

斜杭を有する橋脚基礎の動的応答に関する一考察

(株) 長大

(株) 長大

(独) 土木研究所寒地土木研究所

(独) 土木研究所寒地土木研究所

室蘭工業大学

正会員 ○高畑 智考

正会員 長谷川 正

正会員 西 弘明

正会員 佐藤 京

フェロー 岸 徳光

1. はじめに

橋梁構造物の地震時応答を精度良く予測するためには、基礎と地盤の動的相互作用を考慮した連成解析が必要となる。周辺地盤の影響を考慮した連成解析モデルとしては、三次元有限要素モデル（以下、固体要素モデル）、Penzienモデルに代表されるバネ－質点系骨組要素モデル（以下骨組要素モデル）等が挙げられる。

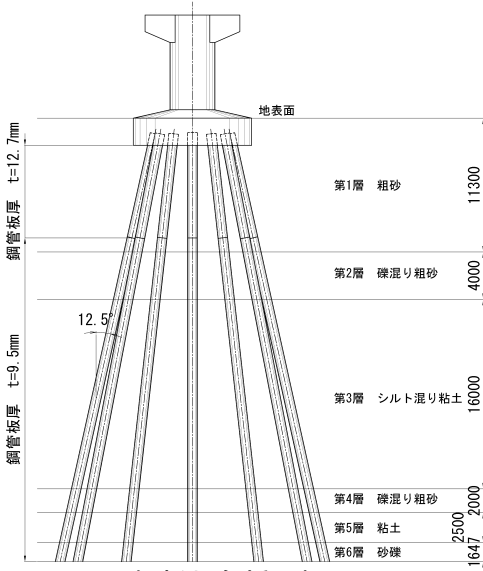
本研究では、比較的簡易に地盤と基礎の動的相互作用を評価可能な骨組要素モデルの斜杭基礎への適用性に関する検討を、別途実施した固体要素モデルと比較する形で行っている。

2. 解析モデル

図－1 には、解析対象モデルの概要図を示している。杭基礎は、全長 37m、直径 812.8mm、板厚 12.7mm（杭頭から 8.81m 下方で板厚を 9.5mm に段落し）の鋼管杭基礎であり、12 本の杭を $\theta = 12.5^\circ$ の角度で放射状に配置した斜杭基礎である。なお、表－1 には、当該地点で実施された地質調査に基づく地層構成および平均 N 値を示している。

図－2 には、本解析で用いた骨組要素モデルの概要図を示している。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－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長さの 5 倍である 50m×50m の範囲とした。

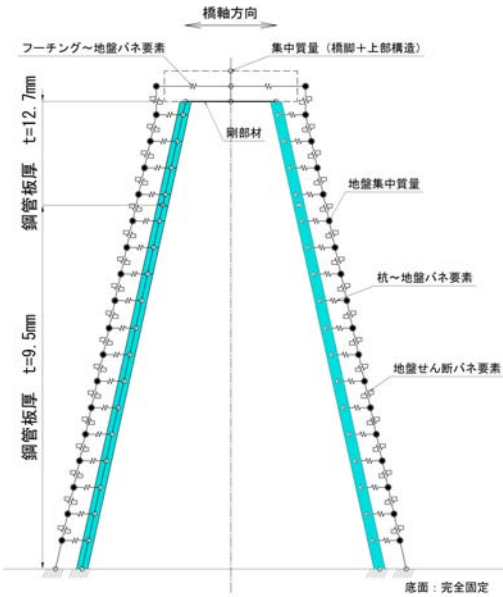
また、杭体－周辺地盤間に対しても弾性バネ要素を用いて結合している。境界条件は杭基礎下端を完全固定とし、地震波入力方向に対して直角方向の並進方向成分および回転方向成分を拘束している。フーチング上端の節点位置には、上部工自重および橋脚自重分の質量（8, 100kN）を集中化して与えている。



図－1 解析対象橋脚概要図

表－1 地層構成および平均 N 値

地層番号	土質	地層厚(m)	平均N値
第1層	粗砂	11.3	10
第2層	礫混り粘土	4.0	30
第3層	シルト混り粘土	16.0	10
第4層	礫混り粘土	2.0	8
第5層	粘土	2.5	9
第6層	砂礫	1.6	50



図－2 骨組要素モデル側面図

キーワード 斜杭基礎，動的相互作用，骨組要素モデル，固体要素モデル

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

3. 地震応答解析法および入力地震動

地震応答解析は、骨組要素モデル、固体要素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）とした。数値積分は、骨組み要素モデルでは陰解法に基づいた Newmark- β 法を用い、 $\beta = 1/4$ 、積分間隔は $1/100\text{s}$ と設定した。固体要素解析には陽解法を適用し、積分間隔はクーランの条件を満たすように設定している。また、粘性減衰定数は、骨組要素モデルには 1 次および 2 次の固有振動数に対して $h=5\%$ を与える Rayleigh 型減衰モデル、固体要素モデルには 1 次固有振動数に対して $h=5\%$ を与える質量比例型モデルを用いた。

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の橋軸方向波形を基に、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。なお、解析には算出された 173s の波形のうち、主要動の 30s 間について解析を行った。

4. 固有振動解析結果

最低次固有振動数は、骨組要素モデルが 1.29Hz 、固体要素解析が 1.30Hz であった。解析モデルによる差は 1.0% 程度と小さく、両者は良く一致していることがわかる。

図-4 には最低次固有振動モードの深さ方向分布を各解析モデルで比較して示している。図より、最低次振動モードは、杭体段落し部で屈曲点を有するモード分布を示しており、各解析モデルによる固有振動モード分布を比較すると、杭体段落し部近傍で若干の差異が見られるものの、両者の分布性状は良く対応していると判断できる。

5. 地震応答解析結果

図-5 には、フーチング天端位置における加速度、速度、変位の各応答波形を骨組要素モデルと固体要素モデルで比較して示している。加速度応答波形に着目すると、周期特性は両者でほぼ対応しているが、特に $t=15\sim 20\text{sec}$ 付近で骨組要素モデルが小さな値を示している。また、最大加速度は、骨組要素モデルが 277.6gal 、固体要素モデルが 340.6gal であった。

一方、応答速度および応答変位に関しては、両者は比較的精度良く一致していることがわかる。

6. 結論

- 1) 周辺地盤を多質点系せん断バネで表現し、それを相互作用バネで連結した骨組要素モデルと固体要素モデルの固有振動特性を比較すると、固有振動数、固有振動モード分布ともに概ね一致する結果が得られた。
- 2) 鋼管杭斜杭基礎の動的応答解析において、骨組要素モデルでは応答加速度の最大値が小さく評価される傾向にあるものの、応答速度、応答変位は固体要素モデルと概ね一致する結果が得られた。

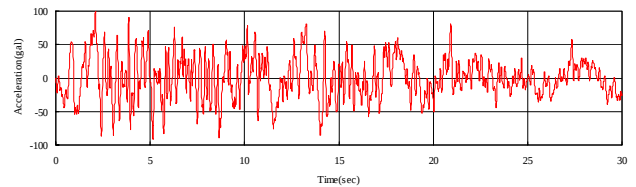


図-3 入力波形

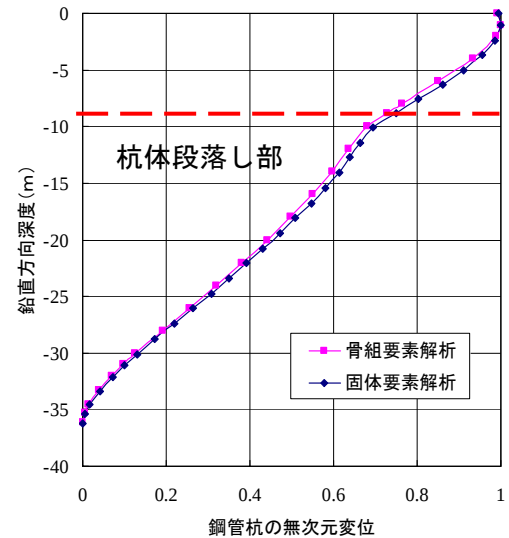


図-4 最低次固有振動モード分布比較

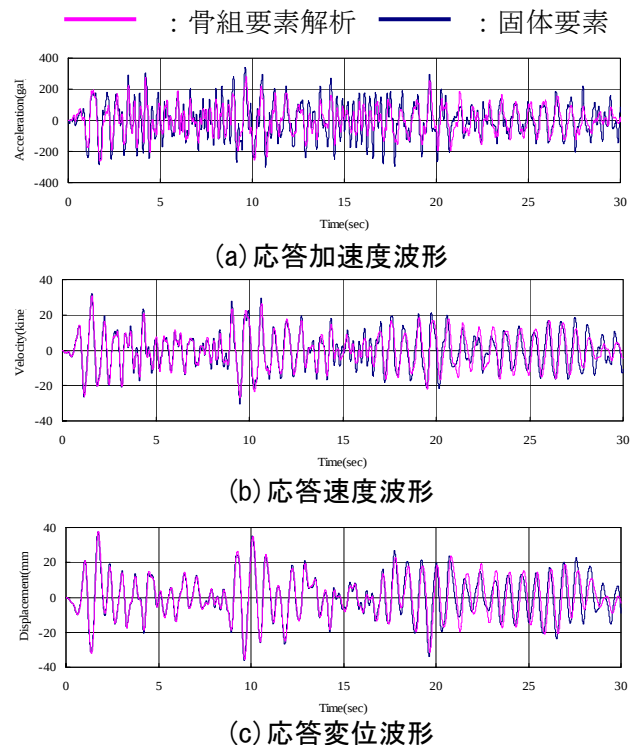


図-5 フーチング天端応答波形比較