

1. まえがき

杭基礎の設計では一般に、杭頭とフーチングとの結合部はヒンジ結合あるいは剛結合として設計されているが、実際の杭頭部の挙動はヒンジと剛との中間的な状態であると思われる。既に杭頭部の処理方法に関する実験的研究が行なわれ、その結果を基に、設計上杭頭を剛と見なす為の結合様式については、標準的な方法⁽¹⁾が提案されている。しかしこれらの実験は、限られた荷重条件についてのみの検討されており、フーチングコンクリート部の応力度分布など十分な吟味がなされていないと思われる。一方、この杭頭部の結合の不完全性を考慮した杭の設計方法⁽²⁾も提案されており、このような設計に於いては杭頭部の応力、変位が構造物の安全性に大きな影響を持つと考えられる。本報告では、有限要素法を用いて鋼管杭の杭頭の解析を行ない、結合部の挙動に影響する各種要因について検討を加えた。

2. 計算方法

杭頭部を図-1に示すようにモデル化した。フーチングコンクリートの部分はこれと等価な分布バネに置き換えた。バネ定数は、フーチングコンクリート部分も含めた有限要素法の計算による杭頭変位と、コンクリート部分を分布バネに置き換えた計算による杭頭変位とが等しくなるように定め、図-2に示すような特性を考慮して軸対称応力解析プログラムにより非線形計算を行なった。

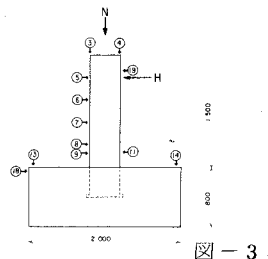
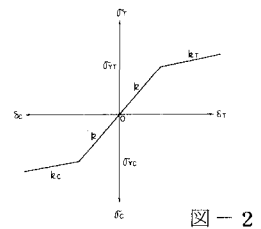
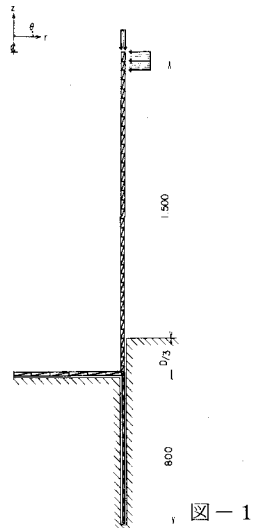
鉄筋は、解析法上の制約から円管としてモデル化し、その部分のバネ定数について鉄筋が離散している状態と等価になるように考慮した。

3. 計算結果

有限要素法による解析法の妥当性を検討する為に、実験結果との比較を行なった。実験に用いた供試体は図-3に示すように 径 400mm、厚さ 6mm の鋼管に厚さ 22mm の天蓋をつけて、2m×2m×0.8m のコンクリートブロック内に杭頭の深さだけ埋込んだものである。荷重は、鉛直方向に 30t、水平方向には 4 サイクルの繰返しを行ないながら 20t 追加え、供試体各部の変位をダイヤルゲージにより測定した。

図-4は、水平力 2t 及び 20t の時の杭の変形を示している。弾性領域と見なされる水平力 2t の場合、荷重点位置(図-3に示すPoint 5)に於ける変位は 1.34mm であり、これに対し塑性領域と思われる水平力 20t の場合の変位は 16.81mm であつた。図-3に示す杭について、有限要素法を用いた非線形解析の結果を図-4に破線で示す。両者はほぼ一致しており、有限要素法による解析が杭頭の挙動を解析する有効な手段であることを示している。

杭頭の挙動に影響する各種要因を検討する為に、径 609.6mm、厚さ 9.5mm 及び径 914.4mm、厚さ 12mm の 2 種類の鋼管について、表-1に示す Case 1-9 の計算を行なった。いずれの場合も杭先端は、厚さ 22mm の天蓋により閉塞されているものとし、埋込み長さは $D/3$ 、 D 、 $1.5D$ の 3 種類、鉄筋については鋼管断面積の 20% と 50% の 2 種類とを考慮した。荷重は、水平方向だけの場合と水平、鉛直の 2 方向の場合とを考慮した。



コンクリートの弾性係数を $0.21 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比を 0.2 として前述の方法により等価なバネ定数を求めた結果 $k\sigma = 0.36 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ となつた。コンクリートは引張りには抵抗しないものとし、圧縮側の降伏応力を -240 kg/cm^2 、鉄筋の付着強度を 10 kg/cm^2 とした。

表－1に示す杭頭固定度Cは、数値計算により得られた杭頭たわみ δ_m と、杭頭を完全固定とした時の片持梁の杭頭たわみ δ_c を用いて表中の式により定義される値である。

4. 考 察

表－1の結果から杭頭部の固定度に影響を与える要因として、次のものが考えられる。

a) 埋込み長：Case 1と4、6と7によれば、埋込み長を増すに従つて固定度も増すが、完全固定である1.0には成らずある値に収斂する。これはフーチングコンクリートの変形によるものであり、荷重の増大によつて収斂値は低下する。この傾向は、実験結果にも見られるものである。又Case 2と5によれば、鉄筋を付けた場合には埋込み長の影響はそれ程顕著ではないが、これは既に固定度がある程度得られている為であると思われる。

b) 鉄筋：Case 1、2、3の結果より、鉄筋が固定度に著しい効果を持つことが指摘される。これは、押し込み側の鉄筋部分が大きな回転抵抗を示す為で、この結果天蓋部分のコンクリートの応力が軽減される為であると思われる。

c) 二方向荷重：Case 4と6の結果から、鉛直荷重が固定度に大きな影響を与えることが分かる。

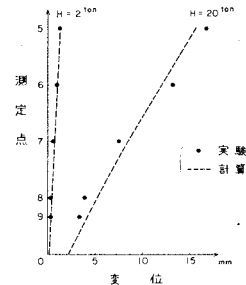
〔参考文献〕

(1) 浅間達雄、足立義雄：くい頭部とフーチングの結合部の設計

道路 1972-7

(2) 有江義晴、玉置修、矢作枢、青柳史郎：杭頭固定度を考慮した組杭の3次元解法

土木学会論文報告集NO. 204



図－4 変形図

表－1 計算結果一覧表

計算条件	Case 1 埋込長 D_3 鉄筋なし	Case 2 埋込長 D_3 鉄筋 0.2AS	Case 3 埋込長 D_3 鉄筋 0.5AS	Case 4 埋込長 D 鉄筋なし	Case 5 埋込長 D 鉄筋 0.2AS	Case 6 埋込長 D 鉄筋なし	Case 7 埋込長 1.5D 鉄筋なし	Case 8 埋込長 D 鉄筋なし	Case 9 埋込長 D_3 鉄筋 0.2AS
荷重条件									
変形図									
固定度 $C = \delta_c / \delta_m$	0.34	0.43	0.47	0.42	0.45	0.47	0.49	0.34	0.32
コンクリート 支圧応力度									