

I - B314

地震時杭応力における慣性力と地盤変位の影響に関する考察
(その2)杭頭部の回転拘束度の影響

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 西村 昭彦
同上 正会員 室野 剛隆
(株) テ ス ○正会員 長谷川淳史

1. 目的 (その1)に引き続き本編では杭頭部の回転拘束度の影響について検討する。杭頭部の回転の拘束度は、地盤条件・杭本数等により定まり、応力分布に大きな影響を及ぼすと考えられる。そこで本検討では、杭頭部の回転条件を変化させて地震応答解析を行い、地震時応力の発生に与える影響を定性的・定量的に検討した。さらに静的解析(応答変位法)を行い、杭頭部回転条件による位相差の影響について検討した結果を報告する。

2. 解析条件 本検討では、上部構造物の慣性力と地盤変位が杭基礎に及ぼす影響を把握するため比較的簡易なモデルとし、上部構造物を1質点、杭を単杭とした多質点モデルとした。

上部構造物の橋脚下端を固定としたときの固有周期は 0.3 秒とした。なお、動的相互作用の影響により連成系の固有周期はこれより長周期となる。

入力波は、現在の鉄道の耐震設計で用いている基盤入力用の設計標準波¹⁾とした(兵庫県南部地震相当)。

3. 解析方法 前述の諸元を基本として杭頭部の回転条件を拘束・回転バネ(杭3列相当)・自由と変化させて線形地震応答解析を行った。表1に解析ケースの一覧を示す。地盤-杭-上部構造物系を「全体系」、地盤変位のみを考慮したものを「地盤系」、上部構造物の慣性力のみを影響を両者の差として求め、それを「慣性系」とした。

静的解析に用いる上部構造物の慣性力(Ra)は、動的解析より得られた最大応答加速度から慣性力を求めた。地盤変位(Rg)は自然地盤の動的解析から得られた最大変位分布を用いた。位相差による補正係数に用いる固有周期(Ts)は、下端固定時の固有周期ではなく、連成系の固有周期とする。

4. 解析結果

1) 応答波形からの考察 図2~5に杭頭と地中部12mでのモーメント波形を示す。「全体系」のモーメントをMt,「地盤系」をMg,「慣性系」をMaとした。なお、それぞれの最大値はmaxを付して表す。Case1の場合、杭頭部~地中4mまではMgとMaが同位相で発生しており、MgmaxとMamaxの和が、ほぼMtmaxになっている。地中4m以深ではMgとMaは逆位相となり、さらに地盤変位の影響が支配的となる。Case2では、杭頭~杭先端でほぼ逆位相となった。地中部10mまではMaの影響が強く、10m以深はMgの影響が支配的となる。Case3は、地中部10mまではMaの影響が強く見られ、12m以深はMgの影響が支配的となる。杭全体で位相はほぼ90°ずれている。

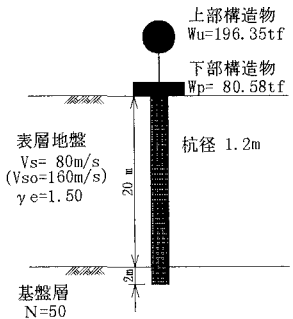


図1 解析モデル図

表1 検討ケース一覧

| 解析ケース | 杭頭回転バネ Kr(tf·m/rad) | 連成系 固有周期 | 備考 |
|-------|------------------------|-------------|-----------|
| Case1 | — | 0.30 | 回転拘束 |
| Case2 | 7.00E+04 | 0.80 | Kr: 杭3列相当 |
| Case3 | — | 1.10 | 回転自由 |

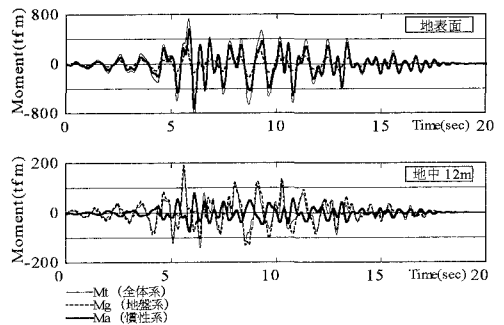


図2 モーメント応答波形図 (Case1 杭頭拘束)

Keywords : 耐震設計, 応答変位法, 杭頭回転バネ, 地盤変位, 慣性力

連絡先 : 〒185-0034 東京都国分寺市光町2-8-38 TEL 042-573-7262 FAX 042-573-7248

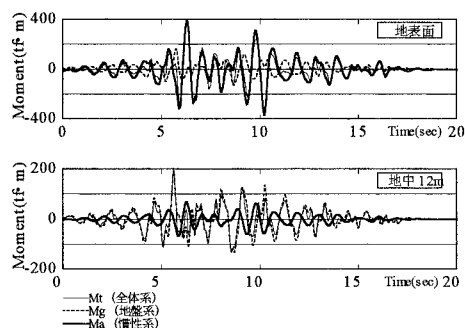


図3 モーメント応答波形図 (Case2 杭頭回転バネ)

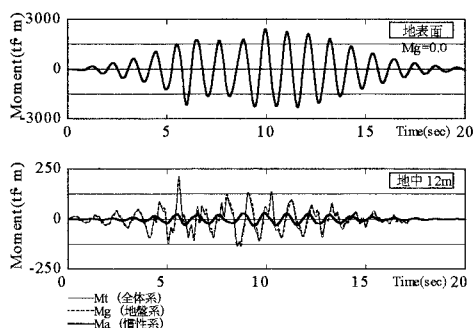


図4 モーメント応答波形図 (Case3 杭頭回転自由)

2) 応力分布 静的解析における荷重の組合せとして(その1)に示したように、以下の2通りが考えられる。

(a)慣性力主体の組合せ $1.0Ra + \gamma Rg$ ……式(1) (b)地盤変位主体の組合せ $\beta Ra + 1.0Rg$ ……式(2)

そこで、動的解析結果と(1)(2)式を用いた静的解析結果のモーメント分布の比較を行った。その結果を図5～7に示す。ただし、 Ma と Mg が同方向(同符号)で分布している場合、設計上の配慮から位相差による補正係数(γ , β)は上限値 ν を用いる。一方、異符号を示した場合、両者は打ち消すことになり、安全側を考慮する上で下限値 η を用いる。なお ν , η の値は(その1)に示してある。

(1) Case1 では、杭頭付近(0～4m)は Ma と Mg は同方向に分布するため上限値 ν を用いる。また、慣性力の影響が支配的であるので、位相差による差正係数は Rg に考慮した。地中部(4m～杭先端)で Ma は反曲し、 Mg と逆方向の分布となるため η を用いる。

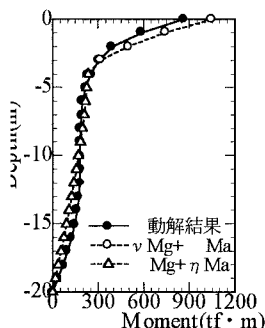


図5 モーメント分布図 Case1(杭頭拘束)

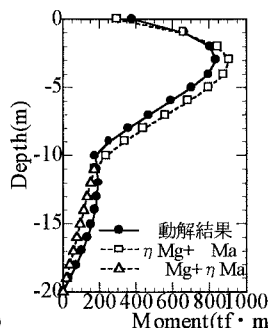


図6 モーメント分布図 Case2(杭頭回転バネ)

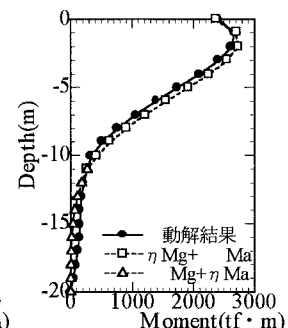


図7 モーメント分布図 Case3(杭頭回転自由)

なお、地盤変位の影響が

支配的であり Ra の低減を考慮したものである。すなわち、杭頭付近: $Ra + \nu Rg$ 地中部: $\eta Ra + Rg$ である。

(2) Case2 では杭頭拘束度が低くなり、 Ma は Mg と常に逆方向に分布するため、位相差による補正係数は η を用いた。杭頭付近(0～10m)は慣性力の影響が支配的となり Rg の低減を考慮し、地中部(10m～杭先端)では地盤変位が支配的となるので Ra の低減を考慮する。すなわち、杭頭付近: $Ra + \eta Rg$ 地中部: $\eta Ra + Rg$ である。

(3) Case3 では共振し、 Mg と Ma は逆方向に分布しているため η を用いた。杭頭付近(0～10m)は慣性力の影響が支配的となり Rg の低減を考慮し、地中部(10m～杭先端)では地盤変位が支配的となるので、 Ra の低減を考慮する。すなわち、杭頭付近: $Ra + \eta Rg$ 地中部: $\eta Ra + Rg$ である。

6. まとめ 杭頭部回転拘束度を変化させた地盤-杭-上部構造物系の地震応答解析から以下の事がわかった。

- 1) 杭頭部回転拘束度の影響によって、地盤変位と慣性力による応力発生メカニズムが大きく変化する。
- 2) 今回の提案法は、静的解析と動的解析結果を比較し、概ね妥当であることが検証できた。

参考文献

1) (財) 鉄道総合技術研究所：「新設構造物の当面の耐震設計に関する資料」1996.3