

「長周期建築物の耐震安全性対策技術の開発」（平成21年度～平成22年度） 評価書（事前）

平成21年 2月23日（月）

建築研究所研究評価委員会

委員長 松尾 陽

1. 研究課題の概要

①背景及び目的・必要性

2003年十勝沖地震における苫小牧での石油タンク火災を契機として、近い将来における長周期地震動による種々の構造物への影響が懸念されている。そのため、日本建築学会、土木学会や内閣府は、発生する可能性が高いとされる南海地震等の大規模地震が発生した場合の、地震動予測や、各種構造物の地震時挙動について、損傷・被害の程度や、今後の課題等について検討し、その結果を公表している。

それによると、これら想定大規模地震に対して最新の手法により各地点の地震動予測が行われ、各種構造物の耐震性能の検討が実施されている。予測地震動は選定地点により既存超高層建築物の設計時に想定した設計用地震動を上回る場合があるが、十分な塑性変形能力が確保されている最新の耐震技術によって設計された物件については、耐力上重大な問題が発生する可能性は小さいとされている。ただし、設計時の想定を超える層間変位による外装材の破損や、やや大きな残留変形が生じる可能性が指摘されている。また、大きな予測地震動に対しては、層間変位や塑性率が設計時のそれを上回る場合もあるが、現在の耐震技術を用いた慎重な設計がなされている場合は、耐力上の安全性は確保されていると予測している。初期の超高層建築物では部材や接合部に現在の耐震規定を満足していないものもあり、このような建築物については個々の構造特性に即した適切なモデル化により検討する必要があること、一部過大な地震動が予測されるような場合においては、P- Δ 効果を考慮したモデルによる検討が必要なが指摘されている。

そのほか、文部科学省の首都直下・地震防災減災特別プロジェクトの中で、超高層建築物を対象として、その高層階での地震時挙動の解明を目指した実験も行われている。また、前述の様々な検討を踏まえて、一部の建築物では、既に耐震補強を行った事例も増えつつある。（例えば、アンボンドブレースを用いたホテル建物、西新宿の超高層建築物の耐震改修など）

超高層建築物や免震建築物（ここでは長周期建築物と総称）は、海溝部に起こる巨大地震による長周期地震動を受けた経験が無く、入力地震動特性のみならず、上部構造の応答特性についても、大振幅レベルの観測記録などによる実証的検討が未だ乏しく、その地震時挙動については多くの不確定要素を包含している状況にある。

このような現状を背景に、本研究では、（1）設計用長周期地震動の評価手法の検討 すなわち、現状では明確に規定されていない設計時における長周期地震動特性の評価手法について、既往の知見、観測記録、および強震動シミュレーション等により、地震タイプ（海溝型、地殻内地震等）や深い地盤構造等の地域性の影響に関する検討を行う。（2）長周期建築物の保有性能の把握 すなわち、上部構造について、実測地震応答データの分析や、振動実験、周期の長い地震動を長時間受ける減衰定数の小さい建築物では、エネルギー評価に基づいた部材性能の確認が必要であり、応答解析などを実施し、その結果を参照しながら、想定地震動に対する建築物の耐震計算や応答低減方法について検討し、最終的に（3）入力地震動評価と応答特性評価の両面を踏まえた、長周期建築物の耐震安全性向上技術に関する提案を行う。

その結果、最新の研究知見を踏まえた、超高層建築物等の構造安全性能の確保が可能となり、社会生活の基本である構造へのより信頼度の高い安心を確保することができる。

②研究開発の概要

長周期地震動特性については、近年全国高密配置による強震記録の蓄積、および強震動予測手法の発展により、その実態が明らかになりつつある。ただ、これらの予測手法の信頼性は、震源における断層破壊や地下構造の特

定など、利用可能な情報量やその精度に大きく依存しており、現在その精度を上げるためのさまざまな関連プロジェクトが実施中である。超高層建築物については、現在時刻歴を用いた耐震計算による耐震性能評価が義務づけられているが、設計用地震動時刻歴について、前述の諸プロジェクトとの情報交換等を行いながら、これまでに蓄積された観測記録等も踏まえて、各建設地に適応した地震の想定とその地震タイプや、深い地下構造、地盤性状などの地域特性を考慮しながら、現行設計用地震動を見直し、新たな提案を行う。

長時間継続する長周期地震動に対して長周期建築物の保有する安全性を明らかにするために、部材・骨組の載荷実験を行い、多数回繰り返しによる耐力や剛性の劣化性状などを明らかにして、この結果を復元力モデルに置換する。さらに、得られた復元力モデルを用いて、P- Δ 効果や繰り返しによる耐力劣化等を考慮した解析を行い、長周期地震動に対する長周期建築物の損傷と崩壊までの余裕度を明らかにする。室内安全性の観点からは、床応答と家具・什器の移動・転倒危険度を明らかにする。

次に、長周期建築物の耐震安全性を向上する技術を検討する。構造的な耐震安全性を高めるために、構造的な損傷を低減するための強度型の補強方法や安価で高性能な制振技術の開発を行う。また、室内安全性を高めるために、キャスター付きの移動家具や機器については、長周期かつ大振幅の揺れによる移動量を抑えるための効果的な耐震対策を検討する。さらに、長周期の揺れが地震時の避難行動に及ぼす影響についても、振動台実験により明らかにし、行動難度の観点からの床応答クライテリアについての提案も行う。

③達成すべき目標

- (1) 設計用長周期地震動作成手法(案)のまとめおよび適用例の作成
- (2) 長周期地震動に対する超高層建築物等の構造性能評価法(案)の作成

2. 研究評価委員会(分科会)の所見とその対応(担当分科会名:構造分科会)

①所見

- 1) 具体的かつ適切に計画されており、ぜひ進めて欲しい。
- 2) 5年ほど前から状況が変わり、現在は200m程度の超高層RCの建設が近年急速に増えてきている。これらの建物は、ひび割れの進行によってさらに長周期化する、大地震で剛性が劣化する等の懸念があり、超高層RCの居住安全性だけでなく構造安全性自体を確保するために、すぐにやるべき課題である。
- 3) 既存不適格超高層への対応が最近話題になっているところだが、制振構造、一般の耐震構造による補強の際にエレベーター、二次部材も含めて、どのような方向で当面对応していくべきなのか、さらに居住性の問題もある。このような状況から判断して、提案課題としては時機を得たものであると思う。
- 4) 1960年代から始まった超高層建築の設計から40年以上の研究進展がある。これ(現在に至る研究的知見)を反映していない過去の超高層建築に問題があることは十分に考えられる。是非、進めて欲しい課題である。
- 5) 建物内部に減衰装置を持たない超高層ビルについては等価減衰定数が数%以下であり、長周期地震への抵抗力は十分でないと思う。超高層第1号のホテルニューオータニ(東京都千代田区紀尾井町)は、すでに制振装置による改修が終わっているほか、大成建設が新宿センタービルへの制振装置による補強工事を始めている。また他社でも同じような取組みが進んでいる。大都市に群として超高層ビルが建てられている現状を見ると、真剣な検討が必要と考える。
- 6) 日米間の設定方法の良しあしは別にして、米国での地震動マップの設定状況(再現期間2500年を基本、Seismic marginを考慮)も意識しつつ、(設計用地震動の)絶対レベルの議論もしてほしい。
- 7) 民間の主体も自発的に参加できるような研究体制を望む。建築研究所の研究者だけの課題にせず、民間の意識向上、盛り上がりを持たせる方法で研究を広げて欲しい。過去に作ってきた建築構造物の問題点を挙げる研究は民間だけでは進め難い課題であり、是非、建築研究所が進めるべき課題である。
- 8) 日本建築学会がまとめた記述“崩壊するような結果はない”に関連して、本当にそうなのか(不安をあおるような心配はせずに)根本に戻って検討してほしい。現在ある知見以外の別の見方で取り組んでほしい。

9) 限られた予算の有効活用に留意されたい。

10) 免震構造は基本的に等価減衰率が15%から20%と高く、長周期地震に対しても、問題は少ないと考えるが、積層ゴム、各種のダンパーについて実大実時間の実験をさらに進めるべきと考える。このための実験装置が米国カリフォルニア大学サンディエゴ校にしか無く、国内に無いのは残念である。E-Defense さんと協力して本格的な実験施設を作って戴きたい。

11) ウォーターフロント等の過密な都市において、そもそも建築物群として超高層を建設してもよいのかという視点も必要かもしれない。

②対応内容

1) 特になし。

2) 指摘されている様々な問題点について留意しながら、検討を進めたい。

3) 本課題では、強震動予測、応答予測、補強方法を主な対象とし、非構造部材や設備、居住性などについては、別途考えていきたい。

4) 長周期地震動についてはこれまで十分な経験がないこともあり、設計においてどのレベルで考えていけばいいのか決め方のルールがまだなく、今後さらに広い議論が必要と考えている。最近シミュレーション結果や少数ではあるが観測結果も蓄積されているので、そのような情報も集めて検討していきたい。

5) 既往の耐震対策などについても資料収集し本検討の参考としたい。

6) 地震動生起頻度と設計地震力レベルの問題は、長周期だけでなく広帯域地震動を対象とした大きな課題であるので、今後別テーマで検討すべきと考えている。

7) の検討体制については、大学、民間研究者も含めた委員会を設置して、様々な意見をいただきながら検討を進めたい。

8)、9) については、ご指摘の主旨を踏まえて対応したい。

また、長周期地震動の評価については、ここ1、2年で地震調査研究推進本部等が実施する他プロジェクトでも検討成果が公表される見込みである。そのような成果との比較も適宜行うこととしている。

10) については、本課題とは別に、中長期的な課題としたい。

11) 超高層の建築物群の防災対策については、本課題とは別に国交省基準整備補助金事業のなかで1つのテーマとして取り上げている。

3. 全体委員会における所見

注目をあびている重要な課題で、提案どおり実施すべきという分科会の評価を、全体委員会の評価とする。

特に超高層RCで200mを超えると大地震動のときに様々な要因によって被害の予想が変わることから、居住安全性だけでなく、構造安全性自体も考慮した研究を進めていただきたい。

4. 評価結果

レ	1 新規研究開発課題として、提案どおり実施すべきである。
	2 新規研究開発課題として、研究評価委員会の意見に留意して実施すべきである。
	3 新規研究開発課題として、修正の上実施すべきである。
	4 新規研究開発課題として、大幅な見直しを要する。