

杭頭固定条件における単杭の水平載荷試験とその解析的検討

東電設計株式会社 正 ○大矢 孝
東京電力株式会社 正 佐藤 博
香川大学工学部 正 松島 学
前田建設工業株式会社 山下 俊英 藤嶋 泰輔

1. はじめに

実物大の杭を大変形領域まで水平載荷して挙動を確認した試験は数少なく、しかもその多くは杭頭が回転する条件で行われたものである。また、根入れの短い有限長の杭に対して同様の試験を実施した例はほとんどない。本研究は、単杭であり、かつ杭頭固定条件を満足する条件により、通常の長さの杭と短い杭に対して水平載荷試験を実施した。以下に実験結果と非線形解析（骨組み解析）の比較を示す。

2. 試験の概要¹⁾

試験杭上部フーチングにH鋼を埋込み、杭心より 6.6m 離れた位置の鉛直方向に補助ジャッキを設置した。このジャッキで鉛直力を与えることで杭頭にモーメントを作用させ、水平載荷時に杭頭が回転しないように制御した。試験位置の地盤は表層部がN値 2~4 の沖積粘性土、それ以深は 5~26 の細砂で構成され、表-1 に示す諸元の試験杭と反力杭により多サイクル方式による実験を実施した。

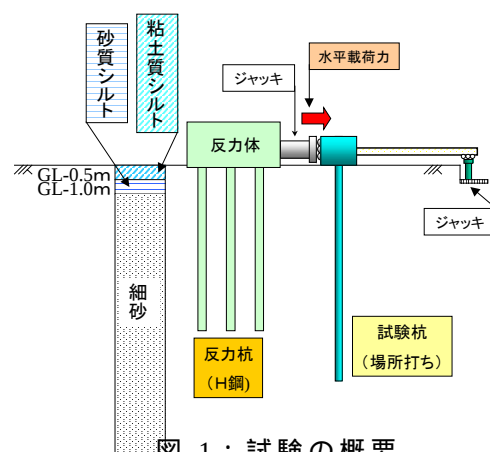


図-1：試験の概要

表-1：杭の諸元

名称	杭種	杭径 D(mm)	杭長 L(m)	βl	材料特性
短杭	RC 場所打ち	800	4.0	1.07	Fc = 23.5 N/mm ² SD345 (D22×16本, かぶり 15cm)
長杭			12.0	3.02	
反力杭	H鋼	H-400	6.0	—	SS400

3. 解析方法

骨組み解析モデルは、杭前面、側面、および底面の各バネで構成した。杭底面のバネは剛な梁に複数設置することで杭底面の回転を擬似的に表現できるようにした。地盤の非線形特性はバイリニア型、杭体は剛性低下を考慮したテトラリニア型のM- ϕ 関係でモデル化した。地盤特性は基本的には道路橋示方書等を参考に設定したが、水平方向の地盤反力上限値は浅い領域はすべり土塊の抵抗から定まる三次元的な抵抗値²⁾で、深い領域は対数らせんのすべり線を持つ二次元的な抵抗値³⁾で決まるモデルとし、Myerhofの帯状フーチングの支持力式を水平方向に置換した式を採用した。

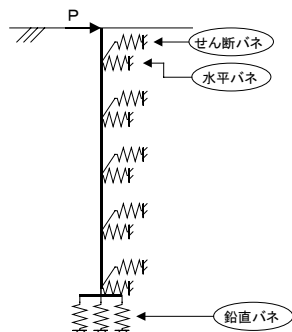


図-2：骨組みモデル

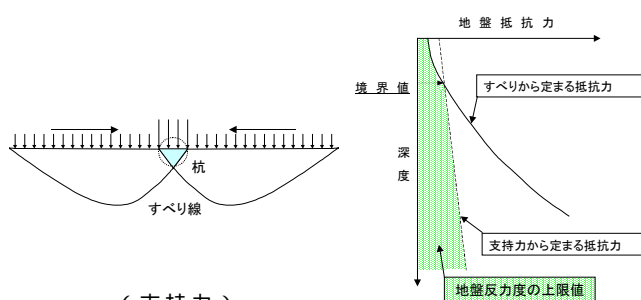
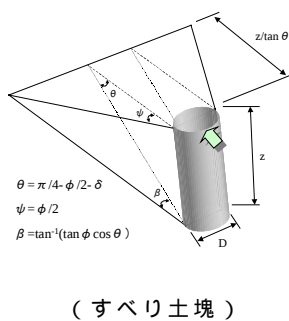


図-3：水平方向の地盤反力上限値の考え方

Keywords：杭，水平支持力，杭頭回転固定，非線形骨組み解析

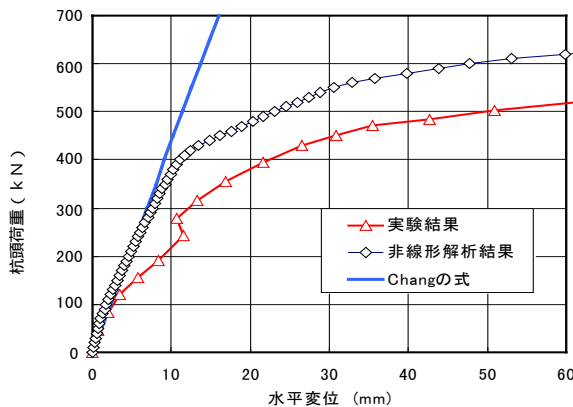
〒110-0015 台東区東上野 3-3-3 東電設計(株)技術開発本部 Tel.03-4464-5616 Fax.03-4464-5595

4．試験結果との比較

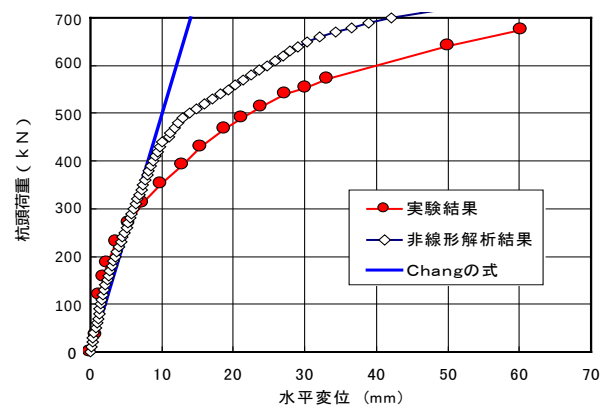
実験と解析の比較を図-4～図-6に示す．Changの式は $1/\beta$ （3.7m）までの深さの平均的な物性値を用い，短杭（ $L=4\text{m}$ ）は杭先端自由の短い杭の式，長杭（ $L=12\text{m}$ ）は半無限長の杭の式で計算した結果である．実験結果のモーメントは杭体の鉄筋ひずみから曲率を算出し，RC断面の計算から算定される杭の $M-\phi$ 関係により求めた．

短杭の荷重段階 280kN 以下では杭頭を完全に固定できなかったため，実験結果の変位は解析値より大きめである．長杭の非線形解析結果は水平変位が杭径の1%程度(8mm)以内であればChangの式はほとんど変わらず実験結果とも整合し，大変形時には変位は小さめに耐力は大きめに算定される．モーメントの深度分布は，Changの式では常に実験結果より大きめに計算されるが，非線形解析結果はとくに長杭で非常に良く合う．短杭も比較的良く合っているが，底部で負のモーメントが計算されており，水平方向の地盤を実際よりも硬めに見積もっていることが推測される．これが，水平変位が小さく算定される原因の一つに挙げられる．

本モデルは断面力を比較的良く解析でき，水平変位の解析精度も実用上の範囲内では確保されている．今後は，大変形領域までの適用を考え数値解析の実施等により地盤モデルの改良を図る予定である．

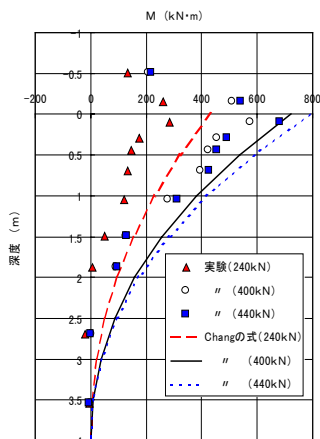


（短杭）

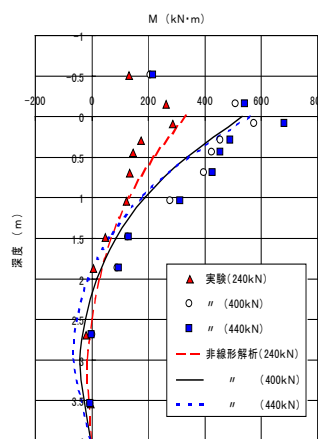


（長杭）

図-4：杭頭荷重～変位関係

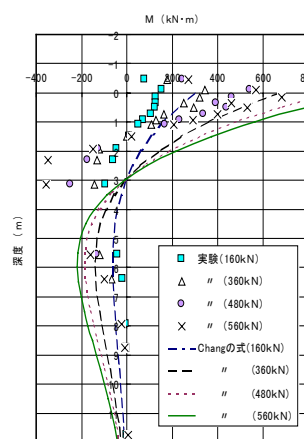


（Changの式）

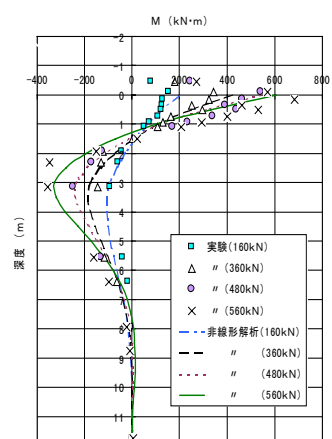


（非線形解析）

図-5：結果の比較（短杭）



（Changの式）



（非線形解析）

図-6：結果の比較（長杭）

（参考文献）

- 1) 佐藤他：杭頭固定条件における短杭の水平載荷試験（その1）～（その3），第35回地盤工学研究発表会，2000.6
- 2) 岸田・中井：地盤の破壊を考慮した杭の水平抵抗，日本建築学会論文集、第281号，1979.7
- 3) 国府田・榎並：杭の水平極限支持力の理論的解析法に関する研究（斜杭および斜め荷重を含む）第一報 杭の受働土圧に関する解析法，日本建築学会論文集，第345号，1984.11