

III-359

模型アルミ杭の大変位水平載荷試験 ー解析結果ー

(財)鉄道総合技術研究所	正会員	西村 昭彦
同 上	正会員	奥村 文直
同 上	正会員	田中 俊作
日本鉄道建設公団	正会員	青木 一二三
同 上	正会員	丸山 修

1. はじめに

基礎構造物の限界状態設計法の基礎資料を得るため、模型杭基礎を用いて大変位の繰返し水平載荷試験を行い、杭の限界支持力、復元力特性（荷重～変位曲線）、地盤反力係数のひずみ依存性、繰返しの影響、群杭効果等を調査した。本稿では（その1）¹⁾で述べた実験結果から求めた杭体の変形、地盤反力のひずみ依存性、群杭効果等について報告する。

2. 水平変位と杭軸力の関係

図1、2にAGH-1の水平変位と杭軸力の関係を示す。この図では水平方向変位を δ （正方向を+）、軸力を N （引抜き方向を+）で表した。なお、軸力は上載荷重を載せた時点をもととしており、各杭の値に500kgfを加算したものが実際の杭の軸力となる。

図によると引抜きでは、外杭、中杭ともに頭打ちが見られている。その値は中杭の方が外杭に比べ大きい。一方、押し込みでは、外杭には頭打ちが見られるが、中杭は途中から引き抜きに転じている。

3. 曲げひずみから求めた杭の変形、地盤反力などの値

この試験で得られたひずみの測定値から杭体に生じた曲げモーメント（ M ）、せん断力（ S ）、傾斜角（ θ ）および水平変位（ y ）と地盤反力（ P ）の値を次式を用いて算出した。

$$M_n = E Z \varepsilon_n \quad S_n = \frac{E Z}{2 \Delta_n} (\varepsilon_{n+1} - \varepsilon_{n-1})$$

$$P_n = \frac{(S_{n+1} - S_{n-1})}{2 \Delta_n}$$

$$\theta_n = \frac{\Delta \theta_{n+1} + \Delta \theta_n}{2} + \theta_{n+1} \quad y = \Delta y_n + y_{n+1}$$

ここに、 E ：7桁のヤング係数（ $0.71 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ ）、 Z ：断面係数、 ε_n ： n 点の曲げひずみ、 Δ_n ： ε_{n+1} と ε_{n-1} 間の長さ、 f ：7桁管の半径

$$\Delta \theta_n = \frac{\Delta_n}{f} \varepsilon_n \quad \Delta y_n = \frac{\Delta_n}{-2} (\theta_n + \theta_{n+1})$$

これらの結果をAGH-2のP.41杭について示したものが図3～図6である。なお傾斜角については図を省略し

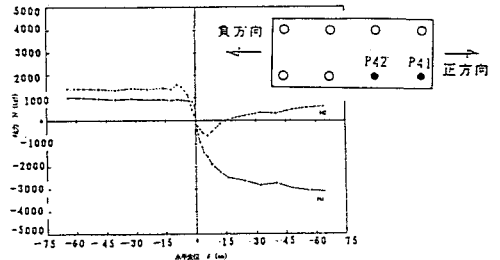


図1 水平載荷試験軸力比較図 その1 (AGH-2)

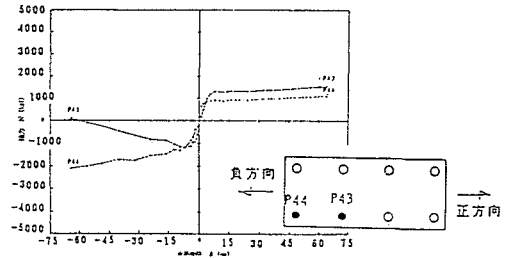


図2 水平載荷試験軸力比較図 その2 (AGH-2)

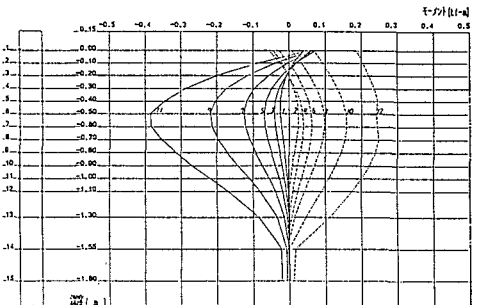


図3 曲げモーメント分布図 (P41 AGH-2)

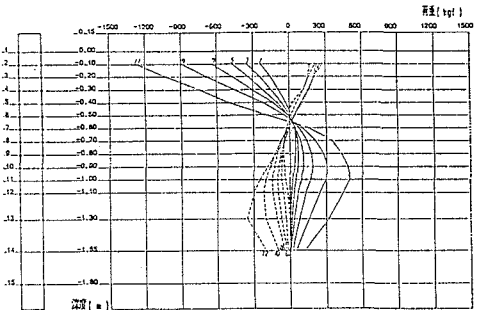


図4 杭体せん断力分布図 (P41 AGH-2)

た。これから、杭の変形は曲げ変形であり、杭体の応力は正方向載荷（前杭となる）の場合が負方向載荷（後杭となる）場合より大きいこと、また地盤反力も同様であるが、杭頭変位が大きくなるとその値は一定値に近づいており、地盤が降伏していることがわかる。

4. 群杭効果

群杭効果について検討した。この検討は、群杭（AGH-1, 2）の試験と単杭（ATH-1, 2）の試験結果を用い、水平載荷試験の処女荷重と水平変位の関係より、Chang の式を用いて等価な水平方向地盤反力係数を逆算し、それぞれの変位量ごとに比を求めたものである。杭頭条件は、単杭は自由、群杭では回転バネを基礎標準²⁾から求められる値を初期値として、変位の進行にともない徐々に低減させた値を用いた。図7によると、地表面変位が小さい場合には α は1に近く、群杭は単杭に近い挙動をするが、変位が大きくなるにつれ α は低下し、群杭の効果が現れている。大変位領域での値は、基礎標準から求まる群杭効率の値（図中の水平な破線）にほぼ近い値となっている。この性状は、文献3)の結果とも合致する。

5. 水平方向地盤反力係数

水平載荷試験の処女荷重と水平変位の関係から、Chang の式を用いて等価な水平方向地盤反力係数を逆算した。この試験では、各試験ケースとも杭間の土砂と杭とが一体に変位していることから、杭の曲げ剛性はアルミ管の値を用いて、杭径は杭で囲まれた範囲とした。

AGH-2 について、この結果求められた地盤反力係数の値を図8に示す。この値は対数グラフ上で直線上に並んでおり、明確な非線形性を持つことが分かる。

6. あとがき

以上、杭の載荷試験結果について述べた。今回の試験により、荷重～変位曲線の性状、荷重の繰返しの影響、杭径及び杭本数の影響、群杭効果などについての基礎資料を得ることができた。

現在、杭体と地盤の非線形性を考慮した解析手法を用いて解析しており、定量的な評価を行いたいと考えている。また、群杭の支持力性状は複雑であるため、地震時を模擬した振動実験を鋼管模型杭とアルミ模型杭を用いて行っており、これらの検討も加え、限界状態の杭の設計に資する事としたい。

参考文献

- 1) 奥村他：模型アルミ杭の大変位水平載荷試験（その1），第48回土木学会年次学術講演会 1992.9
- 2) 土木学会：構造物設計標準解説，基礎構造物，抗土圧構造物，1986.3
- 3) 西村他：模型杭の大変位水平載荷試験，第27回土質工学研究発表会，1992.6.

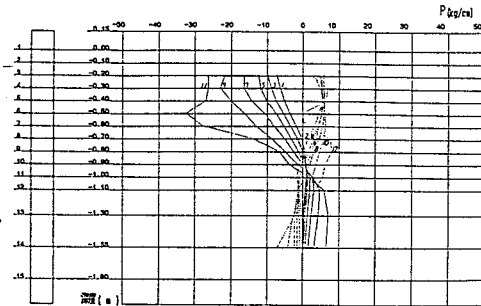


図5 地盤反力分布図 (P41 AGH-2)

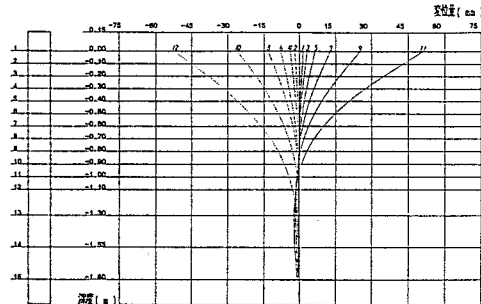


図6 杭体変位量分布図 (P41 AGH-2)

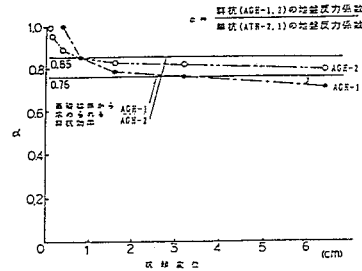


図7 群杭効果の比較

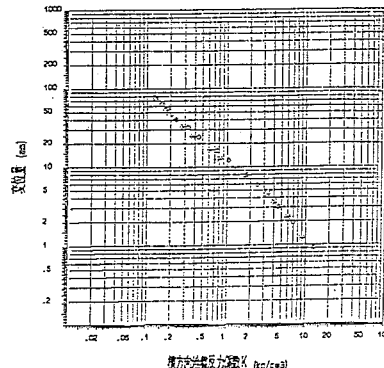


図8 水平方向地盤反力係数と変位量の関係 (AGH-2)