橋脚ー杭基礎ー地盤系に対する骨組要素モデルの適用性に関する一考察

株式会社ドーコン	正会員	○千賀	規宏
株式会社ドーコン	正会員	小林	竜太
国土交通省北海道開発局	正会員	岡田	慎哉

株式会社ドーコン	正会員	工藤	浩史
土木研究所寒地土木研究所	正会員	西	弘明
室蘭工業大学大学院	フェロー	岸	徳光

### 1. はじめに

本検討では、橋脚-基礎-地盤系に対する耐震性能照査 をより効率的に実施可能な骨組要素モデルの適用性を検証 することを目的として、既往の検討<sup>1)</sup>において三次元有限要 素解析結果の再現性が確認された骨組要素モデル(以下, 群杭モデルと称する)を更に簡略化させたモデル(以下, 集約杭モデルと称する)の適用性に関して検討を行った。

#### 2. 解析モデルの概要

図-1には、既往の検討で用いていた群杭モデルを示し ている。本解析モデルは、橋脚、杭基礎(鋼管杭)および フーチングを梁要素によってモデル化し、集中質点とせん 断バネで表現した周辺地盤を相互作用バネによって各杭体 と連結させた一体解析モデルである。但し、隣接する杭体 間はいずれも剛体連結としている。ここで、相互作用バネ の剛性は道路橋示方書IV【下部構造編】に基づいて水平方 向地盤反力係数 k<sub>h</sub>を用いて設定した。本解析では周辺地盤 としてフーチング幅の 5 倍の領域を考慮するものとし、各 土層が地震波入力方向に対して一体となって挙動するよう に同一深度における質点はいずれも剛体連結させている。

図-2には、各杭体を個々にモデル化した群杭モデルを1 本の梁要素に縮約させた集約杭モデルを示している。要素 タイプや周辺地盤の領域は群杭モデルと同様である。水平 抵抗に直接関連する杭体の曲げ剛性は、杭1本あたりの曲 げ剛性  $EI_i$ を杭本数倍 ( $E \Sigma I_i$ :本検討モデルでは計38本分) することで評価した。また、群杭の軸剛性  $EA_i$ はフーチング 下面節点に回転バネを設置することで評価している。すな わち、回転バネ剛性は $K_{\theta} = EA_i/L \Sigma x_i^2$ によって算定している。

境界条件は、いずれの解析モデルもモデル底面(杭基礎 下端)を完全固定とし、周辺地盤は鉛直方向変位成分のみ を拘束した。また、上部構造を模擬した梁要素は両端節点 位置の鉛直方向変位成分を拘束し、支承部は支承高の 1/2 の高さにおいて回転を許容するため該当する節点位置をピ ン結合としている。なお、上部構造分担重量は、上部構造 梁要素の各節点に対して集中質量によって均等に付加した。



図-2 集約杭モデル【橋軸方向モデル】

キーワード : 地震応答解析, 橋脚-基礎-地盤系モデル, 群杭基礎, 集約杭モデル

連絡先:〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4番1号,株式会社ドーコン【構造部】, TEL:011-801-1540

表-1 地震応答解析に用いた入力地震動

地震名	地震タイプ	観測最大加速度	
2003年十勝沖地震	プレート境界地震	158.5gal	
1993 年釧路沖地震	プレート内地震	262.1gal	
2004 年留萌の地震	内陸直下型地震	36.8gal	
※解析ではいずれも最大加速度を100galに振幅調整して入力			



表-2 各解析モデルの固有振動数(
-------------------

モード 次数	群杭モデル A(Hz)	集約杭モデル B (Hz)	比率 (A/B)
第1次	1.220	1.210	1.01
第2次	1.660	1.670	0.99

### 3. 地震応答解析法および入力地震動

地震応答解析は、Newmark-β法(β=1/4)による直接 積分法による線形の時刻歴応答解析とし、時間刻みは1/100 秒と設定した。粘性減衰の影響は第1次および第2次の固 有振動数に対して h=5%を与えた Rayleigh 型減衰によって 考慮した。応答解析に用いた入力地震動は、北海道で観測 された周波数特性の異なる3つの基盤面加速度波形(表-1)とし、これを最大加速度100galに振幅調整して解析モ デルの下端節点に入力した。図-3には入力地震波形の一 例として2003年十勝沖地震の加速度波形を示している。

### 4. 解析結果および考察

# 4.1 固有值解析結果

表-2には、各解析モデルの固有値解析結果を第1次お よび第2次固有振動数に限定して示している。いずれの振 動モードに対してもモデルによる差(比率)は±1.0%程度 と小さく、両者は良く一致していることが分かる。

## 4.2 地震応答解析結果

本報では紙面上の都合により,橋軸方向地震波入力時に 関する応答解析結果に限定して示すものとする。図-4, 5には橋脚天端位置における応答加速度波形,応答変位波 形をそれぞれ群杭モデルと集約杭モデルで比較して示して いる。図より,加速度波形,変位波形ともに最大応答値お よび応答波形性状は良く一致していることが分かる。これ は周期特性の異なる他の入力地震動に対しても同様であり, いずれの地震動に対しても両者は精度良く一致している。



なお,橋脚基部応力の発生応力度に関しても,それぞれの 解析モデルで精度良く一致することを確認している。

### 5. まとめ

本検討では、橋脚-杭基礎-地盤系に対する既往の検討 で用いた群杭モデルを簡略化させた集約杭モデルの適用性 について検討を行った。検討の結果、群杭の曲げ剛性およ び軸剛性を適切に評価することで、複数の杭を集約させた 場合でも精度を低下させることなく解析可能であることが 明らかとなった。今後は本解析モデルの非線形領域におけ る適用性について検討を行う予定である。

### 参考文献

 千賀規宏,工藤浩史,小林竜太,西弘明,岡田慎哉, 岸徳光:群杭基礎を有する橋脚-基礎-地盤系の動的 応答に関する一考察,土木学会第62回年次学術講演会 講演概要集,I-105,2008,