

RC 造建築物の耐震性能評価における杭基礎解析モデルに関する研究
(その7 適用条件に関する検討)

正会員 ○秋田 知芳*¹ 正会員 和泉 信之*²

鉄筋コンクリート造 一体モデル 分離モデル
保有水平耐力計算 崩壊形 基礎梁

1. はじめに

著者らは一体モデルと分離モデルを用いた鉄筋コンクリート造(以下、RC造と略記)杭基礎建築物の耐震性能評価について研究している。既報(その5, その6)^{1,2)}では、中高層RC造の保有水平耐力計算において杭頭曲げが作用した場合に、想定した上部構造の崩壊形を実現できる基礎梁の耐力を評価し、基礎周り部材の耐力指標を提案した。本報(その7)では、部材耐力や地盤の水平剛性などをパラメータとした部分架構モデルを対象に追加して、上部構造の分離モデルの適用条件について考察する。

2. 解析計画

2.1 解析対象および解析モデル

解析対象骨組は、杭基礎を有する3階建から14階建のRC造建築物を想定した、部分架構モデルである(図-1)。地盤は(その5)¹⁾に示した第二種地盤とし、杭は場所打ちコンクリート杭(杭先端GL-20m)とする。それぞれのモデルに対して直杭と拡底杭の2種類の杭を設定する。いずれの杭も底部径は負担する長期軸力に対する応力が1800~2000kN/m²程度となるよう設定し、拡底杭の軸部径は底部径の2/3程度とする(表-1)。骨組の各部材、地盤ばねのモデル化方法は(その5)¹⁾と同様とする。

2.2 部材および骨組の耐力指標

本研究では(その5)¹⁾と同様、基礎梁の曲げ耐力の大きさを表す曲げ耐力指標(α)を式(1)で、1階柱、杭、基礎梁の耐力バランスに着目した指標値 a , b を式(2)および(3)で定義する。基礎梁の変動ケースは、 α を変えて設定する。また、上部構造の耐力指標として相当 C_B 値を式(4)で定義する。相当 C_B は全体変形角(R_T)が1/67時におけるベースシア係数である。 R_T とは上部構造に作用する水平力の重心位置に相当する床の水平変形を、その床の高さで除した変形角である。なお、式中の記号については(その5)¹⁾を参照されたい。

$$\alpha = \frac{FG M_u}{(FG M_{E1} + p M_{E1} / 2)} \quad \dots(1)$$

$$a = \frac{\sum FG M_u}{C M_u} \quad \dots(2) \quad b = \frac{\sum FG M_u}{(C M_u + p M)} \quad \dots(3)$$

$$\text{相当 } C_B = (R_T \cdot 1/67 \text{時 } C_B) / (\text{一次設計時 } C_B \times 5) \quad \dots(4)$$

横軸に耐力指標 a , 縦軸に耐力指標 b をとって対象骨組の耐力バランスを模式的に図-2に示す。この a - b 関係図に示される領域により、杭頭曲げを考慮するモデルと考慮しないモデルにおいて最下層の崩壊形が異なる領域(領域II)を示すことが出来る。なお、基礎梁の耐力指

標 α 及び耐力指標 a は現行法の構造設計時に算出可能な値である。

2.3 解析ケース

既往の研究³⁾で用いた3, 6, 10, 12, 14階建の5棟の直杭モデルと、上部構造断面は同じで杭を拡底杭とした拡底杭モデルを作成する。これらのモデルを基に上部構造耐力(相当 C_B 値)を0.35, 0.40, 0.45の3通りに変えたモデルに対して、それぞれ基礎梁の曲げ耐力(α)を1.2~2.2まで適宜変えたケースを設定する(計230ケース)。また、液状化等で表層地盤の水平剛性が0.5倍, 0.1倍に低減した場合として、水平剛性低減ケース(計460ケース)も加えて設定する。なお、本研究では柱脚降伏するケース(領域IおよびII)を対象とする。

3. 解析結果

図-3に標準的な断面を設定した基本となるケースのベースシア係数(C_B)と全体変形角(R_T)の関係を示す。 R_T が1/67時の C_B は0.31(14階建)~0.40(3階建)で、梁曲げ降伏型の全体崩壊形がほぼ形成されている。

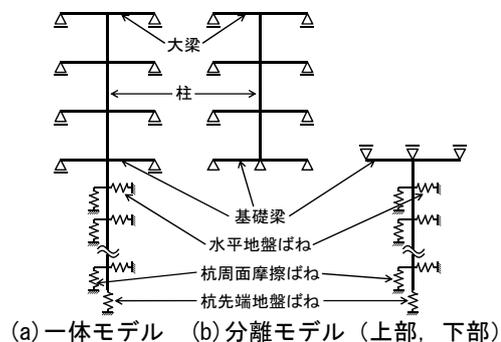


図-1 解析対象骨組

表-1 杭の諸元

階数		3	6	10	12	14
軸部径(mm)	直杭	1100	1400	1800	1900	2100
	拡底杭	800	1000	1200	1300	1500
先端軸応力(kN/m ²)		1892	2000	1807	1931	1898
杭頭部D _g (%)	直杭	0.64	0.67	0.60	0.61	0.66
	拡底杭	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

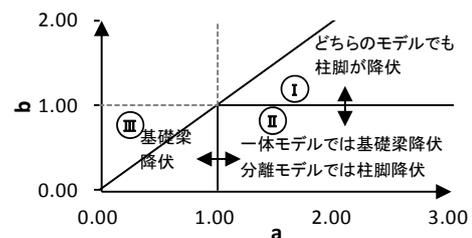


図-2 a-b関係図の概念図

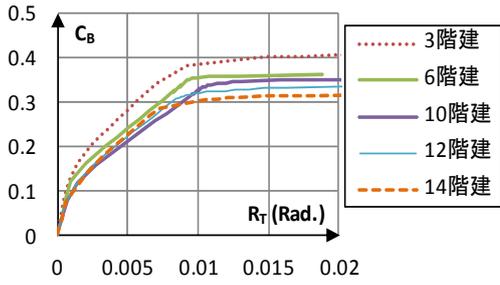


図-3 基本モデル（上部分離モデル）の C_B - R_T 関係

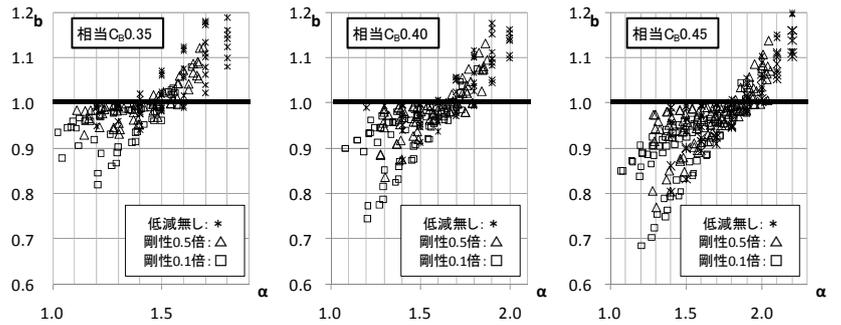


図-4 α - b 関係図

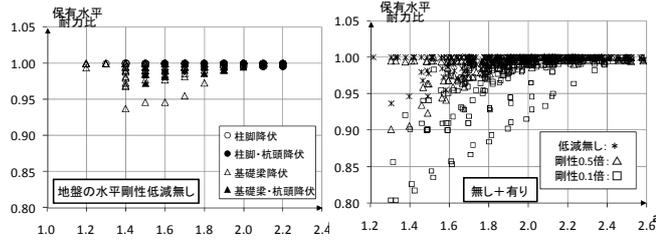


図-5 保有水平耐力比- α 関係図

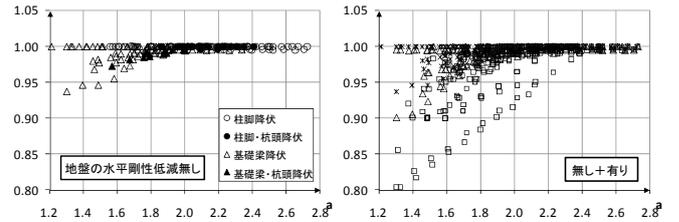


図-6 保有水平耐力比-a 関係図

4. 考察

4.1 基礎梁の耐力指標 α と耐力指標 b

図-4に α と耐力指標 b の関係を示す。 α が增大するに伴い耐力指標 b は増大する。相当 C_B が 0.35 のケースでは耐力指標 b が 1.0 を上回る α は 1.7 以上、相当 C_B が 0.40 のケースでは 1.9 以上、相当 C_B が 0.45 のケースでは 2.0 以上となっている。上部構造の耐力が大きくなるほど、崩壊メカニズム形成時の杭頭曲げモーメントも増加するため、基礎梁の必要耐力も増加することが分かる。

4.2 保有水平耐力と基礎梁の耐力指標 α

図-5に保有水平耐力比と α の関係を示す。ここで、保有水平耐力比とは一体モデルでの相当 C_B を上部分離モデルでの相当 C_B で除した値とする。上部構造最下層の崩壊形が計画通り柱脚降伏となる場合には、保有水平耐力比は 1.0 となる。このときの α の値は 2.0 以上である。

4.3 保有水平耐力と耐力指標 a

図-6に保有水平耐力比と耐力指標 a の関係を表す。耐力指標 a には杭頭曲げを直接用いていないが、本解析の範囲では a の値は 1.8 以上（地盤の水平剛性が低下する場合は 2.4 以上）であると保有水平耐力比は概ね 1.0 である。

4.4 α - a の関係と崩壊形成パターン

図-7に α と耐力指標 a の関係を示す。 α および耐力指標 a が大きくなるほど柱脚降伏になる傾向にある。 α が 1.7 未満、 a が 1.8 未満では杭応力を考慮する場合最下層の崩壊形が変わる可能性が高いため、一体解析等の詳細な検討を行うことが望ましい。また、 α が 1.7~2.0 程度では、基礎梁の余裕度・上部構造耐力・地盤の条件などで上部構造最下層の崩壊形が変わらない場合と変わる場合があるので、分離モデルを用いて保有水平耐力の確認を行う場合には十分な考慮が必要である。

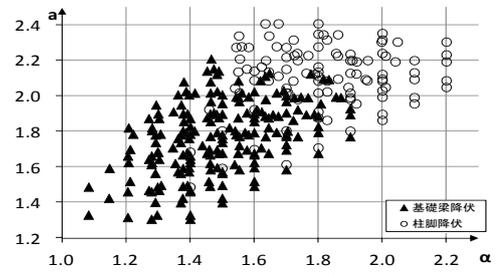


図-7 α - a 関係図

5. まとめ

本研究の範囲内ではあるが、以下の知見を得た。

- 1) 相当 C_B が 0.35 で α が 1.7 以上、相当 C_B が 0.40 で α が 1.9 以上、相当 C_B が 0.45 で α が 2.0 以上では、杭頭曲げの作用による分離モデルの崩壊形や保有水平耐力への影響は小さい。
- 2) 上記と同様となる耐力指標 a の目安は 1.8 以上（地盤の水平剛性が低下する場合は 2.4 以上）である。
- 3) α が 1.7 未満、あるいは耐力指標 a が 1.6 未満では最下層の崩壊形が変わる可能性が高いため、一体解析等の詳細な検討を行うことが望ましい。
- 4) α が 1.7~2.0 程度では、分離モデルを用いて保有水平耐力の確認を行う場合には十分な考慮が必要である。

基礎梁降伏先行あるいは杭降伏先行の崩壊形における保有水平耐力計算は今後の課題である。

謝辞

本報の作成にあたり元千葉大学和泉研究室大学院生の棒田悠太氏に多大なる協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 坂本雅敏ほか：RC 造建築物の耐震性評価における杭基礎解析モデルに関する研究（その 5 基礎梁の耐力指標）、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-2 分冊、pp.713-714、2012.9
- 2) 棒田悠太ほか：RC 造建築物の耐震性評価における杭基礎解析モデルに関する研究（その 6 杭頭降伏を考慮した基礎梁の耐力指標）、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-2 分冊、pp.629-630、2013.8
- 3) 坂本雅敏ほか：RC 造杭基礎建築物の保有水平耐力計算に用いる上部モデル、コンクリート工学会年次論文集、Vol.35、No.2、pp.13-18、2012.7

*1 山口大学大学院理工学研究科講師 博士（工学）

*2 千葉大学大学院工学研究科 教授 博士（工学）

*1 Lecture, Graduate Sch. of Sci. and Eng., Yamaguchi Univ., Dr. Eng.

*2 Prof., Dept. of Architecture, Chiba Univ., Dr. Eng.