

Frame 解析を用いた地盤改良複合杭基礎の設計について

九州共立大学 工学部
日本道路公団東京建設局
(株) コンサルタンツ大地
(株) コンサルタンツ大地

正会員 前田 良刀*
正会員 緒方 辰男**
正会員 ○坂手 道明***
中谷 隆生***

1. まえがき

地盤改良複合杭基礎は、軟弱地盤における基礎の水平抵抗及び大規模地震動に対する耐震性を向上させるため、深層混合処理工法により改良体を形成し、水平荷重は前面地盤の受働抵抗と側面地盤の摩擦抵抗で、鉛直荷重は合成鋼管杭で支持させる新しい複合杭基礎形式である(図-1)。

東京外環自動車道・三郷ジャンクションにおいて、2 供試体(改良体 $1.4 \times 3.2 \times 8.4\text{m}$ 、杭長 30m)を製作し、載荷試験を行った結果、一般の杭基礎よりも大きな水平抵抗を確保できること及び、設計に用いる Frame 解析モデルの妥当性が確認できた。本文は、この Frame 解析モデルを用いて大規模地震動に対する試設計を行い、合成鋼管杭基礎との比較・考察を行ったものである。

2. 設計モデル

試設計モデルを図-2 に示す。改良体は原地盤に対して十分な強度と剛度を有していることから、解析上は改良体を剛体と考えることができ、力学的には、ケーソンと杭基礎が組み合わされた複合基礎と評価できると考えている。改良体部の剛性は、ソイルセメント改良体と鋼管杭の剛性により式(1)より求める。

改良体部の曲げ剛性

$$EI = E_c I_c + E_s I_s \quad (1)$$

ここに、 $E_c I_c$ 、 $E_s I_s$ ：改良体と鋼管杭の剛性

改良体の周辺地盤の 6 種類地盤反力係数はケーソン基礎に準じ、上限値を設けたバイリニアモデルとする(図-3)。

改良体の変形係数は変位(ひずみ)に依存するため、その非線形を考慮する必要がある。今回、改良体コアの一軸圧縮試験結果に基づき、 $\sigma \sim \varepsilon$ 曲線をトリリニアモデルとした。変位が $\delta \leq 1.0\%B$ の場合

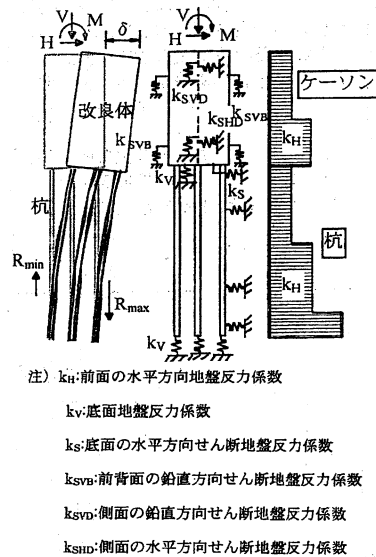


図-2 ケーソン+組杭モデル

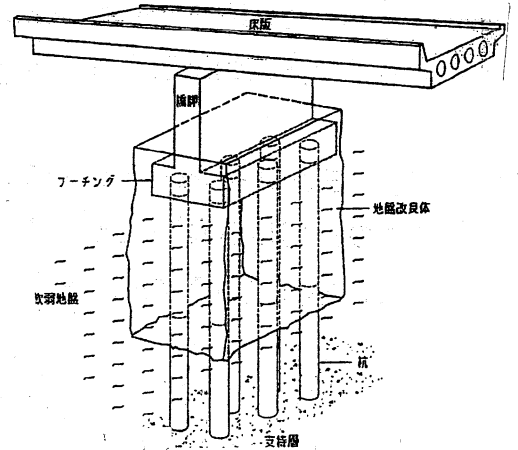


図-1 地盤改良複合杭基礎

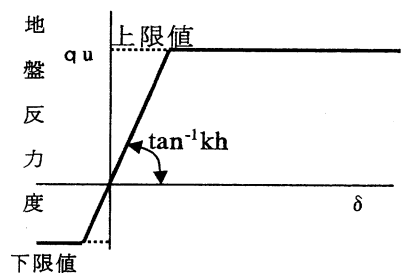


図-3 地盤反力と変位の関係

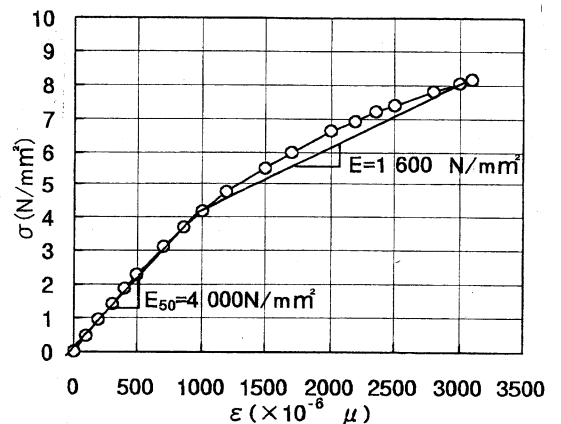


図-4 改良体の $\sigma - \varepsilon$ 曲線

Key words: 地盤改良複合杭基礎, ケーソン+組杭モデル, 軟弱地盤, 支持力

* 〒807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘 1-8 TEL 093-693-3229

FAX 093-603-8186

** 〒105-0014 港区芝3-39-9 住友不動産田町ビル TEL 03-5418-2037

FAX 03-5418-2050

*** 〒733-0812 広島市西区己斐本町2-20-16 TEL 082-273-1741

FAX 082-273-7644

には、変形係数を $E_{50}=4000\text{N/mm}^2$ 、
変位が $1.0\% \leq \delta \leq 2.5\%B$ の場合には、
変形係数を $E=1600\text{N/mm}^2$ 、
2.5%B 以上の変位では、変形係
数を適宜に低減した（図-4）。

上記設計モデルを用いた Frame
解析結果は、載荷試験結果を精度
良くシュミレーションでき、この
設計モデルの有効性を確認できた。

以下に、この考え方に基づいた
本基礎（図-5）の試設計結果を示す。

3. 解析結果 2

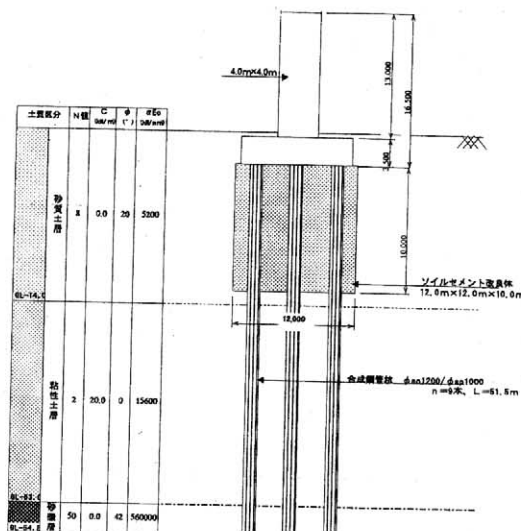


図-5 試設計セパル

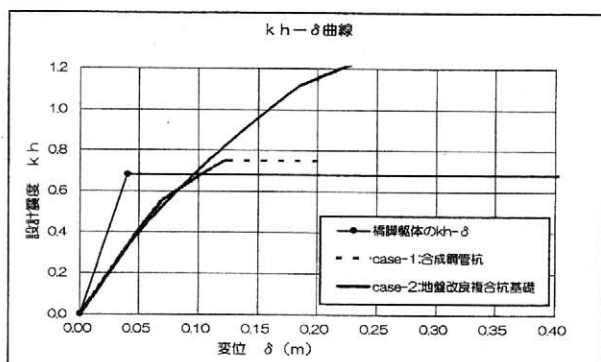


図-6 合成鋼管杭と地盤改良複合杭の比較

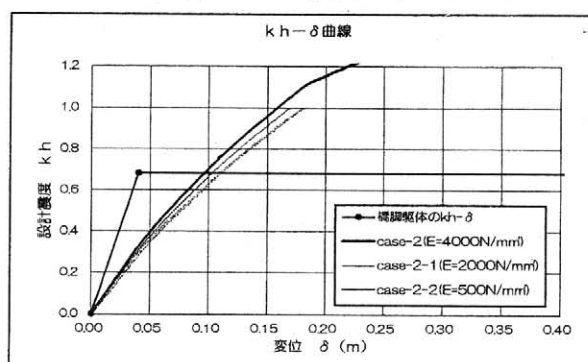
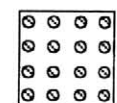
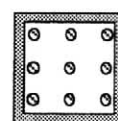


図-7 ヤング係数と kh- δ 曲線の関係



CASE-1 ;
合成鋼管杭



CASE-2 ;

地盤改良複合杭

試設計で得られた $kh-\delta$ 曲線を図-6 に示す。合成鋼管杭は杭体照査で杭本数が決まり、必要杭本数は 16 本となる (case-1)。一方、地盤改良複合杭基礎は改良形状を $12\text{m} \times 12\text{m} \times 10\text{m}$ とし、杭本数を $n=9$ 本としても $kh-\delta$ 曲線に急激な折れ点（降伏点）が現れず、ほぼ、弾性的な挙動を示していることが分かる (case-2)。また、橋脚が終局に至る $kh=0.68$ 時での本基礎の変形量は $\delta=1\%B$ と小さく、改良体部のソイルセメントは弾性領域内（図-5）である。また、改良体内の鋼管引張応力は $\sigma_s=110\text{N/mm}^2 \leq \sigma_{sy}=320\text{N/mm}^2$ であり、改良体内の鋼管も健全である。すなわち、大きな基礎幅を有する本基礎は、基礎幅の 1% 程度の水平変位を工学的な弾性限界とした、ケーソン+組杭モデルで評価しても問題ないと考えられる。

図-7 に case-2 の基礎形状で、ソイルセメント改良体のヤング係数を $E=4000\text{N/mm}^2$ 、 $E=2000\text{N/mm}^2$ 、 $E=500\text{N/mm}^2$ に変化させた場合の $kh-\delta$ 曲線を示す。ヤング係数を変化させることで、改良体部の剛性は異なるが、基礎の耐力に顕著な差は認められない。これは、軟弱地盤において、周辺地盤が改良体よりも先に降伏に達することから、改良体ヤング係数の影響は小さいことが分かった。

4. まとめ

試設計結果から、改良体のヤング係数を安全側に設定し、杭本数を 6 割程度（16 本→9 本）減少させても、改良体の地盤抵抗が大きいことから、本基礎の耐力は合成鋼管杭の耐力を上回り、大規模地震動での基礎変形を大幅に抑えることができた。結果、本基礎は合成鋼管杭に比べ、経済的にも有利となり、将来有望な基礎であると考えている。しかし、本基礎に対する載荷試験データはここでの 1 例しかなく、改良体部の剛性評価および基礎降伏の定義等が今後の課題であると考えている。

【参考文献】

- 1) 河野, 和田, 鈴木, 坂手: 軟弱地盤での地盤改良複合杭基礎とその載荷試験, 橋梁と基礎, No. 1, 平成 12 年 1 月