

連層耐震壁を有する10階建てRC造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) 各モデルの杭応力の比較

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

一体モデル 複数杭モデル 単杭モデル
曲げモーメント せん断力

1. はじめに

本報その1では建物と解析モデルの概要について述べた。本報その2では、一体モデルから得られた杭応力と、複数杭モデルおよび単杭モデルから得られた杭応力を比較して検討する。

2. 解析結果

2.1 層せん断力—層間変形角関係

上部モデルと一体モデルの層せん断力—層間変形角関係を図-1に示す。一体モデルは上部モデルよりも、杭基礎及び地盤ばねの変形により水平剛性が小さくなり、純ラーメン架構のX方向より連層耐震壁のあるY方向でその傾向が大きく見られることが確認できた。

2.2 軸力変動

図-2に上部モデルの長期軸力に対する $C_B=0.3$ 時における変動軸力の割合(%)を示す。X方向は、軸力変動の割合が建物外側の引張側と圧縮側で約-150~170%と大きい割合になり、建物中間部で約10%未満と小さい割合になった。Y方向は、軸力変動の割合が建物外側の引張側と圧縮側で約-150~150%と大きい割合になり、連層耐震壁がある建物中心部で約-210~220%とさらに大きい割合になった。指針(案)³⁾では解析モデルの違いによる杭の応力の割増し係数は軸力変動の割合によって使い分けられることが示されている。本建物では、黄色の箇所の杭は分離モデル1、分離モデル2の両方で、緑色の箇所の杭は分離モデル2で軸力変動が大きい場合に該当する。

2.3 杭の応力と割増し係数

図-3に検討した杭の位置、図-4に一体モデルの杭頭せん断力($C_B=0.3$ 時)、図-5、図-6に各解析モデルから得られた杭の曲げモーメント、せん断力分布図($C_B=0.3$ 時)をそれぞれ示す。 $C_B=0.3$ 時の基礎梁位置の水平力について、分離モデル1は $C_B=0.3$ 時の上部構造と基礎部分の慣性力に相当する値の時、分離モデル2はその値を杭本数で除した値の時とする。図-5、図-6を見ると一体モデルと比べて、分離モデル1は曲げモーメント、せん断力とも概ね一致したが、分離モデル2は大きく異なる箇所があった。

曲げモーメントについて、軸力変動が大きい建物外側の1A杭(引張杭)や6B杭(圧縮杭)は、一体モデルでは杭頭の値が小さいが分離モデル2では大きくなった。これは、軸力変動、基礎梁の剛性、上部架構の影響で、一体モデルでは建物外側の杭で杭頭回転角が大きくなったが、分離モデル2は杭頭固定であり、その差によるものだと考えられる。

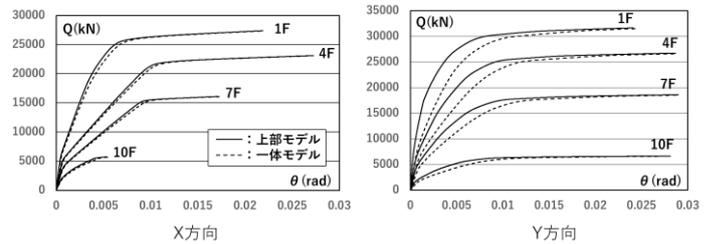


図-1 層せん断力—層間変形角関係

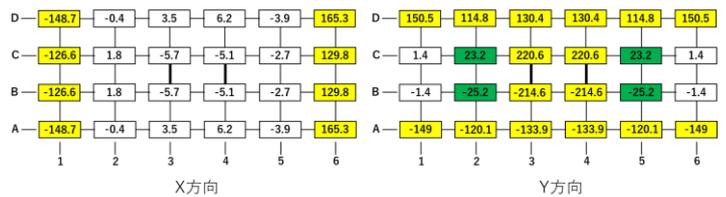


図-2 上部モデルの長期軸力に対する $C_B=0.3$ 時における変動軸力の割合

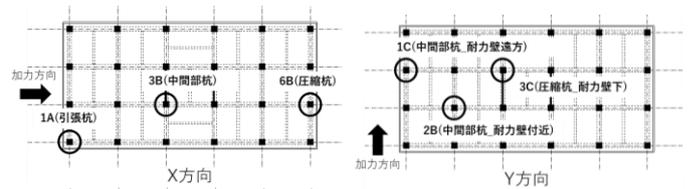


図-3 検討した杭の位置

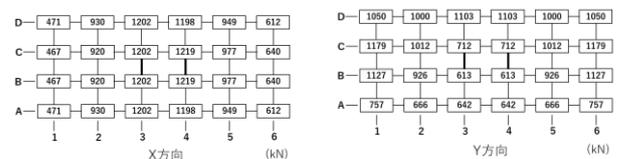


図-4 一体モデルの杭頭せん断力($C_B=0.3$ 時)

また、連層耐震壁下の3C杭は、耐震壁の回転により杭の反曲点位置が変わるため、杭の応力自体が反対側に発生した。2B杭は、1C杭より耐震壁に近い分、耐震壁の影響により軸力変動が大きくなり杭頭回転角が大きくなったことで、杭頭の曲げモーメントが小さくなったと考えられる。

せん断力について、一体モデルと分離モデル1は、建物外側の1A杭(引張杭)や6B杭(圧縮杭)は3B杭(中間部杭)と比べて、杭頭せん断力の値は小さくなった。これは基礎梁の取り付け剛性の影響が大きいと考えられる。耐震壁下の3C杭は建物中間部であっても杭頭せん断力が小さくなり、耐震壁から遠い1B杭や1C杭への集中が見られた。

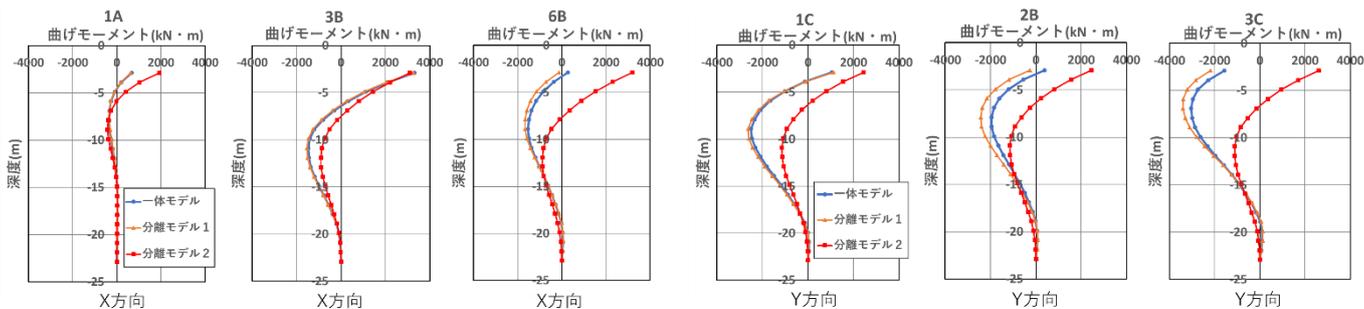


図-5 杭の曲げモーメント分布図 ($C_B=0.3$ 時)

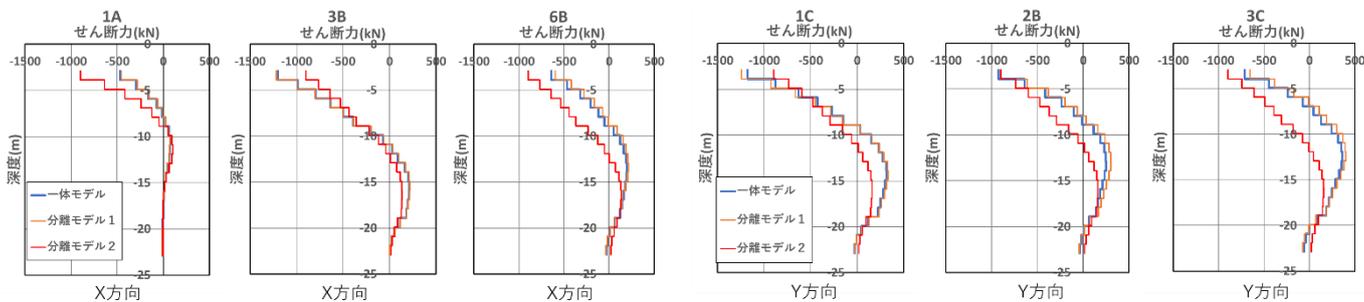


図-6 杭のせん断力分布図 ($C_B=0.3$ 時)

表-1 杭の応力の割り増し係数 ($C_B=0.3$ 時)

X方向		分離モデル1			分離モデル2		
		1A	3B	6B	1A	3B	6B
曲げモーメント	杭頭	1.072 (1.0)	1.017 (1.0)	2.146 (1.0)	0.348 (2.0)	1.067 (1.0)	0.084 (2.0)
	杭中間部	1.068 (2.0)	0.959 (2.0)	0.923 (1.0)	0.81 (2.0)	1.621 (2.0)	1.748 (2.0)
せん断力	杭頭	1.037 (1.5)	0.989 (1.0)	1.068 (1.5)	0.524 (1.5)	1.338 (1.0)	0.712 (1.5)
	杭中間部	1.079 (1.5)	0.964 (1.0)	0.928 (1.5)	0.726 (1.5)	1.556 (1.0)	1.49 (1.5)

(): 指針(案)の値

Y方向		分離モデル1			分離モデル2		
		1C	2B	3C	1C	2B	3C
曲げモーメント	杭頭	0.932 (1.0)	1.375 (1.0)	0.72 (1.0)	0.425 (1.0)	0.153 (2.0)	0.604 (2.0)
	杭中間部	0.952 (1.0)	0.807 (1.0)	0.896 (1.0)	2.174 (2.0)	1.712 (2.0)	2.747 (2.0)
せん断力	杭頭	0.949 (1.0)	1.024 (1.0)	1.089 (1.5)	1.313 (1.0)	1.032 (1.5)	0.793 (1.5)
	杭中間部	0.951 (1.0)	0.829 (1.0)	0.905 (1.5)	1.98 (1.0)	1.559 (1.5)	2.321 (1.5)

(): 指針(案)の値

一体モデルの杭の曲げモーメントおよびせん断力を、分離モデル1、分離モデル2の杭の曲げモーメントおよびせん断力で割った比率である割増し係数を表-1に示す。杭中間部はそれぞれのモデルの杭の中間部における最大値を使用して比率を求めた。分離モデル1は、概ね指針(案)と対応していたが、せん断力において軸力変動の大きい杭で指針(案)の値を大きく下回った。分離モデル2は、曲げモーメントについて、X方向では1A杭(引張杭)や6B杭(圧縮杭)の杭頭で大きく下回り、Y方向では杭頭において大きく下回る一方で、杭中間部の3C杭(圧縮杭)で大きく上回った。せん断力について、1A杭(引張杭)や6B杭(圧縮杭)と、3C杭(耐震壁下杭)の杭頭において指針(案)の値を下回り、X方向の建物中間部の杭やY方向の杭中間部において上回った。これらは、先に述べたように杭頭回転角、基礎梁の取り付け剛性、耐震壁などが影響していると考えられる。

3. まとめ

今回検討した建物により得られた知見を以下に示す。

- (1) 分離モデル1は一体モデルと杭の応力が概ね対応していた。指針(案)に記載されている割増し係数については

小さくできる余地があり今後検討を重ねていく必要があると言える。

- (2) 分離モデル2は一体モデルと比べて安全側になる杭もあれば危険側になる杭もあり、割増し係数のばらつきが大きい。これは、分離モデル2が杭頭固定であったことが原因のひとつである。

参考文献

- 国土交通省住宅局建築指導課ほか: 建築物の構造関係技術基準解説書, pp. 57-67, 2007. 8
- 伊藤央: 日本建築学会大会 RC 構造 PD 資料(ばらつきを考慮した基礎構造部材の応答評価), pp. 35-46, 2010. 9
- 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, pp124-129, 2017. 3
- 木谷圭一、江田拓也、秋田知芳、和泉信之: 一体モデルと分離モデルを用いた静的非線形解析による RC 造建築物の地震時応力評価、コンクリート工学年次論文集, Vol. 33, No. 2, pp. 931-936, 2011
- 間瀬辰也、中井正一: 単杭の杭周地盤ばねの評価法に関する検討、日本建築学会構造系論文集, 第77巻 第680号, pp. 1527-1535, 2012. 10
- 国土交通省国土技術政策総合研究所ほか: 建築物の構造関係技術基準解説書, pp. 655-656, 2015. 6

*1 山口大学大学院創成科学研究科 大学院生

*2 山口大学大学院創成科学研究科 元大学院生

*3 山口大学大学院創成科学研究科講師 博士(工学)

*4 山口大学大学院創成科学研究科教授 博士(工学)

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