

- 2 杭基礎を考慮した限界耐力計算法に関する基礎研究

Study on Limit Strength Calculation Method Considering Pile Foundation

(研究期間 平成 14~17 年度)

建築生産研究グループ
Dept. of Production Engineering

国際地震工学センター
International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

平出 務
Tsutomu Hirade

田村昌仁
Masahito Tamura

Synopsis : The overall analysis by the model including a superstructure and a substructure (foundation and piles) is effective to the estimate of the response of a more accurate building. The possibility of the design rationalization in a substructure (foundation and piles) is confirmed from an analytical examination result of using the overall analysis by the model including a superstructure and a substructure.

【研究目的及び経過】

建物上部構造の構造設計体系が性能を規定する方向へ移行する中で、基礎構造は、建物上部構造と比較して性能規定化に向けた検討項目が多く残されており、データの整備充実が求められている。現在、建物上部構造の耐震設計では、限界耐力計算法により地震時における建物の損傷性及び安全性を確認することが行われており、中地震動から大地震動までに変化する特性（等価周期と等価粘性減衰定数）が考慮されているが、基礎構造では、一般の設計においては、基礎構造の損傷状態や終局状態について考慮されていない状況にある。

本研究では、住宅を用途とした建物を対象に、上部構造及び基礎構造を一体として取り扱うモデル（一体解析モデル）による解析的な検討から建物の総合的な評価と合理的な基礎設計法の提案を研究目的とする。

【研究内容】

検討対象とした建物は、けた行き方向はラーメン構造、張り間方向は連層耐震壁構造の RC 造集合住宅で、図 1 に示すような、地盤 杭基礎 上部構造を一体とした一体解析モデルによる静的荷重増分解析により、建物階数、地盤条件、杭種をパラメータとした検討を行った。検討に用いた地盤条件を表 1 に、杭径と杭仕様例を表 2 に示す。杭周囲の水平地盤ばね、先端ばねはトリリニアに、摩擦ばねは、場所打ち杭、耐震杭ではトリリニアに、他の杭ではバイリニアにモデル化している。

一体解析モデルによる静的荷重増分解析を実施する際には、上部構造、杭基礎のモデル化とともに、杭に作用する地盤バネの評価が重要となるため、地盤バネの評価についての検討を行っている。また、杭部材は、断面解析結果をもとに曲げモーメント M と曲率 の関係

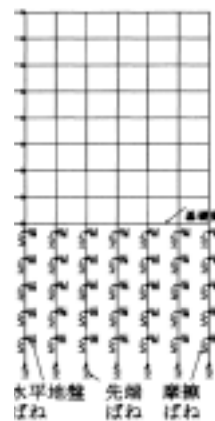


図 1 解析モデル

表 1 地盤モデル

(a) 地盤 2b					
土質	深さ	N値	E_s	C_u	
粘土	1	-	-	-	-
ローム	3	4	6	360	-
ローム	9	4	31	360	-
砂礫	16	33	44	-	-
砂礫	11	45	66	-	-
砂礫	12	32	60	-	-
砂礫	13	35	38	-	-
砂礫	28	32	38	-	-
砂礫	-	62	66	-	-

(b) 地盤 2c					
土質	深さ	N値	E_s	C_u	
粘土	2	-	-	-	-
粘土	16	3	4	90	-
砂礫	22	10	7	-	-
砂礫	30	20	28	-	-
砂礫	-	50	62	-	-

(c) 地盤 3					
土質	深さ	N値	E_s	C_u	
粘土	5	5	5	-	-
砂礫	19	3	1	-	-
シルト	29	7	2.5	28	-
シルト	35	7	5	1000	-
粘土	49	15	12	2600	-
砂礫	-	63	62	-	-

単位: 深さ m, E_s MPa, N 叩, C_u kN/m²

表 2 杭径 (単位: mm) と杭仕様例

階数	杭種	地盤		
		2b	2c	3
5	場所打ち杭		1300~1500	
	鋼管杭		1000, 2~800	
	耐震杭		1000, 2~800	
6 (追加部)	場所打ち杭	1600, 1800	1600~1800	1700, 1900
	鋼管杭			1100, 1200
	耐震杭			(1400, 1600)
14	場所打ち杭			
	鋼管杭	2~900, 2~1000	2~800, 2~900	2~800, 2~900
	耐震杭	2~800, 2~1000	2~900, 2~1000	2~900, 2~1000

杭仕様例 (8階、地盤 2C)

(a) 場所打ち杭		(b) 鋼管杭		(c) 鋼管杭	
杭径	1700	杭径	900	杭径	900
土質深さ	38-D32	土質深さ	SC 30~41	土質深さ	15
鋼管径	1000	鋼管径	SHK400	鋼管径	1000
中径深さ	30-D32	鋼管径	2000	中径深さ	12
鋼管径	1000	鋼管径	PHC1400	鋼管径	4000
下径深さ	18-D32	鋼管径	2500	下径深さ	9
鋼管径	1000			鋼管径	2000
鋼管径				鋼管径	SHK400
鋼管径				単位	mm

でモデル化されるが、一般に用いられている建物の静的荷重増分解析計算プログラムでは、部材の非線形性を部

材端部の曲げモーメント M と部材変形角 θ の関係で表しているため、 M -モデルで表される杭部材の非線形を M -モデルで評価する方法についても検討を行っている。

【研究結果】

M -モデルで表される杭部材の非線形を M -モデルで評価する方法についての検討から次のような結果が得られた。

曲げモーメントを一様分布と仮定することにより、 M -モデルの剛性低下率 γ は、 M -モデルの剛性低下率 γ_0 を用いた次式で表される。

$$\gamma = \gamma_0 / (3 \cdot 2 \cdot \dots) \quad (1)$$

M -モデルの非線形性を M -モデルで表現する場合、分割数が十分であれば、杭要素の分割数を変える必要はなく、また、降伏ヒンジ位置を合わせなくても精度の良い解が得られる。

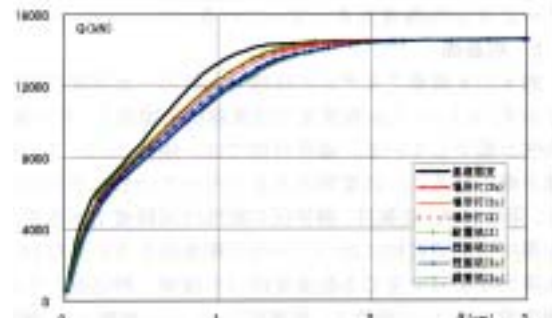
M -モデル、 M -モデルとも、杭要素の分割数が少ない場合は、精度の良い解析結果が得られない。

一体解析モデルによる静的荷重増分解析結果の一例として 8 階モデルにおける 1 階層せん断力-層間変位関係と杭頭せん断力-水平変位関係を図 2 に示す。それぞれけた行き方向と張り間方向の各増分解析結果を示している。1 階層せん断力-層間変位関係には、基礎梁下でピン支持とした基礎固定モデルを比較のため示している。1 階層せん断力-層間変位関係は、けた行き方向では、ほぼ同じであるが、張り間方向では、地盤条件、杭種による違いが大きく現れている。杭頭せん断力-水平変位関係は、けた行き方向、張り間方向共に、地盤条件、杭種による違いが現れている。一体解析モデルを用いた解析検討により、地盤条件、杭種による建物応答の違いが明らかとなり、一体解析モデルを用いた場合の基礎構造設計合理化の可能性が確認された。

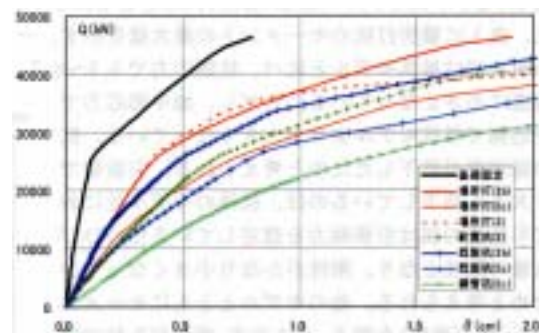
なお、検討結果の詳細は、参考文献を参照されたい。

【参考文献】

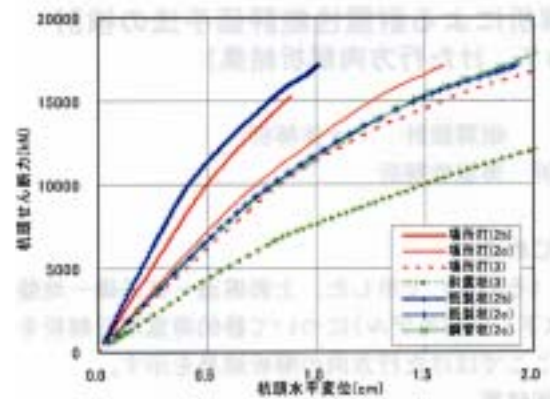
- 1)梅村美孝,他:静的一体解析と応答スペクトル法を組み合わせた建物の動的相互作用効果の評価,日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)B-1,pp.593-594,2003.9
- 2)渡辺一弘,他:一体解析による耐震性能評価手法の検討(その 1~5),日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)B-1,pp.509-518,2004.8
- 3)梅村美孝,他:RC 造共同住宅の耐震設計における外力分布に関する研究 その 1~2,日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)B-2,pp.217-220,2004.8
- 4)渡辺一弘,他:一体解析による耐震性能評価手法の検討(その 6~10),日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)B-1,pp.485-494,2005.9



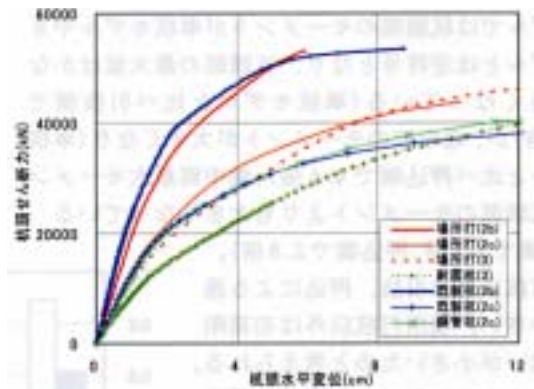
けた行き方向 1 階層せん断力-層間変位 (8 階モデル)



張り間方向 1 階層せん断力-層間変位 (8 階モデル)



けた行き方向 杭頭せん断力-水平変位 (8 階モデル)



張り間方向 杭頭せん断力-水平変位 (8 階モデル)

図 2 8 階モデルによる解析結果