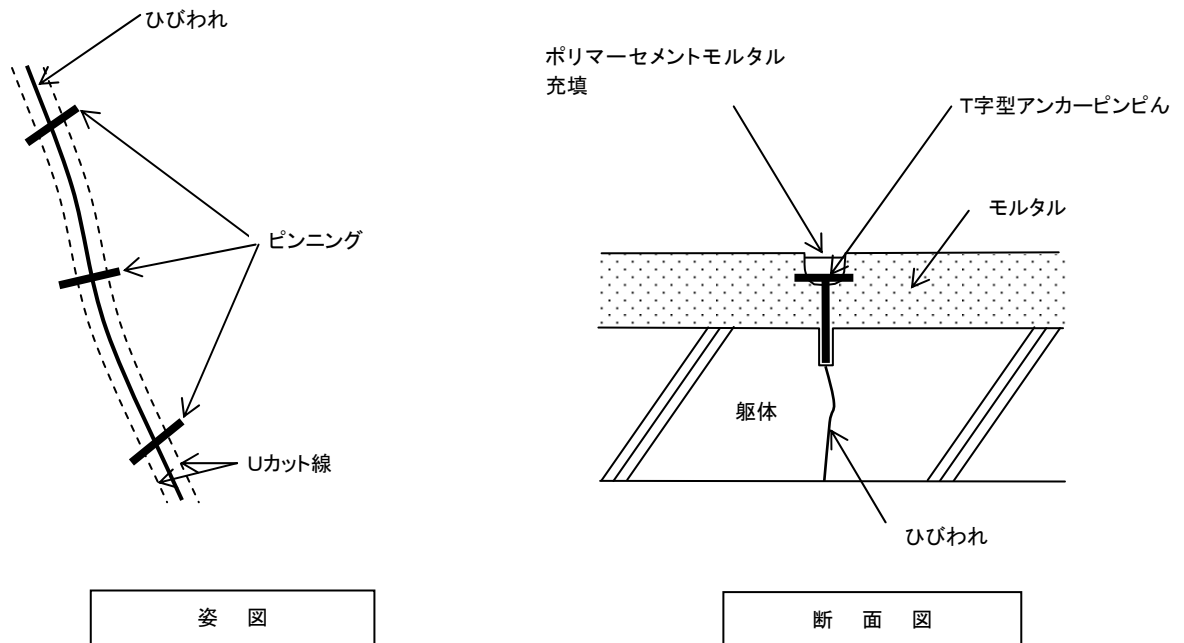


図 3.10 Uカットピンニング併用ポリマーセメントモルタル充填工法の概要



f.ピンニング孔の穿孔



i.ピンニング



k.フィラー塗布



l.Uカット部埋め戻し

写真 3.3 Uカットピンニング併用ポリマーセメントモルタル充填工法

[引用文献]

- 1) 国土交通省大臣官房庁営繕部監修:「建築改修工事監理指針」上巻, 平成 19 年版
- 2) 日本コンクリート工学協会編:「コンクリートのひび割れ調査,補修・補強指針-2009-」, 2009.3

(3) タイル張り仕上げの浮き補修の問題点

1. 浮きのパターンとその補修方法

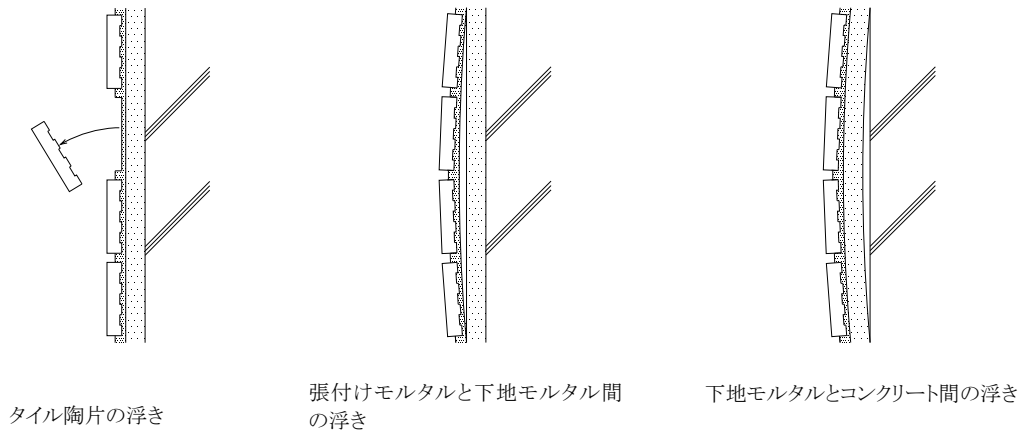
1) タイル張り仕上げの浮きのパターン

タイル張り仕上げは、断面構成で分類すると以下の3種類の構成がある。

- ①手張り工法(モルタル下地あり) : コンクリート+モルタル下地+張付け材料+タイル
- ②手張り工法(直張り) : コンクリート+張付け材料+タイル
- ③先付け工法 : コンクリート+タイル

それぞれの断面構成における浮きのパターンは、以下の図 3.11 ようになる。

①手張り工法(モルタル下地あり)の浮きのパターン



②手張り工法(直張り)の浮きのパターン

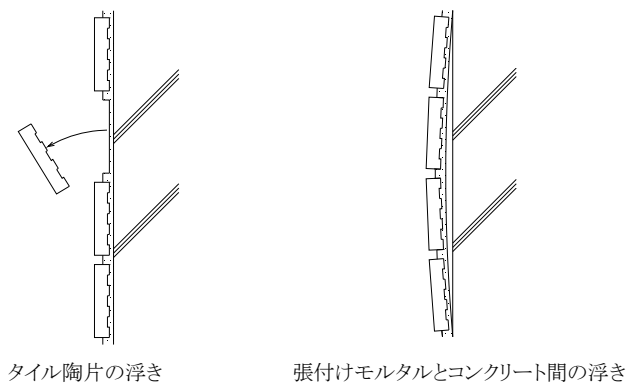
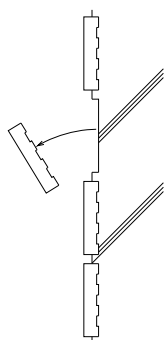


図 3.11 タイルの浮きのパターン (1/2)

③先付け工法の浮きのパターン



タイル陶片の浮き

図 3.11 タイルの浮きのパターン (2/2)

2) 浮きのパターンと補修方法との関係

浮きのパターンと対応する補修工法の関係を表 3.3 に示す。

表 3.3 の工法他に外壁複合改修構工法(ピンネット工法)があるが、この工法は既存タイル張りを表面からアンカーピンおよび繊維ネット等でカバーし、はく落防止効果が期待できるため、全ての浮きのパターンに適用できる。なお、この工法は、「建築改修設計基準及び同解説」および「公共建築改修工事標準仕様書」には記載されていないが、平成 8 年度建設技術評価規定第 9 条 1 項の規定に基づき建設大臣による評価を受けている構工法がある。

表 3.3 浮きのパターンと対応する補修方法

	手張り工法(モルタル下地あり)			手張り工法(直張り)		先付け工法
	コンクリートと下地モルタル界面	下地モルタルと張付けモルタル界面	張付けモルタルとタイル界面	コンクリートと張付けモルタル界面	張付けモルタルとタイル界面	コンクリートとタイル界面
タイル部分張替え工法	—	○	○	○	○	○
タイル張替え工法	○	—	—	—	—	—
アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法	○	△	—	△	—	—
アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法	○	△	—	△	—	—
アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法	○	—	—	—	—	—
注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法	○	△	—	△	—	—
注入口付アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法	○	△	—	△	—	—
注入口付アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法	○	—	—	—	—	—
注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法	○	○	○	○	○	○

○:「建築改修設計基準及び同解説」により選定可能な工法

△:民間工事で行われているが、評価が固まっていない工法

—:適用できない工法

2. 浮き補修の問題点

浮き補修の問題点としては、以下の浮きのパターンにおいて、アンカーピンニングエポキシ樹脂注入工法が採用されることがあるが、評価が固まっておらず、また施工時に問題が発生する場合がある点が挙げられる。

- ①モルタル下地と張付けモルタル界面の浮き
- ②直張りの場合のコンクリートと張付けモルタル界面の浮き

特に直張り工法はマンション等の建物のタイル張りで主流になっており、しかも直張りの浮きの発生はコンクリートと張付けモルタル界面ではなく離れる割合が多い。

注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法は、このような浮きのパターンに適用できるが、現在外壁タイルの主流となっているモザイクタイルは、タイル形状が小さいためアンカーピンの本数が非常に多くなり、非常にコストが高くなる。

この界面の浮き補修にアンカーピンニングエポキシ樹脂注入工法を適用する場合の問題点を以下に示す。

1) タイル直張り仕上げにアンカーピンニングエポキシ樹脂注入工法を適用させる場合の問題点

- ①仕上げ層が薄いためアンカーピン固定用のエポキシ樹脂を規定量注入すると、注入時の圧力によってタイルがせりあがってくることもある。
- ②タイルと躯体コンクリート間のモルタル層が張付けモルタルのみの場合など 5 mm以下と薄く、仕上げ層の強度が弱くなることにより規定のアンカーピンの本数で耐力的に問題ないか検討が不足している。
- ③タイル張り工法がマスク張りの場合にも適用できるか。すなわち、張付けモルタル層が連続しておらず、仕上げ層として一体化していないための強度が特に弱い。

2) タイル直張り仕上げに注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入工法を適用させる場合の問題点

- ①アンカーピンの形状の関係で下地モルタル層が 10mm 以上ないと浮きの界面に対してエポキシ樹脂を注入することが難しく、張付けモルタル層からの浮きに対応しにくい。
- ②タイルと躯体コンクリート間のモルタル層が張付けモルタルのみの場合など 5 mm以下と薄く、仕上げ層の強度が弱くなるが、規定のアンカーピンの本数で問題ないか検討が不足している。
- ③タイル張り工法がマスク張りの場合にも適用できるか。すなわち、張付けモルタル層が連続しておらず、仕上げ層として一体化していないための強度が特に弱い。

現在のアンカーピンニングエポキシ樹脂注入工法は、下地モルタルからの浮きを想定した設計になっている。しかしながら、近年のタイル張り工法は下地モルタルがない場合、または薄い場合が多いため、張付けモルタル層からの浮きにも対応できるように問題点についての検証および必要に応じてアンカーピンの改良が望まれる。

(4) 外壁複合改修構工法(ピンネット工法)の課題

1) 外壁複合改修構工法の概要

本構工法は、浮き、はく離等が生じはく落のおそれのあるモルタル仕上げやタイル仕上げの外壁について、繊維ネットとアンカーピンを併用し、既存モルタル層又はタイル層を補強し、はく落を防止する構工法である。なお、本構工法の呼称は、後述する建設技術評価の時の呼称であり、一般的には「ピンネット工法」と呼称されている。

本構工法は、「既存外壁仕上げ層を存置したまま、ピンとネットを複合して用いることにより、ピンによる仕上げ層のはく落防止と、ネット繊維による既存仕上げの改修層の補強効果により、確実に安全性を確保できる改修構工法(平成7年度建設技術評価における開発の目的より)」であり、安全性の確保に優れた構工法といえる。

本構工法の適用範囲として、外壁におけるモルタル塗り仕上げ又はタイル張り仕上げの浮き、はく離等が生じるなど、はく落のおそれがある場合に適用される。とりわけ浮き、はく離が広範囲にわたっている場合などに適用されている例が多い。なお、躯体部分に劣化がある場合は、別途躯体の補修・補強等を行う必要がある。

新規仕上げの適用については、構工法の種類によって異なるが、塗仕上げやタイル仕上げなどとすることができる。また、透明度の高い繊維・ネットを使用することにより、既存仕上げ層を活かす仕上げにできる構工法もある。採用にあたっては、どのような新規仕上げが可能なのか、それぞれの構工法の適用範囲を確認することが必要である。

本構工法の概念図を図 3.12 に示す。構工法の種類によりディテールは異なるが、概ね繊維ネットにポリマーセメントモルタルなどを塗り付け既存モルタル層又はタイル層を補強し、アンカーピンを併用することではく落防止を図るものとなっている。

本構工法は、平成7年度建設省告示第 1860 号に基づく建設技術評価が行われた経緯がある。この時の技術開発目標を表 3.4 に示す。また、都市再生機構で採用している「外壁複合補修工法」における品質判定基準を表 3.5 に示す。また、(社)日本建築学会編「外壁改修工事の基本的な考え方(湿式編)」では次項を満たす必要があることが指摘されている¹⁾。

- ・躯体だけでなくモルタル層に対する定着力をもつアンカーピンを用いる
- ・ネットはモルタルを補強するのに十分なヤング係数があるものとする
- ・アンカーピンは面内ずれ変形に対するフレキシビリティがあるものとする。
- ・表面層は通気性があるものとする。

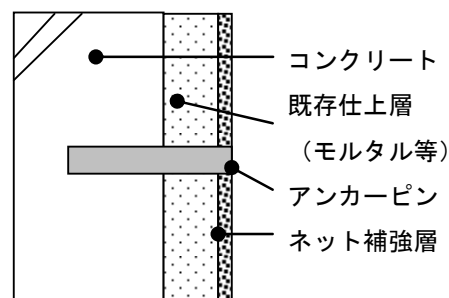


図 3.12 外壁複合改修構工法の概念図

表 3.4 外壁複合改修構工法の開発目標²⁾

開発目標	評価項目	評価基準
①外壁仕上げ層の剥落に対する安全性を確保するものであること	<p>ピンにかかる外力に対してピンが十分な耐力を有すること</p> <p>複合改修層の下地との一体化及び下地補強効果を有すること</p>	<p>改修層の剥落時の自重、地震力、風圧力によるピンへの外力に対し、以下の耐力が十分な安全性を有すること</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート躯体に対するピンの引抜き耐力 ・ピンのせん断耐力 ・下地との付着強度が$4\text{kgf}/\text{cm}^2$ ($0.4\text{N}/\text{mm}^2$) 以上であること ・改修層の補強効果があること
②耐久性を有すること	ピン、ネット及び塗付け材料の耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・ピンは腐食に対する抵抗性が高いこと ・ネットは熱劣化やアルカリ性(塗付け材料がセメント系材料の場合)に対して抵抗性が高いこと ・ピン、ネット及び塗付け材料の組み合わせられた複合改修層が耐久性を有すること ・新規仕上げ層の浮きやひびわれ等が発生しにくいこと
③施工性がよいこと	適切な施工要領が確認されており、安全性についても支障のないこと	<ul style="list-style-type: none"> ・確実な施工の実績と、施工の安全性が確保されているような標準施工要領書が整備されていること ・狭小部位の施工においても特段の支障なく施工できること ・既存仕上げ層を撤去する必要がなく、建設廃棄物をほとんど産出しないものであること
④経済性にすぐれたものであること	経済性	・経済性に優れたものであること

表 3.5 URにおける外壁複合補修工法の品質判定基準³⁾

項目	判定基準
コンクリート躯体に対するアンカーピンの引抜き試験	1,470N以上
複合補修層に対するアンカーピンの引抜き試験	1,470N以上
複合補修層の接着強度試験	$0.7\text{N}/\text{mm}^2$
複合補修層の補強効果確認(面外曲げ)試験	曲げ強度が 490N もしくは変位が 30mm で破断しないこと
温冷繰返しに対する耐久性試験	$0.5\text{N}/\text{mm}^2$

2) 外壁複合改修構工法の課題

ここではWGにおいて指摘された事項を中心として、外壁複合改修構工法の課題を述べる。

① 耐用年数

現時点において、外壁複合改修構工法で改修を行った場合の耐用年は明らかとなっていない。近年、施工後 10 年以上の屋外暴露試験や施工物件の実態調査が行われ、結果が報告されている^{4),5)}。これらの結果から、施工が良好なものについて、施工後 10 年程度においては、十分な耐久性を有することが示されている。しかし、それ以上の長期間となると、現段階では不明であり、今後のデータ蓄積が待たれるところである。

外壁複合改修層のみを対象とすると、考えられる劣化現象として、ネット層の劣化(繊維の破断、ネットと既存層の複合体におけるひび割れ、はく離など)、ピンの劣化(ピン自体の腐食、ピン保持力の低下など)があげられる。劣化の限界状態を考慮し、補修・改修の要否の基準を検討することが必要と考えられる。また、外壁複合改修層だけではなく、鉄筋コンクリート造躯体全体での耐用年数という視点も必要であり、コンクリート躯体の保護効果や美観に対する考え方の整理も必要と考えられる。

② 調査・診断方法

外壁複合改修構工法のモルタルやタイルの浮きに対する改修では、これらの既存層の浮き部分は一部浮いた状態のまま改修される場合もある。この場合、一般的な浮きの検査方法(打診、サーモグラフィなど)では、診断できないことが指摘されている。また、外壁複合改修層とコンクリート躯体との一体性は、基本的にピンの保持力で担保されていることから、通常モルタルやタイルの浮きの考え方とは異なると考えられ、外壁複合改修層に対する劣化診断の考え方の整理が必要である。

3) 再改修方法

外壁複合改修構工法によって改修された場合、次の改修をどのように行うのか、何回まで改修が可能であるのかは明らかとなっていない。前述②の 1. で述べた通り、劣化の限界状態を考慮し、それに対する適切な改修構工法を検討することが必要と考えられる。

[引用文献]

- 1)(社)日本建築学会:外壁改修工事の基本的な考え方(湿式編)、1994.11
- 2) 国土交通大臣官房官庁営繕部監修:建築改修工事管理指針平成 19 年版、(財)建築保全センター、2008.4
- 3) UR 都市機構:保全工事共通仕様書機材及び工法の品質判定基準仕様登録集 平成 20 年版、都市再生共済会、2009.3
- 4)渡辺清彦ほか4名:外壁複合改修工法の実態調査に基づく耐久性評価、日本建築仕上学会 2005 年大会学術講演会研究発表論文集、pp.163-166、2005.10
- 5)近畿大学大学院工業技術研究科 在永研究室 坂本裕輔:外壁複合改修構工法を対象とした旧建築物の経年劣化に関する研究、BELCA NEWS 97 号、pp.58-65、2005.7

(5) 下地モルタルの補修の問題点

1) 軽量モルタル下地の概要

軽量モルタルとは、モルタルの軽量化・保温・吸音・断熱及び耐火性を目的に軽量骨材を用いたモルタルのことである。軽量骨材は、天然と人工骨材があり、前者は火山礫、軽石、抗火石、滑石等であり、後者はパーライト、ひる石、石炭殻、鉱さい、起泡材利用の細骨材等が含まれる。しかし、軽量下地モルタルとして主に使用されているものは一般に、左官用軽量発泡骨材(サンド)と呼ばれる骨材を用いたモルタルであることから、軽量サンドモルタルについて述べる。

左官用軽量発泡骨材は、発泡ポリスチレン、EVA・炭酸カルシウム発泡体やゴムラテックスの破片、エチレン酢酸ビニルチップ等多様な軽量発泡骨材が用いられている。粒径が 2～3mm 程度の球状のものや、廃棄発泡材を破砕した不整形のものもある。いずれも、この骨材の持つ弾性と軽量によって施工しやすく、塗継ぎ面が適度な粗面に仕上がるため目荒らしが不要になる等の利点があり、下塗りモルタル等に使用されている。

発泡ポリスチレン等の骨材は吸水性が比較的高いこと、紫外線による劣化の恐れがあること等から内部用 (I 類) に限定されている。一方、EVA・炭酸カルシウム発泡体やゴムラテックスの破片、エチレン酢酸ビニルチップ等は、外部で多く使用されている。これらは、下地コンクリートに対する接着性は比較的良好であり、モルタル内部凝集破断を示す。乾燥収縮による長さ変化は通常は無拘束による試験方法では大きな値を示すが、下地コンクリートに接着させた 1 面拘束の状態では相当小さくなる。また、凍結融解抵抗性は、吸水性が大きいにも関わらず高い抵抗性を示す。表 3.6 に軽量発泡骨材の組成を示す。

表 3.6 軽量発泡骨材の組成

種類		内部用 (I 類)	外部用 (II 類)
組成	有機質	スチレン樹脂発泡粒	エチレン酢酸ビニル樹脂・炭酸発泡粒 塩化ビニル樹脂・炭酸発泡粒
	無機質		パーライト、ガラス発泡粒
混和材料		増粘剤 (MC 等)、分散・減水剤、再乳化型粉末樹脂、ポリビニルアルコール	
繊維材料		ビニロン繊維、ガラス繊維、ポリエステル繊維、アクリル繊維	

2) 軽量モルタル下地の材料の変遷

モルタル下地として無機系パーライトモルタルが 1950 年頃から使用され始め、有機系の軽量モルタルは、1975 年頃から使用され始めた。

当初の軽量モルタルは、現場でセメントと混ぜる現場調合タイプの骨材のみが販売されており、外部用と内部用の区別も明確にされておらず、強度や耐久性の点で問題となった事例があったようである。その後、メーカーが外部用と内部用の区分を行うと共に、ポリマーディスパージョンの混入や施工マニュアルを整備したこと、および、浮きやひび割れ等のクレームが少ない実績と、作業性(こて伸び、こて離れ)が良好であることから普及してきた。

さらにセメントと骨材があらかじめ調合され現場でポリマーディスパージョンおよび水を混入する製品が販売され品質の安定が図られてきた。

その後 1990 年代に入り、軽量サンドモルタルの性能に関する各種の検証が行われ、1993 年に日本建築仕上材工業会より、セメント混和用発泡骨材の規格 NSKS-009(セメント混和用軽量発泡骨材)が規定された。これにより軽量発泡骨材 I 類は主として内装工事に用い、軽量発泡骨材 II 類は主として外装仕上工事に用いと区分された。

表 3.7 に軽量発泡骨材の品質規格を示す。

表 3.7 軽量発泡骨材の品質規格

項目		種類	軽量発泡骨材モルタル	
			I 類	II 類
単位容積質量	kg/l		1.1 未満	1.1 以上
軟度変化	%		20.0 以下	20.0 以下
曲げ強さ	N/mm ²		1.5 以上	2.5 以上
圧縮強さ	N/mm ²		4.0 以上	7.0 以上
付着強さ*)	N/mm ²	標準養生時	0.6 以上	1.0 以上
		凍結融解 50 サイクル後	0.6 以上	1.0 以上
吸水量	g		50.0 以下	30.0 以下
透水量	ml/h		1.0 以下	1.0 以下
長さ変化	%		0.050 以下	0.050 以下

*) 付着強さの界面破断率は 50%以下とする。

さらに日本建築仕上学会より 1998 年に「外部用軽量モルタルの性能評価試験および品質基準(案)」が示され、水セメント比、調合割合、ポリマーディスパージョンの混入および単位容積質量が明記された。表 3.8 に品質基準案を示す。

表 3.8 外部用軽量モルタルの性能評価試験および品質基準（案）

物性値	基準値案
単位容積質量	1.0～1.6kg/ℓ
軟度変化	±20%以下
圧縮強度	7.0 N/mm ² 以上
弾性係数	8000 N/mm ² 以下
曲げ強度	2.5N/mm ² 以上
面外接着強度	1.0N/mm ² 以上（平均値）かつ界面破断率 50%以下
付着強さ （凍結融解 50 サイクル後）	初期値の 85%以上かつ界面破断率 50%以下
吸水量	30g 以下
透水性	0.5ml 以下
無拘束時の長さ変化	0.25%以下

3) 軽量モルタル下地の補修の問題点

軽量モルタル下地を補修する上での問題点として、軽量サンドモルタルは、1990 年以前ではポリマーディスパージョンが適切に混入されていないケースがあったり、一部には内装用が外部に使用された。このため、軽量サンドモルタルで施工された部位を補修する場合に、内装用と外部用の判別が容易に付かないことや、施工当時の状況および材料の仕様が明確にならない場合が多くあり、補修の範囲を明確に定めることができない。

また、浮き部分に樹脂注入を行う場合に、溶剤系を用いると一部の軽量サンドモルタルでは骨材が溶解する場合があります。注意が必要となる。

さらに、モルタルの性能には躯体の保護性能も求められる場合があるが、表 3.9 に示すように軽量サンドモルタルの一部には砂モルタルよりも中性化抑止効果が劣る製品もあり、補修時には躯体の診断も含めた検討が必要になるとと思われる。

表 3.9 軽量モルタルの中性化深さ

モルタルの 種類	中性化深さ (mm)			
	促進前	1 週間後	4 週間後	8 週間後
珪砂	5	17	28	41
内部用	3	19	35	≥50
外部用 A	1	7	12	16
外部用 B	3	10	18	24
外部用 C	4	12	25	31
外部用 D	1	7	10	14
外部用 E	1	6	11	14
外部用 F	2	7	12	15
外部用 G	3	11	19	26

(6) アンカーピンの問題点

1) 注入口付アンカーピンの概要

タイル張り仕上げ外壁およびセメントモルタル塗り外壁の浮き補修には、呼び径 4mm の丸棒を全ネジ切りしたアンカーピンニングエポキシ樹脂またはポリマーセメントスラリー注入工法が一般的に行われるが、近年モルタルやタイルの浮きを機械的に固定すると同時に、エポキシ樹脂等を注入しても浮きを防ぎかつ固着力を向上させる注入口付アンカーピンを使用する工法が普及している。

本節では、注入口付アンカーピンニング注入工法の品質・性能確保を目的とした評価試験方法と、その課題を中心に示す。

注入口付アンカーピンの品質性能試験については、(社)建築研究振興協会が設置した委員会報告書¹⁾がある。現状では、この品質試験方法が注入口付アンカーピンの性能を網羅的に評価できることから、その内容を[別添資料A]に示す。

2) 注入口付アンカーピンの現状の問題点

注入口付アンカーピンは、国土交通省大臣官房官庁営繕部監修の建築改修工事監理指針(以降、改修指針)²⁾において特記がない場合には、建築研究振興協会の注入口付アンカーピンの品質・性能基準を参考にすることとしている。

注入口付アンカーピンは、改修指針において径 $\phi 6\text{mm}$ が標準であるが、ピン頭部の形状はさらにこの径より大きくなるため、目地幅が小さい場合には適用が難しい。近年ではこうした問題を解決するために、ピン口径 $\phi 4\text{mm}$ 等の注入口付アンカーピンが開発され、補修・改修現場において普及が進んでいる。

$\phi 4\text{mm}$ 程度の注入口付アンカーピンの性能については、前出の品質・性能基準¹⁾に示されている試験方法に則り大塚らが実験室実験を実施し³⁾、[別添資料D]の表 2 の各値を満たしていることを報告している。これらのことより、以下の問題点が指摘される。

①今後も注入口付アンカーピンの開発が行われることが予想されるが、現在用いられている評価試験方法の中にはせん断試験のように試験体作製方法が煩雑なうえ難しいものや、現場施工における樹脂注入の充填状況確認方法など、より簡便な評価試験の検討や現場施工における品質確保のための手法の検討が必要であると思われる。

②複数回の補修・改修のために、注入口付アンカーピンの劣化現象を調査・整理し、次の補修工法の選択の可能性について整理する必要がある。

③注入口付アンカーピンニング樹脂注入工法による補修箇所の劣化調査、診断方法について整理する必要がある。

[引用文献]

1) 注入口付アンカーピン品質・性能基準検討委員会;注入口付アンカーピンの品質・性能基準, 建築研究振興協会, 2002年3月

2) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修;建築改修工事監理指針(上巻)平成19年版、(財)建築保全センター

3)大塚 他;注入口付きアンカーピンの評価に関する研究、日本建築仕上学会 2008 年大会学術講演、pp.155-pp.158

(7) 弾性接着剤によるタイル張り補修の問題点

1)弾性接着剤を用いた外装タイル張り工法

有機材料である弾性接着剤を利用して建築物外壁に陶磁器質タイルを施工する工法を開発するために、建設省(当時)建築研究所は官民連帯共同研究「有機系接着剤を利用した外装タイル・石張りシステムの開発(平成5~7年度)」を実施した。この官民連帯共同研究では多数の実験結果が報告され、弾性接着剤の品質基準案やそれを利用した標準工事仕様書案が示された。

弾性接着剤によるタイル張り工法の普及に大きな影響を与えたものの一つに、国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「公共建築改修工事標準仕様書」における「タイル部分張替え工法」がある。この工法では張付け材料にポリマーセメントモルタルまたは有機系接着剤を使用することとなっており、有機系接着剤に関しては官民連帯共同研究で提案した弾性接着剤の品質基準案が採用されている。その後、弾性接着剤は JIS 化され、JIS A 5557:2006(外装タイル張り用有機系接着剤)が制定された。

弾性接着剤を利用した外装タイル張り仕上げは、戸建て住宅のサイディング外壁を中心に施工実績が拡大している。そして、RC 造建築物の外装タイル張り仕上げに徐々に展開され、定着しつつある。

弾性接着剤による接着層は、タイルと下地間に生ずるディファレンシャルムーブメントに追従できるため、タイルのはく離・はく落故障が少ないという特徴を有している。また、弾性接着剤による外装タイル張りは、非吸水性下地や表面が平滑な下地にも適用可能であり、高強度コンクリートや押出成形セメント板へのタイル張り等にも適用範囲が拡大している。¹⁾

また、ポリマーセメントモルタル等で接着されたタイルがディファレンシャルムーブメントによるはく落や、躯体のひび割れによるタイル割れ、はく落した場合に、再発防止のため弾性接着剤が使用されている。

- * 弾性接着剤・・・硬化した接着剤自身がゴムのように外力にて変形し、外力がなくなると元に復元する性質を有している接着剤の総称として用いられている。市販されている弾性接着剤は引張り弾性率 1.0~100(N/mm²) 程度の物性値を有しているものが一般的である。外装タイル張りでは主成分が変成シリコーン樹脂系、ウレタン樹脂系のものが販売されている。現在では、変成シリコーン樹脂の使用量が多く、変成シリコーンに一定の比率でエポキシ樹脂を配合することで、長期における耐久性を維持する構造となっている。

2)弾性接着剤を用いた外装タイル張り補修工法の問題点

弾性接着剤を用い既存タイル施工面を補修する場合の問題点は下記の項目が挙げられる。

①有機系であるため長期耐久性の整理が必要

弾性接着剤は主成分が有機系高分子のため長期の耐久性について疑問視する意見が

あり、近年耐久性に関する研究が報告されている。それらの結果からは有機系であるため著しく耐久性が劣るものではないと考えられる。しかし、耐久性を引き続き検討し耐用年数の推定、改修計画を策定する必要がある。

②検査時の問題点

弾性接着剤で施工されたタイル面は打診用ハンマーで検査した場合、ポリマーセメントモルタルなどで施工されたタイルと異質の音となると共に、空隙部の浮き音が判別しづらいとの指摘、および赤外線サーモグラフィ法での検査でも浮きなどが判別しづらいとの指摘がある。弾性接着剤で施工されたタイル面の検査方法の整理、確立が必要である。

③弾性接着剤で施工されたタイル面補修時の問題点

弾性接着剤で施工されたタイル面の改修もしくは不具合が出たタイルの改修時に、タイルの除去および接着剤を除去する必要がある場合がある。しかし、弾性接着剤が強固に接着しているためタイル除去および、弾性接着剤の除去が困難であるとの指摘がある。特に、躯体表面に残っている弾性接着剤を、ディスクグラインダーやカップワイヤーなど回転力で除去する機械を用いた場合、目詰まりや、接着剤を伸ばす結果となり除去がしづらいとの声がある。

[引用文献]

- 1) 弾性接着剤を用いた外装タイル張り仕上げの耐久性 (H21.2 弾性接着剤タイル張り研究会)

(8) 施工ドリルの概要

建物の補修・改修工事では、居住者が日常生活を続けながら補修・改修工事を行う居付き施工も多く行われるため、居住者の環境保護として作業時に発生する「粉じん」、「騒音」、「振動」の低減が望まれている。この節では、コンクリートの穴あけ(穿孔)に用いるドリルおよびひび割れ補修のUカットに用いるディスクグラインダーについて、近年施工現場で携行しやすい集塵機付きのものも出てきたため、以下に紹介する。

①塵機能付きインパクト形式ドリル(ハンマードリル)

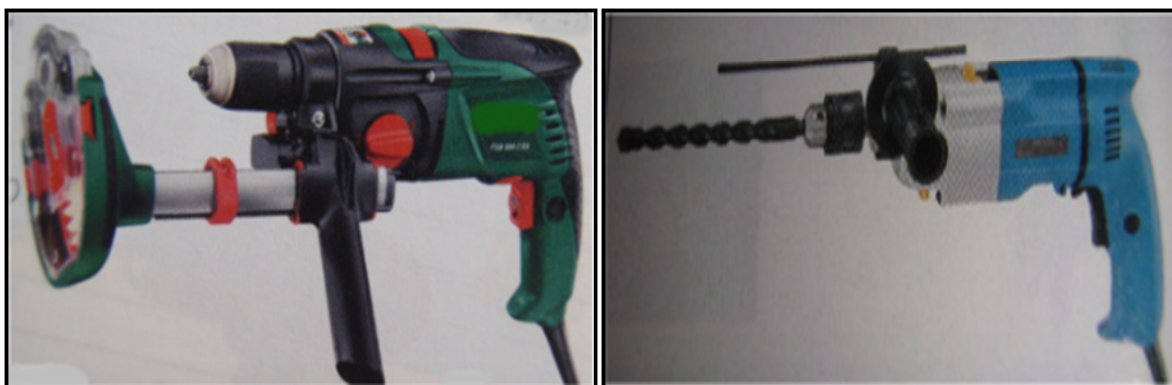
インパクト形式ドリルは一般的に力が強く、大口径向きで設備アンカー工事等に用いられることが多い。穿孔速度も速く骨材にも負けないが、反面、力が強すぎてモルタル等に穴をあける場合、縁欠けやはく離を起こす場合がある。そのため樹脂注入工事には不向きと言われている。集塵機能は使用する錐の口径によるが $\phi 6\text{mm}$ で約 50 穴～80 穴まで使用可能。



写真 3.4 集塵機付ドリル(インパクト形式)

②集塵機能付振動形式ドリル

集塵機付振動形式ドリルは、一般的に $\phi 20\text{mm}$ 以下の錐を使い、比較的精度を要求される工事に用いられる。穿孔する力はインパクト形式ドリルに比べて弱いものの、タイルやモルタルなどの縁欠けやはく離が少なく「粉じん」による穴詰まりも少ないため、樹脂注入工事に適している。振動ドリル部分について国土交通省監修の建築改修工事監理指針では、無振動ドリルの使用も示されており、現場施工における居住環境の確保が進んでいる。



集塵機付ドリル

振動ドリル+集塵機用アタッチメント

写真 3.5 集塵機付ドリル(振動形式ドリル)

③集塵機

「粉じん」対策として数年前までは、集塵する必要がある場合は、工業用掃除機を足場の上まで運び上げ、電動工具の近くで助手が掃除機のパイプ部分で吸い取っていた。狭い足場を重装備の2名が移動せねばならず、効率の悪い作業であった。近年、写真 3.6 のような携帯集塵機が開発されて一人作業が可能となり、集塵専用工具の開発と共に作業効率が上がっている。携帯集塵機は、ドリル作業に限らずディスクグラインダーを使う集塵作業に役立っている。



写真 3.6 集塵機

④ディスクグラインダー＋集塵機

集塵機が接続できるダイヤモンドカッターやダイヤモンドディスクグラインダーが開発されている。こういったディスクグラインダー類の中にはUカットの際、刃先が見やすいように透明樹脂カバーのものもあるが、完成度は低く繊細な部分の作業には適していない。

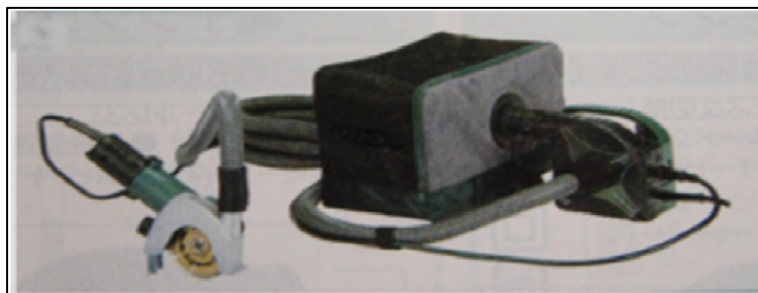


写真 3.7 小型集塵機＋ディスクグラインダー

(9) 外壁タイルの汚れ洗浄方法

タイル張り仕上げ外壁(以降、外壁タイル)も経年に伴い大気中の汚れや藻類の付着等により美観が損なわれる。このため計画的に清掃を行い、外装を清潔に保つことで社会的な陳腐化を防ぎ、かつ劣化を抑制することも可能となる。以下に、外壁タイルの清掃方法を示す。

1) 外壁タイルの汚れ洗浄方法の概要

一般的に外壁タイルの洗浄には、高圧水洗浄と酸洗いと呼ばれる方法が用いられているが、外壁をタイル仕上げとした建物の増加により、タイルの多様化や立地場所などにより様々な汚れが問題となってきた。その問題に対応し、各種の洗浄剤が開発され使用されている。

例えば、動植物に配慮が必要な箇所には、環境配慮型の中性洗浄剤が適している。近年環境に配慮した製品も多く出始めているが、酸性系洗浄剤に比べて洗浄能力は低い。こうした場合は、高圧水洗浄やブラシ、化学繊維タワシ等を併用して掻き落とすように洗浄する。

2) タイルの特徴及び洗浄剤による影響

タイルはその製造工程の中で 1250℃という高温で焼成を行う。その過程で、素地または釉薬に使用される原石・原土およびその他の化学物は、焼結・ガラス化して非常に安定性の高い状態となる。そのため、タイルは最も耐光性・耐火性・防火性に優れた建築仕上げ材料として、建築物の壁や床面を保護する機能を持っている。

- a. 耐久性・・・自然環境(紫外線等)に対して劣化・変色・変質はない。
- b. 化学的安定性・・・酸・アルカリ薬品(酸性雨等)に対して変質しない。
- c. 物理的安定性・・・耐熱性・防火性・防水性に優れている。
- d. メンテナンス・・・耐摩耗性・清掃性に優れている。

さらに、「焼き物」ならではの風合いや色彩・デザイン・材質感・張りパターンの多さなど、そ

の豊かな意匠性により、他の仕上げ材料にはない装飾機能性を持っている。

タイルは、上記のように耐候性・防火性・防水性に優れた外装材だが、そのタイルの面状・光沢度・色合いによっては、表面に付着した汚れが非常に目立つ場合がある。通常の汚れは、その汚れ物質の種類やその付着原因・状態によって除去方法が異なるので、適切な洗浄剤と洗浄器具を使用して洗浄を行う。

3) 洗浄剤

a. モルタル及びセメント汚水による汚れ

希塩酸(3%程度濃度の塩酸)によって反応させ、溶解させた上で洗い流す。固化した場合については、ケレン等で削り落とし上で希塩酸にて反応させる。

b. 塗料や接着剤、ワックス等による汚れ

汚れ物質に適した有機溶剤で溶かして除去するか、床ワックス除去剤や台所用洗剤などのアルカリ系洗浄剤にて除去しやすくしたうえで擦り落とす。

c. カビ汚れ

塩素系漂白剤、またはカビ取り剤を塗布し、しばらく放置した後十分な水で洗浄成分を洗い流す。

d. サビ汚れ

希塩酸またはシュウ酸を汚れの上に塗り、しばらく放置した後、不織布ナイロンブラシで擦り洗う。または還元系漂白剤を、60℃～70℃の湯に溶いて塗り、しばらく放置した後、不織布ナイロンブラシで擦り洗う。

e. フッ酸系洗浄剤

外壁タイルの汚れを洗浄する場合、「フッ酸系」の洗浄剤が含まれた物が使用される場合がある。「フッ酸系」洗浄剤は、唯一ガラス成分を溶かすことができる溶剤であるため、通常タイル洗浄においては使用しない。

「虹彩汚れ」等の非常に強固な汚れを洗浄する場合には、「フッ酸系」洗浄剤の濃度と反応時間(洗浄剤塗布から水洗い・中和までの時間)を、同タイルのサンプルもしくは外壁タイルの目立たない部分において事前に試験確認した上で、「フッ酸系」洗浄剤による影響(色落ちや光沢変化等)によってタイル表面が侵されすぎないことを十分に確認してから行う。

表 3.10 代表的な洗浄器具と洗浄効果

洗浄機	洗浄効果・洗浄能力
水ハケ 洗車用ブラシ	汚れの掻き落とし効果がほとんど期待できない
タワシ(硬質、植毛密度の高い亀の子タワシ等)	汚れの掻き落とし効果が高く、保水力(塩酸の保持力)も比較的高いが、洗いムラとなる場合がある。部分的に汚れがひどい場合に併用可能
スポンジ	保水力(塩酸保持力)が高く、面で擦るような洗浄が可能
不織布タワシ	保水力(塩酸保持力)が比較的高く、面で擦るような洗浄が可能 軟質←→硬質の幅広い種類があり、目地残りの状態に合わせて選定が可能
メラミンフォームスポンジ	非常に細かい凹凸に入り込んだ汚れや、微粒子状の汚れの除去能力が非常に高い
ジェットウォッシャー (高压洗浄)	汚れの除去能力は非常に高い。 特に冬季や寒冷地において使用されているので温水ジェットウォッシャーは、温水による「糊の溶解能力」が高いので、さらに汚れの除去能力も高い

3.2.3 前期研究における問題点のまとめおよび後期研究における計画

既往の改修技術について整理を行い、タイル張り仕上げ外壁およびセメントモルタル塗り仕上げ外壁を長期的に保全する上での技術課題を抽出した。その結果、以下のような技術的な課題が整理された。

- ①外壁仕上げの補修後検査および劣化診断における浮き検出に関する問題
- ②ひび割れ補修近傍に生じる新しいひび割れおよび再補修に関する問題
- ③タイル直張り補修に関する問題
- ④外壁複合改修構工法で改修された壁面の2回目以降の改修工法に関する問題
- ⑤タイル下地モルタルに軽量モルタルが用いられていた場合の補修工法の問題
- ⑥注入口付アンカーピンニング注工法の評価試験に関する問題
- ⑦弾性接着剤で補修した箇所の打音検査の信頼性と再補修工法(既存接着層の除去等)に関する問題

上記抽出課題の中で特に喫緊に取り組むべきものとして、次の2課題を3.3以降で検討することとした。

(1)直張り工法によるタイル張り仕上げ外壁の合理的な改修工法

1)補修・改修に関する工法の問題点

国土交通省監修 建築改修工事監理指針では、タイル張り仕上げ外壁の浮き部改修工法は、タイル陶片浮き、タイル張り仕上げのタイル張りモルタル層と下地モルタル間および下地モルタルと躯体コンクリート間等に生じる浮きの改修工法として、アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法を始めとした9種類の工法を示している。ところで、タイル直張り仕上げの場合は、この改修指針で示された改修工法のうち、下地モルタル層が10mm未満と薄いため、エポキシ樹脂など「注入工法」は注入剤が十分に浮きに充填されない、また圧力をかけて注入すると張付けモルタル層がはらみ出すことや、健全部までも“とも浮き”が生じるなどの不具合が生じるため、施工が極めて難しいとの現場からの声がある。そこで、タイル陶片浮きの唯一の補修工法である「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂タイル固定工法」が適用されるが、タイルの大きさは小口タイル以上の寸法のものに対して推奨されている。これは、モザイクタイルなど小さなタイルのアンカーピンニングでは経済性と美観が悪いため指摘と考える。

(2)外壁複合改修構工法により改修された外壁の耐久性予測とその具体的な保全技術

1)耐用年数

現時点において、外壁複合改修構工法で改修を行った場合の耐用年数は明らかとなっていない。近年、施工後10年以上の屋外暴露試験や施工物件の実態調査が行われ、結果が報告されている。これらの結果から、施工が良好なものについて、施工後10年程度においては、十分な耐久性を有することが示されている。しかし、それ以上の長期間となると、現段階では不明であり、今後のデータ蓄積が待たれるところである。

外壁複合改修層のみを対象とすると、考えられる劣化現象として、ネット層の劣化(繊維の破断、ネットと既存層の複合体におけるひび割れ、はく離など)、ピンの劣化(ピン自体の腐食、ピン保持力の低下など)があげられる。劣化の限界状態を考慮し、改修の要否の基準を検討することが必要と考えられる。また、外壁複合改修層だけではなく、鉄筋コンクリート造躯体全体での耐用年数という視点も必要であり、コンクリート躯体の保護効果や美観に対する考え方の整理も必要と考えられる。

2)調査・診断方法

外壁複合改修構工法のモルタルやタイルの浮きに対する改修では、これらの既存層の浮き部分は一部浮いた状態のまま改修される場合もある。この場合、一般的な浮きの検査方法(打診調査、サーモグラフィ法など)では、正確に診断ができないことが指摘されている。また、外壁複合改修層とコンクリート躯体との一体性は、基本的にピンの保持力で担保されていることから、通常モルタルやタイルの浮きの考え方とは異なると考えられ、外壁複合改修層に対する劣化診断の考え方の整理が必要である。

3)再改修方法

外壁複合改修構工法によって改修された場合、次の改修をどのように行うのか、何回まで改

修が可能であるのかは明らかとなっていない。1)で述べた通り、劣化の限界状態を考慮し、それに対する適切な改修構工法を検討することが必要と考えられる。

[参考文献]

3.2.1 関連参考文献

- 1)「建築設計基準及び同解説(平成18年版)」(社)公共建築協会
- 2)(財)日本建築センター、(財)建築保全センター:「外装仕上げ及び防水の補修・改修技術 4編 タイル仕上げ外壁の補修・改修技術」(財)経済調査会
- 3)「これからのタイル張り仕上げ外壁リニューアルー安全・長寿命・美しい景観造りー」テツアドー出版
- 4)国土交通省大臣官房官庁営繕部監修:「建築改修工事監理指針(上巻)平成22年版」(財)建築保全センター

3.2.2 1) 関連参考文献

- 1)国土交通省住宅局建築指導課監修;特殊建築物用的調査業務基準(2008年改訂版),日本防災協会
- 2)赤外線サーモグラフィ法による建築・土木構造物表層部の変状評価のための試験方法ーNDIS 3428:2009ー,日本非破壊検査協会
- 3)既存マンション躯体の劣化度調査・診断技術マニュアル,建築研究所
- 4)濱崎他;非破壊試験によるひび割れおよび浮き等の補修硬化の確認方法に関する研究,コンクリート工学年次論文集, pp.1847-1852, vol.28, No.1, 2006

3.2.2 2) 関連参考文献

- 1)国土交通省大臣官房官庁営繕部監修:「建築改修工事監理指針」上巻,平成19年版
- 2)日本コンクリート工学協会編:「コンクリートのひび割れ調査,補修・補強指針ー2009ー」,2009.3

3.2.2 4) 関連参考文献

- 1)(社)日本建築学会:外壁改修工事の基本的な考え方(湿式編)、1994.11
- 2)国土交通大臣官房官庁営繕部監修:建築改修工事管理指針平成19年版、(財)建築保全センター、2008.4
- 3)UR都市機構:保全工事共通仕様書機材及び工法の品質判定基準仕様登録集 平成20年版、都市再生共済会、2009.3
- 4)渡辺清彦ほか4名:外壁複合改修工法の実態調査に基づく耐久性評価、日本建築仕上学会 2005年大会学術講演会研究発表論文集、pp.163-166、2005.10
- 5)近畿大学大学院工業技術研究科 在永研究室 坂本裕輔:外壁複合改修構工法を対象とし

た旧建築物の経年劣化に関する研究、BELCA NEWS 97号、pp.58-65、2005.7

3.2.2 5) 関連参考文献

- 1) 左官事典 (社)日本左官業組合連合会
- 2) 左官辞典 (株)ヤブ原
- 3) 池本ら:外壁モルタル塗りに関する実態調査、日本建築仕上学会 1992年大会
- 4) 月刊建築仕上技術 93年12月号、pp.36-45
- 5) 「外部用軽量モルタルの性能評価試験および品質基準(案)」日本建築仕上学会 外部軽量モルタル性能評価委員会委員会報告書

3.2.2 6) 関連参考文献

- 1) 注入口付アンカーピン品質・性能基準検討委員会;注入口付アンカーピンの品質・性能基準, 建築研究振興協会, 2002年3月
- 2) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修;建築改修工事監理指針(上巻)平成19年版、(財)建築保全センター
- 3) 大塚 他;注入口付きアンカーピンの評価に関する研究, 日本建築仕上学会 2008年大会 学術講演, pp.155-158

3.2.2 7) 関連参考文献

- 1) 弾性接着剤を用いた外装タイル張り仕上げの耐久性 (H21.2 弾性接着剤タイル張り研究会)

3.2.2 9) 関連参考文献

- 1) (株)INAX 協力工場センター

3.3 外壁複合改修構工法(ピンネット工法)施工箇所の補修・改修

3.3.1 はじめに

外装仕上げは、建物の供用期間中における複数回の改修工事に対応した、劣化調査・診断方法や補修・改修工事が重要となる。平成 21 年度に実施した湿式外装仕上げ検討委員会の補修・改修工事に関する有識者へのヒアリング調査では、特に外壁複合改修構工法(通称:ピンネット工法)に関する 2 回目以降の補修・改修工事への対応への要望が高かったことから、課題として取り上げ検討を行った。

なお、本報では、アンカーピン及び繊維ネットを併用して用いることを前提とし、繊維ネットを伏せ(塗り)込む材料として、ポリマーセメントモルタル(以降、PCM と記す)を用いて施工し、その上に新規仕上げ等を行うものを外壁複合改修構工法と呼ぶこととする。

本節では、タイル張り仕上げやモルタル塗り仕上げ(以降、湿式仕上げ)外壁の補修・改修に外壁複合改修構工法を施工した場合を対象として、事例収集および専門家のヒアリングなどの情報収集を行い、劣化現象とその要因の体系的な整理、劣化調査および診断方法の考え方、2 回目以降の補修・改修の考え方を検討しまとめた結果を報告する。

3.3.2 研究概要

外壁複合改修構工法が、湿式仕上げ外壁の補修・改修工事に導入されるようになってから 20 年以上が経過している。本報告では、その適用事例のうち RC 造系建築物のモルタル・タイル外装仕上げを対象とした事例について、経年劣化や不具合などの発生事例を収集し体系的な整理を行った。なお、収集できた劣化事例は少なかつたため、(独)建築研究所が設置した外壁 SWG2 において想定される劣化事例の検討を行い、あわせて整理を行った。研究対象とした範囲を次に示す。

(a)外壁複合改修構工法の概要

外壁複合改修構工法は、法令に基づく大臣認定等の技術ではないが、所要の性能を有するものとして第三者の専門的な評価・認証等を受けた経緯のある補修・改修方法である。本報で示す外壁複合改修構工法とは、平成 7 年建設省告示第 1860 号に基づく建設技術評価制度において公募された考え方に沿う技術を基本とした。下記に外壁複合改修構工法に関する技術評価制度の技術の概要、表 3.4 に当該技術の開発目標を示す。

□技術評価制度の技術の概要

鉄筋コンクリート系建築物の外壁改修工事の際、既存外壁仕上げ層(湿式工法のタイル仕上げやモルタル仕上げ)を存置したまま、ピンとネットを複合して用いることにより、ピンによる仕上げ層のはく落防止効果と、ネット繊維による既存仕上げの改修層の補強効果により、確実性の高い改修を目指す。

外壁複合改修構工法は、国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「建築改修工事監理指針」(以降、改修工事監理指針と記す)において、「改修標仕¹⁾」以外の外壁改修として紹介されている。この中でアンカーピンの適用範囲を表わし、図 3.13 に示すように「樹脂定着型」と「機械式定着型(樹脂併用あり)」の 2 タイプが紹介されている。「樹脂定着型工法」はアンカーピンと樹脂で改修層を躯体に固定する工法である。また、「機械式定着型工法」は躯体に機械的に固着することのできるアンカーピンで改修層と外壁複合改修層を合わせて固定する工法である。いずれも、「建設技術審査証明事業」で認証された工法が公開されている。関連して公益法人が実施した審査証明を含め、何らかの審査を受け認められた各種外壁補修・改修技術を、[別添資料E]に示したので参照されたい。また、改修工事監理指針では、この他にもガラス繊維ネットを用いた透明度高い複合層を構成し既存仕上げ層の外観を生かす工法も紹介されている。このように、外壁複合改修構工法と呼ばれているものにも、使用される材料や構法の異なるいくつかのタイプがある。

外壁複合改修構工法の仕様書は、(独)都市再生機構(以降、UR と記す)が発行する「保全工事共通仕様書」ならびに「保全工事共通仕様書 機材及び工法の品質判定基準仕様登録集」の「外壁複合改修構工法」が参考となるため、[別添資料F,G,H]にこれらを抜粋して掲載したので参照されたい。

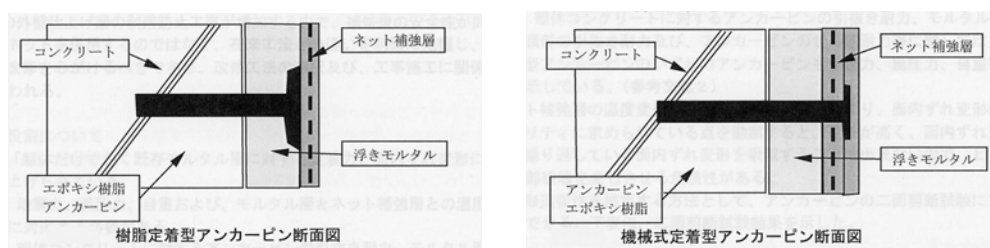


図 3.13 外壁複合改修構工法の種類

(b) 現状の外壁複合改修構工法の適用範囲

導入当初、下記 1)の部位を中心に補修・改修に用いられた。その後、外壁仕上げ材のはく落防止や建設廃棄物が少ない等の機能性の高さから、次第に下記 2)のように広い面積にも適用されるようになってきた。

- 1)外壁面等のバルコニー手摺り、パラペット、上裏、庇等の先端部や出隅部や隅角部分等(以下、狭小部という)の修繕
- 2)不具合が生じる可能性のある周囲を含めて総合的にはく落防止の改修を行う、外壁の面単位の修繕

また、外壁改修に外壁複合改修構工法を採用する際の判断材料について、外壁複合改修構工法を採用したことのある建物管理者にヒアリングを実施した。その結果、以下 i)～v)に示す意見が得られた。

- i)建物が高層である場合
- ii)6階建以上の建物でタイル仕上げである場合

iii) 2回目以降の改修である場合

iv) 建物下を通行する場合

v) モザイクタイル仕上げである場合(タイル寸法・厚さ、目地寸法が小さい等のことから適応できる工法が少ないこと並びに適応できる工法では美観の確保が難しい等のことがあるため)

(c) 外壁複合改修構工法に関する用語

用語に関しては明確に規定されたものはない。このため、表 3.11 に本報で用いている外壁複合改修構工法に関する主な用語について解説する。図 3.14 に概念図を用いて該当する部位を示すので参照されたい。

表 3.11 関連する用語

用語	内容
下地	塗付けなどの左官工事を施工するコンクリート躯体部分等の表面
改修層又は、既存仕上げ層(図 3.14-①)	モルタル塗りやタイル張りなど湿式の既存外壁仕上げ層で改修の対象となった部位。
ネット層(図 3.14-②)	浮き等の生じている既存の仕上げを押えるネット材と、ネットを伏せ(塗り)込むポリマーセメントモルタル等の材料をあわせた部位。
外壁複合改修層(図 3.14-③)	ネット層により既存仕上げ層をカバーし一体化させた部位。
アンカーピン又は、ピン(図 3.14-④)	ステンレス製(通常、SUS304)で改修層やネット層の躯体留め付けに用いるピン。形状は様々なものがあり、樹脂定着型はエポキシ樹脂接着剤と共に用い、機械式固定型のピンは心棒打込み式で躯体に物理的に固着させる。構法によって接着剤を併用するものもある。
新規仕上げ(層)(図 3.14-⑤)	外壁複合改修層の表面に行う塗膜や塗装材料で施工する新しい仕上げ(層)のこと。場合によってはタイル*で仕上げられることもある。

※ 新規仕上げをタイル張りとする場合(通称:タイル on タイル)は、複層改修層にかかる荷重が大きいことから仕上げ材の脱落防止・安全性の観点から構法により適用できないものもある。

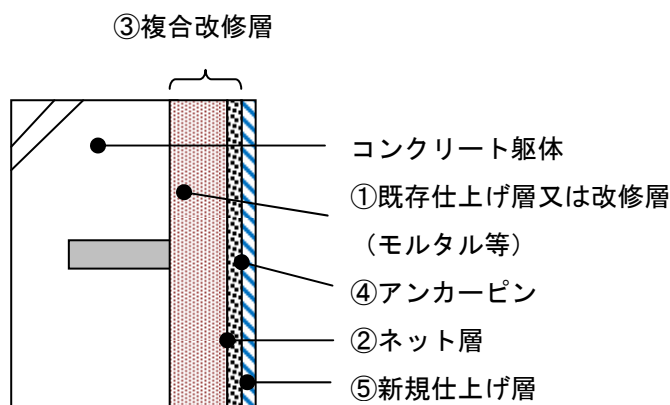


図 3.14 ピン外壁複合改修構工法断面

3.3.3 外壁複合改修構工法による改修外壁の経年劣化の整理

1) 外壁複合改修構工法の劣化事例の紹介

表 3.12 に、本検討で収集した外壁複合改修構工法により改修された外壁面の劣化事例3例の概要を示す。①1 例目は千葉市内に昭和 47 年頃に建設された RC 造集合住宅で、過去に大規模改修が行われ、外壁の一部を外壁複合改修構工法で改修し再び外壁に劣化が生じた事例である。②2 例目は広島県内の SRC 造集合住宅で、高架水槽等を囲うための屋根のないペントハウス内壁に試験的に外壁複合改修構工法を施工した事例である。③3 例目は建築研究所のばくろ試験場で平成 5 年から暴露試験を行っている事例である。

なお、これらの事例の工法は、機械式定着工法でネット材はビニロン繊維、プライマーがエチレン酢酸ビニル(EVA)エマルジョン、伏せ込み用 PCM(フィラー)はスチレンブタジエンラテックス(SBR)が用いられている。

表 3.12 収集した劣化事例の概要

地域	事例	備考
①千葉市内	RC 造集合住宅の外壁を外壁複合改修構工法で改修した、ベランダや廊下の軒天井や鼻先にふくれが生じ、H21 年 10 月にピンネット補修箇所を外壁複合改修構工法で再修繕した事例。	昭和 47 年頃竣工、平成 21 年に修繕箇所の再施工。
②広島県内	SRC 造 11 階(地下 1 階)建ての集合住宅。クーリングタワー、高架水槽等を囲うための屋根のないペントハウス内壁面(コンクリート打放し)に試験的にピンネット施工を実施。仕上げ無しの事例。建物の大規模改修工事に合わせてピンネット部分の測定を実施した。	平成 2 年に外壁複合改修構工法で施工。試行的な事例。
③茨城県つくば市	1500 mm×1500 mm×厚 150 mmのコンクリート下地に人工的にはく離箇所を設けて 2 水準のモルタル塗り(30 mmと 50 mm)を施し、外壁複合改修構工法を施した試験体 4 体について、屋外暴露試験し観察を行っている。仕上げ無し事例。	平成 5 年から暴露開始した暴露試験体の事例。

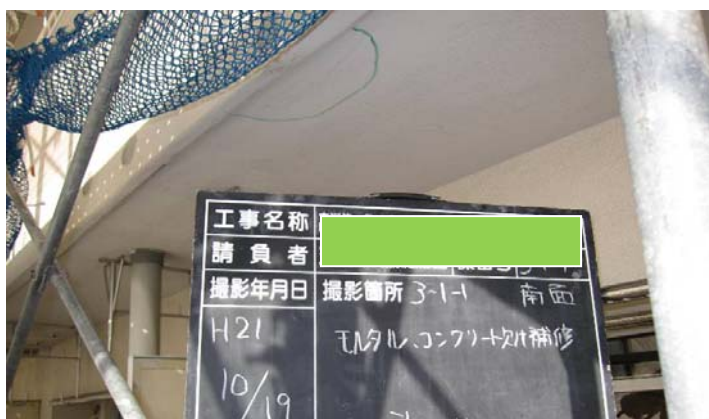
①千葉市内のピンネット工法で補修した建物外壁の事例について

写真 3.8 に、RC 造躯体のモルタル下地の塗装仕上げの劣化をピンネット工法で補修した建物外壁が経年劣化し、ベランダの軒天井にふくれの発生した部分を示した。この劣化事例は、ベランダの手すりのコンクリート取付け部分のひび割れや伸縮調整目地のシーリングの劣化部分等から雨水が浸入し、ピンネット工法補修部分の内側に水が溜りふくれが生じた事例である。

(a)劣化事象

劣化調査方法として、目視を中心として触診も実施し、調査結果からは以下のようなことが確認された。

- ・ピンネット及び下地に浮きが発生していた。
- ・浮きの発生箇所にあたるピンネット部分には、微細なクラックが見られた。
- ・既存のピンネット部分である、アンカーピンやネット、セメントフィラーには特段の劣化は見られなかった。



a. 施工前の不具合箇所



b. はつり作業による不具合箇所の除去

写真 3.8 集合住宅のベランダ軒裏天井に発生したふくれ(①千葉市内の物件)

本事例では、材料試験を行っていないため物性等の変化のデータはない。

②広島県内のピンネット工法で補修したペントハウス壁の事例

写真 3.9 に、広島県内のピンネット工法で補修したペントハウス壁の該当部分を示した。通常、ピンネット工法で補修された仕上げ表面には塗装仕上げを施すが、この施工ではピンネット工法による劣化進行を検討するため、試験的に表面に塗装仕上げのない施工で経過を検討したものである。

(a)劣化事象



a. 仕上げが無い場合、風雨の当たる面はフィラーが洗い流されネットが露出している。



b. 風雨・紫外線の影響が少なかった面は、目立つ損傷は観察されない。

写真 3.9 施工後 20 年の外壁複合改修構工法改修面(②広島の物件のペントハウス内壁)

(b)劣化後の材料試験結果

外壁複合改修構工法については、施工時の品質としてアンカーピンの引抜き強度、ネット層の曲げ強度、セメントフィラー(以降、フィラーと記す)の付着強度等が測定の対象となっている。この事例では経年変化測定のため、ネット繊維の引張試験やフィラーの付着強度試験を実施した。

ネットの引張強度試験結果を示す。

i) ネットの採取箇所

ネット(種類:ビニロン繊維)の採取は、試験施工したペントハウスの東面内壁とし、

試料 A: 20 年間の風雨によってフィラーが洗い流され、繊維が露出して紫外線等の影響を大きく受けた箇所から採取

試料 B: 20 年間の風雨によってフィラーが洗い流され、繊維の表面が露出しかけており、

それほど大きな紫外線等の影響を受けていない箇所から採取

試料 C: 20 年間あまり風雨の影響を受けずにファイラーも洗い流されずに残っている箇所の内部から採取

ii) 試料採取方法

採取方法は、試料 A および B については、繊維を 20cm 程度にカッターナイフで切り、手で繊維を引っ張って採取した。試料 C については、採取する箇所に付着試験用のアタッチメントを長さ 20cm 程度採取できるように 2 個取り付け、接着剤が硬化後にアタッチメントの周辺をディスクサンダーで切り目を入れ、引張試験器を用いて繊維とファイラー面をはく離させて採取した。

iii) 試験方法

試験は、JIS L 1013「化学繊維フィラメント糸試験方法」の 8.5 引張試験に準拠し、切断時の強さおよび伸び率を測定した。試験機は、インストロン万能試験機を用い、採取したネットの損傷の少ない部分を 100mm 切り出し、チャック間距離 20mm、ヘッドスピード 20mm/min で引張って測定した(写真 3.10)。

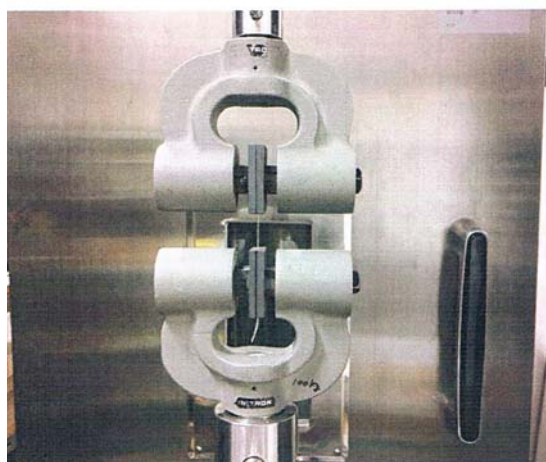


写真 3.10 引張試験状況

iv) 材料試験結果

試験結果を表 3.13 に示す。

ファイラーの劣化状態が異なる箇所から採取したネットの切断時の強さは、ファイラーの劣化が著しいほど低下する傾向があり、ファイラーの劣化が著しい箇所(試料A)で 98N、ファイラーが健全な箇所(試料 C)で 108Nであった。それらの強度は、未使用品の 85% 以上の強さが確認された。

伸び率は、ファイラーの劣化が著しい箇所(試料A)で 7.8%、ファイラーが健全な箇所(試料 C)で 6.8%であり、切断時の強さの傾向とは逆な結果となった。それらの伸び率は、未使用品の 70~80%程度である。

表 3.13 繊維ネット(ビニロン繊維)の引張試験結果

ネットの種類	No	切断時の強さ(N)	伸び率(%)
未使用品	①	108	9.4
	②	120	9.9
	③	120	10.5
	④	98	9.0
	⑤	125	10.7
	平均値	114 (100)	9.9 (100)
試料 A	①	92	8.0
	②	101	8.0
	③	100	7.5
	平均値	98 (86)	7.8 (79)
試料 B	①	107	8.5
	②	104	6.5
	③	94	7.5
	平均値	102 (89)	7.5 (76)
試料 C	①	101	6.5
	②	110	7.0
	③	112	7.0
	平均値	108 (95)	6.8 (69)

()内数値:未使用品に対する比率

v) 材料試験結果のまとめ

20 年前に外壁複合改修構工法で施工した広島県内の集合住宅壁から採取した繊維ネット(種類:ビニロン繊維)の引張試験を行った結果は以下のとおりである。

- (1)ファイラーの劣化状態が異なる箇所から採取したネットの破断時の強さは、ファイラーの劣化が著しいほど低下する傾向があった。
- (2)20 年経過した繊維ネットの破断時の強さは、未使用品の 85%以上の強さであった。
- (3)20 年経過した繊維ネットの伸び率は、未使用品の 70~80%程度であった。

③つくば市のピンネット工法で補修した暴露試験体の劣化の事例

写真 3.11 には、(独)建築研究所敷地内(つくば市)のピンネット工法で補修した暴露試験体を示した。平成 5 年から暴露を開始し、平成 22 年で 17 年目の経年劣化の状態を示している。本試験体は仕上げ表面には塗装を行わず、ネット層が直接暴露されている。

(a)劣化事象



a. 地面から 45 度の傾斜で暴露した試験体の表面。汚れがひどく表面観察しにくい状態であった。



b. 表面観察を行うため暴露試験体表面を高圧水洗浄で洗浄した。

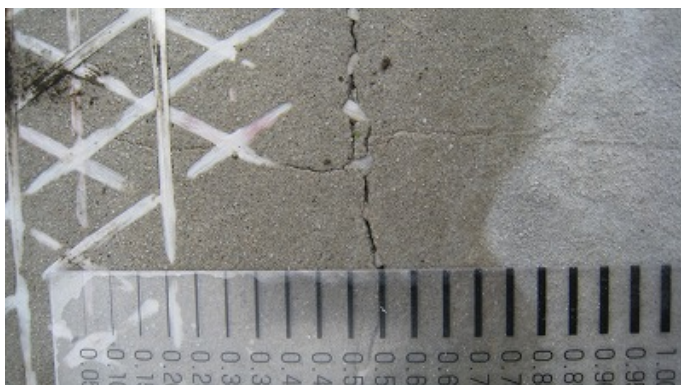


c. 全体
試験体中央には大きなひび割れが観察できる。表面に見えるカット痕は、暴露 1 年、5 年、10 年目に実施したネット層の引張試験の跡。

写真 3.11 (1/2) 暴露 17.5 年目の外壁複合改修構工法施工試験体(③つくば市)



d. 繊維ネットの露出箇所の拡大
 ネットの繊維が一部切れている様子が観察されるが、完全に破断しているものは見られない。



e. 表面(セメントフィラー)とネット
 大小のひび割れが生じているが、繊維ネットの破断は観察されなかった。

写真 3.11 (2/2) 暴露 17.5 年目の外壁複合改修構工法施工試験体(③つくば市)

(b)劣化後の材料試験結果

外壁複合改修構工法については、施工時の品質としてアンカーピンの引抜き強度、ネット層の曲げ強度、セメントフィラー(以降、フィラーと記す)の付着強度等が測定の対象となっている。この事例では経年変化測定のため、繊維ネットの引張試験やフィラーの付着強度試験を実施した。

ネット層の付着強度測定ならびに繊維ネットの引張測定結果を示す。

暴露試験体は 4 体、試験体の種類は表 3.14 に示すとおり。測定はこのうちの 1 体で実施した。

i) 暴露 17 年目の外壁複合改修構工法の暴露試験体の測定事項

- ネット層(フィラー)の引張接着強度試験 N=3
- 繊維ネットの引張試験 採取ネット長さ 20cm N=5

表 3.14 試験体の種類

試験体No.	モルタル厚 (mm)	浮きの有無	備考
No. 1	20	有	劣化調査のため 仕上げなし
No. 2		無	
No. 3	50	有	
No. 4		無	

注)アンカーピンは

No.1,2 は、引張り試験用 GNS650 を使用 (ピンの違いは既存モルタル層の厚さの違い)
No.3,4 は、引張り試験用 GNS680 を使用

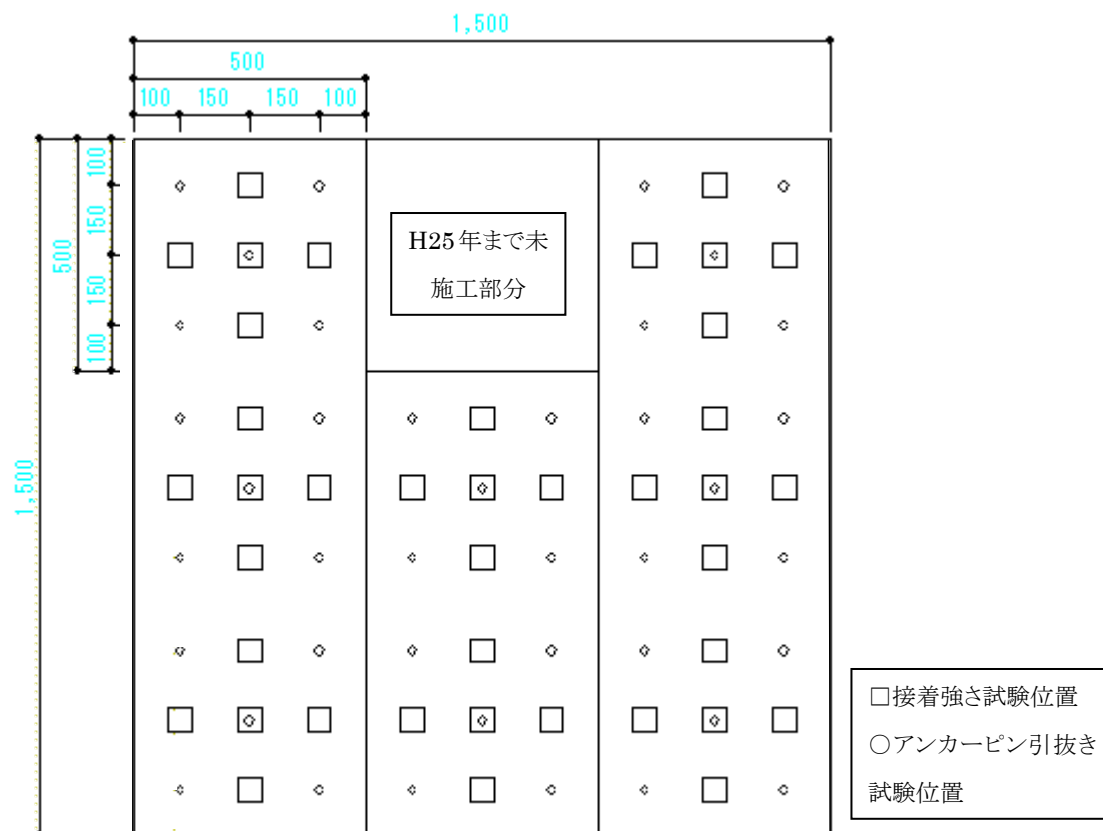


図 3.15 暴露試験体の形状

ii) 材料試験結果

a) 直接引張試験

暴露試験体のネット層、フィラーのカバー力を確認するため、日本建築仕上学会式の直接引張試験器を用いて付着性試験を実施した。試験は測定する箇所に付着試験用の治具(寸法: 45×144 mm)をエポキシ樹脂接着剤で取付け、接着剤が硬化後に治具周辺をディスクサンダーでコンクリート下地に達するまで切れ込みを入れ、引張試験機を用いて測定した(写真 3.12, 3.13)。結果を表 3.15 に示す。

表 3.15 引張接着強度試験結果 (治具寸法: 45×144 mm)

試験体番号	暴露試験体 付着強度試験 (N/mm ²)
No.1	0.71
No.2	0.51
No.3	0.50

注釈 1: 暴露試験 1 体について実施



a. 引張試験機用治具の取付け
ディスクサンダーで治具周辺に切れ込みを入れる作業。



b. 引張試験を装着

写真 3.12 引張試験準備



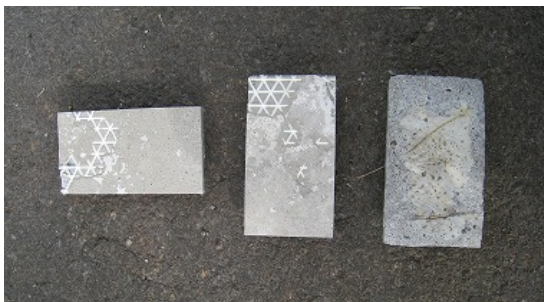
a.破断箇所

既存仕上げ層とセメントフィラーの界面: ネット層の凝集破断=8:2の割合。



b.破断箇所

人工はく離有の箇所と下地モルタルの界面破断



c.引張接着試験の破断面

写真 3.13 引張試験破断位置

b)繊維ネットの引張試験

繊維ネットの試料採取は写真 3.14 のとおり、試験体から 20cm の長さのものを 5 本採取した。試験方法は、前述の②広島県内と同様に、JIS L1013「化学繊維フィラメント糸試験方法」の 8.5 に準拠し実施した。試験結果は、表 3.16 のとおり。

採取したネットの破断時の強さは、平均 97N であり、未使用品の 85% 程度であった。伸び率は、平均 7.6% であり、未使用品の 77% 程度であった。これらのことから、17.5 年程度経過したネットの破断時の強さおよび伸び率は、未使用品に比較して、強さは 15% 程度、伸び率は 20% 程度低下したことが確認された。



写真 3.14 繊維ネットの採

表 3.16 繊維ネットの引張試験結果

ネットの種類	No.	切断時の強さ (N)	伸び率 (%)
未使用品	①	108	9.4
	②	120	9.9
	③	120	10.5
	④	98	9.0
	⑤	125	10.7
	平均値		114 (100)
つくば 建築研究所	①	100	7.5
	②	104	7.0
	③	96	8.0
	④	86	7.5
	⑤	97	8.0
	平均値		97 (85)

()内数値:未使用品に対する比率

iii) 材料試験結果のまとめ

- ・暴露 17 年が経過しても接着強度については、 $0.4\text{N}/\text{mm}^2$ の規定値よりも高い数値が得られた。
- ・繊維ネットの露出や塗付け材には大きなひび割れが生じ繊維ネットの毛羽立ちは見られたが、重大な破断は見られなかった。
- ・繊維ネットの破断時の強さは、平均 97N であり、未使用品の 85% 程度であった。
- ・繊維ネットの伸び率は、平均 7.6% であり、未使用品の 77% 程度であった。

今回施工後 17.5 年経過した繊維ネットの引張試験を行い、破断時の強さおよび伸び率は未使用品に比較して低下することが確認された。しかし、切断時の強さおよび伸び率がどの程度まで低下すると外壁複合改修構工法としての機能を確保できないかについては、明確な指標がないのが現状である。

(c) ①～③の劣化事例からの分析

収集した劣化事例およびピンネット補修の専門家の意見に基づき「外壁複合改修構工法の劣化(不具合)の発生しやすい部位」および「ピンネット特有の不具合とその原因の考察」についてまとめた。

i) 外壁複合改修構工法の劣化(不具合)が発生しやすい部位について

劣化の発生は、下記に示す各部位の既存層、ネット層において生じることが考えられる。

- ・パラペット、軒鼻先、軒裏などかぶりの小さい部分
- ・開口部、手すり、手すり壁
- ・ネット層の裏に水がまわる箇所(例えば、外に面した階段まわり等で防水していない部位からの雨水の浸入より水の回る箇所など)
- ・防水との取り合いが関係する箇所
- ・躯体に“じゃんか”がある箇所

上記のような部位に劣化が発生する原因の一つとして次のような背景がある。

- ・外壁複合改修構工法(ピンネット工法)は、採用当初はバルコニーや庇の鼻先など狭小部分の補修として用いられていた。このため、ひび割れ箇所や目地からの水の浸入があれば、これらの箇所にはふくれ等の不具合が生じやすい。
 - ・バルコニー等の鼻先は鉄筋が密集している上に、かぶり厚さが不足しがちである。そういった箇所の補修には、アンカーピンが十分に打ち込めない場合も考えられ、ピンの耐力不足が懸念される。

ii) 複合改修構工法特有の不具合とその原因の考察

- ・ネット層の亀裂・ネットの断裂等の不具合が生じる原因
 - 躯体コンクリートの挙動: 日射や温湿度環境変化に伴うコンクリートの伸縮挙動ならびに地震による躯体の変形等が考えられる。
- ・ポリマーセメントモルタル(PCM)の微細なひび割れが生じる不具合の原因
 - PCMの挙動および繊維ネットの挙動: 日射や気温変化による温冷・乾湿等によるPCM自体の伸縮挙動およびPCMと繊維ネットの伸縮率の差異が考えられる。
- ・旧モルタル層に著しい浮きが生じた場合の不具合の原因として
 - アンカーピンの固定不良: 補修施工時に使用したアンカーピンの長さ不足により躯体コンクリートに浮きの生じた既存層が固定できていないことが考えられる。

iii) その他

ピンネット補修した外装に、再度劣化による不具合が生じた千葉市の物件について、補修方法の概要の事例を[別添資料 I]に示す。

2) 劣化現象の種類と区分

外壁複合改修構工法による改修工事壁面の構成を図 3.16 のように整理することとし、初回の複合改修工事後の劣化について部位、劣化事象を整理する。なお、外壁複合改修構工法の劣化事例が現時点では少なく、考えられる劣化を想定し整理している部分もある。また、本節で対象とする劣化は外壁複合改修層とその関連部分に生ずるものとし、躯体(コンクリート)および新規仕上げの劣化についてはそれぞれの関連項にゆずる。

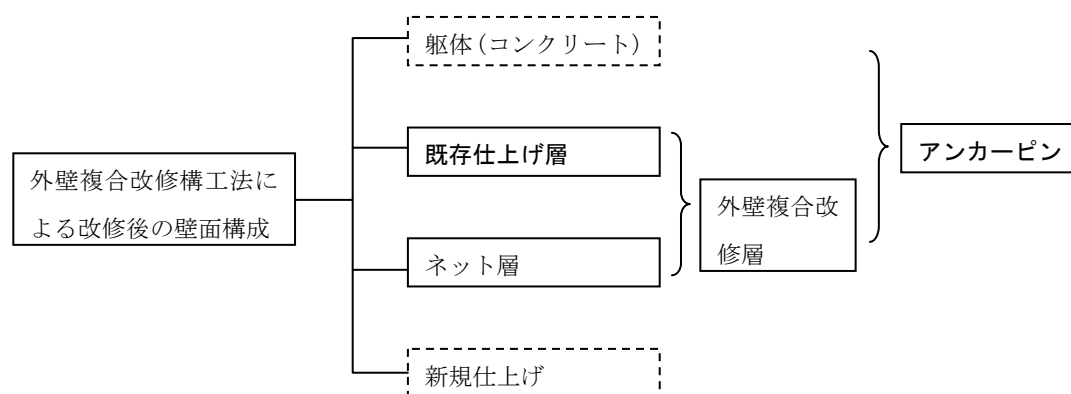


図 3.16 外壁複合改修構工法における劣化現象の検討の対象とする範囲

3) 外壁複合改修層の劣化現象

表 3.17 に劣化現象と部位との関係を示す。また、表 3.18～表 3.21 に関連部位の劣化現象を、表 3.22 に考えられる劣化現象と要因の関係を示す。

表 3.17 には、劣化現象の生じる外壁の構成部位の関係を示した。「○」は関係のあるもの、「—」は該当しないものを表している。同表からは、例えばひび割れは躯体からのひび割れと新規仕上げ層のひび割れでは、選定される補修・改修工法も異なる。

なお、劣化事象の整理を行うにあたり、外壁複合改修構工法は、躯体等の補修は適切に行ってから実施したものを前提としている。

表 3.17 劣化現象と部位との関係

現象	新規仕上げ ^{※1}	外壁複合改修層			躯体
		PCM・ネット	既存仕上げ	ピン	
ひび割れ	○	○	○	—	○
浮き	○	○	○	—	○ ^{※2}
はらみ	○	○	○	—	—
はく落	○	○	○	—	○ ^{※2}
ネットの異常 ^{※3}	—	○	—	—	—
ピンの異常 ^{※4}	—	—	—	○	—
エフロレッセンス	○	—	○	—	○
錆	—	—	—	○	○

※1 モルタル・タイル仕上げ、※2 かぶり部分、※3 断裂・毛羽立ちなど、

※4 ピンの抜け、変形、腐食など

表 3.18 外壁複合改修層部分の劣化現象

ひび割れ	外壁複合改修層の面の割れ、躯体（コンクリート）のひび割れを含む割れ
浮き	外壁複合改修層相互の接着界面、または外壁複合改修層と躯体（コンクリート）との接着界面の分離現象。浮きがさらに増大し、肉眼観察でもその異常が認められるような場合を特に区分して、「はらみ」と称することがある
はらみ	外壁複合改修層の浮きが進行し、面外方向に凸状に変形が増大して肉眼でも確認できるようになった状態
はく落	外壁複合改修層の脱落、躯体（コンクリート）からの脱落
ネットの異常	外壁複合改修層を形成する繊維ネットの破断、毛羽立ち、ヤセならびに消失
ピンの異常	アンカーピンの変形、ひび割れ又は欠損、腐食、引き抜け（脱落）、頭部飛び出しならびに頭抜け
エフロレッセンス	下地の可溶成分が表面に析出し、空気中の二酸化炭素ガス等との反応によって難溶性の白色物質が表面に沈着している現象
錆	腐食した鋼材、躯体の鉄筋腐食により錆が流出して表面に付着している状態

表 3.19 外壁複合改修層の劣化現象

ひび割れ	PCM・ネット部分の割れ、既存仕上げのひび割れを含む割れ
浮き	PCMとネット相互の接着界面、またはPCM・ネットと既存仕上げとの接着界面の分離現象
はらみ	PCMの浮きまたはPCM・ネットと既存仕上げとの浮きが進行し、面外方向に凸状に変形が増大して肉眼でも確認できるようになった状態
はく落	PCMの脱落、PCM・ネットの既存仕上げからの脱落
ネットの異常	繊維ネットが破断した状態。繊維の毛羽立ちが進行し繊維の束が切れた状態も含む
エフロレッセンス	PCM又は既存仕上げの可溶成分が表面に析出し、空気中の二酸化炭素ガス等との反応によって難溶性の白色物質が表面に沈着している現象

表 3.20 既存仕上げ層の劣化現象

ひび割れ	既存仕上げ及び躯体コンクリートのひび割れを含む割れ
浮き	既存仕上げの躯体コンクリートからの浮き
はらみ	既存仕上げの浮きが進行し、面外方向に凸状に変形が増大して肉眼でも確認できるようになった状態
はく落	既存仕上げの躯体コンクリートからの脱落
エフロレッセンス	既存仕上げの下地の可溶成分が表面に析出し、空気中の二酸化炭素ガス等との反応によって難溶性の白色物質が表面に沈着している現象
ピンの引き抜け	アンカーピンの引き抜け(脱落)

表 3.21 ピンの劣化現象

ピンの異常	ピンの引き抜け	アンカーピンの引き抜け(脱落)、頭部飛び出し及び、頭抜け
	ピンの破断	アンカーピンの変形、ひび割れまたは欠損、破断
	ピンの腐食	ピンの錆による膨張、穴あき、断面欠損

4) 外壁複合改修層の「劣化現象」と「原因」

外壁複合改修構工法により改修した外壁の外壁複合改修層には、表 3.22 に示したような劣化現象と要因の関係が考えられる。

表 3.22 外壁複合改修層の劣化現象と要因の関係

想定される劣化現象	想定される劣化要因											
	塵埃	紫外線	CO ₂	酸(酸性雨)	アルカリ	生物	大気中の塩分	温度・熱(凍害含む)	水(結露、雨)	外力(風、地震、積雪、その他)	下地ムーブメント	異種材料
ひび割れ								○		○	○	
浮き								○	○	○	○	
はらみ								○	○	○	○	
はく落								○		○	○	
ネットの異常	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	
ピンの異常			○					○		○	○	
エフロレッセンス			○	○					○			
錆			○				○	○				○

3.3.4 外壁複合改修構工法で改修された外壁の劣化調査・診断基準の考え方

1) 外壁複合改修構工法の点検・調査方法

外壁複合改修層に関する点検周期および点検方法について目安を表 3.23 に示す。新規仕上げおよび躯体等の点検方法については、それぞれの材料の点検方法で確認することとする。

外壁複合改修構工法による改修外壁の劣化現象の見られる箇所は、鼻先、軒裏、開口部、手すり周辺、階段まわり、防水との取り合い部分、シーリング周辺など、水が浸入した場合に水が回りやすい部分に生じやすい傾向があり、点検を行う場合は留意する。

表 3.23 外壁複合改修層に関する点検

項目	点検周期	点検方法
日常点検	適宜実施することとする。	目視
定期点検	実施義務のある点検 通常 1 回/年。竣工後もしくは、補修・改修工事が実施された場合は、1 年経過時には点検がおこなわれるものとする。	目視 (+必要に応じて打診)
臨時点検	<ul style="list-style-type: none"> 壁面の一部がはく落した場合、または自身・台風・火災等を受けた場合は、その後できるだけ早い時期に実施することとする。 新規仕上げの改修工事に伴う点検。既存塗膜等除去のために外壁複合改修層表面にサンダー掛けを行った場合には、PCM・ネットの異常点検を必ず行うこととする。 	目視 + 打診 (+微破壊試験) 目視 + 打診 (+微破壊試験)

点検・調査方法の案について表 3.24 に、目視の点検項目について表 3.25 に示す。点検・調査に際しては、現在までの補修記録、過去の修繕、改修等の記録を調査し、ひび割れや浮き・はらみなどの不具合の発生位置と照合する。

表 3.24 点検・調査方法(案)

劣化現象	調査項目		
	点検	一次診断	二次診断以降
ひび割れ	目視	<ul style="list-style-type: none"> 目視による詳細観察 触診(浮き等の状況チェック) 異常発生箇所周辺の打検 	<ul style="list-style-type: none"> 引張付着試験 (PCM・ネット層、既存仕上げ、躯体との付着評価)
浮き			
はらみ			
はく離			
ネットの異常		<ul style="list-style-type: none"> 目視による詳細観察 指触(ネットの状況チェック) 	<ul style="list-style-type: none"> 切り出したネットの引張試験
ピンの異常 (引き抜け、腐食等)		<ul style="list-style-type: none"> 目視による詳細観察 指触(ピンの状況チェック) 	<ul style="list-style-type: none"> ピンの引抜き試験 (施工してあるピンの測定/試験用にピンを打って測定)
漏水跡	<ul style="list-style-type: none"> 目視による詳細観察 指触(析出物等のチェック) 	<ul style="list-style-type: none"> 漏水箇所のチェック (必要に応じて破壊検査) 	

表 3.25 目視による外壁複合改修層と周辺の点検項目および点検方法

点検項目		点検内容
外壁複合改修層	ひび割れ	目視によりひび割れの方向、形状等のパターンを観察し、延べひび割れ幅を把握する
	浮き・はらみ	目視により外壁複合改修層の浮き、はらみの有無を観察する
	はく落	目視により、外壁複合改修層が欠落している部分の有無を観察する
	漏水	目視により漏水または漏水の痕跡の有無を観察する
	ネットの露出※1	目視により外壁複合改修層のネットの露出の有無を観察する
	ピンの引き抜け※2	目視によりピンの引き抜けの有無を観察する

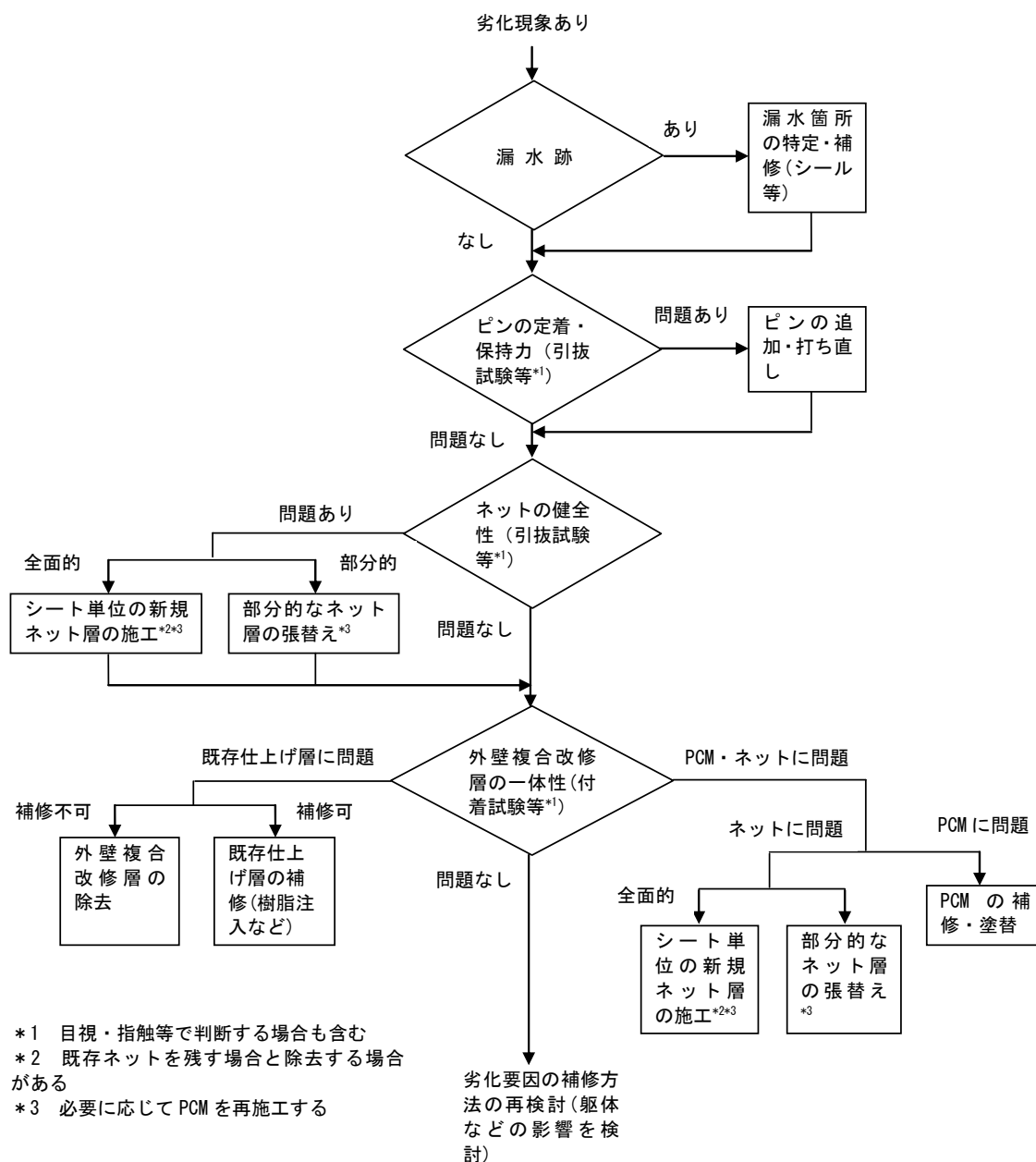
※1 点検結果からネットの露出が観察された場合には、繊維ネットの異常（繊維ネットの破断や錆の有無）について観察する。

※2 点検結果からピンの引き抜けが観察された場合には、その位置、本数、引き抜けた痕の状況を観察する。

3.3.5 外壁複合改修構工法の補修・改修の考え方

1) 外壁複合改修層の補修・改修の考え方

外壁複合改修構工法で改修した外壁複合改修層の補修・改修には図 3.17 に示したような考え方が考えられる。なお、外壁複合改修構工法の新規仕上げは、外壁複合改修層および躯体にかかる荷重・外力を考慮し、はく落防止などの安全性が確保できるものとするとともに、全体の耐久性を考慮し材料を選定する。



※複数の補修・改修工法が必要となる場合がある

図 3.17 外壁複合改修層の補修・改修工法の考え方(案)

3.3.6 外壁複合改修構工法の課題

現状における外壁複合改修構工法の課題として、以下が挙げられる。

1) 施工手順および品質監理の標準化

国交省官庁営繕部監修の改修工事標準仕様書および建築改修工事設計指針(平成 22 年度版時点)において、外壁複合改修構工法に関する規定が示されていない。第 1 回目の外壁複合改修構工法の施工手順を試みに示す[別添資料]。

今後、施工手順や品質監理の項目について標準化がなされることが期待される。

2) 耐用年数

現時点において、外壁複合改修構工法で改修を行った場合の耐用年は明らかとなっていない。近年、施工後 10 年以上の屋外暴露試験や施工物件の実態調査が行われ、結果が報告されている^{4),5)}。これらの結果から、施工が良好なものについて、施工後 10 年程度においては、十分な耐久性を有することが示されている。しかし、それ以上の長期間となると、現段階では不明であり、今後のデータ蓄積が待たれるところである。なお、外壁複合改修構工法だけではなく、鉄筋コンクリート造躯体全体での耐用年数という視点も必要であり、コンクリート躯体の保護効果や美観に対する考え方の整理も必要と考えられる。

3) 調査・診断方法

外壁複合改修構工法のモルタルやタイルの浮きに対する改修では、これらの既存層の浮き部分は一部浮いた状態のまま改修される場合もある。この場合、一般的な浮きの検査方法(打診、サーモグラフィなど)では、正確な診断が難しいことが指摘されている。また、外壁複合改修層とコンクリート躯体との一体性は、基本的にピンの保持力で担保されていることから、通常モルタルやタイルの浮きの考え方とは異なると考えられ、外壁複合改修層に対する劣化診断手法の開発が必要である。

4) 補修・改修方法

外壁複合改修構工法によって改修された場合の現在考えられる補修方法について示したが、実際のデータ蓄積から検証を行う必要があると考えられる。また、次の改修については、劣化の限界状態を考慮し、それに対する適切な改修構工法を検討・開発することが必要と考えられる。

参考文献・論文

- 1) 公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編)平成 22 年版,国土交通省大臣官房官庁営繕部監修,2010.5,(財)建築保全センター
- 2) 建築改修工事監理指針平成 22 年版,国土交通省大臣官房官庁営繕部監修,2010.12,(財)建築保全センター
- 3) 外装仕上げの耐久性向上技術,国土交通省大臣官房官庁営繕部監修,1987,技報堂出版
- 4) 建築物の耐久計画に関する考え方,(社)日本建築学会,1988,丸善
- 5) 外壁改修工事の基本的な考え方(湿式編),(社)日本建築学会,1994.11,丸善
- 6) 外壁剥落防止のための設計・施工指針・同解説,日本建築仕上学会,1994,技術書院
- 7) 保全工事共通仕様書 平成 20 年版,UR都市機構,2008.10,(財)都市再生共済会
- 8) 保全工事共通仕様書 機材及び工法の品質判定基準仕様登録集 平成 20 年版,UR 都市機構,2008.10,(財)都市再生共済会
- 9) 在永,馬場,他;ピンネット改修工法の性能評価(その 1~その 3),大会学術講演会研究発表論文集,pp.189-200,1993,日本建築仕上学会
- 10) 本橋,近藤,他;アンカーピンとネットを併用した外壁改修工法に関する研究(その 1~その 5),大会学術講演会研究発表論文集,pp.169-188,1993,日本建築仕上学会
- 11) 本橋,近藤ら;アンカーピンとネットを併用した外壁改修工法に関する研究(その 6~その 8),大会学術講演会研究発表論文集,pp.65-76,1994,日本建築仕上学会
- 12) 長谷川直司,馬場明生,在永末徳,千歩修;外壁複合改修構工法の基本概念,学術講演梗概集/近畿p2,1996.9,(社)日本建築学会
- 13) 西村清一,須賀直樹,小関大司;ピンネット工法の性能評価,学術講演梗概集/北陸p73-76,2002.8,(社)日本建築学会
- 14) 松村政典,馬場明生,在永末徳,守明子,原田進,小嶋秀典,森田和宏;外壁複合改修構工法の追従性能に関する実験的研究:その 1 試験方法の提案,大会学術講演会,p139-142,2003,日本建築仕上学会
- 15) 森田和宏,馬場明生,在永末徳,守明子,原田進,小嶋秀典,松村政典;外壁複合改修構工法の追従性能に関する実験的研究:その 2 試験結果,大会学術講演会,p143-146,2003,日本建築仕上学会
- 16) 沼田誠史,後藤康明,張英豪,他;外壁剥落防止工法の水平加力実験における性能評価,コンクリート工学年次論文集,p661-666,日本コンクリート工学協会
- 17) 渡辺清彦,他;外壁複合改修工法の実態調査に基づく耐久性評価,大会学術講演会研究発表論文集,pp.163-166,2005.10,日本建築仕上学会
- 18) 近藤照夫;外壁複合改修構工法(ピンネット工法)の開発と展開,FINEX.p20,日本建築仕上学会
- 19) 坂本裕輔;外壁複合改修工法を対象とした旧建築物の経年劣化に関する研究,NEWS97,pp58-65,2005.7,BELCA

3.4 タイル直張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法

3.4.1 はじめに

3.2 で外壁タイル張り仕上げ及び外壁セメントモルタル塗り仕上げの維持保全に関する技術課題の抽出結果について報告したが、その中でタイル直張り仕上げ外壁の改修工法の標準化の必要性が指摘された。本節では、タイル直張り仕上げ外壁の改修工法の標準化に関する検討結果について報告する。タイル直張り仕上げ外壁は、下地となる構造体コンクリート仕上げ面の精度の確保のもと、モルタル下地の施工を無くすことで工期短縮とコスト削減等の効果が得られることから近年急速に普及した。このため最近では、一般的なタイル張り仕上げ外壁の改修工事と共に、モルタル下地のないタイル直張り仕上げ外壁の改修工事も増加しており、改修工法の標準化が望まれている。

モルタル下地を有するタイル張り仕上げ外壁に対する改修工法は、国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編)平成 22 年版」(以降、「改修標仕」と記す)等で標準化されている。タイル直張り仕上げ外壁の改修工事では、下地の構造体コンクリートとタイル間に、原則的には、張付けモルタルしか存在していない。したがって、モルタル下地層が存在している場合と比較して、モルタル層の厚さが小さいため、モルタル下地があるタイル張り仕上げ外壁と同様な要領で改修工事が適応できないケースがある。例えば、浮き補修のためエポキシ樹脂注入を実施した場合には、張付けモルタル層の割れ、浮きの拡大、注入量の減少等が懸念される。ただし、タイル直張り仕上げ外壁のモルタル層に関しては、モルタル下地の施工は無くなったが、下地コンクリートの面精度は向上してきてはいるとは言えほとんどの建物で不陸調整、段差補正がモルタルつけ送りにより行われており、張付けモルタル厚さだけではないことが多い。

以上のような認識のもとに、タイル直張り仕上げ外壁の改修工法について検討した。

3.4.2 タイル直張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法選定フローについて

(1) 検討方法

(独)建築研究所が組織した、学識経験者、公共団体技術者、材料製造業者、集合住宅管理技術者ならびに専門工事業者等で構成される委員会において、タイル直張り外壁の改修に関する問題点の整理、既存資料や工事記録の収集、意見交換等を行い、国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「建築改修工事監理指針 平成 22 年版」(以降、改修工事監理指針と記す)に示されている「タイル張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法選定フロー」を参考にして「タイル直張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法選定フロー」(以降、工法選定フローと記す)を提案した。

提案する当該工法選定フローを図 3.19 に示す。

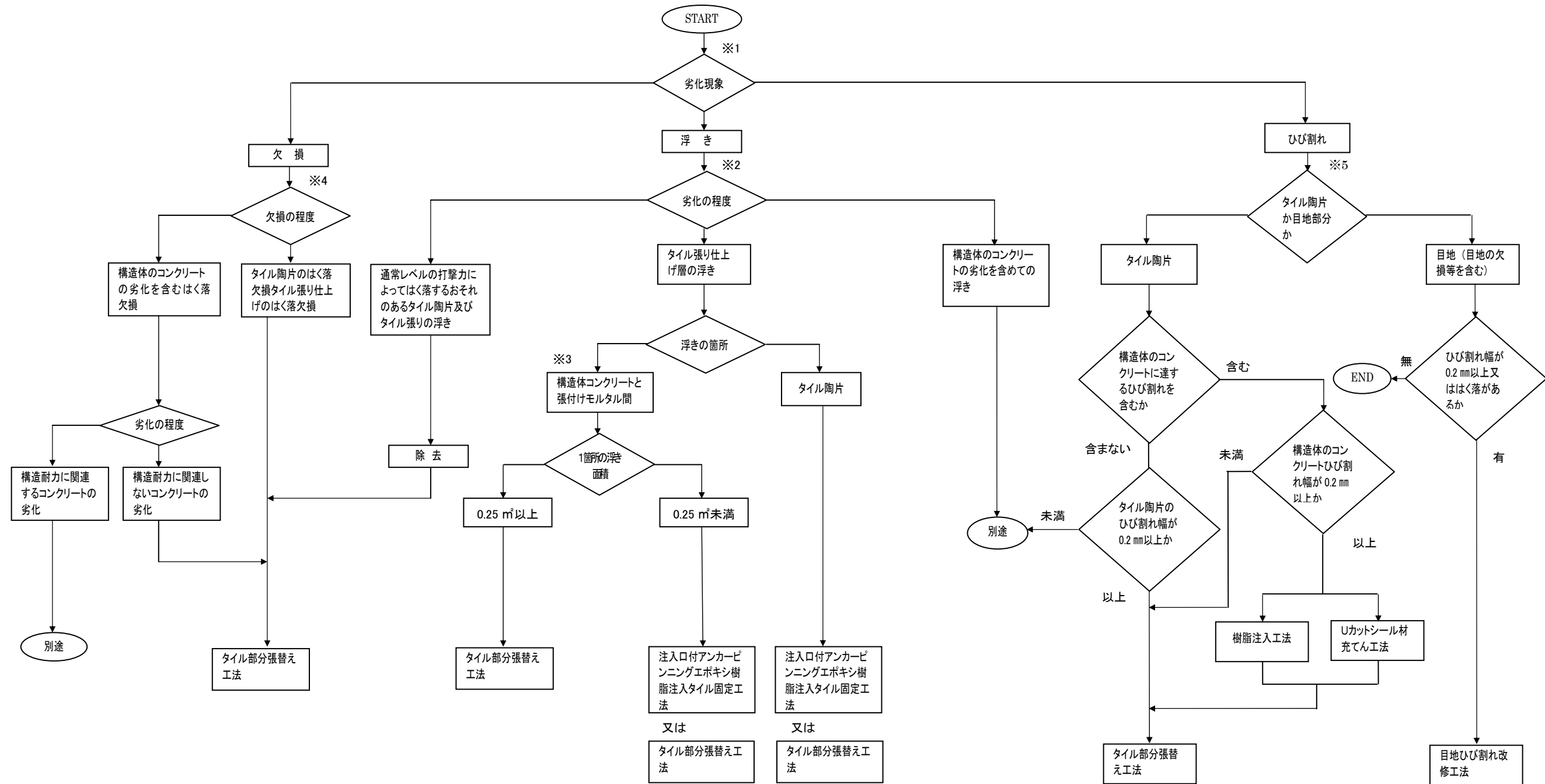


図 3.19 タイル直張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法選定フロー(案)

3.4.3 タイル直張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法選定フローの概要

本報告書が対象とするタイル直張り仕上げ外壁の改修工事は、既存の鉄筋コンクリート造又は鉄骨鉄筋コンクリート造の外装タイル張りの部分の経年劣化によるひび割れ、浮き、欠損等の劣化に対する改修を示している。また、これらの目地部分の劣化に対する改修も示す。

(2) 図 3.19 工法選定フローの注釈について

タイル直張り仕上げ外壁の改修工法の選定にあたり、まず、外装材の劣化の程度を判断し対応を選択する。以下に、選定フローに示した注釈※1～※5 について示す。

※1 「劣化現象」は、①浮き、又は、はらみの場合、②はがれ、又は、はく落等の欠損がある場合、③構造体のひび割れの有無に関係なくタイル、又は、目地部分にひび割れがある場合に適用する。

※2 「浮き」は、タイル陶片の浮き、タイル張りの浮きを対象とし、構造体コンクリートからの浮きで構造耐力に係わる場合は、別途とする。

浮きには、浮きが進行し面外に変形したはらみ、又は、ふくれも含める。どの部分で浮いているか、浮き代はどの位かを見極める。

浮き部分でも、通常レベルの打撃力によって容易にはく落する場合は、欠損の扱いで対応する。

※3 「個々の浮き部が隣接している場合」は、1箇所と見なす。

※4 「欠損」は、タイル陶片の欠損、又は、タイル張りの欠損を対象とし、構造体コンクリートからの欠損で構造耐力に係わる場合は別途とする。

※5 「タイル張りのひび割れ」は、①タイル部分に生じるひび割れと、②タイル目地部分に生じるひび割れとに分けて考え、さらに、タイル部分に生じるひび割れは、構造体のコンクリートのひび割れを含む場合と含まない場合とに分ける。

ひび割れの発生部分、ひび割れ幅及びひび割れの動きの有無について見極める。

浮き、又は、欠損があり、かつ、漏水がある場合は、コンクリート打放し外壁の改修において、ひび割れがあり、かつ、漏水がある場合を適応することになる。

(3) ひび割れ改修工法選定フローの考え方

外壁に生じたひび割れは、雨水等の浸入が直接影響する。このため劣化調査において、ひび割れの発生部分、ひび割れ幅及びひび割れの挙動の有無について見極める必要がある。補修・改修工法の選定は劣化状況に応じて、補修・改修工法の内から最適な工法を選定する。また、目地部分のひび割れのみでの軽微なものについては、目地の改修工法による。ひび割れ部での漏水や錆汁が認められる場合やひび割れ部に浮きが共存する場合は、劣化したタイル張り仕上げ層の一部を撤去し、コンクリート部分におけるひび割れの有無及び状態を確認するのが一般的である。

図 3.19 の「ひび割れ部改修工法」の選定フロー部分を参照されたい。タイル直張り仕上げ外壁のひび割れ改修に関して、モルタル下地がある場合と同様に考えても差し支えないと判断し、選定フローは改修工事監理指針の「タイル張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工事選定フロー」をほぼ引用した。

(a) ひび割れ改修工事で重要なのは、ひび割れの挙動の有無を判断し、「挙動のあるひび割れ」の場合はタイル部分張替えの材料として、外装タイル張り用有機系接着剤(JIS A 5557)を用いることである。すなわち、「挙動のあるひび割れ」の上にポリマーセメントモルタルでタイルを直張り施工した場合には、タイルやタイル仕上げ層に再度ひび割れが生じる可能性が高く、それを回避するために変形追従性の高い有機系接着剤を利用することが推奨される。

「挙動のないひび割れ」の場合は「タイル部分張替え工法」が適用され、この場合のタイル部分張替え材料としては、ポリマーセメントモルタルまたは外装タイル張り用有機系接着剤を適用することができる。

(b) 選定フローでは、タイル陶片のひび割れ及び目地部分のひび割れについては、ひび割れ幅が 0.2 mm未満では改修は必要とせず、経過観察を求めている。どの程度のひび割れ幅から、ひびわれ補修を実施するかは議論となる点であるが、タイル直張り仕上げ外壁の場合も、改修工事監理指針に示されたコンクリート打放し仕上げ外壁、モルタル塗り仕上げ外壁、および、タイル張り仕上げ外壁(モルタル下地あり)と同様の判断基準としている。

(c) タイル陶片に生じるひび割れについては、構造体コンクリートに達するひび割れか否かを判定する。構造体コンクリートに達するひび割れであり、かつ、コンクリートひび割れ幅が 0.2 mm以上である場合については、ひび割れ部のタイル張り仕上げを除去し、改修工事監理指針に示されたように、コンクリートのひび割れを樹脂注入工法又はUカットシール材充填工法で補修する。この時、ひび割れ幅の確認ならびにひび割れが挙動するか否かの判断が運用上のポイントとなる。すなわち、ひび割れ幅が 0.2 mm以上 1.0 mm以下には樹脂注入工法又はUカットシール材充填工法(挙動のあるひび割れの場合)とし、1.0 mmを超える場合にはUカットシール材充填工法とするなど、ひび割れの幅や挙動の有無により工法と材料を適切に選定することが重要である。

コンクリートのひび割れ部を改修した後のタイル部分張替えの材料には、前述したように構造体コンクリートのひび割れ挙動の特性により、「タイル部分張替え工法」または「外装タイル張り用有機系接着剤によるタイル部分張替え工法」を適用する。

(4) 欠損部改修工法の選定フローの考え方

(a) タイル直張り仕上げの欠損部改修は、タイル仕上げ層(ここでは、タイル陶片及び張付けモルタル)のはく落欠損部、下地構造体コンクリートの劣化を含むはく落欠損部で構造体コンクリートの耐力に関係しないと判断される欠損に適用する。

図 3.19 の「欠損部改修工法」の選定フローを参照されたい。基本的な考え方はモルタル下地がある場合と同様である。欠損の補修方法は、タイル仕上げ層以外の部分はコンクリート打放し仕上げ外壁及びモルタル塗り仕上げ外壁による。タイル直張り仕上げにはモルタル下地は原則的に存在しないため改修工事監理指針の「タイル張替え工法」は該当せず、「タイル部分張替え工法」のみ適用している。

- (b) タイル部分張替え工法は、①タイル陶片又は張付けモルタルからのはく落欠損部、②浮きのうち、通常レベルの打撃力によってはく落するおそれのあるタイル陶片又は張付けモルタルからの浮き部除去部分、③ひび割れの周囲のタイル陶片又は張付けモルタルからの浮き部除去部分及び、④タイル陶片のひび割れのうち幅 0.2 mm以上のひび割れ除去部分に、タイル張り仕上げをする改修に適する。

(5) 浮き部改修工法の選定フローの考え方

- (a) 図 3.19 の「浮き部改修工法」の選定フローを参照されたい。選定フローではモルタル下地がある場合と同様に、まず、劣化の程度を判断し対応を選択する。すなわち、通常レベルの打撃力によってはく落するタイル陶片およびタイル張り仕上げ層は、無理に注入等を実施せずに除去して、タイル陶片のはく落、タイル張り仕上げ層の欠損として対処する。また、構造体コンクリートの劣化を含む浮き(鉄筋が腐食して、かぶりコンクリートと一体になって浮きが生じているようなケース)では、単にタイル直張り仕上げ層の改修のみでなく別途検討が必要である。

上記以外の浮きについては、浮き発生箇所がタイル陶片のみであるか、構造体コンクリートと張付けモルタル間であるかを判定する。タイル陶片のみの浮きである場合は、図 3.20 に示した「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」または、タイル陶片を除去し、「タイル部分張替え工法」を適用する。

- (b) 次に、構造体コンクリートと張付けモルタル間で浮きが生じている場合には連続した 1 箇所の浮き面積が 0.25m^2 以上であるか、 0.25m^2 未満であるかを判断する。

0.25m^2 未満の場合は、「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」または、タイル直張り仕上げ層を除去し「タイル部分張替え工法」を適用する。

0.25m^2 以上の連続した浮きの場合には、タイル直張り仕上げ層を除去し「タイル部分張替え工法」を適用する。

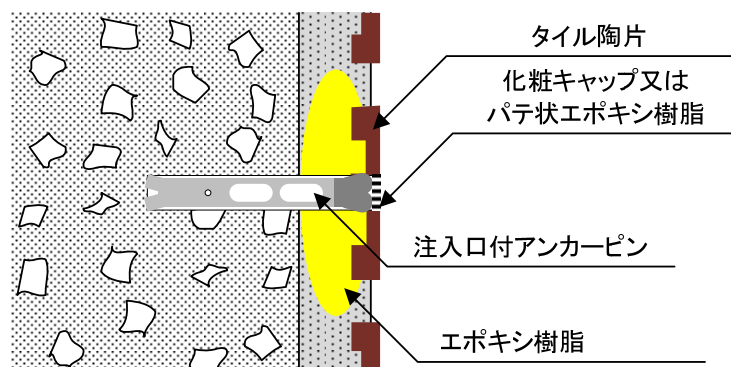


図 3.20 注入口付アンカーピンニング
エポキシ樹脂注入タイル固定工法

(6) タイル直張り仕上げ外壁の改修工事における留意点

① タイル部分張替え施工の注意点

外装タイル張り用有機系接着剤でタイル部分張替えを行う場合には、接着面に当初施工された吸水調整材が残っていると接着力が低くなる。このため、接着面はサンダー掛け等により吸水調整材を除去し粉塵をきれいに清掃した後、十分に乾燥させた状態で張付け施工を行う。すなわち、有機系接着剤によるタイル張りにおいて、水湿しや吸水調整材の適用は接着性を阻害するため注意が必要である。

② タイルの穿孔

改修標仕等で規定される補修工法のなかで「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」はタイル陶片浮きに適用する唯一の工法である。この際のタイルの穿孔には、タイル陶片中央部分に行うため無振動ドリルを使用する。

3.4.4 選定フローに関する浮き部改修の技術的課題

図 3.19 に示した選定フローについては、すべてが技術的根拠や実験データに裏付けられているというものではない。経験とエキスパートジャッジによる部分が多い。以下に、主要な技術的課題を整理する。

(1) タイル直張り仕上げ層のモルタルの厚さ

タイル直張り仕上げ外壁においても不陸調整や段差修正のための部分的なモルタル塗り等が行われる場合がある。また、張付けモルタルの厚さもタイルの形状や張付け工法により異なる。本節を担当した委員会の議論では、経験から判断して、下地調整や段差修正モルタルの厚さを含めて 10 mm 厚以上のモルタル層が存在すれば、同図に示した選定フローではなく、下地モルタルが存在する場合の改修工法選定フローが適用できると考えている。したがって、同図で提案しているのは不陸調整等のモルタルを含めた全モルタル層の厚さがおおよそ 10 mm 以下であることを前提としている。この点に関する実験・調査データの蓄積が望まれる。

(2)「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」

タイル陶片のみの浮き、 0.25m^2 未満のタイル張り層の浮きに対しては、「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」または「タイル部分張替え工法」が適用される。当然ながら、モザイクタイルのような小さいタイルに「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」を適用するのは効率的でない。また、タイル陶片の中央を 2 段掘り、皿掘りするためには一定以上のタイルの厚さが必要である。そのような理由から、「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」は小口タイル以上を対象としており、浮いているタイル陶片すべてに注入口付アンカーピンを打つことを原則としている。

一方、「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」のエポキシ樹脂の注入量はコンクリートとモルタル界面に注入する場合と異なり 25g/穴 より少なくてもよいが、既存の技術資料においても注入量については規定されていない。今後の課題である。

また、注入口付アンカーピンもタイル陶片のみの固定であれば、小径ものも考えられる。このような注入口付アンカーピンの評価も今後の課題として残されている。

(3)外壁複合改修構工法

図 3.19 の選定フローには示していないが、構造体コンクリートと張付けモルタルの間の浮きに対しては、外壁複合改修構工法(いわゆるピンネット工法)の適用も可能である。浮きの進展が予想される場合やはく落の危険性が高い部位等には適していると考えられる。

同図に外壁複合改修構工法が含まれていないのは、「改修標仕」で標準化されていないためである。

(4) (注入口付)アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法の適用可能性

本報告書の検討委員会の議論では、限定された条件の下で、工夫をすればモルタル下地が存在する場合と同じように(注入口付)アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法を適用できるという意見もあり、実際の適用事例も紹介された。しかし、条件によって、エポキシ樹脂の注入量や注入速度を変えたり、(注入口付)アンカーピンニングの本数や配置を変える必要があり、工法として標準化のなされている段階ではないと判断した。今後のデータ蓄積が必要である。

参考文献

- 1) 根本かおり他、「建築物の長期使用に対応した外装仕上げ・防水層の維持保全手法の開発 その 2 湿式外壁仕上げの繰返し補修に関する課題の抽出」日本建築学会大会学術講演梗概集 p.191-192 (2010)
- 2) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「建築改修工事監理指針 平成 22 年版(上巻)」 p.312-313 (2010)

3.5 注入口付アンカーピンについて

3.5.1 はじめに

タイル張り仕上げやモルタル塗り仕上げ外壁の浮き補修工法として、注入口付アンカーピンを用いた工法もこれまで数多く実施され、それまでの補修施工現場の声を反映し工法や材料の改良なども進んでいる。

国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編)平成 22 年度版」で示されている呼び径 $\phi 6$ mmの注入口付アンカーピンに加え、市場の注入口付アンカーピンを調べると呼び径 $\phi 6$ mm未満のものがあり、改修工事後の安全性確保のためにその評価が必要であることが確認された。また、既存の実験方法も評価試験用試験体の作製が難しく、また実験方法も難しいことから改善の声があったため、再検討することが必要であることがこれまでの調査から認識できた。

本検討では、施工現場における至急の検討課題である注入口付アンカーピンの品質等について評価試験方法の今後の課題の抽出、整理した。

3.5.2 注入口付アンカーピンの品質

- a)注入口付アンカーピンは、均質で、油脂分や汚れなど接着に有害と認められる異物の付着があってはならない。
- b)注入口付アンカーピンは、穿孔部に挿入の後、専用の打込み工具で容易に開脚し、躯体に固着できるものでなければならない。
- c)注入口付アンカーピンは、「試験方法」によって試験し、表 3.26 の規定に適合しなければならない。

表 3.26 品質

試験項目	試験条件	ピンの種類		
		T	D	
引抜き強度	23±2°C	1,500N/本以上	1,500N/本以上	
モルタル部からの頭抜け強度		1,000N/本以上	1,000N/本以上注	
せん断強度		エポキシ樹脂を注入した場合	100 kN/体以上	100 kN/体以上
		ピンのみの場合	2,500N/本以上	2,500N/本以上
漏れ性能		漏れのないこと	漏れのないこと	

3.5.3 注入口付アンカーピンの種類

現在、現場で普及している注入口付アンカーピンの呼び径および長さ種類について表 3.28 に整理したので参考にされたい。また、写真 3.15 に注入口付アンカーピンの画像を示した。

表 3.27 種類および記号

種類	記号	区分内容
テーパ型	T	頭部の形状がテーパ状で、この部分が穿孔部仕上げ面と密着してエポキシ樹脂の漏れを防ぐタイプ
段付型	D	頭部の径がアンカーピンの外径より大きく、この部分が穿孔部仕上げ面と密着してエポキシ樹脂の漏れを防ぐタイプ

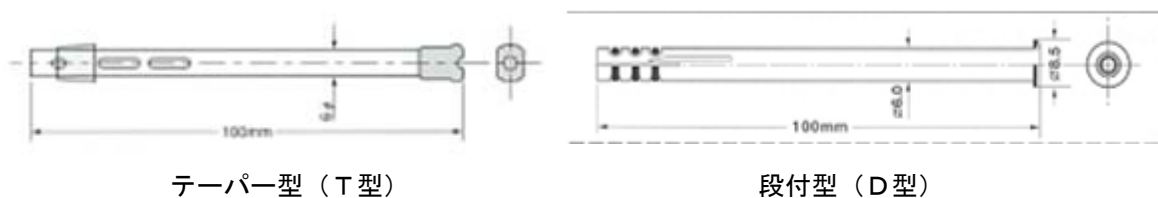


図 3.20 注入口付アンカーピン形状の例

表 3.28 普及している注入口付アンカーピンの種類

No.	会社名	ピン記号	径 mm	長さ mm	適用仕上げ厚さ mm <small>※カタログより抜粋</small>
1	D社	SSP-650	6	50	10～30
		SSP-670	6	70	30～50
		SSP-610	6	100	特殊用途(受注生産)
2	R社	GNA-43	6	43	10～30
		GNA-68	6	68	30～60
		MNA-43	6	43	10～30
		MNA-68	6	68	30～60
		PNA-50	6	50	10～30
		PNA-70	6	70	30～60
3	K社	CPE-650	6	50	10～30
		CPE-670	6	70	30～50
		CPE-610	6	100	50～80(受注生産)
		CPE-550	4.7	50	10～30
		CPE-570	4.7	70	30～50
4	I社	DB4.5-45R	4.5	45	記載なし
		DB4.5-55R	4.5	55	同上
		DB6-45R	6	45	同上
		DB6-55R	6	55	同上
		DB6-75R	6	75	同上
		DB6-100R	6	100	同上
		PA4.5-45R	4.5	45	同上
		PA4.5-55R	4.5	55	同上
		PA6-45R	6	45	同上
		PA6-55R	6	55	同上
		PA6-75R	6	75	同上
		PA6-100R	6	100	同上
5	NS社	50	6	50	10～30
		70	6	70	30～50
		100	6	100	特殊用途(受注生産)

写真 3.15 注入口付アンカーピンの種類(1/2)




種 類	形 状
D社 (T型)	
R社 (D型)	
K社 (T型)	

写真 3.15 注入口付アンカーピンの種類(2/2)

<p>I 社その① (D 型)</p>	
<p>I 社その② (D 型)</p>	
<p>N 社 (T 型)</p>	

3.5.4 注入口付アンカーピンの課題と展望

注入口付アンカーピンは、呼び径が $\phi 6$ mmのものについては、(社)建築研究振興協会が注入口付アンカーピンの品質・性能評価についてまとめた際に評価試験を実施し、品質が確認されている。同様に径が $\phi 6$ mm以下のピンについても、品質・評価試験を実施し、現場で使用されるピンの施工品質を確保することが必要である。

このため、品質・評価試験方法を簡便なものとし、公共の試験機関でも実施でき、ピンメーカーが評価試験を受けやすくするため、(社)建築研究振興協会の「注入口付アンカーピンの品質・評価試験」の試験方法の見直しを今後の検討で図ることが必要である。

参考として(社)建築研究振興協会報告書を[別添資料D]に掲載する。

3.6 まとめ

本章では、直張り工法によるタイル張り仕上げ外壁の合理的な改修工法、外壁複合改修構工法により改修された外壁の耐久性予測とその具体的な保全技術について検討を行った。

タイル張り仕上げ外壁およびセメントモルタル塗り仕上げ外壁を長期的に保全する上で、以下のような技術的な課題が残されており(3.2.3の再掲)、今後も検討を続ける必要がある。

- ①外壁仕上げの補修後検査および劣化診断における浮き検出に関する問題
- ②ひび割れ補修近傍に生じる新しいひび割れおよび再補修に関する問題
- ③外壁複合改修構工法で改修された壁面の2回目以降の改修工法に関する問題
- ④タイル下地モルタルに軽量モルタルが用いられていた場合の補修工法の問題
- ⑤弾性接着剤で補修した箇所の打音検査の信頼性と再補修工法(既存接着層の除去等)に関する問題

[参考文献]

- 1)国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編)平成22年度版」, (財)建築保全センター
- 2)国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「建築改修工事監理指針(平成22年度版)」, (財)建築保全センター
- 3)「注入口付アンカーピンの品質・性能基準(1998年)(2002年3月改訂)注入口付アンカーピン品質・性能基準検討委員会」, (社)建築研究振興協会
- 4)「建築物の長期使用に対応した材料・部材の品質確保ならびに維持保全の開発に関する検討委員会 平成21年度報告書」, 独立行政法人建築研究所

4. 外壁を構成する各種乾式パネルおよびパネル間の防水材料

(プレキャストコンクリート, ガラス (パネル), ALC パネル, 押出成形セメント板 (ECP), アルミパネル, アルミサッシ, シーリング材, ガスケット)

4.1 適用範囲

本章では、接合部を含む乾式工法の外装材を対象とした、建築物の長期使用のためのメンテナンスや補修・改修に関する調査・検討結果を示す。具体的には、鉄筋コンクリート造、鉄骨造および鉄骨鉄筋コンクリート造などの躯体に用いるプレキャストコンクリート・アルミニウム・ガラスの各種カーテンウォール、ALC パネル、押出成形セメント板（ECP）、サッシ、ならびに、シーリング材およびガスケットを対象として検討した。なお、総合技術開発プロジェクト「建築物の耐久性向上技術の開発」（通称、耐久性総プロ）では、アルミニウムカーテンウォールおよびサッシ（耐久性総プロでは、アルミニウム合金外装および開口部材）以外の外壁材は検討されていなかったが、近年超高層建築物が急増しそれに伴いこれらの部材を外壁にもつ建物が増加したことから、今回新たに検討対象とした。図 4.1 に、カーテンウォール及びパネル・サッシの部材構成と補修方法の関係を示す。表 4.1 には各種外装材と接合部の関係を示す。

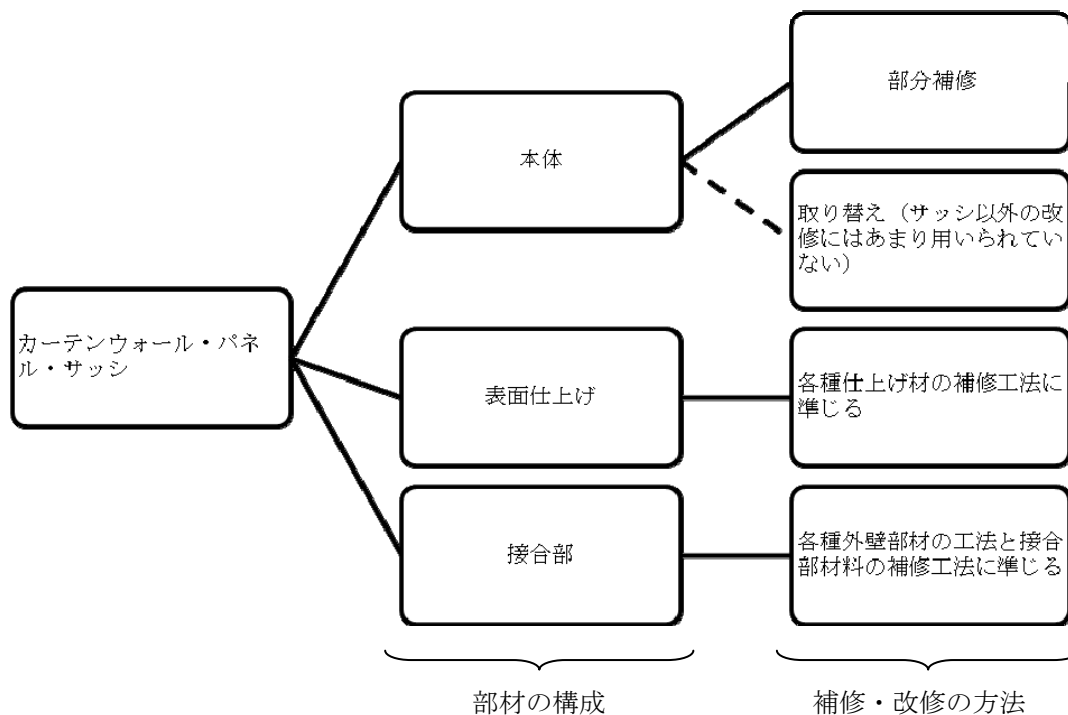


図 4.1 カーテンウォール・パネル・サッシの構成と補修・改修方法

表 4.1 外装材と接合部の組合せ整理

パネル 接合部	PCカー テンウォ ール	アルミカー テンウォ ール	ガラスカー テンウォ ール	ALCパネ ル	押出成形 セメント 板	サッシ
シーリング	○	○	△	○	○	○
ガスケット	○	○	○	—	○	○

(注) ○は主として用いられ、△はやや副次的、—は殆ど用いられない

また、検討内容を表 4.2 に示す。

表 4.2 検討事項

プレキャストコンクリート板	劣化現象	劣化現象と劣化要因の関係	現状行われている劣化診断	現状行われている補修改修	各種材料及び工法の変遷	劣化見本帳の作成	整理表の作成	新築時の 施工事例
ガラス								
アルミパネル								
ALC								
押出成形セメント板								
開口部								
接合部 (シーリング材)								
接合部 (ガスケット)								

4.2 各種外装材の現状

本節では、維持保全や劣化調査、改修計画に役立てることを目的とし、各種外装材の劣化現象および劣化を引き起こす主な要因との関係、現状行われている劣化診断および補修・改修の方法について調査し整理した。また、建物が建設された時代から材料の推定とその材料の劣化発生や進行について予測を行うための基礎データとして用いる目的で、各種材料および工法の変遷についても整理を行った。

4.2.1 プレキャストコンクリートカーテンウォール

(1) 材料と工法の特徴

1) 対象とする材料

プレキャストコンクリートカーテンウォールは、主要構成部材にコンクリート系材料を用いたもので、工場生産による鉄筋コンクリートパネルに、塗装仕上げやタイル打込み仕上げ等の表面仕上げ材を施した高い意匠性を持ち、かつ、外壁材に要求される耐風、耐震、耐火、水密、気密、断熱、遮音といった各種性能も兼ね備え、中高層ビルの外壁材に多用されている。

プレキャストコンクリートカーテンウォールの設計・施工および維持保全に関わる規格・指針・仕様書等は表 4.3 に示す通りである。

表 4.3 設計・施工および維持保全に関わる規格・指針・仕様書等

代表的な規格 (主に使用材料 に関するもの)	・コンクリートに使用する材料は、(社)日本建築学会「JASS5 鉄筋コンクリート工事」4 節コンクリートの材料に準じる。その他は以下による。 JIS G 3112 鉄筋コンクリート用棒鋼 JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 その他
構造設計基準等	(社)日本建築学会 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (社)日本建築学会 鋼構造設計規準
標準仕様書	(社)日本建築学会「JASS14 カーテンウォール工事」 (社)日本建築学会「JASS 8 防水工事」 (社)日本建築学会「JASS 9 張り石工事」 (社)日本建築学会「JASS19 陶磁器質タイル張り工事」 (社)日本建築学会 外壁接合部の水密設計及び施工に関する技術指針・同解説 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「公共建築工事標準仕様書(建築工事編)」 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「建築工事監理指針」
劣化調査・診断に 関する指針類	(社)日本建築学会 「建築物の調査・診断指針(案)・同解説」
補修・改修に関する 指針・仕様書等	(社)日本建築学会 「JASS 15 左官工事」 日本建築仕上学会 「外壁仕上げの損傷事例 原因と対策」

また、プレキャストコンクリートカーテンウォール仕上別受注面積推移(繊維コン除く)を図 4.2 に示す。

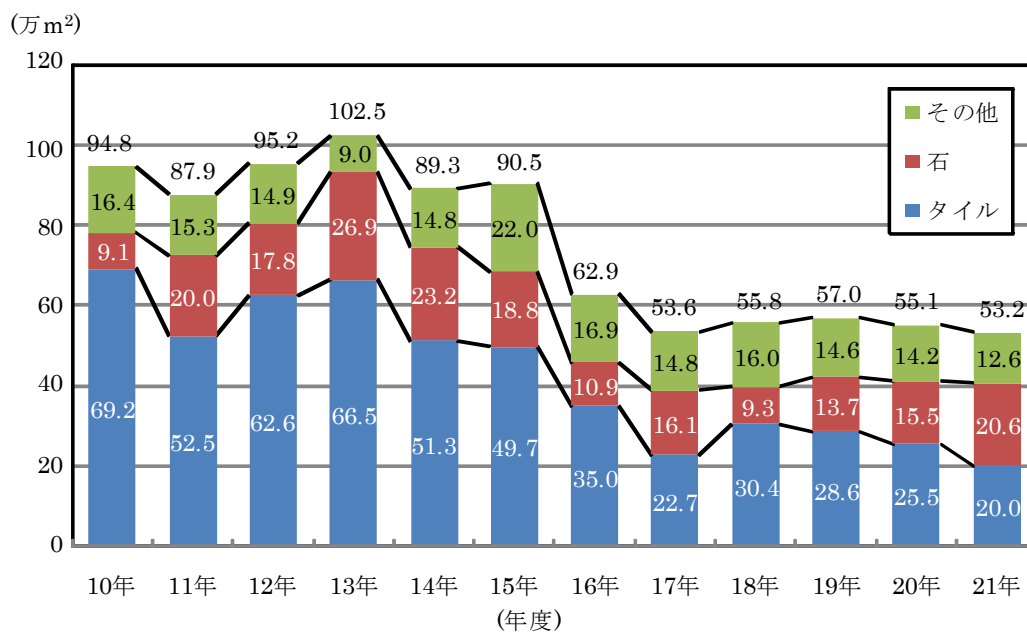


図 4.2 プレキャストコンクリートカーテンウォール仕上別受注面積推移
(繊維コン除く)

2) 工法(取付け構法)の特徴

プレキャストコンクリートカーテンウォールは、パネルの形状から図 4.3 から図 4.6 に示すように分類されている。

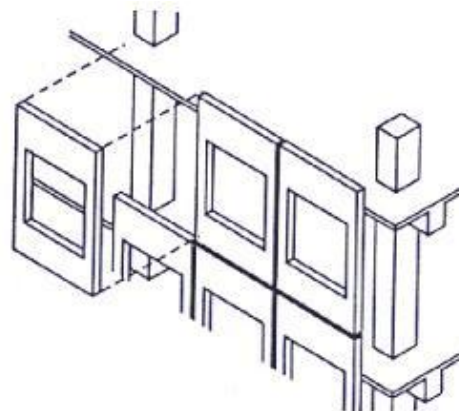


図 4.3 層間形式 (壁パネルタイプ)

プレキャストコンクリートカーテンウォールは、2層にまたがって取り付けられ、壁面を構成する。地震時には、ロッキング、スウェイなどと称される各方式で直接層間変位を吸収する。

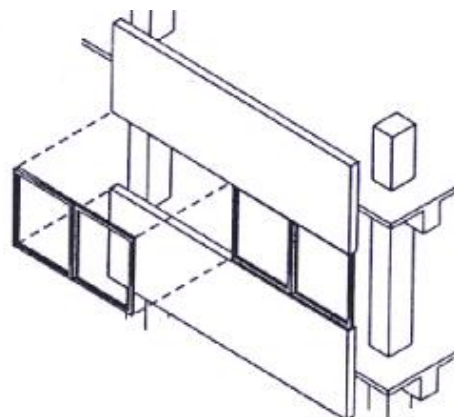


図 4.4 スパンドレル形式 (横連窓タイプ)

開口部のガラスを横に連続させて、床と天井に取り合う壁部分を1枚のプレキャストコンクリート板で構成する形式。プレキャストコンクリート板は各取付け階の構造梁に固定されるため、層間変位は開口部分のサッシのみで吸収される。

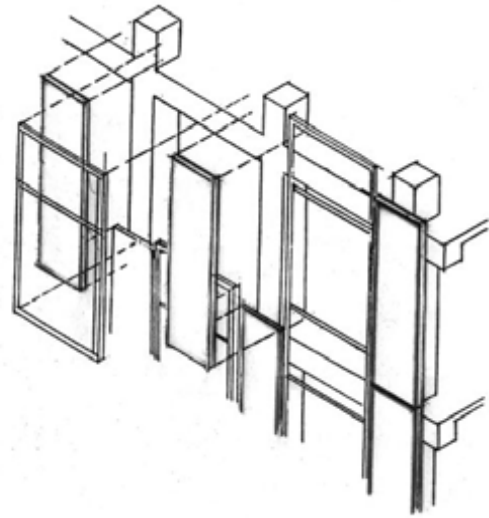


図 4.5 柱カバー形式（縦連窓タイプ）
 取付け階の構造柱を覆う形で取付けられる。2層にまたがる形式で取付けられるため、ロッキング方式などで直接層間変位を吸収する。

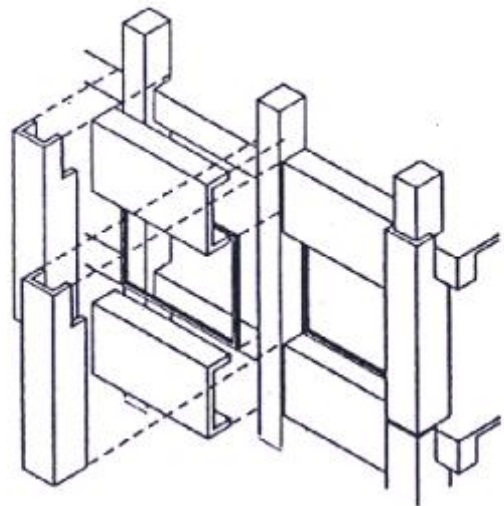


図 4.6 柱・梁カバー形式
 スパンドレルと柱カバーの複合形式で、
 層間変位の処理方法はそれぞれの形式と同様である。

層間変位の吸収方式を以下に示す。

a. ロッキング方式

層間変位を図のようにプレキャストコンクリート板の回転に置き換える手法で、高層ビルや鉄骨造の建物の最も多く採用されている。

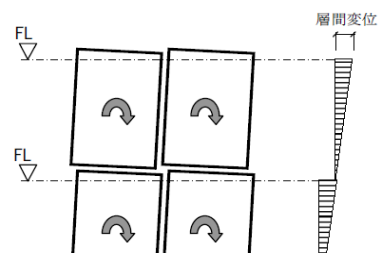


図 4.7 ロッキング時の挙動

b. スウェイ方式

日本にプレキャストコンクリートカーテンウォールが出現した当初から採用されている方式。プレキャストコンクリート板の上部または下部を固定し、他端をスライドさせることで層間変位を吸収する手法で、ホテルなど比較的階高の低い用途の建物の、横長のプレキャストコンクリート板に適している。

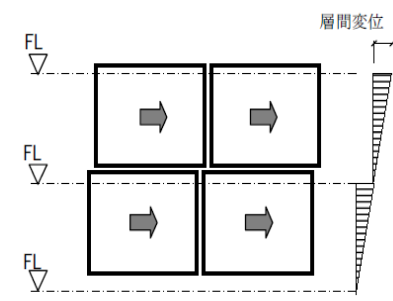


図 4.8 スウェイ時の挙動

(2)劣化の種類と診断技術

1)劣化の原因と現象

代表的な劣化現象と劣化要因の関係を表 4.4 に示す。

表 4.4 「劣化現象」と「劣化要因」の関係 (参考)

現象 要因		中性化	鉄筋等の腐食	ひびわれ	表面劣化	大撓み	漏水	耐力低下	汚れ(美観)	部分欠損・はく落
		材料表面層に関する劣化 ↓↓↓ 材料に関する劣化	塵埃							
紫外線										
CO ₂	○									
酸(酸性雨)					②					
アルカリ										
生物										
大気中の塩分			○					③		
温度・熱	○				④					⑤
水(結露、雨)	○		○		○			○		⑥
風										
下地ムーブメント										
異種材料・異種金属										⑦

以下に注意点を記す。

- ①塵埃による汚れに対し、近年、表面仕上げ材としての塗装やタイルに、親水機能や光触媒技術を応用して汚れを防ぐ試みがなされている。
- ②立地環境によるが、通常の建物では酸(酸性雨)による劣化の指摘は少ない。
- ③屋上階のプレキャストコンクリート板の裏面が外部に露出するようなケースでは、プレキャストコンクリート板の溶融亜鉛めっきされた取り付け金物も暴露され、めっきの付着量が少ないエッジ部から腐食が進行する。長期的にはタッチアップによるメンテナンスが必要。

- ④寒冷地で軽量コンクリートを使用した場合、凍結融解作用による表面劣化が生じることがある。
- ⑤外気温の変化や日射によりプレキャストコンクリート板には反り変形や熱伸縮歪が生じるため、物性の違いに配慮した仕上げ工法が検討されていないと、仕上げ材のはく離といった事故につながる。
- ⑥仕上げ材の裏面の隙間に雨水が浸透し、凍結融解作用によって仕上げ材がはく離することがある。
- ⑦プレキャストコンクリート板へアルミサッシ枠を打ち込む工法が一般的となっているが、コンクリートとアルミの熱伸縮差に対する配慮の欠けた設計を行うと、コンクリートへクラックが発生する原因となる。

2) 劣化診断の方法

表 4.5 に劣化現象と代表的な劣化調査方法を示す。また、補修の可否については

表 4.6 に示す。

表 4.5 劣化現象と代表的な劣化調査手法

劣化現象	代表的な調査方法
汚れ(美観)	目視
部分欠損・はく落	目視
表面劣化	目視
ひびわれ	目視を主体に、クラックスケール、メジャー等で幅、長さを記録
中性化	フェノールフタレイン容液による呈色反応
鉄筋等の腐食	目視(錆汁など)を主体に打診検査もあわせて判断
仕上げ材はく離	タイルの付着については打診検査にて判断。場合によって、サンプリングによる付着試験を実施。
シーリング材	目視を主体に、ひび割れ、はがれ、硬度変化を指触で確認、記録する。サンプリングし、物性試験を実施する。

表 4.6 補修の要否

補修の必要性	損傷状況
補修を必要としない	損傷が認められない場合
当面補修を必要としない	ごく微細なひび割れや、錆汁が認められる場合
いずれ補修が必要	ひび割れ、錆汁、あるいは隔離が部分的に認められる場合
補修が必要	ひび割れ、錆汁、はく離、あるいははく落が連続的に認められる場合
緊急に補修が必要	鉄筋の露出や破断、またはコンクリートの断面欠損、仕上げ材のはく落の危険のあるはく離が認められる場合

(3) 長寿命化に関する技術の現状

1) 耐久設計の考え方

プレキャストコンクリートカーテンウォールの耐久性という観点からは、一般に次のような点に注意して設計、製造が行われる。

- a. コンクリートの中性化の抑制、鉄筋かぶり厚の確保、プレキャストコンクリート板のひび割れ防止
- b. 表面吹付け塗装の耐久性と再塗装方法
- c. 打込みタイルのはく離・はく落防止
- d. 石打込み工法のはく落防止

2) 補修・改修の方法

プレキャストコンクリートカーテンウォールの改修については、プレキャストコンクリート板自体を取り替えることは、可能ではあるが重機が必要となり作業が大がかりで困難であり、現時点では取り替え工法は考えられていない。一方で、外壁複合改修構工法（ピンネット工法）やパネル類などにより、劣化した仕上げ面を表面からカバーする改修工法の適用は可能であろう。

プレキャストコンクリート板のコンクリートの劣化については、補修による成形補修を施す。鉄筋のかぶり不足に起因している場合は、腐食した鉄筋を除去し、構造的に必要な鉄筋を添えて埋め戻す。

表面仕上げ材の劣化については、塗装は塗装仕上げの補修工法というように各種仕上げ材の補修工法に則っておこなう。例えば、タイル仕上げ材のはく離に対しては、湿式タイル張り仕上げのはく離補修と同様に、アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法が採用される。

3) 補修・改修事例

タイル先付け工法における鉄筋の最低かぶり厚 20mm を確保するために、設計かぶり厚

を 30mm で設計する。この際、25mm 用のプラスチックスペーサーを使用し、タイルからスペーサーを 5mm 程度浮かして鉄筋をセットする。



(4) 長寿命化を達成するための課題

タイル先付けプレキャストコンクリート部材の中で需要の多いモザイクタイル仕上げ部材の製作は、コンクリート打設の際のバイブレーターでタイルがずれる・割れる等の不具合が生じやすく、これに配慮してバイブレーターを控えめにすると豆板ができるなど品質管理が特に難しい。製造時の問題によりタイルのはく落につながる欠陥が多く生じるため、タイル先付けプレキャストコンクリート部材に適したコンクリート打ち込み方法の見直しなどが期待される。

4.2.2 アルミ外装材

(1) 材料と工法の特徴

1) 対象とする材料

アルミ外装材は、建築物の外壁や窓として使用するものについて、JIS A 4706 に規定され一般的には、スイング系は、開閉力、開閉繰り返し耐久性能等が、またスライディング系は、スイング系の性能に加え、戸先かまち強さ等が規定されている。

アルミパネル改修においては、意匠性、平面性、表面の耐候性等が要求される。

耐風圧性（S等級）、気密性（A等級）、水密性（W等級）、遮音性（T等級）、断熱性（H等級）は規定されている。

また、建築基準法からの要求から防火性が必要な場合がある。外装改修の設計・施工および維持保全に関わる規格・指針・仕様書等は、表 4.7 に示す通りである。

表 4.7 設計・施工・維持保全に関わる規格・指針・仕様書等

代表的な規格	JIS A 4706 サッシ
構造設計基準等	国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「建築工事監理指針」
標準仕様書	(社)日本建築学会編「JASS16 建具工事」 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「公共建築工事標準仕様書（建築工事編）」
補修・改修に関する指針・仕様書等	国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「公共建築改修工事標準仕様書」・「建築改修工事監理指針」

工法の分類を図 4.9 に示す。

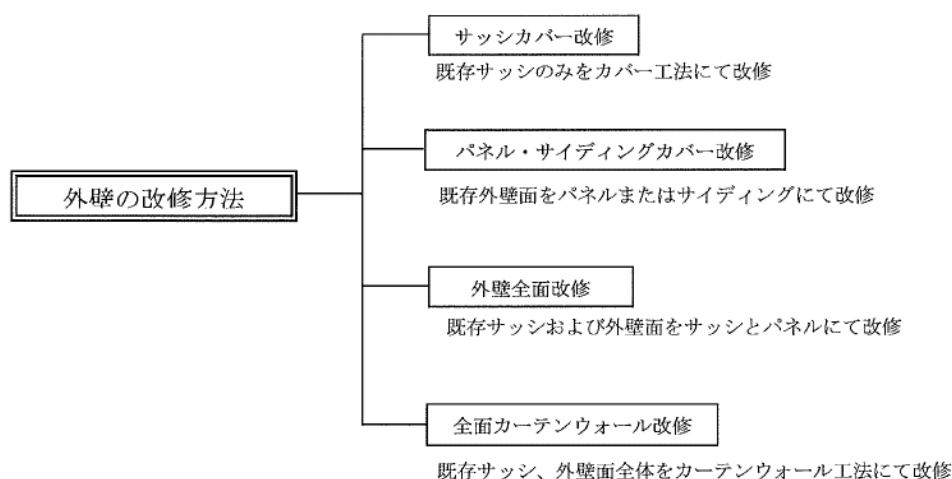


図 4.9 工法の分類

新設における出荷量・実績については、まとまった資料はない。改修における出荷量・実績については、参考として、協会 会員企業の売上高でまとめたものを図 4.10 に示す。

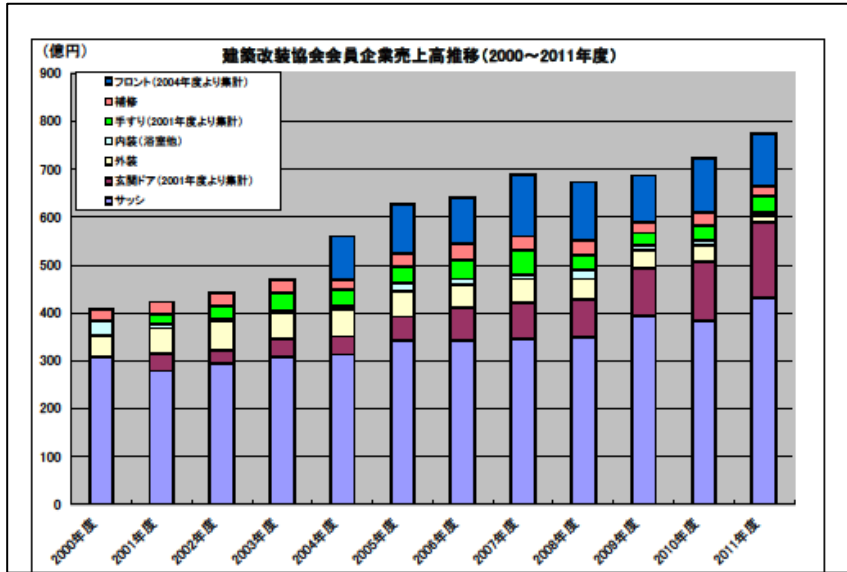


図 4.10 改装関連の売上高²⁾

2) 工法の変遷

図 4.11 にサッシに対する各種要求性能の変遷を示す。

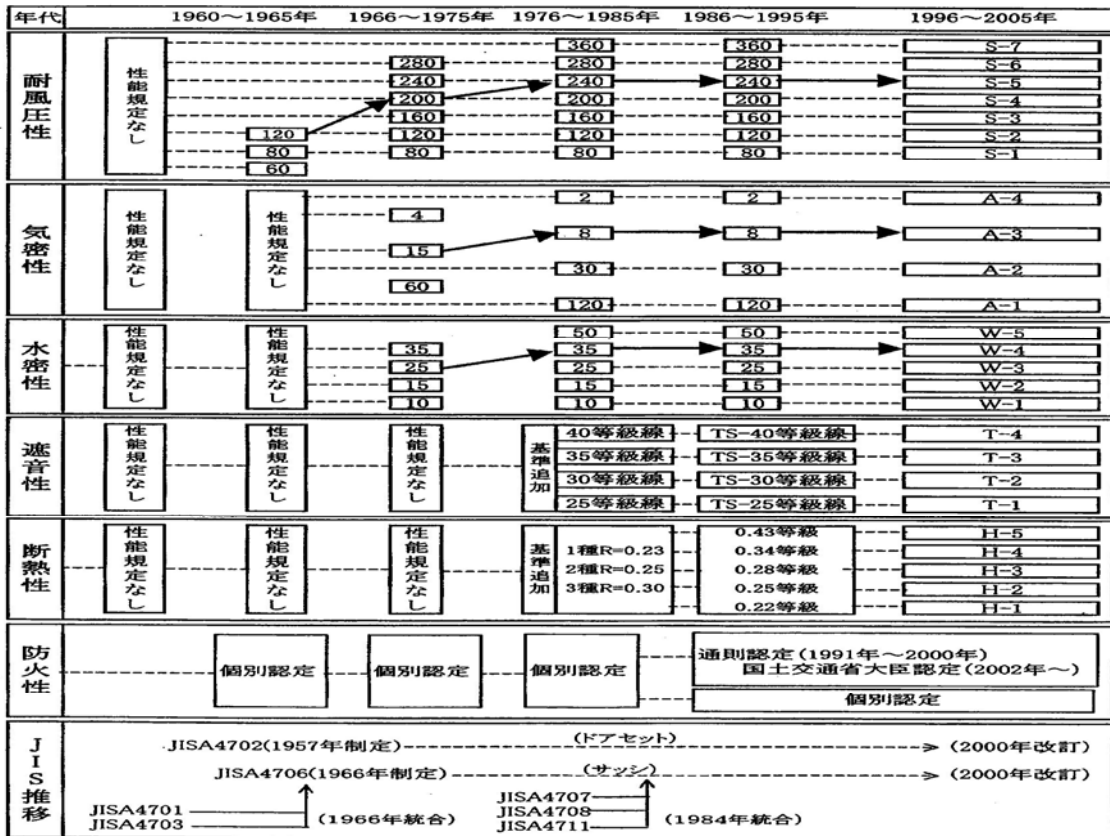


図 4.11 サッシに対する要求性能の変遷¹⁾

(2) 劣化の種類と診断技術

1) 劣化の原因と現象

代表的な劣化現象と劣化要因の関係を表 4.8 に示す。

表 4.8 「劣化現象」と「劣化要因」の関係

現象 要因		鉄筋等の腐食	ひびわれ	表面劣化	大撓み	漏水	耐力低下	汚れ(美観)	部分欠損・はく落	サッシの機能不良
		材料表面層に関する劣化 ↓↓↓ 材料に関する劣化	塵埃							○ ●
紫外線				○ ●						
有害ガス (SO ₃ , H ₂ S、その他)				○ ●						
酸 (無機酸・有機酸)				○ ●						
アルカリ				○ ●						
生物										
大気中の塩分				○ ●				○ ●		○
凍結融解										
温度・熱						●				
水 (結露、雨)						○ ●		●		
風					●	○	●			
下地ムーブメント										
異種材料・異種金属										

※ ○・・・サッシを表す ●・・・パネルを表す

2) 劣化診断の方法

調査内容によって、「目視」「触手」「機械診断」と区分けしている。特に可動する窓においては、機能上の不具合などが多く、その劣化診断が主となっている。図 4.12 に劣化調査のフローを、表 4.9 に調査概要を示す。また、図 4.13 に劣化診断のフローを示す。

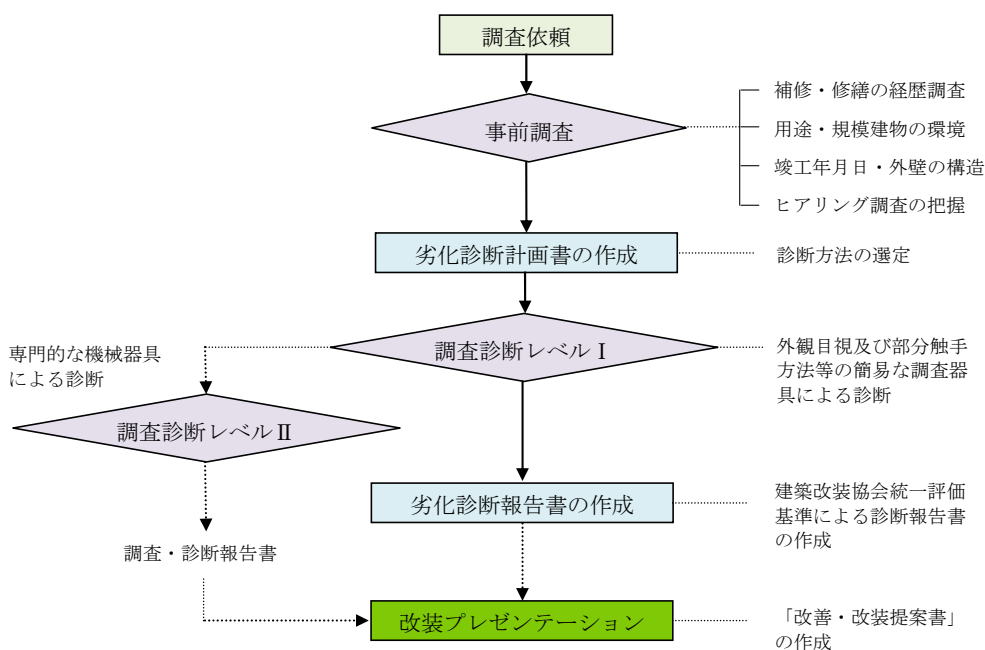


図 4.12 サッシの劣化調査に関するフロー¹⁾

表 4.9 サッシの劣化調査の概要 ²⁾より構成

調査レベル	調査内容	調査方法
調査診断レベル I	安全性・操作性・機能性・表面処理の劣化状況を調査	目視、触手、打診、計測(パネ秤、直尺、スケール、鏡、ウェス、ドライバー、テストハンマー、ノギス、ガラス板厚測定器、ルーペ、トルクレンチ)
調査診断レベル II (サッシ・玄関ドア)		レベル I 調査診断+障子(扉本体)の取外し及び分解調査、シール材料の切り取りサンプル分析、腐食生成物の分析、レーティングナンバー照合、残存膜厚の計測

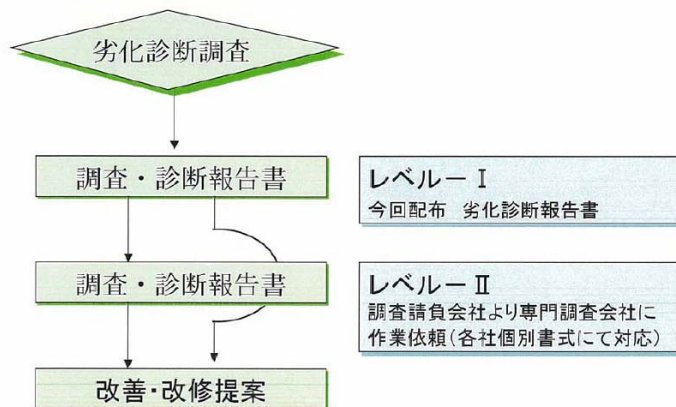


図 4.13 サッシの診断に関するフロー³⁾

(3) 長寿命化に関する技術の現状

1) 耐久設計の考え方及び耐久設計の事例

アルミ外装材に関して外壁の耐久設計の考え方および事例については、特にまとめていない。

2) 補修・改修の方法

サッシの改修工法の選択フローについて図 4.14 に示す。図に示す通り、「かぶせ工法」「撤去工法」に区分けされる。近年、住宅（集合住宅）では、「かぶせ工法」が主流となっている。これは居住しながらの改装が可能のためである。一方、非住宅では、「かぶせ工法」「撤去工法」で改修されている。

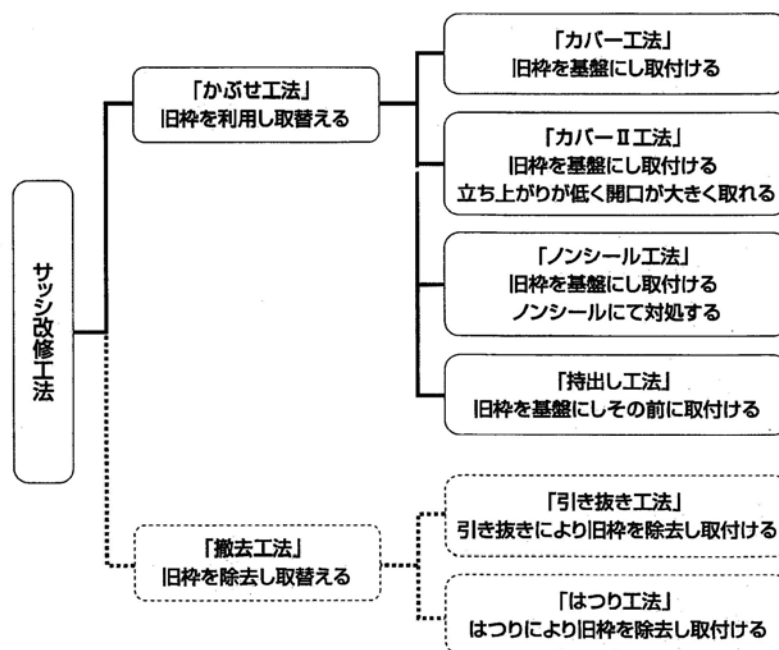


図 4.14 サッシの改修工法の選択⁴⁾

3) 補修・改修事例

以下に補修・改修事例を示す。



外壁腰部をパネルにて改修した例



窓、外壁を、サッシ・パネルにて改修した例



外壁全体をカーテンウォールにて改修した例

(4) 長寿命化を達成するための課題

1) アルミサッシ部分

・長期間にわたり、安全に使用するためには、サッシの機能に関する部品（戸車・軸・締り・気密材等）の定期的なメンテナンスや交換を考慮する必要がある。

2) パネル、サイディング部分

・表面が外気にさらされる事により、白化や点食等の経年劣化が考えられる。劣化を防止するためには、定期的な清掃等のメンテナンスが重要となる。

・分割目地部の止水シーラントの劣化防止のため、劣化調査やシール打ち替え等の定期的なメンテナンスが必要。

参考文献

- 1) 建築改装協会編：I N F O R M A T I O N
- 2) 建築改装協会編：劣化診断の進め方
- 3) 建築改装協会編：外壁改修工法に係る 標準設計仕様と施工指針
- 4) 建築改装協会編：かぶせ工法 標準仕様と施工指針概要

4.2.3 板ガラス

(1) 材料と工法の特徴

1) 対象とする材料

主に、JIS R 3202 フロート板ガラスおよび磨き板ガラス、JIS R 3203 型板ガラス、JIS R 3204 網入板ガラスおよび線入板ガラス、JIS R 3205 合わせガラス、JIS R 3206 強化ガラス、JIS R 3208 熱線吸収板ガラス、JIS R 3209 複層ガラス、JIS R 3221 熱線反射ガラス、JIS R 3222 倍強度ガラス、に規定されたガラスを対象とする。

また、板ガラス、複層ガラス、安全ガラス（合わせガラス、強化ガラス）のここ10数年間の国内生産量推移および海外地域別輸入推移を図4.15～図4.21^{1),2)}に示す。

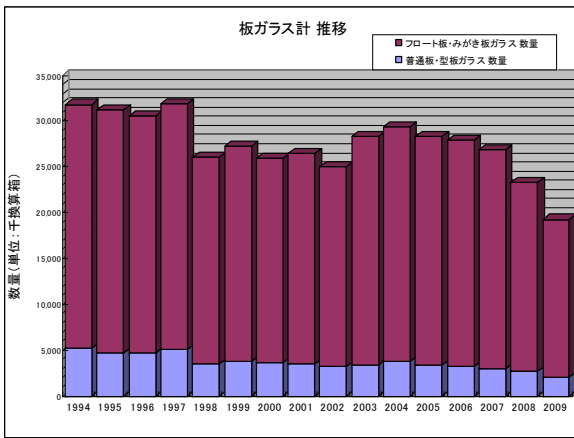


図 4.15 板ガラス計 推移

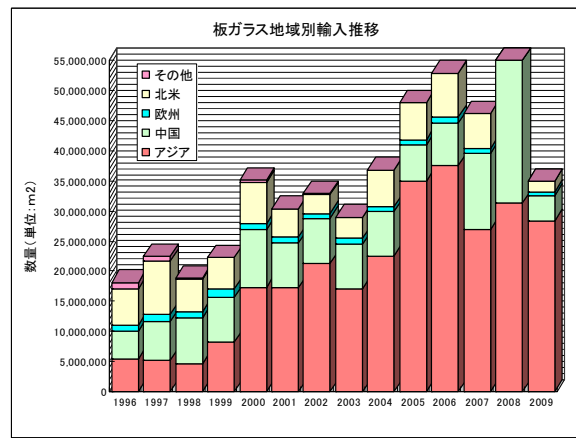


図 4.16 板ガラス地域別輸入推移

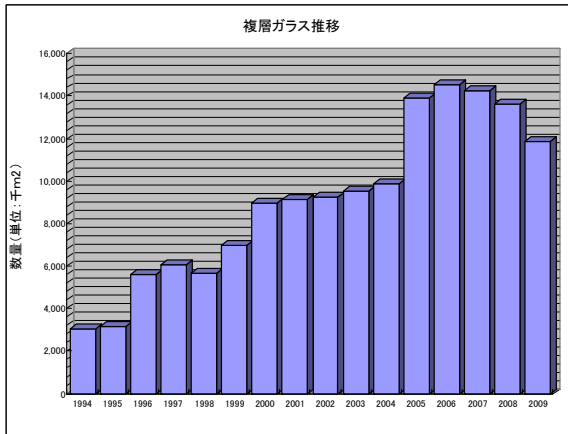


図 4.17 複層ガラス 推移

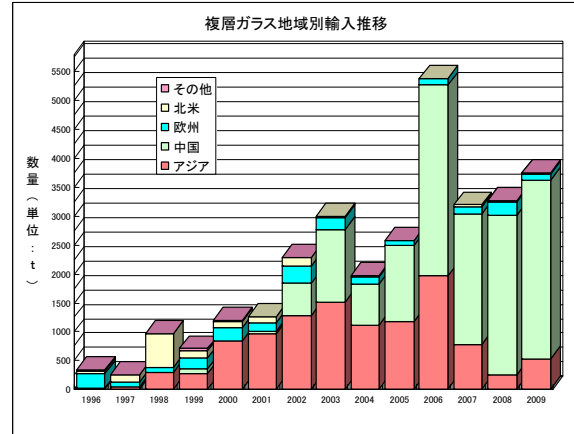


図 4.18 複層ガラス地域別輸入推移

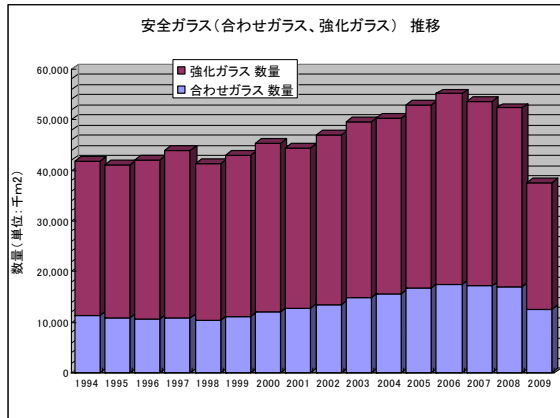


図 4.19 安全ガラス（合わせガラス、強化ガラス）推移

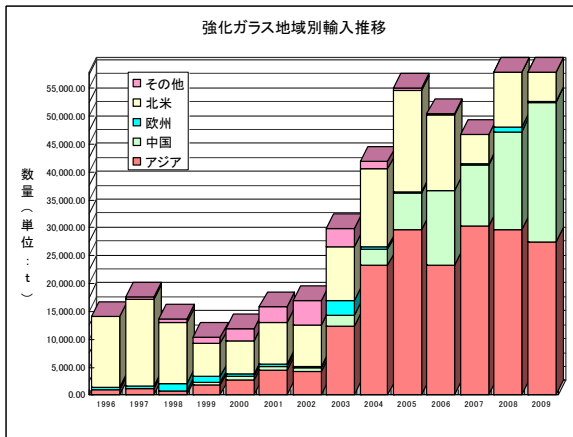


図 4.20 強化ガラス地域別
輸入推移

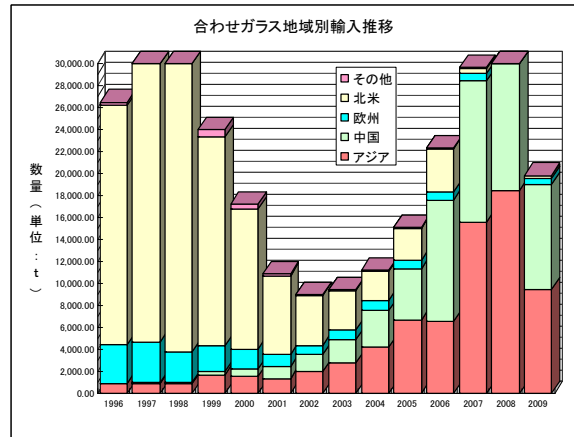


図 4.21 合わせガラス地域別
輸入推移

3) 工法（取付け構法）の特徴と変遷

JASS17（ガラス工事）³⁾に記載されている工法（構法）を表 4.10 に示す。

表 4.10 工法

構法		備考
はめ込み構法	(1)不定形シーリング材構法 (2)グレージングガスケット構法 (3)構造ガスケット構法	建築物外周壁部
	(4)トップライト構法	建築屋根部
ガラススクリーン構法	(1)自立型および吊下げ型ガラススクリーン構法	
	(2)DPG 構法	
	(3)その他 ①ガラスを部分的に支える構法（MPG 他） ②強化ガラスドア構法 ③ガラス手すり構法 ④ガラス防煙垂れ壁	
SSG 構法	(1)1 辺 SSG 構法 (2)2 辺 SSG 構法 (3)3 辺 SSG 構法 (4)4 辺 SSG 構法	(3)と(4)の国内実績はほとんどなし
張付け構法	適用部位は、室内の壁、柱および天井なので、本構法は除外。	

(2) 劣化の種類と診断技術

1) 劣化の原因と現象

代表的な劣化の原因と現象の関係を以下の表 4.11 に示す。

表 4.11 劣化の原因と現象

現象 要因		中性化	鉄筋等の腐食	ひびわれ	表面劣化	大撓み	漏水	耐力低下	汚れ(美観)	部分欠損・はく離	ヤケ	内部結露	はく離	熱反射膜の腐食	
		材料表面層に関する劣化 ↓↓↓ 材料に関する劣化	塵埃								△				
紫外線												□	○		
有害ガス (SO ₃ , H ₂ S、 その他)														△	
酸(無機酸・ 有機酸)									■					△	■
アルカリ									■					△	■
生物															
大気中の塩分															
温度・熱									■				□	○	■
水(結露、雨)			▲						● ■			●	□	○	■
風															
下地ムーブメント															
異種材料・異種金属										△				○	

e x. ●ガラスのヤケ ▲網入りガラスの鏽割れ ■熱線反射膜の腐食

○合わせガラスのはく離 □複層ガラスの内部結露

△光触媒コーティング イージークリーニングガラスの汚れ・はく離

2) 劣化診断の方法

目視検査。複層ガラスは目視検査以外に必要な応じて露点温度測定。

※異常品の補修等は、正常品に交換するため、行わない。

(3) 長寿命化に関する技術の現状

1) 耐久設計の考え方

劣化予測（耐候性試験等）の例を表 4.12 に示す。

表 4.12 劣化予測（耐候性試験等）

試験	
加速耐久性試験	<ul style="list-style-type: none">・ JIS 加速耐久性試験・ 煮沸試験・ 高温高湿試験・ 酸アルカリ浸漬試験・ S-WOM 試験(カーボンアーク、キセノン)・ M-WOM 試験・ シグマ試験・ アリゾナ曝露試験・ アリゾナエマキュア試験 等々
屋外天然曝露試験	<ul style="list-style-type: none">・ 各社曝露場・ 沖縄・ 銚子 等々

2) 耐久設計の事例

網入りガラス、合わせガラス、複層ガラスなどは、サッシ下辺の水抜き穴がないと、サッシ下辺に溜まった水分の影響を受け、耐久性が著しく低下するので注意が必要である。

3) 補修・改修の方法

ガラスは、現場補修・改修ができないので、劣化異常と判断の場合には新品と交換するのが通常の方法である。

4) 補修・改修の事例

特に事例ない。

(4) 長寿命化を達成するための課題

1) 網入りガラス

錆割れは避けられない問題であり、ワイヤレスの防火ガラスへ移行することが可能になるような法整備が課題となる。

2) 複層ガラス

①水分や封着剤と反応する化学物質を含んだものとガラスの小口が接触することがないように納まりの遵守徹底

②より耐久性の高い1次封着剤および2次封着剤の開発

③封着を有機材料に頼らない真空ガラスの普及を促進するための法・規格の整備、専用サッシの開発

などが課題となる。

3) 光触媒コーティング イージメンテナンスガラス

①清掃計画がきちんとしていないとコスト削減のメリットを訴求できない

②ガラス品種によってはコーティングができない場合がある

③コーティング膜の耐久性は半永久的ではないため、現場での再コーティングが必要となる

④光触媒膜の超親水性原理にて汚れを除去するために雨水や散水などによる水分が膜面に定期的に供給されないと汚れの自浄効果が期待できない

⑤ウェザーシールのシリコン汚れに対してはあまり効果が期待できないなどの問題があり、それぞれ今後の課題となる。

引用文献および URL

1) 積算資料 SUPPORT '05. 1 前文 10

<http://www.km-net.jp/shizaireport/200501report35.pdf> (参照 2010-04-30)

2) 出典：経済産業省「窯業・建材統計」

3) 建築工事標準仕様書・同解説 JASS17 ガラス工事

4.2.4 ALCパネル

(1) 材料と工法の特徴

1) 対象とする材料

ALCパネルは、JIS A 5416によれば「石灰質原料及びけい酸質系材料を主原料とし、オートクレーブ養生した軽量気泡コンクリートによる製品のうち、鉄筋などの補強材で補強した主として建築物などに用いるパネル」としている。ALCパネルの設計・施工および維持保全に関わる規格・指針・仕様書等は、表 4.13 に示す通りである。

表 4.13 設計・施工・維持保全に関わる規格・指針・仕様書等

代表的な規格	JIS A 5416 軽量気泡コンクリートパネル
構造設計基準等	ALC 協会発行「ALC パネル構造設計指針・同解説」 ALC 協会発行「ALC 取付け構法標準・同解説」 ALC 協会発行「ALC 取付け金物等規格」
標準仕様書	(社)日本建築学会編「JASS21 ALC パネル工事」 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「公共建築工事標準仕様書 (建築工事編)」
劣化調査・診断に関する指針類	日本建築仕上学会編「ALC 外壁補修工法指針 (案)・同解説」
補修・改修に関する指針・仕様書等	日本建築仕上学会編「ALC 外壁補修工法指針 (案)・同解説」

また、ALC 厚形パネルの出荷量と着工建築物の床面積推移を図 4.22 に示す。

ALC厚形パネル出荷数量と着工建築物の床面積推移

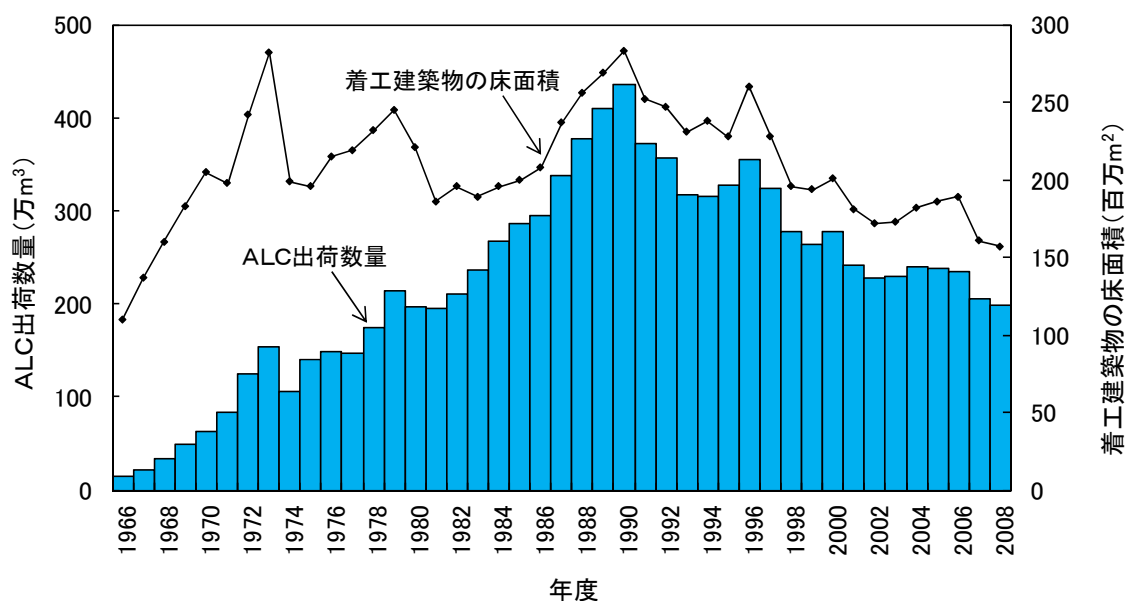


図 4.22 ALC 厚形パネルの出荷量と着工建築物の床面積推移

2) 工法（取付け構法）の変遷

表 4.14 に取付け構法の変遷、図 4.23 に ALC パネルの代表的な取付け構法の概要を示す。

表 4.14 取付け構法の変遷（厚形パネル）

西暦	1970年代	1980年代	1990年代	2000年代
仕様書名				
JASS21 ALCパネル工事 (日本建築学会)	1975 ・縦壁挿入筋 ・横壁ホルト止め ・横壁カバープレート ・横壁落し込み	1989 ・縦壁挿入筋 ・縦壁スライド ・横壁ホルト止め ・横壁カバープレート	1998 ・縦壁挿入筋 ・縦壁スライド ・縦壁ロッキング ・横壁ホルト止め ・横壁カバープレート	2005 ・縦壁スライド ・縦壁ロッキング ・横壁ホルト止め
ALC取付構法規準 (ALC協会)		1982 ・縦壁挿入筋 ・縦壁スライド ・横壁ホルト止め ・横壁カバープレート	1996 ・縦壁挿入筋 ・縦壁スライド ・横壁ホルト止め ・横壁カバープレート	
ALC取付構法標準 (ALC協会)				2001 ・縦壁スライド ・縦壁ロッキング ・横壁ホルト止め 2004 ・縦壁スライド ・縦壁ロッキング ・横壁ホルト止め
公共建築工事 標準(共通)仕様書 (公共建築協会)		1985 ・縦壁挿入筋 ・縦壁スライド ・横壁ホルト止め ・横壁カバープレート		2001 ・縦壁挿入筋 ・縦壁スライド ・縦壁ロッキング ・横壁ホルト止め ・横壁カバープレート 2004 ・縦壁スライド ・縦壁ロッキング ・横壁ホルト止め 2007 ・縦壁スライド ・縦壁ロッキング ・横壁ホルト止め
1963年 ALC厚形パネル販売開始 1969年 ALC薄形パネル販売開始 1973年「JIS A5416 ALCパネル」制定 1980年 建築基準法改正(新耐震設計法導入) 1980年 木造住宅用ALC薄形パネル販売開始 1985年 公共建築工事共通仕様書にALC外壁、床が追加 1997年「JIS A5416」にALC薄形パネル追加 1998年 建築基準法改正(性能規定化を図る) 2002年 縦壁挿入筋構法 全面廃止				

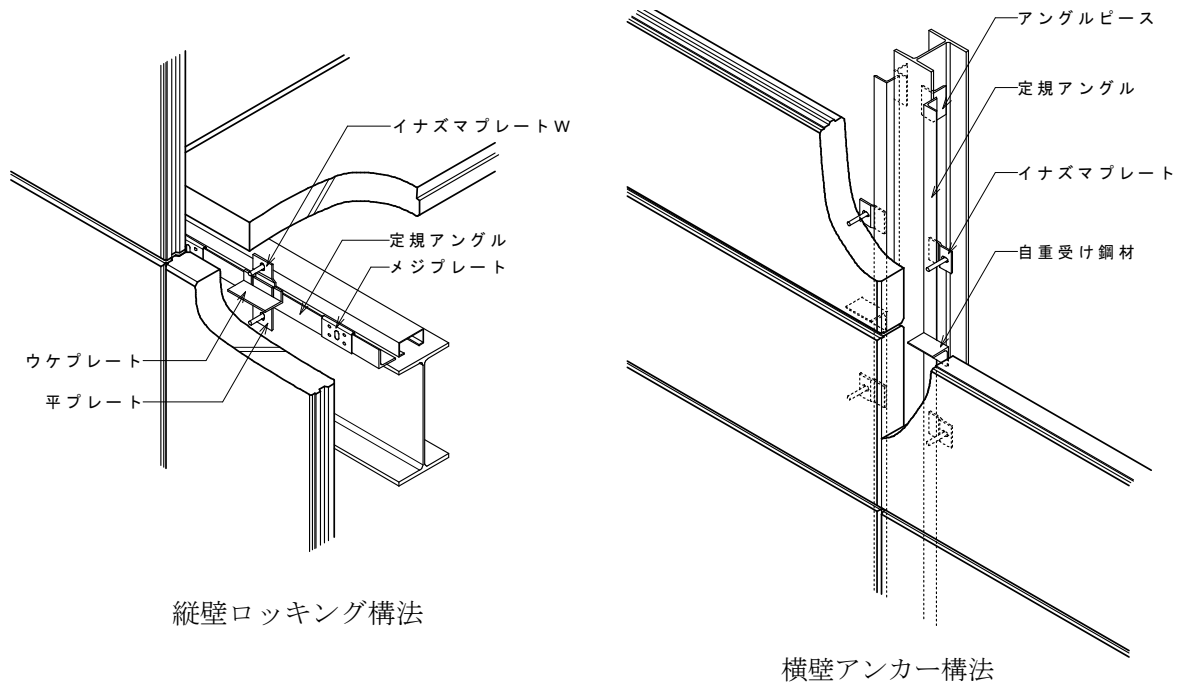


図 4.23 ALC パネルの代表的な取付け構法の概要

(3) 劣化の種類と診断技術

1) 劣化の原因と現象

ALC パネルを外壁に用いる場合は、パネル間目地のシーリング処理と塗装材等の表面仕上げが行われる。従って、ALC パネルの外壁における劣化は、表面仕上材の劣化が主であり、地震によるひびわれ等の要因を除けば、塗装材等のメンテナンスにより ALC パネル自体の劣化は防げると考えられる。代表的な劣化現象と劣化要因の関係を表 4.15 に示す。

表 4.15 「劣化現象」と「劣化要因」の関係

現象		要因								
		中性化	鉄筋等の腐食	ひびわれ	表面劣化	大撓み	漏水	耐力低下	汚れ(美観)	部分欠損・はく落
材料表面層に関する劣化 ↓↓↓ 材料に関する劣化	塵埃								○	
	紫外線				○					
	有害ガス (SO ₃ , H ₂ S、その他)				○					
	酸 (無機酸・有機酸)				○					
	アルカリ									
	生物									
	大気中の塩分		○							
	凍結融解			○	○				○	○
	温度・熱			○						
	水 (結露、雨)		○		○		○		○	
	風									
	下地ムーブメント			○				○		○
	異種材料・異種金属			○						

2) 劣化診断の方法

表 4.16～4.18 に主要仕上げおよび ALC パネルの調査項目と内容を示す。

なお、表中の記述内容は、「ALC 外壁補修工法指針（案）・同解説」（（社）日本建築学会刊）からの抜粋であるが、実際の仕上げに関する調査に当たっては、塗材メーカー等の専門業者の意見も参考にすることが望ましい。

表 4.16 ALC パネルの塗り仕上げの調査項目および調査内容¹⁾

調査項目	調査内容
汚れ	目視により汚れの原因(付着物の種類等)を把握する。 クリーニング不可の場合は補修が必要となる。
変退色、光沢度低下、白垂化、摩耗	目視または指触により観察し、除去すべき旧塗膜を把握する。
ひび割れ	目視によりひび割れの深さを観察し、除去すべき旧塗膜を把握する。ひび割れがパネルに達している場合には、パネルの補修が必要となる。
ふくれ、はがれ、付着性低下	目視または指触、クロスカット試験などにより観察し、除去すべき旧塗膜を把握する。

表 4.17 ALC パネルのタイル張り仕上げの調査項目および調査内容¹⁾

調査項目	調査内容
ひび割れ	目視により観察し、発生箇所を把握する。可能であれば、発生箇所がALCパネルの目地沿いか否かを判別する。漏水の有無、挙動の有無を判別する。 クラックゲージ等によりひび割れの幅を測定する。 ひび割れの中: 小=0.3mm未満、中=0.3mm以上1.0mm未満、大=1mm以上
欠け、浮き、はく落	目視、打診検査等により観察し、発生箇所を把握する。可能であれば、発生箇所がALCパネルの目地沿いか否かを判別する。

表 4.18 ALC パネルの調査項目および調査内容¹⁾

調査項目	調査内容
ひび割れ	目視により観察し、漏水の有無、挙動の有無を判別する。 クラックゲージ等によりひび割れの幅を測定する。 ひび割れの中: 小=0.3mm未満、中=0.3mm以上1.0mm未満、大=1mm以上
欠け、浮き、鉄筋露出	目視により観察し、鉄筋露出の有無を判別する。
表層脆弱化	目視または指触により観察し、発生箇所を把握する。

(3) 長寿命化に関する技術の現状

1) 耐久設計の考え方

ALC パネルの外壁における劣化は、表面仕上げなど ALC パネル以外の要因の影響が大きい。耐久設計を考える場合、次の点に留意が必要である。

①表面仕上材や目地シーリング材については、各種指針等に基づき、正しい仕様の選択と正しい施工を行うこと。

②表面仕上げの選定や止水処理などの適切な対策を行うこと。

[外部からの水分] 開口部周辺、排気用フード周辺、屋根に接する壁面、突起物まわり、基礎付近の壁面、劣化部分、その他（排水計画の不備等）

[内部からの水分] 壁内結露による吸水、パネル内への水蒸気流入、配管内の結露による吸水

③寒冷地においては、上記対策について、特に入念に検討する必要がある²⁾。

④汚れ、表面劣化については、仕上塗材の劣化対策による。しかし、ALC 自体に劣化が生じた場合は、状況に応じた ALC の補修等を行う必要がある。

⑤長寿命化を考える上でメンテナンスは必要不可欠である。特に、表面仕上材と目地シーリング材の定期的な点検とメンテナンスは、ALC 自体の劣化を防止することができるため重要である。

2) 耐久設計の事例

耐久設計については、要求があった場合に、物件個々に検討・対応しているのが現状である。従って、業界として取りまとめたものはなく事例の収集も行っていない。

3) 補修・改修の方法

ALC パネルを使用した外壁の補修工法選択フローを図 4.24 に示す。

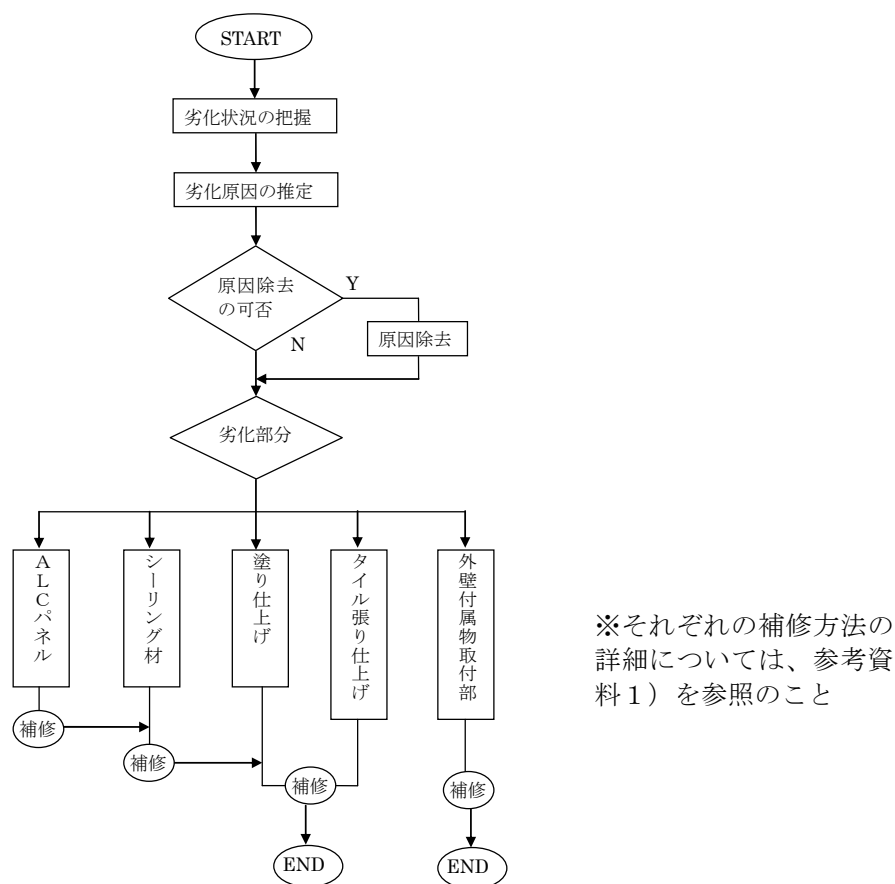


図 4.24 ALC パネルを使用した外壁の補修工法選択フロー¹⁾

4) 補修・改修の事例

補修・改修については、業界団体においても事例の取りまとめは行われていない。

(4) 長寿命化を達成するための課題

- ①ALC パネルを使用した外壁については、表面仕上材や使用環境等の ALC 素材以外の要因により耐久性が左右される場合が多い。
- ②表面仕上材の適切なメンテナンスと使用環境への対策により、ALC パネル自体の劣化を防ぐことが出来るため、長寿命化を考えるに当たっては、表面仕上材等のグレード別の耐久性の目安や、使用環境への対策の整理が必要である。
- ③また、ALC パネルの劣化を防ぎ外壁を長持ちさせるためには、表面仕上材等の定期的な点検とメンテナンスが必要不可欠であることを、ユーザーに伝達することが重要である。

参考文献

- 1)日本建築仕上学会編：ALC 外壁補修工法指針（案）・同解説、2000
- 2)寒冷地の外装仕上塗工法に関する研究委員会編：寒冷地での ALC の上手な使い方ーALC 外壁のあり方と塗装材の選定、工文社、1998.4

4.2.5 押出成形セメント板

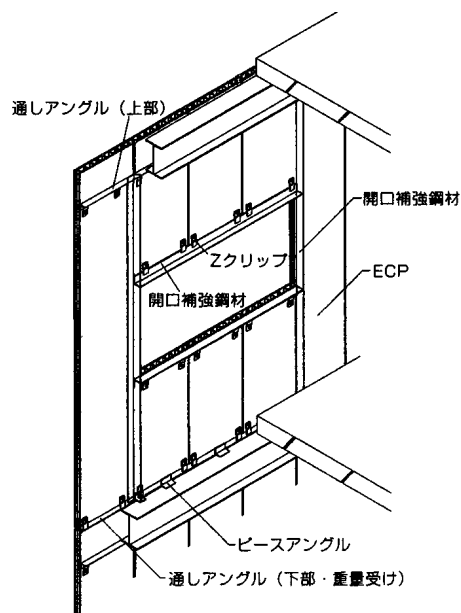
(1) 材料と工法の特徴

1) 対象とする材料

押出成形セメント板（Extruded Cement Panel： ECP ）は、主として鉄骨建築物における外壁および間仕切壁に用いる材料で、セメント・けい酸質原料および繊維質原料を主原料として、中空を有する板状に押出成形しオートクレーブ養生したパネルである。

2) 工法（取付け構法）の特徴と変遷

押出成形セメント板は、パネルの取付方向から図 4.25 から図 4.26 に示すように分類される。



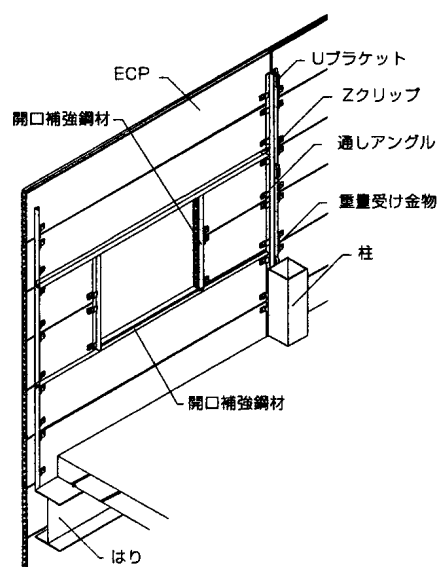
工法の特徴：

パネルを縦使いし、層間変位はロッキングにて吸収する。

(1) パネルは、各段ごとに構造体に固定した下地鋼材で受ける。

(2) 取付け金物は、パネル上下端部に、ロッキングできるように取付ける。

図 4.25 縦張り工法 (A種)



工法の特徴：

パネルを横使いし、層間変位はスライドにて吸収する。

(1) パネルは、積み上げ枚数 3 枚以下ごとに構造体に固定した自重受け金物で受ける。

(2) 取付け金物は、パネル左右両端に、スライドできるように取付ける。

図 4.26 横張り工法 (B種)

その他の特徴として、以下の点が挙げられる。

- ①力学的性能、耐久性能、耐火性能、耐震性能に優れる。
- ②タイル・塗装・素地など、自由に仕上げを選ぶことができる。
- ③乾式工法のため、施工性に優れる。
- ④工場でのプレカットにより、現場内での廃材の発生を少なくできる。

3) 工事仕様の変遷

工事仕様の変遷は表 4.19 に示す通りである。

表 4.19 工事仕様の変遷

	規格の変遷	工事仕様の変遷		
		公共建築協会	日本建築学会	押出成形セメント板協会
平成 8 年	押出成形セメント板 (ECP) 協会設立			
平成 9 年	押出成形セメント板協会団体規格制定	建築工事共通仕様書 平成 9 年版 (建設大臣官房官庁 営繕部監修)		
平成 12 年	日本建材産業協会規格 (JCMS) 制定 押出成形セメント板			ECP 施工標準仕様書 (第 1 版) 出版
平成 13 年		建築工事共通仕様書 平成 13 年版 (国土交通大臣官房 官庁営繕部監修)		
平成 15 年	日本工業規格 (JIS A 5441) 制定 押出成形セメント板 (ECP)		「非構造部材の耐震設計施工指針・同解説 および耐震設計施工要領」(日本建築学会)	
平成 16 年	10 月に全品 ノンアス品に移行	公共建築工事標準仕様書平成 16 年版 (国土交通大臣官房 官庁営繕部監修)	建築工事標準仕様書・同解説 JASS27 乾式外壁工事 (日本建築学会)	ECP 施工標準仕様書 (第 2 版) 出版
平成 19 年		公共建築工事標準仕様書平成 19 年版 (国土交通大臣官房 官庁営繕部監修)		
平成 20 年				ECP 施工標準仕様書 (第 3 版) 出版

4) 出荷量と施工面積

押出成形セメント板の出荷量推移を図 4.27 に示す。押出成形セメント板は建築高さ 100m 程度の超高層建築においても施工実績があるが、建築高さ 45m 以下の中高層建築の範囲が大半を占める。採用の多い建築用途は概ね以下の順となっている。

事務所ビル＞ホテル・店舗＞学校・公共施設＞病院・医療施設＞集合住宅＞工場・倉庫

年度	ECP総出荷量 (万㎡)	内含アス品 (万㎡)	内ノンアス品 (万㎡)
1970	2	2	0
1971	3	3	0
1972	5	5	0
1973	8	8	0
1974	13	13	0
1975	20	20	0
1976	30	30	0
1977	40	40	0
1978	50	50	0
1979	62	62	0
1980	75	75	0
1981	90	90	0
1982	105	105	0
1983	115	115	0
1984	135	135	0
1985	160	160	0
1986	185	185	0
1987	240	240	0
1988	270	270	0
1989	310	310	0
1990	358	355	3
1991	383	375	8
1992	436	402	34
1993	406	361	45
1994	395	315	80
1995	445	338	107
1996	450	370	80
1997	440	378	62
1998	400	318	82
1999	405	292	113
2000	410	320	90
2001	400	290	110
2002	385	224	161
2003	360	136	224
2004	330	10	320
2005	325	0	325
2006	330	0	330
2007	330	0	330
2008	330	0	330
合計	7,921	6,402	1,519

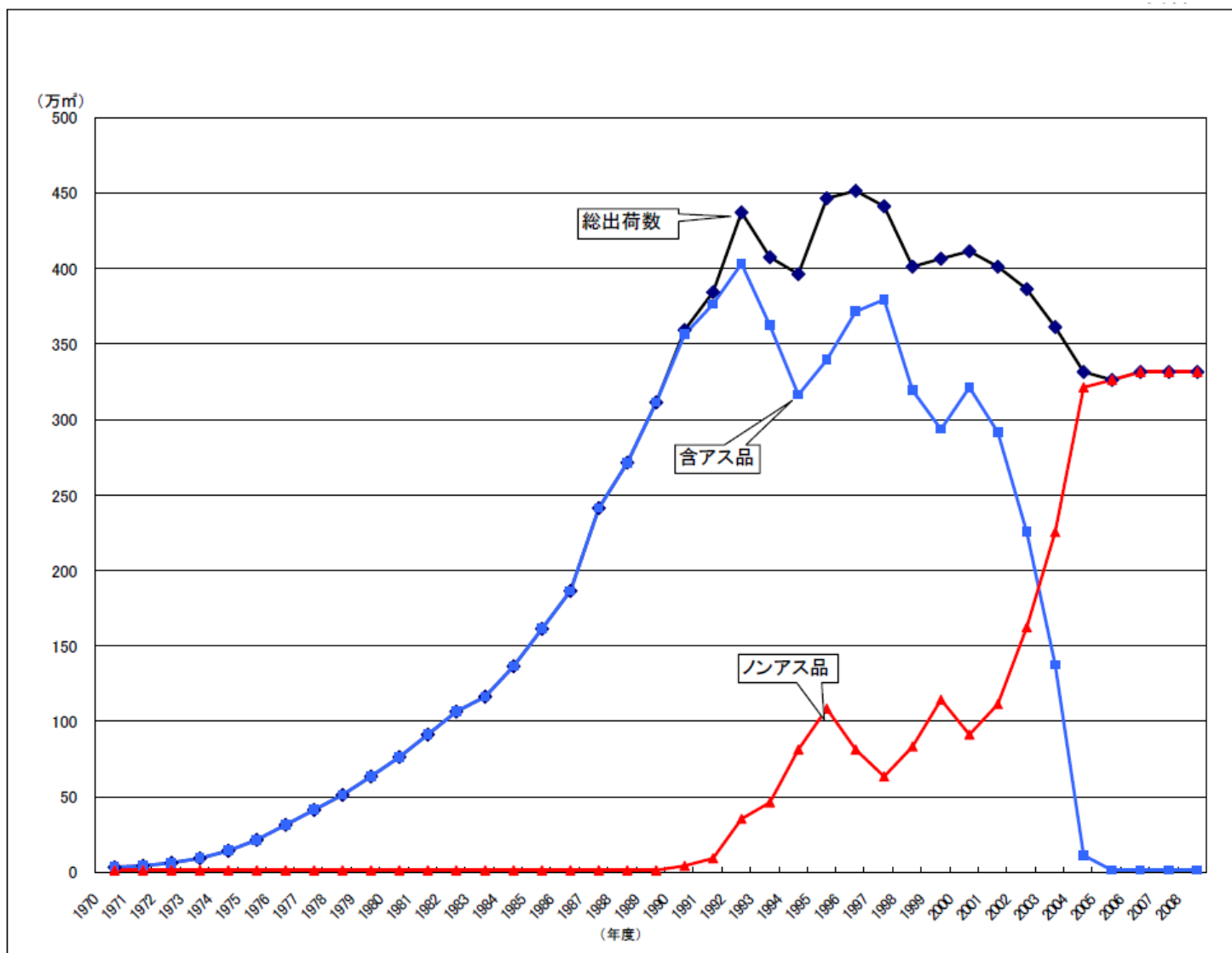


図 4.27 押出成形セメント板出荷量推移 (パネル厚さ 50mm 換算)

(3) 劣化の種類と診断技術

1) 劣化の原因と現象

代表的な劣化現象と劣化要因の関係を表 4.20 に示す。

表 4.20 「劣化現象」と「劣化要因」の関係

現象 要因		中性化	鉄筋等の腐食	ひびわれ	表面劣化	大撓み	漏水	耐力低下	汚れ(美観)	部分欠損・はく落
		材料表面層に関する劣化 ↓↓↓ 材料に関する劣化	塵埃							
紫外線					●					
有害ガス (SO ₃ , H ₂ S, その他)										
酸(無機酸・有機酸)										
アルカリ										
生物									●	
大気中の塩分									●	
温度・熱(凍害含む)				○						
水(結露、雨)(凍害含む)				○			■		●	
風										
下地ムーブメント								○		
異種材料・異種金属										

※ ○基材劣化 ●表層仕上げ材の劣化 ■下地材の劣化

2) 劣化診断および劣化予測

ECP 協会(押出成形セメント板協会)では特に劣化診断は実施していないが、基材のひび割れや表層仕上げ材については必要に応じて目視による検査が行われる。耐候性試験等による劣化予測についてはメーカーごとに行っている。

なお、パネル間目地シーリング材の劣化診断および劣化予測については 4.2.6 のシーリ

ング材に準拠する。

(4) 長寿命化に関する技術の現状

1) 耐久設計の考え方

押出成形セメント板の劣化は水による要因の影響が大きい。耐久設計を考える場合は次の点に留意が必要である。

①パネル間の止水機能の向上

パネル間のシーリング材劣化により漏水が発生した場合、パネル下地鋼材を腐食させる可能性があるため、表面シーリング材と屋内側ガスケット材を併用した止水設計が必要である。

②結露水の対策

寒冷地においてはパネル裏面に付着する結露水がパネル下地鋼材の腐食やパネル基材劣化の要因となる可能性があるため、適切な断熱設計と防湿性の高い断熱材の選定が必要である。

③表面仕上げ材の選定

表面の仕上げ材（塗装）は耐久年数、メンテナンス計画を考慮して選定する必要がある。

なお、工場塗装品の塗装耐久は概ね表 4.21 の順となる。

表 4.21 工場塗装品の塗装耐久

耐久度			
高	→		低
フッ素樹脂系塗装	アクリルシリコン樹脂系塗装 光触媒系塗装	アクリルウレタン樹脂系塗装 ポリウレタン樹脂系塗装	

④設計風圧力の設定

押出成形セメント板の許容支持スパン（留付間隔）を算出する際に用いる設計風圧力は標準として国土交通省告示第 1458 号により設計用再現期間 50 年相当の風圧力を用いるが、高さを考慮して 100 年を超える設計用再現期間でパネル耐力設計を検討する場合がある。

2) 耐久設計の事例

①パネル間の止水機能の向上

「ECP 施工標準仕様書（ECP 協会）」¹⁾においてパネル表面シーリング材と屋内側ガスケット材を併用した 2 次防水仕様を掲載している。この仕様はシーリン

グ材の経年劣化を想定し、シーリング材に強制的に欠損を与えた状態において水密性能試験が実施され、最大圧力 1470 P a まで漏水がないことが確認されている。

②排水経路の確保

止水機能向上に合せ、目地内部に侵入した雨水を滞留させずに速やかに排水することが基材劣化を防止する上で重要であり、ECP 施工標準仕様書において内水切りプレートや水抜きパイプを使用した納まり例を掲載している。

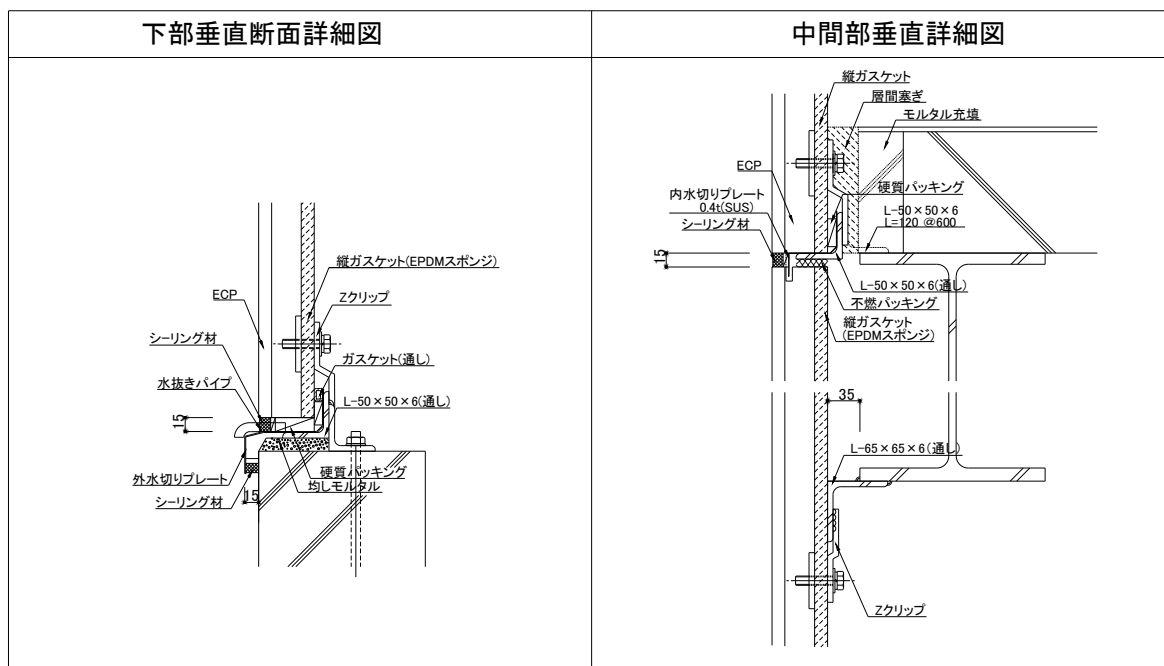


図 4.28 縦張り 2 次防水工法の納まり例

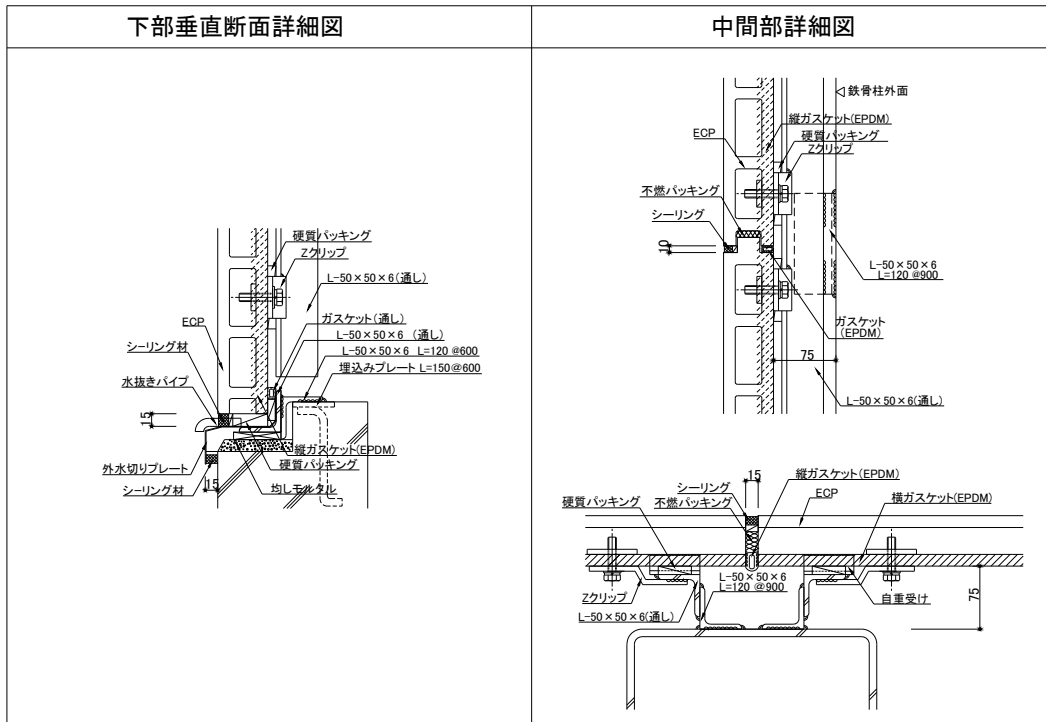


図 4.29 横張り 2次防水工法の納まり例

(5) 押出成形セメント板の補修方法の事例

ECP 協会では、押出成形セメント板が劣化等した場合のケースごとに対応をとりまとめている。以下に対応の事例を示す。

1) 押出成形セメント板に生じたひび割れ対応

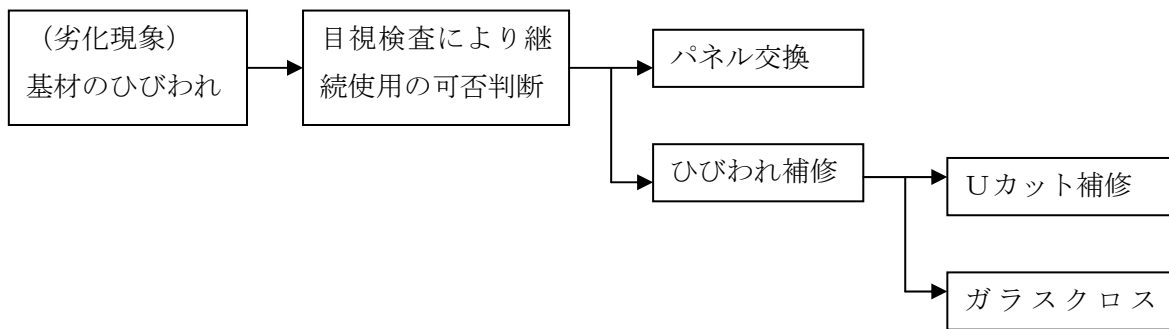


図 4.30 押出成形セメント板のひび割れ対応

Uカット補修方法

- ①エンドホールの穴あけ
- ②ディスクサンダーでクラック部分をUカットする。
- ③専用補修材用シーラーを塗布し、専用補修材を充填する。
- ④硬化後、サンドペーパー等で平滑に仕上げる。
- ⑤専用シーラー及び専用接着剤の塗布
- ⑥ガラスクロス張付け
- ⑦専用コーティング剤の塗布

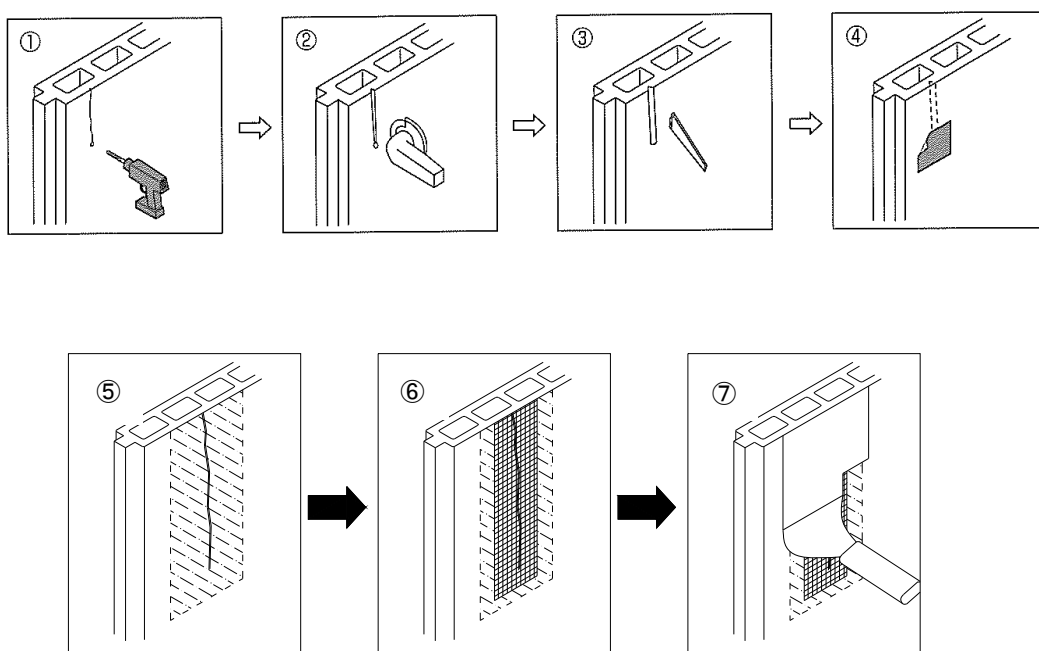


図 4.31 押出成形セメント板のひび割れ補修（Uカット補修方法）

2)接合部目地の劣化に対する対応

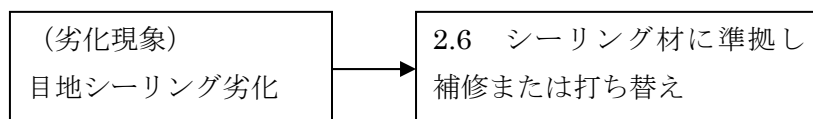
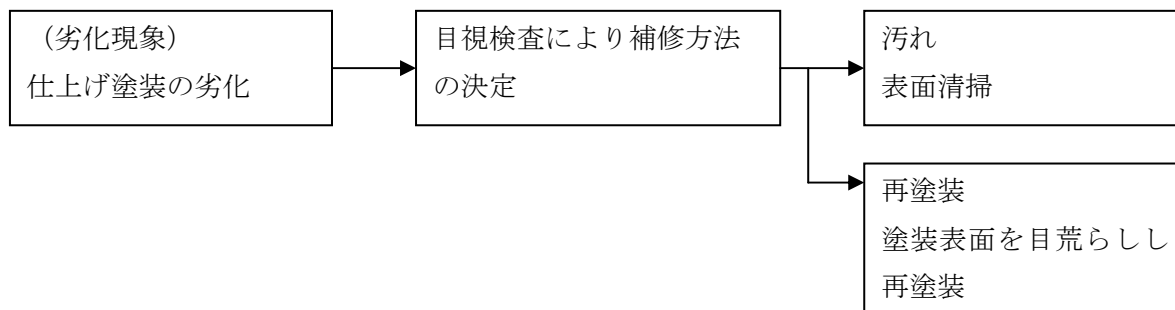


図 4.32 押出成形セメント板の接合目地劣化の対応

3) 塗装仕上げの劣化に対する対応



※再塗装の方法は塗料種別により異なる

図 4.33 押出成形セメント板の塗装仕上げ劣化の対応

表 4.22 押出成形セメント板の現場塗装における塗装選定の目安²⁾

種 類	適合性	耐久性能 指数	コスト 指数	特 徴
アクリル樹脂ワニス塗り AC	×	—	—	—
2液形ポリウレタンワニス塗り 2-UC	×	—	—	—
アクリルシリコン樹脂ワニス塗り 2-ASC	×	—	—	—
常温乾燥形ふっ素樹脂ワニス塗り 2-FUC	×	—	—	—
アクリル樹脂エナメル塗り AE	○	Ⅱ	B	一般的な不透明塗装
非水分散形アクリル樹脂エナメル塗り NADE	○			
2液形ポリウレタンエナメル塗り 2-UE	○	Ⅱ	D	耐候性のある高級な不透明塗装
アクリルシリコン樹脂エナメル塗り 2-ASE	○	Ⅲ	E	過酷な環境下での高耐候性不透明塗装
常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル塗り 2-FUE	○	Ⅳ	F	過酷な環境下での高耐候性不透明塗装
2液形厚膜エポキシ樹脂エナメル塗り 2H-XE	×			
2液形タールエポキシ樹脂塗料塗り 2T-XE	×			
合成樹脂エマルジョンペイント塗り EP	○	I	A	一般的な不透明塗装
つや有り合成樹脂エマルジョンペイント塗り EP-G	○	I	B	一般的な不透明塗装
多彩模様塗料塗り EP-M	○			

(注) ○：適している ×：不適

耐久性能指数：I（劣る）≪Ⅳ（優れている）

コスト指数：A（安価）≪F（高価）

なお、押出成形セメント板は劣化が生じた場合、上記 1)～3)に示す補修方法に従い補修を実施しているが、ECP 協会として事例の収集は行なっていない。

(6) 長寿命化を達成するための課題

押出成形セメント板は、セメント系外壁材であるが、無筋構造であるため材質が中性化してもパネル耐力が低下せず、効用は持続する。従って、通常の使用状態・使用環境において標準設計で設計・施工を行い、良好なメンテナンスを行なっていれば長寿命は達成できるものと思われる。しかし、使用者の主観（外壁の汚れや退色等）の心理的耐用年数は表面仕上げの種類やその性能により異なり、かつ基材の寿命に対して短いため、長寿命化を達成するための課題であると言える。

参考文献

- 1) ECP 協会編 「ECP 施工標準仕様書」 ECP 協会事務局 2008年2月第3版
- 2) 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 18 塗装工事

4.2.6 シーリング材

(1) 材料と工法の特徴

外壁接合部の水密接合構法は、水密の機構や原理の違いによりフィールドジョイント構法とオープンジョイント構法に分類される。構法の分類を図 4.34 に示す。

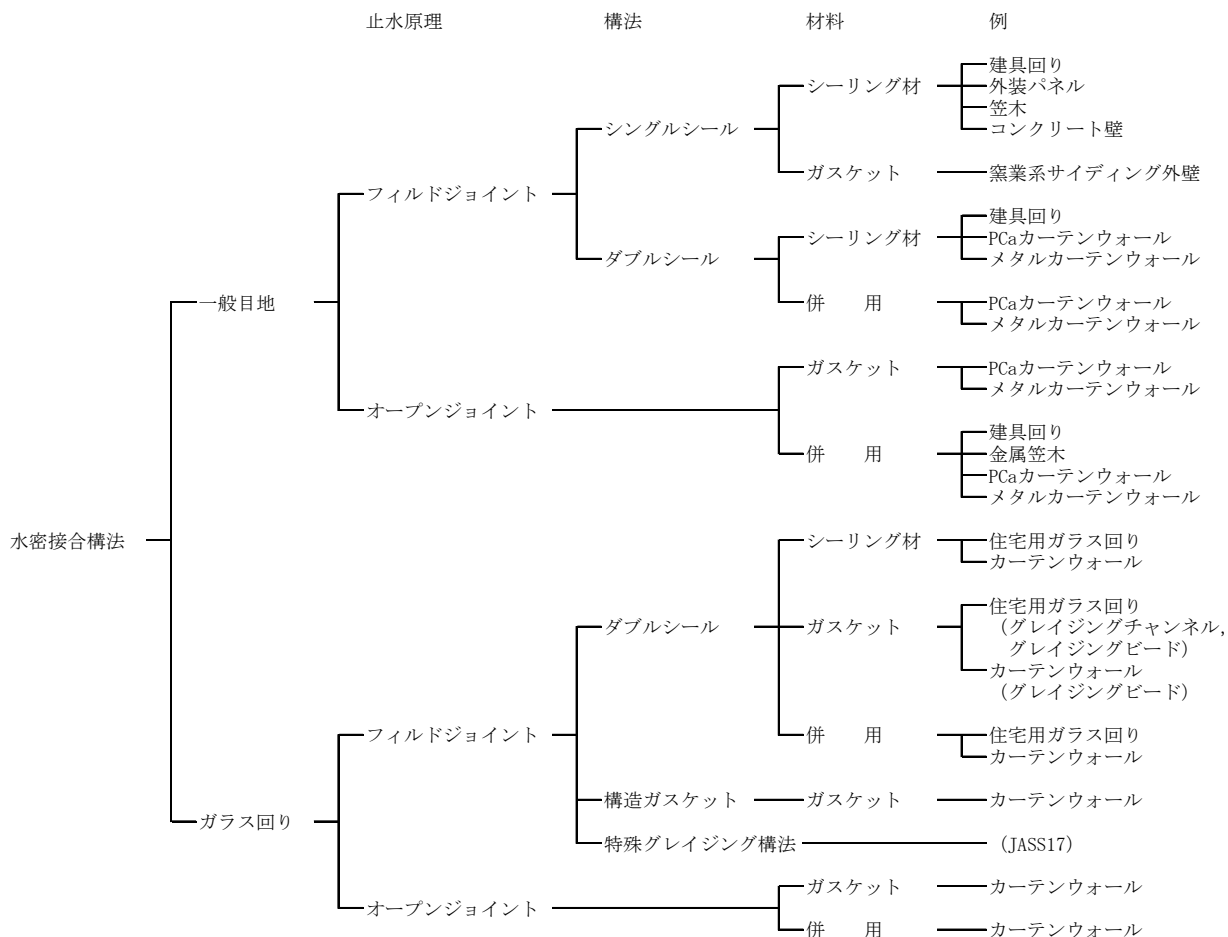


図 4.34 水密接合構法の分類

本節では、建築用シーリング材（JIS A 5758）に適合する、建築物の外壁において水密性を確保する目的で設置される水密接合部分の材料と施工について対象として示す。対象とする建物用途は一般建築物とし、外壁種類は各種カーテンウォール（プレキャストコンクリート、金属、板ガラス）、ALC パネル、押出成形セメント板ならびにサッシの新築および改修の水密接合部分とする。また、対象とする水密接合構法は、フィールドジョイント構法とする。フィールドジョイント構法の特徴を表 4.23 に示す。

表 4.23 フィルドジョイント構法の特徴

項目 \ 構法	シングルシール ジョイント構法 《排水機構なし》	シングルシール ジョイント構法 《排水機構あり》	ダブルシール ジョイント構法 《排水機構なし》	ダブルシール ジョイント構法 《排水機構あり》
略図				
水密信頼性	シール材の故障がすぐ漏水につながる。	1次シールから漏水した水は水受けや水抜穴から排水し、すぐに漏水につながらない。	1次シールから漏水した水は2次シールに達する。2次シールの故障がすぐ漏水につながる。	1次シールから浸入した水は2次シールに達しにくい。2次シールが故障してもすぐに漏水につながらない。
排水機構	なし	水受けや水抜穴により排水されるが、重力による排水であり信頼性はやや低い。	水抜穴が設置されている場合もあるが、排水の信頼性は低い。	減圧空間や水返しのための立上りなど積極的な排水機構がある。
止水ライン	1次シール	1次シール	2次シール	2次シール
施工性	現場施工	現場施工	1次シールは外部作業、2次シールがガスケットジョイントの場合は工場施工	1次シールは外部作業、2次シールがガスケットジョイントの場合は工場施工
経済性	イニシャルコストは低い 定期的な補修が必要でランニングコストが高い	イニシャルコストはやや高い 1次シールの寿命まで放置でき、ランニングコストはやや低い	イニシャルコストはやや高い 1次シールの寿命まで放置でき、ランニングコストはやや低い	イニシャルコストは比較的高い メンテナンスフリーに近くランニングコストは低い
保全性	容易	容易	1次シールはメンテナンスが容易、2次シールは困難	1次シールはメンテナンスが容易、2次シールは困難
ジョイントの構成	シーリングジョイント ガスケットジョイント	シーリングジョイント	1次シール：シーリングジョイント 2次シール：シーリングジョイントまたはガスケットジョイント	1次シール：シーリングジョイント 2次シール：シーリングジョイントまたはガスケットジョイント
適用される目地・接合部	建具回り目地 外装パネル目地 笠木目地 コンクリート壁の目地など	建具回り目地 笠木目地 グレイジングジョイント など	建具回り目地 グレイジングジョイント など	カーテンウォール など

表 4.24 設計・施工および維持保全に関わる指針・仕様書類

分類	書名
標準仕様書	①「JASS 8 防水工事」、(社)日本建築学会 ②「公共建築工事標準仕様書(建築工事編)」国土交通省大臣官房官庁営繕部監修 ③「公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編)」国土交通省大臣官房官庁営繕部監修
技術指針	④「外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説」(社)日本建築学会 ⑤「建築工事監理指針・同解説」国土交通省大臣官房官庁営繕部監修 ⑥「建築改修工事監理指針・同解説」、国土交通省大臣官房官庁営繕部監修

1) 対象とする材料

シーリング材の種類を図 4.35 に示す。なお、シーリング材の成分は、時代の変遷とともに改良され変化している。

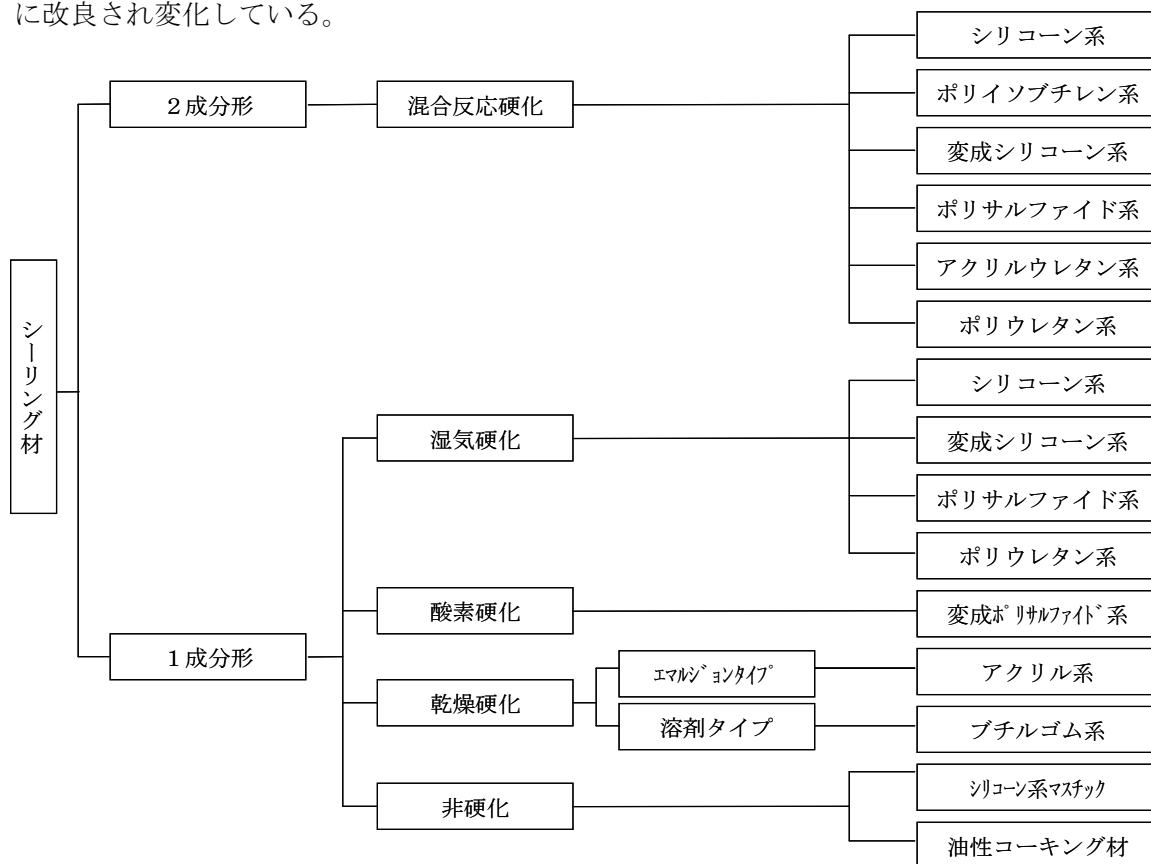


図 4.35 シーリング材の種類

以下、本項で用いる用語は次のとおりである。

- ①シーリング材：一般的には建築物の目地部分、サッシまわり、ガラスはめ込み部、ひび割れなどによって生ずる隙間に充填し、水密、気密の性能を発揮する材料の総称（広義）で、不定形シーリング材と定型シーリング材の2大別されるが、狭義には前者のみをいう。「JIS A 5758（建築用シーリング材）」では前者に限定している。
- ②ガスケット：目地に装着し、水密性と気密性を確保する定形材料。ガスケットジョイントに使用する材料
- ③フィルドジョイント：雨水の侵入口を、シーリング材またはガスケットで塞いで水密性と機密性を確保する接合部。フィルドジョイントを用いた水密接合構法をフィルドジョイント構法という。
- ④フィルドジョイント構法（中低層、ブロック造用）：1ステージジョイント型、2ステージジョイント型がある。
- ⑤オープンジョイント：屋外側を開放または半開放とし、室内側のウインドバリアに機密性の機能をもたせ、等圧原理により水密性と気密性を確保する接合部。オープンジョイントを用いた水密接合構法をオープンジョイント構法という。
- ⑥オープンジョイント構法（超高層用）：接合部はシーリング材とガスケットで構成する。
- ⑦ジョイント：建築部材や部品などを隣接して接合する箇所をいう。また目地ともいう。一般にムーブメント（挙動）のあるワーキングジョイントと、ムーブメントのないノンワーキングジョイントに分類される。シーリング材はこれらの部位から雨水等が浸入するのを防ぐ目的で充填されることが多い。

2) 工法（取り付け構法）の特徴と変遷

シーリングジョイント構法の種類を図 4.36 に示す。

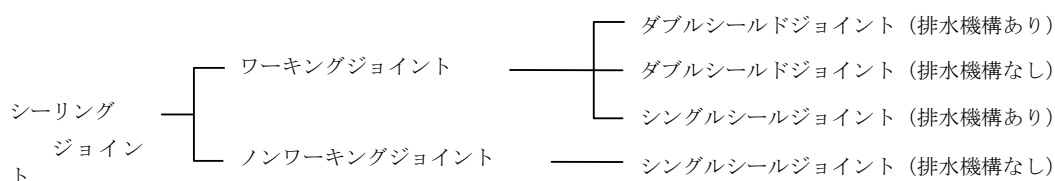


図 4.36 シーリングジョイント構法の種類

また、表 4.25 にシーリング材の変遷を示す。材料開発は、現在も積極的に行われている。材料開発の特徴として、環境配慮、耐候性の向上、塗装非汚染性等が挙げられる。また、図 4.37 には建築用シーリング材の生産推移を示す。

表 4.25 シーリング材の変遷

年	内 容
1950～51	油性コーキング材の輸入開始
1955	油性コーキング材の国内生産開始
1958	建築用ポリサルファイド系シーリング材の輸入開始
1961	JIS A 5751 (建築用コーキング材) 制定
1963	2成分形ポリサルファイド系シーリング材の国内生産開始
1963	1成分形シリコン系シーリング材の国内生産開始
1964	ブチルゴム系シーリング材 (溶剤タイプ) の国内生産開始
1966	JIS A 5751 (建築用油性コーキング材) 改正 (名称変更を含む)
1966	アクリル系シーリング材 (エマルジョンタイプ) の国内生産開始
1967	1成分形ポリウレタン系シーリング材の国内生産開始
1969	JIS A 5754 (建築用ポリサルファイド系シーリング材) 制定
1969	JIS A 5755 (建築用シリコーンドシーリング材) 制定
1970	2成分形ポリウレタン系シーリング材の国内生産開始
1971	SBR系シーリング材 (ラテックスタイプ) の国内生産開始
1971	2成分形シリコン系シーリング材の国内生産開始
1972	JASS 8 (防水工事) にシーリング工事追加制定
1975	JIS A 5757 (建築用シーリング材の用途別性能) 制定
1978	2成分形変成シリコン系シーリング材の国内生産開始
1978	2成分形アクリルウレタン系シーリング材の国内生産開始
1979	JIS A 5758 (建築用シーリング材) 制定
1979	1成分形変成シリコン系シーリング材の国内生産開始
1980	1成分形ポリサルファイド系シーリング材の国内生産開始
1984	「適材適所表」の発表
1985	建設省「共仕」4節にシーリングが追加
1986	1成分形変性ポリサルファイド系シーリング材の国内生産開始
1994	防火戸用指定シーリング材の指定を日本シーリング材工業会が開始
1997	イソシアネート硬化の2成分形ポリサルファイド系シーリング材の国内生産開始
1997	JIS A 5758 改正 (ISO 導入)、JIS A 1439 (建築用シーリング材の試験方法) 制定
1998	2成分形ポリイソブチレン系シーリング材の国内生産開始
2000	JASS 8 改定、外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針 (案)・同解説制定
2004	JIS A 1439、JIS A 5758 改正 (旧 JIS 付属書 2 (参考) の本文への組み込み)
2004	JIS A 5751 (建築用油性コーキング材) 廃止
2008	JASS 8、外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説改定

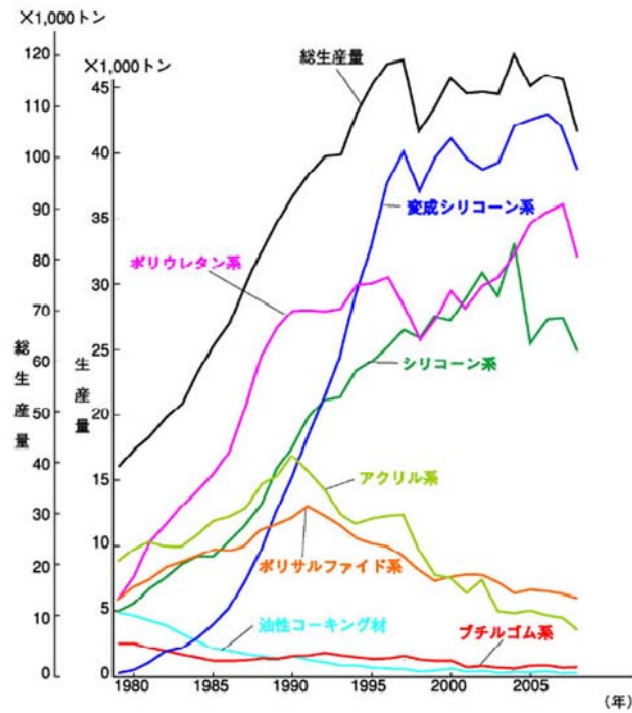


図 4.37 統計開始以降の建築用シーリング材の生産推移

(2) 劣化の種類と診断技術

表 4.26 に、耐久性総プロ当時にまとめられた資料から抜粋した劣化現象の種類と定義について示した。「外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説：(社)日本建築学会 (2008)」との比較によれば、同表の「変退色」の項目が「汚れ」に変更され、「変退色」の定義は「変退色：シーリング材の含有成分がブリードした大気中のガスなどによって、シーリング材表面が変色したり、また、シーリング材表面が紫外線などにより劣化退色する現象。」と示されている。図 4.38 には、「外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説」から、劣化現象の模式図を抜粋し示した。

表 4.26 劣化現象の種類と定義

	劣化現象	定義
防水機能関連	漏水またはその痕跡	最上階の屋根（天井）、外壁上部等からの漏水またはその痕跡
	被着面からのはく離	シーリング材が被着面からのはく離する現象
	シーリング材の破断（口開き）	シーリング材に発生したひびわれが被着体まで達し、完全に破断している状態
	被着体の破損	シーリング目地周辺の被着体にひびわれや欠落が発生する現象、漏水の原因となる
	シーリング材の変形	目地のムーブメントなどによりシーリング材が外部方向へふくれたり、くびれたりする現象
	シーリング材の軟化	紫外線、熱などによりシーリング材が軟らかくなる現象
意匠・外観関連	しわ	目地のムーブメント、シーリング材の収縮などによりシーリング材が波打つ現象
	変退色	シーリング材の表面の汚れ、またはシーリング材の成分の一部が被着体の表面に付着して汚れる現象
	ひびわれ	シーリング材表面に微細なひびわれが発生する現象
	白亜化	シーリング材表面が粉状になる現象、チョーキングともいう
	仕上げ材の浮き、変色	シーリング材の上に施された仕上げ材（塗料、仕上塗材など）がシーリング材とはく離したり、変色を生じる現象

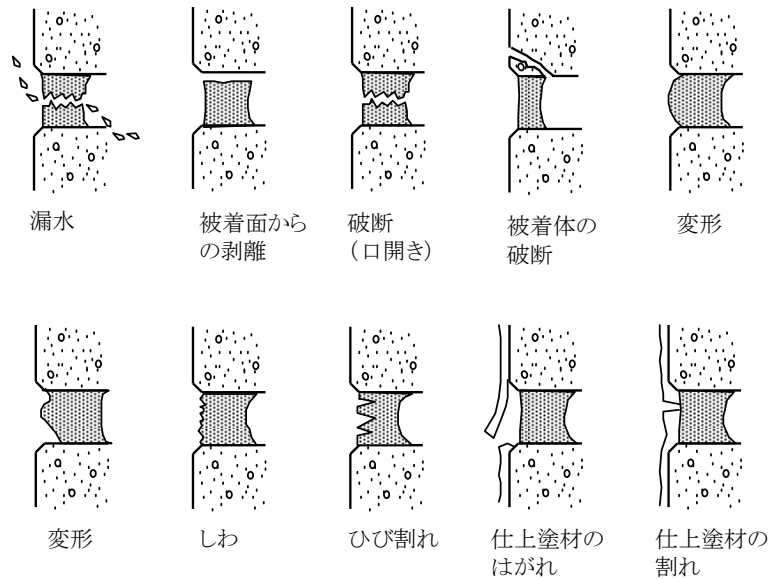


図 4.38 シーリング目地の劣化現象模式図

表 4.28 劣化現象の発生時期、不具合及びその推定原因

	劣化現象	発生する時期	劣化が進行した場合に予想される不具合	推定原因
防水機能関連	被着体からのはく離	不定期	被着面からのはく離による漏水	被着体の表面状態の不良、プライマーの不良、過度の応力発生
	シーリング材の破断 (口開き)	不定期	シーリング材の破断による漏水	シーリング材の不適、目地形状・寸法の不適切、シーリング材の伸び能力の低下
	被着体の破壊(ひび割れ、欠落)	不定期	シーリング材を施した箇所以外からの漏水	過度の引張り応力の発生、被着体の表面強度の不足
	シーリング材の軟化	2年以上	耐久性の急激な低下	紫外線、熱等によるシーリング材の劣化
	シーリング材の変形	2年以内	美観の低下、シーリング材充填厚さの不均一	シーリング材の不良、目地形状・寸法の不適切、目地のムーブメント
意匠・外観関連	しわ	2年以内	美観の低下、シーリング材充填厚さの不均一	目地のムーブメント、シーリング材の皮膜の収縮
	変退色	2年以内	美観の低下	紫外線、酸化、雨水等によるシーリング材の劣化
	ひび割れ	2年以上	美観及び耐久性の低下	紫外線、酸化、雨水等によるシーリング材の劣化
	白亜化	2年以上	美観及び耐久性の低下	紫外線、酸化、雨水等によるシーリング材の劣化
	仕上げ材の浮き、変色	不定期	美観の低下	シーリング材との接着力低下、伸び能力の不足(仕上材)、シーリング材中の成分の移行

2) 劣化診断の方法

劣化診断の方法は、現在も「耐久性総プロ（建築防水の耐久性向上技術；技報堂出版）」に準拠しており、診断方法に変更はない。表 4.29 に劣化度の分類、図 4.39 に診断の流れの概略を示した。

表 4.29 調査・診断項目ごとの劣化度の分類

診断項目		劣化度		
		I	II	III
判定項目	シーリング材の被着面からのはく離	深さの 1/4 未満または深さ 2mm 未満	深さの 1/4~1/2 または深さ 2~5mm	深さの 1/2 以上または深さ 5mm 以上
	シーリング材の破断(口開き)	厚みの 1/4 未満または深さ 2mm 未満	厚みの 1/4~1/2 または深さ 2~5mm	厚みの 1/2 以上または深さ 5mm 以上
参考項目	被着体の破壊(ひび割れ, 欠落)	ひび割れ幅 0.1mm 未満	ひび割れ幅 0.1~0.3mm	ひび割れ幅 0.3mm 以上
	シーリング材の変形(だれ, くびれ)	凹凸が厚みの 1/4 未満または深さ 2mm 未満	凹凸が厚みの 1/4~1/2 または深さ 2~5mm	凹凸が厚みの 1/2 以上または深さ 5mm 以上
	シーリング材の軟化	指先にわずかに付着	指先にかなり付着	指先にきわめて多量に付着

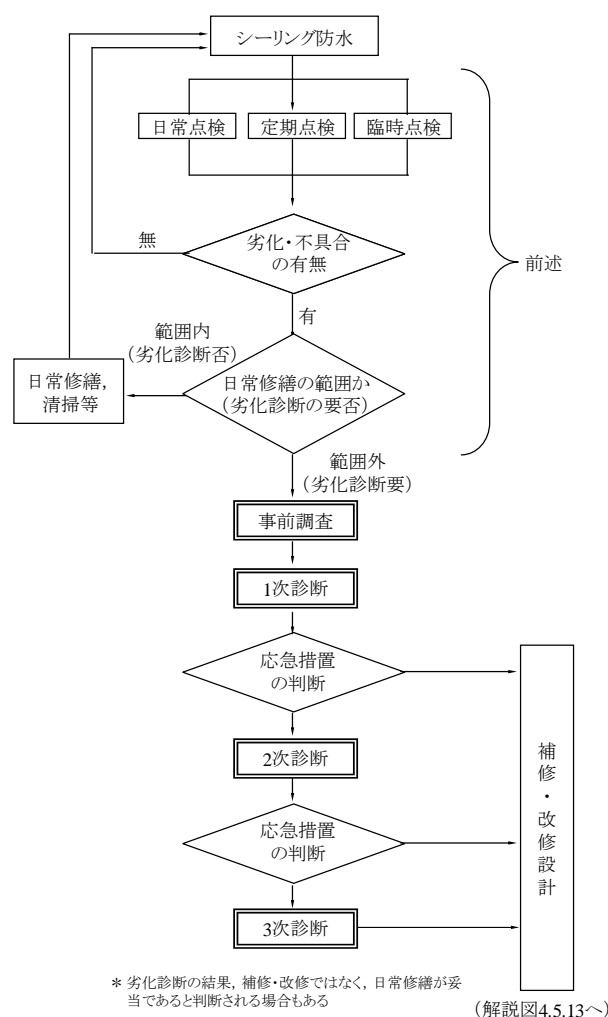


図 4.39 劣化診断の流れの概略図

(3) 長寿命化に関する技術の現状

シーリング材は、参考文献 7)「外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説」で、水密性の長期信頼性、材料の耐久性グレードならびにシーリング材と構法、部位、構成材との組合せ等について、長寿命化の考え方を示している。

1) 耐久設計の考え方

水密性の長期信頼性グレード

- a. 外壁接合部の設計において、接合構法の水密信頼性と使用するシール材の耐久性の組合せから水密性の長期信頼性グレードを設定する。
- b. 水密接合構法の水密性の長期信頼性グレードは、標準的な材料、構法を適用した水密接合工法を対象とする。

材料の耐久性

シール材の耐久性は、熱、紫外線、疲労性状などによる材料の劣化を考慮して設定する。

シーリングジョイントにおける、水密設計の長期信頼性に対する考え方が「外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説：(社)日本建築学会(2008)」⁷⁾に示されている。水密接合構法の長期信頼性グレードを表 4.30 に示す。この表は、水密接合構法の長期信頼性グレードを、シーリングジョイント構法のそれぞれの構法がもつ損傷許容性と、一次シーリング材の耐久性グレードの組み合わせで示したものである。すなわち、シーリングジョイント構法の損傷許容性が高いほど、シーリング材の耐久性グレードが高いほど、水密接合構法の長期信頼性が高い、という考え方である。シーリング材の耐久性グレードを表 4.31 示す。

表 4.30 シーリングジョイントにおける長期信頼性

一次シーリング材の耐久性グレード			水密接合構法の長期信頼性グレード				
耐疲労性 グレード	JIS 耐久性 耐久性	耐久性 グレード	シングルシール		ダブルシール		
CR100	10030	S A					
CR90	10030 9030	S B					
CR80	9030 8020	S C					
CR70	8020 7020	S D					
材料			シングルシール		ダブルシール		
			排水機構なし		排水機構あり	排水機構なし	排水機構あり
構法			無		中	中～小	大
損傷許容性			無		中	中～小	大
適用する目地の ムーブメント			ノンワーキング ジョイント	ワーキング ジョイント	ワーキング ジョイント	ワーキング ジョイント	ワーキング ジョイント
水密信頼性 高 低 短時間経過 長							

: 推奨される組み合わせ

表 4.31 シーリング材の耐久性グレード

項目 \ グレード	SD	SC	SB	SA
JIS 耐久性区分	8020 7020	9030 8020	10030 9030	10030
耐疲労性グレード	CR70	CR80	CR90	CR100
ムーブメント追従性	低	中	中～高	高
耐久性 高 低 短時間経過 長				

また、目地の構法・部位・構成材とシーリング材の適切な組み合わせを表 4.32 に示す。これは、目地の構法、部位、構成材によりシーリング材に求められる性能が異なるため、それぞれの目地に要求される性能を保有するシーリング材が組み合わせで示されている。

表 4.32 目地の構法・部位・構成材とシーリング材の適切な組み合わせ

目地の区分	構法・部位・構成材		シリコン系5)			ポリイソブチレン系8)	変成シリコン系		ポリサルファイド系		アクリルウレタン系	ポリウレタン系		アクリル系
			2成分形 低モジュラス6)	1成分形		2成分形	2成分形	1成分形	2成分形	1成分形	2成分形	2成分形	1成分形	1成分形
				高・中モジュラス7)	低モジュラス6)									
カーテンウォール	ガラス・マリオン方式		ガラス回り目地	○	○	△								
			方立無目ジョイント	○		△								
	金属パネル方式		ガラス回り目地	○	○	△			△ 9)					
			パネル間目地	○ 10)		△	○	△						
	P C a パネル方式	石打込み P C a タイル打込み P C a 吹付塗装 P C a	P C a パネル間目地			△	○	○	○		△			
			窓枠回り目地			△	○	○	○		△			
		ガラス回り目地	○ 10)	○ 10)	△			△ 9)						
各種外装パネル ワーキングジョイント	A L C パネル (スライド、ロッキング、 [カバープレート] 1) 構法) 2)		A L C パネル間目地				△	△	△		○	○	○	○ 11)
			窓枠回り目地				○	○	○		△		△ 12)	
	塗装アルミニウムパネル (強制乾燥・焼付塗装)		パネル間目地	○ 10)	○ 10)	△	○		△					
	塗装鋼板、ほうろう鋼板パネル		パネル間目地・窓枠回り目地			△	○		○					
	G R C、押出成形セメント板		パネル間目地				△	△	△	△	○	○		△
			窓枠回り目地					○	△	△	△			
	窯業系サイディング		パネル間目地					△ 13)	△	△	△			○ 14)
			窓枠回り目地					○ 13)	○	△	○			○ 14)
	金属製建具		ガラス回り	ガラス回り目地	○	○	△			△ 9)				
			建具回り	水切・皿板目地	○ 9)		△	○						
工場シール			建具間目地			△	○	△	△		△			
笠木		シール材受け						△ 15)	○					
		金属製笠木	笠木間目地	○ 10)		△	○							
		石材笠木	笠木間目地			△	○		○					
RC壁		P C a 笠木	笠木間目地			△	○	○						
		構造スリット	構造スリットの目地 4)			△	△	△	△		○	△		
コンクリート壁 ノンワーキングジョイント	RC壁、壁式 P C a		打ち継ぎ目地・ひび割れ誘発目地					△	△	△	△	○	○	○
			窓枠回り目地					○	○	○	△		△ 12)	
	石張り (湿式) (石打込み P C a、石目地を含む)		石目地						△ 16)	○	○			
			窓枠回り目地					○	○	○	△			
	タイル張り (タイル打込み P C a を含む)		タイル目地				○ 17)	○	○	○				
			タイル下躯体目地					△	△	△			○	○
外装パネル	A L C パネル [挿入筋 1)、ボルト止め構法] 2)	窓枠回り目地				○	○	○	△					
		A L C パネル間目地				△	△	△		○	○	○	○	
		窓枠回り目地				△	△	△		○	○	○	△ 12)	

○ : 適用可 △ : 適用に際して事前検討要

[注] この表は一般的目安であり実際の適用にはシーリング材製造業者に問い合わせを行い、十分に確認することが必要である。特にポリイソブチレン系については留意する。

- JASS21 (ALC工事) で、挿入筋構法、カバープレート構法は現在採用されていないが、補修・改修の場合に適用する。
- 50%引張応力0.2N/mm²以下の材料を使用する。
- シーリング材への表面塗装については事前確認することが必要である。
- シーリング材に耐火性が求められる場合には耐火構造用シーリング材を使用する。
- SSG構法に適用される構造シールは、ここでは対象外とする。SSG構法に適用するシーリング材は、JASS17 (ガラス工事) に従う。
- 50%引張応力0.2N/mm²未満
- 高モジュラス : 50%引張応力0.4N/mm²以上、中モジュラス : 50%引張応力0.2N/mm²以上0.4N/mm²未満
- 実績が少ないため、接着性等の事前検討が必要である。

- シリコン系に比べ耐用年数が短い。
- 汚染の可能性があるため注意を要する。
- 経時でシーリング材が硬くなり、柔軟性が低下するものもあるので事前検討を十分に行う。また、スライド構法の横目地、カバープレート構法の縦目地、窓枠回り目地には適用できない。
- 耐候性の事前確認が必要である。
- サイディングを用途とする応力緩和型を使用する。
- サイディングを用途とした材料を使用する。
- 高モジュラス品を使用する。
- シーリング材受けを用途とした材料を使用する。
- 薄層部が残らないよう注意する。

2) 耐久設計の事例

「建築防水の耐久性向上技術（技報堂出版、1987）」²⁾では、外装シーリング防水の耐久性の計画・設計に際して考慮すべき基本事項として、①目標耐用年数の設定、②劣化外力の算定、③施工計画の設定、の3点が挙げられている。これら3点に対応する、年数の設定や劣化外力の算定方法が、前述の技術資料の中で示されているが、材料の改良が進んだことによる数値や耐久設計に対する考え方について、今後見直しが必要であろう。表 4.33 に「推定耐用年数－被着体・材料係数」を示した。

3) 補修・改修の方法

シーリング材の補修・改修の方法は、建築改修工事標準仕様書、建築改修工事監理指針、等の多くの仕様書類で検討され、すでに整備された状況にある。

- ①シーリング材の補修は、「打ちかえ工法」が基本。
- ②複数回の補修について、補修時の目地の拡幅工事は、既存の成分が接着面（材）に浸透してしまった場合の除去に行う。補修のたびに実施できるものではない。
- ③ブリッジ工法などの場合は、次の補修工法も同工法が選択される場合が多い。

4) 補修・改修の事例

すでに、多くの建物で各種仕様書に従い補修・改修が実施されている。

表 4.33 推定耐用年数－被着体・材料係数

目地の区分	構法・部位・構成材			シリコーン系			ポリイソブチレン系 ²⁾	変成シリコーン系		ポリサルファイド系		アクリルウレタン系	ポリウレタン系		アクリル系		
				2成分形	1成分形		2成分形	2成分形	1成分形	2成分形	1成分形	2成分形	2成分形	1成分形	1成分形		
					高・中モジュラス	低モジュラス											
カーテンウォール	ガラス・マリオン方式		ガラス回り目地	1.2		1.2	1.0										
			方立無目ジョイント	1.2		1.0											
	金属パネル方式		ガラス回り目地	1.2		1.2	1.0			0.5							
			パネル間目地	1.0		1.0	1.0	1.0	0.7								
	P C aパネル方式	石打込み P C a	P C aパネル間目地				1.0	1.0	1.0	1.0	0.7						
		タイル打込み P C a	窓枠回り目地				1.0	1.0	1.0	1.0	0.7						
		吹付塗装 P C a	ガラス回り目地	1.0		1.0	1.0			0.5							
	各種外装パネル	A L Cパネル（スライド、ロックング、[カバープレート] 構法）		A L Cパネル間目地					0.7	0.7	0.7		1.2	1.2	1.2	0.7	
				窓枠回り目地					1.3	1.0	1.2	0.7			0.5		
		塗装アルミニウムパネル（強制乾燥・焼付塗装）		パネル間目地	1.0		1.0	1.0	1.0		0.7						
		塗装鋼板、ほうろう鋼板パネル		パネル間目地・窓枠回り目地				1.3	1.3		1.0						
		G R C、セメント押し出し成型板	パネル間目地						0.7	0.7	0.7	0.7	1.2	1.0	0.7		
窓枠回り目地									1.2	0.8	1.2	0.7	0.7				
窯業系サイディング	パネル間目地						0.7	1.0	0.7	1.0			1.0				
	窓枠回り目地							1.3	1.3	1.0	1.0			1.0			
金属製建具	ガラス回り		ガラス回り目地	1.2	1.0	1.2	1.0			0.5							
	建具回り		水切・皿板目地	1.0			1.0	1.0				0.7					
			建具間目地				1.0	1.0	0.8	0.7							
笠木	工場シール		シーリング材受け						0.7	1.0							
	金属製笠木		笠木間目地	1.0			1.0	0.8									
	石材笠木		笠木間目地				1.3	1.3		1.2							
	P C a笠木		笠木間目地				1.1	1.1		1.0							
構造スリット			構造スリットの目地				0.7	0.7	0.7		1.0	0.8					
							1.0	1.0	1.0								
ノンウォーキングジョイント	R C壁、壁式 P C a		打ち継ぎ目地・収縮目地					0.7	0.7	0.7	0.7	1.2	1.2	1.0			
			窓枠回り目地						1.3	1.0	1.0	0.8	0.7		0.8		
	石張り（湿式） （石打込み P C a、石目地を含む）		石目地						0.8	1.2	1.0						
			窓枠回り目地						1.3	1.0	1.2	0.8					
	タイル張り （タイル打込み P C aを含む）		タイル目地					1.3	1.0	1.2	1.0						
			タイル下躯体目地					1.0		1.5			1.5	1.5			
		窓枠回り目地					1.3	1.0	1.2	0.8							
外装パネル	A L Cパネル [挿入筋、ボルト止め構法]		A L Cパネル間目地					0.7	0.7	0.7		1.5	1.2	1.0	1.0		
								1.3	1.0	1.2	0.7		0.5				
			窓枠回り目地						0.7	0.7	0.7		1.5	1.2	1.0		
									1.3	1.0	1.2	0.7		0.5			

[注] 1) この表は一般的目安であり実際の適用にはシーリング材製造業者に問い合わせを行い、十分に確認することが必要である。
 2) 各適用部位における留意事項は解説4.5.2を参照。
 3) ポリイソブチレン系については実績が少ないため係数は1.0を基本とした。

(4) 長寿命化を達成するための課題

長寿命化を達成するためのシーリング材の今後の課題を下記に示す。

- 1) 物性面の耐久性の基準：シーリングの防水機能の耐久性・耐用年数について、目的化されていない（劣化基準やそれを評価する試験方法が定まっていない）。
- 2) 耐久設計：外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説、p.219、(社)日本建築学会（2008）の中で推定耐用年数に物理的劣化の他に、美観の劣化という概念も入った点が新しい。ただし、資料の数値は経験値で決まっており、数値的な根拠が十分ではない。
- 3) 複数回の補修の問題点：被着面の確保。既存材の撤去・処理が難しい。既存材と新規材の相性もあり、不具合を起こすことも。被着面の処理としてコロナ法なども試行されているが、次の有効な補修手段はない。
- 4) 耐用年数のクラス：
 - ①シーリング材の耐用年数のクラスを、10年、20年、30年に分けられないか。現状では標準耐用年数を一律に設定しており、条件により伸び縮みさせて対応している。
 - ②グレード化（松竹梅）の考え方として、建物寿命を100年と設定し、その供用中の補修回数で、グレード化が設定できないか。
- 5) その他：
 - ①シーリング材の汚れの除去対策。高所作業をふまえた対策が必要。
 - ②長寿命化を進めるには、LCCとイニシャルコストの比較ができるようにする必要がある。

参考文献

- 1) 「建築用シーリング材ハンドブック（2008）」、日本シーリング材工業会
- 2) 「建築防水の耐久性向上技術（1987）」、技報堂出版
- 3) 「防水材料の耐候性試験 その35 建築用シーリング材の屋外暴露7年後の物性変化、その36 建築用シーリング材の屋外暴露7年後の表面劣化状態」、清水祐介他、日本建築学会大会学術講演梗概集、2010年、A-1分冊、p.71-74
- 4) 牧野ほか：「建築物から採取した経年劣化シーリング材の物性 その1 ノンワーキングジョイントから採取したシーリング材の物性」、日本建築仕上学会学術講演会研究発表論文集（2006）
- 5) 「建築用シーリング材－基礎と正しい使い方（2008）」、日本シーリング材工業会
- 6) 建設大臣官房技術調査室監修「外装仕上げおよび補修・改修技術－10編－シーリング防水の補修・改修技術（1992）」、(財)経済調査会
- 7) 外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説：(社)日本建築学会（2008）

4.2.7 ガスケット

(1) 材料と工法の特徴

建築用ガスケット(JIS A 5756:1997)および建築用発泡体ガスケット(JIS A 5750:2000)に適合する、建築物の外壁において水密性・気密性を確保する目的で設置される接合部分の材料と施工について検討対象とする。対象とする用途は一般建築物とし、外壁種類は各種カーテンウォール(プレキャストコンクリート、金属、板ガラス)、ALCパネル、押出成形セメント板ならびにサッシの新築および改修の接合部位とする。また、対象とする接合構法は、フィールドジョイント構法およびオープンジョイント構法とする。ガスケットの構法は、目地ガスケットおよび開口部用ガスケット(グレイジングガスケットと構造ガスケット)を用いた場合を対象としている。ガスケットの主な適用範囲は以下のとおり。

- ・目地ガスケット構法：一般建築物ではカーテンウォール、戸建住宅では窯業サイディング外壁を対象とする。
- ・グレイジングガスケット構法：サッシおよびカーテンウォールに嵌め込まれたガラス周りを対象とする。
- ・構造ガスケット構法：一般建築物の開口部を対象とする。

1) 対象とする材料

ガスケット種類：樹脂系(熱可塑性)ソリッドのみと、合成ゴム系(熱硬化性)ソリッド、発泡体がある。表 4.34 および図 4.40 に建築用ガスケットの生産実績を示す。また、表 4.35 に開口部に使用される建築用ガスケットの概要を示す。

表 4.34 平成 20 年度建築用ガスケット生産実績

(平成 20 年 4 月 1 日～平成 21 年 3 月 31)

平成 12 年度～平成 20 年度建築用ガスケット生産実績比較(毎年度 4 月 1 日～3 月 31 日を集計)

製品	プラスチック系		合成ゴム系						合計
	塩ビ系	TPO系	CR系		EPDM系		SR系		
			ソリッド	発泡体	ソリッド	発泡体	ソリッド	発泡体	
グレイジングガスケット	10,827	580	30		745		86		12,268
気密ガスケット	2,061	991	107	45	469	434	36	72	4,215
目地ガスケット	683	427	30	42	858	56	20	11	2,127
構造ガスケット			79				3		82
その他のガスケット	881	866	12		38				1,797
平成20年度実績合計	14,452	2,864	258	87	2,110	490	145	83	20,489
平成19年度実績合計	15,564	4,445	288	102	2,141	742	111	128	23,521
平成18年度実績合計	18,691	5,060	429	696	2,350	935	223	90	28,474
平成17年度実績合計	19,018	3,557	691	188	4,624	854	723	276	29,931
平成16年度実績合計	18,908	3,395	541	134	3,599	1,337	483	329	28,726
平成15年度実績合計	18,439	3,753	930	449	2,973	1,183	277	261	28,265
平成14年度実績合計	19,070	2,850	828	407	3,065	929	402	291	27,842
平成13年度実績合計	21,577	2,148	923	456	3,085	938	240	339	29,706
平成12年度実績合計	22,878	1,648	1,205	302	3,263	2,899	261	406	32,862

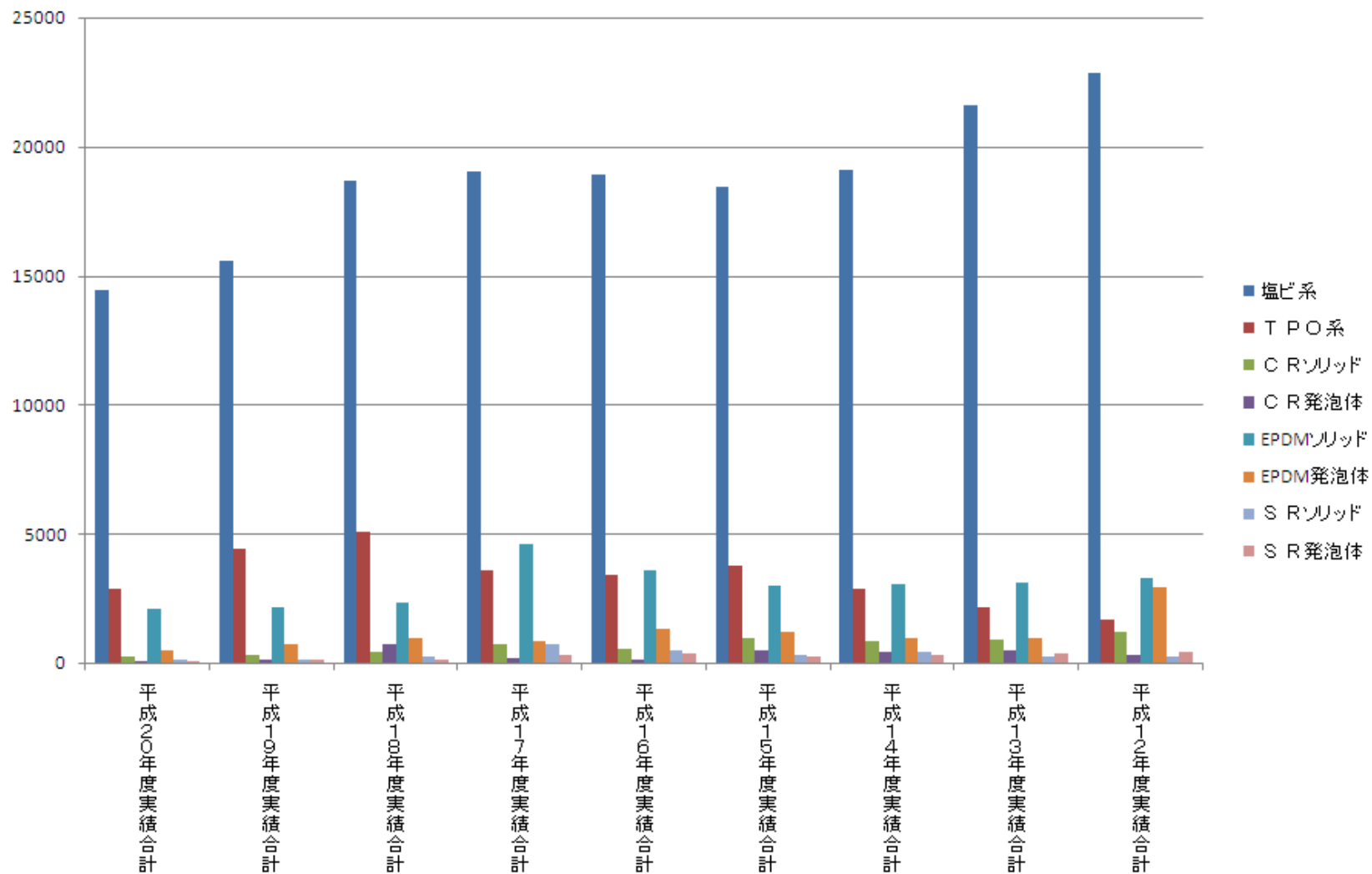


図 4.40 建築用ガスケット生産実績

表 4.35 開口部に使用される建築用ガスケットの概要（特殊なケースを除く一般的な例）

材料区分	樹脂系(熱可塑性)		合成ゴム系(熱硬化性)							その他	
	PVC系	TPE系	CR系		EPDM系		SR系		その他	ウレタン系	
	ソリッド	ソリッド	ソリッド	発泡体	ソリッド	発泡体	ソリッド	発泡体	ソリッド	発泡体	
材料記号	PVC	TPO	CR	FCR	EP	FEP	SR	FSR	CSM・CPE	FUR	
主たる成形方法	押出	押出	押出	押出	押出	押出	押出	押出	押出	発泡含浸	
分別後の再生の可能性	あり	あり	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
生産現場での再生	あり	あり	あり・なし	あり・なし	あり・なし	あり・なし	あり・なし	あり・なし	あり・なし	なし	
開口部	用途別	グレイジングガasket		気密ガasket				目地ガasket		構造ガasket	
	部位	ガラス周り		サッシの框・枠周り				目地部分		ガラス周り	
住宅サッシ	使用材料	PVC	TPO	PVC	TPO	EP	FEP	PVC	TPO	CSM・CPE	
	取付方法	ガラスに巻き付けて サッシの框に押し込む		アルミ材の框や枠に挿入する かしめや接着剤の併用もある				主に外装目地部分に押し込む			なし
	主な設計者	サッシ、ガラスメーカー80%		サッシメーカー100%				ハウス・ガasketメーカー各50%			ガasketメーカー100%
	ガasketの交換	可能・専門業者		殆ど不可能				専門業者			専門業者
ドア	使用材料	PVC	TPO	PVC	TPO	FEP	FSR	なし		なし	
	取付方法	ドアの框に挿入し、 一方は押し込む		アルミ材の框や枠に挿入する かしめや接着剤の併用もある				なし			なし
	主な設計者	サッシ、ガラスメーカー80%		サッシメーカー100%				なし			なし
	ガasketの交換	可能・専門業者		殆ど不可能				なし			なし
ビルサッシ	使用材料	PVC	TPO	PVC	TPO	FEP	FSR	PVC	TPO	EP	
		EP	SR	EP	SR	CR		FEP	FSR	FCR	
	取付方法	ガラスに巻き付けて サッシの框に押し込む		アルミ材の框や枠に挿入する かしめや接着剤の併用もある				目地部分に押し込む アルミ材に押し込む			アルミ材に 嵌合させる
	主な設計者	サッシ、ガラスメーカー80%		サッシメーカー100%							
ガasketの交換	可能・専門業者		殆ど不可能				殆ど不可能				
金属 カーテンウォール	使用材料	EP	SR	EP	SR	TPO	CR	EP	FSR	FCR	
		TPO	CR					CR			CR・EP SR
	取付方法	サッシの框に一方を 挿入し一方を押し込む		アルミ材の框や枠に挿入する				アルミ材に押し込む			アルミ材に 嵌合させる
	主な設計者	ガasketメーカー100%		ガasketメーカー100%				ガasketメーカー100%			ガasketメーカー100%
ガasketの交換	可能・専門業者		殆ど不可能				殆ど不可能			専門業者	
コンクリート カーテンウォール	使用材料	なし						FCR	FSR	FUR	CR・EP
								CR	EP		EP
	取付方法	なし						接着剤で貼り付ける FURは押し込む			コンクリートの溝 に押し込む
	主な設計者							ガasketメーカー100%			ガasketメーカー100%
ガasketの交換							殆ど不可能			専門業者	

※ 材料名

- ①樹脂系—TPE（サーモプラスチックエラストマー／熱可塑性樹脂）には PVC（塩ビ系）、TPO（オレフィン系エラストマー）、TPS（スチレン系エラストマー）
- ②ゴム系—CR（クロロプレンゴム）、EPDM（エチレンプロピレンゴム）、SR（シリコーンゴム）

※ 使用範囲

- ①プラスチック系材料—戸建住宅および低層建物で使用され、合成ゴム系は高層・超高層建築物で使用されることが多い。
- ②高所には、耐候性（オゾンや紫外線）、耐火性の高い合成ゴム系材料が有利。資料の表は右に行くほど高耐候性・高耐熱性。SR系はシリコーンラバーの略。CR系は自己消炎性をもち耐炎性に優れ、SR系は耐熱・耐候性に優れている。EPDMは耐候性に優れているが耐炎性に問題が残る。
- ③超高層では EPDM、シリコーンが多く使われる。

2) 工法（取付け構法）の特徴

ガasketを構成部材に装着する工法には、図 4.41 に示すように嵌合方式と接着方式がある。また、ガラス周りについては、図 4.42 のような工法がある。

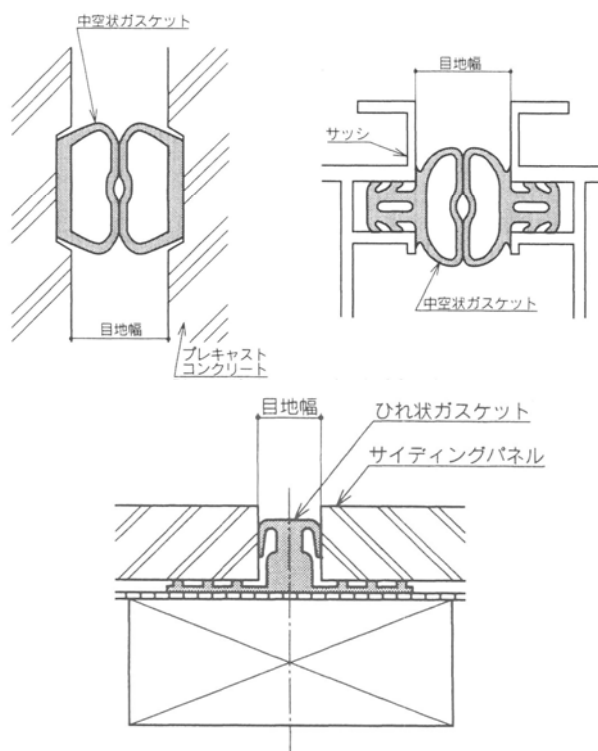
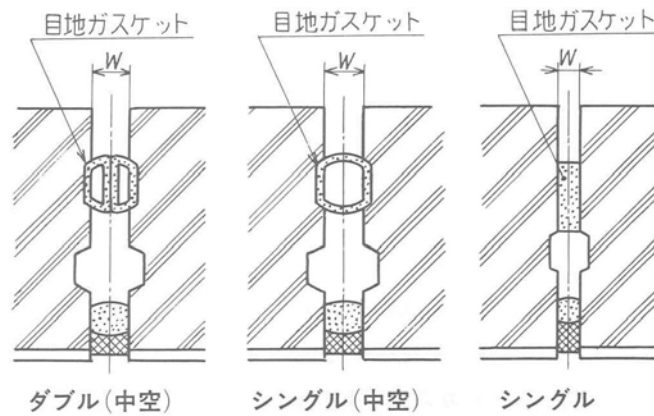
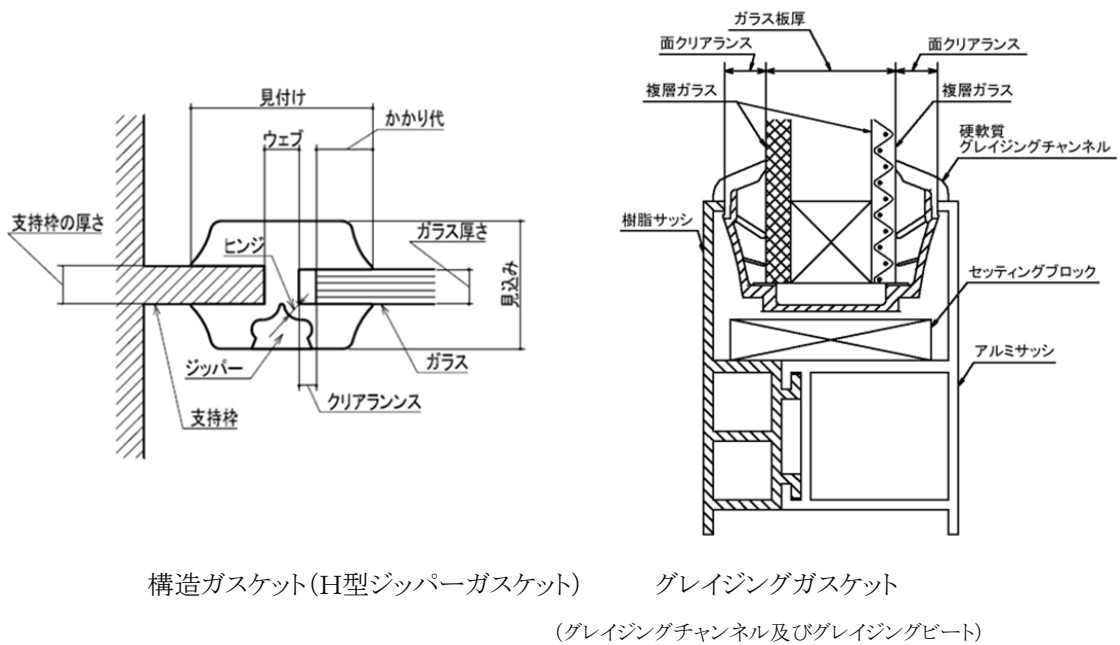


図 4.41 建築用ガスケット装着方法（1/2）



スポンジ系

図 4.41 建築用ガスケット装着方法 (2/2)



構造ガスケット(H型ジッパーガスケット)

グレイジングガスケット

(グレイジングチャンネル及びグレイジングビート)

図 4.42 ガラス周り

(2) 劣化の種類と診断技術

1) 劣化の原因と現象

ガスケットの劣化要因は、熱やオゾン、紫外線、水によることが多く、ガスケット表面の亀裂や材料の硬化に伴う接合部の切れや収まりの不具合が発生することが多く

ある。但しガスケットの表面の亀裂は、材料によって劣化の度合いが異なるが、劣化はごく表面層のみであって内部には至らない。また、ガスケットにはソリッド系と発泡系がある。発泡系はその性状から圧縮永久ひずみはソリッド系に比べ劣る。しかし気密性・耐水性等の機能では 30 年程度の使用実績がある¹⁾。

ガスケットを嵌合方式で施工した場合は、風圧、地震および熱伸縮など各種ムーブメントからの繰り返しひずみや、ガスケット自体の経年変化によりガスケットが外れることがある。また接着方式で施工した場合は、接着剤の劣化によりはく離や脱落が生じることがある。

表 4.36 に建築用ガスケットの主な劣化原因と現象との関係を示す。

表 4.36 劣化の原因と現象

要因		現象								
		中性化	鉄筋等の腐食	ひびわれ	表面劣化	大撓み	漏水	耐力低下	汚れ(美観)	部分欠損・はく落
材料表面層に関する劣化 ↓ 材料に関する劣化	塵埃	—							○	
	紫外線				○					
	オゾン			○	○					
	酸(無機酸・有機酸)							○		
	アルカリ							○		
	生物(カビ)								○	
	施工ミス						○	○		○
	温度・熱				○			○		
	風雨(結露)				○		○			
	過度の変形ひずみ									○
	異種材料への汚染								○	

2) 劣化診断の方法

グレイジングや構造ガスケットの外観確認

ただし、現時点ではガスケットの検査は、建て込みの際に実施。工法・構造に起因し、建物が建ってからでは目視も難しく該当箇所の劣化診断は実施していない（できない）。

(3) 長寿命化に関する技術の現状

1) 耐久設計の考え方

材料の耐久性²⁾

シール材の耐久性は、熱、紫外線、疲労性状などによる材料の劣化を考慮して設定する。

シール材の耐久性に関する研究は多く見られるが、シーリング材とガスケットの耐久性を同一の指標で評価できる方法がなく、また耐久性を具体的な年数で示す工学的データが少ない。シーリング材とガスケットの耐久性グレードは、それぞれの疲労性状を考慮した区分で設定し、表 4.37 のようにグレード分けした。

表 4.37 ガスケットの耐久性グレード

ガスケットの種類 \ グレード	GC	GB	GA	
目地ガスケット	ソリッド	PVC	CR,EPDM	SR
	スポンジ	—	CR,EPDM	SR
グレイジングガスケット	ソリッド	PVC	CR,EPDM	SR
構造ガスケット	ソリッド	PVC	EPDM	CR

・PVC 塩化ビニル樹脂

・CR クロロブレンゴム

・EPDM エチレンプロピレンゴム

・SR シリコーンゴム

2) 耐久設計の事例

建築ガスケット工業会では、「多くの建築用ガスケットについて屋外暴露試験結果・実建屋での経年変化調査事例と、熱劣化促進試験結果を対比して検討・考察することにより、比較的短期間に信頼性の高い寿命推定するための手法を確立すること」を目的とした、研究会を 2001 年度に発足し 2008 年にその成果をまとめている（参考資料参照）。

3) 補修・改修の方法

現状、第 1 次シールは交換しておらず、第 2 次シールは交換できない。

4) 補修・改修事例

同上の理由により該当の事例はない。

(4) 長寿命化を達成するための課題

機能は失われていないが美感的に交換が必要な場合がある場合は、10年、30年、50年等のスパンで交換が可能な設計が望まれる。特にガラス周りのグレージング等。

参考文献

- 1) 「建築用ガスケットの耐久寿命を考える研究会 研究成果報告書 (2008年5月)」、建築ガスケット工業会
- 2) 外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説：(社)日本建築学会 (2008)

4.2.8 今後の課題

カーテンウォールやパネル、サッシおよび接合部の劣化現象や原因の関係、維持保全方法ならびに劣化した場合の補修方法などについて、現状の調査を実施し今後の課題について整理した結果を示した。この結果から、カーテンウォールやパネルは表面仕上げ部分が劣化した場合は、仕上げ種類に応じて国土交通省監修の建築改修工事監理指針や公共建築工事標準仕様書などに準じて補修を実施することになる。また、パネル本体のひび割れや欠損などの劣化には、個々の材料に応じて補修が行われているが、パネル本体の取り替えについては、高所の作業となることから仮設足場の問題や、パネル取り付け工法によっては取り替え工事のできる工法と難しい工法があり、実施の難しい工事であることが確認された。

プレキャストコンクリートカーテンウォールの場合は、プレキャストコンクリート板の取り替え自体が困難であることがわかった。ガラスは、劣化よりも清掃などの日常のメンテナンスが他の外壁部材よりも重要度が高く、メンテナンス費を抑えるため検討が必要である。サッシおよびアルミニウムカーテンウォールは、改修工事の被せ工法に期待が寄せられており、将来的には機能性を重視した改修などへの対応も必要になるものと考えられる。また、ALCパネルは特に、立地環境を考慮し表面仕上げの組合せによる適材適所施工の充実に図る必要がある。押出成形セメント板は、無筋であるため中性化してもパネルの耐力が低下しにくい特徴がある。長寿命化を目指すためには、美観維持や防止機能の維持がポイントとなることから表面仕上げ等の適切なメンテナンスの実施についての検討が必要であろう。さらに、シーリング材は一律に標準耐用年数が示されているが、耐久性総プロ以降、材料が大きく進歩していることから材料ごとの耐用年数の見直しが必要である。ガスケットは、高い耐久性を有するが建物長期使用にあたってはやはり交換ができるよう、建物の設計を見直す必要がある。

表 4.38 に本検討における材料・工法に関する課題を示す。

表 4.38 材料・工法に関する課題について

	材料固有の課題	補修技術（部分補修）	改修技術（部材取り替え）	劣化診断技術
プレキャストコンクリートカーテンウォール	・かぶり厚さ検査技術 ・プレキャストコンクリート板取り替え（交換）は非常に難しい	・各種仕上げ材別の補修工法（材料別に対応） ・かぶり厚さ検査技術と不足の補修方法	意匠変更改修技術	各種仕上げ材の劣化診断方法
ガラスカーテンウォール	熱ヤケ、フィルムガラス	カーテンウォール関連のシールと仕上げの劣化補修方法	・太陽光発電モジュールの設置・運用技術 ・温熱環境調節と断熱・結露防止などの性能改善向上	カーテンウォール関連のシールと仕上げの劣化診断
アルミカーテンウォール	アルミサッシの基準に則って補修等は実施	腐食の発生したアルミ板の補修方法	パネル取り替え	金属材料の劣化診断
押出成形セメント板	・押出成形セメント板自身と固定部の健全性の評価と補修・改善方法	・各種仕上げ材別の補修工法（材料別に対応） ・シーリング材・ガスケットの補修改修方法	パネル取り替え	・各種仕上げ材の劣化診断方法 ・シーリング材・ガスケットの劣化診断方法
ALC パネル	ALC 板自身と固定部の健全性の評価と保守・改善方法	・各種仕上げ材別の補修工法（材料別に対応） ・シーリング材・ガスケットの補修改修方法	パネル取り替え	・各種仕上げ材の劣化診断方法 ・シーリング材・ガスケットの劣化診断方法
サッシ	塗膜の耐久性に寄るところが大きい	・表面仕上げの腐食等の補修技術 ・シーリング材・ガスケットの補修方法	・サッシの改修方法 ・断熱化・遮音化の改修方法	・表面仕上げの劣化診断方法 ・シーリング材・ガスケットの劣化診断方法

シーリング材

- ・シーリング材の劣化診断法と目地形状寸法に合った補修・改修方法の選定
- ・シーリング材の耐久データと目地防水の寿命設計法
- ・耐用年数に見合った適切な改修シーリング材の選定方法
- ・繰返し改修シーリング材の接着性確認・確保技術 など

ガスケット

- ・ ガスケットの劣化診断法と補修・改修方法の選定
- ・ ガスケットの交換方法や交換し易い目地とガスケットの設計
- ・ シーリング材応用の補修・改修技術 など

4.3 写真等事例による劣化判定に活用する見本帳

外装カーテンウォール・パネル・サッシおよび外壁接合部の材料・工法について、4.2において劣化の原因と現象を整理した。

本節では、外装カーテンウォール・パネル・サッシおよび外壁接合部の材料・工法のうち、劣化判定に用いることを企図し、収集した劣化事例写真を示す。また、押出成形セメント板及びシーリング材については、劣化の状況について、補修・改修等の必要性に応じて対応の緊急度と共に示した。

(1)プレキャストコンクリート

写真等事例については、JASS や建築工事監理指針にそって正しく施工されたものが経年劣化した場合を対象としている。

■プレキャストコンクリートの劣化事例と対策

[緊急度] のレベル

A:早急に応急処置を行うとともに、できる限り早く(半年以内に)修繕工事等のための診断を行う

B:できる限り早く(1年以内に)修繕工事等のための診断を行う

C:その他の工事との関係を見計らって診断を行う

D:はく落危険または漏水の防止処理の必要性はない

解説

材料の種類	損傷の状況				緊急度
	部位				
プレキャスト コンクリ ート	取付け金物	発錆	①	取付け金物の発錆	C
	基材	浸食	②	水平面コンクリートの劣化	C
	表面塗装材	ふくれ	③	常温乾燥形ふっ素樹脂塗装のふくれ	D
	タイル仕上 げ	欠け	④	打込みタイルの欠け	C
		割れ	⑤	打込みタイルの割れ	B
	石材	割れ	⑥	石材端部の割れ	B ~ C
		表面の汚れ	⑦	錆汚れの付着	C ~ D
	シーリング 目地	変色・ひび割 れ	⑧	シーリング材の変色およびひび割れ	A ~ C
		はく離	⑨	被着体からのはく離	A

図 4.43 プレキャストコンクリートの劣化事例と対策 (1/6)

詳細説明


No	部位	劣化の状況	材料名	影響	緊急度
①	取付け金物 (ファスナー)	外部に露出した部位での錆の発生	形鋼などに溶融亜鉛メッキが施された金物	機能	C
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：長期間雨水が滞留しやすい場所にファスナーが位置した場合や、金物の鋭角部等メッキの被膜厚さが薄くなりやすい箇所から錆が発生してくる場合がある。 ・原因：雨水や大気中の酸素による経年劣化 ・確認方法：目視 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・改修方法：表面に生じた錆が進行した場合には、適宜タッチアップを行う。その際溶融亜鉛メッキの付着量を多くする、防錆塗装を施すなど、防錆効果を高める。 		

詳細説明

No	部位	劣化の状況	材料名	影響	緊急度
②	基材	水平面コンクリートの劣化	コンクリート	機能	C
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：建物の最上部等で、パネル小口のコンクリートを水平に露出させるディテールにすると、コンクリートの経年劣化が著しく進行する。 ・原因：雨掛かりによる浸食や日照・気温変化による膨張収縮の繰返し。 ・確認方法：目視 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・改修方法等：予め金属笠木を被せる設計とする、あるいは防水塗装を施しておくなどの配慮が必要。生じた場合には、表面の仕上げ材や板内配筋に影響を及ぼすようであれば、脆弱部、中性化した部分などを除去し成形補修を施す。 		

図 4.43 プレキャストコンクリートの劣化事例と対策 (2/6)

詳細説明

No	部位	劣化の状況	材料名	影響	緊急度
③	表面塗装	塗装材のふくれ	常温乾燥形ふっ素樹脂塗装	美観	D
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：プレキャストコンクリート板の表面に塗装した常温乾燥ふっ素樹脂塗装に生じたふくれ。 ・原因：経年劣化および材料同士の相性の悪さなどが考えられる。 ・確認方法：目視・触診 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・計画的な塗装材の塗替えの実施。 ・プレキャストコンクリート板と塗装材の適合性を確認し材料を選定・施工する。 		

詳細説明


No	部位	劣化の状況	材料名	影響	緊急度
④	仕上げ材	プレキャストコンクリート板端部のタイルの欠け	タイル	美観・機能	C
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：プレキャストコンクリート板端部のタイルの欠け ・原因：鉄部品の腐食、運搬建て込み時の無理な力の作用が考えられる。この他にゴンドラの衝突により生じることがある。 ・確認方法：目視・打診 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・打診等によりタイルの浮きが確認された場合は、原因を特定し、原因に対処してからタイルの張り替え実施。 ・タイルの欠けのみの場合は外装用有機系弾性接着剤によるタイルの張り替えの実施。 		

図 4.43 プレキャストコンクリートの劣化事例と対策 (3/6)

詳細説明

No	部位	劣化の状況	材料名	影響	緊急度
⑤	仕上げ材	タイルのひび割れ	タイル	機能	B~C
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：打込みタイルの目地周辺部分に生じたひび割れ。ひび割れの生じた部分のタイルが落下するおそれがある。 ・原因：タイルとプレキャストコンクリート板の伸縮率に違いによるひび割れが考えられる。 ・確認方法：目視・打診 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れの生じたタイルをはがし、外装用有機系弾性接着剤でタイルの張り替えを行う。 		

詳細説明


No	部位	劣化の状況	材料名	影響	緊急度
⑥	仕上げ材	仕上げ石材の割れ	石	美観/機能	C~D
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：パネル端部の仕上げ石材に生じた割れ ・原因：製造・運搬・建て込み時の無理な力の作用が考えられる。 ・確認方法：目視・(打診) 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・割れ・欠け部分を除去し、類似の色調のシーリング材等で修復する。 		

図 4.43 プレキャストコンクリートの劣化事例と対策 (4/6)

詳細説明


No	部位	劣化の状況	材料名	影響	緊急度
⑦	仕上げ材	石材表面の錆、汚れ	石	美観	D
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：仕上げ石材の表面に付着した錆汚れ ・原因：石切断時の鉄粉、石材の含有鉄分などが影響して生じる。また、溶接火花が石材表面にあたり鉄分が付着した場合や錆汁が流れて付着した場合にも生じることがある。 ・確認方法：目視 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・石材表面の錆、汚れは洗浄等の方法で対処する。洗浄方法は石材の種類、表面仕上げ種類にあわせて検討することが重要であり、個々に適する方法で洗浄しなかった場合には、石材表面の光沢を失うなどかえって美観を損なうことがある。また、洗浄剤の種類については、他の建築材料を損傷するおそれもあるため判断が非常に難しい。テスト施工と合わせて対処する必要があり、専門の工事業者に依頼して実施するとよい。 ・石材の含有鉄分による発錆の場合には、酸化反応を抑制する方法を検討する。例えば、石材表面に透明な塗膜を施工するなどの方法がある。 		

図 4.43 プレキャストコンクリートの劣化事例と対策 (5/6)

詳細説明

No	部位	劣化の状況	材料名	影響	緊急度
⑧	目地	ひび割れ・はく離	シーリング	美観・機能	A～C
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：シーリング材の変色や表面ひび割れ、接着力低下による被着体からのはく離。はく離がある場合は雨水浸入の恐れがある。 ・原因：シーリング材の経年劣化に伴う表面のひび割れ、材料の硬さ増加ならびに性状変化による接着力の低下に伴うはく離が考えられる。 ・確認方法：目視・触診、硬さ測定 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・はく離がある場合は雨水浸入の恐れがあるため早期の調査ならびにシーリング材の打ち替えなど改修工事の実施。 ・既存シーリング材の種類や状態・工法に配慮し適合性を確かめて材料・改修工法を選択する。 		

詳細説明


No	部位	劣化の状況	材料名	影響	緊急度
⑨	目地	被着体からの はく離	シーリング材	機能	A
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：被着体からのはく離。はく離箇所から雨水浸入の恐れがある。 ・原因：経年劣化によるシーリング材の性能変化に伴う接着力の低下、シーリング材の硬さ増加や収縮による接着界面への応力集中によるはく離などが考えられる。 ・確認方法：目視・触診・硬さ測定 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・雨水浸入の恐れがあるため早期の調査ならびにシーリング材の打ち替えなど改修工事の実施。 ・既存シーリング材の状況を考慮し材料・改修工法を選択する。 		

図 4.43 プレキャストコンクリートの劣化事例と対策 (6/6)

(2) ガラス

ガラスは種類によって劣化・損傷の現象が異なる。フロート板ガラス、複層ガラス、網入板ガラスならびに合わせガラスの事例について画像を示し、その状況と補修・改修実施の緊急度について示した。

■ガラスの劣化事例と対策

[緊急度] のレベル

- A:早急に応急処置を行うとともに、できる限り早く（半年以内に）修繕工事等のための診断を行う
B:できる限り早く（1年以内に）修繕工事等のための診断を行う
C:その他の工事との関係を見計らって診断を行う
D:はく落危険または漏水の防止処理の必要性はない

解説

材料の種類	劣化・損傷の状況		緊急度
フロート板ガラス	ヤケ現象	① 噴水、冷却塔周辺など、ガラス表面で水分の濡れと乾燥が繰り返されるような部位の場合、経年的にガラス成分の溶出によりガラス表面に白ヤケ現象などが発生し、ガラスの透明性が失われる。	B～C
複層ガラス	内部結露	② 複層ガラスの2枚のガラスの空気層内ガラス面に結露が発生。	B～C
網入板ガラス	割れ（熱割れ・鏽割れ）	③ ガラスの辺部から面内に垂直にクラックが伸びている。網のためガラス破片が自然脱落することはめったにない。	A
合わせガラス	はく離	④ 突き付け目地納まりの合わせガラスの中間膜が、ガラスエッジ部より面内にガラス面から界面はく離している。	C

図 4.44 ガラスの劣化事例と対策 (1/5)

詳細説明


No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
①	開口部	ガラス表面のヤケ現象	フロート板ガラス	美観	B~C
状況写真			解説		
			<p>写真または図に関する説明</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特徴：ガラスの光沢がなくなって、曇ったような状態になり、この薄膜形成により光の干渉を起こし、虹色に見えることもある。 ・原因：板ガラスの表面に水分が付着すると、表面から徐々にガラス内部に拡散し、ガラス主成分（ソーダ灰）を加水分解して、アルカリ液としてガラス表面に残る。これに空気中の炭酸ガスが化学反応し固着物が生成される。乾燥、湿潤のくり返しにより、ガラス表面が白濁する。 ・確認方法：目視 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一般の窓ガラスで考えられる使用条件では、まず問題にならないが、噴水や冷却塔の近くの水滴が常時かかるような場所や乾燥、湿潤のくり返しが頻繁な場所では使用を控える。 ・ガラス表面の固着物を取り除くためには、表面を機械的に研磨するしか方法はなく、状況により取れない場合もある。 		

図 4.44 ガラスの劣化事例と対策 (2/5)

詳細説明

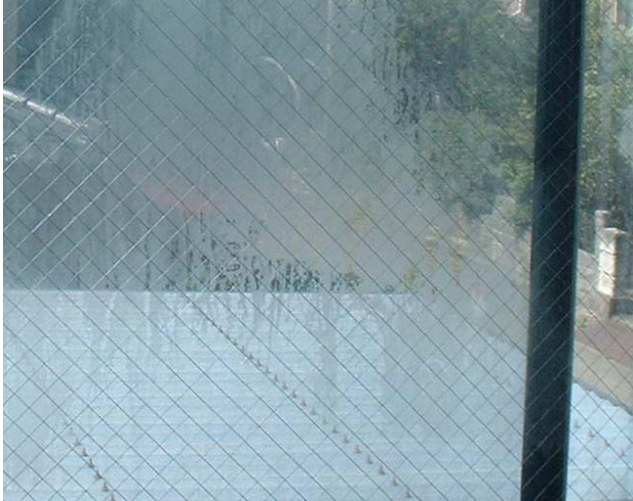
No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
②	開口部	内部結露	複層ガラス	美観／機能	B～C
状況写真			解説		
			<p>写真または図に関する説明</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特徴：複層ガラスの2枚のガラスの空気層内ガラス面に結露が見られる ・原因：複層ガラスのスペーサー内の乾燥剤の水分吸着量を超える水分が複層ガラスの封着材を透過して2枚のガラスの間の空気層内に侵入し、露点温度が低下し、複層ガラスの外側のガラス表面温度と内側のガラスの表面温度の差より低下した際に、余剰水分がガラス表面に結露する。 <p>複層ガラスの下辺のサッシの水抜きが不完全な場合、内部結露発生を促進する。</p>		
			<p>確認方法：目視</p> <p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サッシ枠内の排水が確実に行われるサッシ構造とする。 		

図 4.44 ガラスの劣化事例と対策 (3/5)

詳細説明

No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
③	開口部	網入板ガラスの割れ	網入板ガラス	美観／機能	A
状況写真			解説		
			<p>写真または図に関する説明</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特徴：ガラスの辺から面内に垂直に割れが入る。その先で割れが分岐するものとしなないものがある。前者を分岐破壊、後者を非分岐破壊という。発生応力が大きい場合には分岐破壊となるケースが多い。 ・原因：サッシ枠内で水抜き機能が不十分な時、網入板ガラスの網が錆び易くなる。網は錆びると膨張し、そのためにガラスエッジ部に小さなクラックを生じさせることがある。 <p>クラックが生じるとガラスエッジ強度が低下するが、この状態で更に熱応力（引張応力）が加わるとクラックが伸長する。（熱割れ）</p> <p>なお 熱応力が加わらなくても錆の進行による膨張でクラックが伸長することがある。（錆割れ）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・確認方法：目視 <p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・網入板ガラスのエッジ部の防錆処理を施す。 ・枠内の排水が確実に行われるサッシ構造とする。 		

図 4.44 ガラスの劣化事例と対策（4/5）

詳細説明 4


No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
④	開口部	中間膜のはく離	合わせガラス	美観／機能	C
状況写真			解説		
			写真または図に関する説明 <ul style="list-style-type: none"> ・特徴：突き付け目地納まりの合わせガラスの中間膜が、ガラスエッジより面内にガラス面から界面はく離している ・原因：目地シーリング材のシリコーンシーラントは透湿性があり、高湿環境下で吸湿された水分は合わせガラス用中間膜 PVB に経時的に吸収され、その結果ガラスとの界面はく離につながった。 ・確認方法：目視 ・注記：通常環境下でほとんど発生しない。 <p style="text-align: center;">JIS 耐久性加速（耐湿性）試験 で、エッジはく離はエッジより面内へ 15 ミリまで許容される。</p>		
			対策 <ul style="list-style-type: none"> ・高湿環境下での突き付け目地納まりは控える。 		

図 4.44 ガラスの劣化事例と対策 (5/5)

(3) ALC パネルの劣化事例

外装材に用いる ALC パネルにおいては、表面仕上げ材の劣化が主な劣化現象である。また、パネル間目地のシーリングについても、劣化がみられる部分である。このため、塗装及びシーリングの劣化事例を収集・整理した（図 4.45）。



①塗装材の劣化（チョーキング）



②塗装材のふくれ（漏水による劣化）



③カビの発生（漏水による劣化）



④塗装材のはく離（開口部からの漏水による劣化）



⑤シーリング接合部のひび割れ



⑥シーリング接合部の塗装材のふくれ



⑦シーリング接合部周辺の ALC のひび割れ（高接着力による部材破壊）

図 4.45 ALC 外壁の劣化事例

(4) 押出成形セメント板 (ECP : Extruded Cement Panel)

押出成形セメント板については、表面塗装の劣化、目地シーリングの劣化、素地表面の劣化について、それぞれの劣化の程度を設け、対応の緊急度と共に分類した。図 4.40 に押出成形セメント板の劣化と必要な対策を示す。

また、押出成形セメント板のアスベスト含有製品の改修工事方法については、押出成形セメント板協会が発行する処理等対策マニュアル※1 を参考にされるとよい。

■ 押出成形セメント板の劣化事例と対策

【緊急度】のレベル

A : 早急に応急処置を行うと共に、できる限り早く (半年以内に) 改修工事等のための診断を行う

B : できる限り早く (1年以内に) 改修工事等のための診断を行う

C : その他の工事との関係を見計らって診断を行う

D : 早期診断または漏水の防止処理の必要性はない

解説

材料の種類	劣化の状況		緊急度
押出成形セメント板 (ECP)	表面塗料の劣化	① 塗装の退色及び汚れ	C
		② 塗膜のはがれ・膨れ	B
	目地シーリングの劣化	③ シーリング切れ	A
		④ シーリング汚れ	D
		⑤ シーリング膨れ	D
	素地表面の劣化	⑥ 素地表面の汚れ (エフロ等)	D
		⑦ 素地表面の汚れ (カビ等)	D
	ECP 基材の劣化	⑧ 凍害劣化	B
		⑨ 基材割れ	A


図 4.46 押出成形セメント板の劣化事例と対策 (1/5)

詳細説明


No	部位	劣化の状況	材料	影響	緊急度
①	ECP 表面塗装	塗装の退色及び汚れ	塗装	美観	C
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・劣化要因 紫外線による経年劣化 雨水による経年劣化 塵、埃の付着 ・確認方法 目視 ・対策（改修方法） 表面清掃 上塗りの再塗装 		

図 4.46 押出成形セメント板の劣化事例と対策 (2/5)

詳細説明

No	部位	劣化の状況	材料	影響	緊急度
②	ECP 表面塗装	塗膜のはがれ・膨れ	塗装	美観	B
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・劣化要因 経年による密着力低下 施工不良（シーラー処理不足） ・確認方法 目視 		
			<ul style="list-style-type: none"> ・対策（改修方法） 経年劣化の場合は再塗装 施工不良の場合は該当部分塗装 		

詳細説明

No	部位	劣化の状況	材料	影響	緊急度
③	ECP 表面塗装	塗膜のはがれ・膨れ	塗装	美観	B
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・劣化要因 経年による密着力低下 施工不良（シーラー処理不足） ・確認方法 目視 		
			<ul style="list-style-type: none"> ・対策（改修方法） 経年劣化の場合は再塗装 施工不良の場合は該当部分塗装 		

詳細説明




No	部位	劣化の状況	材料	影響	緊急度
④	ECP 目地部	目地部の汚れ	変成シリコン	美観	D
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・劣化要因 経年による汚れ ・確認方法 目視 		
			<ul style="list-style-type: none"> ・対策（改修方法） 表面清掃 経過観察 		

図 4.46 押出成形セメント板の劣化事例と対策 (3/5)

詳細説明

No	部位	劣化の状況	材料	影響	緊急度
⑤	ECP 目地部	シーリング膨れ	変成シリコン	美観/機能	D
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> 劣化要因 施工不良 (プライマー未使用又は塗布不良) 確認方法 目視 		
			<ul style="list-style-type: none"> 対策 (改修方法) 止水性に影響がある部分は再施工 		

詳細説明

No	部位	劣化の状況	材料	影響	緊急度
⑥	ECP 表面	エフロレッセンスの発生	ECP	美観	D
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> 劣化要因 雨水による経年劣化 確認方法 目視 		
			<ul style="list-style-type: none"> 対策 (改修方法) 経過観察 表面現場塗装 		

詳細説明




No	部位	劣化の状況	材料	影響	緊急度
⑦	ECP 表面	素地表面汚れの発生	ECP	美観	D
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> 劣化要因 笠木形状の不適正、笠木接合部の施工不良 経年による汚れ 確認方法 目視 		
			<ul style="list-style-type: none"> 対策 (改修方法) 笠木の改修 表面クリーニング ウォータージェット洗浄 		

図 4.46 押出成形セメント板の劣化事例と対策 (4/5)

詳細説明

No	部位	劣化の状況	材料	影響	緊急度
⑧	ECP 基材	凍害の発生※	ECP	美観/機能	B
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> 劣化要因 付帯設備との止水処理不良 屋内湿気の ECP 中空内部流入 確認方法 目視 		
			<ul style="list-style-type: none"> 対策（改修方法） パネル貫通部の止水対策の実施。 凍害によるパネル劣化範囲が大きい場合は当該部のパネル交換。 		

詳細説明

No	部位	劣化の状況	材料	影響	緊急度
⑨	ECP 基材	基材割れの発生	ECP	美観/機能	A
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> 劣化要因 欠込み寸法不適正 地震時（層間変位）の応力集中 確認方法 目視 		
			<ul style="list-style-type: none"> 対策（改修方法） パネル耐力上問題ある場合はパネル交換とし問題無い場合は割れ補修 		

※1：参考文献：石綿含有押出成形セメント板の解体・改修工事における石綿対策 石綿障害予防基盤への対応（2009年9月改定版），押出成形セメント板協会（ECP協会）






※2：凍害は寒冷地においてアスベスト含有製品に多く見られたが、1998年以降ノンアスベスト製品に完全移行されたため事例は少なくなっている。

図 4.46 押出成形セメント板の劣化事例と対策（5/5）

(5) サッシ

アルミ外装材については、表 4.7 に劣化現象を整理したように、個々の構成材料・部品等の表面劣化や汚れ、さらには劣化に伴う漏水などの現象が想定される。ここでは、アルミ外装材が多くの部品で構成されており、開口部というサッシの機能上の特性を鑑み、建具としての劣化の特徴、点検方法、対策を整理した（表 4.38）。

表 4.39 サッシの劣化事例

区分	クレセント	戸車	締めハンドル	気密パッキン	ガラスビード	アルミ表面
画像	 引き窓系	 引き窓系	 開き窓系			
新設時の状態	<ul style="list-style-type: none"> ・クレセントと受けが調整されている ・ハンドルにガタがない ・取付ビスにゆるみがない ・表面に汚れや腐食がない 	<ul style="list-style-type: none"> ・戸車調整がされている ・開閉時の動きがスムーズ ・戸車からの異音がない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ハンドルと受けが調整されている ・確実に障子を引寄せている ・ハンドルにガタがない ・取付ビスにゆるみがない 	<ul style="list-style-type: none"> ・気密材が正しく取付いている ・枠と障子に隙間がない ・気密材に弾力がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガラスと障子の間に正しく設置されている ・ビード表面に汚れや亀裂がない ・ビードに弾力がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・クリアー塗膜面に傷みがなく表面が滑らか ・サッシ表面に汚れや傷がない
劣化の特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・クレセントが正しくかからない ・クレセントにガタがある ・取付ビスにゆるみがある ・錆びが発生している 	<ul style="list-style-type: none"> ・開閉時の動きが重い ・開閉時に異音が発生する ・障子が動かない ・開閉操作時にレールに乗り上げそうになる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ハンドルが正しくかからない ・ハンドルにガタがある ・取付ビスにゆるみがある ・錆びが発生している 	<ul style="list-style-type: none"> ・気密材が破断、脱落している ・障子と枠にすき間がある ・気密材が硬化している <気密材が縮んでいる> 	<ul style="list-style-type: none"> ・ビードが溝から外れている ・表面に亀裂がある ・ビードが硬化している ・状態: 付き合せ部が離れている、コーナー部に隙間がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・クリアーのはがれがある ・表面に点食が発生している
点検方法	<ul style="list-style-type: none"> ・クレセントを操作する ・クレセントを外しバネ等部品の確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・障子を開閉する ・障子を外して戸車の状態をみる ・状態: タイヤの磨耗と回転確認、軸の歪み、ハウジングの錆び 	<ul style="list-style-type: none"> ・ハンドルを操作する ・連動装置関係タイプは部品、障子を外しての確認 ・状態: 錆び、埃の付着、変形、破損の確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・目視にて気密材が付いているか確認する ・目視にて、障子を閉めた際に隙間がないか確認する ・気密材が硬化していないか、触って確認する 	<ul style="list-style-type: none"> ・目視にて、外れがないか確認する ・目視や触れてみて、表面に亀裂がないか確認する ・ビードが硬化していないか、触って確認する 	<ul style="list-style-type: none"> ・目視にて、クリアーが剥離していないか確認する ・目視にて表面に点食が発生していないか確認する
対策	<ul style="list-style-type: none"> ・純正部品クレセント交換 	<ul style="list-style-type: none"> ・純正部品戸車交換 	<ul style="list-style-type: none"> ・純正部品ハンドルの交換 	<ul style="list-style-type: none"> ・純正部品気密材の交換 	<ul style="list-style-type: none"> ・ビードの外れの直し ・ビードの交換 ・新規にシールにて打ち直す(セッティングブロックの設置) 	<ul style="list-style-type: none"> ・点食部分を含めて表面の汚れを除去し中性洗剤等にクリーニングを実施 ・表面の下地処理を実施後、各種塗料を選択して再塗装

(6) シーリング

シーリングの劣化現象について、図または写真による事例を用いて解説する。

写真では、「この程度の状態になったら通常は補修する」という目安を示し、簡易な鑑定方法や解説図も共に示した。また、シーリング材の劣化は、湿気が多く加水分解が進むなどし、促進因子により化学反応が進行すると生じる。

■シーリングの劣化現象の種類

シーリングの劣化現象の種類と内容を表 4.39 に示す。劣化現象には主に防水機能の劣化および意匠・外観に影響を及ぼす美観の劣化に分類できるが、それぞれの劣化の進行状況に応じて現象も異なる。ここでは、図及び写真をもちいて、調査、補修などの実施の緊急度レベルを示した。

表 4.39 シーリングの劣化現象

		劣化現象の種類
防水機能関連	漏水またはその痕跡	シーリング材の破断などによる外壁部位などからの漏水またはその痕跡
	被着面からはく離	シーリング材が被着面からはく離する現象。漏水の原因となる
	シーリング材の破断 (口開き)	シーリング材に発生したひび割れが目地底まで達し、完全に破断している状態。漏水の原因となる
	被着体の破壊	シーリング目地周辺の被着体にひび割れや欠落が発生する現象。漏水の原因となる
	シーリング材の変形	目地のムーブメントなどによって、シーリング材が外部方向へふくれたり、くびれたりする現象
	シーリング材の軟化	紫外線、熱などによってシーリング材が軟らかくなる現象
意匠・外観関連	しわ	目地のムーブメント、シーリング材の収縮などによって、シーリング材が波打つ現象
	汚れ	シーリング材表面の汚れ、またはシーリング材の成分の一部が被着体の表面に付着して汚れる現象
	ひび割れ	シーリング材表面に微細なひび割れが発生する現象
	白亜化	シーリング材表面が粉状になる現象 チョーキングともいう
	仕上げ材の浮き、変色	シーリング材の上に施された仕上材(塗料、仕上塗材など)がシーリング材とはく離したり、変色を生じる現象
	変退色	シーリング材の含有成分が表面にブリードし大気中のガスなどによって、シーリング材表面が変色したり、また、シーリング材表面が紫外線などにより劣化退色する現象

【緊急度】のレベル

A：早急に応急処置を行うと共に、できる限り早く(半年以内に)改修工事等のための診断を行う

B：できる限り早く（1年以内に）改修工事等のための診断を行う

C：その他の工事との関係を見計らって診断を行う

D：早期診断または漏水の防止処理の必要性はない

■解説

防水機能の影響を及ぼす緊急度レベル

材料	損傷の状況			緊急度
シーリング材	被着面からの はく離	①	はく離が接着面にそって目地底に向かって発生	A
			表面のみ発生し目地底までは至っていない	B
	シーリング材 の破断	② ③	シーリング材の破断が目地底に向かって発生	A
			表面に近い箇所で発生し目地底までは至っていない	B
			表面のみの発生でひび割れに近い	C
シーリング材 の変形	④	シーリング材の凹凸が著しく明らかに異常	B	
		シーリング材の凹凸が波を打つ程度（しわ）	C	
シーリング材 の軟化	⑤	シーリング材がペースト状に軟化して指につく	A	
		軟らかくなっているが指にはつかない	C	

1. はく落防止・防水機能関連の劣化事例と対策

ここでは、各種外装材料の損傷状況について、防水機能の影響を及ぼす緊急度レベル [A] の状態に関する事例を図 4.47 で紹介する。

詳細説明

No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
①	目地	被着面からのはく離	ポリウレタン	防水機能	A
状況写真			解説		
			<p>・特徴：目地の接着面からシーリング材がはく離</p> <p>・原因：目地のムーブメント、接着不良物質の付着、接着面積不足、プライマー劣化、等</p> <p>・確認方法：目視・触診。(ただし、手袋着用)</p> <p>対策</p> <p>・全面改修の必要あり</p> <p>・劣化判断ははく離状態を確認。改修にあたっては建研 H22 年度報告書 防水仕様を確認のこと</p>		

詳細説明


No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
②	目地	シーリング材の破断	ポリサルファイド	防水機能	A
状況写真			解説		
			<p>・特徴：シーリング材に発生したひび割れが目地底まで到達</p> <p>・原因：目地のムーブメント、目地設計不良、材料選定ミス、等</p> <p>・確認方法：目視・触診(ただし、手袋着用)</p> <p>対策</p> <p>・全面改修の必要あり</p> <p>・劣化判断は破断状態を確認。改修にあたっては建研 H22 年度報告書 防水仕様を確認のこと</p>		

図 4.47 はく落防止・防水機能関連の劣化事例と対策 (1/3)

詳細説明

No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
③	目地	被着面の破壊	—	防水機能	A
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：目地周辺の被着体にひび割れや欠損が発生 ・原因：シーリング材の劣化による硬質化、被着体の強度不足、目地のムーブメント、等 ・確認方法：目視・触診（ただし、手袋着用） 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・部分改修の必要あり ・劣化判断は部材の破断状態を確認。改修にあたっては建研 H22 年度報告書 防水仕様を確認のこと 		

詳細説明

No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
④	目地	シーリング材の変形	ポリサルファイド	防水機能	A
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：シーリング材が凹凸に変形する現象 ・原因：目地のムーブメント、被着体の変形、目地設計不良、弾性復元性の低下、等 ・確認方法：目視・触診。（ただし、手袋着用） 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・著しい変形の場合は、全面改修の必要あり ・劣化判断は変形状態を確認。改修にあたっては建研 H22 年度報告書 防水仕様を確認のこと 		

図 4.47 はく落防止・防水機能関連の劣化事例と対策 (2/3)

詳細説明


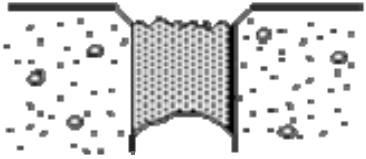
No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
⑤	目地	シーリング材の軟化	ポリウレタン	防水機能	A
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：シーリング材が軟化し、触ると軟化物が指に付着する現象 ・原因：熱による劣化、アルカリ水による加水分解、酸化劣化、等 ・確認方法：目視・触診。（ただし、手袋着用） 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全面改修の必要あり ・劣化判断は軟化状態を確認。改修にあたっては建研 H22 年度報告書 防水仕様を確認のこと 		

図 4.47 はく落防止・防水機能関連の劣化事例と対策 (3/3)

2. 意匠・外観関連の劣化事例と対策

ここでは、性能的には現時点でははく落などの事故には繋がらない緊急度レベルが [C] ~ [D] の劣化事例、清掃などで対応が可能な状態、並びに、次の調査までには問題のない状態について図 4.48 で紹介する。

詳細説明

No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
⑤	目地	シーリング材のしわ	シリコーン ポリウレタン	美観	C
状況図			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：シーリング材表面が波打つ現象。 ・原因：目地のムーブメント、シーリング材の収縮などによるシーリング材の変形 ・確認方法：目視 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・しわが極めて著しい場合は、改修の必要あり ・劣化判断はしわの状態を確認。改修にあたっては建研 H22 年度報告書 防水仕様を確認のこと 		

詳細説明


No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
⑥	目地	シーリング材の汚れ	シリコーン	美観	C
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：シーリング材表面や目地周辺が汚れる現象 ・原因：シーリング材表面への埃の付着、シーリング材の成分の一部が被着体の表面に付着して汚れる ・確認方法：目視・触診（ただし、手袋着用） 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・汚れが極めて著しい場合は、改修の必要あり。 ・劣化判断は汚れの状態を確認。改修にあたっては建研 H22 年度報告書 防水仕様を確認のこと 		

図 4.48 意匠・外観関連の劣化事例と対策（1/4）

詳細説明

No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
⑦	目地	シーリング材のひび割れ	ポリウレタン	美観	C
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：シーリング材表面に微細なひび割れが発生する現象 ・原因：紫外線劣化、目地のムーブメント等 ・確認方法：目視・触診（ただし、手袋着用） 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・変退色が極めて著しい場合は、改修の必要あり ・劣化判断はひびの状態を確認。改修にあたっては建研 H22 年度報告書 防水仕様を確認のこと 		

詳細説明

No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
⑧	目地	シーリング材の白亜化	ポリウレタン	美観	C
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：シーリング材の表面が粉状になる現象。チョーキングともいう。 ・原因：紫外線による劣化、等 ・確認方法：目視。（ただし、手袋着用） 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・白亜化が極めて著しい場合は、改修の必要あり ・劣化判断は白亜化状態を確認。改修にあたっては建研 H22 年度報告書 防水仕様を確認のこと 		

図 4.48 意匠・外観関連の劣化事例と対策 (2/4)

詳細説明

No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
⑨	目地	仕上材の浮き	ポリウレタン	美観	C
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：シーリング材の上に施された仕上材（塗料、仕上塗材など）がシーリング材とはく離する現象 ・原因：シーリング材と仕上材の密着性低下、仕上材の収縮、水分の浸入、等 ・確認方法：目視・触診（ただし、手袋着用） 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・浮きが極めて著しい場合は、改修の必要あり ・劣化判断は浮きの状態を確認。改修にあたっては建研 H22 年度報告書 防水仕様を確認のこと 		

詳細説明


No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
⑩	目地	仕上材の変色	変成シリコーン系	美観	C
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：仕上材が変色する現象。 ・原因：シーリング材中の可塑剤等の液状成分が仕上材に移行することによる、仕上材の軟化、紫外線による変色、等 ・確認方法：目視・触診（ただし、手袋着用） 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・変色が極めて著しい場合は、改修の必要あり。 ・劣化判断は変色状態を確認。改修にあたっては建研 H22 年度報告書 防水仕様を確認のこと 		

図 4.48 意匠・外観関連の劣化事例と対策 (3/4)

詳細説明

No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
①	目地	シーリング材の変退色	シリコーン ポリウレタン	美観	C
状況写真			解説		
			<ul style="list-style-type: none"> ・特徴：シーリング材の含有成分が表面にブリードし大気中のガスなどによって、シーリング材表面が変色したり、また、シーリング材表面が紫外線などにより劣化退色する現象。 ・原因：外部物質とシーリング材中の成分との反応、紫外線劣化、等 ・確認方法：目視・触診（ただし、手袋着用） 		
			<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・変退色が極めて著しい場合は、改修の必要あり ・劣化判断は変退色状態を確認。改修にあたっては建研 H22 年度報告書 防水仕様を確認のこと 		

図 4.48 意匠・外観関連の劣化事例と対策 (4/4)

(7)ガスケット

接合部のガスケットは目地の奥にあり劣化を目視確認できない設計となっている。このため、劣化事例については、開口部分の目に見える箇所の劣化について示した。

■ガスケットの劣化事例

[緊急度] のレベル

- A:早急に応急処置を行うとともに、できる限り早く(半年以内に)修繕工事等のための診断を行う
- B:できる限り早く(1年以内に)修繕工事等のための診断を行う
- C:その他の工事との関係を見計らって診断を行う
- D:はく落危険または漏水の防止処理の必要性はない

解説

材料	損傷の状況		緊急度
グレージングチャンネル	うろこ状亀裂	① うろこ状亀裂	C
シーリング バッカー	シーリングの変色	② 接触部分のシーリング材の変色	D
ガラスビード	ゴムの変色	③ 白亜化	D

詳細説明



No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
①	グレージングチャンネル	表面のうろこ状亀裂	PVC	美観/機能	C
状況写真			解説		
			<p>写真または図に関する説明</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特徴：うろこ状亀裂 ・原因：長期使用時にオゾン、紫外線劣化、特に水と接触すると促進される。 ・確認方法：拡大鏡等で外観目視確認 <p>対策：劣化はするものの、ごく表面付近の亀裂で有って、漏水や保持力低下はあまりないが外観問題が有れば交換。設計時水切れを良くする、施工時にガスケットに応力を加えない。</p>		

図 4.49 ガスケットの劣化事例と対策 (1/2)

詳細説明

No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
②	シーリング バックカー	シーリング部分の変色	CR ゴム	美観	D
状況写真			解説		
			<p>写真または図に関する説明</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特徴：バックカーとの接触部分のシーリングの変色 ・原因：ゴムの内部から析出した老化防止剤などの薬品が移行したり、反応汚染したもの。 ・確認方法：目視。ゴムに近い部分で明らかな変色が確認できる。 <p>対策：接触が考えられる場合、耐シーリング対策ゴムを使用する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ゴムとシーリングを接触させて加熱促進試験を行い、汚染発生の無いゴム及びシーリングを選定する。 		

詳細説明


No	部位	損傷の状況	材料名	影響	緊急度
③	ガラスビード	ゴムの変色	EPDM、CR ゴム	美観	D
状況写真			解説		
			<p>写真または図に関する説明</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特徴：ゴムの白亜化 ・原因：ゴムの配合剤が粉または液体として析出する現象。粉ならブルーム、液体ならブリードと呼ぶ ・確認方法：触診。黒いゴムの表面が白く変色した部分を擦ると取れる。 <p>対策：加硫剤や老化防止剤を過剰に添加すると起きる現象だが美観を損なうが製品機能上は全く問題ない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・改修時の材料選定ではゴムの配合を見直す必要がある。 		

図 4.49 ガスケットの劣化事例と対策 (2/2)

■新築時の目地・接合部（ガスケット）の施工事例

ガスケットの設計および使用の特性上、施工関係者以外は竣工後にその存在をほぼ目にするのが困難である。このため、本節では建築従事者として知っておくべき事項として、現状の施工現場における施工事例を示した。建物の外壁が経年劣化し雨漏れ等が発生した際に、ガスケットの存在を確かめ正しい補修・改修の参考にされたい。

プレキャストコンクリートカーテンウォール・水密接合法	
オープンジョイント・一般目地	オープンジョイント・一般目地
	
<p>構法：[ダブルシール] ー屋外側：シーリング材、室内側：ガスケット 材料種類：目地ガスケットー主に高層階→シリコン系、低層階→シリコン系、CR系が用いられる 注意点： ・ガスケットの選定ー現状では交換不可のため高変形追従性、高耐久性のものを選定する ・漏水防止のため施工時の破れ・ヨレの防止</p>	<p>構法：ガスケット又はシーリングと併用 材料種類：レインバリアー主に EPDM 系、CR 系、ウィンドバリアーシリコン系が用いられる 注意点： ・ガスケットの選定ー現状では交換不可のため高耐久性・長寿命のものを選定する ・漏水防止のため施工時の破れ・ヨレの防止</p>

図 4.50 ガスケットの接合部施工事例 (1/2)

メタルカーテンウォール・水密接合法	
オープンジョイント	サッシユニット上端部
	
<p>構法：ダブルシール→シーリング、ガスケット、併用など 特徴：地震時の慣性力や風による負圧をサッシに伝達する （ガスケット使用部分）縦目地、横目地 （用途）ウィンドバリア、レインバリア （種類）目地ガスケット→主に EPDM、シリコーン系が用いられる （ガスケットへの要求事項）高耐久・高寿命 （注意点）施工時のウィンドバリアの破れ、レインバリアのヨレ</p>	


ガラス開口部・グレイジングガスケット構法	
サッシの框・枠周り	
	<p>特徴：水密性・気密性の確保 （使用部分）ガラス廻り （ガスケット種類）チャンネル・ビート等→クロロプレン、塩化ビニル樹脂系が多い(住宅、低層ビルの場合)、高層ビルの場合は EPDM 系が多い （ガスケットの要求事項）施工性・高耐久・防汚 （注意点）ガラス施工時のリップ部の巻き込み</p>

図 4.50 ガスケットの接合部施工事例 (2/2)

4.4 外壁の耐久設計事例の紹介

外装カーテンウォール・パネル（乾式工法）の外壁ならびにサッシの劣化は、比較的新しい建物が多いこと並びに材料が工場で製造されるため品質が安定しており、劣化事象に関する報告が少なくこれまであまり注視されてこなかった。しかし、建物の寿命を鑑みれば今後は維持保全方法や補修・改修方法への対策が必須である。乾式工法による外壁では、特に目地・接合部の防水性ならびに美観（汚れ、ひび割れ等）の健全性の持続が建物の寿命を左右することから、この節では目地・接合部の機構を正しく理解していただくことを目的とする。

4.4.1 長寿命化に資する目地・接合部の施工事例（シーリング及びガスケット）

外装カーテンウォール・パネル・サッシにおいて、雨水の浸入は劣化速度に影響を及ぼす。特にこれらの外装材では、目地の果たす役割が重要であり、シーリングのひび割れやはがれなどの劣化が雨水の浸入に直結するため、目地部の機能維持が重要となる。

このため目地としての長寿命化を目的とする設計事例として、シーリング及びガスケットの目地・接合部の施工事例を図および解説を付けて紹介する。なお、シーリング材はJASS8をベースにまとめている。

1. 目地・接合部の設計事例（シーリング及びガスケット）

押出成形セメント板に関する目地・接合部を例として、材料（種類）と工法の組合せ（推奨例）を図 4.51～4.52 で紹介する。

押出成形セメント板ロックング構法（縦壁） ダブルシールジョイント構法 パネル間目地 地	
2成分形変成シリコン系シーリング材	2成分形変成シリコン系シーリング材 EPDMガスケット
<p>特徴：内水切りプレートによる屋内漏水の防止 （使用部分）横目地 （用途・種類） 内水切り：SUS304 厚1mm以上 シーリング材：2成分形変成シリコン系 （シーリング材の特徴）耐久性、耐候性 （注意点）シーリング材施工時は、シーリング材製造業者指定のプライマーを用い、十分に塗布する。</p>	<p>特徴：ガスケットによる屋内漏水の防止 （使用部分）縦目地 （用途・種類） ガスケット：中空環状ガスケット シーリング材：2成分形変成シリコン系 （シーリング材の特徴）耐久性、耐候性 （ガスケットの特徴）耐久性、耐熱性 （注意点）シーリング材施工時は、シーリング材製造業者指定のプライマーを用い十分に塗布する。</p>

図 4.51 押出成形セメント板のロックング構法（縦壁）（1/2）

押出成形セメント板ロックング構法（縦壁） ダブルシールジョイント構法 建具回り目地	
2成分形変成シリコン系シーリング材 シリコンガスケット	2成分形変成シリコン系シーリング材 シリコンガスケット
<p>特徴：ガスケットによる屋内漏水の防止 （使用部分）縦目地 （用途・種類） ガスケット：シリコン環状ガスケット シーリング材：2成分形変成シリコン系 （シーリング材の特徴）耐久性、耐候性 （ガスケットの特徴）耐久性、耐熱性 （注意点）シーリング材施工時は、シーリング材製造業者指定のプライマーを用い、十分に塗布する。</p>	<p>特徴：ガスケットによる屋内漏水の防止 （使用部分）横目地 （用途・種類） ガスケット：シリコン環状ガスケット シーリング材：2成分形変成シリコン系 （シーリング材の特徴）耐久性、耐候性 （ガスケットの特徴）耐久性、耐熱性 （注意点）シーリング材施工時は、シーリング材製造業者指定のプライマーを用い、十分に塗布する。</p>

図 4.51 押出成形セメント板のロックング構法（縦壁）（2/2）

押出成形セメント板スライド構法（横壁）		ダブルシールジョイント構法 パネル間目地	
2成分形変成シリコン系シーリング材 E P D Mガスケット		2成分形変成シリコン系シーリング材 E P D Mガスケット	
<p>特徴：ガスケットによる屋内漏水の防止 （使用部分）縦目地 （用途・種類） ガスケット：E P D M環状ガスケット シーリング材：2成分形変成シリコン系 （シーリング材の特徴）耐久性、耐候性 （ガスケットの特徴）耐久性、耐熱性 （注意点）シーリング材施工時は、シーリング材製造業者指定のプライマーを用い、十分に塗布する。</p>		<p>特徴：ガスケットによる屋内漏水の防止 （使用部分）横目地 （用途・種類） ガスケット：E P D M環状ガスケット シーリング材：2成分形変成シリコン系 （シーリング材の特徴）耐久性、耐候性 （ガスケットの特徴）耐久性、耐熱性 （注意点）シーリング材施工時は、シーリング材製造業者指定のプライマーを用い、十分に塗布する。</p>	

図 4.52 押出成形セメント板のスライド構法（横壁）（1/2）

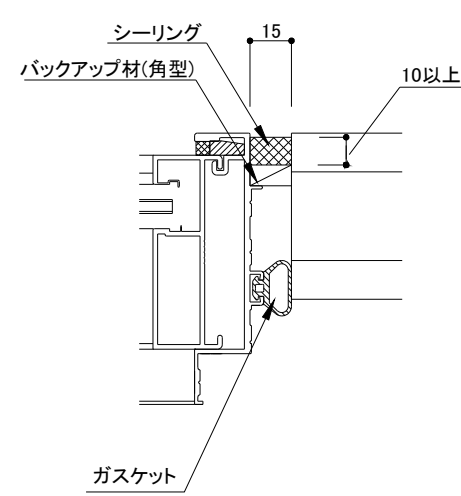
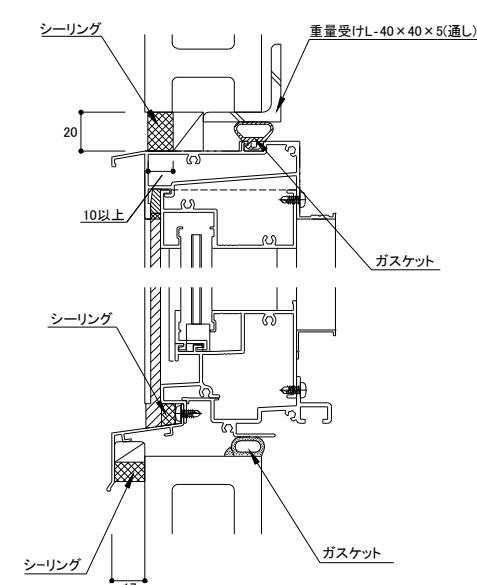
押出成形セメント板スライド構法（横壁） ダブルシールジョイント構法 パネル間目地	
2成分形変成シリコン系シーリング材 シリコンガスケット	2成分形変成シリコン系シーリング材 シリコンガスケット
	
<p>特徴：ガスケットによる屋内漏水の防止 （使用部分）縦目地 （用途・種類） ガスケット：シリコン環状ガスケット シーリング材：2成分形変成シリコン系 （シーリング材の特徴）耐久性、耐候性 （ガスケットの特徴）耐久性、耐熱性 （注意点）シーリング材施工時は、シーリング材製造業者指定のプライマーを用い、十分に塗布する。</p>	<p>特徴：ガスケットによる屋内漏水の防止 （使用部分）横目地 （用途・種類） ガスケット：シリコン環状ガスケット シーリング材：2成分形変成シリコン系 （シーリング材の特徴）耐久性、耐候性 （ガスケットの特徴）耐久性、耐熱性 （注意点）シーリング材施工時は、シーリング材製造業者指定のプライマーを用い、十分に塗布する。</p>

図 4.52 押出成形セメント板のスライド構法（横壁）（2/2）

2. 高耐久仕様の目地設計の例示

プレキャストコンクリートカーテンウォールの外壁目地接合の仕様を紹介する。2重目地にすることで表層部の目地が切れることがあっても、屋内側の目地により漏水を防ぐことができるため、より高耐久な設計となる。ただし、問題点として屋内側の接合目地については補修・改修工事が難しいことから、高耐久の材料を選定し施工することが望まれる。

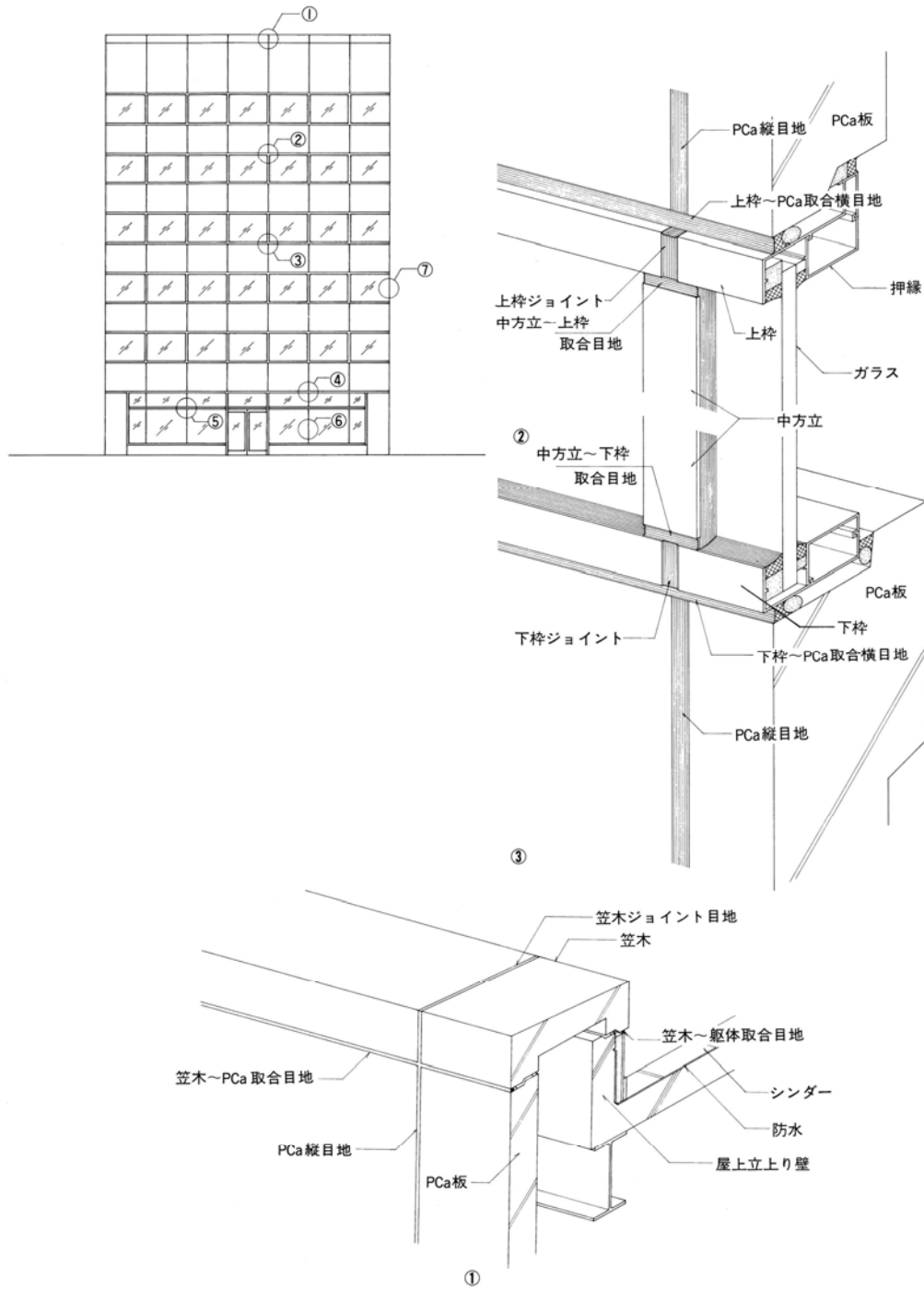


図 4.53 プレキャストコンクリートカーテンウォールの高耐久目地設計の例

4.5 外装カーテンウォール・パネル・サッシおよび外壁接合部の長寿命化のための要因整理

表 4.40 に外装カーテンウォール・パネル・サッシおよび外壁接合部に関する、材料・工法ならびに長寿命化に資する新築時の設計、維持保全、調査・診断ならびに補修・改修時の設計を検討する際に用いるコンテンツを抽出・整理した(以下,マトリックス表と記す)。

本表を作成するにあたり次のような視点でコンテンツの整理を行った。

1) 新築時の設計に関しては現時点での対応等実際に則した内容で整理した。一方で、補修・改修に関しては検討が遅れており現時点で想定される内容を盛り込み、課題となる点も含め記述した。

「将来の課題」に関しては、今後の建築に係わる技術者により積極的に検討されることを期待し記述している。

2) 改修時の性能設計項目等には、数十年後の状況の変化に対応するための注意事項を記入した。

3) “維持保全”については、団体等により異なる定義で使われている。一般的には日常的なメンテナンスをさしている場合が多いが、本表では広義の場合の“常に適法な状態に保つ”という意味合いとしてコンテンツを整理した。

4) ガラスカーテンウォールとガラススクリーンの違いについて、本表ではガラススクリーンは枠材に入っていないものとして分類した。

また、外装カーテンウォール・パネル・サッシおよび外壁接合部について本表のみでは説明が十分ではない。以下に、各種材料の補足説明を示した。

[ガラス]

- ・ **Low-e** ガラスの金属部が腐食すると再生不能となる。

- ・ 複層ガラスの封着部は、防湿性能は施されているが強度に対する設計がなされていない。強風により封着部にかかる荷重が大きくなる。近年封着部にシーリングではなくガスケットを用いているものがあり、またガラスの大型化も進んでいるため、封着部の寿命が短くなる可能性も考えられる。封着部についての検討を行う必要がある。

- ・ 今後の課題としては、**Low-e** ペアガラスの腐食補修への対応などが考えられる。

[ALC]

- ・ ALC パネル外装材の長寿命化は、仕上げ材や接合部目地の防水機能を維持させることにより確保する。このため、ALC パネルの寿命(耐久性)は、施主等にも新築時に設定してもらい、仕上げ材や接合部目地防水の性能を決定し、併せて供用期間における維持管理を適切に計画・運営することで確保する。

- ・ ALC の補修・改修工事では接合部目地の処理をどうするのか、すなわち、既存シーリングの除去方法が課題としてある。これは、劣化したシーリングと新規に施工するシーリングの適合性(付着性)や改修後の耐久性・耐用年数に関するデータが少なく、補修・改修

工法を選定する際の判断基準が少ないことに起因している。

[押出成形セメント板]

- ・凍害は寒冷地においてアスベスト含有製品に多く見られたが、1998年以降ノンアスベスト製品に完全移行されたため事例は少なくなっている。
- ・アスベスト含有製品の改修工事の注意事項の記載が大切ではないか。
- ・押出成形セメント板のアスベスト含有製品の改修工事方法については、(押出成形セメント板協会がまとめている) 処理等対策マニュアル[※]を参考にされるとよい。

[開口部、アルミ]

アルミ外装材については、表 4.8 に劣化現象を整理したように、個々の構成材料・部品等の表面劣化や汚れ、さらには劣化に伴う漏水などの現象が想定される。ここでは、アルミ外装材が多く部品で構成されており、開口部というサッシの機能上の特性を鑑み、建具としての劣化の特徴、点検方法、対策を整理した。

サッシについては、本体の劣化についてのみ対象とし、接合部のシーリング材は対象としない。

[シーリング]

シーリングに関して開口部の漏水など、部材、工法としての判断をまとめた。シーリング材は、既存接合部の打ち替えの場合は、接合部の設計変更はできない。材料のグレードを変更して、耐久性などを確保する。

- ①シーリング材の補修には相当な手間がかかり、補修費用は新築の3倍程度。シーリング材を容易に除去する、効率よく付着面の清掃をする、素早くシーリング材を打つなどが可能となれば、コスト削減につながる。
- ②(社)日本建築学会の技術指針でシーリングの見分け方などまとめたものがあり活用できる。
- ③シーリング材の今後検証が必要な実験としては、繰返し打ち替えの補修に関する品質の検討がある。すなわち、補修の場合、既存のシーリング材との接着性についてどこまで担保できるのかなどの問題もある。
- ④シーリングの改修は適材適所表で現状運用されており問題はないが、現場で接着性を確認する方法が将来的には必要となってくる。現状ではひも状引張り試験を適用しているが、工学的な裏付けの検証が不足おり、押す方法、治具を用いる方法等の方法を含めて検討するのがよい。

<補足>

- ①考え方：耐用年数の摩耗耐久年数⇔施工品質として保証年数としている。
- ②現状の長寿命化については、ダブルシールジョイント工法などは、屋外側のシーリングが切れても屋内側のシールが健全であれば問題無いとする考えで示している。

表 4.40 各種材料・構法に関する整理表 (1/10)

区分	部材種類	構工法	建築部位としての要求性能、要求品質	部位	材料・部材・部品	新築時の性能設計項目等	
カーテンウォール	プレキャストコンクリート	【カーテンウォール構法】 (1)スライド形式 (2)ロッキング形式 (3)固定形式	<ul style="list-style-type: none"> ・耐火性能 ・耐風圧性能 ・耐震性能 ・耐温度差性能 ・水密性能 ・結露防止対策 ・気密性能 ・遮音性能 ・断熱性能 ・耐久性能 	取り付け部(ファスナー)	<ul style="list-style-type: none"> ・L型鋼 ・平鋼 ・ボルト ・ナット ・インサート ・高力ボルト 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐火設計 ・耐風圧設計 ・耐震設計 ・耐温度差設計 ・長期耐久設計など 	
				基材	<ul style="list-style-type: none"> ・普通コンクリート ・軽量コンクリート1種 ・繊維補強コンクリート ・常圧気養生軽量気泡コンクリート ・鉄筋 	<ul style="list-style-type: none"> ・防耐火性能 ・耐風圧性能 ・耐震性能 ・耐温度差性能 ・遮音性能 ・断熱性能 ・耐久性能(鉄筋のかぶり厚さの確保、豆板防止、適正な補修方法) 	
				表面仕上げ	屋外側	<ul style="list-style-type: none"> ・礫石仕上げ ・塗装仕上げ ・タイル先付け仕上げ ・本石打込み仕上げ 	<ul style="list-style-type: none"> ・LC設計 ・意匠性 ・付着・接着性能 ・壁面流下水制御 ・防汚対策(壁面流下水制御など)
		屋内側			<ul style="list-style-type: none"> ・断熱材 	<ul style="list-style-type: none"> ・断熱性能 ・結露防止対策 	
		接合部(目地)		屋外側	【フィールドジョイント】: <ul style="list-style-type: none"> ・ポリサルファイド系 ・変成シリコン系 ・ポリイソブチレン系など 【オープンジョイント】: <ul style="list-style-type: none"> ・EPDMゴム ・クロロブレンゴムなど 	<ul style="list-style-type: none"> ・LC設計 ・水密設計 ・改修容易設計 ・耐久設計(許容伸縮率、改修性) ・汚染防止設計 ・冗長設計など 	
	屋内側		【シーリング材】: <ul style="list-style-type: none"> ・変成シリコン系 ・シリコン系など 【ガスケット】: <ul style="list-style-type: none"> ・シリコン系 ・クロロブレン系など 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐火性能 ・水密性能 			
	ガラス	【はめ込み構法】 (1)不定形シーリング材構法 (2)グレイジングガスケット構法 (3)構造ガスケット構法	<ul style="list-style-type: none"> ・防火、耐火性能 ・耐風圧性能 ・耐熱性能 ・日射熱遮蔽性能 ・対結露性能 ・熱割れ防止性能 ・水密性能 ・気密性能 ・遮音性能 ・耐久、耐用性能 	取り付け部	はめ込み溝	<ul style="list-style-type: none"> ・不定形シーリング材 ・グレイジングガスケット(U型、J型) ・構造用ガスケット ・セッティングブロック(SB) ・エッジスペーサー 	<ul style="list-style-type: none"> ・固定部の支持強度 ・SBによる変質防止 ・SBの移動防止
				基材	<ul style="list-style-type: none"> ・フロート板ガラス ・型板ガラス ・熱線吸収板ガラス ・熱線反射ガラス ・網入、線入板ガラス ・強化ガラス ・倍強度ガラス ・耐熱板ガラス ・防汚ガラス(光触媒) ・合わせガラス ・複層ガラス 	<ul style="list-style-type: none"> ・施工者の足場の確保 ・耐震、耐風設計 ・温熱設計 ・割れ(熱割れ、網割れ、自然破損等)防止設計 ・耐久設計 ・防火設計 ・スリット耐熱設計 ・ガラス周りの止水、排水設計 	
		接合部(取り付け部と同様)	不定形シーリング材	【構造ガスケット構法】 <ul style="list-style-type: none"> ・ブチル系等の乾燥硬化性 	<ul style="list-style-type: none"> ・寿命設計 ・気密設計 ・水密設計 ・やり替え等のための維持保全計画 		
			ガスケット	【グレイジングガスケット構法】 <ul style="list-style-type: none"> ・【構造ガスケット】 ・EPDMゴム ・クロロブレンゴム 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガラス支持強度設計 ・高耐久設計 ・気密設計 ・水密設計 ・取り替え等のための維持保全計画 		
緩衝固定用、詰め物			【セッティングブロック】 【エッジスペーサー】 <ul style="list-style-type: none"> ・EPDM ・クロロブレンゴム ・塩化ビニル樹脂 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガラス支持 ・高耐久設計 ・気密設計 ・水密設計 ・取り替え等のための維持保全計画 			

表 4.40 各種材料・構法に関する整理表 (2/10)

考慮すべき現象	劣化調査	改修時の性能設計項目等	補修・改修	維持保全	将来の課題
・変形 ・腐食 ・脱落 ・埋め込み金物周りのコンクリートのひび割れ・破損	・目視調査	・基本的には新築時の性能維持 ・その他(最新基準、断熱性、耐火性などの確認、必要に応じ性能向上設計)	・取り付け金物の交換 ・コンクリートの修復 ・耐火材の改修 ・必要に応じて補強、落下防止対策	・大地震時の緊急検査	・取り替え工事(外装リファイン)への対応 ・大地震時にコンクリートへの負担の少ない設計手法の検討
・中性化(鉄筋腐食、爆裂) ・ひび割れ ・欠け ・凍結融解 ・エプロレッセンスなど	【かぶり厚さ】: ・RCレーダ ・プロフォメータ 【中性化】: ・呈色反応 【ひび割れ、欠け】: ・打診 ・ハンジ	・基本的には新築時の性能維持 ・必要に応じ劣化補修、耐久性向上のための設計	・高分子系塗布材の塗布 ・特殊モルタルによる修復など 原則継続使用	・定期調査、診断	・維持管理用ゴンドラガイドレールの組込み
・浮き ・割れ ・剥がれ ・ガスケット目地幅公差±5mm ・変退色・汚損 ・剥落など	・目視 ・打診 ・赤外線 ・引張接着検査 ・汚れ成分分析 ・洗浄試験など	・要求性能の見直し ・デザインイメージの確認 ・外装改修設計	・再塗装 ・アンカーピンニング ・洗浄 ・タイル、石の張直しなど	・定期調査、診断 ・補修清掃	・光触媒塗装 ・防汚機能付タイル ・カバーリング工法など
・結露	・目視調査		・原則継続使用	・原則継続使用	—
・剥離 ・破断 ・変形 ・ひび割れ ・変退色 ・目地周辺汚染の発生	・目視観察 ・指触観察 ・切取検査など	・要求性能の見直し ・工事可能範囲の確認 ・シーリング材、ガスケット改修設計	・再充填工法など ・再装てん工法	・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術(繰返し改修時の施工性、接着性など)
・ねじれ(よれ)による水密、気密性能の低下	・目視調査		・原則継続使用	・原則メンテナンスフリー	・取り替え工事への対応
・固定部の変形、破損 ・SBによる変質 ・SBの外れ	・外観検査 ・SBの状態確認	・基本的には新築時の性能維持 ・その他(最新基準、必要に応じ性能向上設計)	・固定部、SBの再施工	・定期検査・診断 ・大型地震・台風等襲来後の点検	・定期検査、診断方法の確立
・熱反射ガラスの皮膜の汚れ ・熱割れ ・ペアガラスの内部結露 ・網錆割れ ・強化ガラスの自然破損 ・中間膜変質 ・ガラスの落下防止対策 ・自然破損 ・金属膜変質 ・中間膜変質、剥離 ・内部結露 ・シーリング汚染	・目視調査	・要求性能の見直し ・機能の向上 ・デザインイメージの確認 ・外装改修設計	・30年目くらいで陽極酸化皮膜の再塗装 ・落下防止フィルムの更新 ・ガラス交換	・定期清掃	・エコロジー対策 ⇒太陽光発電モジュールの設置、運用技術 ⇒遮熱、断熱フィルム張り ⇒二重ガラス(ダブルスキニング)化
・剥離 ・破断 ・変形 ・ひび割れ ・変退色 ・目地周辺汚染の発生	・目視観察 ・指触観察 ・切取検査など		・再充填工法など		・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術(繰返し改修時の施工性、接着性など)
・よれ ・ひび割れ ・破断	・目視調査	・要求性能の見直し ・工事可能範囲の確認 ・シーリング材・ガスケットの改修設計	・メンテナンスフリー (ガスケットは現状の設計では交換困難)	・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検 ・定期検査、診断 ・大型地震、台風等襲来後の漏水点検	・定期検査・診断方法の確立 ・補修・改修の考え方・やり方の確立
・割れ ・摩耗 ・位置のずれ	—				・定期検査・診断方法の確立 ・補修・改修の考え方・やり方の確立

表 4.40 各種材料・構法に関する整理表 (3/10)

区分	部材種類	構工法	建築部位としての要求性能、要求品質	部位		材料・部材・部品	新築時の性能設計項目等
カーテンウォール	ガラス	【ガラススクリーン構法】 (1)自立型および吊下げ型ガラススクリーン構法	<ul style="list-style-type: none"> 防火、耐火性能 耐風圧性能 耐熱性能 日射熱遮蔽性能 対結露性能 熱割れ防止性能 水密性能 気密性能 遮音性能 耐久、耐用性能 	取り付け部	はめ込み溝	<ul style="list-style-type: none"> 上下支持枠 方立てガラス支持枠 不定形シーリング材 セッティングブロック(SB) 位置決めブロック バックアップ材 スペーサー 	<ul style="list-style-type: none"> 固定部の支持強度 SBIによる変質防止 SBの移動防止
				基材		<ul style="list-style-type: none"> フロート板ガラス 強化ガラス 倍強度ガラス 合わせガラス 防汚ガラス(光触媒) 	<ul style="list-style-type: none"> 施工者の足場の確保 耐震、耐風圧設計 温熱設計 割れ防止設計 耐久設計
				接合部	不定形シーリング材	<ul style="list-style-type: none"> 構造シーラント・シーリング材 弾性シーリング材(JIS A 5758(建築用シーリング材))に適合するもの 	<ul style="list-style-type: none"> 寿命設計 ⇒耐震・耐風強度設計、 ⇒中間膜・封着シールの変質防止検討等 気密設計 維持保全計画
		接合部		緩衝固定用・詰め物	<ul style="list-style-type: none"> EPDM クロロブレンゴム ポリカーボネート樹脂 	<ul style="list-style-type: none"> シーリング材はガスケットとの適合性を確認(シーリング材は日進月歩し都度配合が変更されるため) 	
		取り付け部(ファスナー、支持部品)			<ul style="list-style-type: none"> ファスナー 点支持材 シーリング材 はめ込み材 	<ul style="list-style-type: none"> 固定部の変形、破損 SBIによる変質 SBの外れ 	
		基材		<ul style="list-style-type: none"> 強化ガラス(+フィルム張り) 合わせガラス(強化、倍強度ガラス) 倍強度複層ガラス 	<ul style="list-style-type: none"> 耐震、耐風圧設計 温熱設計 耐久設計 		
	ガラス	(2)DPG[Dot Point Glazing(点支持)]構法	<ul style="list-style-type: none"> 防火、耐火性能 耐風圧性能 耐熱性能 日射熱遮蔽性能 対結露性能 熱割れ防止性能 水密性能 気密性能 遮音性能 耐久、耐用性能 	接合部	シーリング材	<ul style="list-style-type: none"> JIS A 5758(建築用シーリング材)に規定されるタイプG LMクラスのシリコン系シーリング材 	<ul style="list-style-type: none"> 耐久設計(許容伸縮率、改修性) 汚染防止設計 改修性設計 冗長設計など
				接合部	はめ込み材	<ul style="list-style-type: none"> セッティングブロック(SB)は特記による 	<ul style="list-style-type: none"> シーリング材はガスケットとの適合性を確認(シーリング材は日進月歩し都度配合が変更されるため)
				取り付け部(ファスナー、支持部、構造接着系)		<ul style="list-style-type: none"> ファスナー 構造シーラント バックアップ材 シーリング材 セッティングブロック(SB) 	<ul style="list-style-type: none"> 耐風圧設計 層間変形追従設計 耐久性能 耐用性能 構造接着系の耐久性 耐用性能
	ガラス	【SSG(Structural Sealant Glazing System)構法】 (1)1辺SSG構法 (2)2辺SSG構法	<ul style="list-style-type: none"> 防火、耐火性能 耐風圧性能 耐熱性能 日射熱遮蔽性能 対結露性能 熱割れ防止性能 水密性能 気密性能 遮音性能 耐久、耐用性能 	基材		<ul style="list-style-type: none"> SSG用複層ガラス 特記による 	<ul style="list-style-type: none"> 耐震、耐風圧設計 温熱設計 耐久設計
				接合部		<ul style="list-style-type: none"> SSG構法(構造接着)用シーリング材 構造シーラント シーリング材 セッティングブロック(SB) 通気性バックアップ材等 	<ul style="list-style-type: none"> 剥離、破断 剥離、圧縮セット シーリング汚染 バックアップ材およびセッティングブロックは構造シーラントの適合性の確認
				表面仕上げ		<ul style="list-style-type: none"> アクリル塗装 フッ素塗装 	<ul style="list-style-type: none"> 美観 耐腐食性
金属(アルミニウム)		<ul style="list-style-type: none"> スライド形式 ロッキング形式 固定形式 	構造安全性能	取り付け部(ファスナー)		<ul style="list-style-type: none"> ファスナー 緩衝材 	<ul style="list-style-type: none"> 耐久設計
				基材		<ul style="list-style-type: none"> アルミニウム アルミニウム合金 	<ul style="list-style-type: none"> 耐風圧性 水密性 耐火性
				表面仕上げ		<ul style="list-style-type: none"> アクリル塗装 フッ素塗装 	<ul style="list-style-type: none"> 美観 耐腐食性
				接合部	屋外側	<ul style="list-style-type: none"> 【フィールドジョイントシーリング材】 変成シリコン系 ポリイソブチレン系など 【オープンジョイント】 EPDMゴム クロロブレンゴムなど 	<ul style="list-style-type: none"> 耐久設計(許容伸縮率、改修性) 汚染防止設計 改修性設計 シーリング材はガスケットとの適合性を確認(シーリング材は日進月歩し都度配合が変更されるため) 冗長設計など
接合部	室内側	<ul style="list-style-type: none"> 【シーリング材】 変成シリコン系 シリコン系など 【ガスケット】 シリコン系ゴム クロロブレンゴム系など 	<ul style="list-style-type: none"> *長寿命設計(メンテフリー)を目指す 【シール目地】: 施工性など 【ガスケット目地】: 気密性 耐火性など 				

表 4.40 各種材料・構法に関する整理表 (4/10)

考慮すべき現象	劣化調査	改修時の性能設計項目等	補修・改修	維持保全	将来の課題
・固定部の変形、破損 ・SBIによる変質 ・SBの外れ	・外観検査 ・SBの状態確認	・基本的には新築時の性能維持 ・その他(最新基準、必要に応じ性能向上設計)	・固定部、SBの再施工	・定期検査、診断 ・大型地震、台風等襲来後の点検	・定期検査、診断方法の確立
・熱反射ガラスの皮膜の汚れ ・熱割れ ・強化ガラスの自然破損 ・中間膜変質 ・ガラスの落下防止対策	・目視調査	・要求性能の見直し ・機能の向上 ・デザインイメージの確認 ・外装改修設計	・落下防止フィルムの更新 ・ガラス交換	・定期清掃	・太陽光発電モジュールの設置、運用技術 ・遮熱、断熱フィルム張り ・二重ガラス(ダブルスキン)化
・剥離 ・破断 ・変形 ・ひび割れ ・変退色 ・目地周辺汚染の発生	・目視観察 ・指触観察 ・切取検査など	・要求性能の見直し ・工事可能範囲の確認 ・シーリング材等の改修設計	・再充填工法	・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検 ・定期検査、診断 ・大型地震、台風等襲来後の漏水点検	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術(繰返し改修時の施工性、接着性など)
・割れ ・摩耗 ・位置のずれ	—	—	・取り替え	—	・調査、診断方法の確立
・固定部の支持強度 ・SBIによる変質防止 ・SBの移動防止	・外観検査 ・SBの状態確認	・基本的には新築時の性能維持 ・その他(最新基準、必要に応じ性能向上設計)	・固定部、SBの再施工	・定期検査、診断 ・大型地震、台風等襲来後の点検	・定期検査、診断方法の確立
・内部結露 ・自然破損 ・中間膜変質	・目視 ・露点検査	・要求性能の見直し ・機能の向上 ・デザインイメージの確認 ・外装改修設計	・取り替え	・定期清掃	・定期検査、診断方法の確立
・剥離 ・破断 ・変形 ・ひび割れ ・変退色 ・目地周辺汚染の発生	・目視観察 ・指触観察 ・切取検査など	・要求性能の見直し ・工事可能範囲の確認 ・シーリング材等の改修設計	・再充填工法など	・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検 ・定期検査、診断 ・大型地震、台風等襲来後の漏水点検	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術(繰返し改修時の施工性、接着性など)
—	—	—	・取り替え	—	・調査、診断方法の確立
・固定部の変形、破損 ・SBIによる変質 ・SBの外れ	・外観検査 ・SBの状態確認	・基本的には新築時の性能維持 ・その他(最新基準、必要に応じ性能向上設計)	・固定部、SBの再施工	・定期検査、診断 ・大型地震、台風等襲来後の点検	・定期検査、診断方法の確立
・内部結露 ・自然破損 ・中間膜変質	・目視 ・露点検査	・要求性能の見直し ・機能の向上 ・デザインイメージの確認 ・外装改修設計	・取り替え	・定期清掃	—
・剥離 ・破断 ・変形 ・ひび割れ ・変退色 ・目地周辺汚染の発生	・目視観察 ・指触観察 ・切取検査など	・要求性能の見直し ・工事可能範囲の確認 ・シーリング材等の改修設計	・再充填工法など	・定期検査、診断 ・大型地震、台風等襲来後の漏水点検 ・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検	・調査、診断方法の確立
・異種金属による腐食 ・変形 ・脱落	・困難	—	—	—	・調査診断方法や補修、改修工法に関する対策の確立
・アルミニウム腐食 ・たわみ防止	・目視調査	—	・15年目くらいで塗替え ・30年目くらいでCW更新	・点検 ・維持管理用ゴンドラガイドレールの組込み	—
・ふくれ ・剥がれ ・汚れ ・ひび割れ ・白垂化	・目視 ・塗膜劣化調査方法に準拠	—	・アクリル塗装15年くらいで塗替え ・フッ素塗装30年くらいで塗替え	・室内側から定期清掃(1~2回/年)	—
・剥離 ・破断 ・変形 ・ひび割れ ・変退色 ・目地周辺汚染の発生	・目視観察 ・指触観察 ・切取検査など	・要求性能の見直し ・再充填工法またはオーバーブリッジ工法かの判断	・再充填工法など	・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術(繰返し改修時の施工性、接着性など)
・取付け管理	・目視観察 ・指触観察 ・切取検査など	—	・再充填工法など	—	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術(繰返し改修時の施工性、接着性など)

表 4.40 各種材料・構法に関する整理表 (5/10)

区分	部材種類	構工法	建築部位としての要求性能、要求品質	部位		材料・部材・部品	新築時の性能設計項目等
各種パネル	ALC	<ul style="list-style-type: none"> ・スライド構法 ・ロッキング構法(縦壁) ・ボルト止め構法 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐荷重性能 ・耐震性能 ・慣性力に対する安全性能 ・変形追従性能 ・構造安全性能 	取り付け部		・固定部の健全性評価	<ul style="list-style-type: none"> ・耐荷重性能 ・耐震性能 ・変形追従性能
				基材		<ul style="list-style-type: none"> ・軽量気泡コンクリートパネル ・厚さ75mm以上のパネル ・防錆処理鉄筋 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐火性 ・耐風圧性 ・断熱性 ・水密性 ・耐久性 ・遮音性 ・耐凍害性
				表面仕上げ	屋外側	<ul style="list-style-type: none"> ・塗装 ・タイル(張付けモルタル張り, 弾性接着剤張り) 	<ul style="list-style-type: none"> ・塗装仕上げの種類による ・タイル張りは「日本建築士学会技術指針」または「JASS19」に準拠
					屋内側	<ul style="list-style-type: none"> ・グラスウール ・2次防水仕様なし 	<ul style="list-style-type: none"> ・断熱性
				接合部		<ul style="list-style-type: none"> 【シーリング材】: ・アクリル系 ・ポリウレタン系 ・変成シリコン系など 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐久設計(許容伸縮率, 改修性) ・汚染防止設計 ・改修性設計 ・冗長設計など
	押出成形セメント板	<ul style="list-style-type: none"> ・スライド構法(横壁) ・ロッキング構法(縦壁) ・ボルト止め構法 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐荷重性能 ・耐震性能 ・慣性力に対する安全性能 ・変形追従性能 ・構造安全性能 	取り付け部		<ul style="list-style-type: none"> 【Zクリップ】: 鋼材厚6mm 防錆処理JIS H 8610 3級(電気亜鉛メッキ)にJIS H8625 CM2Cを施したもの 【ボルト】: M10 防錆処理JIS H 8641 2種(電気亜鉛メッキ)又はSUS304 【角ナット】: 鋼材厚6mm 防錆処理JIS H 8641 2種(電気亜鉛メッキ)HDZ55 又はSUS304 下地鋼材(通しアングルブラケット, 自重受け金物) 	<ul style="list-style-type: none"> ・設計用再現期間十数年の風圧力で支持スパン(留付間隔)を設定 ・耐久設計
				基材		・押出成形セメント板厚60, 75, 100	<ul style="list-style-type: none"> ・耐火性 ・耐風圧性 ・断熱性 ・水密性 ・耐久性 ・遮音性 ・耐凍害性
				表面仕上げ	屋外側	<ul style="list-style-type: none"> ・フッ素樹脂系工場塗装仕上 ・光触媒系工場塗装仕上 ・タイル張り仕上 	<ul style="list-style-type: none"> ・美観 ・耐久性 ・補修
					屋内側	<ul style="list-style-type: none"> ・乾式断熱材: 押出法ポリスチレンフォーム保温板 ・現場発泡ウレタン系断熱材 	<ul style="list-style-type: none"> ・断熱性 ・防湿性
				接合部(目地)		<ul style="list-style-type: none"> 【シーリング材】: ・建築用シーリング材 【材質】: ・2成分変成シリコン系 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐久設計(許容伸縮率, 改修性) ・汚染防止設計 ・改修性設計 ・冗長設計など
屋内側		<ul style="list-style-type: none"> 【建築用ガスケット】 ・材質: シリコンスポンジ又はEPDM(耐久性区分 B級2種以上) (縦張りの場合 内水切り併用 材質: SUS304 厚1mm以上) 	<ul style="list-style-type: none"> ・気密性 ・耐火性など 				
【フィールドジョイント】:		<ul style="list-style-type: none"> ・ダブルシールジョイント構法 ・2次防水工法 					

表 4.40 各種材料・構法に関する整理表 (6/10)

考慮すべき現象	劣化調査	改修時の性能設計項目等	補修・改修	維持保全	将来の課題
・錆び ・ゆるみ ・変形		—	・原則継続使用	・定期検査・診断 ・大型地震後の点検	・調査診断方法や補修・改修工法に関する対策の確立
・ひび割れ、欠け、凍害によるスケーリング ・塩害 ・鉄筋腐食 ・鉄筋露出	・目視調査	—	・ひび割れ補修等はALC外壁補修工事指針(案)、同解説に準拠 ・原則継続使用	・定期検査	—
【塗装】: ・汚れ、膨れ、割れ、剥がれ 【タイル】: ・汚れ、割れ、浮き、はく離	・目視 ・打診 ・赤外線 ・引張接着検査 ・汚れ成分分析 ・洗浄試験など	—	・仕上げ種類に応じた方法	—	—
・漏水 ・内部結露	・目視	—	・原則継続使用	・目視点検	—
・剥離 ・破断 ・変形 ・ひび割れ ・変退色 ・目地周辺汚染の発生	・目視観察 ・指触観察 ・切取検査など	・要求性能の見直し ・再充填工法またはオーバーブリッジ工法かの判断	・再充填工法など	・定期検査、診断 ・大型台風後の漏水点検 ・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術(繰返し改修時の施工性、接着性など)
・錆び ・ゆるみ ・変形 ・落下(はずれ) ・固定部の健全性評価	—	・基本的には新築時の性能維持	・原則継続使用	・定期検査、診断 ・大型地震後の点検	・定期検査、診断方法の確立
・ひび割れ ・欠け ・凍害	・目視 ・ECP独自	必要に応じクラック等の劣化補修	・ECP改修技術(張替え、補修) ・原則継続使用	・調査診断	・定期検査、診断方法の確立
・ふくれ ・剥がれ ・汚れ ・脱落	・目視 ・塗装仕上げの劣化調査に準じる	再塗装の塗装耐久性、イージーメンテナンスなどを検討	・再塗装 ・再施工	・定期清掃(表面清掃) ・調査診断	—
・結露 ・内部の湿気、濡れ	—	—	・原則継続使用	・メンテナンスフリー	—
・剥離 ・破断 ・変形 ・ひび割れ ・変退色 ・目地周辺汚染の発生	・目視観察 ・指触観察 ・切取検査など	・要求性能の見直し ・再充填工法またはオーバーブリッジ工法かの判断	・再充填工法など	・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術(繰返し改修時の施工性、接着性など)
・ひび割れ ・破れ ・よれ、ゆるみ	—	—	・原則継続使用	・メンテナンスフリー	—

表 4.40 各種材料・構法に関する整理表 (7/10)

区分	部材種類	構工法	建築部位としての要求性能、要求品質	部位	材料・部材・部品	新築時の性能設計項目等
その他 パネル	金属系 パネル	<ul style="list-style-type: none"> ・スライド工法 ・ロック工法 ・固定工法 ⇒改修時のカバーリング工法としても活用可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐荷重性能 ・耐震性能 ・慣性力に対する安全性能 ・構造安全性能【カバーリング工法】 ・既存外壁性能 	取り付け部(ファスナー)	【ファスナー・ブラケット】: ・鋼材 ・アルミ材 ・SUS材	<ul style="list-style-type: none"> ・耐風性 ・耐食性 ・耐震性 ・取付け精度
				基材	・アルミニウム合金板	<ul style="list-style-type: none"> ・平滑性 ・補強強度 ・寸法精度 ・取付け精度 ・接合部精度 ・防水、雨仕舞性
				表面仕上げ	・陽極酸化被膜 ・複合被膜 ・塗装	<ul style="list-style-type: none"> ・膜厚 ・密着性 ・色調、光沢
		接合部(目地)		新築時パネル構法	【フィールドジョイント】: ・変成シリコン系 ・ポリサルファイド系など	<ul style="list-style-type: none"> ・耐久設計(許容伸縮率, 改修性) ・汚染防止設計 ・改修性設計 ・冗長設計など
				改修時カバーリング構法	【フィールドジョイント】: ・変成シリコン系 ・ポリサルファイド系など 【オープン目地】: ・カラ目地とする場合あり	—
		GRCパ ネル		<ul style="list-style-type: none"> ・スライド工法 ・ロック工法 ⇒改修時のカバーリング工法としても活用可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐荷重性能 ・耐震性能 ・慣性力に対する安全性能 ・構造安全性能【カバーリング工法】 ・既存外壁性能 	取り付け部
	基材		GRC板			<ul style="list-style-type: none"> ・フレームとの一体性 ・パネル強度 ・寸法精度 ・取付け精度 ・防水性
	表面仕上げ		・吹付け、塗装仕上げ ・石材、タイル打込み仕上げ			<ul style="list-style-type: none"> ・厚さ、密着性、色調、光沢 ・付着強度、アンカー強度
	接合部(目地)		屋外側(フィールドジョイント)	【フィールドジョイント】: ・変成シリコン系 ・ポリサルファイド系など		<ul style="list-style-type: none"> ・耐久設計(許容伸縮率, 改修性) ・汚染防止設計 ・改修性設計 ・冗長設計など
			屋内側(フィールドジョイント)	【フィールドジョイント】: ・変成シリコン系 ・ポリサルファイド系 ・シリコン系など 【ガスケット目地】: ・シリコン系 ・EPDM系など		<ul style="list-style-type: none"> ・*長寿命設計(メンテフリー)を目指す【シール目地】: ・施工性 【ガスケット目地】: ・気密性 ・耐火性など
	樹脂パ ネル		<ul style="list-style-type: none"> ・スライド工法 ・ロック工法 ・固定工法 ⇒改修時のカバーリング工法としても活用可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐荷重性能 ・耐震性能 ・慣性力に対する安全性能 ・構造安全性能【カバーリング工法】 ・既存外壁性能 		取り付け部
		基材			・アルミ支持部材 ・アルミ面材付き樹脂パネル	<ul style="list-style-type: none"> ・リベット、構造接着強度 ・補強部強度 ・面精度 ・平滑性 ・補強強度 ・寸法精度 ・取付け精度 ・接合部精度 ・防水・雨仕舞性
表面仕上げ		・塗装			<ul style="list-style-type: none"> ・膜厚 ・密着性 ・色調、光沢 	

表 4.40 各種材料・構法に関する整理表 (8/10)

考慮すべき現象	劣化調査	改修時の性能設計項目等	補修・改修	維持保全	将来の課題
・腐食 ・緩み	・目視確認など	—	—	—	—
・反り ・傷 ・腐食 ・接合部のシーリング材損傷	・目視確認 ・サンプリング検査など	・エネルギー、環境技術採用を検討	・太陽光発電モジュール、外断熱工法、壁面緑化工法の採用	・製造業者のマニュアルによる	・エネルギー環境技術の改良
・膨れ ・剥がれ ・変退色 ・汚れ	・目視確認 ・膜厚測定 ・光沢度、色差測定 ・基盤目試験など	・高耐久、イージーメンテナンス、日射制御などを検討	・高耐久塗装 ・光触媒、熱線反射塗装 ・高機能フィルム張りの採用検討など	・製造業者のマニュアルによる	・高耐久、高機能仕上げのデータ蓄積
・剥離 ・破断 ・変形 ・ひび割れ ・変退色 ・目地周辺汚染の発生	・目視観察 ・指触観察 ・切取検査など	・要求性能の見直し ・再充填工法またはオーバーブリッジ工法かの判断	・再充填工法など	・調査、診断 ・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術（繰返し改修時の施工性、接着性など）
—	—	・シール目地か、またはオープン目地かの判断	・シール目地の場合は、シール施工	・調査、診断 ・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術（繰返し改修時の施工性、接着性など）
・固定部強度 ・腐食 ・緩み	・目視確認など	—	—	—	—
・割れ ・シーリング材損傷	・目視確認 ・サンプリング検査など	・エネルギー、環境技術採用を検討	・太陽光発電モジュール、外断熱工法、壁面緑化工法の採用	・製造業者のマニュアルによる	・エネルギー環境技術の改良
・膨れ ・剥がれ ・変退色 ・割れ ・汚れ ・浮き ・割れ	・目視確認 ・光沢度、色差測定 ・基盤目試験 ・打音検査など	・高耐久、イージーメンテナンス、日射制御などを検討	・高耐久塗装 ・光触媒、熱線反射塗装 ・高機能フィルム張りの採用検討など	・製造業者のマニュアルによる	・高耐久、高機能仕上げのデータ蓄積
・剥離 ・破断 ・変形 ・ひび割れ ・変退色 ・目地周辺汚染の発生	・目視観察 ・指触観察 ・切取検査など	・要求性能の見直し ・再充填工法またはオーバーブリッジ工法かの判断	・再充填工法など	・調査、診断 ・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術（繰返し改修時の施工性、接着性など）
【シール目地】： ・剥離 ・施工不良など 【ガスケット目地】： ・隙間 ・破損など	・調査は困難な場合が多い	・改修は困難な場合が多い	・シール目地の場合は、シール再施工	・調査、診断 ・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術（繰返し改修時の施工性、接着性など）
・腐食 ・緩み	・目視確認など	—	—	—	—
・反り ・傷 ・腐食 ・接合部のシーリング材損傷	・目視確認 ・サンプリング検査など	・エネルギー、環境技術採用を検討	・太陽光発電モジュール、外断熱工法、壁面緑化工法の採用	・製造業者のマニュアルによる	・エネルギー環境技術の改良
・膨れ ・剥がれ ・変退色 ・汚れ	・目視確認 ・膜厚測定 ・光沢度、色差測定 ・基盤目試験など	・高耐久、イージーメンテナンス、日射制御などを検討	・高耐久塗装 ・光触媒、熱線反射塗装 ・高機能フィルム張りの採用検討など	・製造業者のマニュアルによる	・高耐久、高機能仕上げのデータ蓄積

表 4.40 各種材料・構法に関する整理表 (9/10)

区分	部材種類	構工法	建築部位としての要求性能、要求品質	部位		材料・部材・部品	新築時の性能設計項目等
その他 パネル	樹脂パネル	【フィールドジョイント構法】: ・ダブルシールジョイント構法排水機構あり 【オープンジョイント構法】	・耐荷重性能 ・耐震性能 ・慣性力に対する安全性能 ・構造安全性能	接合部(目地)	新築時パネル構法	【フィールドジョイント】: ・変成シリコーン系 ・ポリサルファイド系など	・耐久設計(許容伸縮率, 改修性) ・汚染防止設計 ・改修性設計 ・冗長設計など
					改修時カバーリング構法	【フィールドジョイント】: ・変成シリコーン系 ・ポリサルファイド系など 【オープン目地】: ・カラ目地とする場合あり	—
	セラミックパネル	・スライド工法、 ・ロック工法 ⇒改修時のカバーリング工法としても活用可能	・耐荷重性能 ・耐震性能 ・慣性力に対する安全性能 ・構造安全性能 【カバーリング工法】 ・既存外壁性能	取り付け部		・下地フレーム	・耐風性 ・耐食性 ・耐震性 ・取付け精度
				基材		・大型陶板 ・人口大理石	・アンカー部強度 ・パネル強度 ・寸法精度 ・取付け精度 ・防水性
その他 開口部	窓, 出入口等の開口部	・ひき違い ・押出 ・上下開放	・耐火性能 ・耐風圧性能 ・水密性能 ・結露防止性能 ・気密性能 ・遮音性能 ・断熱性能 ・耐久、耐震性能 ・構造安全性	サッシ、支持部材		・アルミニウム合金 ・表面処理・塗装 ・グレイジングガスケット(塩化ビニル樹脂, EPDM, SR) ・セッティングブロック(CR, EPDM) ・塩化ビニル樹脂 ・気密材(塩化ビニル樹脂, CR, EPDM, SR) ・戸車 ・シーリング材 ・クレセント ・網戸	・防水・防食設計 ・耐火設計 ・脱落防止
				ガラス		・板ガラス ・網入りガラス ・熱線反射ガラス ・強化ガラス ・耐熱板ガラス ・倍強度ガラス ・合わせガラス ・複層ガラス ・防汚ガラス(光触媒)	・耐震設計 ・耐風圧設計 ・温熱設計 ・熱割れ防止設計 ・耐久設計 ・防火設計 ・スパントレル耐火設計
その他 開口部	開口部 回り	【フィールドジョイント構法】: ・シングルシールジョイント構法排水機構あり ・ダブルシールジョイント構法排水機構あり 【オープンジョイント構法】	・耐火性能 ・耐風圧性能 ・耐震性能 ・耐温度差性能 ・水密性能 ・結露防止対策 ・気密性能 ・遮音性能 ・断熱性能 ・耐久性能	接合部(目地)	屋外側(フィールドジョイント)	【フィールドジョイント】: ・変成シリコーン系 ・ポリサルファイド系など ・シーリング材はガスケットとの適合性を確認(シーリング材は日進月歩し都度配合が変更されるため)	・耐久設計(許容伸縮率, 改修性) ・汚染防止設計 ・改修性設計 ・冗長設計など
					屋内側(フィールドジョイント)	【フィールドジョイント】: ・変成シリコーン系 ・ポリサルファイド系 ・シリコーン系など ・シーリング材はガスケットとの適合性を確認(シーリング材は日進月歩し都度配合が変更されるため) 【ガスケット目地】: ・シリコーン系 ・EPDM系など	*長寿命設計(メンテフリー)を目指す 【シール目地】: ・施工性 【ガスケット目地】: ・気密性 ・耐火性など

表 4.40 各種材料・構法に関する整理表 (10/10)

考慮すべき現象	劣化調査	改修時の性能設計項目等	補修・改修	維持保全	将来の課題
・剥離 ・破断 ・変形 ・ひび割れ ・変退色 ・目地周辺汚染の発生	・目視観察 ・指触観察 ・切取検査など	・要求性能の見直し ・再充填工法またはオーバーブリッジ工法かの判断	・再充填工法など	・調査、診断 ・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術 (繰返し改修時の施工性、接着性など)
—	—	・シール目地か、またはオープン目地かの判断	・シール目地の場合は、シール施工	・調査、診断 ・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術 (繰返し改修時の施工性、接着性など)
・支持材精度不良 ・腐食 ・緩み	・目視確認など	—	—	—	—
・強度不足 ・割れ ・精度不良	・目視確認 ・サンプリング検査など	・エネルギー、環境技術採用を検討	・太陽光発電モジュール、外断熱工法、壁面緑化工法の採用	・製造業者のマニュアルによる	・エネルギー環境技術の改良
・指定品質をクリア	・目視確認など	・高耐久、イージーメンテナンス、日射制御などを検討	・高耐久塗装 ・光触媒、熱線反射塗装 ・高機能フィルム張りの採用検討など	・製造業者のマニュアルによる	・高耐久、高機能仕上げのデータ蓄積
・剥離 ・破断 ・変形 ・ひび割れ ・変退色 ・目地周辺汚染の発生	・目視観察 ・指触観察 ・切取検査など	・要求性能の見直し ・再充填工法またはオーバーブリッジ工法かの判断	・再充填工法など	・調査、診断 ・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術 (繰返し改修時の施工性、接着性など)
—	—	・シール目地か、またはオープン目地かの判断	・シール目地の場合は、シール施工	・調査、診断 ・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術 (繰返し改修時の施工性、接着性など)
・可動サッシの水密性 ・ガスケット等の切れ、変形 ・戸車の劣化 ・サッシ脱落 ・腐食 ・漏水 ・変形、割れ、耐火	・目視 ・取り外し調査	・要求性能の見直し ・デザインイメージの確認	・部品交換15年程度 ⇒戸車、グレーチングガスケット類、ハンドル等 ・サッシ塗り替え ・ガラス交換 ・サッシ更新30年程度 ⇒カバー工法or取り替え	・定期清掃(1回/1~2ヶ月)	—
・熱割れ ・網錆割れ ・自然破損 ・金属膜変質 ・梅雨間膜変質 ・はく離 ・内部結露 ・シーリング汚染	・目視 ・露点検査	—	・取り替え	・定期清掃	・複層ガラス改修技術と修繕
・剥離 ・破断 ・変形 ・ひび割れ ・変退色 ・目地周辺汚染の発生	・目視観察 ・指触観察 ・切取検査など	・要求性能の見直し ・再充填工法またはオーバーブリッジ工法かの判断	・再充填工法など	・調査、診断 ・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術 (繰返し改修時の施工性、接着性など)
【シール目地】: ・剥離 ・施工不良など 【ガスケット目地】: ・隙間 ・破損など	・調査は困難な場合が多い	・改修は困難な場合が多い	・シール目地の場合はシール再施工	・調査、診断 ・日常点検 ・定期点検 ・臨時点検	・材料と構法による耐久設計 ・複数回の補修、改修技術 (繰返し改修時の施工性、接着性など)

[ガスケット]

- ①50～60年経過したガスケットも外観上は劣化がよく分からないなどの事がある。
- ②今後の課題：ヒートサイクルによる縮みの問題について検討する余地がある。

本マトリクス表は、完成版ではなく、今後も材料ごとに補足や見直しが必要なものである。また、今回の検討では、施主が望む建物の供用期間(寿命)を実現するための本マトリクス表の活用方法を示すまでには至らなかった。

外装カーテンウォール・パネル・サッシと接合部を含めた外壁として、長寿命化するための検討は始まったばかりである。今後もマトリクス表の見直しや活用法について検討できればと考えている。

4.6 まとめ

カーテンウォールおよびパネル等外装材の耐久性を考える上で、雨水等の浸入防止の対策がポイントであり、開口部サッシや接合部のシーリングおよびガスケットを一体とした外壁の検討が重要である。また、外装材の長寿命化には、美観維持、機能保持ならびにニーズへの対応が潜在的な要求としてあり、美観を保持するための清掃等の維持管理、劣化により生じるひび割れ・はく離・欠損などの機能低下を適切に修繕し保持させること、さらには将来的な社会の要求に応えられるよう機能付加に対応することで、長寿命化が達成されると考える。

これをふまえ本章では、カーテンウォールやパネル、サッシおよび接合部の劣化現象や原因の関係、維持保全の方法ならびに劣化した場合の補修方法などについて、現状の調査を実施し今後の課題について整理した結果を示した。また、これらの現状について、設計から改修設計、改修の時系列に応じて各材料・工法ごとに項目を体系的に整理した。さらに、劣化事例と対応について資料をとりまとめた。

本項で提示した資料は、材料ごとに検討されていた維持保全方法や補修・改修方法を基に作成した。各材料の長寿命化対策について、同一の項目で整理し示すことで乾式工法による外装材の共通点、個々の課題に対する取り組みの進捗が確認できる。整理した資料には、空欄が存在し、また埋められた欄についてもまだ発展の余地のある部分が多く残されている。同時に、考え方を整理しただけのもの、検討に着手したばかりのもの、今後の対応に期待する課題が多く残されている。技術者が情報を共有し、今後もよりよい技術のための開発に助力いただくことを期待する。

5. 防水

5.1 はじめに

旧建設省建築研究所は、建設省総合技術開発プロジェクト「建築物の耐久性向上技術の開発」(以降、「耐久性総プロ」とする)を昭和 55 年から5年間実施した。同プロジェクトの一環として建築防水についても検討が行われ、屋根メンブレン防水及びシーリング防水について、「建築防水の耐久性向上技術」¹⁾においてその成果が示された。

同書籍においては、メンブレン防水層については劣化診断指針、補修指針、維持保全指針、耐久設計指針が、シーリング防水については劣化診断指針、補修・交換指針、耐久設計指針がそれぞれ示され、その成果は広く活用されてきた。しかし、「耐久性総プロ」から約 4 半世紀が経過し、防水層の材料、工法、仕様等は大きく変化した。このため、新しい材料、工法等についての耐久設計に関する知見を集積すると共に、当時提示された指針について、新たに得られたデータや状況の変化を加味し更新を行う必要がある。

本研究で対象とする防水を表 5.1 に示す。

表 5.1 対象とする防水

アスファルト防水
改質アスファルトシート防水※
合成高分子系シート防水
塗膜防水（ウレタンゴム系）
塗膜防水（FRP 系）※
ステンレスシート防水※
シーリング防水

※は「耐久性総プロ」の対象外

本検討では、これらの防水について、耐久設計に資する技術資料として各防水の劣化現象と要因の整理、「耐久性総プロ」で提示された標準耐用年数の見直し、さらには防水の維持保全の一環として行う劣化診断基準の見直し、補修・改修工法選定のための資料整備等を実施する。

参考文献

- 1) 建設大臣官房技術調査室監修「建築防水の耐久性向上技術」、技報堂出版、1987年

5.2 防水の耐久設計に係る技術資料の整備

5.2.1 防水の種類・工法

1) メンブレン防水の施工実績

防水の種類によるシェアの推定に参考となるデータとして、日本防水材料連合会がまとめた加盟工業会毎の施工実績¹⁾（表5.2）、矢野経済研究所の施工面積の素材別シェア²⁾（図5.1）などがある。これらの統計は、統計上の分類が、例えばJASS8等の公的仕様書上の分類と必ずしも同一でないが、現状で公的仕様書の分類に沿って把握されているデータは見あたらないため、大凡のシェアを把握できる有効な資料である。

表5.2 防水材料製造者団体毎の施工実績¹⁾

（単位：千㎡）

	平成17年	平成18年	平成19年	平成20年	平成21年
	2005	2006	2007	2008	2009
アスファルトルーフィング工業会	16,387	17,366	15,961	14,232	13,233
合成高分子ルーフィング工業会	17,757	18,019	17,357	15,736	15,283
日本ウレタン建材工業会	14,628	13,248	13,144	14,612	14,848
トーチ工法ルーフィング工業会	5,746	5,824	5,312	5,125	4,907
FRP防水材工業会	5,504	5,935	5,576	5,411	5,124

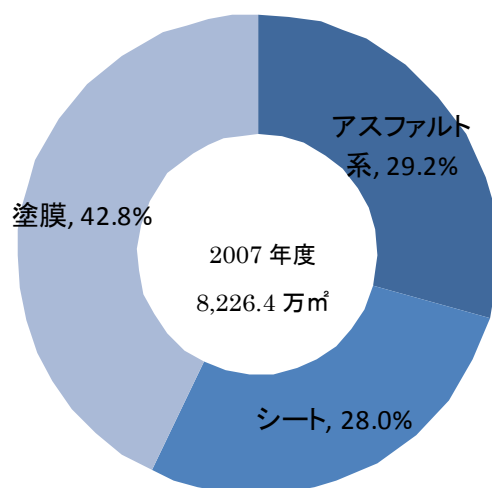


図5.1 防水材市場(施工面積)の素材・工法別シェア²⁾

また、各工業会で把握している出荷量のデータを[別添資料K]に示す。

2) メンブレン防水の工法

現在一般的に使用されている防水は主として表5.1に示すものがある。これらは導入時期が異なり、またそれぞれの防水において、詳細な仕様は年代により変化している。防水の種類、材料、工法により劣化現象は異なるため、防水工法の変遷を把握することは耐久設計や維持管理を行う上で、重要な基礎資料となる。

このため、文献調査等により、仕様書等におけるメンブレン防水の仕様について整理を行う。調査対象とした仕様書を以下に示す。

- ・公共建築工事標準仕様書(平成22年版)³⁾
- ・公共建築改修工事標準仕様書(平成22年版)⁴⁾
- ・建築工事標準仕様書・同解説 JASS8 防水工事、(社)日本建築学会(2008年版)⁵⁾

これらの仕様書間の仕様の対応を表6.5.3に示す。また、防水の改修層の仕様の一覧を表5.4に示す。

表5.3(1/2) メンブレン防水の仕様書間の仕様の対応 (日本防水材料連合会作成)

防水種別	仕様分類		仕様一覧		
	仕様	工法	官庁営繕 標準仕様書	官庁営繕 改修仕様書	建築学会 JASS8仕様書
アスファルト防水	保護	密着	A-1	A-1	—
			A-2	A-2	—
			—	—	AN-PF
			—	—	AK-PF
		絶縁	B-1	B-1	—
			B-2	B-2	参考ツ
			—	—	AK-PS
			—	—	参考ツ(A-PS)
		密着断熱	AI-1	AI-1	—
			AI-2	AI-2	—
		絶縁断熱	BI-1	BI-1	—
			BI-2	BI-2	参考ツ
		屋内密着	E-1	E-1	—
			E-2	E-2	—
	—		—	AN-IF	
	露出	密着	—	C-1	—
			—	C-2	—
		絶縁	D-1	D-1	—
			D-2	D-2	—
			—	—	AK-MS
		断熱	—	—	参考ネ(A-MS)
			—	DI-1	参考ナ
			—	DI-2	—
	—	—	AK-MT		
—	—	—			
—	—	参考ル			
改質アスファルト シート防水	露出	密着トーチ	AS-1	AS-1	参考イ
			AS-2	AS-2	AT-MF
		密着常温	—	AS-3	—
		絶縁トーチ	—	AS-4	参考ヲ
			—	AS-5	AT-MF
		絶縁常温	—	AS-6	—
			—	—	AJ-MS
		断熱トーチ	—	ASI-1	AT-MT
		断熱常温	—	ASI-2	AJ-MT
		単層(機械固定)	—	—	参考又
	保護	密着トーチ	—	—	AT-PF
			—	—	参考ム
		断熱トーチ	—	—	AT-PF
			—	—	参考チ

表5.3(2/2) メンブレン防水の仕様書間の仕様の対応(日本防水材料連合会作成)

仕様分類			仕様一覧		
防水種別	仕様	工法	官庁営繕 標準仕様書	官庁営繕 改修仕様書	建築学会 JASS8仕様書
シート防水	接着	加硫ゴム	S-F1	S-F1	S-RF
		加硫ゴム断熱	—	SI-F1	S-RFT
		塩ビ	S-F2	S-F2	S-PF
		塩ビ断熱	—	SI-F2	S-PFT
		非加硫ゴム	—	—	参考口
	接着通気	加硫ゴム	—	—	参考二
		塩ビ	—	—	参考二
	機械固定	加硫ゴム	S-M1	S-M1	S-RM
		加硫ゴム断熱	—	SI-M1	S-RMT
		塩ビ	S-M2	S-M2	S-PM
		塩ビ断熱	—	SI-M2	S-PMT
		TPE	S-M3	S-M3	参考レTPE
	保護密着	TPE断熱	—	SI-M3	参考クTPE断熱
		EVAポリモル	—	—	S-PC
		EVA	—	—	参考ホ
塗膜防水	ウレタン	絶縁	X-1	X-1	L-US
		密着	X-2	X-2	L-UF
		密着厚塗	—	—	参考ヨ
	超速硬ウレタン	密着	—	—	参考ワ
	複合ウレタン	密着	—	—	参考ト
	ゴムアス	地下外壁	Y-1	—	L-GU
		室内	Y-2	Y-2	L-GI
	改質アス常温複	室内	—	—	参考ウ
	アクリルゴム	外壁	—	—	L-AW
	FRP	密着	—	—	L-FF

表5.4(1/2) メンブレン防水の改修層の分類(日本防水材料連合会作成)

部位	既存防水工法		既存下地の撤去・非撤去			新規防水工法		改修工法 記号	営繕改仕 種別	営繕標仕 種別	JASS8 種別			
	区分	防水種別	区分	保護層	防水層	区分	改修仕様							
屋根	P	保護アス	1	撤去	撤去	B	アスファルト 保護・絶縁	P1B	B-1	B-1	—			
						BI	アスファルト 保護・絶縁・断熱	P1BI	BI-1	BI-1	参考ツ			
						BI-2	アスファルト 保護・絶縁・断熱	P1BI	BI-2	BI-2	参考ツ			
						2	撤去	非撤去	A	アスファルト 保護・密着	P2A	A-1	A-1	AN-PF・AK-PF
									AI	アスファルト 保護・密着・断熱	P2AI	A-2	A-2	—
									AI-1	アスファルト 保護・密着・断熱	P2AI	AI-1	AI-1	AN-PF(断熱)・AK-PF(断熱)
			AI-2	アスファルト 保護・密着・断熱	P2AI	AI-2	AI-2	—						
			0	非撤去	非撤去	D	アスファルト 露出・絶縁	P0D	D-1	D-1	AK-MS			
						DI	アスファルト 露出・断熱	P0DI	D-2	D-2	—			
						DI-1	アスファルト 露出・断熱	P0DI	DI-1	—	AK-MT			
						DI-2	アスファルト 露出・断熱	P0DI	DI-2	—	—			
						AS	改質アスシート 露出・絶縁	P0AS	AS-4	—	参考ヲ			
						AS-5	改質アスシート 露出・絶縁	P0AS	AS-5	—	AT-MF			
			AS-6	改質アスシート 露出・絶縁	P0AS	AS-6	—	—						
			ASI	改質アスシート 露出・断熱	P0ASI	ASI-1	—	AT-MT						
			ASI-2	改質アスシート 露出・断熱	P0ASI	ASI-2	—	AJ-MT						
			S	高分子シート 露出・接着	P0S(接着)	S-F1	S-F1	S-RF						
			S-F2	高分子シート 露出・接着	P0S(接着)	S-F2	S-F2	S-PF						
S-M1	高分子シート 露出・機械固定	P0S(機械)	S-M1	S-M1	S-RM									
S-M2	高分子シート 露出・機械固定	P0S(機械)	S-M2	S-M2	S-PM									
S-M3	高分子シート 露出・機械固定	P0S(機械)	S-M3	S-M3	参考レTPE									
SI	高分子シート 露出・断熱・接着	P0SI(接着)	SI-F1	—	S-RFT									
SI-F2	高分子シート 露出・断熱・接着	P0SI(接着)	SI-F2	—	S-PFT									
SI-M1	高分子シート 露出・断熱・機械固定	P0SI(機械)	SI-M1	—	S-RMT									
SI-M2	高分子シート 露出・断熱・機械固定	P0SI(機械)	SI-M2	—	S-PMT									
SI-M3	高分子シート 露出・断熱・機械固定	P0SI(機械)	SI-M3	—	参考クTPE断熱									
X	ウレタン塗膜 露出・絶縁	P0X	X-1	X-1	L-US									
屋根	T	保護アス断熱	1	撤去	撤去	BI	アスファルト 保護・絶縁・断熱	T1BI	BI-1	BI-1	—			
						BI-2	アスファルト 保護・絶縁・断熱	T1BI	BI-2	BI-2	参考ツ			

表5.4(2/2) メンブレン防水の改修層の分類(日本防水材料連合会作成)

部位	既存防水工法		既存下地の撤去・非撤去			新規防水工法		改修工法 記号	営繕改仕 種別	営繕標仕 種別	JASS8 種別			
	区分	防水種別	区分	保護層	防水層	区分	改修仕様							
屋根	M	露出アス	3	露出	撤去	D	アスファルト 露出・絶縁	M3D	D-1	D-1	AK-MS			
						DI	アスファルト 露出・断熱	M3DI	D-2	D-2	—			
						AS	改質アスシート 露出・絶縁	M3AS	DI-1	—	AK-MT			
						ASI	改質アスシート 露出・断熱	M3ASI	DI-2	—	—			
			AS-4	—	—	AS-4	—	参考ヲ						
			AS-5	—	—	AS-5	—	AT-MF						
			AS-6	—	—	AS-6	—	—						
			ASI-1	—	—	ASI-1	—	AT-MT						
	ASI-2	—	—	ASI-2	—	AJ-MT								
	4	露出	非撤去	C	アスファルト 露出・密着	M4C	C-1	C-1	—					
				DI	アスファルト 露出・断熱	M4DI	C-2	C-2	—					
				AS	改質アスシート 露出・密着	M4AS	DI-1	—	AK-MT					
				ASI	改質アスシート 露出・密着	M4ASI	DI-2	—	—					
				S	高分子シート 露出・機械固定	M4S	AS-1	AS-1	参考イ					
				SI	高分子シート 露出・断熱・機械 固定	M4SI	AS-2	AS-2	AT-MF					
							AS-3	—	—					
SI-1				—	—	SI-1	—	AT-MT						
SI-2	—	—	SI-2	—	AJ-MT									
S-M1	S-M1	S-RM												
S-M2	S-M2	S-PM												
S-M3	S-M3	参考レTPE												
SI-M1	—	—	SI-M1	—	S-RMT									
SI-M2	—	—	SI-M2	—	S-PMT									
SI-M3	—	—	SI-M3	—	参考クTPE 断熱									
屋根	S	高分子シート	3	露出	撤去	S	高分子シート 露出・接着	S3S	S-F1	S-F1	S-RF			
						SI	高分子シート 露出・断熱・接着	S3SI	S-F2	S-F2	S-PF			
						4	露出	非撤去	S	高分子シート 露出・接着	S4S(接着)	SI-F1	—	S-RFT
									SI	高分子シート 露出・断熱・接着	S4SI(接着)	SI-F2	—	S-OFT
			S	高分子シート 露出・機械固定	S4S(機械)	S-F1	S-F1	S-RF						
			S	高分子シート 露出・機械固定	S4S(機械)	S-F2	S-F2	S-PF						
			S	高分子シート 露出・機械固定	S4S(機械)	S-M1	S-M1	S-RM						
			S	高分子シート 露出・機械固定	S4S(機械)	S-M2	S-M2	S-PM						
			S	高分子シート 露出・機械固定	S4S(機械)	S-M3	S-M3	参考レTPE						
			SI	高分子シート 露出・断熱・接着	S4SI(接着)	SI-F1	—	S-RFT						
SI	高分子シート 露出・断熱・機械 固定	S4SI(機械)	SI-F2	—	S-PFT									
SI	高分子シート 露出・断熱・機械 固定	S4SI(機械)	SI-M1	—	S-RMT									
SI	高分子シート 露出・断熱・機械 固定	S4SI(機械)	SI-M2	—	S-PMT									
SI	高分子シート 露出・断熱・機械 固定	S4SI(機械)	SI-M3	—	参考クTPE 断熱									
屋根	L	ウレタン	4	露出	非撤去	X	ウレタン塗膜 露出・密着	L4X	X-2	X-2	L-UF			
外壁							アクリルゴム系 塗膜防水		—	—	L-AW			
地下外壁									—	Y-1	L-GU			
屋内	P	保護アス	1	撤去	撤去	E	アスファルト 密着(保護層設置 は特記)	P1E	E-1	E-1	—			
						Y	ゴムアス塗膜	P1Y	E-2	E-2	—			
			2	撤去	非撤去	E	アスファルト 密着(保護層設置 は特記)	P2E	Y-2	Y-2	L-GI			
						Y	ゴムアス塗膜	P2Y	E-1	E-1	—			
								E-2	E-2	—				
									Y-2	Y-2	L-GI			

これらの仕様は、過去の仕様書の規定において種々変更が行われている。既存の防水層の種類を把握することは、防水の維持管理において重要である一方、図面が入手可能とは限らないため、過去の防水の仕様の変遷を一覧できれば有効な資料となる。各仕様書の新築工法の仕様について、変遷を〔別添資料L〕に示す。

以上の整理により、工法の変遷が大凡把握出来た。一方、工法だけでなく、材料の組成も変化している場合がある。材料や工法の変化は劣化の発生の有無、現象に影響する場合があり、防水の耐久性を把握する上で重要な要因となるため、注意が必要である。

5.2.2 防水の劣化現象と要因

1) メンブレン防水層の劣化現象と要因

「耐久性総プロ」当時に検討されたメンブレン防水層の劣化要因と劣化現象の関係を表5.5に示す⁶⁾。

当時とは構成材料、仕様も変化しており、劣化要因と劣化現象も変化していることが推定されるため、H21年度に実施した各工業会へのヒアリング調査により、防水について劣化要因と劣化現象を検討し、各防水の現状に照らした見直し、または同表を参考に新たに表の作成を行った。各防水層の劣化現象と特徴を表5.6～5.11に記す。

劣化現象として整理した現象には、施工の良否等に左右され短期的に発生する、不具合として把握することが適切な現象も含まれている。劣化との峻別は困難なことから、明確に区別せず表中で※を付して示した。

表 5.5 「耐久性総プロ」時に提示されたメンブレン防水の劣化要因と劣化現象の関係

現象 \ 要因	◎ 熱	◎ 紫外線	◎ オゾン	◎ 水	酸	アルカリ	風	鳥類	砂塵
ふくれ（下地から）	○								
ふくれ（中間層から）	○								
損傷（穴あき・外傷）							○	○	
立上り入隅底部の浮き	○								
表面のひび割れ	○	○	○	○	○	○			
ルーフィング相互の接合部の はく離	○			○					
立上り部のずり落ち	○			○					
立上り端部のはく離・口あき									
防水層の破断（押え・下地のムー ーブメントによる）	○	○	○	○					
表層の減耗		○							○

注) ○は関連の深いもの
 要因のうち、◎は主要な劣化要因

表5.6 アスファルト防水の劣化要因と劣化現象の関係

現象	要因						
	◎ 熱	紫外線	水	酸	アルカリ	風	鳥類
ふくれ（下地から）※	○						
ふくれ（中間層から）	○						
損傷（穴あき・外傷）						○	○
立上り入隅底部の浮き	○						
表面のひび割れ	○	○	○	△	○		
ルーフィング相互の接合部のはく離※	○		○				
立上り部のずり落ち	○		○				
立上り端部のはく離・口あき							
防水層の破断（押え・下地のムーブメントによる）	○	○	○				
表層の減耗		○					

注) ○は関連の深いもの、△は関連のあるもの
 要因のうち、◎は主要な劣化要因
 現象のうち、※は短期的な発生がみられる現象

表 5.7 改質アスファルトシート防水の劣化要因と劣化現象の関係

現象	要因							
	◎ 熱	紫外線	オゾン	◎ 水	酸	アルカリ	風	鳥類
ふくれ（下地から）※	○							
ふくれ（中間層から）	○							
損傷（穴あき・外傷）							○	○
立上り入隅底部の浮き※	○							
表面のひび割れ	○	○	○	△	○	○		
ルーフィング相互の接合部のはく離※	○			○				
立上り部のずり落ち	○			○				
立上り端部のはく離・口あき※								
防水層の破断（押え・下地のムーブメントによる）	○	○	○	○				
表層の減耗		○						

注) ○は関連の深いもの、△は関連のあるもの
 要因のうち、◎は主要な劣化要因
 現象のうち、※は短期的な発生がみられる現象

表 5.8 合成高分子シート防水の劣化要因と劣化現象の関係

要因 \ 現象	◎ 熱	◎ 紫外線	○ オゾン *4	◎ 水	酸	アルカリ	風	鳥類	砂塵
ふくれ（下地から）※*1	○			○					
損傷（穴あき・外傷）							○	○ *2	
固定ビス抜け*3							○		
立上り入隅底部の浮き	○								
表面のひび割れ	○	○		○	○	○			
ルーフィング相互の接合部のはく離※	○			○					
立上り部のずり落ち	○								
立上り端部のはく離・口あき				○					
防水層の破断（押え・下地のムーブメントによる）*5	○	○		○					
表層の減耗		○							○

注) ○は関連の深いもの、△は関連のあるもの

要因のうち、◎は主要な劣化要因

現象のうち、※は短期的な発生がみられる現象

*1: 接着工法のみで発生

*2: 加硫ゴム、熱可塑性エラストマー系シート（TPE）のみで発生

（塩化ビニル樹脂系シート、エチレン醋酸ビニル樹脂系シート（EVA）では被害実績なし）

*3: 主に機械的固定工法の平場固定金具の固定ビスで発生

*4: 過去において加硫ゴム系で影響があったが、現在は影響は小さい

*5: 過去において影響があったが、仕様面での改善により現在は影響が小さい

（例：接着工法での ALC パネル目地部 ⇒ 絶縁テープの設置 等）

表 5.9 ウレタンゴム系塗膜防水の劣化要因と劣化現象の関係

要因 \ 現象	◎ 熱	◎ 紫外線	○ オゾン	◎ 水	酸	アルカリ	風	鳥類	砂塵
ふくれ（下地から）※	○			○		○			
ふくれ（中間層から）※	○								
損傷（穴あき・外傷）							○	○	
立上り入隅底部の浮き	○			○		○			
表面のひび割れ	○	○	○	○	○	○			△
立上り端部のはく離・口あき	○			○	○				
防水層の破断（押え・下地のムーブメントによる）	○	○	○	○					
表層の減耗		○			△				○

注) ○は関連の深いもの、△は関連のあるもの

要因のうち、◎は主要な劣化要因

現象のうち、※は短期的な発生がみられる現象

表 5.10 FRP 系塗膜防水の劣化要因と劣化現象の関係

現象 \ 要因	要因							
	◎熱	◎紫外線	◎オゾン	◎水	酸	アルカリ	風	砂塵
ふくれ（下地から）※	○			○		○		
損傷（穴あき・外傷）							○	
表面のひび割れ	○	○	○	○	○	○		
立上り端部のはく離・口あき	○							
防水層の破断（押え・下地のムーブメントによる）	○	○	○	○				
表層の減耗		○						○

注) ○は関連の深いもの、△は関連のあるもの
 要因のうち、◎は主要な劣化要因
 現象のうち、※は短期的な発生がみられる現象

表 5.11 ステンレスシート防水の劣化要因と劣化現象の関係

現象 \ 要因	要因				
	熱	紫外線	酸	塩分	風
錆び・孔食			○	○	
破断	○				○
溶接切れ					○
面材のふくれ	○				○
役物のふくれ	○				○
塗膜の減耗		○			
シール切れ	○	○			

注) ○は関連の深いもの、△は関連のあるもの

2) シーリング防水の劣化現象と要因

シーリング防水についても、同様に整理を行うため、まず劣化現象の種類を表 5.12 のように整理した。また、その模式図を図 5.2 に示す。シーリング防水は壁面にも用いられるため、防水機能のみならず意匠・外観上の劣化にも配慮が必要である。

さらに、表 5.13 に、メンブレン防水同様、主な劣化現象と要因の関係を整理した。

表 5.12 劣化現象および不具合の種類

		劣化現象の種類
防水機能関連	漏水またはその痕跡	シーリング材の破断などによる外壁部位などからの漏水またはその痕跡
	被着面からはく離	シーリング材が被着面からはく離する現象。漏水の原因となる
	シーリング材の破断 (口開き)	シーリング材に発生したひび割れが目地底まで達し、完全に破断している状態。漏水の原因となる
	被着体の破壊	シーリング目地周辺の被着体にひび割れや欠落が発生する現象。漏水の原因となる
	シーリング材の変形	目地のムーブメントなどによって、シーリング材が外部方向へふくれたり、くびれたりする現象
	シーリング材の軟化	紫外線、熱などによってシーリング材が軟らかくなる現象
意匠・外観関連	しわ	目地のムーブメント、シーリング材の収縮などによって、シーリング材が波打つ現象
	汚れ	シーリング材表面の汚れ、またはシーリング材の成分の一部が被着体の表面に付着して汚れる現象
	ひび割れ	シーリング材表面に微細なひび割れが発生する現象
	白亜化	シーリング材表面が粉状になる現象 チョーキングともいう
	仕上げ材の浮き、変色	シーリング材の上に施された仕上材(塗料、仕上塗材など)がシーリング材とはく離したり、変色を生じる現象
	変退色	シーリング材の含有成分が表面にブリードし大気中のガスなどによって、シーリング材表面が変色したり、また、シーリング材表面が紫外線などにより劣化退色する現象

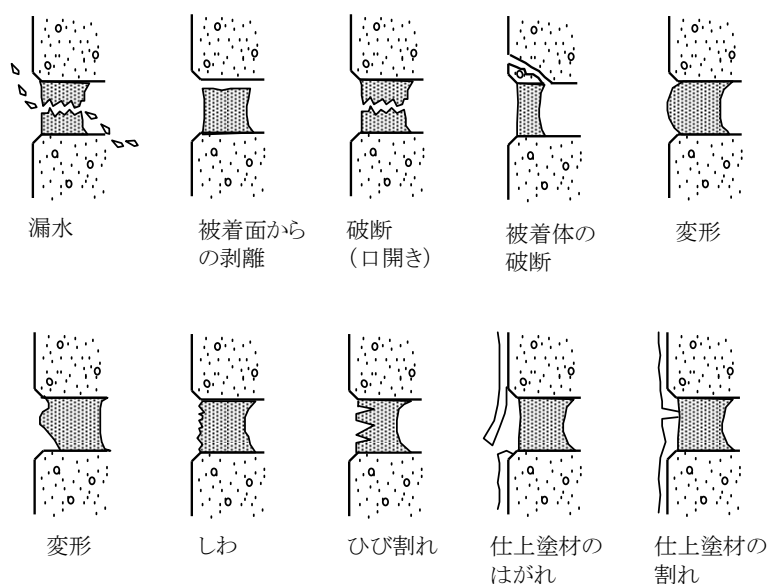


図 5.2 シーリング材の劣化・不具合現象模式図⁷⁾

表 5.13 劣化現象と要因

現象 \ 要因	塵埃	紫外線	有害ガス (オゾン)	温度・熱	水 (結露、雨)	下地ムーブメント (地震)
接着破壊		○		○		○
凝集破壊		○	○	○		○
被着体の破壊		○		○		○
シーリング材の軟化				○		
シーリング材の汚れ	○	○		○	○	
目地周辺の汚れ	○				○	
仕上材の浮き (はく落)		○		○	○	○
仕上材の変色	○	○		○	○	

注) ○は関連の深いもの

5.2.3 防水の耐用年数

1) 防水の耐用年数に関する既往の検討

①「耐久性総プロ」におけるメンブレン防水層の標準耐用年数

「耐久性総プロ」では、メンブレン防水の耐久設計指針⁸⁾の中で、耐用年数の推定方法を示している(図5.3)。また、当時の主要な工法について、図中の“標準耐用年数”を定め、設計や施工、気象条件など、耐用年数に影響を及ぼす要因を係数化して加味し、耐用年数を推定する方法である。

標準耐用年数は同プロジェクトにおいて行った防水層の切り取り試験、補修・改修に関するアンケート調査結果の解析、各防水の実績と調査データに基づいて推定された。“耐用年数に達した”とは、「屋根メンブレン防水が何らかの原因で故障し、雨漏りが発生するような状態になったとき」とされている。

推定耐用年数Yは、次式によって求める。

$$Y = Y_s \times s \times a \times b \times c \times D \times M$$

- Y_s: 標準耐用年数
- s: 防水工法を選択係数
- a: 設計係数
- b: 施工係数
- c: 施工時の気象係数
- D: 劣化外力係数
(D = d₁ × d₂)
- d₁: 断熱係数、d₂: 地域係数
- M: 維持保全係数

防水層の種類	工法の種類*	標準耐用年数
押えアスファルト防水	A-RA2, A-RB2	17年
露出アスファルト防水	A-RC2, A-RD2, A-RE2	13年
押えシート防水、露出シート防水	S-VR3, S-NR2, S-PV1等	13年
露出ウレタン塗膜防水	L-PU2等*	10年

* 標準耐用年数は、JASS8 防水工事 1981年版の工法について「耐久性総プロ」当時に推定値として提示されたものである。現在のJASS8の工法とは異なる。

防水工法を選択係数 s

屋根構造 断熱層	防水工法	地下	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	備考
			露出	露出	露出	コンクリート押え	ブロック押え	玉砂利押え	コンクリート押え	ブロック押え	玉砂利押え	露出	露出	露出	
			RC	PC	ALC	RC	RC	RC	RC	RC	RC	RC	PC	ALC	
アスファルト防水	A-RA2		—	—	—	1.0*	1.0*	1.0	1.0	1.0	—	—	—	—	A-RA2～A-RE2の代りにA-RA1～A-RE1のグレードを使用する場合は係数1.0を1.2と1.2を1.4と読み替える。
	A-RB2		—	—	—	1.0*	1.0*	1.0	1.0	1.0	—	—	—	—	
	A-RC2		1.0	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	A-RD2		—	—	1.0	—	—	—	—	—	—	1.0	1.0	1.0	
	A-RE2		1.2	1.2	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
シート防水	S-VR3		1.0	1.0	1.0	0.6*	0.8*	0.8	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	S-VR3、S-NR2の代りにS-VR1、S-NR1のグレードを使用する場合は係数に1.5を乗じた値を採用する。
	S-NR2		1.0	1.0	1.0	0.6*	0.8*	0.8	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	
	S-PV1		1.0	1.0	1.0	0.6*	0.8*	0.8	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	
	絶縁PV		1.0	1.0	1.0	0.6*	0.8*	0.8	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	
塗膜防水	L-PU2		1.0	0.8	0.8	—	—	—	—	—	—	1.0	1.0	1.0	L-PU2の代りにL-PU1のグレードを使用する場合は係数に1.2を乗じた値を採用する。
	特殊PU		1.0	1.0	1.0	—	—	—	—	—	—	1.0	1.0	1.0	

(注) * 緩衝材敷きの上に押え層。

設計係数 a

設計図書	優	良	可
設計監理			
優	1.3	1.1	0.8
良	1.2	1.0	0.7
可	1.1	0.8	0.5以下

施工係数 b

施工管理	優	良	可
施工技能			
優	1.2	1.1	1.0
良	1.1	1.0	0.9
可	0.9	0.8	0.7以下

施工時の気象係数 c

季節	係数
雨・雪季	0.8
寒冷季	0.9
一般季	1.0

図5.3(1/2) 「耐久性総プロ」におけるメンブレン防水の推定耐用年数の求め方と標準耐用年数⁸⁾より作成

断熱係数 d_1				地域係数 d_2			
防水層の種類	工 法	断 熱 材		防水層の種類	工 法	一般地	寒冷地, 亜熱帯地
		有	無				
アスファルト防水	押え工法	1.2	1.0	アスファルト防水	押え工法	1.0	1.0
	露出工法	0.9	1.0		露出工法	1.0	0.9
シート防水	押え工法	1.2	1.0	シート防水	押え工法	1.0	1.0
	露出工法	0.9	1.0		露出工法	1.0	1.0
塗膜防水	露出工法	0.8	1.0	塗膜防水	露出工法	1.0	0.9

維持保全仕様に応じた維持保全係数 M									
維持保全仕様		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
		防水工法							
アスファルト防水, シート防水	押え工法	—	1.0	—	0.9	0.9	—	0.8	—
	露出工法	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.7	0.8
ウレタン塗膜防水露出工法		1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.7	0.8
維持 保全 係数	清掃(周期 0.5 年)	○	○	○	○	—	—	—	—
	点検・保守(周期 2 年)	○	○	—	—	○	○	—	—
	再塗装(周期 4 年)	○	—	○	—	—	○	—	○

(注) ○ : 実施する , — : 実施しない

図5.3(2/2) 「耐久性総プロ」におけるメンブレン防水の推定耐用年数の求め方と標準耐用年数⁸⁾より作成

標準耐用年数は、“今後の研究によって改訂されうる”こと、“確証がある場合は数値を入れ替えて活用しうることを前提とした提案である”ことが併記されている。

「耐久性総プロ」の成果は、その後、(社)日本建築学会の「建築物の耐久計画に関する考え方」(1988年)や「住宅の品質確保の促進等に関する法律」に基づく「住宅性能表示制度」等に反映されるなど、国内で広く活用されている。

独立行政法人建築研究所が行った課題「目的指向型耐久設計」(2001～2004)の検討において、建築実務者を対象に各種メンブレン防水について、寿命の最短及び最長の年数のアンケート調査を行った結果がある。一部を図5.4に示す。

同報告によると、最短及び最長の寿命は「耐久性総プロ」時に行ったアンケートの結果と大きな差はなかった。「耐久性総プロ」以降、各防水の耐用年数には大きな変化はないと推定できる。その一方、図5.4においては、回答者が“寿命”として補修や改修を行うタイミングを回答していることが想定され、「耐久性総プロ」で示した標準耐用年数等の耐久性に関するデータが参照され活用されたために、同等の年数に収束した結果であると推量することもできる。標準耐用年数の見直しの必要性の検証には、アンケート調査等の経験値の調査が有効でない場合があることが伺える。しかし、先行研究で標準耐用年数やアンケート調査等の結果が提示されていない工法についてはこの限りではない。

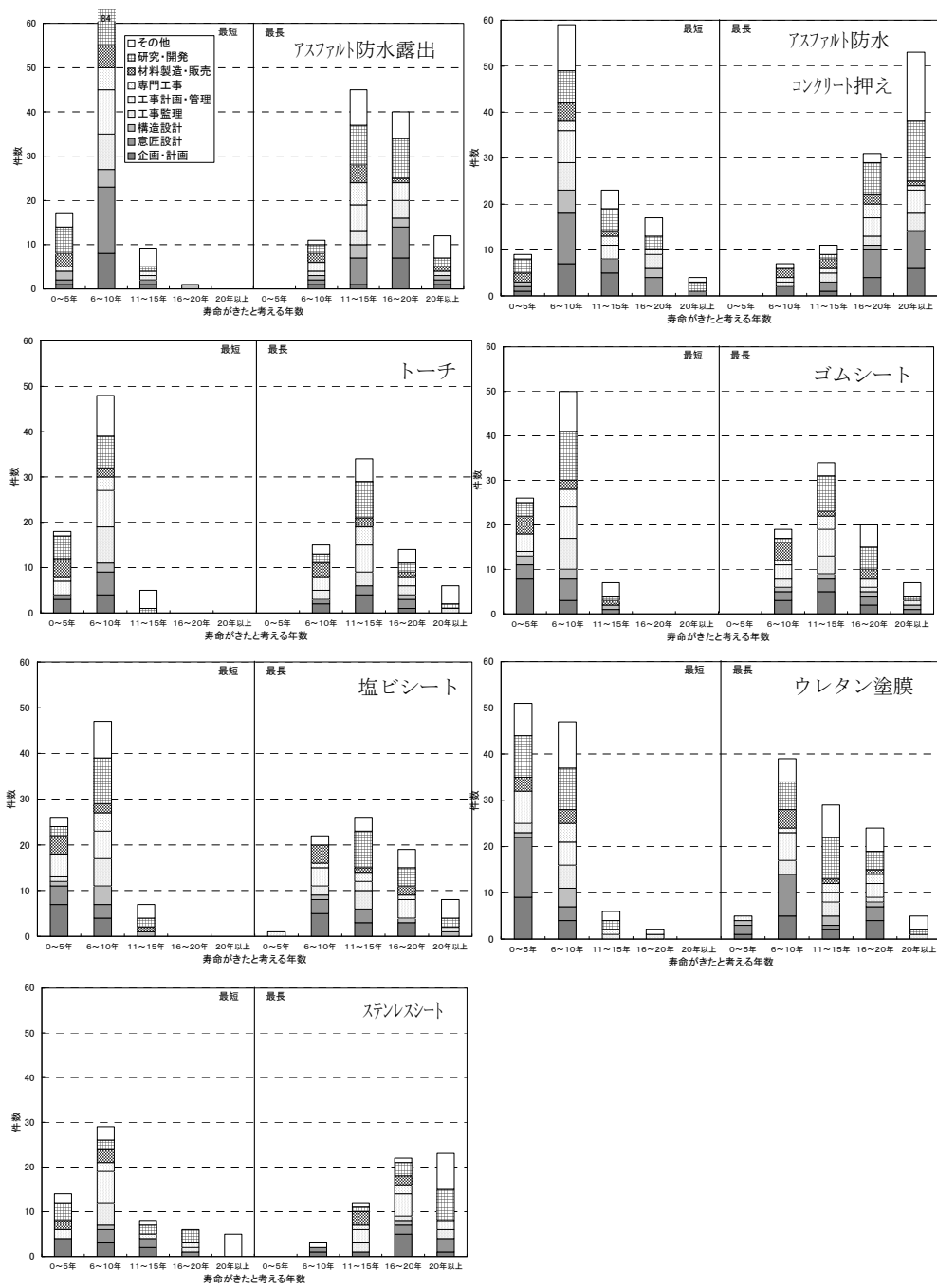


図5.4 メンブレン防水の寿命の最短及び最長の年数⁹⁾

②「耐久性総プロ」におけるシーリング防水の標準耐用年数

「耐久性総プロ」では、シーリング防水の耐久設計指針⁸⁾の中で、耐用年数の推定方法を示している(図5.5)。シーリング防水の標準耐用年数の推定方法は、当面10年と、耐用年数に影響を及ぼす要因を係数化して加味する、と定められている。

シーリング防水の耐用年数の推定は以下による。

$$Y=Y_s \times a \times b \times c \times d \times e \times D \times M$$

ここに、Y：推定耐用年数

Y_s：標準耐用年数で、当面10年とする。

a：被着体・材料係数

b：被着体の色・方位係数

c：接着難易係数

d：施工難易係数

e：施工技量係数

D：劣化外力係数

M：維持保全係数

着体・材料係数 a

シーリング材の種類		SR 1 HM	9030				8020				7020	油 性				
			SR 1 LM	SR 2	MS 2	PS 2	MS 1	MS 2	PS 2	PU 1	PU 2		AC E			
金属カーテンウォール	ノックダウン方式	0	1.0	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	パネル方式	パネル目地	0	1.0	1.0	1.0	0.4	0	0.6	0.3	0	0.2	0	0		
		ガラスまわり目地	0.7	1.0	1.0	0	0.5	0	0	0.4	0	0	0	0		
PCカーテンウォール	石材打込PC目地(大理石を除く)	0	0	0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0	0			
	タイル打込PC目地	0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0	0			
	吹付塗装PC目地	0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0	0			
	サッシまわり目地	0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0	0			
	ガラスまわり目地	0.7	1.0	1.0	0	0.5	0	0	0.4	0	0	0	0			
コンクリート壁	打継・誘発・サッシまわり目地、壁式PC目地	0	0	0	1.5	0	1.2	1.3	0	1.0	1.0	0.5	0.5			
		シーリング材表面吹付塗装	あり	0	1.5	1.8	1.3	1.2	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.2	0.4	
		なし	なし	0	0	0	1.3	1.2	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.2	0	
	石張り目地(大理石を除く)	0	0	0	1.3	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.2	0		
	タイル張り目地	0	1.5	1.8	1.3	1.2	1.0	1.0	1.0	0.7	0.7	0.2	0.4			
外装パネル	ALC板目地	スライド工法	シーリング材表面吹付塗装	あり	0	0	0	1.5	0	1.2	1.3	0	1.0	1.0	0	0
			なし	なし	0	1.5	1.8	1.3	1.2	1.0	1.0	0.9	0.5	0.5	0	0
		挿入筋工法、シーリング材表面吹付塗装あり		0	0	0	1.5	0	1.2	1.3	0	1.2	1.2	1.0	0	
	樹脂鋼板、塗装鋼板目地、ホーロー鋼板目地	1.2	1.5	1.8	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0	0.3			
	GRC、セメント押出成型板ほかの目地	0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.5	0.5			
ボード類目地	シーリング材表面吹付塗装	あり	0	0	0	1.5	0	1.2	1.3	0	1.0	1.0	0.3	0.4		
		なし	なし	0	1.5	1.8	1.3	1.2	1.0	1.0	1.0	0.7	0.7	0.2	0.3	
ガラス	ガラススクリーン(ガラス間目地)	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	ガラスまわり目地(標準タイプ)	1.0	1.0	1.0	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0	0			
サッシ	サッシ間目地(水辺、皿板目地を含む)	0.3	0.9	1.0	0.6	0.4	0.3	0.5	0.3	0	0	0	0			
笠木	金属笠木目地	0	0.9	1.0	0.6	0.4	0.3	0.5	0.3	0	0	0	0			
	石材笠木目地(大理石を除く)	0	0	0	1.3	1.2	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0	0			
	PC笠木目地	0	1.2	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0	0			

図5.5(1/2) シーリング防水の耐用年数の推定方法⁸⁾

被着体の色・方位係数 <i>b</i>			接着難易係数 <i>c</i>	
	方位	東南西	北	
色				
明色系		1.2	1.4	
中間色系		1.0	1.2	
暗色系		0.8	1.0	
施工難易係数 <i>d</i>			施工技量係数 <i>e</i>	
	目地の位置	係数		
	普通	1.0		
	落とし目地	0.9		
	特殊ノズル使用	0.8		
	目視不能	0.7		
		管理士有資格者による管理 ^{*2}	あり	なし
	技能士の資格 ^{*1}			
	一級	1.0	0.9	
	二級	0.9	0.8	
	なし	0.8	0.7	

(注)*1 労働省認定によるシーリング防水施工技能士
*2 日本シーリング工業会認定によるシーリング管理士

図5.5(2/2) シーリング防水の耐用年数の推定方法⁸⁾

③ISO15686シリーズ

「耐久性総プロ」で示された推定耐用年数算出の考え方は、その後国際規格であるISO15686シリーズにおいて、耐用年数推定式、標準耐用年数をそれぞれ“Factor Method”及び“Reference Service Life”（以降、リファレンスサービスライフと表記）として規定された¹⁰⁾。

リファレンスサービスライフは、同規格で「Reference service life: service life that a building or part of building would expect(or is predicted to have) in a certain set(reference set) of in-use conditions <建築物またはその部分に期待される(または予想される)、ある特定の使用条件の組み合わせ(代表的組み合わせ)のもとでの耐用年数>」と定義された¹¹⁾。

また、推定耐用年数の予測式として、以下の式5.1が示された。

$$ESLS = RSLC \times \text{factor A} \times \text{factor B} \times \text{factor C} \times \text{factor D} \times \text{factor E} \times \text{factor F} \times \text{factor G} \quad (\text{式 5.1})$$

ESLS: estimated service life of components (or assembly)-部品(構成材)の推定耐用年数

RSLC: reference service life of components (or assembly)-部品(構成材)のリファレンスサービスライフ

factor A: quality of components-部品の品質

factor B: design level-設計のレベル

factor C: work execution level-施工のレベル

factor D: indoor environment-屋内環境

factor E: outdoor environment-屋外環境

factor F: in-use conditions-使用条件

factor G: maintenance level—維持保全条件

ISO 15686シリーズは、現在までにPart 8 まで発行された。発行された規格は以下の通りである。

Part 1: General principles (基本事項)

Part 2: Service life prediction procedures (耐用年数予測方法)

Part 3: Performance audits and reviews (監査およびレビュー)

Part 5: Life-cycle costing (ライフサイクルコスト)

Part 6: Procedures for considering environmental impacts (環境インパクトへの配慮方法)

Part 7: Performance evaluation for feedback of service-life data from practice (耐用性に関する実践データをフィードバックさせるための性能評価)

Part 8: Reference service life and service-life estimation (リファレンスサービスライフおよび耐用年数予測)

④建築学会における防水の耐久性予測の検討

(社)日本建築学会材料施工委員会防水工事運営委員会傘下において、2002年から防水材料の屋外暴露試験が開始され、さらに促進耐候性試験方法の検討が行われている。ここでは、その概要を紹介する。

屋外暴露試験は、「建築工事標準仕様書・同解説 JASS8 防水工事」に準拠する仕様のアスファルト防水、改質アスファルトシート防水、シート防水、塗膜防水、建築用シーリング材を対象に実施されている。暴露地は寒冷地域(北海道旭川市)、温暖地域(千葉県銚子市)、亜熱帯地域(沖縄県宮古島市)の3カ所である^{12)・13)}。

これまでに3年経過時、7年経過時の物性、外観等の変化の状況が建築学会にて報告された。物性等に変化がみられた防水材料もあるものの、総じて劣化の程度は小さく、7年間の屋外暴露結果から耐用年数に関する結論が得られる状況ではなく、今後も引き続き屋外暴露試験が実施される予定とされている。

また、促進耐候性試験方法の検討も合わせて実施されており、促進耐候性試験によるメンブレン防水、シーリング防水の耐候性予測の精度向上が期待できる。

2) 防水の耐用年数に関する検討

①基本的考え方

「耐久性総プロ」において提示された標準耐用年数 (**Ys**) は、“標準的な仕様で、標準地域に施工された材料の耐用年数”として当時の調査結果に基づき推定されたものであり、「今後の研究によって改訂されうること、また、確証がある場合は数値を入れ替えて活用しうることを前提とした提案である」ことが記されている。「耐久性総プロ」当時から四半世紀が経過し、構成材料・工法等の変化等に伴い当時提案された標準耐用年数が適用できない場合もでてくる。このため、現状に即した見直しが必要と考えられる。

本書では、各工法の補修・交換の予定時期を設計・計画時に把握することを目的とし、リファレンスサービスライフ（標準耐用年数）の見直しを行う。見直しにあたっては、通常の設計、施工、維持管理が行われ、特殊環境下でない場合に期待される代表的組み合わせのもとでの標準耐用年数を提示することとした。提案にあたっては、ISO に準拠し、“リファレンスサービスライフ”として提案を行う。ただし、係数については防水層の実情に合わせた検討が ISO の推定耐用年数の予測式に対してなされていない。このため、推定耐用年数の予測式、係数は「耐久性総プロ」で提案されたものを用いることとし、「耐久性総プロ」で標準耐用年数とされていた呼称を“リファレンスサービスライフ”とする。係数の見直し、ISO の推定耐用年数の予測式、係数への対応は今後の課題とする。

なお、リファレンスサービスライフとして提示する年数は、一定の想定に基づく目安であり、その期間を通じ防水機能が維持されることを保証するものではない。品確法（住宅の品質確保の促進等に関する法律）において求められている「雨水の浸入を防止する部分についての 10 年間の瑕疵担保責任」や、メーカーが行う品質保証の期間とは無関係である。

②アスファルト防水のリファレンスサービスライフ

アスファルト防水については、アスファルト防水材の製造者が実際の建築物に用いられたアスファルト防水材料の経年変化のデータを蓄積していたことから、これらのデータを踏まえてリファレンスサービスライフを設定することとした。

A社では、表 5.14 に示す 1000 件以上の物件からアスファルト防水層について、サンプル採取を行い、経年変化の分析を行った。

表 5.14 経年後の分析を行ったアスファルト防水層の仕様¹⁴⁾

仕様	断熱材なし	断熱材あり	合計
露出仕様	468 件	92 件	560 件
押え仕様	448 件	27 件	475 件
合計	916 件	119 件	1,035 件

経年変化の把握は、「耐久性総プロ」で示された劣化診断のうち、3次診断のアスファルトの針入度により行われた。アスファルトの針入度測定は JIS A 2207（石油アスファルト）に規定されている。「耐久性総プロ」では、劣化度の分類を表 5.15 のように定めている。劣化度Ⅱについては、最良の 1 層について判定を行っている。

表 5.15 3次診断の針入度による劣化度の分類⁸⁾

工法	劣化度		
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
露出工法	全層<5	10>1 層以上≥5	1 層以上≥10
押え工法	全層<5	10>1 層以上≥5	1 層以上≥10

採取したサンプルについて、それぞれ劣化度を判定し、経年数毎に平均値を求め、表示した図が図 5.6 及び図 5.7 である。いずれも劣化度分類 I、II、III を数値に置き換え、数値化したデータを用いている。

図 5.6 においては、散布図の上限域のプロット (■) について、回帰直線 B で示し、下限域のプロット (◆) について回帰直線 C で示した。さらに、劣化度の平均値を、経年数毎に、著しくばらつき大きいサンプルを除き物件数で除した平均値を用い、さらにある経年度の劣化度とその前後の経年数の劣化度におおの試料数を乗じて加えた総和を、総試料数で除した値を、その経年数の劣化度として求め (プロット: ▲)、回帰直線 A で示した。

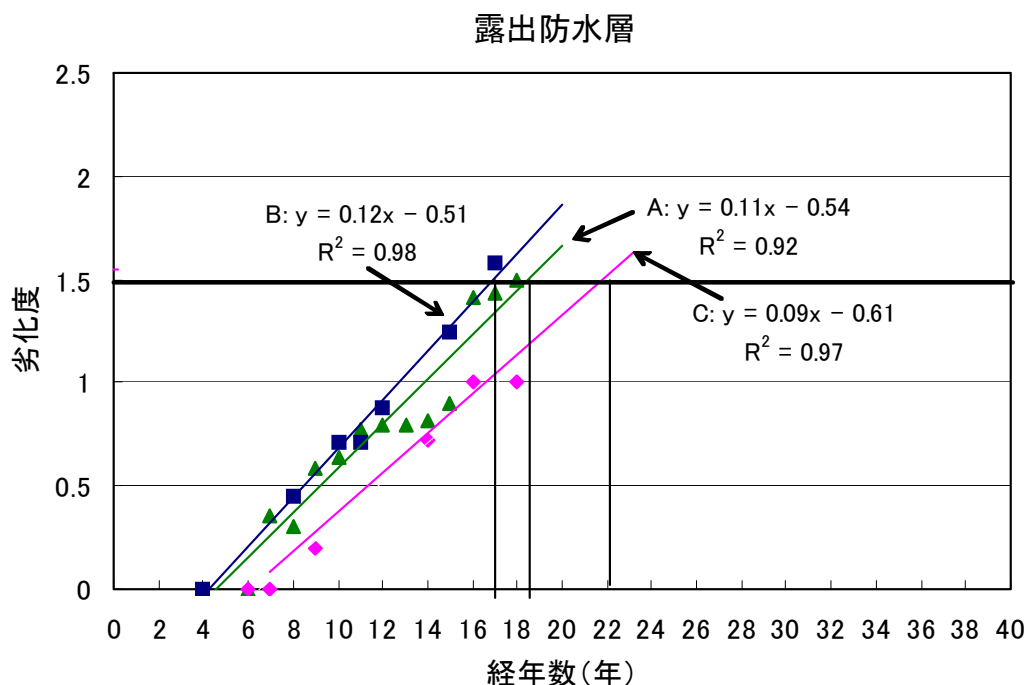


図 5.6 アスファルト露出防水層の劣化度の判定結果と経年数の対応¹⁴⁾

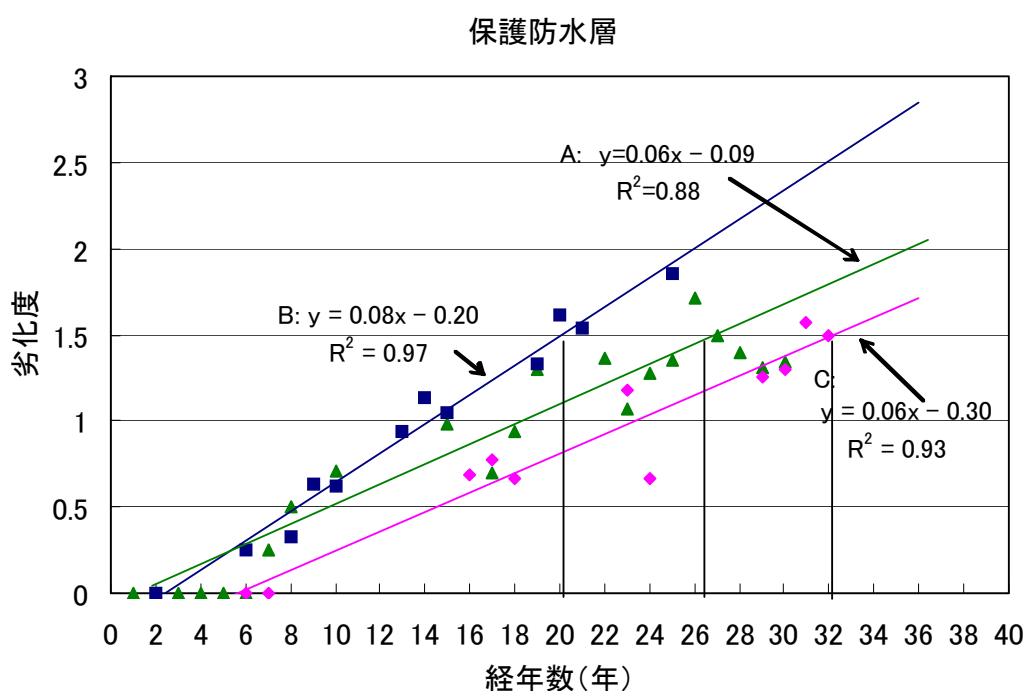


図 5.7 アスファルト押え防水層の劣化度の判定結果と経年数の対応¹⁴⁾

ここで、耐用年数は劣化度Ⅰと劣化度Ⅱの間である 1.5 を目安としている。3 次診断の調査結果の判定基準は表 5.16 のように定められており、“劣化度 1.5”という判定は本来存在しないものの、大規模な補修が必要となる時点の初期の段階に相当すると考えられる。これによると、アスファルト露出防水層の耐用年数は 18.5 年、アスファルト押え防水層の耐用年数は 26.5 年となる。

表 5.16 3 次診断の調査結果の判定基準⁸⁾

劣化度	判定
Ⅲ	原則として大規模補修を行う
Ⅱ	大規模補修または部分補修（但し、近い将来、大規模補修を要す）を行う
Ⅰ	部分補修を行う

一方、B社においても、約 450 件以上の物件からアスファルト防水層について、サンプル採取を行い、経年変化の分析を行った。

分析方法は、同様に針入度を用いている。図 5.8 に経年数毎の針入度の平均値と経年数の対応を示す。B社では全層のアスファルトが針入度 5 以下になり全面改修が必要となる時点を耐用年数として把握している。これによると露出工法は 18.2 年、押え工法は 24.5 年となる。

A社とB社ではいずれも針入度を劣化度の判定に用いており、いずれも耐用年数はおお

むね一致している。(両社では異なるしきい値を用いているものの、両社では平均化の手法が異なることと、A社では、劣化度の平均化のため、針入度測定結果の単純平均値よりも劣化が進行していないものと判定される)

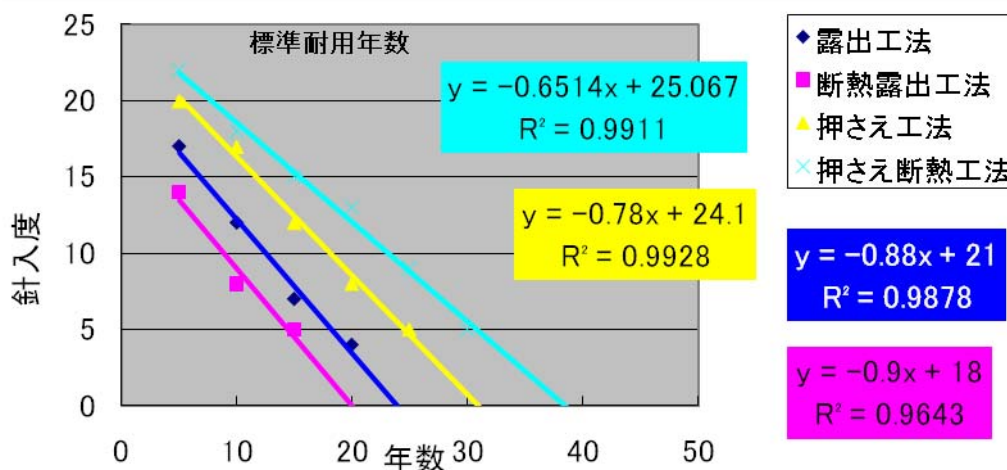


図 5.8 アスファルト防水層の劣化度の判定結果と経年数の対応¹⁵⁾

今回の検討で分析結果が得られたのはA社及びB社の2社に限定されているものの、品質及び一定期間経過後の品質の観点からおおむねアスファルト防水の実態を把握可能な耐用年数であるとみなすものとする。一方で、露出防水層では防水層温度が高くなる温暖地域や亜熱帯地域では針入度の硬化が早く進行すること、同様に最近では一般化している露出断熱防水では防水層温度が高くなること、および、昨今言われている温暖化の影響があることから、2社の耐用年数を2割ほど短くし、表 5.17 の年数をリファレンスサービスライフとして提示した。

表 5.17 アスファルト防水のリファレンスサービスライフ(案)

	リファレンスサービス ライフ	参考：耐久性総プロの 標準耐用年数
保護防水	20年	17年
露出防水	15年	13年

③改質アスファルトシート防水のリファレンスサービスライフ

改質アスファルトシートトーチ工法及び改質アスファルトシートを使用した防水工法に関しては実現場における劣化診断データが少なく、統計的にリファレンスサービスライフを設定することは困難であった。改質アスファルトシートの劣化はアスファルト防水と同様に針入度で評価することが一般的に行われている。トーチ工法ルーフィング工業会所属メーカーを含む改質アスファルトシート製造メーカー各社では、熱処理試験や屋外暴露試

験により、改質アスファルトの針入度の低下がアスファルト防水に比べて遅いことが確認されている。そのようなアスファルト防水との比較から、改質アスファルトシート防水の耐用年数は18年から20年程度との共通の認識があるようである。しかしながら、建築工事標準仕様書（JASS 8）では露出単層仕様（AT-MF）がトーチ工法の標準露出仕様であるため、複層仕様であるアスファルト防水と同等程度とした（表 5.18）。

表 5.18 改質アスファルトシート防水のリファレンスサービスライフ(案)

	リファレンスサービスライフ
保護防水	20年
露出防水	15年

※トーチ工法、常温粘着工法含む

④合成高分子系シート防水

加硫ゴム系シート防水、塩化ビニル樹脂系シート防水を対象に、合成高分子ルーフィング工業会の収集データをもとに、リファレンスサービスライフの設定を行った。

同工業会の収集データは既存建築物から採取したサンプルである。サンプルの内訳を表 5.19 に示す。いずれも当時の標準仕様の工法であり、サンプルを採取した建築物の築年数は4年から35年である。

経年変化の把握は「耐久性総プロ」で示されたシート防水の3次診断の調査項目のうち、防水層の物性（伸び率）で行った（表 5.20）。3次診断における防水層の物性には、“伸び率”の他に“引張強さ”、“引裂強さ”が挙げられている。このうち、“伸び率”が経年により低下することから、“伸び率”の初期値に対する保持率で劣化を把握する。ここで、“伸び率”の初期値は現在の一般的な製品の伸び率の値で代用した。

なお、伸び率は合成高分子系シートの表面にクラックが発生するような状態になると低下が見られ、伸び率の低下により下地挙動への追従性が低下することから、防水機能と関係性の高い物性である。

表 5.19 サンプルの内訳

工法		シート厚:サンプル数	サンプル数	
加硫ゴム系シート	接着工法	0.8mm : 1 1.0mm : 4 1.2mm : 6 1.5mm : 58	69	80
	断熱接着工法	1.0mm : 4 1.2mm : 6	10	
	保護接着工法(非断熱)	1.0mm : 1	1	
塩化ビニル樹脂系シート	接着工法	2.0mm : 2	2	42
	断熱接着工法	2.0mm : 2	2	
	機械式固定工法	1.5mm : 14(複合11)、(均質3) 2.0mm : 2	16	
	断熱機械式固定工法	1.5mm : 8 2.0mm : 2	10	
	機械式固定工法(断熱・非断熱不明)	1.5mm : 12	12	
(参考)エチレン酢酸ビニル樹脂系シート	(非断熱)	—	1	1

表 5.20 3次診断の伸び率による劣化度の分類(防水層の物性)⁸⁾

工法	劣化度		
	III	II	I
露出工法 ・押え工法	初期値比 30% 未満	初期値比 30~ 60%未満	初期値比 60% 以上

図 5.9 に加硫ゴム系シートの伸び率の初期値比と経年数の関係、図 5.10 に塩化ビニル樹脂系シートの伸び率の初期値比と経年数の関係をそれぞれ示す。

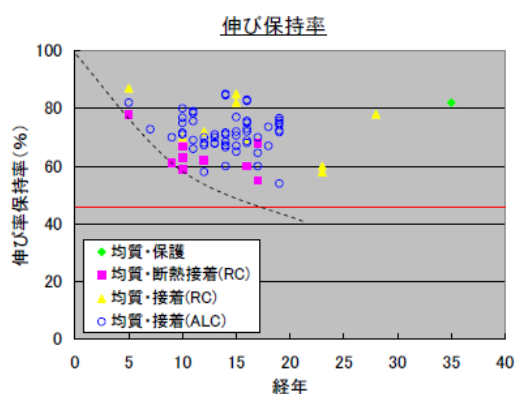


図 5.9 加硫ゴム系シートの伸び率の初期値比と経年数の関係¹⁶⁾

伸び保持率

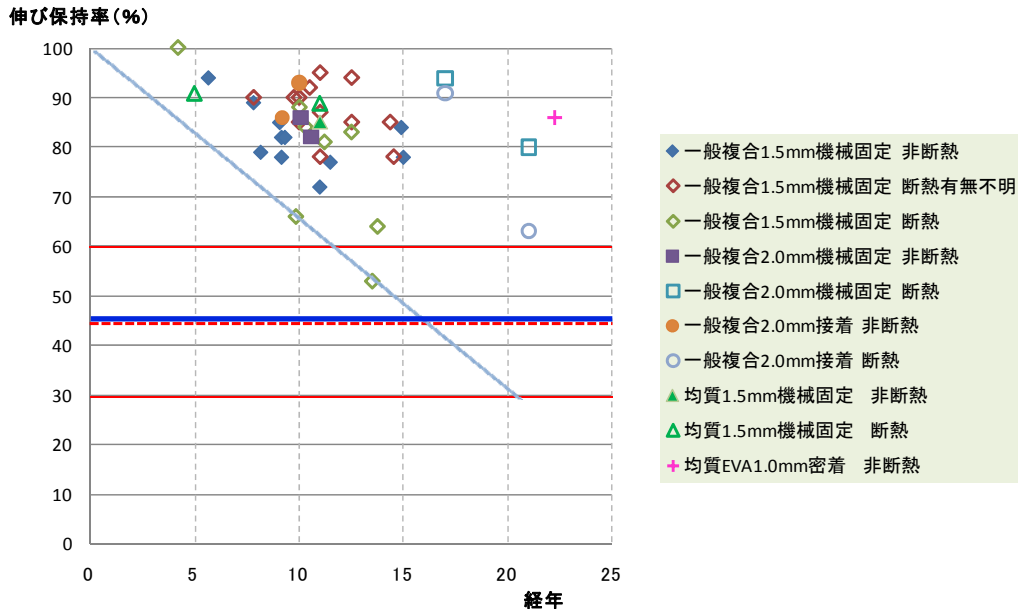


図 5.10 塩化ビニル樹脂系シートの伸び率の初期値比と経年数の関係¹⁶⁾

図中の点線は伸び率の初期値比の下限で目視によりひいた下限線である。加硫ゴム系シートは初期には日射による熱等により残留している加硫剤の架橋反応が進むため、伸び率の低下が大きい。このため、初期における低下率が大きいことを踏まえて下限線を設定した。

この下限線と、劣化度Ⅱの基準である初期値比 30～60%の中間値 45%の線の交点を、リファレンスサービスライフとし、15年と設定した（表 5.21）。

本検討においては、実建築物からのサンプル調査を基にリファレンスサービスライフの検討を行ったものの、現在の標準的な工法全てはカバーされておらず、加硫ゴム系シートの機械的固定工法はサンプルが確保できなかった。ただし、機械的固定工法に用いる加硫ゴム系シートは接着工法に用いるシートと同一であるため、伸び率の経年変化は同様の傾向となることが推察され、既往の検討では、機械的固定工法において接着工法に比して初期の伸び率の低下が小さく、初期値からの低下率は小さいことが確認されている。これにより、本検討で対象外であった工法についても、概ね同様の傾向になることが予想されることから、裏付けとなるサンプルはないものの、リファレンスサービスライフの対象に含めた。

表 5.21 合成高分子系シート防水のリファレンスサービスライフ(案)

	リファレンスサービス ライフ	参考：耐久性総プロの 標準耐用年数
露出防水	15年	13年

⑤ウレタンゴム系塗膜防水

ウレタンゴム系塗膜防水については、日本ウレタン建材工業会が 2003 年から 2011 年に実施した既存建築物の防水層の状態に関する調査結果を基に検討を行うこととした。

調査が行われたウレタンゴム系塗膜防水の内訳を表 5.22 に示す。いずれも経過年数は 10 年以上であり、新築、改修のいずれも含まれる。調査内容は、漏水の有無と目視や指触による表面層の観察とし、「耐久性総プロ」で示された 1 次診断(表 5.23) および本検討で見直しを実施した 2 次診断(表 5.43、表 5.44) に相当する。ただし、調査開始時点では、2 次診断の見直しには未着手であったことから、必ずしも調査項目は一致していない。また、「耐久性総プロ」で提示された 2 次診断の診断項目に加え、関連する内容も含めて調査が行われた。この際、劣化度の判定については実施されていない。

表 5.22 調査物件の内訳

工法	物件数
密着工法	2
密着工法 (L-UF)	9
緩衝工法	4
緩衝工法 (L-US)	38
合計	53

表 5.23 1 次診断の劣化度の分類

調査項目	劣化度		
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
漏水またはその痕跡	あり	—	なし

表 5.24 に結果を示す。漏水は 2 物件でみられた (No.14、35) もの、いずれも外的要因とみられる損傷によると判断された。ほとんどの物件において、白亜化、亀裂、表面の減耗、保護塗料の消失によると推定される表面劣化がみられたものの、漏水およびその痕跡が確認されなかったため、防水機能上問題の無い範囲であると判断された。

表 5.24 調査結果(1/2)¹⁷⁾

No.	経過 年数	建物種別	地域	防水工法	下地	既存防水	維持保全(M)	調査結果概要		調査年	その他
								漏水	状態		
1	10年	宿舎	愛知県	密着工法	RC	不明	不明	無	白亜化、表面減耗、表面ひび割れ、防水損傷あり	2011	
2	10年	集合住宅	東京都	緩衝工法	RC	保護アスファルト 防水工法	1999年防水工事 2009年防水工事	無	軽度の白亜化	2009	増し塗り施工により改修
3	10年	集合住宅	東京都	緩衝工法	RC	保護アスファルト 防水工法	2000年大規模修繕 工事 2010年第 2回大規模修繕	無	軽度の白亜化、表面減耗、排水溜り部のトップコートの劣化	2009	増し塗り施工により改修
4	11年	集合住宅	兵庫県	密着工法	RC	(新築)	不明	無	亀裂、破断あり	2009	ウレタンは側溝、巾木、役物廻りのみ
5	12年	事務所	東京都	緩衝工法	不明	不明	1999年防水工事	無	白亜化	2010	
6	12年	集合住宅	京都府	緩衝工法	RC	(新築)	不明	無	表面の摩耗、亀裂、破断あり	2009	
7	12年	中学校	東京都	密着工法 (L-UF)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、膨れ	2010	
8	12年	保育所	宮城県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、表面減耗、防水層表面劣化	2004	
9	12年	福祉センター	新潟県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、表面減耗、防水層表面劣化	2004	
10	12年	集合住宅	宮城県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化	2004	
11	12年	商工会館	新潟県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、仕上げ材の損傷	2004	
12	13年	集合住宅	千葉県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	有り(10年経過時)	無	白亜化、表面減耗、表面ひび割れ、防水層損傷、防水層ひび割れ(下地に達しない)	2008	1995大規模修繕 1998トップ塗り替え
13	13年	中学校	千葉県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化	2003	
14	10年	中学校	千葉県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	有	白亜化、破断	2003	外的要因と見られる損傷あり
15	13年	中学校	千葉県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、表面減耗、防水層表面劣化	2010	
16	13年	医院	宮城県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化	2004	
17	13年	中学校	宮城県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、表面減耗、防水層表面劣化	2004	
18	13年	小学校	東京都	密着工法 (L-UF)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、表面減耗、防水層表面劣化	2010	
19	13年	庁舎	千葉県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	
20	13年	中学校	神奈川県	密着工法 (L-UF)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、表面減耗、防水層表面劣化	2004	
21	13年	中学校	東京都	密着工法 (L-UF)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2003	
22	13年	雇用施設	東京都	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	
23	13年	公民館	兵庫県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2004	
24	13年	工場	大阪府	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2004	
25	13年	倉庫	東京都	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	
26	13年	倉庫	東京都	密着工法 (L-UF)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、表面減耗、防水層表面劣化	2010	
27	14年	公民館	千葉県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	
28	14年	検疫所	千葉県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2003	
29	14年	役場	新潟県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	有り(時期不明)	無	白亜化、防水層表面劣化	2003	
30	14年	小学校	千葉県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	
31	14年	施設	新潟県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2004	
32	14年	庁舎	千葉県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2009	
33	14年	庁舎	千葉県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2009	
34	15年	工場	埼玉県	緩衝工法 (L-US)	RC	(新築)	無し	無	白亜化、表面減耗、防水層表面劣化	2010	
35	15年	集合住宅	新潟県	緩衝工法 (L-US)	RC	(新築)	無し	有	防水層にひび割れ、破断あり	2010	外的要因と見られる損傷あり
36	15年	中学校	千葉県	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	
37	15年	小学校	東京都	密着工法 (L-UF)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	
38	15年	小学校	東京都	緩衝工法 (L-US)	RC	保護アスファルト 防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	

表 5.24 調査結果(2/2)¹⁷⁾

No.	経過年数	建物種別	地域	防水工法	下地	既存防水	維持保全(M)	調査結果概要		調査年	その他
								漏水	状態		
39	15年	小学校	東京都	密着工法(L-UF)	RC	保護アスファルト防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2007	
40	15年	小学校	千葉県	密着工法(L-UF)	RC	保護アスファルト防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	
41	15年	観光物産センター	新潟県	緩衝工法(L-US)	RC	保護アスファルト防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2003	
42	15年	小学校	千葉県	緩衝工法(L-US)	RC	保護アスファルト防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2009	
43	15年	保育所	千葉県	緩衝工法(L-US)	RC	保護アスファルト防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	
44	15年	保育所	千葉県	密着工法(L-UF)	RC	保護アスファルト防水工法	無し	無	白亜化、表面減耗、防水層表面劣化	2010	
45	16年	アリーナ	千葉県	緩衝工法(L-US)	RC	保護アスファルト防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	
46	16年	車庫棟	千葉県	緩衝工法(L-US)	RC	保護アスファルト防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	
47	16年	小学校	千葉県	緩衝工法(L-US)	RC	保護アスファルト防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	
48	16年	工場	東京都	緩衝工法(L-US)	RC	保護アスファルト防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2007	
49	16年	小学校	神奈川県	緩衝工法(L-US)	RC	保護アスファルト防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2004	
50	16年	保育所	千葉県	緩衝工法(L-US)	RC	保護アスファルト防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	
51	16年	保育所	千葉県	緩衝工法(L-US)	RC	保護アスファルト防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	
52	16年	保育所	千葉県	緩衝工法(L-US)	RC	保護アスファルト防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	
53	20年	消防署	新潟県	緩衝工法(L-US)	RC	保護アスファルト防水工法	無し	無	白亜化、防水層表面劣化	2010	

リファレンスサービスライフの推定は、53件の調査結果から、外的要因によると推定される漏水2件、改修が行われていた2件（No.12、19）を除いた49物件の経過年数の平均値（13.8年）を基に推定を行うこととした。推定には、ISOのリファレンスサービスライフの式では係数が明らかでないため、係数が定められている下に示す総プロの耐用年数推定式を用いた。

$$Y=Y_s \times s \times a \times b \times c \times D \times M \quad \text{(式 5.2)}$$

- Y_s: 標準耐用年数
- s: 防水工法の選択係数
- a: 設計係数
- b: 施工係数
- c: 施工時の気象係数
- D: 劣化外力係数
- M: 維持保全係数

係数のうち、s（防水工法の選択係数）は、本検討で用いるデータの“防水工法”と関係がある。本検討では、ウレタンゴム系塗膜防水の複数の工法に対して調査が行われたが、ウレタンゴム系塗膜防水に対して一律でリファレンスサービスライフの提案を行うため、係数sを1と仮定する。また、D（劣化外力係数）は、調査が行われた物件の所在地と関連する。調査が行われた物件の所在地は、首都圏を中心に東北地方、中部地方、近畿地方が含まれる。ウレタンゴム系塗膜防水の主要な劣化要因は熱、紫外線、水であり、物件所在

地は劣化要因の観点から顕著な地域では無いことから、係数 D を 1.0 と仮定する。また、a（設計係数）、b（施工係数）、c（施工時の気象係数）は各物件のデータを得られていないこと、推定も困難であることから 1.0 と仮定する。

一方、M（維持保全係数）は、維持保全を行っていない物件のデータであることが判明していることより仮定を行う。「耐久性総プロ」では、維持保全作業の内容に応じて表 5.25 のように係数が定められている。維持保全を行っていない場合は維持保全仕様No.7 に該当することから、M（維持保全係数）を 0.7 と仮定する。

表 5.25 維持保全仕様に応じたウレタン塗膜防水露出工法の維持保全係数 M⁸⁾

維持保全仕様 防水工法		維持保全仕様							
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
ウレタン塗膜防水露出工法		1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.7	0.8
維持 保全 仕様	清掃（周期 0.5 年）	○	○	○	○	—	—	—	—
	点検・保守（周期 2 年）	○	○	—	—	○	○	—	—
	再塗装（周期 4 年）	○	—	○	—	—	○	—	○

以上の仮定から、(式 5.2) は、

$$13.8=Y_s \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0.7$$

となり、

$$Y_s=19.7 \text{ (年)}$$

が導かれる。

データの範囲において導かれたデータ及び設定した仮定からは、標準耐用年数（リファレンスサービスライフ）は 19.7 年と推測できる。試料としたウレタンゴム系塗膜防水は、日本ウレタン建材工業会技術委員会委員が採取したものであり、品質および経時後の表面の劣化状況の観点から、概ねウレタンゴム系塗膜防水の実態が把握可能な耐用年数であるとする。今回調査した各物件のデータ(維持保全係数補正なし)では、16 年経過の物件においても表面の劣化に留まり漏水も発生していない。

これらの実績に対し安全を見込んだ 15 年をリファレンスサービスライフと設定する(表 5.26)。

表 5.26 ウレタンゴム系塗膜防水のリファレンスサービスライフ(案)

	リファレンスサービス ライフ	参考：耐久性総プロの 標準耐用年数
露出防水	15 年	10 年

⑤FRP系塗膜防水

FRP系塗膜防水については、FRP防水材工業会が実施した既存建築物のFRP系塗膜防水の状態に関する調査結果を基に検討を行うこととした。

調査は2004年及び2007年に実施されており^{18),19)}、本検討では同調査結果のうち、施工から10年以上経過した鉄骨造、鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造の22物件を対象とすることとした。調査対象には新築、改修のいずれも含まれている。

調査内容は、漏水の有無、主として目視による表面状態の観察であり、本検討で見直しを実施した2次診断(表5.43,表5.44)に相当する。表面状態の観察に関する調査項目はトップコートのふくれ・浮き、割れ、はく離、退色、摩耗および防水層のふくれ・浮き、割れ、はく離である。これらの項目が防水層の部位別(床、目地部、防水端部、基礎まわり、コーナー部、ジョイント部、ドレンまわり、役物まわり)に確認された。

調査対象物件の構造、施工からの経過年数の一覧および調査結果を表5.27に示す。

表 5.27 防水層の施工後の経過年数別件数

経過年数	20年 以上	19年	18年	17年	16年	15年	14年	13年	12年	11年	10年
件数	1	0	1	2	6	3	1	2	2	1	3
構 造 別	RC	1		1	1	4	1	1	1	1	2
	S				1	2	1		1		
	SRC						1				1
不具合	伸縮 目地 不良 1件				笠木 はが れ 1件		伸縮 目地 不良 1件	伸縮 目地 不良 1件			

調査結果から、防水層のふくれ・浮きおよびトップコートの摩耗、はく離などが部分的に認められたものの、これらの現象は直ちに漏水に結びつくものではない。漏水に直結する防水層の破断、損傷、防水層の端末におけるはく離は一部の物件で認められたものの、構成材料の経年変化と推定される現象は確認されず、いずれも納まりの不良(設計上の配慮不足)に起因する現象と推量される。

以上、調査の範囲においては施工後の経過年数において防水機能の低下は確認されなかった。

FRP防水は上市後35年の実績がある。防水機能の消失・低下による改修事例はまだほとんど確認されておらず、劣化機構と防水機能の関係は現状で十分解明されていない。したがって、FRP防水の耐用年数は今後引き続きデータを収集し見定める必要がある。現時点では、これまで蓄積された供用期間20年程度までのデータを耐用実績と踏まえ、暫定

的にリファレンスサービスライフを 15 年とする (表 5.28)。

表 5.28 FRP 系塗膜防水のリファレンスサービスライフ(案)

	リファレンスサービスライフ
露出防水	15 年

⑥ステンレスシート防水

ステンレスシート防水のリファレンスサービスライフは、ステンレスシート防水の施工会社である C 社における使用実績や経験値により暫定的に定めることとした。

ステンレスシート防水は、ステンレスシートまたはチタンシートを、防水層を構成する主材料として使用している。いずれも金属材料であり、経年変化は少ない。

リファレンスサービスライフの検討にあたっては、使用実績を耐用年数検討の基本的資料とし、経年劣化や経年後に発生する不具合と影響する要因を考慮した係数の設定を行うこととした。なお、高分子系の材料が主材料である他のメンブレン防水とは劣化因子、現象が異なるため、「耐久性総プロ」時に示されたメンブレン防水の係数の適用は適切でない判断し、検討しないこととした。

耐用年数の推定式は、他のメンブレン防水において ISO ではなく「耐久性総プロ」において提案された式 5.3 を用いており、同様に「耐久性総プロ」に準ずるものとする。

$$Y=Y_s \times s \times a_1 \times a_2 \times b_1 \times b_2 \times c \times d_1 \times d_2 \times M \quad (\text{式 5.3})$$

ステンレスシート防水は、1980 年頃上市され、現在まで約 30 年程度の使用実績がある。30 年程度の実績においては、主材料であるステンレスシート、チタンシートの品質的な劣化による改修事例等は少なく、改修・補修は主として施工不具合や設計上の要因による。現時点では、表 5.29 に示すように実績が確認された 30 年を暫定的なリファレンスサービスライフと定めるものとする。今後、使用を継続する中で劣化現象や不具合の発生のデータを蓄積し、見直しを行う必要がある。

表 5.29 ステンレスシート防水層のリファレンスサービスライフ(案)

防水層の種類	工法の種類	リファレンスサービスライフ	適用材料
ステンレスシート防水	M-HN	30 年	SUS445J1・SUS445J2・スーパーステンレス(SUS447J1他)・Ti 等
	M-HS	30 年	
	M-LN	30 年	SUS304
	M-LS	30 年	

注) 記号の種類を表 5.30、5.31 に示す。

表 5.30 ステンレスシート防水層の種別と適用区分⁵⁾

風環境			一般地域		強風地域	
腐食環境			強	弱	強※1	弱※2
防水層の種別M	H	S	○	—	—	—
		N	—	—	○	—
	L	S	—	○	—	—
		N	—	—	—	○

※1：基準（基本）風速 42m/s 以上

※2：基準（基本）風速 42m/s 未満

表 5.31 ステンレスシート防水層の記号⁵⁾

記号	M	メタル	ステンレスシート防水工法
	H	High	優れた耐食性を有する材料
	L	Low	耐食性がそれほど高くない材料

また、係数は以下のように設定した。

ステンレスシート、チタンシートの材料自体の劣化にはさび、孔食、熱収縮、躯体の動きに起因する亀裂、強風による捲り上がり、この他カラーステンレスにおいては塗膜の減耗等がある。一方、工法全体で発生する不具合・劣化には溶接部分の切れ、面材や役物のふくれ、屋根接合部のシール切れがある。

これらの要因を考慮し、耐用年数に影響する因子を係数として以下のように設定した。係数の数値については、各係数における影響度合いから序列を判断し、暫定的に数値を定めたもので厳密な検証は今後の課題である。

Ys：30年

s：工法を選択係数（下地構造） 0.9～1.1（標準 1.0）

a1：設計係数（建家の形状） 0.9～1.1（標準 1.0）

a2：設計係数（基準・基本風速） 0.9～1.1（標準 1.0）

b1：施工係数（納まり） 0.9～1.1（標準 1.0）

b2：施工係数（ファスナー） 0.9～1.1（標準 1.0）

c：気象係数 0.9～1.0（一般季 1.0）

d1：劣化外力係数（断熱材）（d1×d2） 1.0～1.2（標準 1.0）

d2：劣化外力係数（地域）（d1×d2） 1.0～1.2（標準 1.0）

M：維持保全係数 0.9～1.0（標準 0.9）

s：工法を選択係数 0.9～1.1（標準 1.0）

大空間の鉄骨トラス	0.9
鉄製支持材+野地板	1.0
鉄製支持材+普通木毛板	0.9
RC	1.1
PC	1.1

a1：設計係数（建家の形状） 0.9～1.1（標準 1.0）

雨水が溜まらない	1.0
雨水が溜まる	0.9
谷樋	0.9

a2：設計係数（基準・基本風速） 0.9～1.1（標準 1.0）

42m/s 以上	0.9
42m/s 未満	1.0

b1：施工係数（納まり） 0.9～1.1（標準 1.0）

複雑（突起有り）	0.9
簡易（突起無し）	1.0

b2：施工係数（ファスナー） 0.9～1.1（標準 1.0）

部分吊子	0.9
通し吊子	1.0

c：気象係数 0.9～1.0（一般季 1.0）

雨・雪・寒冷季	0.9
一般季	1.0

d1：劣化外力係数（断熱材）（d1×d2） 1.0～1.2（標準 1.0）

断熱材有り	0.9
断熱材無し	1.0

d2：劣化外力係数（地域）（d1×d2） 1.0～1.2（標準 1.0）

寒冷地	0.9
亜熱帯地	1.0

M：維持保全係数 0.9～1.0（標準 0.9）

清掃有り（周期 1 年）	0.9
清掃無し	1.0

ステンレスシート防水については、「耐久性総プロ」時点で上市間もない時期であり、本検討において新たにリファレンスサービスマンおよび耐用年数の推定に用いる係数を検討した。あくまで暫定的な設定であり、今後本提案に基づきデータが蓄積され、適正な数値に修正されることが期待される。

⑦シーリング材

シーリング材の耐久設計については、「耐久性総プロ」にて耐久性を考慮した計画・設計の基本的な考え方、耐用年数の推定方法が示された。

「耐久性総プロ」以降のシーリング材の性能の向上や物性データの取得が進んだことから、その後、(社)日本建築学会において、推定耐用年数の算出式の見直しが行われ、「外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説」⁷⁾中に納められている。本検討は、同指針における見直しの内容を改めて確認するものである。

a) 既往の検討の概要 ²⁰⁾より作成

既往の検討は(社)日本建築学会 JASS8 改定小委員会 シーリング工事ワーキングシー

リングジョイントサブワーキングにより行われたもので、既存の建築物からノンワーキングジョイントのシーリング材のサンプリングを行い、物性値を把握したものである。

対象とされたシーリング材の種類とサンプリング数を表 5.32 に示す。サンプルを採取した建築物は、一般的に集合住宅で 10～15 年毎に大規模改修等が行われることを鑑み、竣工後 15 年以内の建築物を対象とし、竣工後の経過年数をシーリング材の経過年数とみなすこととした。ただし、アクリルウレタン系 (UA-2) についてはデータ数が少なかったことから竣工後 16 年以上の建築物も対象としたため、シーリング材の経過年数は物件の経過年数と一致しない場合があり、一部において不明である。

表 5.32 採取サンプルの種類、数

シーリング材の種類	物件数	試験片数
2成分形変成シリコーン系 (MS-2)	85	209
2成分形ポリサルファイド系 (PS-2)	59	112
アクリルウレタン系 (UA-2)	14	44
2成分形ポリウレタン系 (PU-2)	79	199

試験を行った物性値は、「耐久性総プロ」で提示された劣化診断調査方法 (表 5.33) の 3 次診断におけるシーリング材の物性の調査のうち、ダンベル 3 号型による引張試験が行われ、このうち 50%引張応力、破断時の伸びが確認された。

表 5.33 診断レベルに応じた調査項目、調査手法、調査部位⁸⁾

診断レベル	調査項目	調査手法	調査部位
1 次診断	対象とするすべての劣化現象	目視観察 指触観察	容易に観察できる部位 (1 階部分、開き窓、屋上 笠木、塔屋等)
2 次診断	1 次診断で故障の認められた劣化現象	スケール等を用いた目視観察 指触観察 (脚立、梯子等の利用)	
3 次診断	シーリング材の破断およびはく離、シーリング材の物性 (硬さ試験、引張試験)	上記の観察 切取検査 (足場、ゴンドラ等の利用)	シーリング防水箇所各面ごとにその面積の 20～30%の範囲

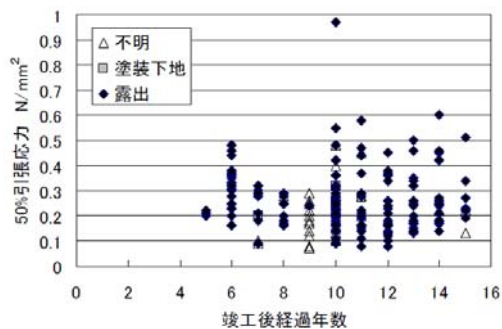


図 5.11 PS-2 の 50%引張応力

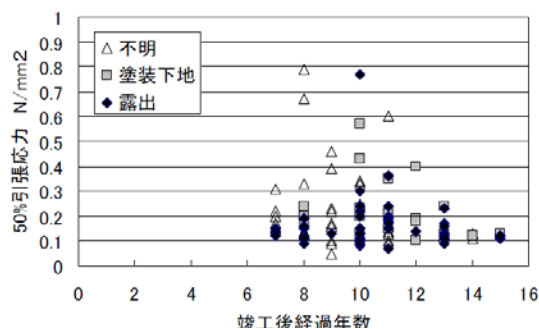


図 5.12 MS-2 の 50%引張応力

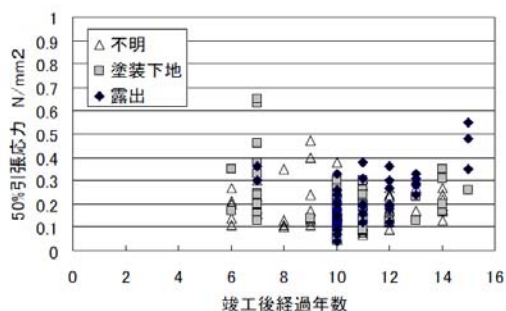


図 5.13 PU-2 の 50%引張応力

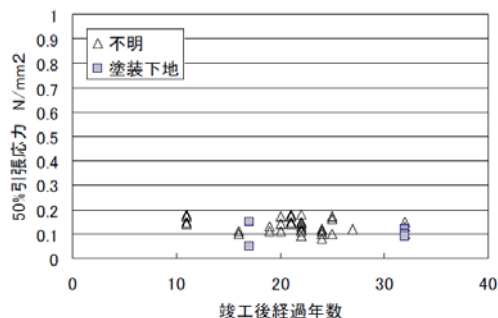


図 5.14 UA-2 の 50%引張応力

50%引張応力の結果を図 5.11～5.14 に示す。いずれのシーリング材においても、経過年数と引張応力に明確な傾向はみられない。2 成分形ポリサルファイド系 (PS-2) で中程度の引張応力が多く見られた。2 成分形変成シリコン系 (MS-2) および 2 成分形ポリウレタン系 (PU-2) では引張応力が低い水準から中程度であり、アクリルウレタン系 (UA-2) では引張応力が低い水準であった。いずれも初期の引張応力の値は不明であるものの、2 成分形ポリサルファイド系 (PS-2) において経年により硬くなっていることが伺われる結果であった。

また、破断時の伸びの結果を図 5.15～5.18 に示す。破断時の伸びにおいても、経過年数と破断時の伸びの間に傾向は見られなかった。2 成分形ポリサルファイド系 (PS-2)、2 成分形変成シリコン系 (MS-2) では、破断時の伸びが低水準から高水準まで広く分布し、2 成分形ポリウレタン系 (PU-2) とアクリルウレタン系 (UA-2) では伸びが中程度から高水準のものが多く見られた。前者においては露出した状態での供用のシーリング材が多く、後者においては塗装下地としてのシーリング材が多かったことによるものと推定された。

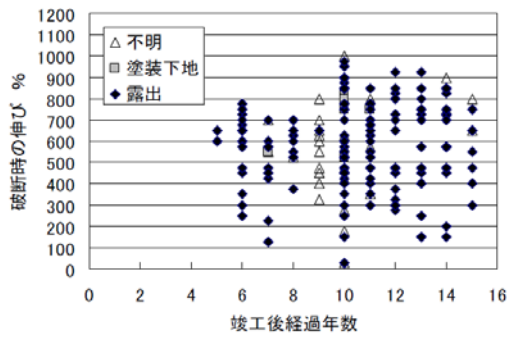


図 5.15 PS-2 の破断時の伸び

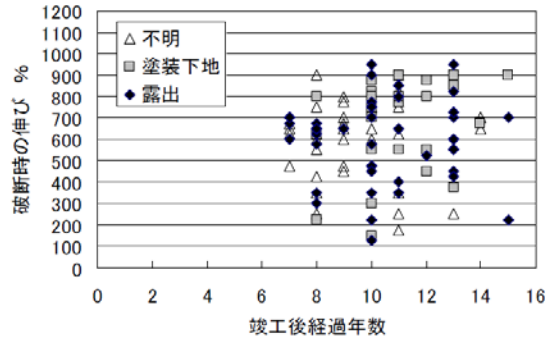


図 5.16 MS-2 の破断時の伸び

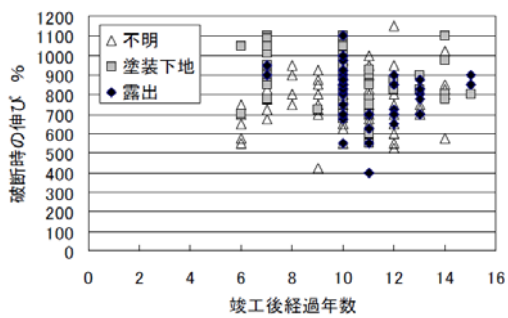


図 5.17 PU-2 の破断時の伸び

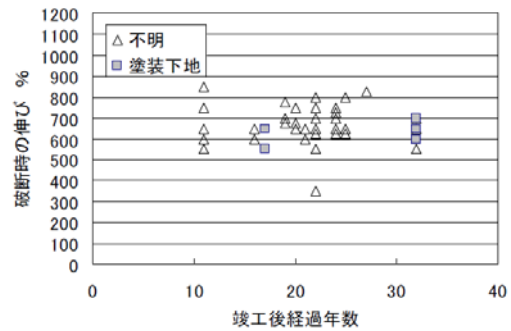


図 5.18 UA-2 の破断時の伸び

以上の結果を「耐久性総プロ」で提示された調査結果の判定基準（表 5.34）及び調査項目ごとの劣化度分類（表 5.35）において確認すると、図 5.19、5.20 に示すように劣化度 I もしくは II と判断された場合がいずれのシーリング材においても 9 割以上を占めていることから、調査の範囲で、9 割以上の物件において大きな物性の低下はみられない。

表 5.34 調査結果の判定基準⁸⁾

診断レベル	診断項目	劣化度	判定
3 次診断	シーリング材の破断 シーリング材のはく離 シーリング材の物性 (硬さ試験、引張試験)	III	補修が必要
		II	現状放置可能、但し、早い時期に補修が必要
		I	現状放置可能

表 5.35 調査項目ごとの劣化度の分類⁸⁾

調査項目		劣化度		
		III	II	I
50%引張応力	初期値比	5 倍以上、1/5 以下	3~5 倍、1/3~1/5	3 倍以下、1/3 以上
	測定値	6kg/cm ² 以上、 0.3kg/cm ² 以下	4~6kg/cm ² 0.3~0.6kg/cm ²	4kg/cm ² 以下 0.6kg/cm ² 以上
伸び	初期値比	1/5 以下	1/3~1/5	1/3 以上
	測定値	200%以下	200~500%	500%以上

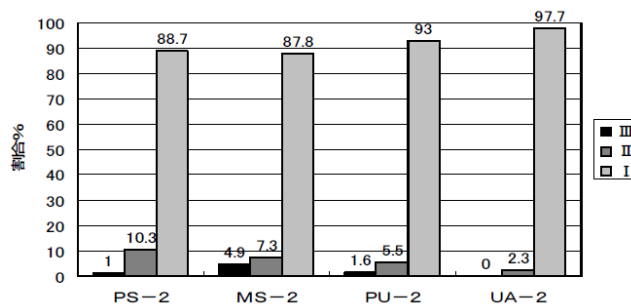


図 5.19 50%引張応力の劣化度

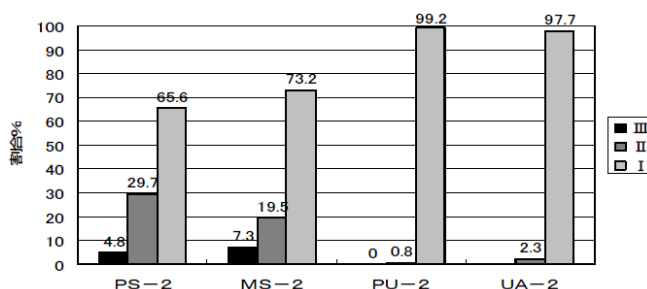


図 5.20 破断時の伸びの劣化度

b) リファレンスサービスライフの検討

「耐久性総プロ」では標準耐用年数を“当面 10 年”とされた。「耐久性総プロ」後の既往の検討からは、10 年を超過した建築物においても物性値の大きな低下は見られなかった。このことから、防水機能上のリファレンスサービスライフは 10 年以上の年数があることが推察される。

一方で、シーリング材の耐用年数に達するときの劣化の程度は、「耐久性総プロ」で“外装シーリング防水の劣化により、防水機能と意匠性の低下をきたし、許容できる漏水限界をこえた状態や美観を損なう状態となり、かつ通常の補修や一部分の交換を行っても再び許容できる限界まで回復することができない状態になったとき”とされている。既往の検討では物性値により防水機能の低下を推察するものであり、意匠性については対象外であった。意匠性の観点からはシーリング材の補修・交換は外壁に用いられ美感上重要な要素であるため一般的に物性値の低下以前に行われている場合が多く、「耐久性総プロ」当時に提示された“標準耐用年数 10 年”は現状においても妥当であると考えられる。

以上はノンワーキングジョイントを対象を限定して行われた検討結果をもとにシーリング材単独でのリファレンスサービスライフについて検討を行った。今後、シーリングを含む壁面構成を考慮したデータの蓄積や検討が進むことが望まれる。「耐久性総プロ」で提示された被着体や材料係数についても必要に応じて見直し・再検討が行われることが望ましい。

3) 防水の耐用年数の推定における今後の課題

「耐久性総プロ」で提示された標準耐用年数について、「耐久性総プロ」以降に蓄積された知見をもとに、ISO19686 シリーズで示された“リファレンスサービスライフ”として見直しを行った。ただし、「耐久性総プロ」で示された推定耐用年数の計算式や係数については、それぞれを見直すために必要なデータ等が現時点では不十分であるため、見直しを行わないこととし、現時点で判明している課題を抽出することとした。

現時点で、各係数については、以下のような課題が挙げられる。

①防水工法の選択係数(s)

防水工法の選択係数は、当時の工法に基づき提示されている。現行の JASS8 等に準拠し再整理が必要である。また、断熱層のある工法については、別途設けられている断熱係数との関係の整理が必要である。重複して断熱効果が考慮されてしまう場合がある。

②劣化外力係数・断熱係数(d₁)

防水工法の選択係数の箇所述べたとおり、断熱層のある工法との関係の整理が必要である。

③劣化外力係数・地域係数(d₂)

・露出防水においては、劣化外力による耐用年数への影響は工法、材料に関わらず同様と考えられる。現在、工法により露出防水の地域係数が異なっているため検証が必要である。

・近年、高反射率防水、高反射率トップコートの需要が増加している。これらの防水工法について、係数の検討が今後求められる。

④維持保全係数(M)

・工法間で一律に示されている再塗装の有無について、本来は工法により影響の程度が異なる。工法毎に検討が必要である。

・維持保全係数の前提となる清掃、点検・保守、再塗装について、有無や周期は実情に照らして適切かどうか検討が必要である。

これらの課題については、引き続き知見を蓄積し、順次見直しを行っていくことが望ましい。

4) まとめ

メンブレン防水、シーリング防水について、工法の変遷、劣化要因、劣化現象の整理を行い技術資料としてとりまとめた。また、「耐久性総プロ」で提示された標準耐用年数について、「耐久性総プロ」以降に蓄積された知見をもとに、ISO15686 シリーズで示された“リファレンスサービスライフ案”として見直しを行った。提示したリファレンスサービスライフ案は、あくまで現時点までに蓄積された知見をもとに検討を行い、提示した案であり、今後十分な検証を行う必要がある。また、今後の研究によって改訂されうるものであり、確証があれば数値を入れ替えて活用しうるものであることを付記する。

一方で、「耐久性総プロ」で示された推定耐用年数の計算式や係数についての見直しは、現状における課題の抽出にとどまった。今後の課題としたい。

5.2.4 メンブレン防水の屋外暴露試験体の劣化状態の確認

1) 検討の目的および概要

防水層の耐用年数に関するデータを取得するため、独立行政法人建築研究所における既往研究「耐久性能評価に基づく建築部材仕様選定システムのプロトタイプ開発」(2001～2003年度)における検討時に作製され、屋外暴露試験に供されていたメンブレン防水層の試験体について、2010年時点で屋外暴露試験9年目を迎えることから、この試験体について劣化状況の確認を行うこととした。同試験体は、初期及び2年経過時の防水性能試験を実施し、結果が発表されている(21)・(24)。

2) 試験体の概要

試験体は、当時の(社)日本建築学会の標準仕様書(「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 8 防水工事」、2000年発行)の仕様に準拠することとし、性能評価はJASS 8 T-501(メンブレン防水層の性能評価試験方法)に基づき実施することとした。

作製された試験体の種類および記号を表5.36に、各試験体の仕様を表5.37に示す。

また、試験体寸法および性能評価試験項目を表5.38、5.39に示す。試験の概要と判定基準は〔別添資料M〕に示す。

屋外暴露の実施場所は寒冷地、温暖地、亜熱帯地の3カ所とされた。暴露地と暴露条件、暴露開始日を表5.40に示す。

表 5.36 メンブレン防水層試験体の種類・記号

種類	記号
アスファルト防水工法・絶縁露出仕様	A-MS (AK-MS)
トーチ式防水工法・密着露出仕様	T-MF1 (AT-MF)
加硫ゴム系シート防水工法・接着仕様	S-RF
塩化ビニル樹脂系シート防水工法・機械的固定仕様	S-PM
ウレタンゴム系塗膜防水工法・密着仕様	L-UF

表 5.37 メンブレン防水層試験体の仕様

	A-MS (AK-MS)	T-MF1 (AT-MF)	S-RF	S-PM	L-UF
工程 1	アスファルトプライマー (0.3kg/m ²)	プライマー (0.3kg/m ²)	プライマー (0.3kg/m ²)	塩化ビニル樹脂系シート の固定金具による固定	プライマー (0.2kg/m ²)
工程 2	穴あきアスファルトルーフィング 置敷き	改質アスファルトルーフィング シート バーナー溶着	クロロプレン系 接着剤	—	ウレタン系防水材 (0.2kg/m ²)
工程 3	アスファルトルーフィングアス ファルト流張り	仕上塗料	合成ゴム系シート 張付け	—	補強布
工程 4	ストレッチルーフィングアス ファルト流張り	—	仕上塗料	—	ウレタン系防水材 (1.5kg/m ²)
工程 5	砂付きストレッチルーフィング アスファルト流張り	—	—	—	ウレタン系防水材 (1.7kg/m ²)
工程 6	仕上塗料	—	—	—	—

表 5.38 メンブレン防水層試験体の形状

性能評価試験項目	下地板・寸法 [mm]
(1) へこみ試験	シート (300×300)、コンクリート下地
(2) 耐衝撃試験	シート (300×300)、コンクリート下地
(3) 疲労試験	フレキシブル板 V カット (140×430)
(4) ジョイントずれ試験	コンクリート板 (30×120×600)
(5) ずれ・垂れ試験	コンクリート板 (30×200×600)
(6) コーナー部安定性試験	コンクリート板 (30×150×(200×600))
(7) 耐風試験	コンクリート板 (1000×1000×100)
(8) ふくれ試験	コンクリート板 (300×300×60)

表 5.39 暴露地別の性能評価試験項目

性能評価試験項目	暴露地	A : 寒冷地	B : 温暖地	C : 亜熱帯地
		陸別	つくば	宮古島
(1) へこみ試験		○	○	○
(2) 耐衝撃試験		○	○	○
(3) 疲労試験		○	○	○
(4) ジョイントずれ試験		○	○	○
(5) ずれ・垂れ試験		○	○	○
(6) コーナー部安定性試験		○	○	○
(7) 耐風試験		—	○	—
(8) ふくれ試験		○	○	○

表 5.40 暴露試験体の設置場所及び暴露条件

分類	暴露地／施設名	暴露条件	暴露開始日
A：寒冷地	北海道足寄郡陸別町 ／旧・北海道立寒地研究所 陸別曝露場	地表 0.3m に水平暴露（南面） ただし、ずれ・垂れ試験用試験 体は垂直に懸垂	2001年10月18日
B：温暖地	茨城県つくば市 ／独立行政法人建築研究所 屋外暴露試験場	地表 0.1m に水平暴露（南面） ただし、ずれ・垂れ試験用試験 体は垂直に懸垂	2001年11月14日
C：亜熱帯地	沖縄県宮古島市上野村 ／財団法人日本ウエザリング テストセンター 宮古島試験 場	地表 0.1m に水平暴露（南面） ただし、ずれ・垂れ試験用試験 体は垂直に懸垂	2004年10月4日 ※2001年10月25日 から2004年10月3 日までは沖縄県浦 添市で暴露した。

3) 試験結果

試験結果を2年経過時の結果と共に表 5.41 に示す。

9年経過後において、いずれの工法でも初期値と比して性能の大きな低下はみられなかった。現状の工法において、9年間の屋外暴露では防水層の水密性に変化は見られないことが確認された。

4) まとめ

本項では、性能試験用に作製された試験体について、水密性に係る基本的な性能を確認する試験を行った。9年経過時点で性能に大きな変化はみられず、性能レベルが維持されていることが伺える。一方で、5.2.3 では、防水層の耐用年数の確認は材料試験等で実施されており、両者の関係は現状では明確でない。このため、材料試験レベルの劣化状態の確認も別途必要である。また、将来的には性能評価により防水層の劣化を確認することで、耐用年数と防水性能の関係がより明確になることが期待される。

5.2.5 まとめ

防水の耐久設計に係る技術資料の整備のため、以下を実施した。

- ・メンブレン防水の工法およびその変遷の整理
- ・防水の劣化要因と劣化現象の関係の整理
- ・防水のリファレンスサービスライフ案の提示
- ・メンブレン防水層の屋外暴露試験後の性能評価

「耐久性総プロ」で示された耐久設計指針について現状に照らして見直しを行うことを目的に検討を開始した本研究において、耐久設計指針を構成する一部の内容について見直しを行うことができた。

特に、防水のリファレンスサービスライフについては、引き続き検証が必要な部分も含まれているものの、防水の維持管理等の時期の目安等に活用できる有効な資料と考える。

本検討で抽出した課題を含め、引き続き検討を行う。

表 5.41 試験結果

工法	性能試験項目	試験結果							
		初期	陸別		つくば		宮古島		
			2年	9年	2年	9年	2年	9年	
A-MS	へこみ	20°C	4	4	4	4	4	4	4
		60°C	4	4	4	4	4	4	4
	耐衝撃	0°C	4	4	4	4	4	4	4
		20°C	4	4	4	4	4	4	4
		60°C	4	4	4	4	4	4	4
	疲労		A4	A4	A4	A4	A4	A4	A4
	ジョイントずれ		3	3	3	3	3	3	3
	ずれ・垂れ		3	3	3	3	3	3	3
	コーナー部安定性		3	3	3	3	3	3	3
	耐風性		2	—	—	1	2	—	—
ふくれ		4	4	4	4	4	4	4	
T-MF1	へこみ	20°C	4	4	4	4	4	4	4
		60°C	4	4	4	4	4	4	4
	耐衝撃	0°C	4	4	4	4	4	4	4
		20°C	3	3	3	3	3	3	3
		60°C	1	1	1	1	1	1	1
	疲労		A4	A4	A4	A4	A4	A4	A4
	ジョイントずれ		3	3	3	3	3	3	3
	ずれ・垂れ		3	3	3	3	3	3	3
	コーナー部安定性		3	3	3	3	3	3	3
	耐風性		3	—	—	3	2	—	—
ふくれ		2	1	1	2	1	2	2	
S-RF	へこみ	20°C	4	4	4	4	4	4	4
		60°C	4	4	4	4	4	4	4
	耐衝撃	0°C	1	1	1	1	1	1	1
		20°C	1	1	1	1	1	1	1
		60°C	1	1	1	1	1	1	1
	疲労		A4	A4	A4	A4	A4	A4	A4
	ジョイントずれ		3	3	3	3	3	3	3
	ずれ・垂れ		3	3	3	3	3	3	3
	コーナー部安定性		3	3	3	3	3	3	3
	耐風性		3	—	—	3	3	—	—
ふくれ		2	2	1	2	1	3	1	
S-PM	へこみ	20°C	4	4	4	4	4	4	4
		60°C	4	4	4	4	4	4	4
	耐衝撃	0°C	2	2	2	2	2	2	2
		20°C	2	2	2	2	2	2	2
		60°C	1	2	1	2	1	2	1
	疲労		A4	A4	A4	A4	A4	A4	A4
	ジョイントずれ		3	3	3	3	3	3	3
	ずれ・垂れ		3	3	3	3	3	3	3
	コーナー部安定性		3	3	3	3	3	3	3
	耐風性		4	—	—	4	3	—	—
ふくれ		4	4	4	4	4	4	4	
L-UF	へこみ	20°C	4	4	4	4	4	4	4
		60°C	4	4	4	4	4	4	4
	耐衝撃	0°C	4	4	3	4	3	4	3
		20°C	3	2	2	2	2	2	2
		60°C	3	2	2	2	2	2	2
	疲労		A4	A4	A4	A4	A4	A4	A4
	ジョイントずれ		3	3	3	3	3	3	3
	ずれ・垂れ		3	3	3	3	3	3	3
	コーナー部安定性		3	3	3	3	3	3	3
	耐風性		4	—	—	4	4	—	—
ふくれ		4	4	4	4	4	4	4	

参考文献

- 1)日本防水材料連合会提供
- 2)2009年版 防水材市場白書、矢野経済研究所
- 3)国土交通省監修「公共建築工事標準仕様書 平成22年版」
- 4)国土交通省監修「公共建築改修工事標準仕様書 平成22年版」
- 5)(社)日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS8 防水工事」、2008年
- 6)「既存建築物の保全技術・新設建築物の耐久性向上技術〔非構造部材〕」昭和58年度総合技術開発プロジェクト建築物の耐久性向上技術の開発報告書(委託)、1984.3
- 7)(社)日本建築学会「外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説」第2版、2008年
- 8)建設大臣官房技術調査室監修「建築防水の耐久性向上技術」、技報堂出版、1987年
- 9)長谷川拓哉、井戸川純子、大久保孝昭、植木暁司、小野久美子、小島隆矢「RC造建築物の外壁・屋上防水仕様における耐久性に関する意識調査」、日本建築学会技術報告集第17号、pp.37-42、2003.6
- 10) ISO 15686-1:2000 "Buildings and constructed assets-Service life planning -Part 1: General Principles", 2000年
- 11)(社)日本建築学会「建築物・部材・材料の耐用年数予測手法に関するシンポジウム」、平成19年4月
- 12)清水市郎、田中享二、中沢裕二、古市光男、岩本憲三、鈴木博、高根由充、松村宇「防水材料の耐候性試験その1 メンブレン防水材料」、日本建築学会学術講演梗概集A-1分冊、pp.891-892、2003.9
- 13)榎本教良、伊藤彰彦、清水市郎、松村宇、高根由充、田中享二「防水材料の耐候性試験その2 建築用シーリング材」、日本建築学会学術講演梗概集A-1分冊、pp.893-894、2003.9
- 14) A社・D組合「アスファルト防水 技術資料 アスファルト防水層の耐用年数(2000年版)」
- 15) E組合「アスファルト防水の仕様(2010年度版)」
- 16)合成高分子ルーフィング工業会提供
- 17)日本ウレタン建材工業会提供
- 18)小杉他「FRP 防水の施工実績調査」、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1、pp.1135-1136、2004.8
- 19)梅田他「FRP 防水の実績調査報告 その2」、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1、pp.901-902、2007.8
- 20)牧野他「建物から採取した経年劣化シーリング材の物性-その1 ノンワーキングジョイントから採取したシーリング材の物性」、日本建築仕上学会大会梗概集、2006.10
- 21)古賀純子、長谷川拓哉、大久保孝昭、田中享二、清水市郎「建築部材の目的指向型耐久設計に関する研究 その9 ツールに納めた防水層に関するデータ」、日本建築学会大

会学術講演梗概集 A-1、pp.143-155、2004.8

22)清水市郎、田中享二、古賀純子、大久保孝昭、長谷川拓哉「メンブレン防水層の屋外暴露後の性能評価試験結果」、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1、pp.1153-1154、2004.8

23)清水市郎「メンブレン防水層の耐久性能評価試験結果—低温負荷繰返し、高湿負荷繰返し—」、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1、pp.917-918、2007.8

24))清水市郎「メンブレン防水層の耐久性能評価試験結果、促進劣化・屋外暴露」、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1、pp.47-48、2008.9

5.3 既存建築物の防水の維持保全手法

5.3.1 はじめに

建築物の長期使用に向けた防水のあり方として、防水自体の耐久性の向上も重要であるが、それ以上に適切に点検、劣化診断等を行い、漏水発生や躯体保護機能を失う前に補修・改修を行うことが必要である。このため、本書では防水の維持保全手法の検討を行う。

メンブレン防水層については、アスファルト防水、改質アスファルトシート防水、合成高分子系シート防水、塗膜防水(ウレタンゴム系)、塗膜防水(FRP系)を対象とし、「耐久性総プロ」で提示された劣化診断基準を現状に照らして見直すと共に、アスファルト防水、改質アスファルトシート防水、合成高分子系シート防水、塗膜防水(ウレタンゴム系)、塗膜防水(FRP系)、ステンレスシート防水の診断に用いる標準写真の整備を行う。また、防水層の補修・改修時に多様化した防水層のニーズに対応すべく、既存防水層ごとに、適合する改修防水層の適用条件及び用途、特性等の一覧を整理し提示することとした。

一方、シーリング防水については、劣化診断から補修の一連の流れを整理し、提示する。

5.3.2 メンブレン防水層の維持保全手法

1) 既往の劣化診断方法と劣化度の分類

「耐久性総プロ」では、メンブレン防水層について、防水層の機能・性能を確保し、適切な補修・交換または維持保全計画の作成に資するため、劣化診断の指針が示された。その中で、劣化診断は調査項目・手法等に応じて1次、2次、3次診断に区分され、図5.21のフローが示されている。また、各診断レベルの調査項目・方法等は表5.42のように示されている。

各診断レベルに応じて、具体的な調査項目と方法、調査表の例も示されている。2次診断、3次診断の対象は、アスファルト防水(露出工法、押え工法)、シート防水(露出工法、押え工法)、ウレタン塗膜防水(露出工法)とされた。また、2次診断については、劣化現象の例として劣化状況の写真も提示されている。

これらの診断により、劣化度をⅠ、Ⅱ、Ⅲの3段階で判定し、判定結果からさらなる診断や補修等の判断を行うこととされている。

劣化度の分類、各診断の判断基準を〔別添資料N〕に示す。

2) 劣化診断の見直し

① 検討の範囲

「耐久性総プロ」で示された劣化診断の方法について、3段階の診断レベルを行うという基本的な考え方、図5.21の診断フロー、表5.42の診断レベルに応じた調査項目等についてはそのまま活用し、「耐久性総プロ」後に普及した工法への対応を含め、特に実務で活用の機会が多い2次診断について、見直しを行うこととした。3次診断についても広く活用されているものの、基本的な調査方法は現在も同様に実施される場合が多く見直しの必要がないこと、劣化度の分類の基準については現状では知見が不足していることから見直しを行わないこととした。

対象とする工法は、露出工法のうちアスファルト系防水、合成高分子系シート防水、塗膜防水(ウ

レタンゴム系)、塗膜防水(FRP系)および保護工法とする。

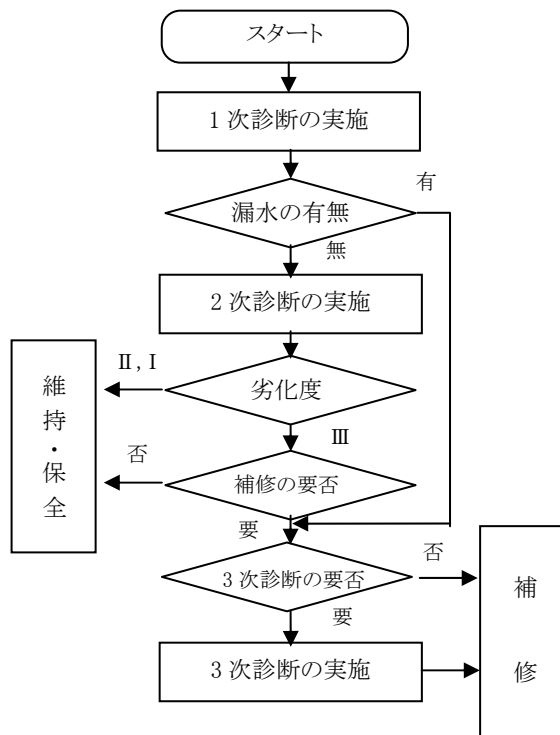


図 5.21 劣化診断のフロー

表 5.42 診断レベルに応じた調査項目、調査方法、調査部位

診断レベル	調査項目	調査方法	調査部位
1次診断	漏水またはその痕跡	目視観察	最上階の天井、外壁側の内装
2次診断	劣化現象 <ul style="list-style-type: none"> ・露出工法の場合:漏水またはその痕跡、防水層の破断・損傷(表層ひびわれ、貫通破断)、端末部のはく離(口開き、金物類のあばれ)、接合部のはく離(耳浮き、シール切れ)、立上り隅角部の浮き、表面の劣化(砂落ち、減耗、変退色、白亜化)、ふくれ(全層、上層のみ) ・押え工法の場合:漏水またはその痕跡、押え層の損傷(ひびわれ、浮き、欠落)、パラペットの押出し、端部の損傷(ひびわれ、シール切れ)、伸縮目地部の異常、植物の繁殖 	スケール等を用いた目視観察、指触観察	屋根防水層全面
3次診断	防水層の劣化状況(ひびわれ、硬化等) 防水層の物性(引張強さ、伸び、針入度) 下地との接着強さ シート相互の接着の程度	左記の観察、切り取った試料による試験	平均的な劣化部分および劣化の激しい部分についてそれぞれ2箇所以上

②次診断の劣化度の分類の提案

2次診断については、「耐久性総プロ」では工法別に診断項目と劣化度の分類基準が示されていたが、共通する項目が多いことや利便性を考慮し、可能な範囲で共通の基準を提案することとした。

表5.43,表5.44に見直しを行った劣化度の分類を示す。露出工法、保護工法に大別し、各調査項目と劣化度の分類を示した。劣化度の分類のうち、“ルーフィング接合部のはく離幅・ずれ幅”は工法により初期の接合幅が異なることから、注で記した。また、“保護仕上げ層の劣化”および“防水層のふくれ・浮き”は工法により追加の判断が必要となるため、それぞれ注で記した。“ふくれ・浮き”については判断基準を面積比に統一したものの、ふくれや浮きの大きさを考慮すべき工法もあるため、注で記した。

調査項目は「耐久性総プロ」で提示された項目を踏襲しており、調査方法も「耐久性総プロ」で提示された方法によるものとする。ただし、調査項目のうち“表面の劣化”については該当箇所がより明確となるよう、“保護仕上げ層の劣化”に変更した。

表5.44に示す調査結果の判定基準は、「耐久性総プロ」から変更していない。

3)劣化度判定に利用する劣化見本帳の作成

「耐久性総プロ」において示された、2次診断を行うにあたって参照可能な劣化事例写真について、見直しを行った劣化度分類に対応する劣化事例の写真を集集し、劣化度判定にあたり活用できる見本帳として整備することとした。工法により外観が異なるため、工法毎に写真を集集し、整理した。

また、ステンレスシート防水工法についても、劣化の程度を判断できるよう、発生しやすい劣化の見本写真を集集・整理した。“調査項目”の欄に記した内容はステンレスシート防水の劣化現象を考慮し、新たに挙げたものである。

表5.46～5.51に各工法の劣化度分類と劣化見本写真を示す。

劣化度の分類は、各項目において劣化のレベルを分類したもので、必ずしも項目間の劣化のレベルの統一や表5.45に示す2次診断の調査結果の判定基準との関係の整理が図られたものではない。今後、本検討で提示した見本写真等を活用し、知見を蓄積したうえで、より信頼性の高い劣化の判断基準として提示することが望ましい。

表 5.43 露出防水層の二次診断項目、劣化度の分類および判定

調査項目		劣化度			
		III	II	I	
露出工法	防水層の破断、損傷	防水層の破断	防水層のひびわれ	外観上の異常を認めず	
	防水層の末端はく離	塗膜防水以外	押え金物・固定金物の脱落、張り仕舞・ドレン部のはく離、口開き	押え金物のゆるみ、末端部シールのはく離、末端に近接するふくれ・浮上がり	外観上の異常を認めず
		塗膜防水	はく離あり	—	
	ルーフィング接合部のはく離幅・ずれ幅※1	塗膜防水以外	50%以上	20～50%	20%未満
	防水層立上り隅角部の浮き高さ*	塗膜防水以外	50 mm以上	30～50 mm	30 mm未満
	保護仕上げ層の劣化※2		保護仕上げ層の消失	保護仕上げ層の減耗および白亜化	保護仕上げ層の変退色
	防水層のふくれ・浮き※3		面積比 30%以上	面積比 10 ～ 30%	面積比 10%未満

		III	II	I
※1	アスファルト系	初期接合幅は 100 mmとする		
	合成高分子系シート	初期接合幅：加硫ゴム系シート、エチレン酢酸ビニル樹脂系シートは 100mm とする 塩化ビニル樹脂系シートは 40 mmとする		
※2	アスファルト系	砂落ち 80%以上(面積)	砂落ち 40～80%(面積)	砂落ち 40%未満(面積)
	合成高分子系シート	塩化ビニル樹脂系シート防水は塗料無しの場合あり		
	塗膜防水(ウレタンゴム系)	保護仕上げ層の消失または白亜化度：等級 4～5	保護仕上げ層の減耗または白亜化度：等級 2～3	保護仕上げ層の変退色または白亜化度：等級 1
	塗膜防水(FRP系)	—	—	保護仕上げ層の変退色・ひび割れ
※3	機械的固定工法	平場固定金具・ビスの浮上がり 平場固定金具とシートのはく離	—	—
	塗膜防水(ウレタンゴム系)	面積比 30%以上または 1 個の長径が 300mm 以上	—	—
	塗膜防水(FRP系)	面積比 30%以上または 1 個の大きさ(直径)が 1000 mm以上	—	—

* 但し、：合成高分子系シート防水・機械的固定工法の平場固定金具・ビスの浮上がりおよび平場固定金具とシートのはく離は部分補修を行う。

表 5.44 保護防水層の二次診断項目、劣化度の分類及び判定

調査項目		劣化度		
		Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
保護 工 法	平面部押え層のひびわれ、せり上り、欠損、凍害、その他	ひびわれ 3 mm以上、せり上りなど	ひびわれ 1~3 mm	ひびわれ 1 mm未満
	立上り押え層のひびわれ、倒れ、欠損、凍害、その他	ひびわれ 3 mm以上、倒れなど	ひびわれ 1~3 mm	ひびわれ 1 mm未満
	パラペットの押出し	押出しあり、防水層破断の疑い	押出しあり、防水層は健全	外観上の異常を認めず
	モルタル笠木、水切り関係の納まり、端部のひびわれ、欠損、凍害、その他	ひびわれ 3 mm以上	ひびわれ 1~3 mm	ひびわれ 1 mm未満
	伸縮目地部の異常	脱落・折損	突出・圧密	外観上の異常を認めず
	植物の繁殖	防水層に貫入している	防水層まで達していない	外観上の異常を認めず

表 5.45 二次診断の調査結果の判定基準

劣化度	判 定
Ⅲ	原則として補修用調査を実施する
Ⅱ	現状放置可能、但し、早い時期に再診断が必要
Ⅰ	現状では放置するが点検を継続

表 5.46 各工法の劣化度分類と劣化見本写真・アスファルト、改質アスファルト(露出工法) 1/2






調査項目	劣化度			備考
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	
防水層の破断、損傷			—	Ⅲ：防水層の破断 Ⅱ：防水層のひびわれ Ⅰ：外観上の異常を認めず
防水層の端末はく離	 (張り仕舞いの口開きの例)	 (押え金物のゆるみ、末端部シー ルのはく離の例)	—	防水層の端末において、 Ⅲ：押え金物・固定金物の脱落、張 り仕舞・ドレン部のはく離、口開き Ⅱ：押え金物のゆるみ、末端部シー ルのはく離、端末に近接するふく れ・浮上り Ⅰ：外観上の異常を認めず
	 (固定金物の脱落の例)	—	—	

表 5.46 各工法の劣化度分類と劣化見本写真・アスファルト、改質アスファルト(露出工法) 2/2

調査項目	劣化度			備考
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	
ルーフィング接合部のはく離幅・ずれ幅				ルーフィング接合部において、初期接合幅は 100 mm に対し、 Ⅲ：50%以上のはく離・ずれ Ⅱ：20%以上 50%未満のはく離・ずれ Ⅰ：20%未満のはく離・ずれ
防水層立上り隅角部の浮き高さ				図に示す防水層立上り隅角部において、 Ⅲ：50mm 以上の浮き高さ Ⅱ：30mm 以上 50mm 未満の浮き高さ Ⅰ：30mm 未満の浮き高さ
保護仕上げ層の劣化			—	保護仕上げ層の消失、砂落ちが面積比で、 Ⅲ：80%以上 Ⅱ：40%以上 80mm 未満 Ⅰ：40%未満
防水層のふくれ・浮き			—	ふくれ・浮きが面積比で、 Ⅲ：30%以上 Ⅱ：10%以上 30%未満 Ⅰ：10%未満

表 5.47 各工法の劣化度分類と劣化見本写真・アスファルト、改質アスファルト(保護工法)1/2






調査項目	劣化度			備考
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	
平面部押え層のひびわれ、せり上り、欠損、凍害、その他			—	平面部押え層において、 Ⅲ：ひびわれ 3mm 以上・せり上りなど Ⅱ：ひびわれ 1mm以上 3mm 未満 Ⅰ：ひびわれ 1mm 未満
立上り押え層のひびわれ、倒れ、欠損、凍害、その他			—	立上り押え層において、 Ⅲ：ひびわれ 3mm 以上・倒れなど Ⅱ：ひびわれ 1mm以上 3mm 未満 Ⅰ：ひびわれ 1mm 未満
パラペットの押出し		—	—	パラペットの押出し Ⅲ：パラペットの押出しあり、防水層破断の疑い Ⅱ：パラペットの押出しあり、防水層健全 Ⅰ：外観上の異常を認めず

表 5.47 各工法の劣化度分類と劣化見本写真・アスファルト、改質アスファルト(保護工法) 2/2

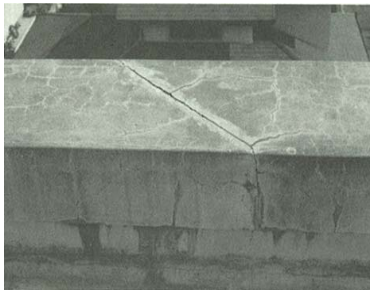





調査項目	劣化度			備考
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	
モルタル笠木、水切り関係の納まり、端部のひびわれ、欠損、凍害、その他			—	Ⅲ：ひびわれ 3mm 以上・欠損など Ⅱ：ひびわれ 1 mm以上 3 mm未満 Ⅰ：ひびわれ 1mm 未満
伸縮目地部の異常			—	伸縮目地部において、 Ⅲ：脱落・折損 Ⅱ：突出・圧密 Ⅰ：外観上の異常を認めず
			—	伸縮目地部において、植物の繁殖が認められる場合、 Ⅲ：防水層に貫入している ※植物根の防水層の貫通 Ⅱ：防水層まで達していない ※防水層表面の繁殖 Ⅰ：外観上の異常を認めず

表 5.48 各工法の劣化度分類と劣化見本写真・合成高分子系シート 1/3





調査項目	劣化度			備考
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	
防水層の破断、損傷	 <p>外傷による破断の例</p>  <p>固定金具付近の破断の例</p>	—	—	<p>Ⅲ：防水層の破断 Ⅱ：防水層のひびわれ Ⅰ：外観上の異常を認めず</p> <p>※防水層の破断には外傷による場合、経年によりひびわれから破断に至る場合がある。</p>
防水層の末端はく離	 <p>ドレン端部のはく離の例</p>	 <p>押え金物のゆるみの例</p>		<p>Ⅲ：押え金物・固定金物の脱落、張り仕舞・ドレン部のはく離、口開き等 Ⅱ：押え金物のゆるみ、末端部シールのはく離、末端に近接するふくれ・浮上がり等 Ⅰ：外観上の異常を認めず</p>

表 5.48 各工法の劣化度分類と劣化見本写真・合成高分子系シート 2/3

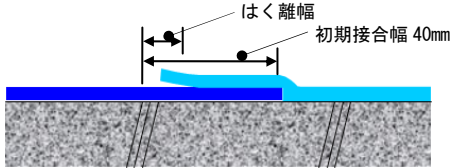


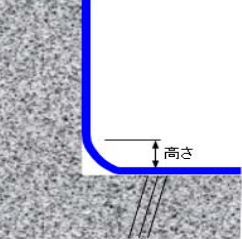


調査項目	劣化度			備考	
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ		
ルーフィング`接合部の はく離幅・ずれ幅	  			—	<p>初期接合幅は 40 mmとし、ルーフィング接合部において、</p> <p>Ⅲ：50%以上のはく離・ずれ</p> <p>Ⅱ：20%以上 50%未満のはく離・ずれ</p> <p>Ⅰ：20%未満のはく離・ずれ</p>
防水層立上り 隅角部の浮き 高さ				—	<p>図に示す防水層立上り隅角部において、</p> <p>Ⅲ：50mm 以上の浮き高さ</p> <p>Ⅱ：30mm 以上 50mm 未満の浮き高さ</p> <p>Ⅰ：30mm 未満の浮き高さ</p>
保護仕上げ層 の劣化	 			—	<p>Ⅲ：保護仕上げ層の消失</p> <p>Ⅱ：保護仕上げ層の減耗および白亜化</p> <p>Ⅰ：保護仕上げ層の変退色</p> <p>※塩化ビニル樹脂系シートの場合は塗料なしの場合もある</p>

表 5.48 各工法の劣化度分類と劣化見本写真・合成高分子系シート 3/3

調査項目	劣化度			備考
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	
防水層のふくれ・浮き	—		—	ふくれ・浮きが面積比で、 Ⅲ：30%以上 Ⅱ：10%以上 30%未満 Ⅰ：10%未満
固定金具の浮き		—	—	平場固定金具・ビスの浮上がり、平場固定金具とシートのはく離
固定金具とシートのはく離		—	—	Ⅲ：円周の 2/3 程度のはく離 ※円周の 1/3 程度であれば複数個で劣化度Ⅲ

表 5.49 各工法の劣化度分類と劣化見本写真・塗膜防水(ウレタンゴム系) 1/2




調査項目	劣化度			備考
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	
防水層の破断、損傷			—	<p>Ⅲ：防水層の破断 ※防水層の破断は、劣化により下地ひび割れ追従への耐性を失った場合に発生する</p> <p>Ⅱ：防水層のひびわれ ※防水層のひびわれは保護仕上げ層の消失により防水層が劣化することで発生する</p> <p>Ⅰ：外観上の異常を認めず ※外傷によるひびわれから破断する可能性がある</p>
防水層の端末はく離		—	—	<p>Ⅲ：はく離あり</p> <p>Ⅰ：外観上の異常を認めず ※防水層の端末は、一般的にシーリング材で処理されている。経年でシーリング材の下地付着力が低下した場合に発生する</p> <p>※はく離に至った場合、雨水が浸入し漏水の原因となるため直ちに補修する必要がある</p>

表 5.49 各工法の劣化度分類と劣化見本写真・塗膜防水(ウレタンゴム系) 2/2

調査項目	劣化度			備考
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	
保護仕上げ層の劣化		—	—	<p>Ⅲ：保護仕上げ層の消失 または白亜化度・等級 4～5</p> <p>Ⅱ：保護仕上げ層の減耗 または白亜化度・等級 2～3</p> <p>Ⅰ：保護仕上げ層の変退色 または白亜化度・等級 1</p> <p>※保護仕上げ層は、樹脂系により劣化度合いが異なるが、消失すると防水層に与える影響が大きい。直ちに補修する必要がある</p> <p>※保護仕上げ層の劣化は、白亜化(チョーキング)の程度で劣化度を判定する。白亜化が進行すると保護仕上げ層の減耗、微細なひび割れ、消失に至る場合がある</p>
防水層のふくれ・浮き		—	—	<p>Ⅲ：面積比 30%以上または 1 個の大きさ(長径)300 mm以上</p> <p>Ⅱ：面積比 10～30%</p> <p>Ⅰ：面積比 10%未満</p> <p>※面積比に加え、長径 300mm 以上の大きいふくれ 1 箇所の場合も劣化度Ⅲとして判定する。</p>

表 5.50 各工法の劣化度分類と劣化見本写真・塗膜防水(FRP系)1/2




調査項目	劣化度			備考
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	
防水層の破断、損傷			—	<p>Ⅲ：防水層の破断 ※FRP 防水層が確実に切断されている状態で、水圧がほとんど加わらない通常の雨水でも水分が透過する状態</p> <p>Ⅱ：防水層のひびわれ ※保護仕上げ層にひびわれが入り、防水層には切断が認められないが、ひびわれの兆候がある状態。水圧が掛からない雨水では漏水が発生しない</p> <p>Ⅰ：外観上の異常を認めず</p>
防水層の端末はく離		—	—	<p>Ⅲ：はく離あり ※防水層端部に防水層のはく離が発生し、雨水が容易に透過する状態</p> <p>Ⅰ：外観上の異常を認めず</p>

表 5.50 各工法の劣化度分類と劣化見本写真・塗膜防水(FRP系)2/2

調査項目	劣化度			備考
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	
保護仕上げ層の劣化				<p>Ⅲ：保護仕上げ層の消失 ※保護仕上げ層が磨耗消失またははく離消失し、防水層のガラス繊維が露出した状態</p> <p>Ⅱ：保護仕上げ層の減耗および白亜化 ※保護仕上げ層が退色し、色落ちがはなはだ激しい状態</p> <p>Ⅰ：保護仕上げ層の変退色・ひびわれ ※保護仕上げ層が退色し、変色、色落ちが起き始めた状態・保護仕上げ層に浮きを伴わない、微細なひびわれが入った状態</p>
防水層のふくれ／浮き			—	<p>Ⅲ：面積比 30%以上または 1 個の大きさ（直径）1000 mm以上</p> <p>Ⅱ：防水層のふくれ・浮きが施工面積の 10%～30%に達する場合 ※防水層のふくれ・浮きは面積比にて判定している。しかし症状の発生は、全体の面積に一樣に発生する場合と特定の部分に偏る場合が想定される。したがってこの場合特定の部分に症状が集中する場合の判定は、その部分での面積比を判定の基準とする。</p>
その他・外的要因による損傷			—	<p>Ⅲ：飛来、衝撃等外的要因により防水層が破断、消失など損傷を受けた状態</p>

表 5.51 各工法の劣化度分類と劣化見本写真・ステンレスシート防水 1/3

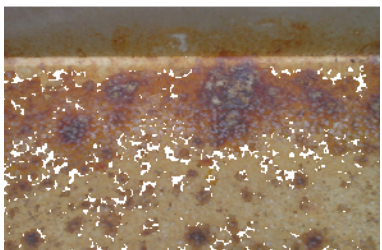








調査項目	劣化度			備考
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	
防水層の錆				Ⅲ：薬品でもとれない程度の錆である Ⅱ：薬品で除去可能な程度の錆である Ⅰ：錆汁が表面に認められる
防水層の損傷（穴あき・外傷）				飛来物による穴あき等の外傷、挫屈によるピンホールなど、要因の異なる損傷がある
防水層の破断				座屈、金属疲労、熱変形や風によるばたつきが要因である。 劣化度Ⅲは降雨が漏水に直結する程度の破断

表 5.51 各工法の劣化度分類と劣化見本写真・ステンレスシート防水 2/3








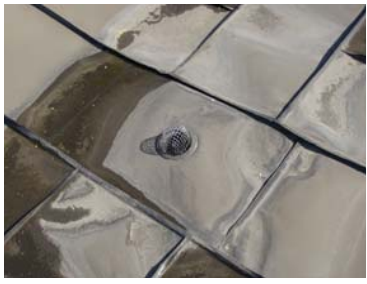






調査項目	劣化度			備考
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	
シーム溶接切れ				Ⅲ：シーム溶接の下で切れている状況 Ⅱ：シーム溶接の下で破断がみられる状況 Ⅰ：金属疲労で溶接部に線状の変化が認められる状況
ふくれ (一般面材)				Ⅲ：塑性変形で面材が持ち上がっている状況 Ⅱ：塑性変形が発生している状況 Ⅰ屋根の妻側において負圧で変形が生じている状況
ふくれ (役物材)				落ち口において、 Ⅲ塑性変形により亀裂が発生している状況 Ⅱ：隅部に風がたまり塑性変形が発生している状況 Ⅰ：隅部に風がたまりふくれしている状況

表 5.51 各工法の劣化度分類と劣化見本写真・ステンレスシート防水 3/3

調査項目	劣化度			備考
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	
カラスステンレス塗膜の減耗				Ⅲ：はく離が連続している状況 Ⅱ：部分的にはく離が生じている状況 Ⅰ：変色が生じている状況
屋根取合部シール切れ				Ⅲ：シール材の破断 Ⅱ：シール材の変形 Ⅰ：シール材表面のひびわれ

5.3.3 メンブレン防水層の補修・改修技術

1)メンブレン防水層の改修工法調査の概要

防水の改修工法は、現状で国土交通省の「建築改修工事監理指針」¹⁾で既存防水工法ごとに対応する新設防水層がまとめられている。同指針では、「改修に際しては、基本的には新築時と同じ用途、外観に復旧すること」、さらに「既存防水層の種類、工法の種類、保護層及び断熱層の有無、防水層の劣化の程度等により防水改修工法の種類が決定される」とされている。

本検討では、改修にあたって新築時とは異なる用途や目的で使用する場合等、多様化した防水へのニーズに対応するため、多様な工法を選択する際の参考となる資料を整備することとした。

ここでは、アスファルト防水、改質アスファルトシート防水、合成高分子系シート防水、塗膜防水(ウレタンゴム系)、塗膜防水(FRP系)を対象とし、防水材料の製造者に対して製品の適用可能な既存防水層とその適用条件、用途、特徴等についてアンケート調査を行った。

アンケート調査の結果を、既存防水層ごとに適用可能な工法を仕様書等に掲載されている仕様で整理し、とりまとめた結果を報告する。一部の主要な改修工法については、作成する資料の、工法間の比較・選定に活用するという目的により合致するよう、日本防水材料連合会の技術委員らのエキスパートジャッジを行い適用条件、工法の特徴についてアンケート結果を調整し、提示することとした。

2)メンブレン防水層の改修工法調査結果

アンケート調査は、防水材料の製造者の業界団体である日本防水材料連合会を通じて各製造者に対して依頼し、回答を得た。表5.52に、回答者数を示す。

表5.52 アンケート調査の回答者数

防水工法	回答製造者数
アスファルト防水	5
改質アスファルトシート防水	6
合成高分子系シート防水	12
塗膜防水(ウレタンゴム系)	11(うち1者は工業会外の関連団体)
塗膜防水(FRP系)	4

各社の主要な製品について、表5.53に示す調査項目について回答を得た。①～⑤はあらかじめ設定した項目について該当する場合に○を付し、さらに自由回答から得た結果を項目に追加し整理を行った。⑥は自由回答で回答を得たものの、回答内容が多岐に渡るため、結果のとりまとめは今後の課題とする。

回答結果は、「①適用可能な既存防水」ごとにとりまとめ、一覧表を作成することとした。各社から得た製品毎の回答は、該当する仕様書上の仕様記号で整理を行った。②～⑤の調査項目については、自由回答からの項目の追加による再調査を行った。適用または該当する場合に○、一定の

条件下で適用または該当する場合に「△」の回答を得た。

とりまとめにあたり、8割以上の製品で「○」の場合に「○」、8割以下の製品で「○」または「△」の回答の場合に△で表示した。

一方、エキスパートジャッジによる場合においては、適用条件については原則として行う工程を「○」、改修用ドレンを用いる場合は撤去しない場合があるものを「△」、既存防水層がウレタン防水および非加硫ゴム系シート防水の場合に劣化の著しい部分、浮き部分、ふくれ部分等を撤去する必要があるものを「▲」とした。適用部位・用途については適用可能な場合を「○」、仕上げ塗材により異なる場合を「△」とした。また、工法・構法の特徴については適合する場合を「○」、適合しない場合を「×」、工法によっては適合する場合を「△」とした。表5.54に工法・構法の特徴のうち一部の項目の記号の内容を補足した。

表5.53 調査項目

調査項目	概要
①適用可能な既存防水	アスファルト保護防水、アスファルト露出防水、その他保護防水、合成高分子系シート防水(加硫ゴム系シート防水、塩化ビニル系シート防水)、塗膜防水(ウレタンゴム系塗膜防水、FRP系塗膜防水)について適用の可否を回答
②適用条件	既存防水層の撤去の要否、下地調整、下地処理について回答
③適用部位	歩行・非歩行等の用途への対応、ひさし、ベランダ等の適用部位について回答
④工法の特徴	施工・工期、環境、安全、品質等に関連する工法の特徴について回答
⑤工法の実績	カタログに登録されている仕様の場合は普及工法としてみなすこととし、普及工法か否かを回答
⑥耐久性向上のための注意点	改修層の耐久性向上のための注意点を自由回答

表5.55～5.63に、既存防水層ごとに整理を行った表を示す。表中、エキスパートジャッジの欄に○を付している工法は、アンケート結果を精査し、エキスパートジャッジにより内容を調整した結果を掲載した。それ以外の工法についてはアンケート結果をまとめたものである。各工法の、該当する製品数も同時に示した。

表5.54 工法・構法の特徴における記号の内容

熱・火気の使用	○：熱・火気を使用しない、×：熱・火気を使用する
騒音・振動の発生	○：騒音・振動が発生しない、×：騒音・振動が発生する
臭気・ガスの発生	○：臭気・ガスが発生しない、×：臭気・ガスが発生する
工期短縮	○：保護層・防水層の撤去なし、×：保護層・防水層の撤去
下地処理の軽減	○：ポリマーセメントモルタル等異種材料不使用、×：異種材料使用
溶剤不使用・弱溶剤	○：溶剤不使用・弱溶剤使用、×：有機溶剤使用
高断熱化	○：可能、△：断熱材種類により可能、－：適用なし
遮熱（高反射率）対応	△：シート種類・仕上げ材種類により対応、－：適用なし
施工時の廃棄物削減	○：殆どでない、△：立上り保護層・防水層を廃棄、×：平場・立上りの保護層・防水層を廃棄
防火性	○：表面が不燃材により対応、△：告示あるいは個別認定で適用
既存防水との一体化	○：同種の材料で改修し一体化が図れるもの

3)まとめ

エキスパートジャッジおよびアンケート調査により、メンブレン防水の改修工法及びその適用条件、特性の一覧表を作成し、既存防水の工法ごとに提示を行った。

改修時の工法選定に同表を用いる場合、まず既存防水の種類から該当する表を選択し、改修後の防水の用途、目的等に応じて改修工法を選択することとなる。

本検討で作成した改修工法の適合表の適用条件、特性等の表示内容、表示にあたってのルールについては、今後より精査する必要があるものの、使用者においては、ニーズに応じてより多様な防水を選択できるようになる。一方で、製造者においては、製品の特性の表示が容易となるとともに製品開発の目標が明確化される等の効果が期待できる。

5.3.4 シーリング防水の維持保全手法

1)「耐久性総プロ」におけるシーリング防水の維持保全手法

「耐久性総プロ」では、シーリング防水の維持保全に関して、劣化診断指針と補修・交換指針が示された。劣化診断指針についてはメンブレン防水層同様、3段階のレベル別の診断を行う方法が示された。図5.22に劣化診断フローを示す。また、診断調査方法の概要が表5.64のように示された。

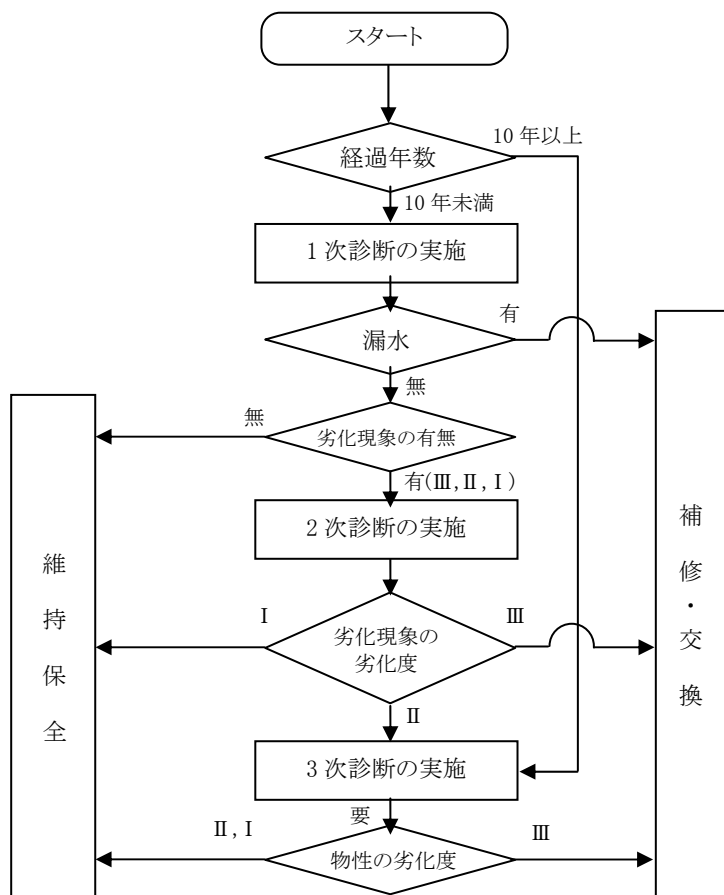


図 5.22 劣化診断フロー²⁾

表 5.64 診断レベルに応じた調査項目、調査方法、調査部位²⁾

診断レベル	調査項目	調査手法	調査部位
1次診断	対象とするすべての劣化現象※	目視観察 指触観察	容易に観察できる部位
2次診断	1次診断で故障の認められた劣化現象※	スケール等を用いた 目視観察, 指触観察 (脚立, 梯子等の利用)	1階部分, 開き窓, 屋上笠木, 塔屋等
3次診断	シーリング材の破断およびはく離 シーリング材物性 (硬さ試験, 引張試験)	上記の観察 切取検査(足場, ゴンドラ等 の利用)	シーリング防水箇所の各面ごと に目地全長の20~30%の範囲

※劣化現象は表 5.13 を参照。ただし、表 5.13 では「耐久性総プロ」当時から“汚れ”が追加されている。また、定義については実情に応じ修正がなされている。

3次診断については、さらにシーリング材の物性試験の具体的方法が示されている。

調査結果の判定方法については、劣化度をⅠ～Ⅲの3段階で分類する基準と、劣化度の判定に基づき、診断や補修等の判断を行うための基準が示されている。劣化度の分類、各診断の判断基準を〔別添資料〇〕に示す。

一方、補修・交換指針では外装シーリング材の補修工法の選定のため、補修規模の判定、補修工法の選択の手順と考え方が示された。また、補修仕様の選定のため、シーリング材の選定のためのフローが提示されている。

2) シーリング防水の調査・診断および評価・判定

① 検討の範囲

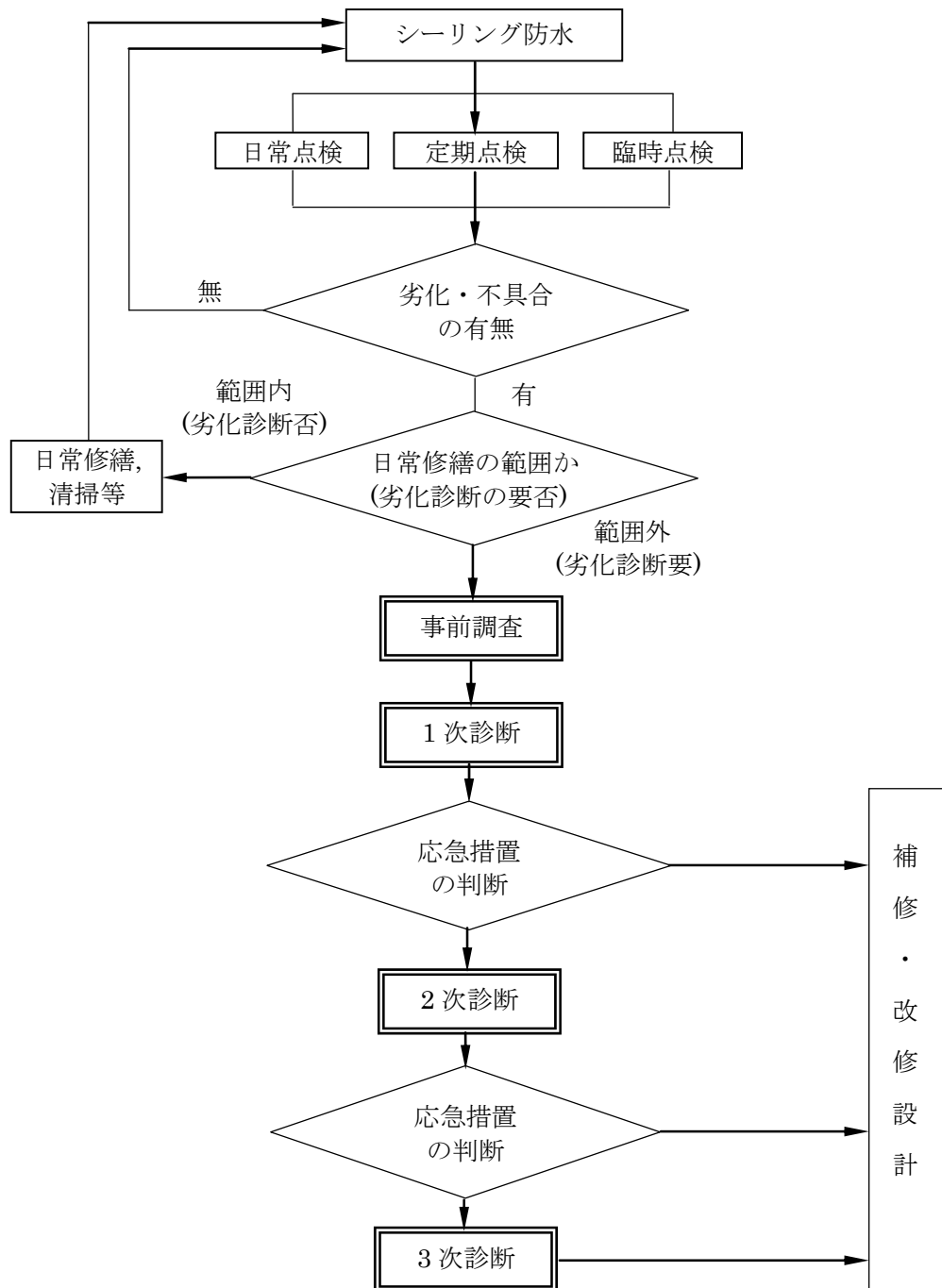
シーリングについては経過年数や必要に応じて行う診断の他、日常的、定期的な点検も重要である。このため、劣化診断のフローについて点検を含めた流れが求められる。このため、劣化診断のフローの見直しを行う。

また、劣化度の分類については、診断項目、劣化度分類の判定基準について基本的な変更はないものの、現状では、診断を行うべき項目と参考として診断を行う項目の峻別がなされている。このため、両者について整理して提示を行う。また、判定の際に参照可能な各項目の劣化状況の模式図または事例写真の提示を行う。さらに、調査結果の判定基準について、より実情に即した内容となるよう見直しを行う。

補修・改修については、「耐久性総プロ」以降、シーリング材が変化している実情を踏まえ、現状に適合する補修・改修工法及び材料の選定方法を述べる。

② シーリング防水の調査

調査・診断は、経過年数などに応じて1次、2次および3次調査・診断に区分けして実施する。なお、その手法は、目視観察・指触などとする。調査・診断は、図 5.23 の劣化診断の流れに基づいて実施する。また各診断レベルの調査項目、手法、部位は、表 5.63 を標準とする。



*劣化診断の結果、補修・改修ではなく、日常修繕が妥当であると判断される場合もある。

図 5.23 劣化診断の流れ概略図

③評価・判定

評価・判定は、調査・診断の結果から表 5.65 に従い、劣化度をⅠ、ⅡおよびⅢに分類する。物性は参考項目とし、表 5.66 により劣化度を分類する。また、劣化度に応じて、維持保全の程度(補修・修繕・改修)を判定する。なお、シーリングの調査項目と劣化度分類の参考となる概念図を図 5.24 に示す。

表 5.65 調査・診断項目ごとの劣化度の分類

診断項目		劣化度		
		Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
判定項目	シーリング材の被着面からのはく離	深さの 1/2 以上または深さ 5mm 以上	深さの 1/2~1/4 または深さ 2~5mm	深さの 1/4 未満または深さ 2mm 未満
	シーリング材の破断(口開き)	厚みの 1/2 以上または深さ 5mm 以上	厚みの 1/4~1/2 または深さ 2~5mm	厚みの 1/4 未満または深さ 2mm 未満
参考項目	被着体の破壊(ひびわれ、欠落)	ひびわれ幅 0.3mm 以上	ひびわれ幅 0.1~0.3mm	ひびわれ幅 0.1mm 未満
	シーリング材の変形(だれ、くびれ)	凹凸が厚みの 1/2 以上または深さ 5mm 以上	凹凸が厚みの 1/2~1/4 または深さ 2~5mm	凹凸が厚みの 1/4 未満または深さ 2mm 未満
	シーリング材の軟化	指先に極めて多量に付着	指先にかなり付着	指先にわずかに付着
	変退色	変退色が極めて著しい	変退色がかなり認められる	変退色がわずかに認められる。
	ひびわれ	ひびわれ幅 1~2mm	ひびわれ幅 0.5~1mm	ひびわれ幅 0.5mm 未満
	白亜化(チョーキング)	指先に粉末が極めて多量に付着する	指先に粉末がかなり付着する	指先に粉末がわずかに付着する
	仕上材の浮き、変色	はく離や変色が認められる	ひびわれ、浮きがあるやや変色している	左の現象が軽微である

表 5.66 物性の劣化度の分類(参考項目)

調査項目			劣化度		
			Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
物	50 引張 応力 (M50)	初期値 比	5 倍以上、1/5 以下	3~5 倍、1/3~1/5	3 倍以下、1/3 以上
		測定値	0.6N/mm ² 以上 0.03N/mm ² 以下	0.4~0.6N/mm ² 0.03~0.06N/mm ²	0.4N/mm ² 以下 0.06N/mm ² 以上
性	伸び(E)	初期値 比	1/5 以下	1/3~1/5	1/3 以上
		測定値	200%以下	200~500%	500%以上



調査項目		劣化度			
		III	II	I	
シーリング材の被着面からのはく離			深さの 1/2 以上または 深さ 5mm 以上	深さの 1/2~1/4 または 深さ 2~5mm	深さの 1/4 未満または 深さ 2mm 未満
シーリング材の破断(口開き)			厚みの 1/2 以上または 深さ 5mm 以上	厚みの 1/4~1/2 または 深さ 2~5mm	厚みの 1/4 未満または 深さ 2mm 未満
被着体の破壊(ひびわれ、欠落)			ひびわれ幅 0.3mm 以上	ひびわれ幅 0.1~0.3mm	ひびわれ幅 0.1mm 未満
シーリング材の変形(だれ、くびれ)			凹凸が厚みの 1/2 以上 または深さ 5mm 以上	凹凸が厚みの 1/2~1/4 または深さ 2~5mm	凹凸が厚みの 1/4 未満 または深さ 2mm 未満
シーリング材の軟化			指先に極めて多量に付着	指先にかなり付着	指先にわずかに付着
変退色			変退色が極めて著しい	変退色がかなり認められる	変退色がわずかに認められる。
ひびわれ			ひびわれ幅 1~2mm	ひびわれ幅 0.5~1mm	ひびわれ幅 0.5mm 未満
		(劣化度見本)			
白垂化(チョーキング)			指先に粉末が極めて多量に付着する	指先に粉末がかなり付着する	指先に粉末がわずかに付着する
仕上げ材の浮き、変色		 仕上げ材の浮き  仕上げ材の変色	はく離や変色が認められる	ひびわれ、浮きがある やや変色している	左の現象が軽微である
物性	50%引張応力(M50)	初期値比	5倍以上、1/5以下	3~5倍、1/3~1/5	3倍以下、1/3以下
	伸び(E)	測定値	0.6N/mm ² 以上 0.03N/mm ² 以下	0.4~0.6N/mm ² 0.03~0.06N/mm ²	0.4N/mm ² 以下 0.06N/mm ² 以上
		初期値比	1/5以下	1/3~1/5	1/3以上
		測定値	200%以下	200~500%	500%以上

図5.24 シーリングの調査項目と劣化度分類

調査・診断の結果、劣化度ⅠおよびⅡの場合では保守・点検を実施し、劣化度Ⅲの全長に対する割合が10%以上の場合は補修・改修を実施することが望ましい（図 5.25）。また、調査・診断結果の判定基準は、表 5.67 による。

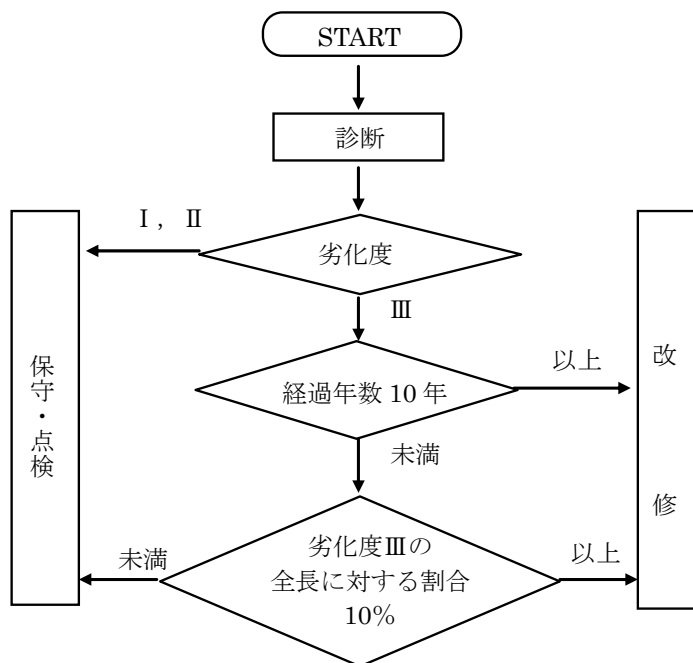


図 5.25 保守・点検・改修の判定フロー

表 5.67 劣化度と判定

劣化度	判定基準
Ⅲ	対象部位は、改修が必要
Ⅱ	現状放置可能。ただし、早い時期に改修が必要
Ⅰ	現状放置可能

④補修・改修の規模

補修・改修の規模は、劣化度および劣化状況に応じて、部分的か大規模なのかを決める。

劣化診断の結果、補修・改修を要すると判定された外装シーリング材の補修規模を判定するため、シーリング材の劣化程度について調査し、調査結果に基づいて図 5.26 のフローおよび表 5.68 に従って補修・改修の規模の判断を行う。

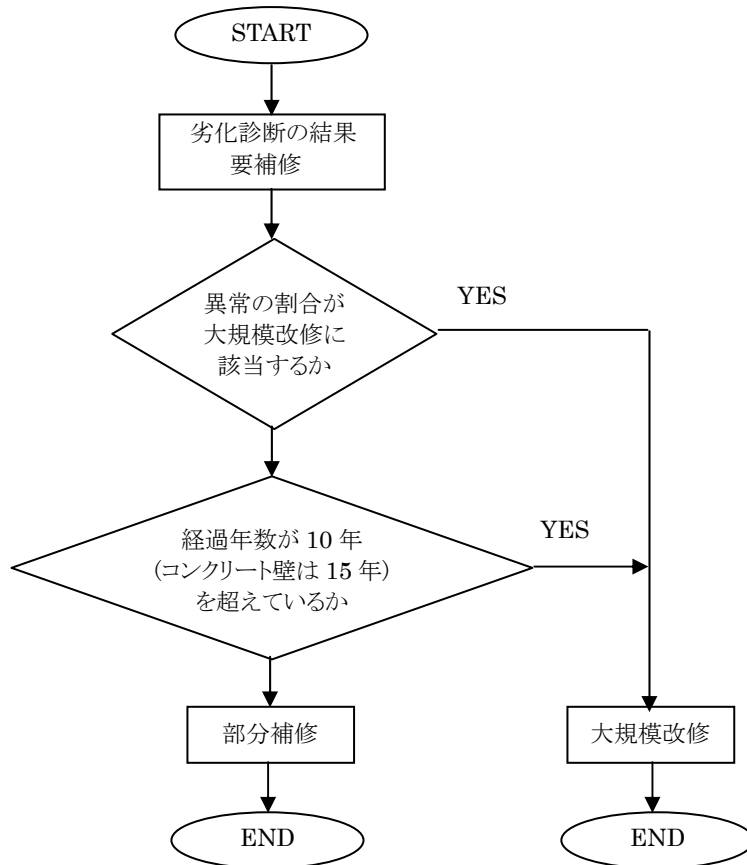


図 5.26 外装シーリング材の改修規模判定フロー

表 5.68 外装シーリング材の補修・改修規模判定方法

劣化現象	判定方法(大規模改修とする場合の基準)			
	目地幅*	基準(目地全長に発生する割合)		
シーリング材の破断	不足	計算値の70%未満	破断長さの大小にかかわらず	
		計算値の70%以上	同一のムーブメントを受ける目地長さ当り 20%以上の破断	
	適切	製品寿命または施工不良(練混ぜ不良)		異常箇所 20%以上
シーリング材のはく離	不足	計算値の70%未満	はく離長さの大小にかかわらず	
		計算値の70%以上	同一のムーブメントを受ける目地長さ当り 10%以上のはく離	
	適切	接着しにくい被着体またはプライマーの不適合		同一のムーブメントを受ける目地長さ当り 20%のはく離
施工不良 ・プライマー ・塗布不良		部分補修		
意匠	意匠上補修を要すると判定されても、漏水・はく離・破断がない場合は、特に必要を認めない限り補修を行わない。			

[注] * 目地幅の判定は、「外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説：(社)日本建築学会 (2008)」に基づいて計算する。

3) 補修・改修の材料・工法

①補修・改修工法の選択

補修・改修における工法の選択基準を表 5.68 に、選定フローを図 5.27 に示す。

表 5.69 シーリング防水の補修・改修工法の選択基準

項 目		基 準
目地設計	目地寸法	JASS8 に適合すること
	目地形状係数	
	目地納まり	
既存のシーリング材の除去	プライマー，油分の残存	被着面として影響のないこと
被着体の状態	油じみ	接着すること
	欠け，割れ	欠け，割れのないこと
	変形	変形のないこと
	仕上げ材のはく離，軟化などの異常	異常のないこと
目地の拡幅	拡幅の難易	拡幅できること

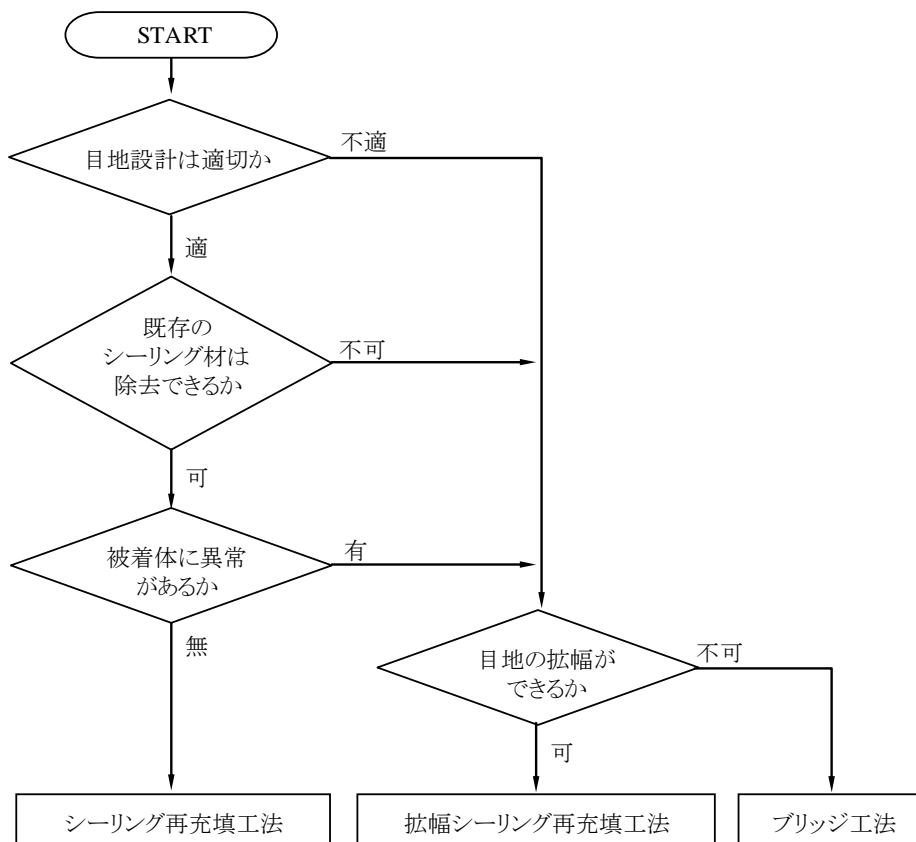


図 5.27 外装シーリング改修材料・工法の選定フロー

②補修・改修の材料

シーリングジョイントの補修・改修の材料選定は、補修・改修を実施するうえで最も重要な要素となる。特に、シーリング材のはく離・破壊が原因で補修・改修を実施する場合は、その原因が接着系の不具合であるか、あるいは既存シーリング材の許容伸縮率以上のムーブメントの発生により破断やはく離が発生したのかによって、既存シーリング材以上の許容伸縮率を持っているシーリング材の選定や、接着性の確保などの検討が必要である。

このためにもシーリング材の選定においては、「外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説：(社)日本建築学会（2008）解説表 4.3.14 シーリング材と構法、部位、構成材との適切な組合せ」などを参考に、被着体の種類、ムーブメントの大小、意匠などを検討して行う。また、既設シーリング材との打継ぎ接着性の事前確認も重要である。

③補修・改修工法の種類と特徴

補修・改修工法には、以下の種類がある。これらの工法の例を図 5.28 に、各工法の比較を表 5.70 に示す。

- (1) 再充填工法
- (2) 拡幅再充填工法
- (3) ブリッジ工法

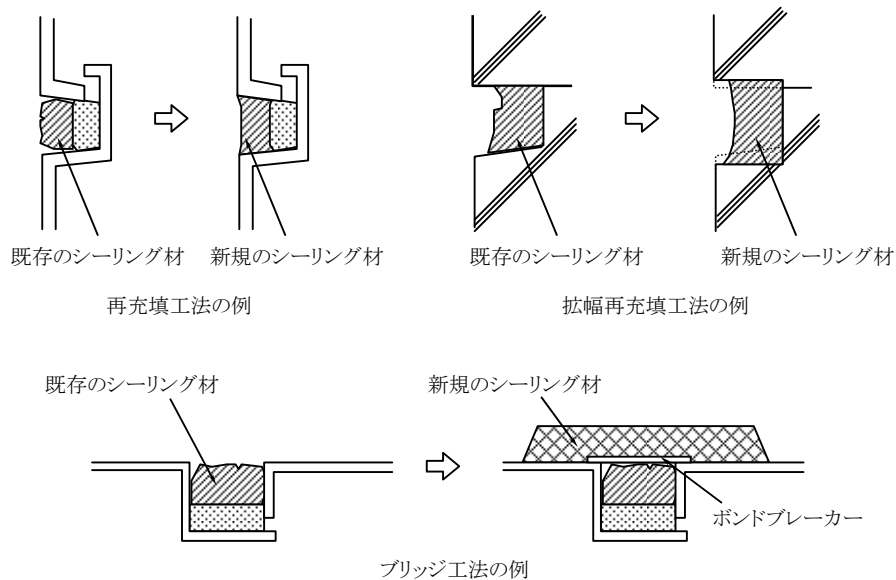


図 5.28 各工法の例

表 5.70 各工法の比較

工 法 \ 項 目	性 能	作業環境	意 匠	工 期	費 用
再充填工法	良	良	良	中	普 通
拡幅再充填工法	優	不 良	可	長	高 価
ブリッジ工法	優	優	不 可	短	安 価

5.3.5 まとめ

防水の維持保全に係る検討の一環として、メンブレン防水、シーリング防水について以下の検討を行った。

メンブレン防水については劣化診断基準のうち、主として専門家による目視等の診断を行う 2 次診断の診断基準及び同診断に活用する劣化度の標準見本写真について、「耐久性総プロ」における成果を基本とし、現状の工法に対応する内容に充実を図った。また、メンブレン防水の改修工法について、適用性及び適用条件、改修工法の特性的の一覧表を作成した。

シーリング防水については、劣化診断から補修の一連の流れを整理し、提示を行った。

参考文献

- 1)国土交通省監修「建築改修工事監理指針」（平成 22 年度版）
- 2)建設大臣官房技術調査室監修「建築防水の耐久性向上技術」、技報堂出版、1987年

5.4 まとめ

防水層の耐久設計に係る技術資料の調査においては、防水の工法に関するとりまとめ及びその変遷について整理を行うと共に、現状の工法について、劣化現象とその主な要因について整理を行った。

さらに、1985年に終了した「耐久性総プロ」で提示された耐久設計指針のうち、耐用年数の推定に用いる標準耐用年数の見直しもしくは提案を行った。当時示された耐用年数の推定の考え方は、その後 ISO 15686 シリーズで "FactorMethod" として採用され、また、標準耐用年数については "Reference Service Life" として位置づけられた。このため、本検討でも標準耐用年数と定義せず、“リファレンスサービスライフ”として提案を行った。ただし、耐用年数推定の考え方は ISO で規定されている Factor Method に十分に対応するものではない。今後、関連するデータ等のさらなる充実を図っていく必要がある。なお、本検討におけるリファレンスサービスライフの提案にあたっては、工法により提案にいたるデータの内容、手法は様々であった。リファレンスサービスライフは、耐用年数の推定はさることながら、適切な維持保全を行う時期の目安の推定にも有効であることから、現状で入手可能なデータにより出来る限りの提案を行ったものである。妥当性の検証等は、今後各防水の耐久性に関する知見の蓄積等により実施されることが望ましい。

メンブレン防水の維持保全手法については、「耐久性総プロ」で提示された劣化診断指針のうち、目視診断等を中心とした 2 次診断を中心に、現状に即した見直し及び「耐久性総プロ」後に普及した工法への対応を行った。一方、メンブレン防水については、改修工法の適合表を作成し、より多様化した改修のニーズへの対応を図った。

一方、シーリング防水については、劣化診断から補修・改修工法の選定までの一連の流れのとりまとめを行った。

メンブレン防水、シーリング防水ともに、材料の物性変化、防水性能の低下等と劣化診断結果の対応等、今後の課題は残されているものの、実用上有効な維持保全手法の提示がなされた。

いずれの成果においても、現状で得られる知見に基づきとりまとめがなされている。今後、引き続きの検証を行うことが望まれる。

[別添資料]

〔別添資料A〕 仕上塗材及び塗料の耐用年数の推定式のための係数の考え方

※建設大臣官房技術調査室監修「外装仕上げの耐久性向上技術の開発」、技報堂出版、1987年より

表 材料係数 O

種類	材 質		仕様（工程、塗布量など）のレベル			
	主 材	トップコート *1	標準仕様 *2 に基づかない	標準仕様 に基づく	標準仕様以上の 仕様による	
			0.9	1.0	1.1	
塗料 グループ	(1.0)	エマルジョン、リシンベース	0.7	0.6	0.7	0.8
		つや有りエマルジョン、塩ビ、シリカ	0.9	0.8	0.9	1.0
		アクリルワニス、エナメル	1.0	0.9	1.0	1.1
		ポリウレタンワニス、エナメル	1.1	1.0	1.1	1.2
		フッ素	1.3	1.1	1.2	1.2
薄付け・ 複層・ 厚付け 塗材 グループ	合成樹脂 エマルジョン系 シリカ系 1.0	エマルジョン、リシンベース	0.7	0.6	0.7	0.8
		つや有りエマルジョン、塩ビ、シリカ	0.9	0.8	0.9	1.0
		アクリルワニス、エナメル	1.0	0.9	1.0	1.1
		ポリウレタンワニス、エナメル	1.1	1.0	1.1	1.2
		フッ素	1.3	1.1	1.2	1.4
	セメント系 1.1	エマルジョン、リシンベース	0.7	0.7	0.8	0.8
		つや有りエマルジョン、塩ビ、シリカ	0.9	0.9	1.0	1.1
		アクリルワニス、エナメル	1.0	1.0	1.1	1.2
		ポリウレタンワニス、エナメル	1.1	1.1	1.2	1.3
		フッ素	1.3	1.3	1.4	1.6
	エポキシ系 ウレタン系 1.2	エマルジョン、リシンベース	0.7	0.8	0.8	0.9
		つや有りエマルジョン、塩ビ、シリカ	0.9	1.0	1.1	1.2
アクリルワニス、エナメル		1.0	1.1	1.2	1.3	
ポリウレタンワニス、エナメル		1.1	1.2	1.3	1.5	
		フッ素	1.3	1.4	1.6	1.7

(注) *1 薄付け仕上塗材のようにトップコートを施さないものは 1.0 とする（標準耐用年数で見込んでいる）。

*2 JASS、官公庁そのほかの標準となる仕様をさす。

地域・環境係数 D は、まず表に基づき劣化外力係数 $K \cdot X$ を求め、 $\Sigma K \cdot X$ の値を表(地域・環境係数 D あてはめて定める。

表 劣化外力係数 $K \cdot X$

劣化外力種別	ウェイト K	デグリー X			備 考
		3	2	1	
気温 ($^{\circ}\text{C}$)	1.5	~ 7.5	7.5 \sim 12.5 22.5 \sim	12.5 \sim 22.5	平均気温
		$K \cdot X = 4.5$	3.0	1.5	
湿度 (%)	1.5	80 \sim	70 \sim 80	\sim 70	平均相対湿度
		$K \cdot X = 4.5$	3.0	1.5	
降水量 (mm)	2.0	3500 \sim	1500 \sim 3500	\sim 1500	年間降水量
		$K \cdot X = 6.0$	4.0	2.0	
日射量 ($\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$)	2.0	3300 \sim	2900 \sim 3300	\sim 2900	年間全天日射量
		$K \cdot X = 6.0$	4.0	2.0	

表 地域・環境係数 D

劣化外力係数 ($\Sigma K \cdot X$)	環境係数
10 未満	1.1
10 以上 19 未満	1.0
19 以上 21 未満	0.9

表 部位係数 B

方位	部位	水平突出部	開口部周辺	一般外壁
		垂直突出部	壁面凹凸部	
西		0.7	0.7	0.8
北		0.8	0.8	0.9
南・東		0.9	0.9	1.0

表 施工管理係数 C

施工評価係数 *	施工管理係数
0.4 \sim 0.6	0.7
0.7 \sim 0.8	0.8
0.9 \sim 1.0	1.0
1.0 \sim 1.3	1.1
1.4 \sim 1.6	1.2

(注) *数値は、「外装仕上げの耐久性向上技術の開発」第3章5節の「施工係数」とする。

表 維持保全係数 M

維持保全級別 *	維持保全係数
0.18	0.7
0.3 \sim 0.42	0.8
0.5 \sim 0.72	0.9
0.8 \sim 1.0	1.0
1.2 \sim 1.44	1.1

(注) *数値は、「外装仕上げの耐久性向上技術の開発」第4章5節の維持保全級別表による。

[別添資料B] 外装塗料・仕上塗材のリファレンス耐用年数に関する調査研究
調査経過

社団法人建築業協会（BCS）材料施工専門部会 仕上材料研究会 耐久性 WG

1. はじめに

環境対応、建築物ストックの増大、ライフサイクルコストの低減といった社会情勢を背景として、外装塗料・仕上塗材に対してもより長期に渡る耐久性が求められている。外装塗料・仕上塗材の耐用年数推定に関しては、昭和 55～59 年に行われた建設省総合技術開発プロジェクト「建築物の耐久性向上技術の開発」（以下、総プロと称す）の活動でまとめられた「外装仕上げの耐久性向上技術¹⁾」および「鉄骨造建築物の耐久性向上技術²⁾」（建設大臣官房技術調査室監修、1987）があり、表 1 に示す算定式によって各種塗装仕様の耐用年数を予測することで建物外装の計画に役立ってきた。しかし、出版から現在まで 20 年以上を経ており、高耐候性を付与した材料が開発されてきたほか、環境対応から水系の材料が増えてきた一方で、ほとんど使われなくなってしまった材料も見受けられる。そのため、当時の仕様と現在の仕様とでずれが生じ、総プロの成果がそのまま利用できなくなり、現状に即した見直しが必要であると思われた。

そこで、社団法人建築業協会（BCS）材料施工部会 仕上材料研究会 耐久性 WG（以下、耐久性 WG と称す）では、外装塗料および仕上塗材に関して総プロの成果の見直しを行い、現状の塗装仕様における寿命予測に有効な資料を作成することを目的とした調査研究を行なうこととした。

なお、日本建築学会から「建築物・部材・材料の耐久設計手法・同解説（2003）」³⁾が刊行されてからは、標準耐用年数とは呼ばず、リファレンスサービスライフ（リファレンス耐用年数、以下 RSLC と称す）とい呼ぶようになっており、算定式も表 2 に示すとおりに移している。

表 1 耐用年数の算定式

外壁に外装塗り仕上げを行う場合 ¹⁾	鉄骨造建築物の場合 ²⁾
$Y = Y_s \times O \times D \times B \times C \times M$	$Y = Y_0 \times D \times B \times C \times M$
Y: 耐用年数の推定値 (年)	Y: 耐用年数の推定値 (年)
Y _s : 標準耐用年数 (年)	Y ₀ : 標準耐用年数 (年)
O: 材料による係数	D: 劣化外力係数
D: 地域環境による係数	B: 部位別係数
B: 部位による係数	C: 施工管理係数
C: 施工水準による係数	M: 維持保全係数
M: 維持保全による係数	

表 2 現在の耐用年数の算定式(「建築物・部材・材料の耐久設計手法・同解説(2003)」による)

$ESLC = RSLC \times factorA \times factorB \times factorC \times factorD \times factorE \times factorF \times factorG$			
ESLC :	推定耐用年数	factorD :	内部環境
RSLC :	リファレンスサービスライフ	factorE :	外部環境
factorA :	構成材の品質	factorF :	使用条件
factorB :	設計レベル	factorG :	保全レベル
factorC :	施工レベル		

表 3 標準状態における各係数の想定条件

項目	係数	標準時の想定条件
地域・劣化外力	D	日本における平均的な温湿度条件の田園地域
部位	B	一般外壁, 屋外一般鉄骨部, 外壁面の一般サッシ面
施工水準	C	仕様書に基づいた適切な施工を行う
維持保全	M	適切な点検・処置をする

※総プロ時の記号による

ここで、RSLC とは、表 3 に示すように、諸係数が標準的な条件である場合の耐用年数であり、算定式の基本となるものである。

なお、表 2 に示した算定式自体については、既にオーソライズされた考え方であることから、見直しの範囲外とした。また、対象材料は、耐久性の観点で問題となることの多い外装の塗料および仕上塗材とし、内装は対象外とした。

2. 調査研究の方法

調査研究方法の概略を以下に示す。

- ① 現在一般に外装として使用されている塗料・仕上塗材の仕様を抽出し、整理する。
- ② 塗料・仕上塗材の製造所へのアンケート調査を行い、製造所側が考える RSLC の傾向および範囲を把握する。
- ③ アンケート調査結果をもとに、塗装仕様ごとの RSLC を仮設定する。
- ④ 塗料・仕上塗材の耐用年数や耐久性に関連する文献調査を行い、RSLC 仮設定にあたって参考となる情報を収集し、仮設定値を検証する。
- ⑤ 実物件の調査も合わせて行い、アンケートや文献による調査結果の適合性を確認する。
- ⑥ 調査結果をまとめ、塗料・仕上塗材の各仕様における RSLC を提案する。

なお、今回は、途中経過として、□～□の結果について報告する。

3. 調査結果

3. 1 対象とする塗装仕様の整理

本調査研究で対象とする塗装仕様は、大きく分けて、一般的に使用されている「塗料」、「仕上塗材」、「焼付け塗装」、「外壁用塗膜防水材」とした。それぞれの分類について詳細な仕様を設定するにあたっては、現状として標準的に使用されている塗装仕様を反映しているものとして参考文献^{4)~8)}に示す文献を参照して仕様の抽出を行い、対象とする素地も含めて一覧表に整理した。

なお、仕様書において、塗り回数や下地処理方法など、工程種別に2つまたは3つのランクがつけられている場合は、特記がない限り従う一般的な塗装仕様（2ランクの場合にはB種、3ランクの場合にはC種とされている）を対象とすることとした。

表4は、「塗料」の塗装仕様の例である。

仕上塗材および外壁用塗膜防水材の各仕様についても同様に現状の標準的な仕様を整理した。

表 4 塗装仕様の整理例

塗料（鉄鋼面）

塗料（亜鉛めっき鋼面）

塗装系統	素地調整	塗装仕様		
		錆止め塗料(下塗り塗料)	中塗り塗料	上塗り塗料
合成樹脂調合ヘント塗り	2種	一般さび止めヘント1種	合成樹脂調合ヘント1・2種	合成樹脂調合ヘント1・2種
		鉛丹さび止めヘント1・2種		
		亜酸化鉛さび止めヘント1・2種		
		塩基性クモ酸さび止めヘント1・2種		
		シアナミド鉛さび止めヘント1・2種		
		鉛丹シンクロマトさび止めヘント		
アルミニウムヘント塗り	2種	一般さび止めヘント1種	—	アルミニウムヘント1種
		鉛丹さび止めヘント1・2種		
		亜酸化鉛さび止めヘント1・2種		
		塩基性クモ酸さび止めヘント1・2種		
		シアナミド鉛さび止めヘント1・2種		
		鉛丹シンクロマトさび止めヘント		
フタル酸樹脂エナメル塗り	2種	一般さび止めヘント1種	油性系下地塗料	フタル酸樹脂エナメル1種
		鉛丹さび止めヘント2種		
		亜酸化鉛さび止めヘント2種		
		塩基性クモ酸さび止めヘント2種		
		シアナミド鉛さび止めヘント2種		
		鉛丹シンクロマトさび止めヘント		
アクリル樹脂エナメル塗り	1種A	金属系素地用アクリル樹脂プライマー	2液形エポキシ樹脂プライマー1種	アクリル樹脂エナメル
		2液形エポキシ樹脂エナメル塗り	2液形エポキシ樹脂プライマー1種	—
2液形ホリウレタンエナメル塗り	1種B	シンクワッチプライマー＋エポキシ樹脂塗料＋エポキシ樹脂雲母状酸化鉄塗料(エポキシ樹脂塗料)	鋼構造用ホリウレタン	鋼構造用ホリウレタン
		シンクワッチプライマー＋エポキシ樹脂塗料＋エポキシ樹脂雲母状酸化鉄塗料(エポキシ樹脂塗料)	2液形ホリウレタンエナメル	2液形ホリウレタンエナメル
弱溶剤系2液形ホリウレタンエナメル塗り	2種	弱溶剤系変性エポキシ樹脂プライマー	弱溶剤系2液形ホリウレタンエナメル	弱溶剤系2液形ホリウレタンエナメル
		アクリルシリコン樹脂エナメル塗り	アクリルシリコン樹脂塗料	アクリルシリコン樹脂塗料
常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル塗り	1種B	シンクワッチプライマー＋エポキシ樹脂塗料＋エポキシ樹脂雲母状酸化鉄塗料(エポキシ樹脂塗料)	鋼構造用ふっ素樹脂塗料	鋼構造用ふっ素樹脂塗料
		シンクワッチプライマー＋エポキシ樹脂塗料＋エポキシ樹脂雲母状酸化鉄塗料(エポキシ樹脂塗料)	鋼構造用ふっ素樹脂塗料	鋼構造用ふっ素樹脂塗料

塗装系統	素地調整	塗装仕様		
		錆止め塗料(下塗り塗料)	中塗り塗料	上塗り塗料
合成樹脂調合ヘント	1種B	鉛酸カルシウムさび止めヘント	合成樹脂調合ヘント	合成樹脂調合ヘント
		変性エポキシ樹脂プライマー	—	アルミニウムヘント1種
アルミニウムヘント塗り	2種	鉛酸カルシウムさび止めヘント	—	アルミニウムヘント1種
		変性エポキシ樹脂プライマー	—	アルミニウムヘント1種
フタル酸樹脂エナメル	2種	鉛酸カルシウムさび止めヘント	油性系下地塗料	フタル酸樹脂エナメル
		変性エポキシ樹脂プライマー	—	フタル酸樹脂エナメル
塩化ビニル樹脂エナメル	2種	塩化ビニル樹脂プライマー	2液形エポキシ樹脂プライマー1種	塩化ビニル樹脂エナメル2種
		アクリル樹脂エナメル	金属系素地用アクリル樹脂プライマー	2液形エポキシ樹脂エナメル
2液形エポキシ樹脂エナメル	2種	2液形エポキシ樹脂プライマー1種	—	2液形エポキシ樹脂エナメル1種
		2液形厚膜エポキシ樹脂エナメル	2液形厚膜エポキシ樹脂プライマー2種	—
2液形ホリウレタンエナメル	2種	変性エポキシ樹脂プライマー＋エポキシ樹脂雲母状酸化鉄塗料	鋼構造用ホリウレタン	鋼構造用ホリウレタン
		2液形エポキシ樹脂プライマー1種＋エポキシ樹脂雲母状酸化鉄塗料	2液形ホリウレタンエナメル	2液形ホリウレタンエナメル
弱溶剤系2液形ホリウレタンエナメル	2種	弱溶剤系変性エポキシ樹脂プライマー	弱溶剤系2液形ホリウレタンエナメル	弱溶剤系2液形ホリウレタンエナメル
		アクリルシリコン樹脂エナメル	アクリルシリコン樹脂塗料	アクリルシリコン樹脂塗料
2液形ホリウレタンエナメル	2種	変性エポキシ樹脂プライマー＋エポキシ樹脂雲母状酸化鉄塗料	鋼構造用ふっ素樹脂塗料	鋼構造用ふっ素樹脂塗料
		2液形エポキシ樹脂プライマー1種＋エポキシ樹脂雲母状酸化鉄塗料	鋼構造用ふっ素樹脂塗料	鋼構造用ふっ素樹脂塗料
弱溶剤系2液形ホリウレタンエナメル	2種	弱溶剤系変性エポキシ樹脂プライマー	弱溶剤系2液形ホリウレタンエナメル	弱溶剤系2液形ホリウレタンエナメル
		アクリルシリコン樹脂エナメル	アクリルシリコン樹脂塗料	アクリルシリコン樹脂塗料
常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル	2種	変性エポキシ樹脂プライマー＋エポキシ樹脂雲母状酸化鉄塗料	鋼構造用ふっ素樹脂塗料	鋼構造用ふっ素樹脂塗料
		2液形エポキシ樹脂プライマー1種＋エポキシ樹脂雲母状酸化鉄塗料	鋼構造用ふっ素樹脂塗料	鋼構造用ふっ素樹脂塗料

塗料（コンクリート面）

塗装系統	塗装仕様		
	下塗り塗料	中塗り塗料	上塗り塗料
アクリル樹脂ワニス塗り	アクリル樹脂ワニス	アクリル樹脂ワニス	アクリル樹脂ワニス
	2液形ホリウレタンワニス塗り	2液形ホリウレタンワニス	2液形ホリウレタンワニス
アクリルシリコン樹脂ワニス塗り	アクリルシリコン樹脂ワニス	アクリルシリコン樹脂ワニス	アクリルシリコン樹脂ワニス
	常温乾燥形ふっ素樹脂ワニス塗り	常温乾燥形ふっ素樹脂ワニス	常温乾燥形ふっ素樹脂ワニス
塩化ビニル樹脂エナメル塗り	塩化ビニル樹脂ワニス	塩化ビニル樹脂エナメル1・2種	塩化ビニル樹脂エナメル1・2種
	アクリル樹脂エナメル塗り	アクリル樹脂ワニス	アクリル樹脂エナメル
アクリル非水分散形塗料塗り	アクリル非水分散形塗料	アクリル非水分散形塗料	アクリル非水分散形塗料
	2液形ホリウレタンエナメル塗り	反応形成樹脂ワニス	2液形ホリウレタンエナメル
弱溶剤系2液形ホリウレタンエナメル塗り	弱溶剤系反応形成樹脂ワニス	弱溶剤系2液形ホリウレタンエナメル用中塗り	弱溶剤系2液形ホリウレタンエナメル
	アクリルシリコン樹脂エナメル塗り	反応形成樹脂ワニス	アクリルシリコン樹脂塗料
常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル塗り	反応形成樹脂ワニス	常温乾燥形ふっ素樹脂塗料中塗り	建築用ふっ素樹脂塗料
	合成樹脂エマルジョンヘント塗り	合成樹脂エマルジョンシーラー	合成樹脂エマルジョンヘント
つや有り合成樹脂エマルジョンヘント塗り	つや有り合成樹脂エマルジョンヘント用下塗り塗料	つや有り合成樹脂エマルジョンヘント	つや有り合成樹脂エマルジョンヘント
	合成樹脂エマルジョンシーラー	つや有り合成樹脂エマルジョンヘント	つや有り合成樹脂エマルジョンヘント
ホリウレタンエマルジョンヘント塗り	つや有り合成樹脂エマルジョンヘント用下塗り塗料	ホリウレタンエマルジョンヘント	ホリウレタンエマルジョンヘント
	合成樹脂エマルジョンシーラー	ホリウレタンエマルジョンヘント	ホリウレタンエマルジョンヘント

塗料（アルミニウム面）（焼付け塗装）

素地調整	塗装仕様
陽極酸化処理	熱硬化形アクリル樹脂塗料塗り（焼付け）
	熱硬化形1液ウレタン樹脂塗料塗り（焼付け）
	熱硬化形ふっ素樹脂塗料塗り（焼付け）
	熱可塑性ふっ素樹脂塗料塗り（焼付け）
化成皮膜処理	熱硬化形アクリル樹脂塗料塗り（焼付け）
	熱硬化形1液ウレタン樹脂塗料塗り（焼付け）
	熱硬化形ふっ素樹脂塗料塗り（焼付け）
	熱可塑性ふっ素樹脂塗料塗り（焼付け）

3. 2 外装塗り仕上げ材製造者へのアンケート調査

3.2.1 アンケートの目的

3.1 で整理したそれぞれの塗装仕様に対して RSLC を設定するための情報を得ることを目的として、塗料および仕上塗材の専門家である製造所へアンケート調査を行い、製造所側が考える各塗装仕様の RSLC の傾向およびおおよその範囲を知るとともに、RSLC に対する考え方について把握することとした。

3.2.2 アンケートの方法

RSLC を判断する際、塗膜がどのような状態になったときに耐用年数に達したとするのか、その観点によって大きく結果が変わってくると考えられた。そこで種々検討の結果、表 5 に示す 2 つの観点を設定した。なお、地域、部位、施工水準、維持保全などの諸条件は表 3 に示した標準状態を想定した条件を前提とした。

調査は、各塗装仕様ごとに表 5 の 2 つの観点で RSLC が記入できるアンケート用紙 (表 6) を作成し、塗料および仕上塗材製造所 30 社に配布して行い、回答は 22 社から得ることができた。

表 5 アンケート調査における標準耐用年数の観点

観 点	内 容
美観維持	汚れや変退色などにより主にトップのみ塗り替える場合。
躯体・素地保護	ひび割れや剥がれなど塗り仕上面の劣化により塗膜の機能・性能が低下し、劣化が素地にまで進行してしまうことを防ぐために塗り替える場合。

表 6 アンケート用紙の例

呼び名 (主材仕様)	上塗材の仕様		標準耐用(塗替)年数		対象商品名 (差し支えなければ)	備考
	溶媒	樹脂	美観維持	躯体・素地保護		
複層塗材CE 対象主材商品名 (差し支えなければ) []	溶剤系	アクリル系				
		シリカ系				
		ウレタン系				
		アクリルシリコン系				
		ふっ素系				
	弱溶剤系	アクリル系				
		シリカ系				
		ウレタン系				
		アクリルシリコン系				
		ふっ素系				
	水系	アクリル系				
		シリカ系				
		ウレタン系				
		アクリルシリコン系				
		ふっ素系				

3.2.3 アンケート結果

アンケート結果は、各製造所が回答した RSLC を、仕様ごとに度数で表示した (回答が範囲で示された場合はその中間値：ヒストグラム形式)。

塗料および仕上塗材に関するアンケート調査結果の例を表 7 および図 1 に示す。調査結果より、主として次に様な傾向が把握された。

- ・ いずれの塗装仕様も、「美観維持」の RSLC 回答結果は「躯体・素地保護」より短い。
- ・ 樹脂の種類によって RSLC の回答結果に差がある（アクリル系、ウレタン系、アクリルシリコン系、ふっ素系の順に長い）。
- ・ アクリル系上塗材の RSLC 回答結果は、水系の方が溶剤系よりも長い。
- ・ 高耐候性塗料（アクリルシリコン系、ふっ素系）の RSLC 回答は製造所間差が大きい。

なお、表 7 および図 1 以外の調査結果については、本報告の最後に示す表 13 の No.1～8 のとおり対外発表しているので参照願いたい。

表 7 仕上塗材に関するアンケート調査結果の一例

呼び名	上塗り材 樹脂種別	耐用年数回答結果[Ys とよぶ]平均 [年]			
		美観維持		躯体保護	
複層塗材 CE (44)	アクリル	4.6	< 5.3	8.6	< 9.6
	ウレタン	6.3	6.3	10.8	< 11.3
	アクリルシリコン	9.8	8.5	15.5	14.3
	ふっ素	12.8	11.5	18.8	> 17.5
複層塗材 E (119)	アクリル	4.6	< 5.2	7.4	< 8.5
	ウレタン	6.8	6.9	10.2	10.1
	アクリルシリコン	11.1	9.8	14.6	13.9
	ふっ素	12	11.6	17.6	> 15.3
複層塗材 RE (116)	アクリル	4.5	< 5.2	8.1	< 8.5
	ウレタン	7	7.1	10.6	10.6
	アクリルシリコン	10.4	9.6	14.9	14.1
	ふっ素	13	12.6	20	> 18.6
()は調査した製品数		溶剤系	水系	溶剤系	水系

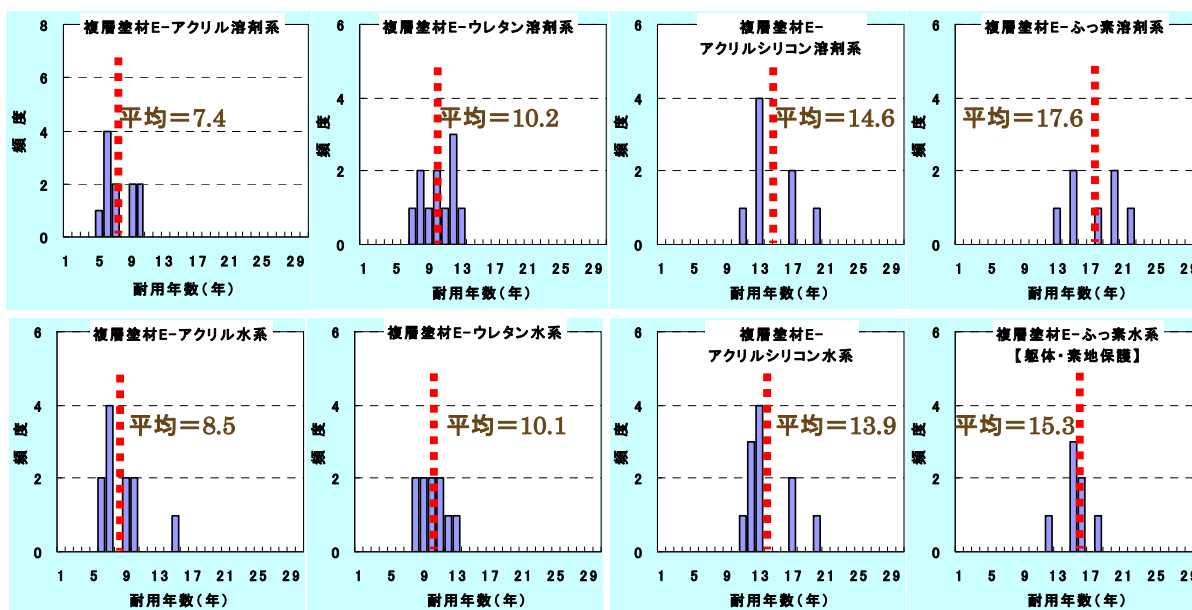


図 1 アンケート調査結果の一例 複層塗材 E の溶媒種類・上塗樹脂種別の比較
(躯体・素地保護の場合)

3. 3 美観上のリファレンスサービスマイルの仮設定

日本建築学会耐久保全運営委員会による報告⁹⁾では、RSLC の設定方法として、エキスパートの知見、耐久性能データおよび耐用性能（実態）に基づく設定があげられており、エキスパートによる判断も許容されている。そこで、塗料製造所へのアンケート結果をエキスパートの知見として位置づけ、この結果をもとに RSLC を仮設定した。

ここで、RSLC の観点は、美観を対象とし、汚れの影響は考慮しないこととした。塗装仕様は、塗料、仕上塗材、焼付け塗装を対象とした。なお、仕上塗材の種類は、最も回答数の多かった複層塗材 E を対象とし、上塗り材の樹脂種は、一般的に用いられているアクリル樹脂系、ウレタン樹脂系、アクリルシリコン樹脂系、ふっ素樹脂系とした。

美観上の RSLC を仮設定した結果を表 8～表 10 に示す。RSLC の仮設定値は、アンケート結果から仕様ごとに中央値および平均値を算出し、これらをもとに耐久性 WG のメンバーで協議の上、自然数で表示した。RSLC を大きく設定した塗装仕様ほど、中央値および平均値が大きく、標準偏差も大きい傾向にあった。

表 8 仕上塗材の美観上の RSLC 仮設定

種類	上塗り材の溶媒	上塗り材の樹脂	回答数	中央値	平均値	標準偏差	仮RSLC
複層塗材E	溶剤系	アクリル系	14	4.5	4.6	1.2	4
		ウレタン系	13	7.0	6.8	1.7	7
		アクリルシリコン系	10	10.5	11.1	3.1	10
		ふっ素系	8	12.0	12.0	3.2	13
	弱溶剤系	アクリル系	4	4.0	4.5	1.0	4
		ウレタン系	9	7.0	6.8	1.8	7
		アクリルシリコン系	10	9.5	10.1	2.5	9
		ふっ素系	5	12.0	12.4	2.3	12
	水系	アクリル系	13	5.0	5.2	2.0	5
		ウレタン系	12	7.0	6.9	1.4	7
		アクリルシリコン系	12	9.0	9.8	2.1	9
		ふっ素系	9	12.0	11.6	2.5	11

表 9 塗料の美観上の RSLC 仮設定

素地	上塗り塗料	回答数	中央値	平均値	標準偏差	仮RSLC
コンクリート面	アクリル樹脂エナメル	13	4.0	4.0	1.4	4
	2液形ポリウレタンエナメル	12	7.0	6.8	1.7	7
	アクリルシリコン樹脂エナメル	12	9.5	10.1	2.2	10
	常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル	10	14.5	13.8	3.5	14
鉄鋼面	2液形ポリウレタンエナメル	6	8.0	8.0	1.1	7
	アクリルシリコン樹脂エナメル	6	12.5	11.7	2.3	12
	常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル	6	15.0	14.5	4.1	15
亜鉛めっき鋼面	2液形ポリウレタンエナメル	7	7.0	7.6	1.3	7
	アクリルシリコン樹脂エナメル	7	11.0	10.9	1.7	12
	常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル	7	15.0	13.4	3.0	15

表 10 焼付け塗装の美観上の RSLC 仮設定

種類	塗装仕様	回答数	中央値	平均値	標準偏差	仮RSLC
焼付け塗装	熱硬化形アクリル樹脂塗料塗り	5	5.0	5.6	1.9	5
	熱硬化形1液ウレタン樹脂塗料塗り	5	10.0	9.0	2.6	10
	熱硬化形ふっ素樹脂塗料塗り	5	15.0	15.0	5.0	15
	熱可塑性ふっ素樹脂塗料塗り	5	20.0	17.0	4.5	15

3.4 文献による仮設定値の検証

3.4.1 検証方法

仮設定した RSLC の妥当性を確認するために、10 年間の屋外暴露試験によって耐久性データを取得した表 11 に示す 2 つの文献 10)、11) による検証を行った。検証に使用する耐久性データは、樹脂の劣化を表す指標として多く使用されている光沢保持率とした。また、試験体の色が白色のものを対象とした。検証手順を以下に示す。

①文献から光沢保持率データを抽出し、図 2 に示すように、仕様ごとに光沢保持率の低下開始点から低下収束点までのデータで直線回帰する。

②美観上の耐用年数を光沢保持率が 30%に至る年数と仮定し、回帰式からその年数を算出する。

③RSLC 仮設定値と光沢保持率が 30%に至る年数との関係を示し、RSLC の妥当性を検証する。

ここで、美観上の耐用年数を光沢保持率 30%に至る年数と仮定しているが、既往の文献 12)および 13)において美観の観点で補修・改修を行う場合の劣化程度が光沢保持率デグリー 3 以上 ($30 < \text{光沢保持率} \leq 50$) とされていること、文献 14)において改修などが必要なレベル (案) が光沢保持率 30%以下とされていること、一部の塗料製造所から光沢保持率 30%を美観上の耐用年数の目安としているとのアンケート回答があったこと、を理由としている。

文献中の各塗装仕様において参照する仮設定 RSLC を、表 9~11 より抽出して表 11 中に示す。文献 10)では、アクリル樹脂系およびポリウレタン樹脂系のデータがこれら 2 樹脂系の平均値で示されているため、参照値は 2 樹脂系の範囲として示した。同じく文献 10)におけるアクリルシリコン樹脂系およびふっ素樹脂系は、仕上塗材とも塗料ともどちらとも解釈できるため、表 2 および表 3 中の RSLC 仮設定値のうち、該当する可能性のあるものを範囲として示した。

3.4.2 検証結果

RSLC 仮設定値と文献 10)、文献 11)における光沢保持率が 30%に至る年数との関係をそれぞれ図 3A、図 3B に示す。図 3A から、RSLC 仮設定値と光沢保持率が 30%に至る年数との序列に相関があることが確認でき、表 2 中の外部環境要因 factorE による影響も考慮する必要があるが、光沢保持率が 30%に至る年数と RSLC 仮設定値とはほぼ同等の年数であることを確認した。ただし、ふっ素樹脂系では暴露地によって差が大きかった。

図 3B から、暴露地によって光沢保持率低下の程度に差異があるものの、図 3A と同様に RSLC 仮設定値と光沢保持率が 30%に至る年数とに相関があることが確認できた。暴露地に関しては、標準的な地域として位置づけられる[山間]が最も RSLC 仮設定値に近い傾向を示した。

以上の結果から、設定した美観上の RSLC を光沢保持率の低下年数をもとに検証が可能であることを確認し、外部環境要因 factorE による影響も考慮する必要があるものの、光

沢保持率が 30%程度に低下するまでの年数が、仮設定した RSLC とほぼ同等の年数であることを確認した。

表 11 既往の文献情報および仮設定した RSLC 参照値

文献 No.	試験体(いずれも白色)		暴露条件		仮RSLC 参照値		
	塗装システム・樹脂(いずれも溶剤系)	記号	場所	方向			
10)	アクリル樹脂系	硬質	AH	つくば 青梅 豊川 高槻 大阪 糸満	南向き 垂直	4~7	
		軟質	AS				
	ポリウレタン系	硬質	UH				
		軟質	US				
	アクリルシリコン樹脂系	硬質	AsH			10~12	
		軟質	AsS				
	ふっ素樹脂系	硬質	FH			13~15	
		軟質	FS				
11)	常温 硬化形	アクリル樹脂系		工業 (東京)	南向き 30度	4	
		ポリウレタン系				U	7
		アクリルシリコン樹脂系				As	12
		ふっ素樹脂系(FEVE)				F-1~5	15
	焼付 硬化形	アクリル樹脂系		海岸 (千倉)		5	
		ポリウレタン系				BU	10
		ふっ素樹脂系(PVDF:低温)		山間 (穂高)		BF-1	15
		ふっ素樹脂系(PVDF:高温)				BF-2	15
		ふっ素樹脂系(FEVE:中温)				BF-3	15

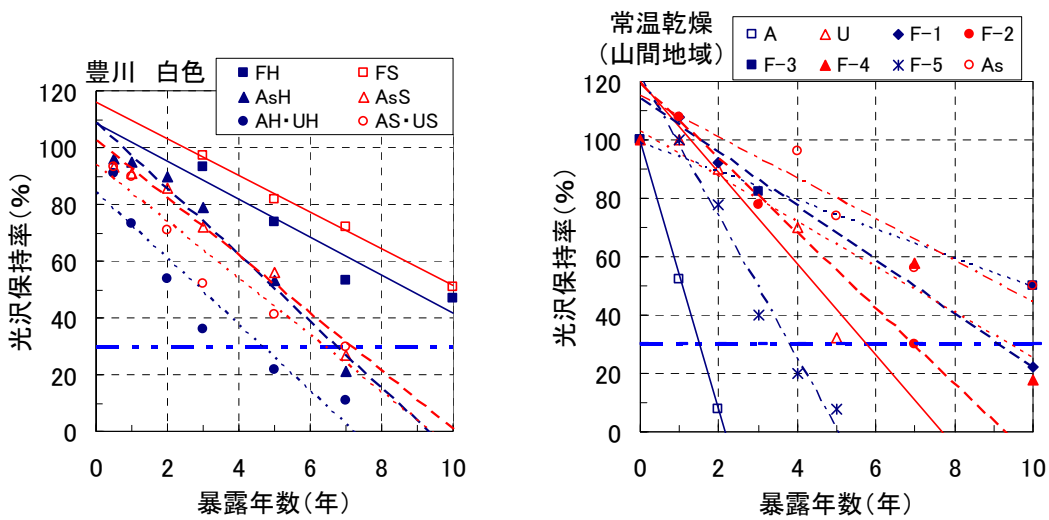


図 2 既往文献における光沢保持率データの直線回帰結果例

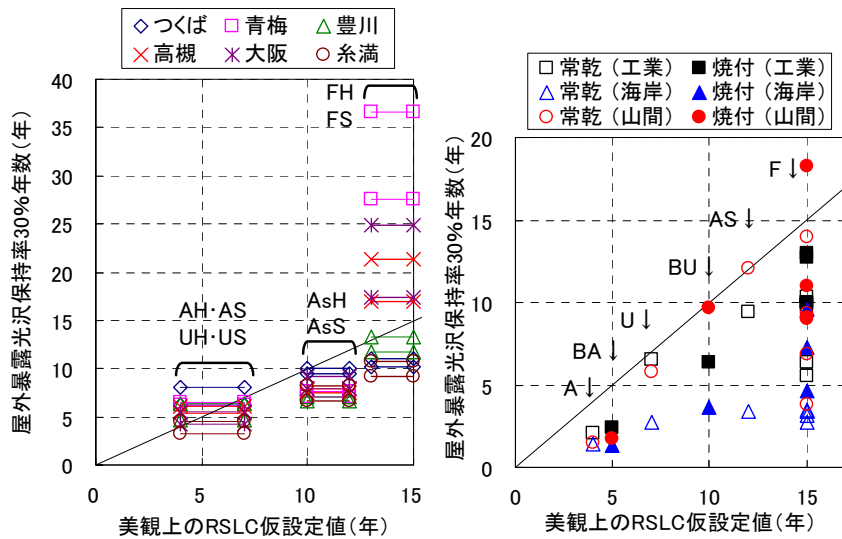


図 3A 文献 10) の場合

図 3B 文献 11) の場合

図 3 美観上の RSLC 仮設定値と光沢保持率低下年数の関係

3.4.3 白亜化と光沢保持率の関係

経年劣化した建物の調査・診断において塗装・仕上塗材の美観上の限界を判断する方法としては、光沢保持率よりも目視や指触により判断することのほうが実用的である。そこで、建物調査における補修の要否を判定する方法を提示するために、その劣化指標として白亜化度に着目し、既往の文献から光沢保持率との関係を分析した。

調査の対象とした既往の文献は、日本建築学会大会梗概集 2 件 10)、15)、ゼネコンの研究所報 1 件 16)の計 3 件とし、屋外暴露試験結果における白亜化と光沢保持率の関係を調べた。

文献調査による各種塗り仕様および上塗り塗料別データ数を表 12 に示す。

表 12 文献 10)・15)・16)のデータ詳細

文献 No.	仕上材の種類別	試験体		暴露条件		データ数**
		上塗り塗料の樹脂系統		場所 年数	方向	
10)	塗料	アクリル樹脂系		糸満* 10 年	南向 垂直	4(4)
		ポリウレタン樹脂系				5(5)
		アクリルシリコン樹脂系				20(20)
		ふっ素樹脂系				37(37)
	合計					66(66)
15)	塗料	アクリル樹脂系		東京 8 年 + 千葉 13 年	南向 30 度	1
		ポリウレタン樹脂系				1
		アクリルシリコン樹脂系				1
		ふっ素樹脂系				5
	焼付け 塗装	アクリル樹脂系		合計 21 年		1
		ポリウレタン樹脂系				1
		ポリエステル樹脂系				1
		シリコーンポリエステル樹脂系				1
		ふっ素樹脂系				3
合計					15	
16)	塗料	合成樹脂調合ペイント		北海道	南向 45 度	3
		塩化ゴム系				3
		アクリル樹脂系		横浜		3
		ポリウレタン樹脂系		鹿児島		4
		ふっ素樹脂系				3
	仕上 塗材	アクリル樹脂系		各地 10 年	6	
		ポリウレタン樹脂系			31	
		ふっ素樹脂系			4	
合計					57	

*屋外暴露試験は、既報 2)表 5 に示す 6 暴露地で行なっているが、本分析では、試験体表面に汚れの付着が少ない糸満のデータのみ採用することとした。

** () なしは白色系の試験体数を示す。() 内数字は茶色系の試験体数を示す。

文献調査結果を図4に示す。本調査より、主に次のようなことが確認された。

- ①白亜化度CK3とCK5に達した時点での光沢保持率の平均は、それぞれ22.3%～37.7%、6.75～25.1%であった。
- ②美観上の寿命の裏付けとして3.4.1で仮定した光沢保持率30%という値は、軽微な白亜化度(CK1、CK2)から重度の白亜化度(CK4、CK5)に移行する過渡期と考えられ、白亜化度(CK3)と概ね対応していると考えられる。
- ③今回分析したデータの範囲では、白亜化度と光沢保持率との関係に及ぼす暴露地、塗料の種類、色、テクスチャーによる影響は小さいと思われる。建物調査・診断時における美観上の寿命が白亜化度を指標として劣化状態の認識を共通化することができれば、既存建築物の改修計画や改修設計を行なう上で有効と考える。

なお、文献による仮設定値の検証結果については、本報告の最後に示す表13に示すNo.9～11のとおり対外発表しているため、参照願いたい。

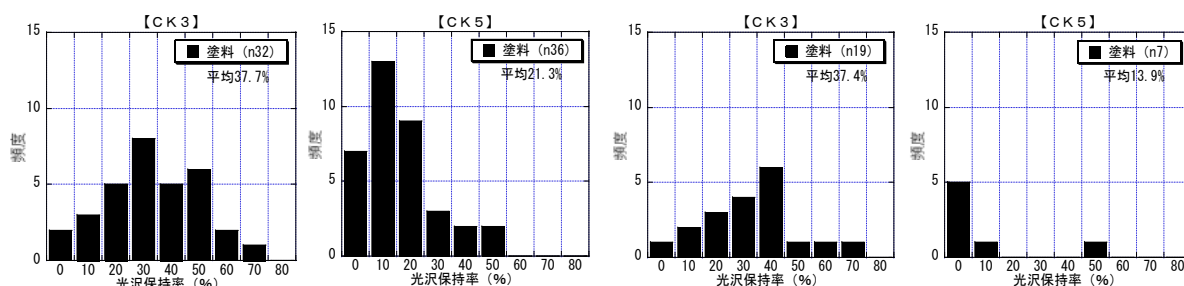


図4-1 文献7の分析結果(白色系)

図4-2 文献7の分析結果(茶色系)

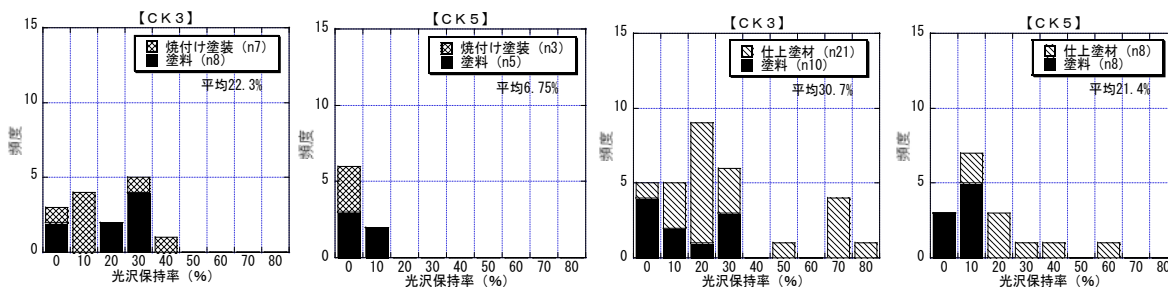


図4-3 文献8の分析結果(白色系)

図4-4 文献9の分析結果(白色系)

図4 文献による白亜化度と光沢保持率の関係の分析結果

4. 最後に

今後、実建物の経年劣化調査も行い、アンケートや文献によるこれまでの調査結果の適合性・妥当性を確認していくとともに、調査結果をまとめ、妥当性のあるリファレンス耐用年数を提案していく予定である。

表 13 耐久性 WG によるこれまでの対外発表実績

No	発表者	タイトル	発表先	年月
1	添田, 大澤, 久保田, 小久保, 住野, 高松, 山田	外装塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 －その 1 調査研究の目的および概要－	日本建築学会大会 学術講演会梗概集	2006.9
2	久保田, 大澤, 小久保, 住野, 添田, 高松, 山田	外装用塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 －その 2 塗料(鉄鋼面・亜鉛めっき鋼面)に関するアンケート調査結果－	日本建築学会大会 学術講演会梗概集	2006.9
3	大澤, 久保田, 小久保, 住野, 添田, 高松, 山田	外装用塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 －その 3 塗料(アルミニウム面)に関するアンケート調査結果－	日本建築学会大会 学術講演会梗概集	2006.9
4	小久保, 大澤, 久保田, 住野, 添田, 高松, 山田	外装塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 －その 4 塗料(コンクリート・モルタル面)に関するアンケート調査結果－	日本建築学会大会 学術講演会梗概集	2006.9
5	添田, 大澤, 久保田, 小久保, 住野, 高松, 名知, 山田	外装塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 その 1 調査の目的および塗料(コンクリート・モルタル面)に関するアンケート結果	日本建築仕上学会 大会学術講演会研究発表論文集	2006.10
6	大澤, 久保田, 小久保, 住野, 添田, 高松, 名知, 山田	外装塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 その 2 塗料(鉄鋼面・亜鉛めっき鋼面・アルミニウム面)に関するアンケート結果	日本建築仕上学会 大会学術講演会研究発表論文集	2006.10
7	山田, 大澤, 久保田, 小久保, 住野, 添田, 名知	外装用塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 －その 5 仕上塗材に関するアンケート調査結果－	日本建築学会大会 学術講演会梗概集	2007.8
8	山田, 大澤, 久保田, 小久保, 添田, 名知	外装用塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 －その 3 仕上塗材に関するアンケート調査結果－	日本建築仕上学会 大会学術講演会研究発表論文集	2007.10
9	添田, 大澤, 久保田, 小久保, 巴, 名知, 山田	外装用塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 －その 6 美観上の塗装仕様別リファレンスサービスライフの設定－	日本建築学会大会 学術講演会梗概集	2009.8
10	山田, 大澤, 久保田, 小久保, 添田, 巴, 名知	外装用塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 －その 7 白亜化と光沢保持率の関係－	日本建築学会大会 学術講演会梗概集	2009.8
11	小久保, 大澤, 久保田, 添田, 巴, 名知, 山田	外装用塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 －その 4 美観上の塗装仕様別リファレンスサービスライフの設定と検証－	日本建築仕上学会 大会学術講演会研究発表論文集	2009.10

<参考文献>

- 1)建設大臣官房技術調査室監修，外装仕上げの耐久性向上技術，1987.3
- 2)建設大臣官房技術調査室監修，鉄骨造建築物の耐久性向上技術，1986.6
- 3)日本建築学会，建築物・部材・材料の耐久設計手法・同解説，2003.3
- 4)公共建築協会，公共建築工事標準仕様書（建築工事編）平成16年版，2004.3
- 5)日本建築学会，建築工事標準仕様書・同解説 JASS18 塗装工事，2006.11
- 6)日本建築学会，建築工事標準仕様書・同解説 JASS23 吹付け工事，2006.11
- 7)日本規格協会，2005年版 JIS ハンドブック 塗料
- 8)日本建築仕上学会，建築用アルミニウム合金材料焼付け塗装標準仕様書・同解説，2005.11
- 9)日本建築学会，建築物・部材材料の耐用年数予測手法に関するシンポジウム資料，2007.4
- 10)茂木他：外壁用塗料の耐候性能評価に関する研究 その40，日本建築学会大会学術講演会梗概集，pp207～208，2000.9
- 11)大澤他：外装アルミ用塗料の耐久性に関する研究 その6，日本建築学会大会学術講演会梗概集，pp311～312，2000.9
- 12)建設大臣官房技術調査室監修：外装仕上げおよび防水の補修・改修技術3編 塗り仕上げ外壁の補修・改修技術，1992.7
- 13)独立行政法人建築研究所：既存マンション躯体の劣化度調査・診断技術マニュアル，2002.3
- 14)建設省建築研究所：長期耐用都市型集合住宅の建設・再生技術の開発 中間報告書，2000.9
- 15)大澤他：外装アルミ用塗料の耐久性に関する研究 その9，日本建築学会大会学術講演会梗概集，pp465～466，2008.9
- 16)久保田他：環境が異なる各地での屋外暴露による塗装材の耐久性比較試験，大成建設技術研究所報第29号，pp.187-194，1996

[別添資料C] 中性化評価研究会調査結果

社団法人建築業協会（BCS）材料施工専門部会

1. はじめに

各種仕上げ材の中性化抑制効果は、JASS5「鉄筋コンクリート工事（2003年版）」の「2.10 かぶり厚さ」の解説表 2.6 に、各種仕上げ材に関する中性化率が紹介され、評価目安として有効である。しかし、解説表 2.6 が表示されて 20 年以上経過しており、最近使用されている仕上げ材に関する評価は記述されていない。また、鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針（案）・同解説（2004年版）にも仕上げ材の効果が若干取り上げられているが、十分とはいえない状況である。そこで、社団法人建築業協会（BCS）の材料施工専門部会では、2006年2月に「躯体コンクリートの中性化抑制に寄与する各種仕上げ材の評価研究会」を発足し、2008年12月まで活動を行い、既存の研究成果や実験値などを総合的に整理して各種仕上げ材の中性化率を提案^{1)~2)}した。

2. 調査・研究方法

2.1 調査対象文献と評価する仕上げ材の種類

調査の対象とした文献は表1に示すように、一般論文集より53件572データ、研究会メンバーの自社データより21件144データの合計716データとした。ただし、中性化率が明らかでないデータは分析対象からは除外したため、実際の分析に用いたデータ数は372である。また、調査した文献は既存建物の実測データ、屋外暴露試験および促進中性化試験による実測データである。

図1に文献調査した各種仕上げ材のデータ割合を示す。評価対象は図中の①～④とし、⑤は市販の材料評価が少ない、⑥はもともとかぶり厚の割り増しが不要であるなどの理由で省いた。

表1 調査対象文献一覧

	名称	発行者	発行年月	文献数	データ数
一般論文集	建築学会大会梗概集	日本建築学会	1971～00年	14	130
			2001～04年	17	172
	土木学会シンポジウム	日本土木学会	2004年	1	84
	日本建築仕上学会大会 学術講演会研究発表論文	日本建築仕上学会	1990～95年	4	32
			2001～04年	4	39
セメント技術大会	セメント協会	1984～06年	13	115	
各社データ				21	144
合計				74	716

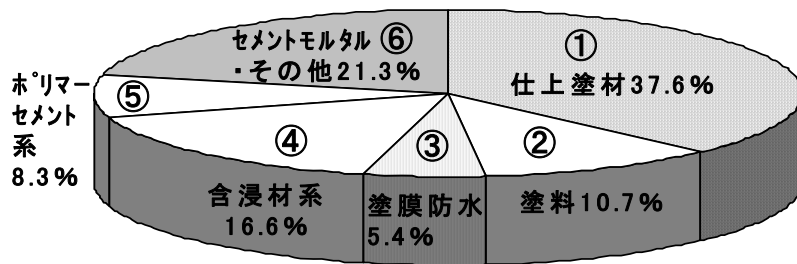


図1 文献データ分類結果

2.2 中性化抑制効果に関する実態調査および促進中性化試験

データの充実、補足および新たな中性化抑制効果の評価手法について検討するため、実建物の実態調査、促進中性化試験等を実施した。

- ① 仕上塗材の中性化抑制効果の持続性に関するデータの充実を図るため、仕上塗材が施された実建物の中性化の実態調査を行った。
- ② 仕上塗材の中で代表的な複層塗材は、下塗り(シーラー)、主剤、トップコートからなり、コンクリートの下地調整として下地調整塗材が施される。各々の中性化抑制効果を確認するため、下地調整塗材および仕上塗材種類を要因とした促進中性化試験を実施した。また、仕上げ材の透気性による中性化抑制効果の評価手法について検討するため、下地調整塗材、仕上塗材を施したコンクリートの透気係数を測定した。
- ③ 文献調査の結果、直張りタイル張り仕上げの中性化抑制効果についてのデータが乏しいことが確認されたため、直張り工法によりタイルを施したコンクリートの促進中性化試験を実施した。

3. 仕上げ材の中性化抑制効果の総括

3.1 中性化抑制効果の評価基準

中性化抑制効果に関する評価の基準として中性化率が 0.7 以下であればコンクリートの中性化抑制効果があると評価した。これは、JASS 5 では屋外で耐久性上有効な仕上げ材がある場合、かぶり厚さの規定値が 10mm 少ない事と対応している。つまり W/C=60% の条件で 30mm 中性化する場合、中性化率が 0.7 であれば 20mm に抑えられ耐久性上有効な仕上げ材と評価できるためである。また、中性化率 0.5 以下であれば「中性化抑制効果が高い」、0.3 以下であれば「中性化抑制効果が極めて高い、もしくは、非常に高い」と表現した。

3.2 中性化抑制効果の評価結果

現在広く普及している仕上げ材を対象に、種類別の中性化率を文献調査や促進中性化試験の結果にもとづき提案した。提案にあたっては、仕上げ材の劣化の有無や安全側の評価になるこ

とを考慮して、中性化率の最大値を提案値とし結果を表 2 に示す。

仕上げ材の中では、塗膜防水材の中性化抑制効果が極めて高く、複層塗材、厚付け仕上塗材の中性化抑制効果も高いことが明らかとなった。一方、薄付け仕上塗材、塗料、下地調整塗材は、中性化抑制効果が小さい。しかし、これらの中にも仕上げ材の種類によっては効果の高いものがあるため、仕上げ材に中性化抑制効果を期待する場合には、表 2 の種類別の中性化率を参考に仕上げ材を選定することも可能である。なお、種類別の中性化率のうち、防水形複層塗材 E については、促進試験で膜厚を 1/2 としたデータも含まれており、安全側の数値である。また、薄付け仕上塗材やエマルジョンペイント塗りは、ばらつきが大きいので、材料や施工法の違いが原因とも考えられるため、使用する前に、確認試験が必要である。タイル張りについては中性化抑制効果が極めて高いことが確認された。

複層塗材 E と防水形外装薄塗材 E の 2 種類について、提案した中性化率を使って中性化の進行予測を行い、実建物の調査データと比較した結果、岸谷式では安全側の予測結果となり、和泉式ではデータから回帰した曲線に近い予測結果であった。

仕上げ材を施したコンクリートのトレント法³⁾による透気係数測定結果から、透気係数が大きいほど中性化深さが大きくなる傾向が得られ、透気係数が $0.05 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 以下であれば中性化率が 0.3 以下となり、極めて高い中性化抑制効果を有することが確認された。測定結果に基づく中性化率と透気係数の関係の提案値を表 3 に示す。

表 2 各種仕上げ材の中性化率の提案値

分類	分類別 中性化率	仕上げの種類	種類別 中性化率
複層塗材	0.32	複層塗材 E	0.22
		複層塗材 RE	0.30
		防水形複層塗材 E	0.40*
		防水形複層塗材 RE	0.08
		可とう形複層塗材 CE	0.00
		防水形複層塗材 RS	0.00
薄付け仕上塗材	1.02	外装薄塗材 E	1.02
		可とう形外装薄塗材 E	0.86
		防水形外装薄塗材 E	0.68
厚付け仕上塗材	0.35	外装厚塗材 C	0.31
		外装厚塗材 E	0.35
塗膜防水材	0.10	アクリルウレタン系	0.00
		アクリルゴム系	0.12*
		アクリル系	0.32*
		ウレタンゴム系	0.00
		外装塗膜防水材	0.09
		ウレタン系	0.00
塗料	0.81	エナメル塗り	0.12
		エマルジョンペイント塗り	0.64
		ワニス塗り	0.81
下地調整塗材	0.87	セメント系 C-1	0.61
		セメント系厚塗材 CM-1、2	0.87
		合成樹脂エマルジョン系 E	0.29
外装タイル (直張り工法)	0.22	磁器質タイル下	0.14
		目地下(目地幅 5mm)	0.22

注 1：表中の数字は中性化率の最大値を示す。

注 2：種類別中性化率のうち、分類別中性化率で外れ値となったものには、*を付けた。

注 3：防水形複層塗材 E は、促進試験で所定の 1/2 の厚さで試験したのもあるため、安全側の数値である。

表 3 中性化率と透気係数の関係

中性化率評価	0.3 以下	0.3~0.7	0.7 を超える
中性化率に対応する 透気係数 Kt ($\times 10^{-16} \text{m}^2$)	0.05 以下	0.05~1.69	1.69 超

参考文献

- 1) 長瀬公一他: 躯体コンクリートの中性化抑制に寄与する各種仕上げ材の評価(その 1~8)、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1123~1138、2007.8
- 2) 河野政典他: 躯体コンクリートの中性化抑制に寄与する各種仕上げ材の評価(その 9~13)、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.957~966、2008.9
- 3) 今本啓一他: 実構造物の表層透気性の非・微破壊試験方法に関する研究の現状、コンクリート工学、Vol.44、No.2、pp.31-38、2006.2

[別添資料D] 注入口付アンカーピンの品質・性能基準

(社) 建築研究振興協会 注入口付アンカーピンの品質・性能基準検討委員会報告書より抜粋

1. 適用範囲

この基準は、主としてモルタル塗り仕上げ、タイル張り仕上げの浮き部改修工法に用いる注入口付アンカーピンの品質・性能について規定する。

2. 引用規格

付表 1 に掲げる規格は、この基準に引用されることによって、この基準の規定の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版を適用する。

3. 種類及び記号

注入口付アンカーピンは、拡張部を有するステンレス鋼（SUS304）の中空円筒状のアンカーピンで、呼び径が外径 6mm を標準とし、呼び長さは 50mm、70mm 及び 100mm を標準とする。注入口付アンカーピンは、その頭部の形状により表 1 の 2 種類に分ける。

表 1 種類

種類	記号	区分内容
テーパ型	T	頭部の形状がテーパ状で、この部分が穿孔部仕上げ面と密着してエポキシ樹脂の漏れを防ぐタイプ
段付型	D	頭部の径がアンカーピンの外径より大きく、この部分が穿孔部仕上げ面と密着してエポキシ樹脂の漏れを防ぐタイプ

4. 品質

- a)注入口付アンカーピンは、均質で、油脂分や汚れなど接着に有害と認められる異物の付着があってはならない。
- b)注入口付アンカーピンは、穿孔部に挿入の後、専用の打込み工具で容易に開脚し、躯体に固着できるものでなければならない。
- c)注入口付アンカーピンは、5.「試験方法」によって試験し、表 2 の規定に適合しなければならない。

表 2 品質

試験項目		試験条件	ピンの種類	
			T	D
引抜き強度		23±2℃	1,500N/本以上	1,500N/本以上
モルタル部からの頭抜け強度		23±2℃	1,000N/本以上	1,000N/本以上またはモルタル板が破壊すること
せん断強度	エポキシ樹脂を注入した場合	23±2℃	100 kN/体以上	100 kN/体以上
	ピンのみの場合	23±2℃	2,500N/本以上	2,500N/本以上
漏れ性能		23±2℃	漏れないこと	漏れないこと

5. 試験方法

5.1 試験の一般条件

a) 試験室の状態

試験室の状態は標準状態とする。ここでいう標準状態とは、JIS Z 8703「試験場所の標準状態」に規定する温度 23±2℃、湿度 50±5%をいう。

b) エポキシ樹脂接着剤

ここで用いるエポキシ樹脂は、JIS A 6024「建築補修用注入エポキシ樹脂」に規定する硬質形の高粘度形とする。

c) アンカーピンの長さ

本試験に用いるアンカーピンの長さはすべて 50mm とする。

d) 試験の回数

試験は各試験毎に 5 回行う。

5.2 引抜き強度

①コンクリート板は、調合設計強度 3,000N/cm²のコンクリート板を用いるか、または、JIS A 5304「舗装用コンクリート平板」に規定する規格品を用いる。

②注入口付アンカーピンを挿入する孔の穿孔は、コンクリート用ドリルを用いる。

③ドリル径は、注入口付アンカーピン製造所の仕様による。

④穿孔はコンクリート面に対しほぼ直角に行い、コンクリート中に 20mm の深さに達するまで行う。

⑤穿孔後は、孔内をブラシ等で清掃の後、圧搾空気等で接着の妨げとなる切粉等を除去する。

- ⑥注入口付アンカーピンを孔に挿入し、ハンマーで軽く叩いて孔の底部に達せしめる。
- ⑦専用の打込み具で先端の開脚部を拡張し、注入口付アンカーピンを固着する。
- ⑧建研式引張り試験器または、日本建築仕上学会簡易引張り試験器により引抜き試験を行う。
- ⑨引抜き試験は注入口付アンカーピン 5 本について行い、何れの場合も 1,500N/本以上の引抜き強度を有する場合を合格とする。

5.3 モルタル部からの頭抜け強度

- ①モルタル板は、300mm×300mm の大きさで、厚さ 30mm の平板とする。表面は金ゴテ仕上げとする。なお、現場でこの試験を行う時は、脆弱なモルタル部分を避ける。
- ②モルタルの調合は、JIS R 5201 「セメントの物理試験方法」 によるモルタルとし、4 週以上養生したものを用いる。
- ③穿孔は、5.2 と同じコンクリート用ドリルを使用し、平板のほぼ中心部に貫通する孔を穿孔する。
- ④孔にピンを挿入して、先端を軽く叩いて指定の位置に収め、他端を引張り試験器に接続し、最大引抜き強度を求める。
- ⑤試験体は 5 体とし、いずれも 1,000N/本以上、または 1,000N/本以上でモルタルが破壊すること。

5.4 せん断強度

a) エポキシ樹脂を注入した場合

- ①コンクリート板は、JIS A 5304 「舗装用コンクリート平板」 に規定する規格品を用いる。
- ②コンクリート板に、30mm 厚さのモルタル（調合は、JIS R 5201 「セメントの物理試験方法」による）を塗り付ける。その際、浮き代を作るために、JIS K 6888 「四ふっ化エチレン樹脂板」 に規定する厚さ 0.5mm の樹脂板を図 1 のように 1 層敷き込んでおく。樹脂板は、抜取りのため 100mm 程度出しておく。
- ③2 日養生後、樹脂板を抜取り、そのままの状態に 4 週間養生する。
- ④ピン製造所が指定するドリルビットを装着したコンクリート用ドリルを用いて供試体の中心に 55mm 深さの孔を穿孔し、圧搾空気を用いて切粉を除去清掃する。
- ⑤注入口付アンカーピンを孔に挿入して、ハンマーで軽く叩いてモルタルの面まで打込んだ後、専用の打込み工具で先端開脚部を拡張し、注入口付アンカーピンを固着する。なお、現場で試験を行う時は、脆弱なモルタル部分を避ける。
- ⑥手動式注入器にピン製造所の定める専用のノズルを装着し、エポキシ樹脂を 25cc 注入する。
- ⑦1 週間養生の後、接着面に平行にせん断力を加え、5 個の試験体のせん断耐力がはず

れも 100kN/体以上の場合を合格とする。

b) ピンのみの場合

- ①コンクリート板とモルタル板はそれぞれ、a)－①及び a)－②に規定する品質のものとする。
- ②コンクリート板は、100mm×80mm×60mm (厚さ)、モルタル板は、100mm×80mm×30mm (厚さ) の寸法とする。
- ③試験体の製作は a)－④及び a)－⑤に準じて行う。
- ④5 回の試験体のせん断耐力がいずれも 2,500N/本以上の場合を合格とする。

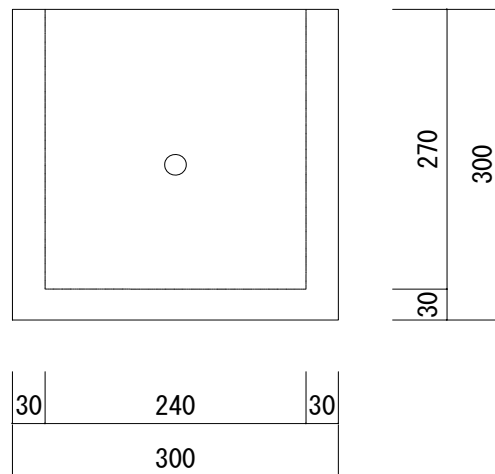


図 1 試験体

5.5 漏れ性能

- ①試験体は、JIS R 5201 「セメントの物理試験方法」 によるモルタルで、たて 500mm×よこ 500mm×厚さ 100mm のブロックを用いるのを標準とするが、1 品種当たり 50 本以上のピンが施工できる大きさとする事ができる。
- ②ドリルは図に示す位置に従ってピン製造所が指定するドリルビットを装着して 55mm 深さの孔を穿孔する。穿孔は、モルタル面に対してほぼ直角に行う。孔内をブラシで清掃後、圧搾空気を用いて切粉を十分除去する。
- ③注入口付アンカーピンを孔に挿入して、ハンマーで軽く叩いてモルタルの面まで打込んだ後、専用の打込み工具で先端開脚部を拡張し、注入口付アンカーピンを固着する。
- ④手動式注入器の先端に、2,000N/cm²以上測定可能なブルドン管式圧力計を装着し、ピン製造所が指定する専用ノズルを用いてエポキシ樹脂を注入する。
800N/cm²の圧力を保ったまま 10 秒間加圧し続け、ピンとモルタルの接点から注入樹脂の漏れがないことを確認する。なお、現場でこの試験を行う時は、脆弱なモルタル部分を避ける。

6) 検査

注入口付アンカーピンは、JIS Z 9001「抜取検査通則」によってロットの大きさを決定し、合理的な抜取検査方式によって資料を抜取り、4.「品質」の規定に適合しなければならない。

7) 製品の呼び方

注入口付アンカーピンの呼び方は記号によって次のとおりとする。

T または D — 直径 — 長さ

8) 表示

注入口付アンカーピンの容器には、容易に消えない方法で次の事項を表示しなければならない。

- a) 基準の名称またはその略号
- b) 製造業者名またはその略号
- c) 製造年月日またはその略号
- d) 容器内の正味本数
- e) 取扱い注意事項

9) 注入口付アンカーピンの取扱い注意事項

- a) 保管は室内で常温とする。
- b) 油、ほこりその他のよごれの付着しない取扱い方法とする。

10) 標準作業要領と自主検査

- (1) この工法は、モルタル仕上げ塗り、タイル仕上げ張りを撤去しないで改修を行う工法で、注入口付アンカーピンの位置を仕上げの表面にチョークではっきりとマーキングする。
- (2) 注入口付アンカーピン固定部の穿孔径は、6.5～7.0mm の範囲内とし、マーキングに従って壁面にほぼ直角に、構造体コンクリート中に 20mm 以上の深さに達するまで穿孔する。
- (3) 穿孔後は、孔内をブラシで清掃後、圧搾空気では接着の妨げとなる切粉を十分除去する。
- (4) 穿孔部の浮き代を浮き面積 1 m²当たり 3 箇所測定し、その平均を浮き代とする。
- (5) 注入口付アンカーピンの長さは、モルタル厚さにプラス 20mm 以上とする。
- (6) 注入口付アンカーピンを孔に挿入して、ハンマーで軽く叩き、頂部モルタル面まで打込んだ後、専用打込み器で、先端の開脚部を拡張し、注入口付アンカーピンを固着する。
- (7) 穿孔部付近のモルタルが脆弱な場合は、注入口付アンカーピンの挿入に先立って注入用エポキシ樹脂を手動式注入器を用い、おおむね 3～5 ストローク分を穿孔部内に注入した後、前項(6)の作業を行う。
- (8) 注入エポキシ樹脂を手動式注入器を用い、注入口より徐々に充填する。特記が無い場合、注入口 1 箇所当たり 25cc (30g) とする。
- (9) 注入口は、仕様書に従い仕上げると共に清掃を行う。
- (10) 自主検査は、注入口付アンカーピン 1 本ずつについて、エポキシ樹脂の拡がり、固着状況についてテストハンマーの打診で検査し、異常がなくなるまで検査を行い、結果を発注者に提出する。

付表 1 引用規格

規格	規格の名称
JIS R 5201	セメントの物理試験方法
JIS A 5304	舗装用コンクリート平板
JIS G 4305	冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯
JIS K 6888	四ふっ化エチレン樹脂板
JIS A 6024	建築補修用注入エポキシ樹脂
JIS Z 8703	試験場所の標準状態
JIS Z 9001	抜取検査通則

【別添資料E】 躯体及び外装の改修に関連する認証等を受けた技術

証明等の番号	構法概要	材料・構工法	改修等の目的
建設省建設技術 評価制度大臣評 価書交付 H9	名称：タケモルピンネット工法 企業：全日本外壁ピンネット工事業協 同組合	ピンネット工法	はく離防止
BCJ- 審査証明 -27	名称：ボンドカーボンピンネット工 法・タイル張り仕様 企業：コニシ（株）建設部	ピンネット工法	はく離防止
BCJ- 審査証明 -43	名称：GNS ピンネット工法 企業：全国ビルリフォーム工事業協同 組合	ピンネット工法	はく離防止
BCJ- 審査証明 -71	名称：タイル張り用 GN スーパーピン ネット工法 企業：全国ビルリフォーム工事業協同 組合	ピンネット工法	はく離防止
BCJ- 審査証明 -82	名称：コンスネット工法 企業：(株) コンステック	ピンネット工法	はく離防止
BCJ- 審査証明 -107	名称：ハマテック・ネットアンカー構 法 企業：(株) ハマキャスト	ピンネット工法	はく離防止
BCJ- 審査証明 -142	名称：リアネット E 工法 企業：(株) コンステック	ピンネット工法	はく離防止
BCJ- 審査証明 -34	名称：ルーフボンド・タフバインダー 工法 企業：東レ（株）	モルタル剥離防止 工法	はく離防止
BCJ- 審査証明 -140	名称：タイルフィックス工法 企業：(株) 東邦建材	エポキシ樹脂注入 工法	はく離防止

※ BCJ：日本建築センターの略。公益法人 15 法人が実施する建設技術審査証明だが、ピンネット工法
に関しては主に（財）日本建築センターが実施している。

[別添資料F] 外壁複合改修構工法について

『保全工事共通仕様書 平成20年版』より抜粋

3章 外壁等修繕工事

5節 外壁複合補修工法

3.5.1 外壁複合補修工法

1. 適用範囲

本項は、下記の範囲のモルタル塗り、タイル張り、コンクリート打放しの欠け等の浮き部分等をネットや不織布等のライニング及びアンカーピンにより既存仕上層との一体化を行う修繕に適用する。

- (1) 不特定多数の人が通行する公道等に直接面している外壁面等のバルコニー手摺り、パラペット、庇等の先端部や出隅部分等（以下「外壁狭小部」という。）の修繕。
- (2) 外壁の面単位の修繕。

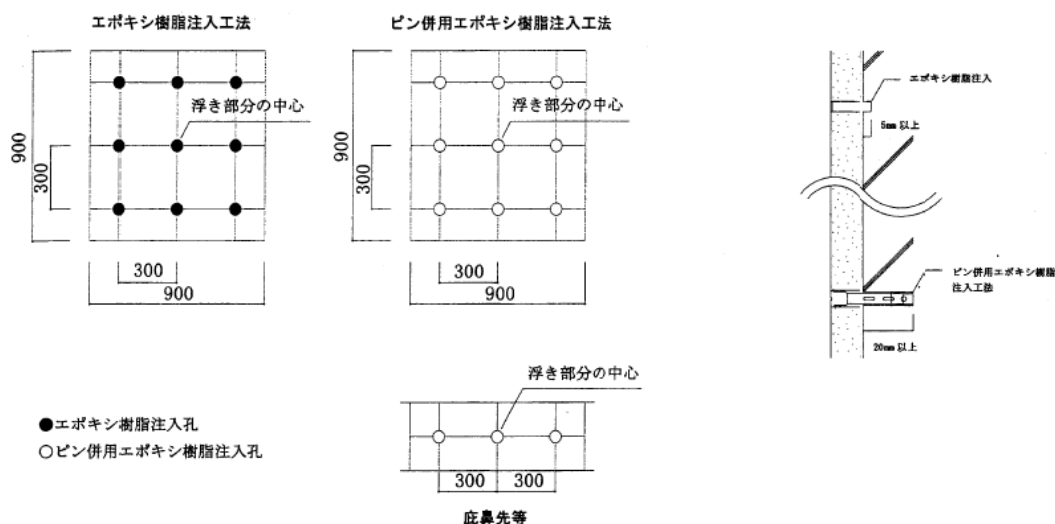
2. 下地処理

外壁の浮き、欠け、ひび割れ等の下地処理は次による。

(1) モルタルの浮き部分

イ. モルタルの浮き部分の補修は、3.2.3による。

ロ. 浮き部分の注入は、3.2.2図に準じ、浮き中心部を基点に上下左右500mmピッチを標準とし、ひび割れ上は避けること。



3.2.2 図 穴あけ位置

(2) モルタル等欠け部分

モルタル等欠け補修は、3.2.5 によるほか、3.5.2 によることができる。

(3) ひび割れ部分

モルタル部分は、3.2.2 又は 3.2.3 の 3 (1) ※1 により行い、コンクリート打放し部分は、

3.4.2 又は 3.4.3 による。

(4) 外装仕上材部分

外装仕上材部分の下地処理は、8.6.1 による。

3. 材料

使用する材料の品質等は、「機材及び工法の品質判定基準 (保共仕版)」によるほか、次による。

(1) 改修下地の材料の仕様は次による。

イ. 複合補修工法用アンカーピン

ステンレス鋼 SUS304 とし、躯体コンクリートに 20mm 以上達するものとする。

ロ. 補強繊維

①有機系合成繊維 (ビニロン、ナイロンなど) ネット (マット) または短繊維

②無機系繊維 (耐アルカリ性ガラスなど) ネット (マット) または短繊維

ハ. 塗付け材料

①ポリマーセメントモルタル

②透明な液状樹脂

(2) 注入用エポキシ樹脂は、3.2.3 の 3 (1) ※1 による。

(3) シーリング材は、JIS A 5758 (建築用シーリング材) による 2 成分形ポリウレタン系シーリング材のノンブリード型とする。ただし、シーリング材の表面に塗装を施さない場合は、2 成分形変成シリコーン系シーリング材又は 2 成分形ポリサルファイド系シーリング材とする。繊維補強プラスチック塗り工法を施工する場合は、繊維入樹脂の製造所の仕様による。

4. 工法

工法は、次による。なお、タイル等の既存外壁の外観を残したまま改修する場合は、繊維補強プラスチック塗り工法とする。

(1) ポリマーセメントモルタル塗り工法

補強繊維、ポリマーセメント及びアンカーピンを併用し既存外壁仕上げ層と一体化する工法。

(2) 繊維補強プラスチック塗り工法

繊維入りの透明度の高い液状樹脂とアンカーピンを併用し既存外壁仕上げ層と一体

化する工法。

5.施工

施工は製造所の仕様によるほか次による。なお、工程の順は製造所の仕様による。

(1) プライマー等の塗付

3.5.2.の2(1)から(4)※2の下地処理後、下地の乾燥具合を見計らい、プライマー等を製造所の仕様により全面に塗る。

(2) 塗付け材料塗布 (1回目及び2回目)

塗付け材料の練混ぜは、製造所の仕様により均一になるように行う。塗付けはプライマーが乾燥した後、だれ、塗残しのないよう全面に行う。

(3) 繊維ネット (マット) 張り (短繊維を用いる場合は除く)

補強繊維として繊維ネット (マット) を用いる場合には、塗付け材料 (1回目) を塗付けた直後、塗付け材料が硬化しないうちに張付け、皺やたわみなどがないように塗付け材料の中に埋込み、24時間以上養生する。

(4) アンカーピン打込み

500mmピッチ、4本/m²を標準として、マーキングを行う。ただし、建物高さが45mを超える場合、風圧力に対して十分なピッチおよび本数とする。アンカーピン固定部の穿孔はコンクリート用ドリル等を用い、壁面に対し直角とする。穿孔はマーキングに従って行い、構造体コンクリート中に20mm程度の深さに達するまで行う。孔内の微砕粉を清掃具で除去した後、アンカーピンを孔内に挿入し、拡張子を打込み棒で打込んでコンクリート躯体に固定する。

(5) シーリング

塗付け材料 (2回目) の施工後、伸縮目地や端末部の取合いなどにシーリング材を充てんする。

(6) 養生

施工後の養生期間は、夏季3日以上、冬季は7日以上を標準とする。

6.現場試験

(1) アンカーピンの引抜き試験

アンカーピンの引抜き耐力が得られていることを確認する。

イ. 試験箇所

試験箇所は、監督員の指示により、施工対象住棟が複数棟の場合は1棟につき1箇所以上かつ合計で3箇所以上を選定する。

ロ. 確認事項

製造所の標準工程に従い、修繕を行う建物の躯体コンクリート中に、20mm以上の深さに達するようにアンカーピンを打込み、油圧式引張試験機を用いて引抜き耐力を測定する。測定は上記イの試験箇所1箇所につき1m²の範囲内で3点行い、その平均値を引抜き耐力とし、引抜き耐力1,470N/本が得られていることを確認す

る。なお、異常が発見された場合には、監督員に報告し、その指示を受ける。

ハ．試験後の穴埋め処理

試験後の穴埋め等は、3.2.5により補修する。

(2) 接着強度試験

ネットを含む塗付け材料が下地に接着していることを確認する。

イ．試験箇所

試験箇所は、監督員の指示により、施工対象住棟が複数棟の場合は1棟につき1箇所以上かつ合計で3箇所以上を測定する。

ロ．確認事項

試験は下地処理のエポキシ樹脂硬化後に行う。接着力試験機を用いて、上記イの試験箇所1箇所につき1㎡の範囲内で3点の試験を行い、その平均値を接着強度とし、接着強度が0.7N/mm²以上であることを確認する。なお、異常が発見された場合には、監督員に報告し、その指示を受ける。

ハ．試験後の穴埋め処理

試験後の穴埋め等は、3.2.5により補修する。

7.責任施工

工事は、請負者の責任施工とし、工事完成後、製造所との連名による保証書を監督員に提出する。なお、保証書の様式は特記による。

※1 : 3.2.3 3 (1)

3.材料

(1) 注入用エポキシ樹脂

イ．注入用エポキシ樹脂は2液性無溶剤タイプとし、JIS A 6024（建築補修用注入エポキシ樹脂）による硬質形高粘度形を標準とする。

ロ．使用するエポキシ樹脂は、棟単位で同一製造所の製品とする。

※2: 3.5.2 2 (1) ~ (4)

2.材料

使用する材料は、「機材及び工法の品質判定基準（保共仕版）」によるほか、次による。

(1) 初期補修用プレミックスポリマーセメントペーストは、公住仕（別冊）「機材の品質・性能基準」によるものとする。

(2) 厚付けモルタル、同プライマー及び初期補修用プレミックスポリマーセメントペーストは、同一製造所の製品とする。

(3) 厚付けモルタルは、粉体（セメント、骨材（粒度配合された軽量骨材、ケイ砂等））

と混和液を組み合わせたもの又は粉体中に再乳化形粉末樹脂を混入したものとする。

なお、混和液の固形分濃度は、製造所の表示値 $\pm 2\%$ とする。

- (4) プライマーは、アクリル系共重合体及びエチレン酢酸ビニル系共重合体とする。プライマーの固形分濃度は、製造所の表示値 $\pm 2\%$ とする。

[別添資料G] 外壁複合補修工法

『機材及び工法の品質判定基準仕様登録集 平成 20 年版』（UR 都市機構）より抜粋

○外壁複合補修工法

1 適用範囲

外壁複合修繕工法に使用される主要材料（アンカーピン、補強繊維および塗付け材料）について適用する。

2 要求性能

表-1 の性能を有すること。

表-1

項目	判定基準	試験方法 別紙「外壁複合補修工法の 性能試験方法」
コンクリート躯体に対するアンカーピンの引抜き試験	1,470N 以上	試験番号 01 ※
複合補修層に対するアンカーピンの引抜き試験	1,470N 以上	試験番号 02 ※
複合補修層の接着強度試験	0.7N/mm ²	試験番号 03 ※
複合補修層の補強効果確認（面外曲げ）試験	曲げ強度が 490N もしくは変位が 30 mm で破断しないこと	試験番号 04 ※
温冷繰返しに対する耐久性試験	0.5N/mm ²	試験番号 05 ※

※狭小部については、試験番号 02 及び 04 は適用しない。

○外壁複合補修の性能試験方法

(1) コンクリート躯体に対するアンカーピンの引抜き試験 (試験番号 01)

試験用下地板として JIS A 5371 (プレキャスト無筋コンクリート製品) 付属書 2 推奨仕様 2-1 に規定する普通平板 (300×300×60mm) にアンカーピンを深さ 20mm 打込んだ後、図 1 に示すような要領でアンカーピンの引抜き試験 (n=5) を実施し、平均値を求める。

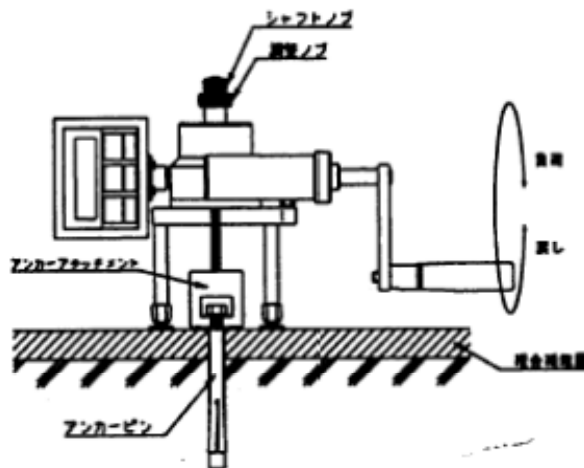


図 1 アンカーピンの引抜き試験

(2) 複合補修層に対するアンカーピンの引抜き試験 (試験番号 02)

モルタル板 (300×300×25mm 程度) を JIS R 5201 (セメントの物理試験方法) の 10.4 (供試体の作り方) に規定する方法に準じて作製する。その上に、複合補修工法の標準工程に準じて補強繊維、塗付け材料およびアンカーピンを施工して 1 週間程度経過した後、図 2 に示す要領でアンカーピンの引抜き試験 (n=5) を実施し、平均値を求める。

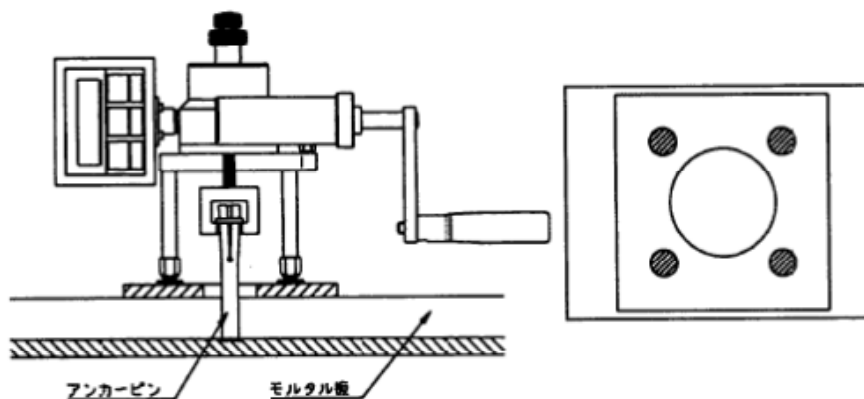


図 2 アンカーピン脚部からの引抜き試験

(3) 複合補修層の接着強度試験 (試験番号 03)

モルタル板 (300×300×50mm) の上に、マスチック A,C (仕上塗材 : ツヤ有合成樹脂エマルジョンペイント)、45 二丁掛施釉陶磁器質タイルを施工した各 1 体の試験体および仕上げを施さないモルタル板 1 体を準備する。なお、モルタル作製は JIS R 5201 の 10.4 (供試体の作り方) に規定する方法による。その上に、複合補修工法の標準工程に準じて補強繊維および塗付け材料を施して 1 週間程度経過した後、図 3 に示すような要領で 40×40mm のアタッチメントを取付けて周囲に下地に達する切込みを入れて、油圧式引張試験機を用いて引張接着強度を測定するとともに、破断面を目視観察し、破断面の状態を確認する。試験は試験体の中央部で 3 ヶ所、試験体端部 (縁から 10mm 程度離れた位置) で 3 ヶ所実施し、その平均値を求める。

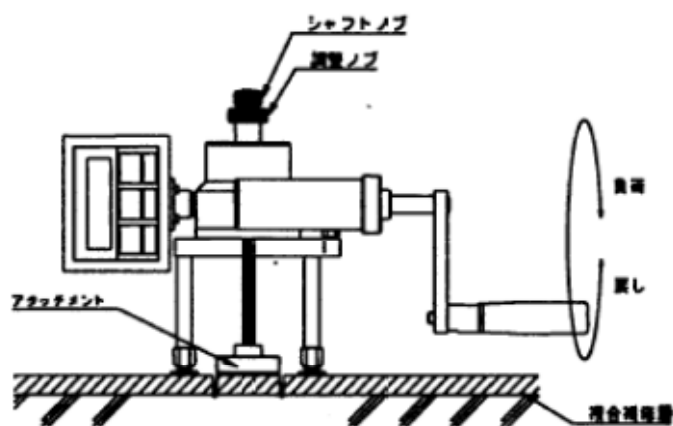


図 3 複合補修層の接着強度試験

(4) 複合補修層の補強効果確認（面外曲げ）試験（試験番号 04）

モルタル板（100×600×30mm）を JIS R 5201 の 10.4（供試体の作り方）に規定する方法に準じて作製する。そのモルタルを 1 週間程度養生した後、長手方向の中心部に載荷して 2 分割する。その破断面をつき合わせて型枠面側の上に複合補修工法の標準工程に準じて補強繊維および塗付け材料を施して 1 週間程度経過した後、図 4 に示す要領で、載荷速度を 5mm/min とし、荷重が 490N もしくは変位が 30mm になるまで曲げ試験（n=3）を行う。

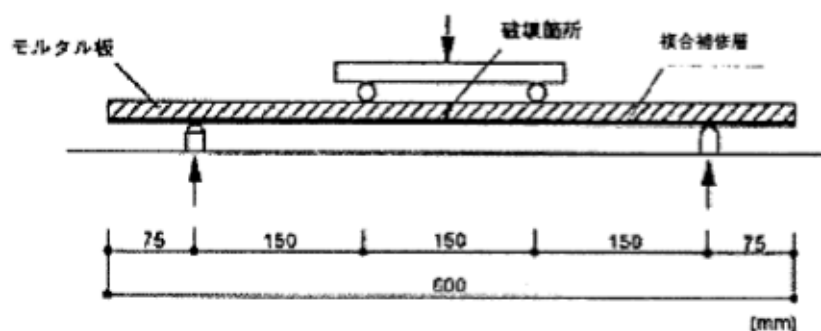
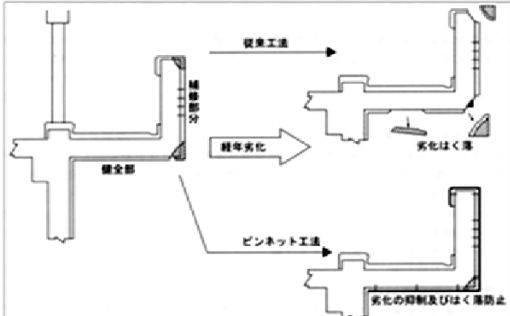
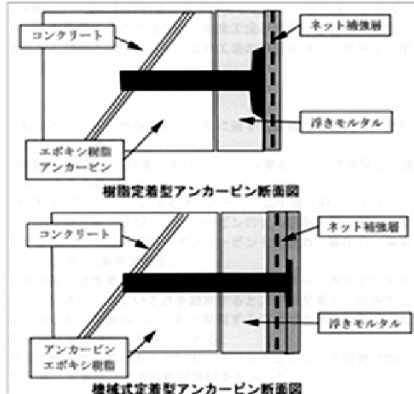
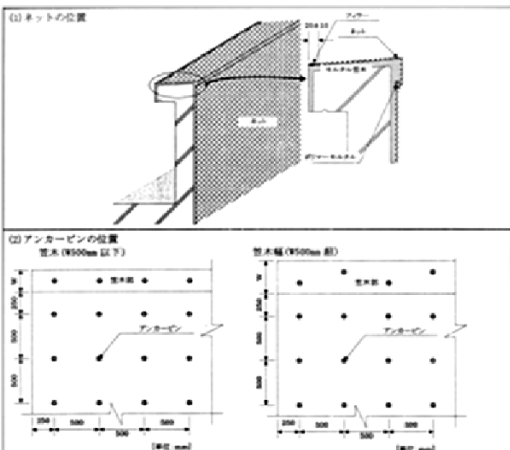
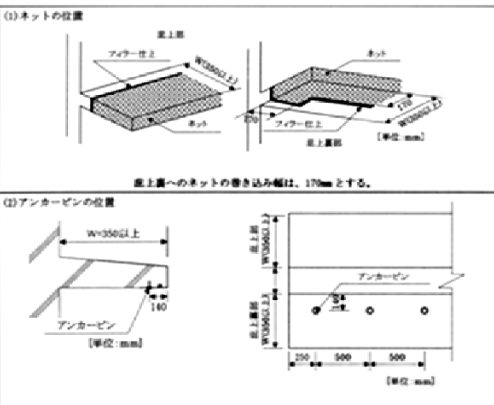


図 4 面外曲げ試験

(5) 温冷繰返しに対する耐久性試験（試験番号 05）

モルタル板（300×300×50mm）の上に、マスチック A,C（仕上塗材：ツヤ有合成樹脂エマルジョンペイント）、45 二丁掛施釉陶磁器質タイルを施工した各 1 体の試験体および仕上げを施さないモルタル板 1 体を準備する。なお、モルタル作製は JIS R 5201 の 10.4（供試体の作り方）に規定する方法による。その上に、複合補修工法の標準工程に準じて補強繊維および塗付け材料を施して 1 週間程度経過した後、室温の水に 16 時間浸漬して 80℃の乾燥機中で 8 時間乾燥する。この条件を 1 サイクルとして 10 サイクル実施した後、図 3 に示すような要領で 40×40mm のアタッチメントを取付けて周囲に下地に達する切込みを入れて、油圧式引張試験機を用いて引張接着強度を測定するとともに、破断面を目視観察し、破断面の状態を確認する。試験は試験体の中央部で 3 ヶ所、試験体端部（縁から 10mm 程度離れた位置）で 3 ヶ所実施し、その平均値を求める。

[別添資料H]

外壁複合改修構工法（ピンネット工法）	グループ
<p>●工法グループの適用条件</p> <ol style="list-style-type: none"> ひび割れ、欠損、浮きの発生要因が次の何れにも該当しないこと。 <ul style="list-style-type: none"> 地盤又は建物の不同沈下 構造設計時に想定した荷重を超える荷重の作用 コンクリート面のひび割れがアルカリ骨材反応、凍害、化学的腐食によるもの 施工等の不具合により生じた部分的な耐力不足や大換みによるもの 鉄筋の腐食が発生している箇所は、「H 鉄筋腐食抑制・補修工法」に基づき補修されていること。 ひび割れ、欠損、浮きを総合的に補修することが目的であること。 <p>●工法グループ共通の適用対象</p> <ul style="list-style-type: none"> 外壁一般部、庇鼻先・上げ裏・屋根面、バルコニー腰壁、パラペット、外壁から突き出た梁型・柱型等の部位で、既存モルタル又はタイル仕上げの浮き、はく離、はく落が生じている不具合を補修する。 不具合が生じる可能性がある周囲を含めて、総合的にはく落防止の改修を行う。 <p>●工法の安全性の確認（法遵守事項ではないが、建設技術審査証明等の技術認証においては、次の確認が行われている。）</p> <ul style="list-style-type: none"> 建築基準法施行令 82 条第 4（屋根ふき材等の構造計算）及び平 12 建告 1458 号に基づく、適用建物の高さ 45m 以下又は 60m 以下における風圧に対する構造耐力上の安全性の確認。 建築基準法施行令 82 条の 6（許容応力度等計算）により地震力を短期荷重とした場合の地震に対する構造耐力上の安全性の確認。 	<p>●工法の種類</p> <p>定着方法</p> <ul style="list-style-type: none"> 樹脂定着形 機械式定着形 （樹脂接着併用あり） <p>既存仕上げの種類</p> <ul style="list-style-type: none"> モルタル塗り タイル貼り <p>新規仕上げの種類</p> <ul style="list-style-type: none"> 塗装仕上げ タイル貼り仕上げ
<p>●工法の種類と概要</p> <ul style="list-style-type: none"> 既存外壁仕上層を存置したまま、アンカーピンと繊維ネットを複合して用いることにより、ピンによる仕上層の剥落防止と、繊維ネットによる既存仕上層の一体化により安全性を確保しようとするものである（改修標仕）。  <p>既存劣化・従来改修工法・ピンネット改修工法の比較 （図：「ボンドカーボピンネット工法」の標準施工マニュアルより）</p>	<ul style="list-style-type: none"> 工法は、樹脂定着型（はく離仕上層をピン固定）と、機械式定着型（はく離仕上層とネットをピン固定）がある。（定着型の名称及び図は、2002 年度日本建築学会大会）  <p>樹脂定着型アンカーピン断面図 機械式定着型アンカーピン断面図</p>
<p>●ピンネット工法の納まりの例</p>  <p>(1) ネットの位置 (2) アンカーピンの位置 （柱太幅 W500mm 以下） （柱太幅 W500mm 超）</p> <p>パラペット部のネットの張り方例</p>	<p>●ピンネット工法の品質判定基準より</p>  <p>(1) ネットの位置 （ネットの張り方例） （ネットの張り方例） （ネットの張り方例）</p> <p>(2) アンカーピンの位置 （アンカーピンの位置） （アンカーピンの位置）</p> <p>底上層部のアンカーピンの穿孔位置は 500mm 間隔とし、1本/㎡を標準とする。 庇部のネットの張り方例（出幅 350mm 以上の場合）</p>

外壁複合改修構工法（ピンネット工法） 続き

●浮き補修工法（アンカーピンニング工法）とピンネット工法の比較

	浮き補修工法 [工法グループE] (アンカーピンニング工法) (*1)	外壁複合改修構工法 (ピンネット工法) [工法グループF]	
		樹脂定着型(*1)	機械式定着型(*2)
考え方	デファレンシャルムーブメント（異種材料の接着層間に発生するはく離応力）に起因するはく離部位を接着させる工法	浮き部分の再接着を避け、既存仕上層を躯体にピン固定して、その上に樹脂系モルタル等を塗り既存仕上層と一体化してこれにネットを塗り込み板状化させる	浮き部分の再接着を避け、既存仕上層に樹脂系モルタル等を塗り一体化してこれにネットを塗り込み板状化させて、この上から躯体に対してピン固定する
信頼性	はく離した箇所ごとの作業となるため、現場作業の技術水準に左右される	技術証明等により、風荷重・地震荷重に対して既存仕上層及び新規下地層の脱落防止、及び温冷繰り直しによる新規下地層の付着強さの低下等が生じないものと判断されている	
耐久性	修繕部及び健全部ともに修繕後のデファレンシャルムーブメントによる再はく離の可能性は残る	初期（平成5年）から最近までに認証されたピンネット工法で、はく離した事例はなし。	
将来対応	劣化の進行状況に	少なくとも補償期間の範囲は対応の必要ない	
実績	約37年の実績（H22時点）	認証平成9年以降の実績	認証平成5年以降の実績
コスト	安価。但し劣化の進行状況により維持管理費が掛かる可能性がある	イニシャルコストとして費用が掛かる。但し少なくとも補償期間の範囲は維持管理費の掛かり具合は少ない	
予算計画	外壁調査の結果変動する	はく離面積に関係しないため工事費の変動は少ない	
工期	外壁調査の結果変動する	はく離面積に関係しないため工期の変動は少ない	
事前調査	調査結果により工事範囲 決定するため重要	はく離面積に関係なく対象範囲を全体的に施工するため、はく離範囲を詳細に調査することを要しない	
責任施工	責任履行の制度なし	一般的に責任施工	
補償	補償制度なし	一般的に補償制度あり	
保険	保険加入なし	一般的に保険加入あり	

注) (*1)：「在来工法（ピンニング）とタケモルピンネット工法の相違点（2010年）」（全日本外壁ピンネット工事業協同組合）を基に再整理をした。

(*2)：機械式定着型の一般的な傾向を整理した。

●ピンネット工法相互の比較 (*1)

工法 項目	一般的に満たす 必要がある事項 (*2)	A工法 [A工事業協同 組合]	B工法 [B工事業協同 組合]	C工法 [C会社]	D工法 [D商会]	E工法 [E会社]
既存塗材の処理	表面層は通気性があるものとする	直径20cmを㎡当たり4ヶ所除去し高圧水洗浄	高圧水洗浄	高圧水洗浄、又は縦横50cm間隔に幅10cmを除去	脆弱部を除去し高圧水洗浄	脆弱部を除去し高圧水洗浄
ピンニングの目的	アンカーピンで躯体・モルタル層に対して定着力を持ち、面内ずれ変位に対して柔軟であること	T字型ピンで旧モルタル層を躯体にアンカー	座金拡張型ピンでネットモルタル層の上から躯体にアンカー	座金拡張型ピンでネットモルタル層の上から躯体にアンカー	拡張型ピンでネットモルタル層の上から躯体にアンカー	座金拡張型ピンでネットモルタル層の上から躯体にアンカー
ネットの材質	ネットはモルタルを補強するのに十分なヤング係数をもつこと	ガラス繊維製二軸ネット	ビニロン繊維製二軸ネット	ビニロン繊維製三軸ネット	ビニロン繊維製三軸ネット	アラミド・ビニロン繊維製二軸ネット（立体繊維材料張り工法）
ネット塗り込み用モルタル	—	SBR系セメントフィラー SBR系ポリマーセメントモルタル	EVA系プライマー SBR系ポリマーセメントモルタル	変成シリコン・エポキシ樹脂系 SBR系ポリマーセメントモルタル	アクリル系セメントフィラー アクリル系ポリマーセメントモルタル	SBR系セメントフィラー SBR系ポリマーセメントモルタル
浮き部への注込	—	なし	あり	あり	あり	あり

注) (*1)：「ピンネット工法の考え方と比較2008.10」（全日本外壁ピンネット工事業協同組合）による。

(*2)：「外壁改修工事の基本的な考え方(湿式編) p70（日本建築学会）」

【別添資料Ⅰ】 千葉市の物件 既存外壁複合改修構工法施工部分補修方法（案）

平成21年10月13日

全国ビルリフォーム工事業協同組合

1. 対象住棟及び対象箇所

南面、北面の手摺り壁鼻先、軒天

2. 既存劣化状況

既存外壁複合改修構工法施工部分の軒天を中心に、外壁複合改修構工法施工部分での浮きを確認された。打診及び目視調査の結果、浮きの範囲は全体の20%程度と推察されている。

3. 劣化要因推察

既存外壁複合改修構工法層の劣化（浮き）要因として、以下の事が考えられる。

- ①鉄筋の発錆による爆裂から外壁複合改修層が押し出され、外壁複合改修層が浮いた。
- ②上階開放廊下床面から雨水等が浸入し、上記①の要因につながった。
- ③手摺り壁外壁側外壁複合改修構工法末端の目地シーリング材の劣化により、目地から雨水等が浸入し、上記①の要因につながった。
- ④雨水等の外的影響で外壁複合改修層の付着力が低下した。
- ⑤下地塗膜の付着力低下や剥離などの劣化により、外壁複合改修層が浮いた。

4. 補修方法案

既存外壁複合改修構工法層について、打診調査後、以下の方法で補修を行う。

①軒天部分の浮き

- ・既存外壁複合改修層を打診調査し、浮いている部分はカッターナイフ等で周辺と縁を切った後、除去・ケレン清掃する。
- ・下地のコンクリート欠損や鉄筋の発錆による爆裂は、現設計仕様通りに速硬軽量モルタルにて補修する。
- ・撤去した外壁複合改修層の両端末から各100mm逃げた位置まで新規に外壁複合改修構工法を施工する。なお、使用する外壁複合改修構工法は現状施工工法のGNS外壁複合改修構工法とする。ただし、100mm×100mm以下の浮きに関しては本補修方法の対象外とする。

また、アンカーピンの施工位置は、次の通りとする。

(i) 補修する箇所のネット幅が600mm未満の場合

図-11のようにネットの端部から50mm×50mmの位置へ各1本の合計4本の施工とす

る。

(ii) 補修する箇所のネット幅が 600mm 以上 1000mm 未満の場合

(i) に準拠し、図-2 のように端部とその中間位置に 2 本の合計 6 本の施工する。

(iii) 補修する箇所のネット幅が 1000mm 以上の場合

(i) に準拠し、図-3 のように端部と端部から 500mm ピッチ以内で各 2 本の施工とする。なお、

ピッチの幅は、最大で 500mm 以内とし、施工箇所に応じて均等に割り付けるものとする。

②手摺壁鼻先部分の浮き

i) 手摺壁鼻先の外壁側の浮きについては、ピン併用エポキシ樹脂注入工法に準拠し補修を行う。

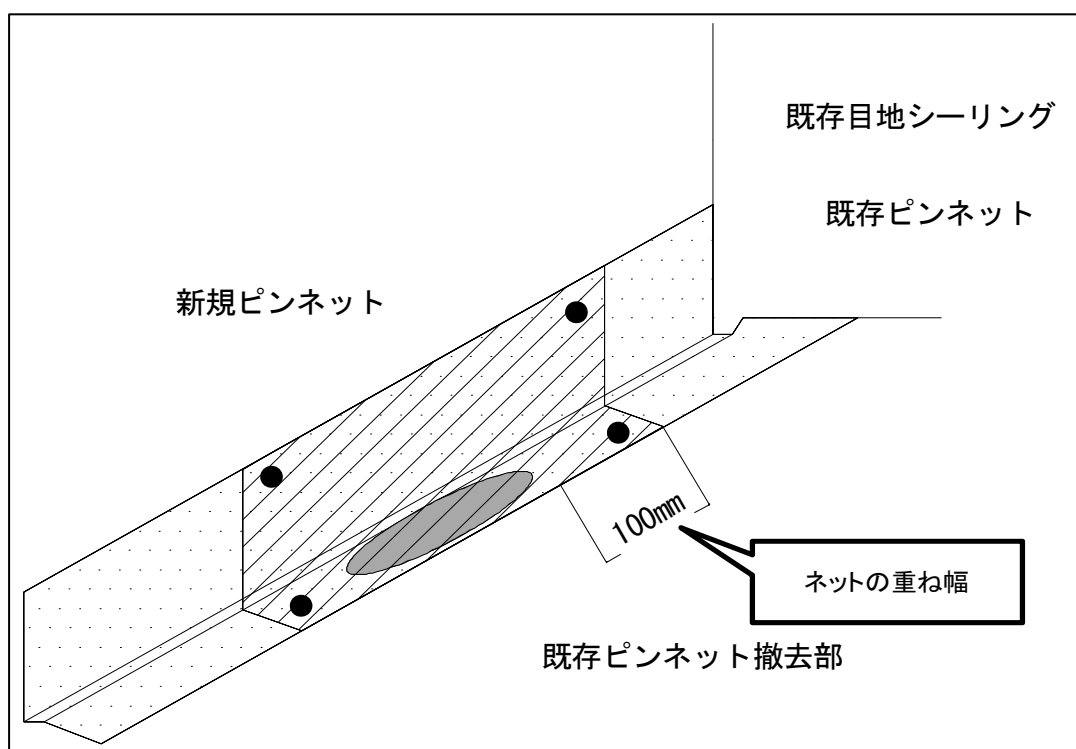


図 1- アンカーピン施工位置 (ネット幅 600mm 未満)

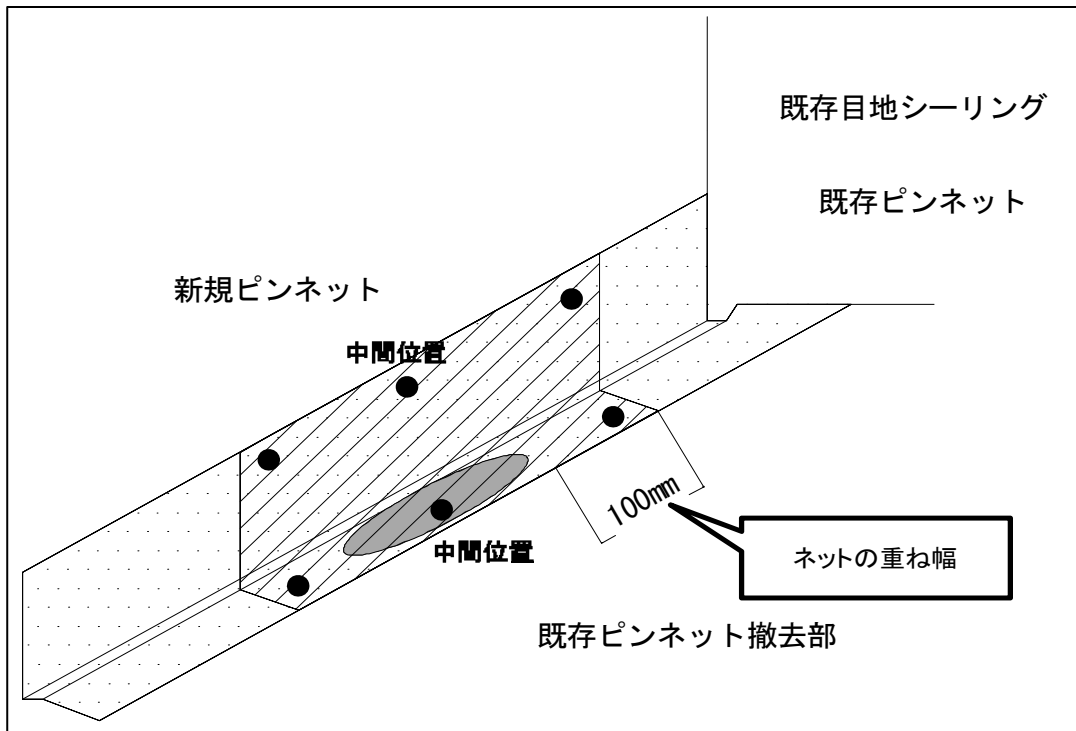


図-2 アンカーピン施工位置 (ネット幅 600mm 以上 1000mm 未満の場合)

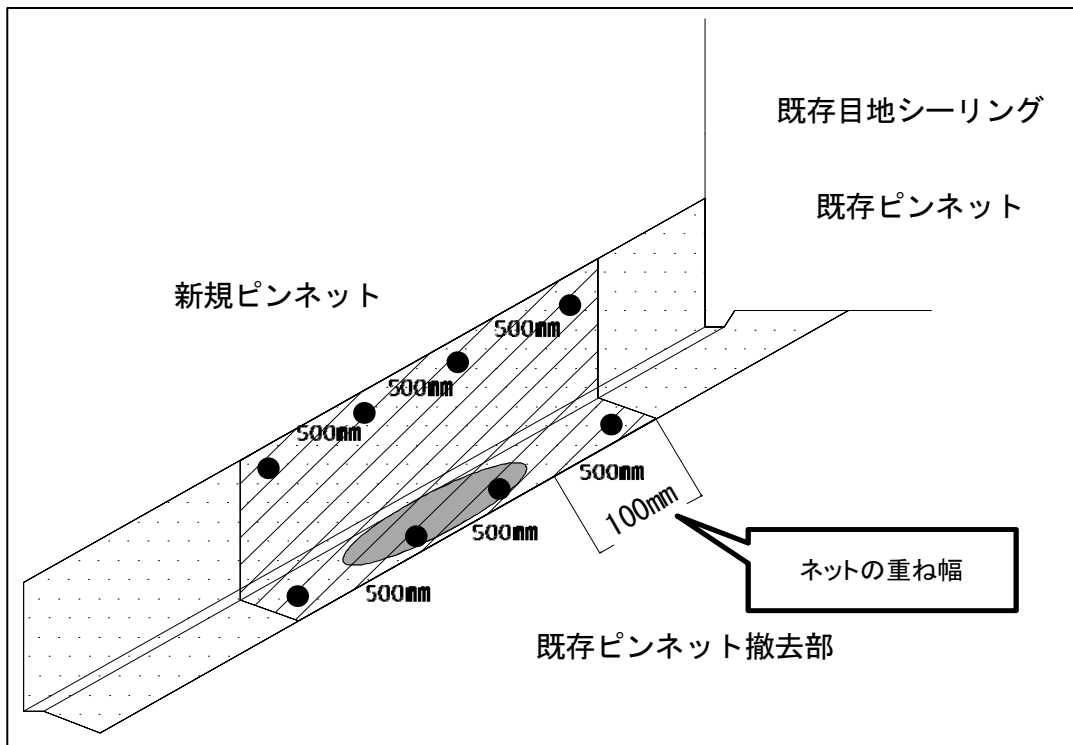
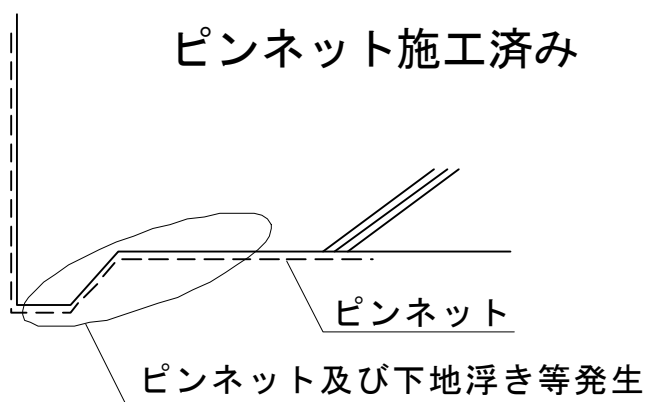
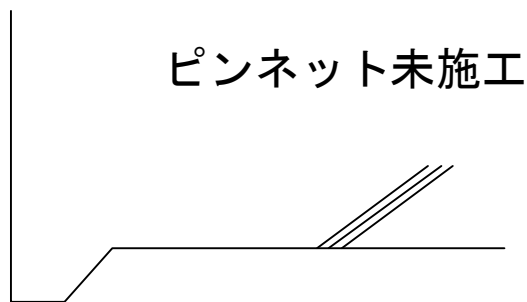
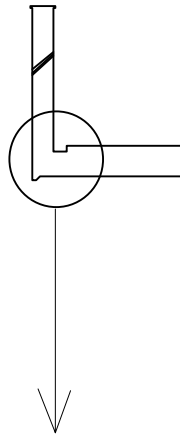
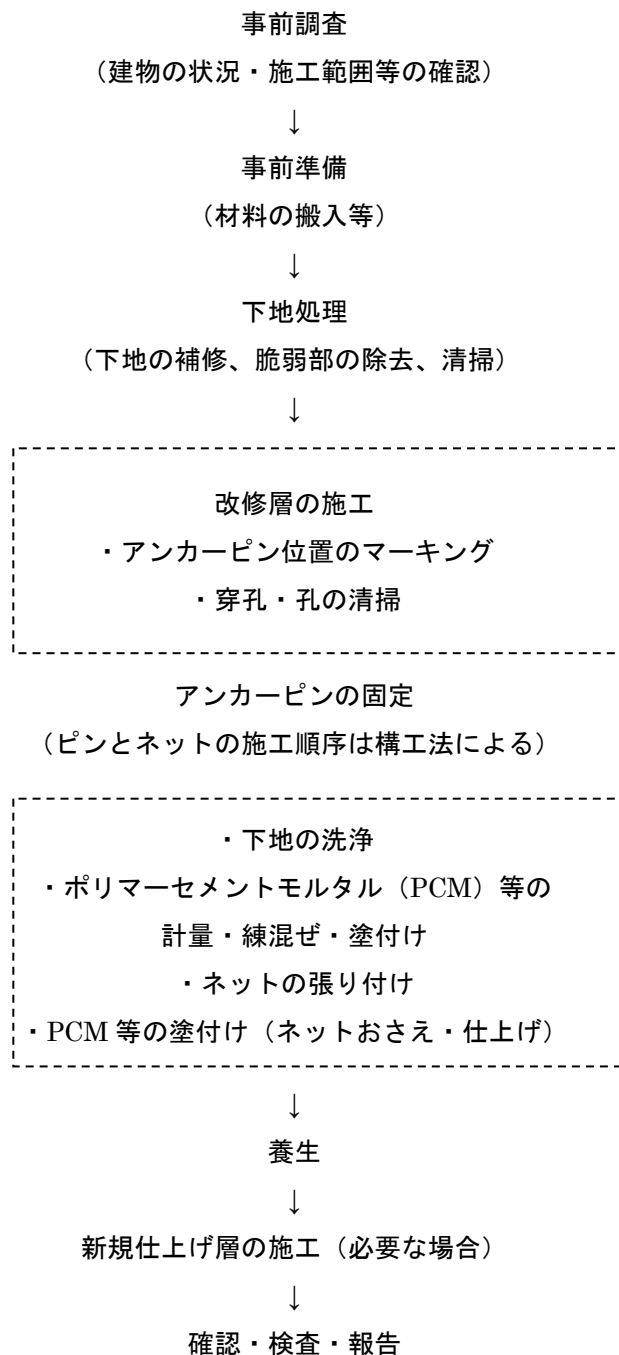


図-3 アンカーピン施工位置 (ネット幅 1000mm 以上の場合)

開放廊下、バルコニー軒天・鼻先断面略図



[別添資料 J] 外壁複合改修構工法の施工手順および品質監理項目 (案)



外壁複合改修構工法の施工手順 (例)

[別添資料K] 防水層の生産量に係る工業会資料

○アスファルト防水

平成21年 JIS製品統計

アスファルトルーフィング工業会

【工事品関係・生産実績】 単位：本

JIS	品名	H12年	H13年	H14年	H15年	H16年	H17年	H18年	H19年	H20年	H21年	前年比
A 6005	アスファルトフェルト 650	9,487	8,444	5,213	2,938	2,280	1,798	2,574	1,366	1,638	779	47.6%
	アスファルトルーフィング 1500	695,252	597,741	525,266	408,570	385,535	320,703	272,540	251,201	203,860	163,729	80.3%
	砂付ルーフィング 3500	54,038	48,271	37,899	48,645	46,817	31,499	27,957	15,953	6,624	5,330	80.5%
A 6022	ストレッチルーフィング 1000	707,952	625,786	614,724	596,236	569,069	475,087	401,424	367,508	319,472	291,898	91.4%
	ストレッチルーフィング 1800	31,752	26,911	32,836	14,598	11,062	5,618	13,407	6,002	4,500	2,700	60.0%
	砂付ストレッチルーフィング 800	553,229	521,996	529,069	498,166	397,392	356,224	339,500	361,673	281,213	218,209	77.6%
A 6023	あなあきルーフィング 1100	74,315	76,841	69,287	57,392	40,845	31,587	24,244	10,916	4,604	3,827	83.1%
	砂付あなあきルーフィング 2500	169,446	161,047	152,494	129,459	114,493	89,100	81,136	64,908	57,028	58,140	101.9%
合 計		2,295,471	2,067,037	1,966,788	1,756,004	1,567,493	1,311,616	1,162,782	1,079,527	878,939	744,612	84.7%

JIS A 6013 改質アスファルトルーフィングシート 単位：㎡

用途	工 法 (厚 さ)	H12年	H13年	H14年	H15年	H16年	H17年	H18年	H19年	H20年	H21年	前年比
露出単層	熱・自着・接着 (3.0以上)	1250129	924721	1136264	1369536	1464212	1407506	1429942	1369228	1547888	1588684	102.6%
	ト ー チ (4.0以上)	2599192	2590024	2590988	2599536	2864192	2733596	2724222	2775026	2586137	2708468	104.7%
露出複層	熱・自着・接着 (2.0以上)	1387212	1462456	1756252	1344076	1617024	1456532	1231776	1489288	643679	348807	54.2%
	ト ー チ (3.0以上)	467424	348470	389688	465880	511424	291580	444628	348400	311907	499273	160.1%
非露出単層	熱・自着・接着 (2.5以上)	977181	763724	803364	630208	549956	575778	860956	794390	1160009	739685	63.8%
	ト ー チ (3.5以上)	379312	272228	410080	263520	602576	268330	261155	134303	182582	149594	81.9%
非露出複層	熱・自着・接着 (1.5以上)	1735556	1338881	1477553	2066080	2380012	2606063	2775248	3400756	3069170	3212416	104.7%
	ト ー チ (2.5以上)	474404	256432	474588	659968	875920	780246	650388	898372	956262	536321	56.1%
熱・自着・接着 計		5350078	4489782	5173433	5409900	6011204	6045879	6297922	7053662	6420746	5889592	91.7%
ト ー チ 計		3920332	3467154	3865344	3988904	4854112	4073752	4080393	4156101	4036888	3893656	96.5%
合 計		9270410	7956936	9038777	9398804	10865316	10119631	10378315	11209763	10457634	9783248	93.6%

【市販品関係・出荷実績】 単位：本

JIS	品名	H12年	H13年	H14年	H15年	H16年	H17年	H18年	H19年	H20年	H21年	前年比
A 6005	アスファルトルーフィング 940	2,833,402	2,528,769	2,807,038	2,577,714	3,086,750	3,108,982	2,603,425	2,176,133	1,955,360	1,790,178	91.6%
	アスファルトフェルト 430	348,415	353,084	474,498	303,930	287,944	266,479	236,375	206,532	146,854	151,282	103.0%
	合 計	3,181,817	2,881,853	3,281,536	2,881,644	3,374,694	3,375,461	2,839,800	2,382,665	2,102,214	1,941,460	92.4%
アスファルトフェルト 17kg		269,206	253,668	348,595	297,345	283,585	250,827	215,966	181,794	143,332	110,664	77.2%
アスファルトフェルト 8kg		252,979	231,457	207,694	196,547	200,170	168,727	135,563	101,580	79,003	67,263	85.1%
合 計		522,185	485,125	556,289	493,892	483,755	419,554	351,529	283,374	222,335	177,927	80.0%
改質アスファルトルーフィング下葦材 ARK-04S		—	—	—	—	—	—	—	—	—	958,050	—

※“改質アスファルトルーフィングシート”については、アスファルトルーフィング工業会加盟社の実績

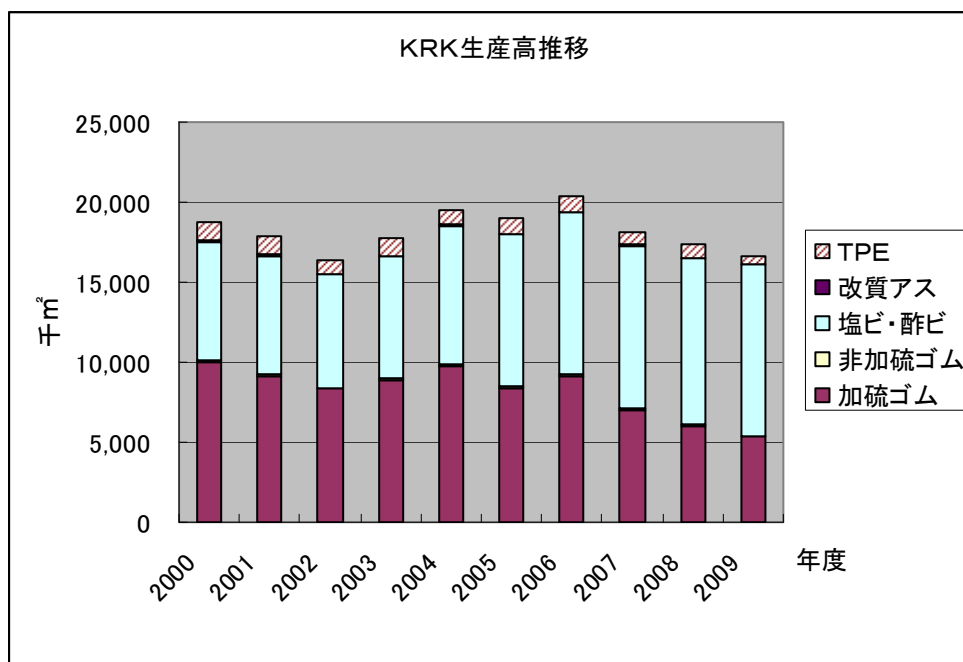
○改質アスファルトシート防水

改質アスファルトシートトーチ工法実績 (TRK)

施工年度	トーチ工法(千㎡)	前年比%
1997年	3,600	
1998年	4,200	116.7
1999年	4,300	102.4
2000年	4,500	104.7
2001年	4,900	108.9
2002年	5,100	104.1
2003年	5,500	107.8
2004年	5,702	103.7
2005年	5,746	100.8
2006年	5,824	101.4
2007年	5,312	91.2
2008年	5,125	96.5
2009年	4,907	95.7

※トーチ工法ルーフィング工業会 (TRK)加盟社の実績

○合成高分子シート防水



※合成高分子ルーフィング工業会 (KRK)提供

○ウレタン塗膜防水

ウレタン建材主要製品の出荷量 (日本ウレタン建材工業会)

単位.トン		防水材	床材	舗装材	シーリング材	プライマー	トップ	その他	合計
平成21年	2009	41,575	3,358	4,109	10,044	3,038	4,678	166	66,968
平成20年	2008	40,914	4,261	4,489	10,596	3,170	4,539	138	68,107
平成19年	2007	36,803	5,115	4,120	12,477	3,414	3,829	160	65,918
平成18年	2006	37,093	5,002	3,973	13,095	3,256	3,723	177	66,319
平成17年	2005	40,959	4,831	3,671	12,591	3,497	3,819	164	69,532
平成16年	2004	40,562	5,656	3,604	13,323	3,502	3,807	193	70,647

単位.トン		防水材	床材	舗装材	シーリング材	プライマー・トップコート他	外装材	合計
平成15年	2003	38,580	5,029	4,002	12,262	7,451	107	67,431
平成14年	2002	36,795	5,321	4,670	10,914	7,798	143	65,641
平成13年	2001	38,742	5,211	5,057	10,910	7,050	136	67,106
平成12年	2000	39,613	6,570	5,011	11,726	7,276	122	70,318
平成11年	1999	38,130	5,599	5,874	11,248	6,755	290	67,896
平成10年	1998	37,490	5,592	5,792	10,300	6,476	249	65,899
平成9年	1997	35,093	5,616	6,948	10,904	5,798	354	64,713
平成8年	1996	35,898	6,560	6,691	11,448	6,134	316	67,047
平成7年	1995	33,811	5,886	5,839	14,944	5,284	341	66,105
平成6年	1994	32,996	6,830	6,621	15,024	5,039	294	66,804
平成5年	1993	31,109	5,772	11,361	15,656	3,490	502	67,890
平成4年	1992	33,936	5,790	12,067	16,564	3,821	347	72,525
平成3年	1991	32,338	5,612	11,011	17,468	4,943	291	71,663
平成2年	1990	33,562	5,632	10,257	17,948	3,906	365	71,670
平成元年	1989	29,255	6,058	9,174	15,616	3,122	274	63,499
昭和63年	1988	27,680	5,100	8,280	16,380	2,640	340	60,420
昭和62年	1987	30,200	4,410	8,230	16,620	2,640	240	62,340

単位.トン		防水材	床材・舗装材	シーリング材	その他	合計
昭和61年	1986	27,900	14,190	13,860	1,350	57,300
昭和60年	1985	26,400	13,840	14,520	540	55,300
昭和59年	1984	25,710	14,484	12,686	—	52,880
昭和58年	1983	25,675	14,433	12,642	—	52,750
昭和57年	1982	22,960	13,164	12,240	—	48,364
昭和56年	1981	22,510	12,862	11,350	—	46,722
昭和55年	1980	24,360	10,734	10,501	—	45,595
昭和54年	1979	23,897	10,826	7,503	—	42,226
昭和53年	1978	22,060	7,444	6,183	2,913	38,600

○FRP 防水

FRP 防水 年間施工面積推移調査表

FRP 防水材工業会

年度	樹脂出荷数量 (ton)	施工面積 (㎡)	前年比 (%)
平成元年度	1,986	794,400	—
平成2年度	2,113	845,200	106%
平成3年度	2,351	940,400	111%
平成4年度	3,000	1,200,000	128%
平成5年度	3,945	1,578,000	132%
平成6年度	4,914	1,965,600	125%
平成7年度	5,838	2,335,200	119%
平成8年度	7,168	2,876,200	123%
平成9年度	7,241	2,896,400	101%
平成10年度	6,684	2,673,600	92%
平成11年度	7,901	3,160,400	118%
平成12年度	9,125	3,650,000	115%
平成13年度	6,919	2,767,600	76%
平成14年度	6,187	2,474,800	89%
平成15年度	8,644	4,322,000	140%
平成16年度	11,815	5,907,500	137%
平成17年度	11,007	5,503,500	93%
平成18年度	11,869	5,934,500	108%
平成19年度	11,153	5,576,650	94%
平成20年度	10,822	5,411,000	97%
平成21年度	10,248	5,124,000	95%
平成22年度	10,487	5,244,000	102%

備考

*各年度は、1月始め～12月末までとする。

*平成14年度までは、施工面積は㎡あたり 2.5 kg/㎡にて算出。

*平成15年度以降は、施工面積は㎡あたり 2.0 kg/㎡にて算出。

○ステンレスシート防水

- ・現在の施工面積は、18万㎡/年
- ・平成4～5年がピークで、70万㎡/年
- ・出荷量は、現在72万トン/年（4kg/㎡で換算）

[別添資料L] 仕様書掲載仕様（新築工法）の一覧及び変遷

標準仕様書	H22 2010	H19 2007	H16 2004	H13 2001	H9 1997	H5 1993	H元 1989	S60 1985	S56 1981	S52 1977
JASS8	2008	2000	1993	1986	1981	1977	1972	1966	1961	1956
保護防水密着工法	A-1 A-2	A-1 A-2	A-1 A-2	A-1 A-2	A-1 A-2	A-1 A-2	A-1 A-2	A-1 A-2	A-1 A-2	A-1 A-2
	AN-PF AK-PF				A-PF(a) A-PF(b)		A-PF	A-PF		A-RA2
保護防水密着断熱工法	AI-1 AI-2	AI-1 AI-2	AI-1 AI-2	AI-1 AI-2	AI-1 AI-2	AI-1 AI-2	AI-1 AI-2	AI-1 AI-2	AI-1 AI-2	
保護防水絶縁工法	B-1 B-2	B-1 B-2	B-1 B-2	B-1 B-2	B-1 B-2	B-1 B-2	B-1 B-2	B-1 B-2	B-1 B-2	B-1 B-2
	AK-PS				A-PS		A-PS	A-GS		A-RB2
アスファルト防水	BI-1 BI-2	BI-1 BI-2	BI-1 BI-2	BI-1 BI-2						
露出防水密着工法	(-) * (-) *	(-) * (-) *	(-) * (-) *	(-) * (-) *	C-1 C-2	C-1 C-2	C-1 C-2	C-1 C-2	C-1 C-2	C-1 C-2
露出防水絶縁工法	D-1 D-2	D-1 D-2	D-1 D-2	D-1 D-2	D-1 D-2	D-1 D-2	D-1 D-2	D-1 D-2	D-1 D-2	D-1 D-2
	AK-MS AK-MT				A-MS A-TF		A-MS A-TF	A-MS A-TF		A-RC2 A-RD2 A-RE2
露出断熱										
対象外・屋内防水密着工法	E-1	E-1	E-1	E-1	E-1	E-1	E-1	E-1	E-1	E-1
対象外・屋内防水密着工法	E-2	E-2	E-2	E-2	E-2	E-2	E-2	E-2	E-2	E-2
	AN-IF				A-IF		A-IF	A-IF		
露出密着	AS-1 AS-2	AS-1 AS-2	AS-1 AS-2	AS-1 AS-2						
改質アスファルトシート防水	AT-MF AT-PF				T-MF1 T-PF2		T-MF1 T-PF2			
対象外・地下外壁	AT-PF				T-PF2		T-PF2			
露出断熱	AT-MT				T-MT2		T-MT2			
常温粘着 絶縁露出	AJ-MS									
常温粘着 断熱露出	AJ-MT									
接着工法(加硫ゴムシート)	S-F1	S-F1	S-F1	S-F1	S-1	S-1				
	S-RF				S-RF		S-RF	S-VF		S-VR3
断熱接着工法(加硫ゴムシート)	S-RFT				S-RFT					
接着工法(塩化ビニル樹脂シート)	S-F2	S-F2	S-F2	S-F2	S-2	S-2				
				S-F3	S-3	S-3				
	S-PF				S-PF		S-PF	S-CF		S-PV1
断熱接着工法(塩化ビニル樹脂シート)	S-PFT				S-PFT					
接着工法(非加硫ゴムシート)								S-NF		S-NR2
接着工法(加硫または非加硫)								S-DF		
機械式固定工法(加硫ゴムシート)	S-M1	S-M1	S-M1	S-M1						
	S-RM									
断熱機械式固定工法(加硫ゴムシート)	S-RMT									
機械式固定工法(塩化ビニル樹脂シート)	S-M2	S-M2	S-M2	S-M2	S-4	S-4				
	S-PM				S-PM		S-PM	S-CM		
断熱機械式固定工法(塩化ビニル樹脂シート)	S-PMT				S-PMT					
機械式固定工法(熱可塑性エラストマーシート)	S-M3	S-M3	S-M3							
保護密着(エチレン酢酸ビニル樹脂シート)	S-PC				S-PC					
ウレタンゴム系塗膜防水・絶縁	X-1	X-1	X-1	X-1	X-1	X-1	X-1	X-1		
	L-US				L-US		L-US	L-US		
ウレタンゴム系塗膜防水・密着	X-2	X-2	X-2	X-2	X-2	X-2	X-2	X-2		
					X-3	X-3		X-3		
	L-UF				L-UF		L-UF	L-UF		L-PU2
アクリルゴム系塗膜防水								L-AF		
対象外・アクリルゴム系塗膜防水・外壁	L-AW				L-AW		L-AW	L-AW		
ゴムアスファルト系塗膜防水	Y-1	Y-1	Y-1	Y-1	Y-1	Y-1	Y-1			
対象外・ゴムアスファルト系塗膜防水・地下外壁	L-GU				L-GU		L-GU	L-GU		
ゴムアスファルト系塗膜防水	Y-2	Y-2	Y-2	Y-2	Y-2	Y-2	Y-2			
対象外・ゴムアスファルト系塗膜防水・室内	L-GI									
					Y-3		Y-3			
ゴムアスファルト系塗膜防水								L-GF L-GS		
特殊工法										
FRP系塗膜防水	L-FF									
ML	ML				M-304		M-304			
ステンレス防水					M-316 M-445J1		M-316			
水	MH				M-445J2					
					M-Ti					

* 公共建築工事改修標準仕様書での採用

[別添資料M] 性能評価試験の概要及び判定基準

性能評価試験	目的	区分	状態
へこみ試験	防水層に局部荷重が作用する場合のへこみ抵抗性を評価する	へこみ1	50Nの荷重で1体でも穴があいた場合
		へこみ2	150Nの荷重で1体でも穴があいた場合
		へこみ3	250Nの荷重で1体でも穴があいた場合
		へこみ4	250Nの荷重で3体とも穴があかなかった場合
耐衝撃試験	防水層の衝撃に対する抵抗性を評価する	耐衝撃1	高さ0.5mの衝撃で1体でも穴があいた場合
		耐衝撃2	高さ1.0mの衝撃で1体でも穴があいた場合
		耐衝撃3	高さ1.5mの衝撃で1体でも穴があいた場合
		耐衝撃4	高さ1.5mの衝撃で3体とも穴があかなかった場合
疲労試験	防水層下地の接合部又は下地に発生するクラックの動きに対する防水層の抵抗性を評価する	疲労A1	0.5~1.0mmで1体でも破断した場合
		疲労A2	1.0~2.0mmで1体でも破断した場合
		疲労A3	2.5~5.0mmで1体でも破断した場合
		疲労A4	2.5~5.0mmで3体とも破断しなかった場合
ジョイントずれ試験	防水層のジョイント部の損傷を評価する	ジョイントずれ1	1体でもジョイント部の防水層に破損が生じたか、ジョイントずれ量がジョイント幅の5%を越えた場合
		ジョイントずれ2	3体とも破損せず、ジョイントずれ量がジョイント幅の1~5%の場合
		ジョイントずれ3	3体とも破損せず、ジョイントずれ量がジョイント幅の1%未満の場合
ずれ・たれ試験	急勾配屋根及びパラペット立上り部などに施工する防水層のずれ・たれに対する抵抗性を評価する	ずれ・たれ1	1体でも1mm以上のずれ又はたれを生じた場合
		ずれ・たれ2	1体でも1mm未満のずれ又はたれを生じた場合
		ずれ・たれ3	3体とも異状が生じなかった場合
コーナー部安定性試験	防水層のコーナー部における安定性を評価する	コーナー部安定性1	1体でも防水層の破断が生じた場合
		コーナー部安定性2	1体でも防水層のしわ、入り隅のひきつりが生じた場合
		コーナー部安定性3	3体とも異状が生じなかった場合
耐風試験	強風時の負荷に対する露出防水層の抵抗性を評価する	耐風1	-2.0kPaの負圧で30分までに異状を生じた場合
		耐風2	-5.0kPaの負圧で30分までに異状を生じた場合
		耐風3	-10.0kPaの負圧で30分までに異状を生じた場合
		耐風4	-10.0kPaの負圧で異状を生じない場合
ふくれ試験	露出防水層のふくれに対する抵抗性を評価する	ふくれ1	10.0kPaの圧力で1体でも10分までに異状を生じた場合
		ふくれ2	20.0kPaの圧力で1体でも10分までに異状を生じた場合
		ふくれ3	50.0kPaの圧力で1体でも10分までに異状を生じた場合
		ふくれ4	50.0kPaの圧力で3体とも異状を生じなかった場合

※「JASS8 T-501 メンブレン防水層の性能評価試験方法」(日本建築学会)より作成

【別添資料N】 メンブレン防水層の劣化度の分類、診断の判断基準

「建築防水の耐久性向上技術」(技報堂出版より)

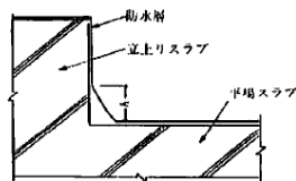
1次診断の劣化度の分類

調査項目	劣化度		
	III	II	I
漏水またはその痕跡	あり	—	なし

2次診断の劣化度の分類

防水種別	工法	調査項目	劣化度				
			III	II	I		
ア ス フ ア ル ト 防 水	露 出 工 法	防水層の破断、損傷	中間層ルーフィングまでの破断	最上層ルーフィングの破断	外観上の異常を認めず		
		防水層の端末剥離	立上り部のずれ落ち、倒れ、水のはらみ、押え金物の脱落、張り仕舞、ドレン部の剥離、口開き	押え金物のゆるみ、コーキングの剥離、端末に近接するふくれ	外観上の異常を認めず		
		ルーフィング接合部の剥離幅	50mm 以上	20～50 mm	20mm 未満		
		防水層立上り隅角部の浮き高さ*	50mm 以上	30～50 mm	30mm 未満		
		表面の劣化	砂落ち	80% 以上	40～80 %	40% 未満	
			減耗	中間層基材の露出	表面基材の露出	表面アスファルト層のひびわれ	
	防水層のふくれ	1個の大きさ	2㎡ 以上	1～2㎡	1㎡ 未満		
		面積比	30% 以上	10～30 %	10% 未満		
	押 え 工 法	平面部押え層のひびわれ、せり上り、欠損、凍害、その他	ひびわれ3mm 以上、せり上りなど	ひびわれ1～3mm	ひびわれ1mm 未満		
		立上り押え層のひびわれ、倒れ、欠損、凍害、その他	ひびわれ3mm 以上、倒れなど	ひびわれ1～3mm	ひびわれ1mm 未満		
		パラペットの押出し	押出しあり、防水層破断の疑い	押出しあり、防水層は健全なもの	外観上の異常を認めず		
		モルタル笠木、水切り関係のおさまり、端部のひびわれ、シール切れ、欠損、凍害、その他	ひびわれ1mm以上、シール切れなど	ひびわれ0.5～1mm	ひびわれ0.5mm 未満		
		伸縮目地部の異常	脱落・欠損	突出・圧密	外観上の異常を認めず		
		植物の繁殖	防水層に貫入している	防水層まで達していない	外観上の異常を認めず		
	シ ー ト 防 水	露 出 工 法	防水層の破断、損傷	1層防水	表層のひびわれ	—	外観上の異常を認めず
				2層防水	上層の破断	上層のひびわれ	外観上の異常を認めず
			防水層の端末剥離	シート端末部	押え金物の脱落、端末シールの切断、口開き	押え金物のゆるみ、端末シールの剥離、浮上がり	外観上の異常を認めず
				ルーフトレン、配管等の端末部	端末シールの切断	端末シールの剥離、浮上がり、さびによる端末浮上がり	外観上の異常を認めず
防水層の接合部の剥離幅			10mm 以上	5～10mm	5mm 未満		
防水層立上り隅角部の浮き高さ*			50mm 以上	20～50mm	20mm 未満		
表面の変化		シート表面に微細なひびわれ発生	塗料の減耗および白亜化	塗料の変退色			
防水層のふくれ		1個の大きさ(長径)	500mm 以上	200～500mm	200mm 未満		
		高さ	100mm 以上	50～100mm	50mm 未満		
面積比		30% 以上	10～30%	10% 未満			
押 え 工 法	アスファルト防水に準じる						
ウ レ タ ン 塗 膜 防 水	露 出 工 法	防水層の破断、損傷	防水層のひびわれ	保護仕上層のひびわれ	保護仕上層の異常を認めず		
		防水層の端末剥離(奥行)	10mm 以上	3～10mm	3mm 以下		
		防水層立上り隅角部の浮き高さ*	100×300mm 以上	50×100mm ～ 100×300mm	50×100mm 未満		
		表面の劣化	保護塗料の消失30% 以上(面積比)		保護塗料の消失30% 未満(面積比)	保護塗料の変退色	
			防水層のふくれ	1個の大きさ(長径)	100mm 以上	50～100mm	50mm 以下
		個数/25㎡	10個 以上	4～9 個	3個 以下		

(注) * 防水層立上り隅角部の浮き高さとは下図の h を示す。



[別添資料O] シーリング防水の劣化度の分類

「建築防水の耐久性向上技術」(技報堂出版より)

調査項目		劣化度			
		Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	
防水機能関連	漏水またはその痕跡	あり	—	なし	
	シーリング材の被着面からの剥離	深さの1/2以上または深さ5mm以上	深さの1/4~1/2または深さ2~5mm	深さの1/4未満または深さ2mm未満	
	シーリング材の破断(口開き)	厚みの1/2以上または深さ5mm以上	厚みの1/4~1/2または深さ2~5mm	厚みの1/4未満または深さ2mm未満	
	被着体の破損(ひびわれ、欠落)	ひびわれ幅0.3mm以上	同左0.1~0.3mm	同左0.1mm未満	
	シーリング材の変形(だれ、くびれ)	凸凹が厚みの1/2以上または深さ5mm以上	凸凹が厚み1/4~1/2または深さ2~5mm	凸凹が厚みの1/4未満または深さ2mm未満	
	シーリング材の軟化	指先に極めて多量に付着	指先にかなり付着	指先にわずかに付着	
意匠・外観関連	しわ	凸凹の深さ1~2mm	同左0.5~1mm	わずかに波打っている	
	変退色	変退色が極めて著しい	変退色がかなり認められる	変退色がわずかに認められる	
	ひびわれ	ひびわれ幅1~2mm	同左0.5~1mm	同左0.5mm未満	
	白亜化	指先に粉末が極めて多量に付着する	指先に粉末がかなり付着する	指先に粉末がわずかに付着する	
	仕上材の浮き、変色	剥離や変色が認められる	ひびわれ、浮きがある、やや変色している	左の現象が軽微である	
物性	50%引張応力(M50)	初期値比	5倍以上、1/5以下	3~5倍、1/3~1/5	3倍以下、1/3以上
		測定値	6kg/cm ² 以上、0.3kg/cm ² 以下	4~6kg/cm ² 、0.3~0.6kg/cm ²	4kg/cm ² 以下、0.6kg/cm ² 以上
	伸び(E)	初期値比	1/5以下	1/3~1/5	1/3以上
		測定値	200%以下	200~500%	500%以上

© 建築研究資料 第 145 号

平成 25 年 8 月 28 日 印刷

平成 25 年 8 月 28 日 発行

編集
発行

独立行政法人建築研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは下記まで

独立行政法人建築研究所企画部企画調査課

〒305-0802 茨城県つくば市立原 1 番地

電話(029) 864-2151 (代)