

フーチングを有しない多柱式ラーメン構造における地盤の静的水平抵抗特性

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正○原田健彦 正 大森貴行 正 梅林福太郎
 JFE シビル(株) 正 尾添仁志
 国立研究開発法人土木研究所 正 河野哲也 非 七澤利明

1. まえがき

フーチングを有しない多柱式ラーメン構造は、一柱一基礎構造で構成されたラーメン構造である(図-1)。本構造は、道路橋示方書¹⁾が想定する構造とはフーチングを有しない等の相違があり、道路橋示方書の設計法の適用性が不明である。特に水平方向の地盤抵抗は突出長に依存するものの、本構造のような突出長の大きい構造の水平方向地盤抵抗特性は明らかにされていない。そこで本研究では、これを明らかにするため、遠心場での静的載荷実験を行った。

2. 実験概要

(1) 実験供試体 実験供試体は地盤(支持層・中間層)構造物模型(柱・杭・床版)からなる。なお本文では、気中部と地中部にある部位をそれぞれ柱および杭と称する。実験ケースは表-1に示す4ケースであり、実験パラメータは、中間層の地盤種別(砂質土、粘性土)および柱・杭本数(1本, 3本)である。

柱・杭は外径 $D=500\text{mm}$ × 板厚 $t=9\text{mm}$ の鋼管で、柱高 $h=5\text{m}$ 、杭長 $L=8\text{m}$ の実物を想定し、模型の柱・杭には曲げ剛性 EI を実物と等価にした $D=20\text{mm}$ 、 $t=1.2\text{mm}$ のアルミ管(降伏応力度 $\sigma_y=255\text{MPa}$)を使用した。杭先端は剛土槽底部の支持層に $2D$ 根入れし、柱頭部は固定治具と剛結とした²⁾。

(2) 載荷・計測方法 25G 遠心場で正負交番3サイクル繰返し水平載荷(図-2)を変位制御により行った。基準変位 $\overline{\delta}_{t0}=0.05D$ は、予備検討³⁾で得られた実構造物(鋼; $\sigma_y=235\text{MPa}$; 3本柱)の初降伏変位である。計測項目および計測箇所は、図-3に示す通りである。

3. 実験結果

(1) 荷重-変位関係 図-4に載荷点における荷重-変位関係($P-\delta_f$ 曲線)と降伏位置を示す。図の上段に示す1本柱では、Case S1, C1ともに柱・杭の初降伏は地中部(深度 $z=GL-2D$)で生じ、その時の変位 δ_{y0} は $0.9D$ 程度であった。その後、地中部で降伏に

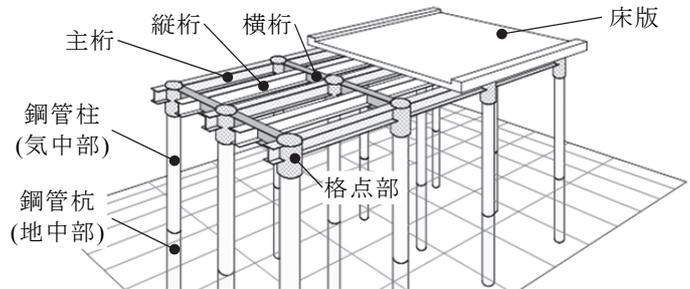


図-1 フーチングを有しない多柱式ラーメン構造の例

表-1 実験ケースおよび実験供試体概念図

ケース名称	Case S1	Case S2	Case C1	Case C2
土質	砂質土		粘性土	
供試体	S		C	
単位: mm	200	200	320	320
(): 実寸	(5000)	(5000)	(8000)	(8000)

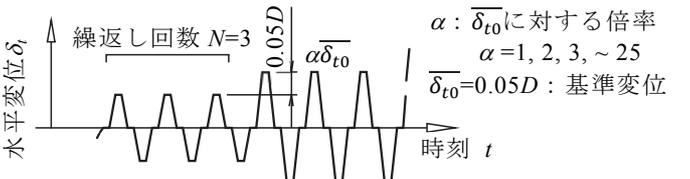


図-2 載荷方法(正負交番3サイクル繰返し水平載荷)

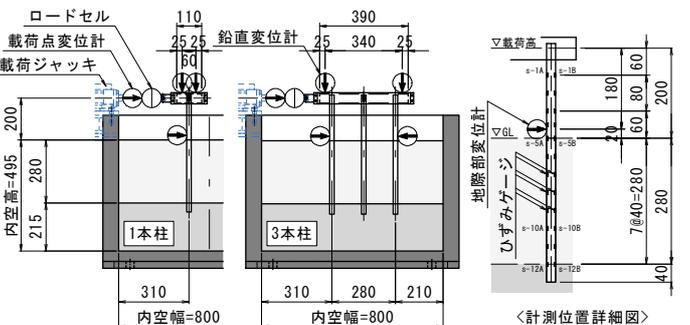


図-3 実験供試体および計測箇所

達した。一方、図の下段に示す3本柱では、Case S2, C2ともに初降伏は柱頭部で生じ ($\delta_{y0}=0.3\sim 0.4D$)、その後、地際部もしくは地中部で降伏に達した。これは、3本柱では、床版部(固定治具)により柱頭部の回転が拘束されたためである。

図-5は、各ケースにおける $P-\delta_g$ 曲線 (δ_g : 地際部変位) の包絡線および残留変位 δ_{gr} を示しており、いずれも P_{y0} 以前の正側の値を代表で示している。1

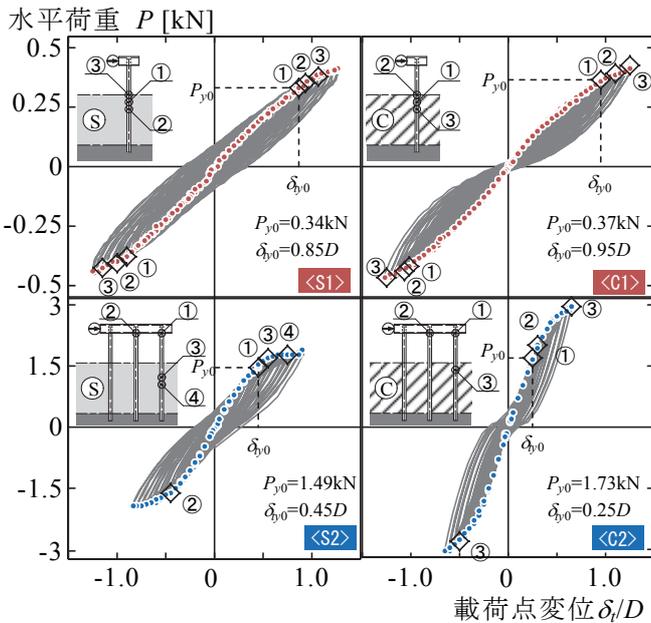


図-4 載荷点の荷重 P —変位 δ_i 関係と降伏箇所

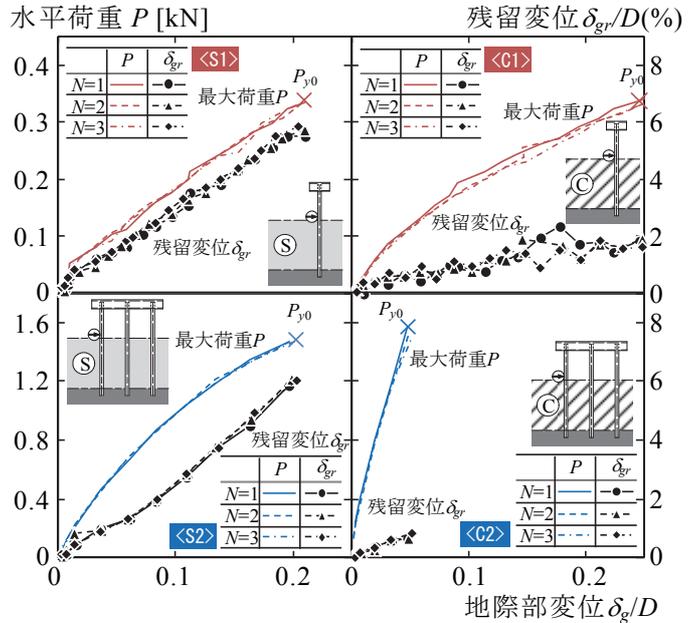


図-5 地際部の荷重 P —変位 δ_g 関係と残留変位 δ_{gr}

本柱・3本柱ともに、砂質土のケースに比べて粘性土のケースは残留変位が小さいことが分かった。

(2) 曲げモーメント、地盤反力度の深度方向分布

$\delta_g=0.05D$ 時の曲げモーメント M の分布を図-6 に●印で示す。図中赤と青の実線は、林-Chang の一般式¹⁾より求めた計算値(図中、添え字 C を付す)であり、計算に必要な杭の特性値 β は次式で同定した。

$$\frac{\delta_i}{P} = \frac{(1 + \beta h)^3 + 0.5}{3EI\beta^3} + \frac{(1 + \beta h)^2}{2EI\beta^2} \cdot \frac{M_t}{P} \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 M_t はひずみ計測値より得られる載荷点モーメントを表す。また、黒実線および破線は突出のない杭に対して同じく林-Chang 式より求めた計算値であり、同式により算定した地中部最大曲げモーメント M_m の発生深度 l_m も各ケースで示している。また図-7 は、上記の M 分布より深度 z における地盤反力 $p(=d^2M/dz^2)$ を推定したものである。図-6 の l_m は、実測値(図中×印)および計算値ともに1本柱が最も浅い。また、突出のない杭に比べると、 l_m はいずれのケースにおいても浅くなる傾向が見られ、地盤反力度分布からも地盤の抵抗範囲が上方に位置している様子が分かる。以上より、杭本数が少ないほど、また、突出長が大きいほど、地盤の抵抗領域が浅くなること分かった。

4. むすび

静的遠心載荷模型実験により、中間層の地盤種別や柱・杭本数等の違いが本構造の水平地盤抵抗特性に与える影響を調べた。今後、突出長の短い杭の載

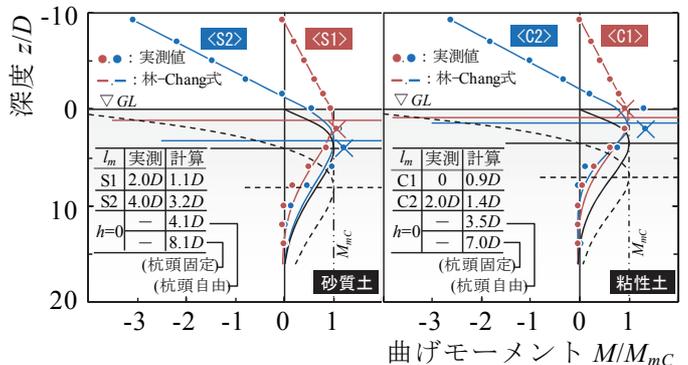


図-6 地中部曲げモーメント分布および M_m 発生深度

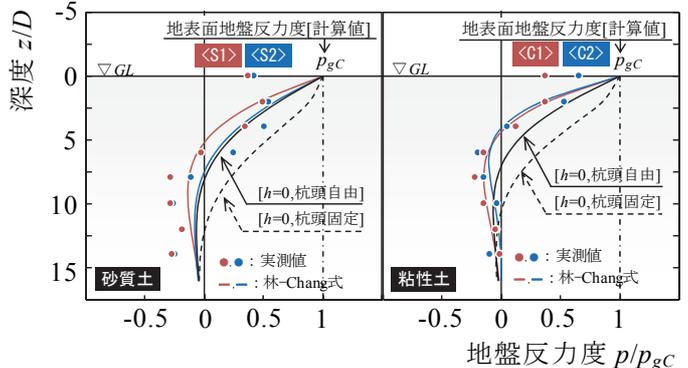


図-7 推定値および一般式による地盤反力度分布

荷試験結果との比較や解析的な検討を行い、本構造の水平地盤抵抗メカニズムについて検討したい。

参考文献 1)(社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編, 2012. 2)飯島ら:フーチングを有しない多柱式ラーメン構造の耐震性能評価法に関する一考察, 第18回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.351-356, 2015. 3)梅林ら:鋼多柱式ラーメン構造の耐震性能検証法に関する研究, 第69回年次学術講演会, I-397, 2014.