

鋼管を用いた大型模型群杭基礎の水平載荷試験

(株)竹中土木 正会員 ○市川 晃央 鶴窪 誠司
 (株)竹中工務店 正会員 濱田 純次
 九州共立大学 正会員 前田 良刀

1. はじめに

他形式の基礎の水平支持性能を把握するための基本ケースとして、大型せん断土槽¹⁾による4本（前列2本，後列2本）の鋼管群杭基礎の大型模型を用いた水平載荷試験を実施した。本稿は、その水平載荷試験結果を示すとともに、3次元弾塑性FEM解析および道路橋示方書に基づく非線形骨組解析の結果を共に示し、比較検討を行った結果を報告する。

2. 試験概要

図-1に大型せん断土槽の概要を示す。土槽は深さ8m、内法2.5m角で、杭頭を回転拘束した状態で、水平方向に載荷可能としたものである。図-2に試験地盤および試験杭の概要を示す。試験地盤は、試験杭を土槽内に建て込み後、砂の自由落下により作成した。

地盤材料は、気乾状態の飯豊砂6号を用い、GL-4.7m以深を支持地盤として密な状態（Dr 90%）に、GL-4.7m以浅を表層地盤としてゆるい状態（Dr 20~80%）に作成した。図-3に土槽内5箇所測定した地盤の密度から算出した相対密度を示す。図-4に試験前に実施したオランダ式二重管ユン貫入試験の結果を示す。ユン貫入試験は、土槽内6箇所において25cm毎に測定を行った。また、ユン貫入試験結果および今回と同様な相対密度の試験地盤のPS検層結果より地盤の変形係数（それぞれE1及びE2）を推定した結果を図-5に示す。なお、E1及びE2は下式により算出した。図-5より、E1とE2は良く対応しており、ユン貫入試験と地盤のせん断波速度の関連性が確認できる。

$$N = qc/400, E1 = 2800 \times N \cdots \cdots (1) \quad G = \gamma Vs^2/g, E2 = 2(1 + \nu)G \times n \cdots \cdots (2)$$

ここに、qcはユン貫入抵抗(kN/m²)、NはN値、 γ は単位体積重量(kN/m³)、Vsはせん断弾性波速度(m/s)、gは重力加速度(m/s²)、Gはせん断変形係数(kN/m²)、 ν はポアソン比、nは低減係数であり0.125²⁾である。

試験杭は、直径(D)50.8mm、肉厚(t)3.2mm、降伏点215N/mm²（公称値）の鋼管を用いた。試験杭の前列，後列試

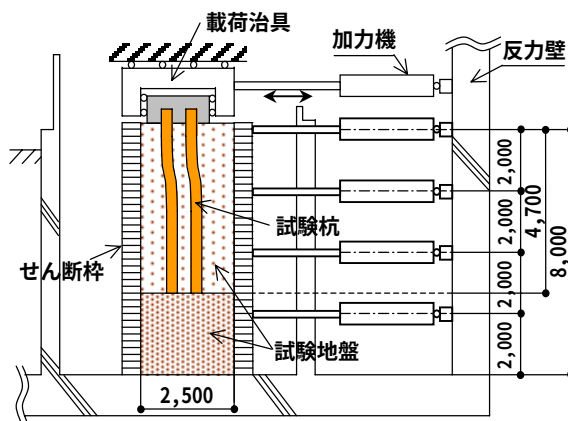


図-1 大型せん断土槽の概要（単位：mm）

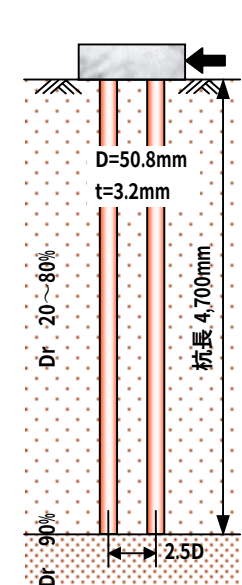


図-2 試験地盤および試験杭の概要

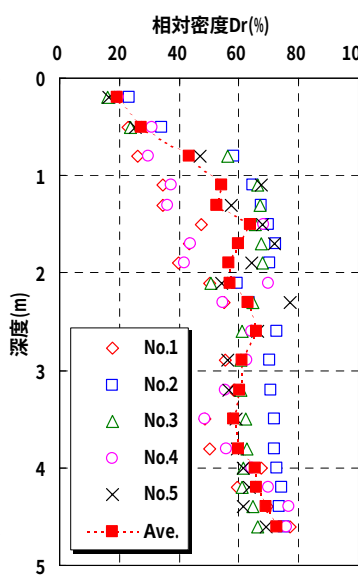


図-3 試験地盤の相対密度

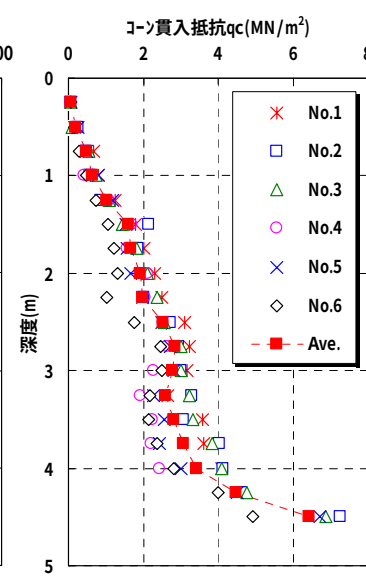


図-4 オランダ式二重管ユン貫入試験結果

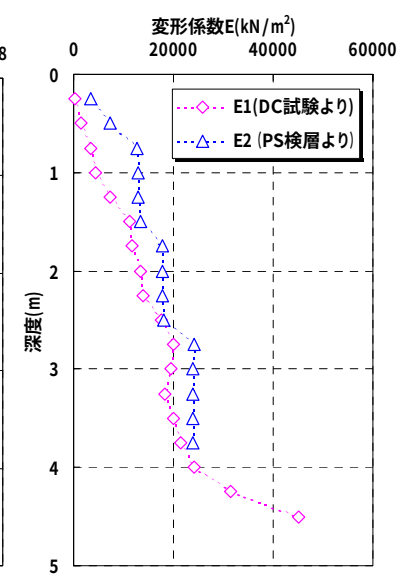


図-5 試験地盤の変形係数

キーワード 杭基礎，水平載荷試験，地盤反力度

連絡先 〒270-1395 千葉県印西市大塚1-5-1 竹中技術研究所 TEL0476-47-1700

試験杭の前列，後列それぞれ1本ずつは，杭の応力等を求めるために鋼管の前背面にひずみゲージを設置した（図-6）。

載荷方法は，図-7 のように一方向多サイクル繰返し方式で行った。

3.3 次元弾塑性FEM解析および非線形骨組解析

3次元弾塑性FEM解析は，試験地盤は非線形六面体要素を用い，地盤の降伏条件はMohr-Coulombの構成式を用いた。また，杭は，杭芯部に線形梁要素を配置し，その梁要素と周辺地盤の節点を杭半径長の剛な梁要素で放射状に連結することで，杭断面の平面保持が成り立つ条件とした。解析モデルは，寸法を大型せん断土槽と同一なものとし，対象条件を考慮した1/2モデルである。非線形骨組解析は，杭体曲げモーメントー曲率関係及び杭周辺地盤の水平抵抗特性をバイリニア型で定義³⁾し，対象条件を考慮した1/2モデルとした。なお，解析において変形係数はE1を採用した。

4. 試験結果及び解析結果

図-9に載荷荷重(P)ーフーチング水平変位関係，図-10に地盤反力分布，図-11に杭体曲げモーメント分布を示す。地盤反力度分布（図-10）より，極限地盤反力度は，前列杭では受働土圧の2.5倍，後列杭では2.5/2倍とした木村ら⁴⁾の研究および道路橋示方書に概ね一致したものとなった。なお，実験の地盤反力度は，約GL-2.5mまでの杭体曲げモーメントを6次の多項式に近似し，2階微分により算出した。また，杭体曲げモーメントは，実験，3次元弾塑性FEM解析および非線形骨組解析でほぼ一致した結果となった。

5. まとめ

本稿は，大型せん断土槽による4本の鋼管群杭基礎の大型模型水平載荷試験結果と3次元弾塑性FEM解析および非線形骨組解析の結果について報告した。極限地盤反力度は，前列杭で受働土圧の2.5倍程度，後列杭で2.5/2倍程度であった。今後，地盤反力係数についても検討していきたい。

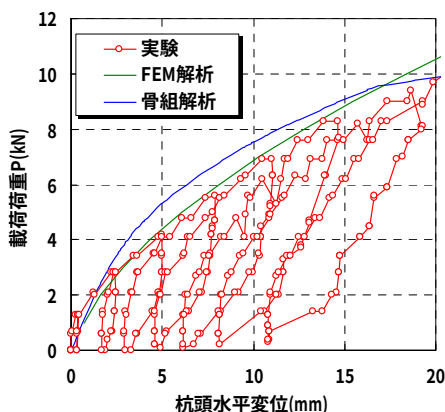


図-9 載荷荷重ーフーチング水平変位関係

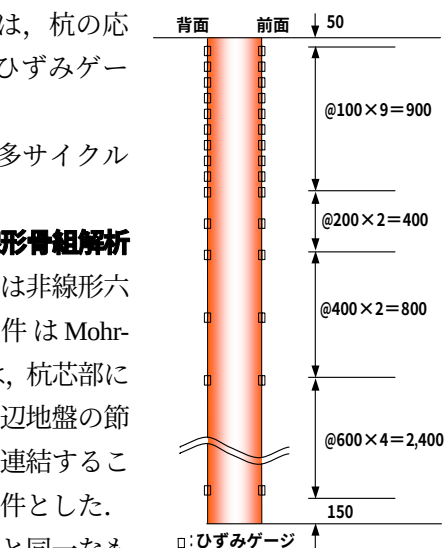


図-6 ひずみゲージの設置位置

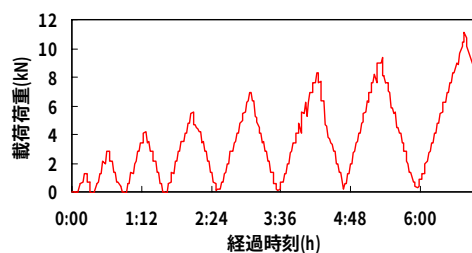


図-7 載荷荷重ー時間関係

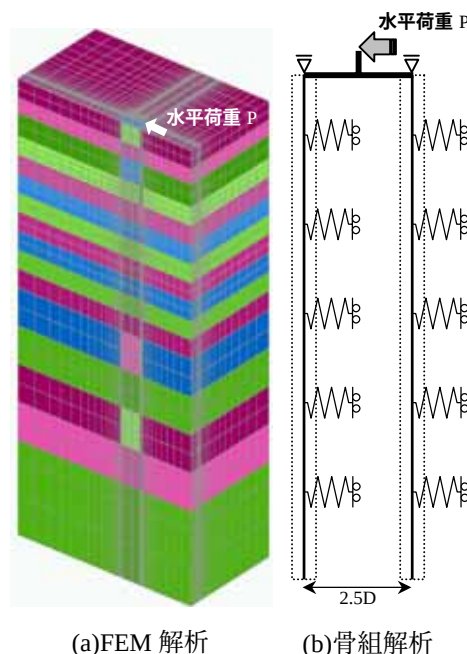
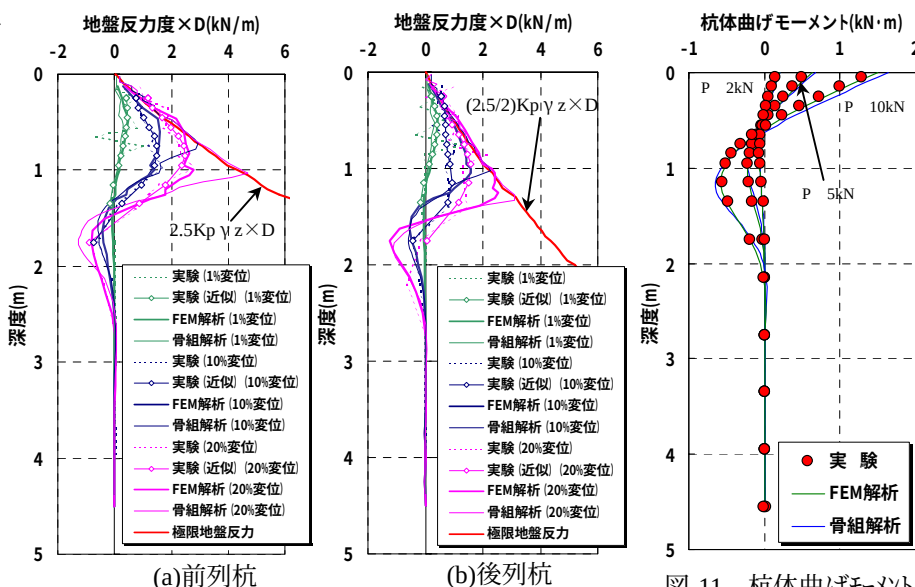


図-8 解析モデル



(a) 前列杭

(b) 後列杭

(c) 杭体曲げモーメント分布

図-10 地盤反力度分布

図-11 杭体曲げモーメント分布

参考文献

- 1) 加倉井正昭，土屋富男：地盤変形の影響を受ける杭の載荷実験，土木学会誌，pp.13-pp.15，1997.10.
- 2) 国土交通省鉄道局 監修 鉄道総合技術研究所 編：鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル，2001.3.
- 3) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV下部構造編，2002.3.
- 4) 木村亮，足立紀尚，亀井宏之：水平力を受ける群杭の極限地盤反力に関する研究，土木学会第50回年次学術講演会，pp.916-pp.917，1995.9.