

3階建てRC造学校建物の解析モデルに応じた基礎構造部材の応力変動 (その2) 一体モデルと複数杭モデルの比較

鉄筋コンクリート造 基礎構造部材 荷重増分解析
解析モデルカテゴリー 一体モデル 複数杭モデル

正会員 ○秋田知芳*1 同 中尾優樹*2
同 津森崇行*3 同 稲井栄一*4

1. はじめに

鉄筋コンクリート基礎構造部材の耐震設計指針(案)¹⁾(以下、指針(案)と略記)では基礎構造部材の設計用応力を求めるための解析モデルが4つ示され、簡易なモデルを使用する際には応答値を割増すこととされているが、解析モデルの違いによって、基礎構造部材に発生する応力がどの程度変動するかについては、指針(案)では伊藤による検討²⁾が示されているのみで検討例が非常に少ない。その¹⁾では、単杭モデルと一体モデルの荷重増分解析を行い杭に生じる応力を比較して、基礎構造部材の解析モデルの違いによる応力の変動について検討した。その²⁾では複数杭モデルと一体解析モデルを比較して検討する。

2. 解析概要

2.1 解析モデルカテゴリー

指針(案)では基礎構造部材の設計応力を求めるための解析モデルは一体型(一体モデル)、分離型1(複数杭モデル)、分離型2(単杭モデル)、分離型3(単杭モデル一様地盤)の4つの「解析モデルカテゴリー」に分類されている。指針(案)で示されている杭応力の割増し係数を表1に示す。割増し係数は1.0~2.0であり、変動軸力の大きさで使い分けることが示されている。

2.2 解析モデル

解析対象は、2011年東北地方太平洋沖地震の被害に遭った学校建物で、杭基礎を有する3階建てのRC造建物である。図1に杭伏図を示す。基礎は杭基礎で、杭にはPHC杭(B種)400φが用いられており、杭長は13m、14m、16mとなっている。一体モデル(一体型)についてはその¹⁾と同じものを用いた。図2に複数杭モデルの概略図を示す。複数杭モデルは一体モデルから上部モデルを分離させ、上部構造の柱はすべてピン支持とし、下部構造の基礎部分は剛床とし任意で軸力やモーメントを与える。解析は下部構造にあらかじめ与える軸力が0kNのもの(以下複数杭0)、その¹⁾の単杭モデルにおいて軸力を与えた際、最も一体モデルとの対応が良かった数値500kNを杭ごとに与えたもの(以下複数杭500)、上部構造の解析から抽出した軸力とモーメントを与えたもの(以下複数杭上部)を用意した。いずれも、層間変形角が0.02radに到達した時点で終了とし

表1 指針(案)における杭応力の割増し係数

解析モデル	検討部位	曲げモーメント	せん断力
分離型1	杭頭	1.0	1.5 (1.0)*3
	杭中間部	2.0 (1.0)*1	
分離型2	杭頭	2.0 (1.0)*2	1.5 (1.0)*4
	杭中間部	2.0 (1.0)*1	

*1 杭中間部の検定において、杭頭部と杭中間部の大きい方の設計用曲げモーメントを採用する場合

*2 軸力の変動の影響が、杭頭回転ばねの曲げモーメント-回転角関係に反映できている場合、もしくは設計用地震力により杭に作用する地震時変動軸力が長期軸力の20%である場合

*3 設計用地震力により杭に作用する地震時変動軸力が長期軸力の50%以下である場合

*4 設計用地震力により杭に作用する地震時変動軸力が長期軸力の20%以下である場合

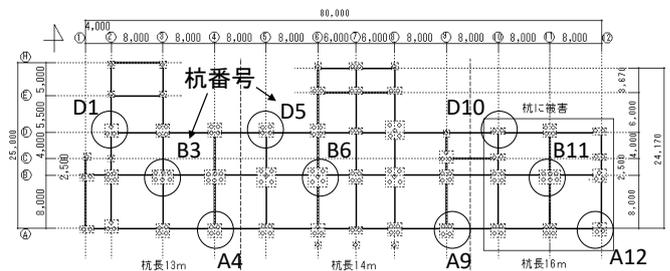


図1 杭伏図

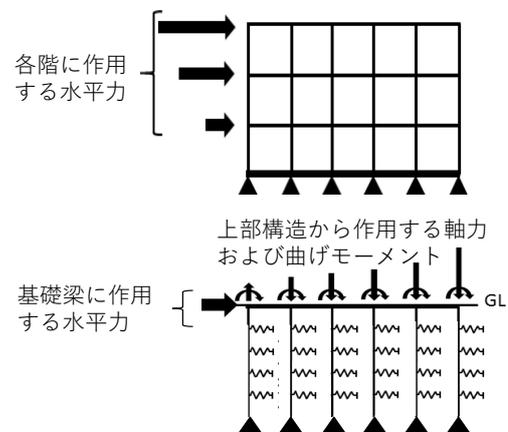


図2 複数杭モデル概略図

た。また、各応力や変位など各モデルカテゴリーで比較する際は、($C_B=0.3$)時の値を比較している。

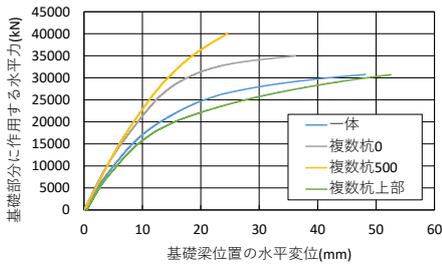


図3 基礎梁位置の外力と水平変位の関係

表2 複数杭モデルに対する一体モデルの比率

杭番号 (図1参照)	曲げモーメント		せん断力		
	杭頭	中間部	杭頭	中間部	
13m	A4	0.73	0.86	0.68	0.85
	B3	1.05	1.03	0.91	1.03
	D2	1.92	1.03	1.22	1.10
14m	A9	0.97	0.87	0.79	0.86
	B6	1.17	1.13	1.00	1.14
	D5	1.53	1.18	1.25	1.09
16m	A12	1.64	0.74	1.04	0.84
	B11	1.13	1.27	1.12	1.32
	D10	1.01	1.10	0.97	1.10

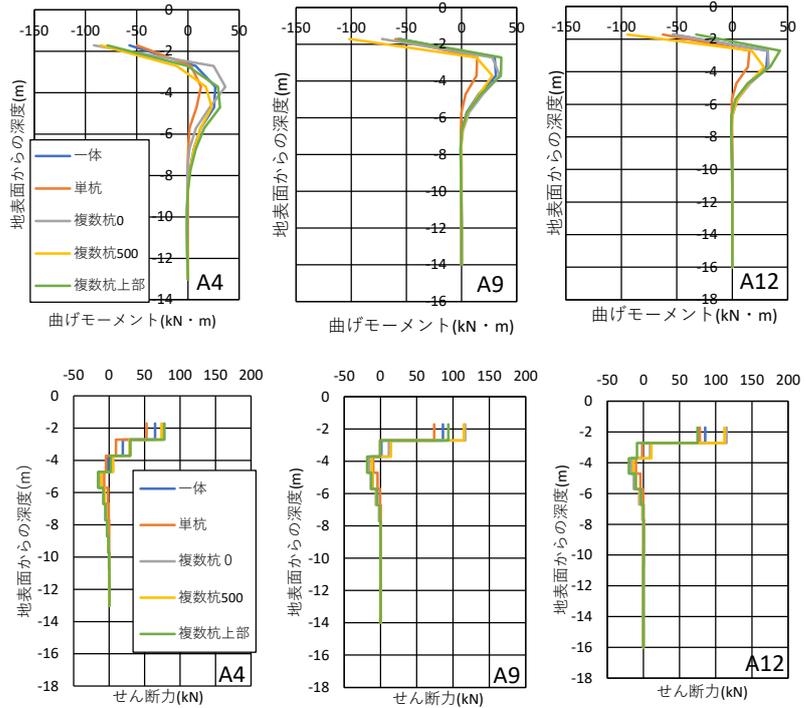


図4 $C_B=0.3$ 時の杭の曲げモーメント図およびせん断力図

3. 結果と考察

3.1 基礎梁位置の外力と水平変位の関係

図3に基礎梁位置の外力と水平変位の関係を示す。複数杭0、複数杭500は明らかに一体モデルとの差が大きい。複数杭上部は一体モデルに比べ同じ水平変位における外力は下回っているものの一体モデルに一番近い結果となった。

4.2 杭の応力変動

図4に $C_B=0.3$ 時の一体モデル、複数杭上部における杭頭曲げモーメント分布図および杭頭せん断力図を単杭モデルの結果³⁾と併せて示す。一体モデル、複数杭モデルの値は各杭の本数で除して杭1本にかかる曲げモーメントとせん断力を示している。曲げモーメントに関して、複数杭500は杭頭、杭中間部ともに一体モデルと大きく値が異なり、複数杭0、複数杭上部よりも一体モデルとの差が大きかった。複数杭上部と複数杭0は杭頭で違いがあり、複数杭上部が一体モデルと最も近い結果となった。せん断力に関しても同様に複数杭上部が一体モデルと近い結果となった。以上の事から複数杭上部の場合が一体モデルに最も近い結果が得られていることが分かる。

一体モデルの曲げモーメントおよびせん断力を複数杭モデル(複数杭上部)の値で割った比率を表2に示す。曲げモーメントの比率は杭頭で0.7~2.0、杭中間部で0.8~1.3となっている。表1で示した指針(案)の分離型1における

割り増し係数と比べると、杭頭では値(1.0)を上回るものがあり、杭中間部では最大値が概ね示されている値(2.0)を下回った。せん断力の比率は杭頭で約0.7~1.3、杭中間部で0.8~1.3であり、指針(案)と比べると杭頭では値(1.0)を最大で0.3ほど上回り、杭中間部では示されている値(1.5)を下回る結果となった。

4. まとめ

本論で得られた知見を以下に示す。

- (1) 複数杭モデルの曲げモーメントに対する一体モデルの曲げモーメントの比率は杭頭で0.7~2.0、杭中間部で0.8~1.3、せん断力の比率は杭頭で0.7~1.3、杭中間部で0.8~1.3であり、各杭の比率にばらつきが見られ、指針で示されている割り増し係数を上回る杭も見られた。
- (2) 複数杭モデルでは杭頭で割り増し係数を上回るものが多かったが、中間部では曲げモーメント、せん断力では割り増し係数を下回った。

参考文献

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート基礎構造部材の耐震設計指針(案)・同解説、pp.100-103、2017.3
- 2) 伊藤央：ばらつきを考慮した基礎構造部材の応答評価、2010年度日本建築学会(北陸)パネルディスカッション資料、「日本建築学会鉄筋コンクリート基礎構造部材の耐震設計」pp.35-46、2010.9
- 3) 秋田知芳、稲井栄一：3階建てRC造学校建物の解析モデルに応じた基礎構造部材の応力変動(その1) 一体モデルと単杭モデルの比較、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.519-520、2020.9

*1 山口大学大学院創成科学研究科講師 博士(工学)
 *2 山口大学大学院創成科学研究科 大学院生
 *3 山口大学大学院創成科学研究科 元大学院生
 *4 山口大学大学院創成科学研究科教授 博士(工学)

Lecturer, Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi Univ. Dr. Eng.
 Graduate Student, Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi Univ. Dr. Eng.
 Former Graduate Student, Graduate School of Sci. and Tech. for Innovation, Yamaguchi Univ. Dr. Eng.
 Prof, Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi Univ. Dr. Eng.