

斜杭を有する橋脚基礎の単杭モデル化に関する一考察

(株) 長大	正会員	○高畑 智考	土木研究所寒地土木研究所	正会員	佐藤 京
(株) 長大	正会員	長谷川 正	土木研究所寒地土木研究所	正会員	西 弘明
			室蘭工業大学	フェロー	岸 徳光

1. はじめに

著者らはこれまでに、斜杭を有する橋脚—基礎—地盤系の動的応答性状に着目し、杭と地盤を相互作用バネで連結した三次元骨組モデルを用いることで、三次元有限要素モデルによる動的応答性状を概ね再現可能という結果を得た。

しかしながら、1本1本の杭それぞれと地盤質点とをバネ要素で連結したモデルの場合、杭本数の増加に伴い、節点数およびバネ要素数が増加し、解析時間、コストの増大が懸念される。

したがって、本研究では実設計への適用性を考慮し、更に簡易化したモデルとして、複数本の斜杭を単杭モデルに集約するための検討を行った。

検討対象は、12本の杭を $\theta = 12.5^\circ$ の角度で放射状に配置した、全長 37m、直径 812.8mm の鋼管杭斜杭基礎である。

2. 解析概要

2.1. 解析モデル

図-1には、三次元骨組モデルの概要図を示している。橋脚、フーチングおよび鋼管杭には弾性梁要素を用い、周辺地盤は質量およびせん断剛性を考慮したマスーバネモデルを用いてモデル化を行った。なお、地盤の質量、せん断バネは各杭に分担させるものとし、地盤の質点が同一の挙動を示すように、同一の深さに位置する各地盤質点を剛体連結する構造とした。解析対象とする地盤範囲はフーチング幅の5倍である 50m×50m の範囲とした。また、杭体—周辺地盤間に対しても弾性バネ要素を用いて結合している。

境界条件は杭基礎下端を完全固定とし、地震波入力方向に対して直角方向の並進方向成分および回転方向成分を拘束している。橋梁上部構造質量は、死荷重反力に相当する質量 (5,400kN) を集中化して与えている。

図-2には、節点数およびバネ要素数を減少させることを目的とした、単杭モデルの概要図を示している。検討対象となる斜杭基礎は、12本の杭が放射状に広がる形式であるため、深さ方向に変化する杭の配置位置を、杭群の曲げ剛性の変化として考慮するものとした。平面配置位置を考慮した深さ毎の曲げ剛性は、表-2に示すように上端と下端で8倍程度の差が生じている。

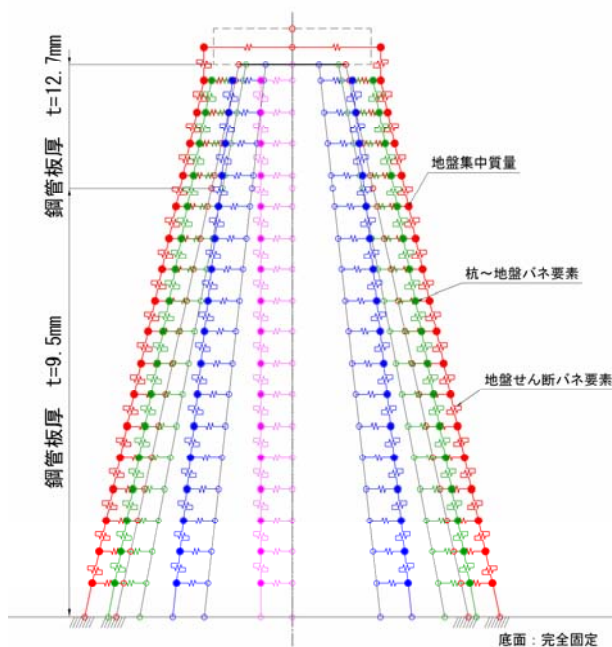


図-1 三次元骨組モデル概要図

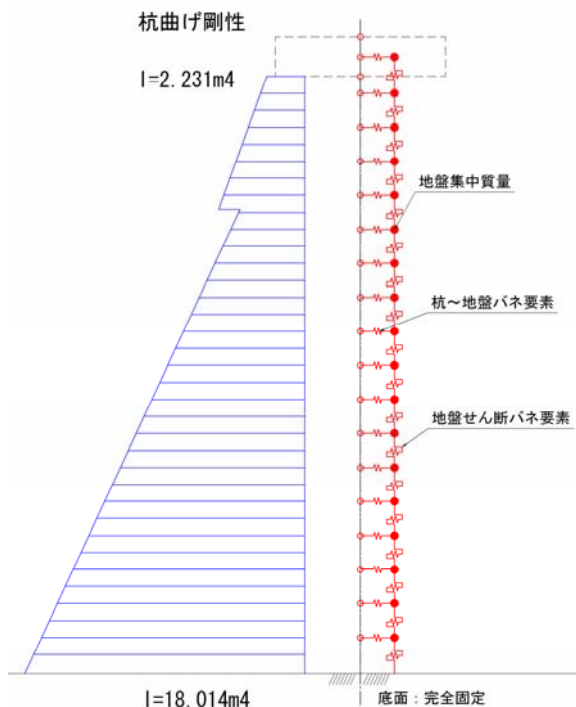


図-2 単杭モデル概要図

キーワード 斜杭基礎、動的相互作用、骨組モデル、単杭モデル

連絡先 〒060-0031 北海道札幌市中央区北1条東2丁目5-3 (株) 長大 札幌支社 TEL011-271-2357

表-1 平面配置を考慮した杭の曲げ剛性

節点	深さ(m)	杭径 (mm)	板厚 (mm)	杭の最大 間隔 (m)	I (m ⁴)	比率	備考
1	0.000	812.8	12.7	6.778	2.230753	1.000	
2	3.000			8.108	3.178649	1.425	
3	7.810			10.240	5.051591	2.265	段落し上
4	7.810		9.5	10.240	3.801496	1.704	段落し下
5	11.000			11.656	4.916338	2.204	
6	15.000			13.428	6.514440	2.920	
7	19.000			15.202	8.342278	3.740	
8	23.000			16.976	10.394572	4.660	
9	27.000			18.750	12.673981	5.681	
10	30.000			20.080	14.530900	6.514	
11	32.250			21.078	16.008317	7.176	
12	35.146			22.362	18.014210	8.075	

3. 解析条件

解析モデルに用いた物性値については、橋脚および基礎は設計値を使用し、周辺地盤は現位置における地質調査結果に基づいて設定している。

動的応答解析は、三次元骨組モデル、単杭モデルともに直接積分法による時刻歴応答解析（線形解析）とし、Newmark-β法（β=1/4）を適用し、減衰は Rayleigh 型として1次および2次の固有振動数に対して5%を与えている。図-3には、本解析で用いた入力地震動を示している。本解析では、2003年に発生した十勝沖地震時に十勝河口橋の基盤で観測された加速度波形を基に、P波部分を除き、最大値を100galに振幅調整した加速度波形を使用した。

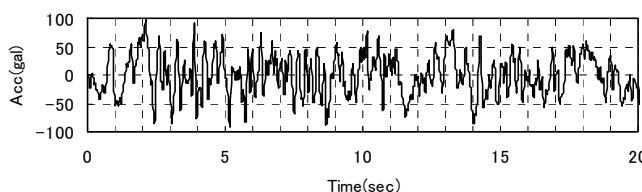


図-3 入力加速度波形

4. 解析結果

図-4には、橋脚天端位置における相対応答加速度波形および相対応答変位波形を、三次元骨組モデルと単杭モデルを重ねて示している。

相対応答加速度波形については、三次元骨組要素モデルと単杭モデルの応答性状は概ね一致しているが、最大振幅レベルに差異が見られるとともに、位相のずれが若干見られる。

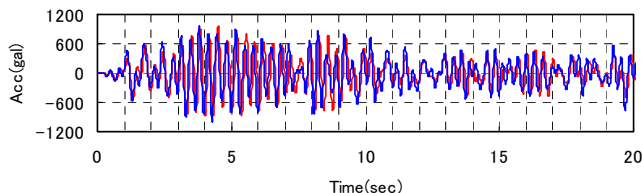
また、相対応答変位波形については最大振幅レベルに差異が見られるものの、三次元骨組モデルと単杭モデルの応答性状は比較的良く一致していることがわかる。

5. まとめ

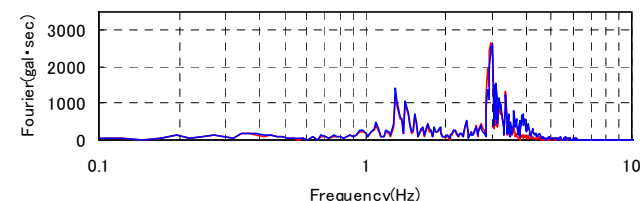
橋脚および基礎を梁要素、地盤を質点とせん断バネでモデル化し、基礎と地盤を相互作用バネで連結した骨組モデルを用い、斜杭を単杭に置き換えたモデルにおいて、深さ方向の杭群の曲げ剛性変化を考慮することで、三次元骨組モデルの線形動的応答性状を概ね再現可能なことを確認した。

— 三次元骨組モデル — 単杭モデル

三次元骨組モデル Max:961gal 単杭モデル Max:992gal

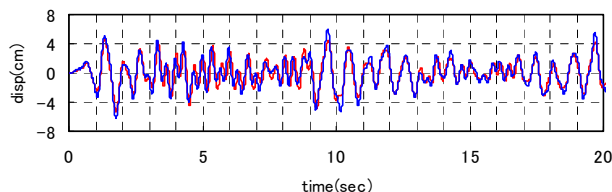


(a) 橋脚天端応答加速度波形



(b) 橋脚天端応答加速度フーリエスペクトル

三次元骨組モデル Max:5.28cm 単杭モデル Max:6.16cm



(c) 橋脚天端応答変位波形

図-4 橋脚天端応答波形