

京都大学 大学院 正会員 木村 亮  
 京都大学 大学院 学生員 福林良典  
 京都大学 大学院 学生員 ○吉田 敦

### 1. まえがき

鋼管杭基礎は鋼材という変形追従性のよい特性を持ちながら、小さな変形量で生じる座屈で終局状態を迎えるため、限界状態設計法では不利になると言われている。そこで鋼管杭の杭頭部にコンクリートの中詰することで座屈を抑え、せん断耐力を高めることを確認するために、4本鋼管群杭を用いて軸力を考慮した気中大型実験が実施された<sup>1) 2)</sup>。本研究は、遠心載荷装置を用いて地盤中にてボックス配列の4本模型群杭に軸力をかけながら繰返し水平載荷を行い、その水平耐力と破壊メカニズム（座屈特性）を調査した。

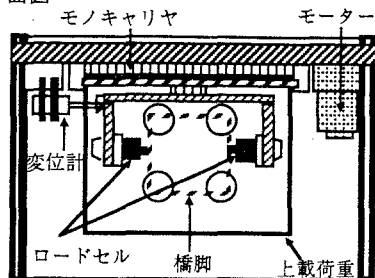
### 2. 実験概要

Fig.1に実験装置を示す。モーターの回転の向きを変えることにより、変位制御による繰返し載荷が可能となっている。載荷は正負交番多サイクルで行い、杭径の±5%（3回繰返し）から5%きざみで±50%まで水平載荷を行った後、100%まで変位させた。載荷点高さは地表面から8.54cmである。模型杭の諸元をTable1に示す。模型杭は真鍮製で鋼管杭をモデル化しており、これを4本杭のボックス配列（杭間隔2.5D：D=杭径）で配置した。軸力の大きさは0.16Ny（Ny：座屈荷重，1G下で1.41tf）とし、パラメーターとなる中詰長は中詰無，1D中詰，3D中詰，全長中詰の4パターンである。地盤材料には豊浦標準砂を用い、気中落下法により相対密度90%の密な地盤を作成した。遠心加速度は全ての実験において40Gである。

Table 1 杭の諸元

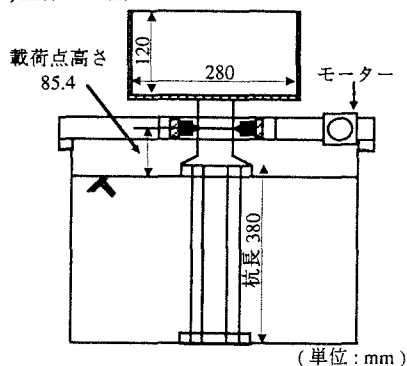
|              | 杭長<br>(m) | 杭径 d<br>(mm) | 肉厚 t<br>(mm) | d/t  | EI<br>(kgfcm <sup>2</sup> ) |
|--------------|-----------|--------------|--------------|------|-----------------------------|
| 模型杭          | 0.38      | 25.4         | 0.5          | 50.8 | $2.64 \times 10^5$          |
| プロトタイプ<br>換算 | 15.2      | 1016         | 20           |      | $6.67 \times 10^{11}$       |

(a)平面図



480×250×400

(b)全体断面図



(単位:mm)

Fig.1 実験装置

### 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で規準化している。

#### (1) 荷重～変位関係

4種類の試験体と載荷点の水平変位の関係の正方向載荷時の包絡線をFig.2に示す。中詰無，3D中詰各試験体では変位50%時の繰返しごとに荷重の低下が見られた。1D中詰試験体は変位60%時に最大荷重を迎えた後、次第に荷重が低下した。全長中詰試験体では100%まで変位させ続けても荷重の低下は見られなかった。最大水平耐力，変形性能，初期剛性とも中詰長が長いほど向上していることがわかる。

## (2) 等価減衰定数

地震時の変位の進行に応じて減衰がどのようになるかを推定するために荷重履歴曲線から減衰定数を算出し、水平変位量に対してプロットした結果をFig.3に示す。地盤の影響を受けてかその分布は複雑なものとなった。しかし、杭径の30%以降変位が大きくなるにつれ減衰定数が増加する傾向が見られ、鋼管の塑性変形によるエネルギーの吸収の様子がわかる。変位50%時での等価減衰定数を見てみると、中詰コンクリートの充填量の差が顕著に現れている。

## (3) 荷重低下率

Fig.4に荷重低下率の比較を示す。荷重低下率は、1回目の繰返し時の荷重で1回目と3回目の繰返し時の荷重の差を除いたものと定義する。全長中詰以外のどの中詰長の杭でも、繰返し幅が45%までは荷重の低下は見られない。50%で繰返し時に中詰無では20%近くになるのに対し、中詰コンクリートを施工した試験体は充填量に応じて低下率は最大5%とかなり小さくなる。全長中詰で見られる荷重の低下は、フーチングが抜け出たためと思われる。より詳細な耐力特性を検討するには今後50%以上の繰返し実験が必要と考えられる。

## (4) 杭の破壊状況

試験終了後、試験体を土槽から取り出し破壊状況を調べた。中詰無、1D中詰、3D中詰各試験体では杭頭部に繰返し載荷による塑性座屈が、杭中間部では曲げモーメントによる曲げ座屈が見られた。杭頭部の座屈は中詰長が長くなるにつれ小さくなったが、コンクリート中詰をしていない杭中間部での座屈には差は見られなかった。全長中詰試験体では塑性座屈のみで、座屈は生じていなかった。

## 4. 結論

鋼管杭基礎の終局限界状態を向上させるためには鋼管杭の内部をコンクリートで充填する方法が優れており、せん断耐力の強化、局部座屈の進行の防止、変形性能の向上などの効果を期待できる。また現行の道路橋示方書に示されている1D中詰でも、中詰無に比べると高いせん断耐力を保有し、杭径程度の変位量まで耐力を保持するため、靱性の確保という点からは実用には十分耐え得るといえる。

## [参考文献]

- 1) 塩井 他：鋼管杭基礎の終局水平耐力に関する模型実験（その1），第31回地盤工学研究発表会，1996，pp.1735-1736.
- 2) 長谷川 他：鋼管杭基礎の終局水平耐力に関する模型実験（その2），第31回地盤工学研究発表会，1996，pp.1737-1738.

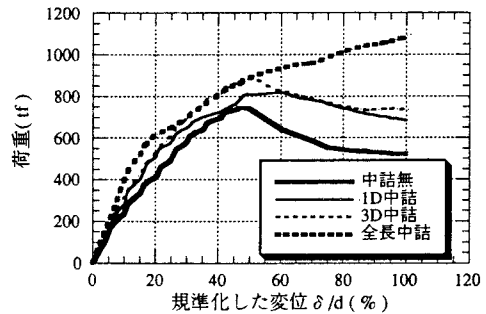


Fig.2 包絡線の比較

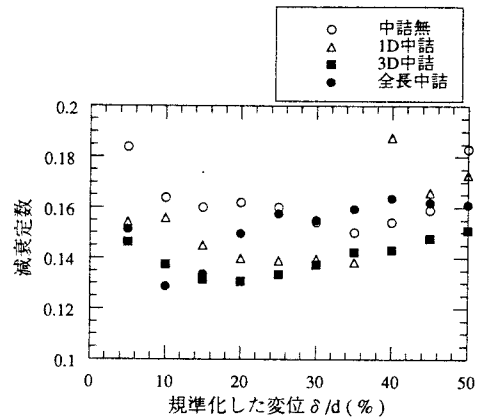


Fig.3 減衰定数の比較

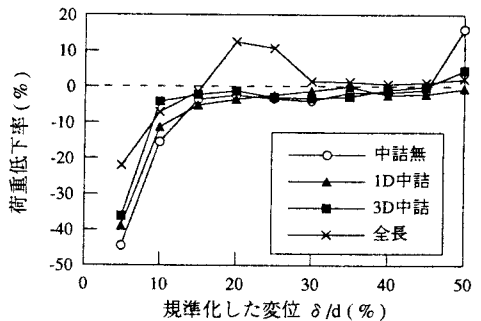


Fig.4 荷重低下率