

複合地盤杭基礎における中間軟弱層が基礎に与える影響

Effects of weak middle layer of pile foundations in composite ground

北武コンサルタント株式会社

北武コンサルタント株式会社

独立行政法人土木研究所寒地土木研究所

独立行政法人土木研究所寒地土木研究所

○正 員 佐々木 徹也 (Tetsuya Sasaki)

正 員 渡辺 忠朋 (Tadatomo Watanabe)

正 員 西本 聡 (Satoshi Nishimoto)

正 員 富澤 幸一 (Kouichi Tomisawa)

1. はじめに

軟弱地盤中に施工する杭の周辺に地盤改良を施す杭基礎工法(以下、複合地盤杭基礎と称する)が提案され、北海道内において実用化されている¹⁾。同工法の設計法について、ガイドライン²⁾によれば、改良地盤の範囲や改良体下端の層などが規定の範囲内であれば静的解析法である地震時保有水平耐力法によることとし、規定の範囲外のものについては動的有限要素法解析など、より詳細な照査法を追加し行うこととしている。これは、ガイドラインに示す規定の範囲外のものについては複合地盤杭基礎の地震時の挙動が急変する恐れがあるためである。

そこで、本検討では、静的解析法では影響を考慮することが出来ない複合地盤の底面以深に存在する層(以下、中間層と呼ぶ)に着目し検討を行った。そして、中間層が軟弱な場合に、複合地盤杭基礎の地震時挙動に及ぼす影響を確認することを目的に、2次元動的的非線形有限要素法解析を行った。

2. 検討概要

2.1 検討対象構造物

本検討で対象とした構造物は、複合地盤杭基礎を有する橋台構造物で、杭は場所打ち杭(杭径 $\phi 1200\text{mm}$ 、杭配列 $n = 2 \times 9 = 18$ 本)である。複合地盤は、表層部から9.0m程度に軟弱な粘性土層が堆積しているため、その範囲に複合地盤を形成したもので、地盤改良体の一軸圧縮強度は $q_{up}=400\text{kN/m}^2$ (改良率 $a_p=78.5\%$)である。

対象構造物の構造図および土質条件を図1.1に示す。

2.2 解析モデル

本検討で用いた2次元有限要素モデルを図2.1、図2.2に示す。各構造物材のモデル化については、杭体および地盤改良、自然地盤は非線形材料、フーチングおよび橋台は弾性要素としてモデル化した。また、杭体のRC要素には、岡村・前川ら³⁾が開発した鉄筋コンクリートの履歴依存型非線形構成則を適用した。地盤要素は、その偏差応力-ひずみ関係においてOsakiモデルを適用し、静水圧成分は線形弾性とした。

構造物-地盤間等では、不連続な変形が生じる。そのため、その影響を考慮するための接合要素を配置した。また、底面及び側方境界には粘性境界要素を使用した。

解析に用いる地盤物性値として、原地盤および複合地盤の単位体積重量 γ 、変形係数 E 、ポアソン比 ν 、せん断弾性係数 G 、せん断強度 S_u 、せん断弾性波速度 V_s を N 値から推定し設定した。

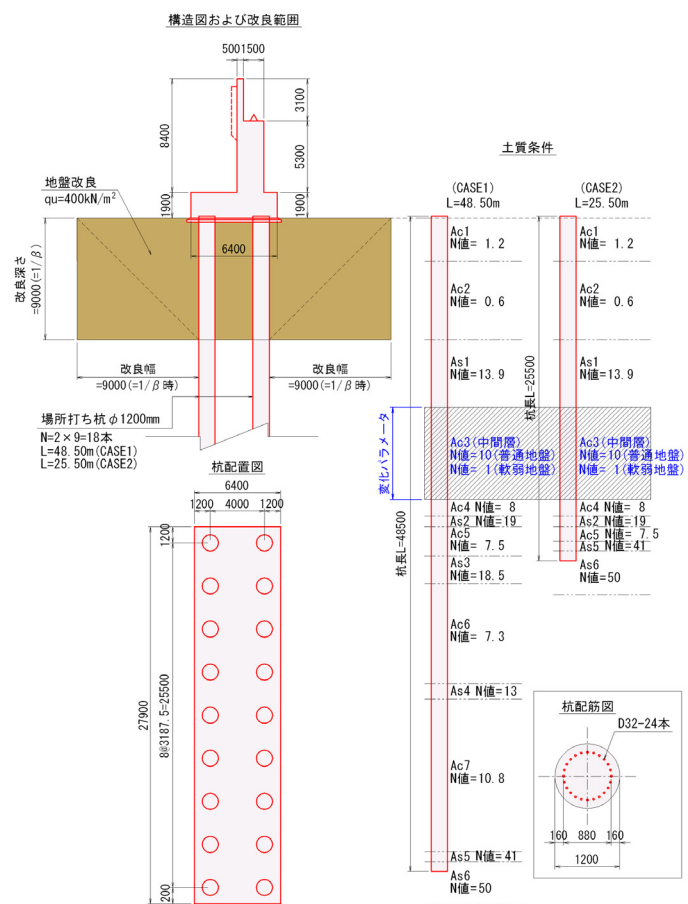


図1.1 構造図および土質条件

2.3 入力地震波

解析に用いる入力地震波は、土木学会コンクリート標準示方書によるレベル2地震動波形を適用した。

2.4 検討ケース

検討は、中間層の地盤条件をパラメータとし、複合地盤が無い場合についても検討を行なった、また、杭長さの影響も確認するため杭長が比較的長いモデルと一般的な杭長モデルの2タイプについて検討を行った。検討ケース一覧表を表2.1に示す。

3. 解析結果

杭の相対水平変位に着目し、各ケースの比較を行った。レベル2地震時における相対水平変位の時刻歴結果を図3.1に示す。なお、相対水平変位は、橋台前面側杭の杭頭と杭先端中心節点での変位の差とした。

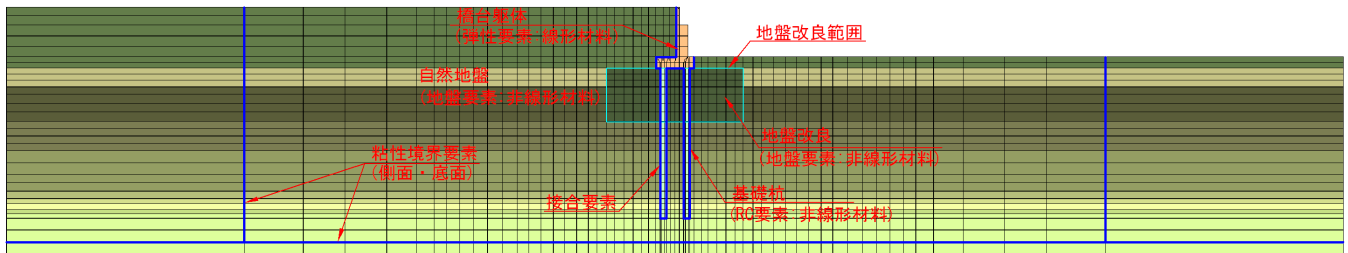


図 2.1 有限要素モデル(※CASE2 のモデル全体図)

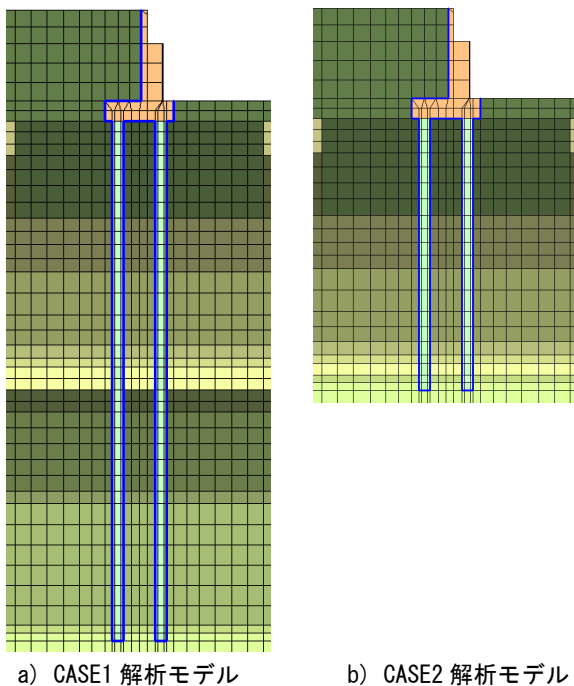


図 2.2 構造物近傍拡大図

表 2.1 検討ケース一覧

CASE	杭長L(m)	複合地盤の有無	中間層のN値
CASE1-1	48.50	無し	N=10 (普通地盤)
CASE1-2		有り	
CASE1-3		無し	N=1 (軟弱地盤)
CASE1-4		有り	
CASE2-1	25.50	無し	N=10 (普通地盤)
CASE2-2		有り	
CASE2-3		無し	N=1 (軟弱地盤)
CASE2-4		有り	

図より、中間層にN値1の軟弱層が存在する場合には、改良地盤の効果が発揮されない結果となっている。この傾向は、杭長さが 25.5mの場合、48.5mの場合も同様であった。これは、中間層に軟弱層が存在する場合には、地震の影響で軟弱層に塑性化が生じるため、表層部の改良体の効果が発揮されないものと考えられる。

この現象は、ガイドラインで示した静的解析に基づく照査法では再現できないものである。なお、ガイドラインでは、地盤改良は、改良深さ $1/\beta$ より深く、かつ通常の剛性や強度を有する地盤まで行うことを規定してことは、本検討からも妥当と考えられる。

また、中間層に軟弱地盤を有する場合には、静的解析

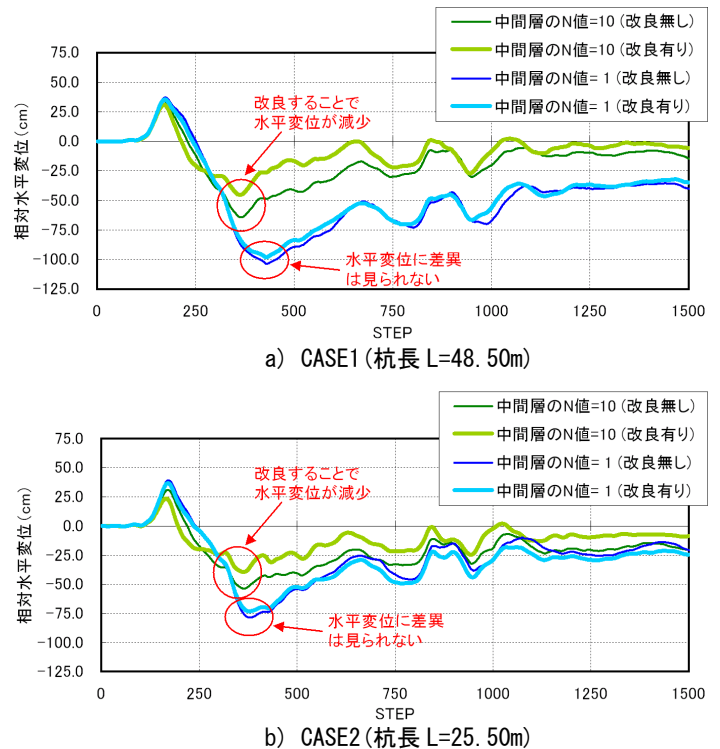


図 3.1 相対水平変位の時刻歴

法を適用せず、動的解析法によって照査を行うことの必要性を示唆しているものと考えられる。

4. まとめ

本検討では、複合地盤杭基礎における中間軟弱層が杭基礎の地震時挙動に及ぼす影響について検討を行った。その結果、本検討の範囲では以下の結論を得た。

中間層に軟弱地盤を有する場合には、杭長さによらず改良地盤の効果が発揮されない恐れがある。また、その現象は静的解析法では再現できないものであるため、そのような場合には、動的解析によって照査を行うことが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 富澤幸一，西川純一：深層混合処理工法により形成した複合地盤における杭設計手法，土木学会論文集，No.799/III-72，pp.183-193，2005.
- 2) 土木研究所 寒地土木研究所：北海道における複合地盤杭基礎の設計施工法に関するガイドライン(案)，平成21年11月
- 3) 岡村 甫，前川宏一：鉄筋コンクリートの非線形解と構成則，技報堂出版，1991