

複合地盤杭基礎の改良範囲が杭の地震時挙動に及ぼす影響

北武コンサルタント株式会社	正会員	○笠井 尚樹
北武コンサルタント株式会社	正会員	清水 均
北武コンサルタント株式会社	正会員	渡辺 忠朋
寒地土木研究所寒地地盤チーム	正会員	富澤 幸一

1. はじめに

軟弱地盤を深層混合処理工法により改良して複合地盤を形成し、この複合地盤強度を杭の水平抵抗に反映させた複合地盤杭基礎が実用化されつつある。この工法は、軟弱地盤や液状化が想定される地盤などで、杭諸元が水平抵抗で決定される現場条件では、建設コストの縮減が可能となる。しかし、複合地盤杭基礎工法の一般的照査法は十分に確立していないのが現状である。

そこで、複合地盤杭基礎工法の性能照査法の基礎資料を得ることを目的として、2次元有限要素法により解析的な検討を行い、改良範囲、改良強度が複合地盤杭基礎に与える影響について検討を行なった。

2. 検討概要

解析モデルや材料要素の構成則等の詳細は参考文献1)によることとし、ここでは検討の概要のみを示す。

検討対象の構造物は、図2.1に示す道路橋梁橋台とした。本橋台の橋軸方向を対象として2次元有限要素モデル化を行ない、工学的基盤面に照査用地震波形を入力する地震時応答解析を実施した。

2次元有限要素モデルのメッシュの橋台近傍拡大図を図2.2に示す。橋台躯体およびフーチングは弾性体とし、基礎杭および地盤は非線形材料構成則^{2), 3)}を適用した。構造物と地盤が接する箇所には全てジョイント要素を配置した。奥行き方向の幅は、フーチング幅⁴⁾とし、モデル底面および側面は粘性境界要素を配置した。構造物-地盤間に配置したジョイント要素は、引張およびせん断剛性をゼロとし、要素の重なりを回避するために圧縮剛性のみ高く設定することで、要素間の接触・剥離を考慮した。杭の要素部位は、奥行き方向に杭と地盤の異なる材料要素を重ね合わせたモデルとした。

検討のパラメータは、地盤改良の改良幅、改良深さおよび改良強度とした。工学的基盤面における地震波は、土木学会コンクリート標準示方書設計編におけるレベル1およびレベル2(内陸型①)地震動波形とした。

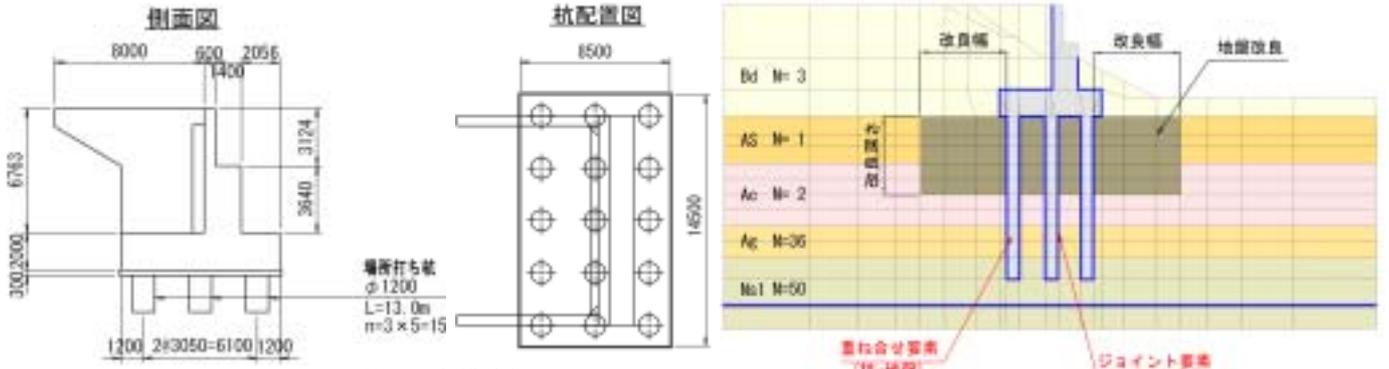


図 2.1 検討対象構造物

図 2.2 2次元有限要素モデル

3. 検討結果・考察

検討ケースと結果の一覧を表3.1に示す。図3.1には、各検討パラメータと底版中心における相対変位の関係の1例を示す。検討結果からレベル2地震時においては、改良深さ3.50m(0.5/β)では改良強度および改良幅の違いによる差異はほとんど見られない。改良深さが深くなるにつれ改良幅および改良強度が水平変位抑制効果(以下効果という)に与える影響が顕著となっている(図3.1(b))。これは、改良深さが浅い場合は、表層地盤の局所的領域のみ地盤特性が変化することを意味し、その場合は基礎地盤構造への効果は小さく、改良深さが深くなると、基礎構造を含

キーワード 複合地盤杭基礎, 改良範囲, 地震時挙動

連絡先 〒062-0020 北海道札幌市豊平区月寒中央通7丁目北武第2ビル TEL011-851-3181

めた地盤特性全体が変化することによるものと考えられる。

改良幅の違いによる分布性状と改良強度の違いによる分布性状は傾向が同傾向(図 3.1(a), 図 3.1(c))であり, 改良幅, 改良強度が増加した場合の効果は減少傾向にある。また, 改良深さが 3.5m(0.5/β), 7.0m(1/β)では改良強度による効果は小さい。(図 3.1(d))

本検討の範囲では, 改良深さが 1/β より小さい場合(0.5/β)においては, 改良強度や改良幅を増加させた場合にも水平変位抑制に対する効果は小さく, 改良深さを 1/β 以上とすると, 改良強度および改良幅の効果は改良深さを増す毎に顕著となる結果となった。これは, 複合地盤杭基礎を, 一般に杭基礎の照査で用いられる地盤の影響をバネに置換した骨組みモデルで検討する場合, 改良強度や改良幅の水平変位抑制に対する効果を, 改良深さが 1/β を下回る場合は過大に評価する可能性があることを示唆しているものとする。

また, 改良深さが 1/β 程度であれば, 改良強度が水平変位抑制効果に与える影響は小さい。このことから, 実施工における改良強度のバラツキが水平変位抑制効果に与える影響は小さいことを示唆しているものとする。

表 3.1 検討結果一覧

Case	改良深さ(m)	改良幅(m)	改良体強度(kN/m ²)	底版中心の最大相対変位(mm)	
				L1地震	L2地震
0 - 0	地盤改良なし			21.7	172.9
1 - 1	7.0m (1/β)	7.0	400	11.1	127.6
1 - 2			200	12.7	136.8
1 - 3			800	9.8	123.2
1 - 4		3.5	400	14.0	138.9
1 - 5			200	16.1	148.3
1 - 6			800	12.8	132.2
1 - 7		10.5	400	10.4	124.0
1 - 8			200	12.6	133.0
1 - 9			800	9.2	119.2
2 - 1	3.5m (0.5/β)	7.0	400	12.7	149.8
2 - 2			200	13.9	152.6
2 - 3			800	12.2	147.7
2 - 4		3.5	400	14.9	153.2
2 - 5			200	16.3	156.7
2 - 6			800	14.0	150.7
2 - 7		10.5	400	13.1	149.6
2 - 8			200	14.2	151.6
2 - 9			800	12.5	148.2
3 - 1	10.5m (1.5/β)	7.0	400	9.8	85.7
3 - 2			200	12.8	127.1
3 - 3			800	7.9	57.7
3 - 4		3.5	400	14.0	121.3
3 - 5			200	16.3	150.8
3 - 6			800	11.3	100.4
3 - 7		10.5	400	8.6	66.9
3 - 8			200	12.1	111.5
3 - 9			800	4.9	40.4

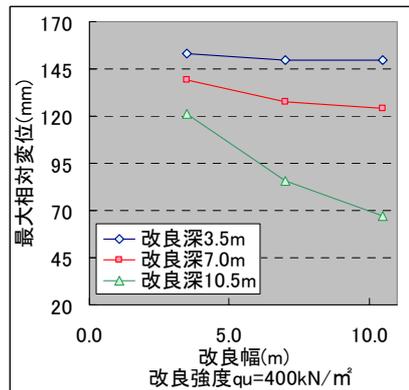


図 3.1(a) 変位-幅(L2)

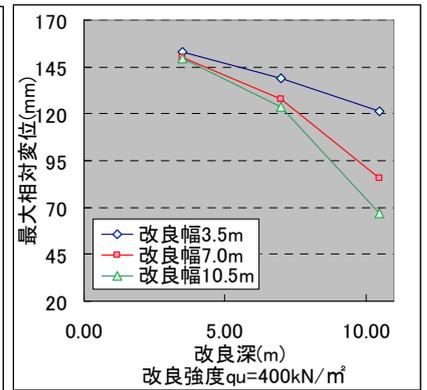


図 3.1(b) 変位-深さ(L2)

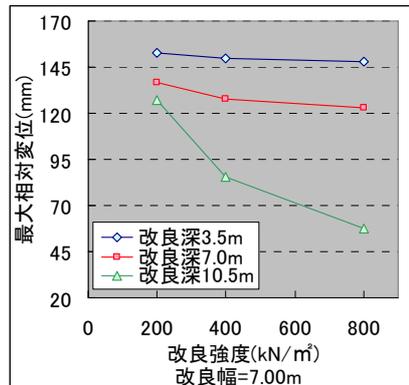


図 3.1(c) 変位-強度(L2)

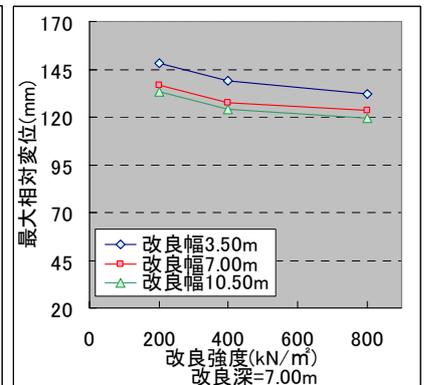


図 3.1(d) 変位-強度(L2)

4. まとめ

本検討では, 軟弱地盤に設置された複合地盤杭基礎を有する橋台を対象に, 2次元非線形有限要素法により検討を行なった。改良深さ, 改良強度および改良幅が複合地盤杭基礎に与える影響を検討し, その程度を把握した。

今後は, 改良地盤の材料構成則等解析モデルについての検討も引き続き実施し, 合理的な改良範囲, 改良強度の設定方法を構築するための基礎データとなる事例を蓄積して, 設計照査体系の確立に向けて検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 富澤幸一, 三浦清一, 渡辺忠朋: 複合地盤の改良範囲および改良強度が杭の地震時挙動に及ぼす影響, 土木学会論文集 C Vol. 64 No. 1 pp.127-143, 2008
- 2) 岡村 甫, 前川宏一: 鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則, 技報堂出版, 1990
- 3) Ohsaki, Y.: Some Notes on Masing's law and non-linear response of soil deposits, *Journal of the faculty of engineering, The university of Tokyo(B)*, Vol. XXXV, No.4, pp.513-536, 1980.
- 4) 牧 剛史, 土屋 智史, 渡辺 忠朋, 前川 宏一: 3次元非線形有限要素法を用いた RC 杭基礎-地盤系の連成地震応答解析, 土木学会論文集 A Vol. 64 No. 2 pp.192-207, 2008