

鋼管群杭の大変形水平載荷試験（その2 大変形時の挙動）

大林組	正会員	尾形隆永	日本原子力発電	富樫勝男
日本原子力発電	正会員	青砥一浩	大林組	正会員
				佐藤 立

1. はじめに

本論（その2）では、群杭試験体における各杭のひずみ分布、荷重分担率、水平方向地盤反力係数、試験体の水平剛性及び極限水平耐力に及ぼす群杭効果等の検討結果について報告する。

2. ひずみ分布及び荷重分担率

図-1に試験体7の第4サイクル時のひずみ分布を示す。図中の一点鎖線は降伏ひずみを示している。各杭での実線は載荷方向前側、破線は載荷方向後ろ側に貼付したゲージのひずみ値を示している。ひずみ分布は杭頭部で最大値を示し、地中部の最大ひずみは全荷重を通じて深さ1.5～2.0mの位置で発生している。また、載荷方向に対して前面杭が圧縮ひずみ、中杭がほぼ中立、背面側が引張ひずみが卓越する状況は、水平力を受けるフレーム構造物の性状と一致している。

図-2に試験体7の各杭の荷重分担率と水平変位との関係を示す。ここで、荷重分担率は各杭の杭頭付近で計測されたひずみから曲げモーメントを算定し、その勾配として評価したせん断力の各杭間での相対的な比率を意味する。水平変位が1cm程度以上では前面杭、中杭、背面杭の順に荷重分担率が小さくなる傾向が明瞭に現れており、その分担率は前面杭が1.3、中杭が0.9～1.0、背面杭が0.7～0.8であることがわかる。

3. 水平方向地盤反力係数 (k_H)

図-3に試験結果から逆算して求めた k_H と水平変位との関係を示す。 k_H の逆算値はまず杭1本当たりの載荷荷重と測定水平変位をChangの式（地上に突出している杭の杭頭が回転しない場合の式）に代入して杭の特性値について解き、続いて $k_H = 4EI / D^4$ （ここに、 EI ：杭の曲げ剛性、 D ：杭径）により算定している。 k_H -水平変位関係は、本論（その1）に示した杭1本当たりの荷重-水平変位曲線と同様に単杭と群杭の2つのグループに分離でき、各群杭の k_H は単杭より小さいが群杭の杭本数による差違は小さい。また、道路橋示方書に示される下部構造から決まる許容水平変位である杭径の1%(3mm)程度での k_H は、シリーズで約12 kgf/cm³、シリーズで約7 kgf/cm³と単杭の60%程度であり、これらの比（単杭/群杭=1.7）は水平変位の大きさに関わらずほぼ一定である。

4. 水平剛性に関する群杭効率

鋼管杭、水平載荷試験、水平剛性、群杭効率、極限水平耐力

大林組 : 〒131-8510 東京都墨田堤通 1-19-9, TEL 03-5247-8559, FAX 03-5247-8683

日本原子力発電 : 〒100-0004 東京都千代田区大手町 1-6-1, TEL 03-3201-7048, FAX 03-3212-8463

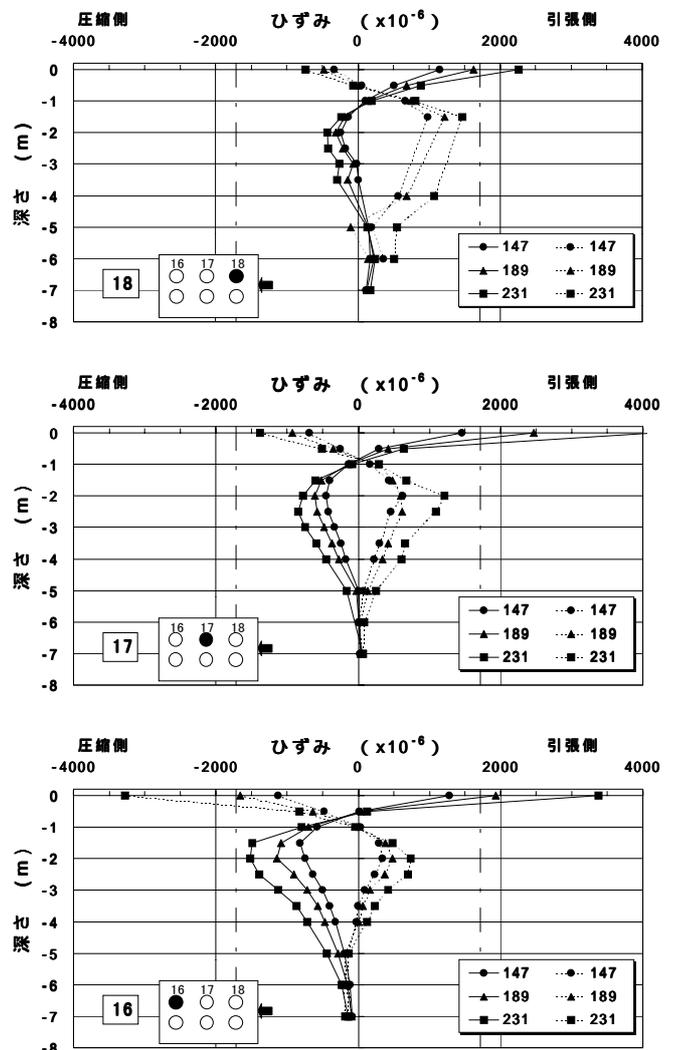


図-1 ひずみ分布（試験体7）

図 - 4 に試験体の微小変位における水平剛性から求まる群杭効率と杭本数との関係を示す。なお、試験体 7 と 8 は反力体として用いた時の剛性で評価している。群杭効率は一般に以下の算定式で定義できる。

$$\eta = \frac{K_G}{N \times K_S}$$

ここに、 η ：群杭効率

K_G ：群杭の水平剛性

K_S ：単杭の水平剛性

N ：杭本数

各試験体の水平剛性は、試験で得られる荷重 - 変形曲線に基づいて杭の平均荷重が $7t$ (第 1 サイクルのピーク荷重に相当) のときの荷重と水平変位を用いて算定している。図には慣用的に用いられている式も併記した。試験で得られる群杭効率は、2 本杭の場合慣用式より低下しているものの全体的には慣用式で得られる値とほぼ対応している。なお、2 本杭が慣用式より低い評価となっている理由は、フーチングのロックングによる水平変位の寄与によって見かけの剛性が低下したためと考えられる。そこでこの影響を除去するため、杭頭自由及び杭頭固定条件で杭頭変位を解析によりそれぞれ求め、その比を試験で得られた水平変位に乗じて水平剛性を補正した。補正後の群杭効率は補正前よりも大きくなり、慣用式とかなり良く対応していることが分かる。

5. 極限水平耐力に及ぼす群杭の影響

図 - 5 に杭本数と平均水平耐力比の関係を示す。ここで、平均水平耐力比とは単杭試験体 (試験体 1 ~ 3) の極限水平耐力の平均値に対する群杭試験体 (試験体 4 ~ 8) の極限水平耐力を杭本数で除した平均水平耐力との比を示す。平均水平耐力比は、引抜きが生じてしまったと考えられる試験体 4 を除き杭本数の増加にかかわらず、ほぼ 0.8 の一定値となっている。なお、試験体 4 に対して引抜きが生じないと仮定して算定した極限水平耐力の解析値は $120tf$ となり、平均水平耐力比は黒丸で示した値に上昇する。従って、試験においても仮に引抜きが生じなかったならば $120tf$ 程度の極限水平耐力が得られていたものと推定できる。

6. まとめ

以上、杭頭を固定とした単杭及び最大 9 本までの実大鋼管群杭に対する水平載荷試験結果に基づき、弾性領域から大変形領域までの荷重 - 変位曲線、水平剛性及び極限水平耐力等に及ぼす群杭の影響を明らかにした。

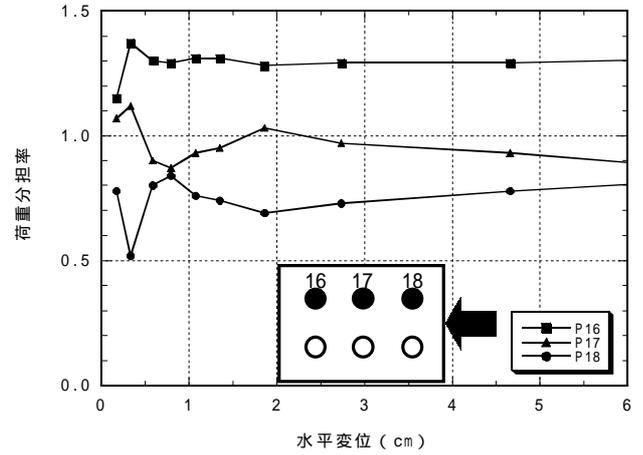


図 - 2 荷重分担率 (試験体 7)

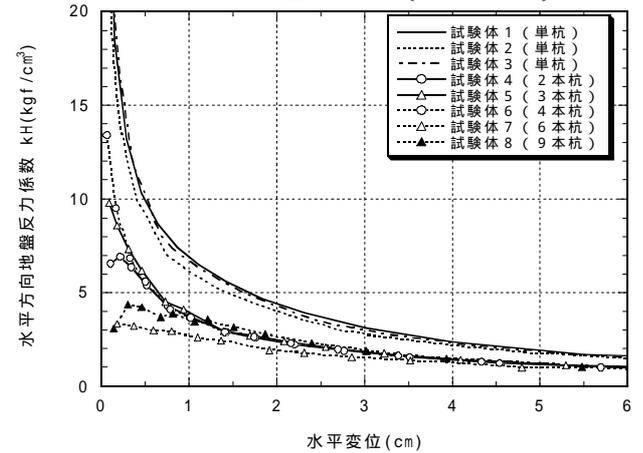


図 - 3 水平方向地盤反力係数

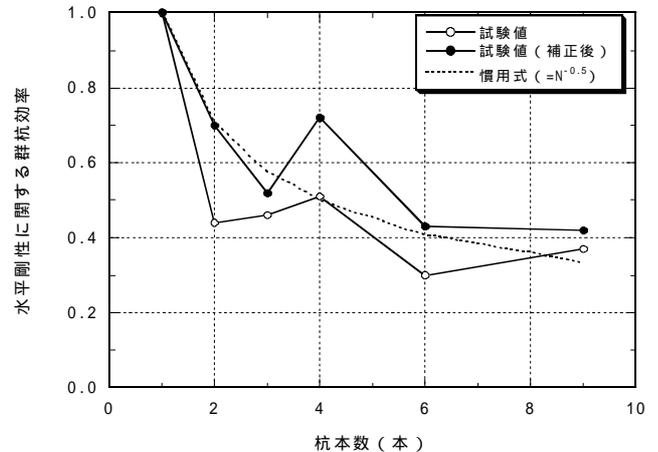


図 - 4 群杭効率 (水平剛性)

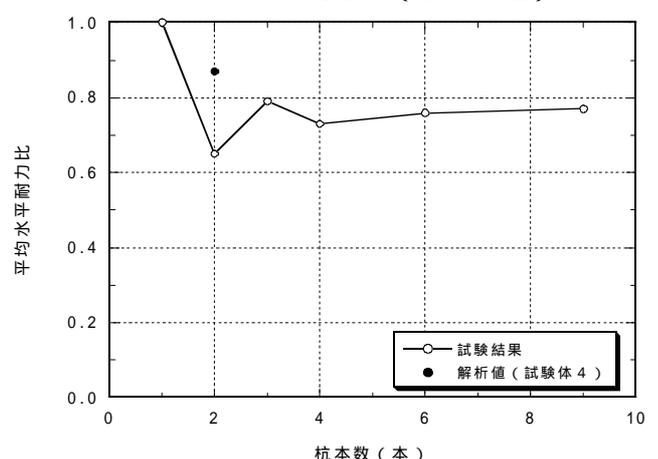


図 - 5 平均水平耐力比