

Ⅲ-B 36

斜杭を含む群杭の水平荷重分担と軸力分担に関する実験的研究

京都大学 大学院 正会員 木村 亮, 学生員 ○牧野 洋志, 吉田 敦
三菱重工(株) 正会員 岡部 俊三, 大石 善啓, 大川 賢紀, 亀井 宏之

1. はじめに 従来の橋脚基礎は上・下部工のとりあいをフーチングによって分離し、剛結構造としていたが、Fig.1 に示すジャケット型鋼管杭基礎は、基礎と上部工主塔を一体構造とし、トップヘビーであった同規模の従来の基礎に比べ、大幅に負荷を軽減できる特徴を有する。

ジャケット基礎は、従来石油掘削用プラットフォームなどで実績を持つ構造であるが、橋梁基礎として設計するには風や地震による基礎の支持力性能を明確にする必要がある。そこで本研究では、まず、基礎に用いる斜杭を含む群杭の水平支持力特性を把握するため、遠心載荷装置を用いて2種類の群杭に水平載荷を行い、群杭に斜杭が含まれた際の水平抵抗の変化を調査するとともに、各杭に作用する軸力および水平荷重の分担率について調査した。

2. 実験概要 実験装置をFig.2に示す。載荷にはモーターを用い、動力の伝達には、スライダを用いた。模型杭は真鍮製であり、これを4本直列(杭間隔 $2.5d$, d : 杭直径)で配置した。また以後、各杭をFig.2のように載荷方向に対し前方側に位置する杭から順に1番杭～4番杭と呼ぶ。実験は、杭すべてを鉛直杭とした群杭(Case1)と両端の杭に 10° の傾斜角をつけた群杭(Case2)に対して行った。

計測項目としては、載荷点における荷重、変位に加え、フーチング下部において各杭の軸力およびせん断力を測定した。軸力の測定にはクロスゲージ、せん断力の測定にはロゼッタゲージを用いた。なお、本実験では実験の精度を知るため、同一条件での実験を3回ずつ行っている。

3. 実験結果および考察 実験結果はすべてプロトタイプ換算して示す。また水平変位は杭径 d で規準化している。

(1) 荷重-変位関係 Fig.3 に荷重-変位曲線を示す。なお、同図では3回の実験におけるデータの範囲を示している。両者を比較すると、Case1 に対し、Case2 は、10%までの全変位領域にわたり、ほぼ倍にあたる水平支持力を有している。これより、群杭は斜杭を含むことで水平支持力が大幅に増加することが確認された。

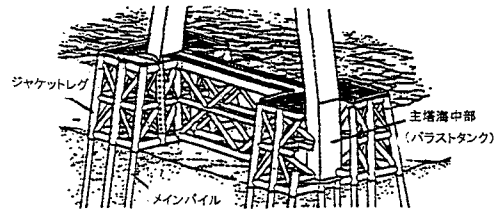
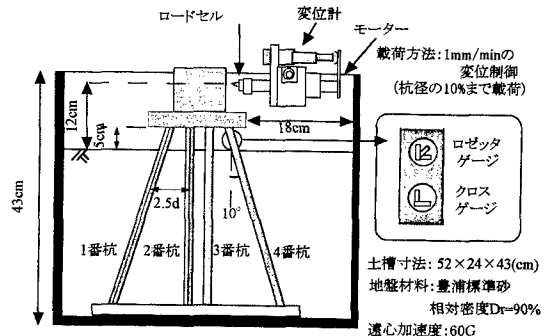


Fig.1 ジャケット型鋼管杭基礎



	杭長 L (m)	杭径 d (cm)	肉厚 t (cm)	曲げ剛性 EI ($\text{kgf}\cdot\text{cm}^2$)
模型杭	0.380~0.386	1.5	0.1	1.19×10^5
プロトタイプ 換算	22.80~23.16	90	6.0	1.54×10^{12}

Fig.2 実験装置図

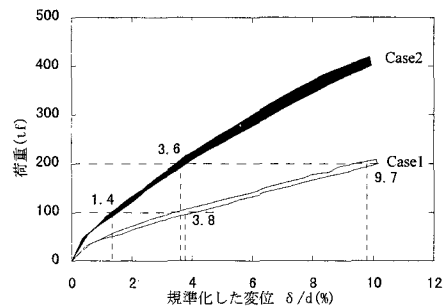


Fig.3 荷重-変位曲線

斜杭, 群杭, 遠心模型実験, 水平荷重, 水平抵抗, 軸力

京都大学大学院工学研究科 土質力学研究室, 京都市左京区吉田本町, TEL,FAX:075-753-5086

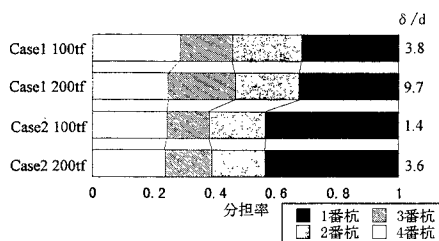


Fig. 4 荷重分担率

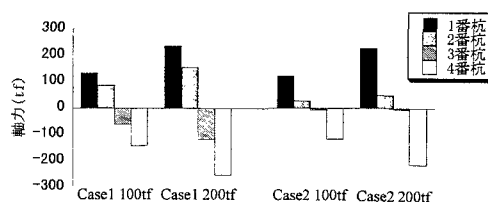


Fig. 5 軸力分担

また、同図中に水平荷重 100tf および 200tf 作用時の両者の変位を杭径で規準化して示す。以後の荷重分担および軸力は、同図に示された変位で比較する。

(2) 荷重分担 Fig. 4 に Fig. 3 で示された変位での、せん断力より求めた Case1 および Case2 の各杭への荷重の分担率を示す。なお、紙面の都合上、両 Case とも 1 回目の実験において得られた結果を示している。

Fig. 4 によると、荷重分担率は水平荷重の変化に関わらず、各 Case でほぼ一定である。また Case1 では 1 番杭が最も大きく荷重を負担しているものの、約 30% であり、その他の杭（約 20%）との差は少ない。しかしながら、Case2 では 1 番杭への分担率が約 40% であるのに対し、中央部の鉛直杭への分担率は約 15% と、分担率が大きく偏っている。これらの結果より、群杭に斜杭を含ませることで水平支持力を増加させれば、載荷方向に対し前方側に位置する斜杭への荷重の分担が増加し、中央の鉛直杭への分担は減少すること、またこの傾向は水平荷重の大きさに関係しないことがわかった。

(3) 軸力分担 Fig. 5 に Fig. 3 で示された変位での、Case1 および Case2 の各杭に作用する軸力を示す。これについて両 Case とも、1 回目の実験結果を示している。同図では圧縮を正としている。また、本実験結果は水平荷重（100tf, 200tf）作用時の軸力を表しており、フーチング等の自重分を除いたものである。

同図より、両 Case とも各杭に作用する軸力の正負およびその大きさの順は同じであることがわかる。また、1, 4 番杭に作用している軸力もほぼ等しくなっている。しかし、2, 3 番杭に作用する軸力は、Case1 では水平荷重 100tf 作用時において約 80tf の軸力が作用しており、荷重の増加に伴い増加しているが、Case2 では水平荷重 100tf 作用時において約 30tf しか作用しておらず、荷重が増加してもほとんど変化していない。これより、両端に斜杭を有する群杭では、水平荷重の変化に関わらず、中央の鉛直杭に作用する軸力を低減できると考えられる。

4. 結論 本実験において得られた成果を簡単に示す。

- 1) 群杭は、両端に斜杭を有することで水平抵抗力が増加する。
- 2) 両端に斜杭を有する群杭では、水平荷重は、載荷方向に対し前方に位置する斜杭が多くを負担する。
- 3) 両端に斜杭を有する群杭では、水平力作用時に発生する、中央部の鉛直杭の軸力を低減できる。

なお、過去の研究²⁾において杭間隔を広くとれば、水平荷重の分担率が均等化されることが分かっている。また、この場合、両端の斜杭に入る軸力も低減されることが考えられるため、せん断力、軸力いずれに対しても有利な構造となり得る。しかし、実際には寸法等の制約があるため、その範囲内で杭間隔を広く取る構造を検討する必要がある。また、今回の結果より、設計的には鉛直荷重を直杭で、水平荷重を斜杭で主に分担する等の合理化が可能であると考えられる。今後の研究としては、斜杭の水平支持力は斜杭の傾斜角によっても変化すると報告されている²⁾ため、群杭内の斜杭の傾斜角を変化させた実験等について検討している。

参考文献 1) 木村 亮：水平力を受ける群杭の挙動に関する基礎的研究，京都大学博士論文，1993。

2) 久保浩一：杭の横抵抗に関する実験的研究（その 3），運輸省技術研究所報告，第 12 巻第 2 号，pp.31-55，1962。