

押抜きせん断耐力の向上を目的としたテーパ付き杭頭構造に関する数値解析的研究

大成建設(株)

正会員 ○森石 理絵
正会員 山本 平

正会員 小林 祐樹
正会員 村田 裕志

1. はじめに

杭基礎構造における杭と RC フーチングの結合部の押抜きせん断耐力の向上を目的として、テーパ付き杭頭構造を考案した。本報では、本構造の概要について述べるとともに、三次元非線形有限要素解析を実施し、その効果を確認した結果を示す。

2. 従来の杭頭結合構造と押抜きせん断耐力

杭基礎構造物において、一般に剛結合の場合の結合方法は「フーチングの中に一定長さだけ杭を埋め込む方法(方法A)」と「フーチング内への杭の埋込み長さは最小限度にとどめ、主として鉄筋で補強する方法(方法B)」の2種類に大別できる。これらの杭頭構造に対し押抜きせん断耐力を算定式により求める場合、**図1**に示すように杭上面から45°のせん断面を仮定する。そのため、方法Aの押抜きせん断耐力は、方法Bと比べて押抜きせん断に抵抗するフーチングの有効高さが低い分、せん断耐力は小さくなる。

3. テーパー付き杭頭構造の概要

今回考案したテーパ付き杭頭構造は、**図2**に示すように、方法Aの杭頭部にテーパをつけたものである。これにより、押抜きせん断力作用時に杭頭部がぐさびのような挙動となり、耐力の増加が期待できるのではないかと考えた。そこで、その効果を確認するために三次元非線形有限要素解析を実施し、押抜きせん断耐力およびせん断破壊挙動の確認を行った。

4. 解析対象構造概要

解析ケースは「Case1:埋込み無し」、「Case2:方法A(テーパ無し)」、「Case3:方法A(テーパ有)」の3ケースとした。解析対象の構造概要を**図3**に示す。構造仕様は、菊地ら¹⁾の試験体を参考に、2,000×2,000mmの正形状のRC版とした。コンクリートの圧縮強度は26.3N/mm²、鉄筋はD16を150mm間隔で格子状配置とし、降伏強度は370N/mm²とした。部材厚は、Case1については菊地ら¹⁾の試験体を参考に180mmとした。Case2およびCase3は、Case1と杭上面からRC版上面

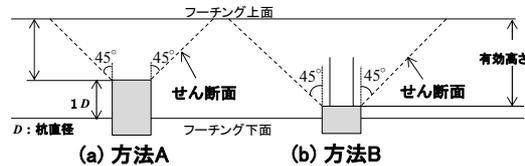


図1 従来の杭頭結合構造の押抜きせん断面

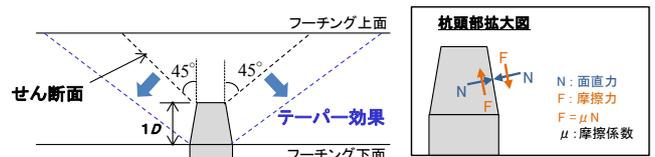


図2 テーパー付き杭頭結合構造

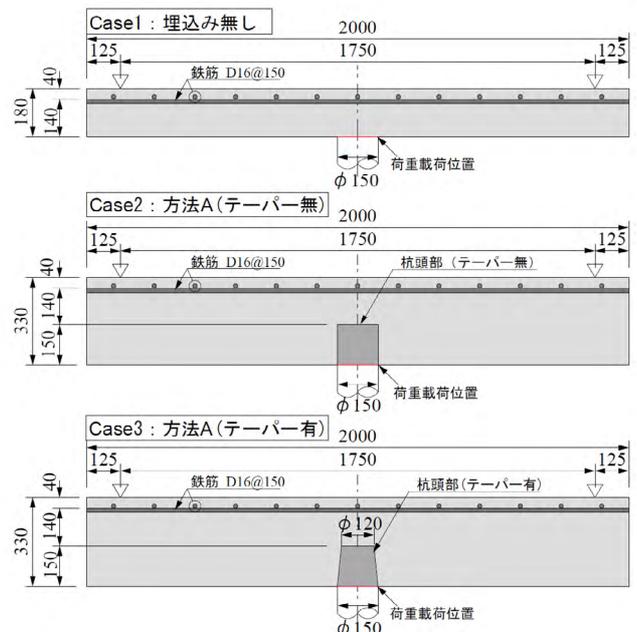


図3 解析対象構造概要

までの距離が等しくなるようにし、さらに杭直径分(150mm)を加えた330mmとした。

5. 解析概要

解析モデルを**図4**に示す。解析モデルはRC版の対称性を考慮した1/4モデルとした。コンクリートはソリッド要素、鉄筋はビーム要素とした。鉄筋とコンクリート間の付着応力-すべり関係には飯塚モデル²⁾を適用した。コンクリートの構成則は圧縮側は放物曲線、引張側はコンクリート標準示方書の引張軟化曲線を用い

キーワード 杭基礎, 杭頭結合, RC版, 押抜きせん断破壊, 非線形有限要素解析, 耐荷性状

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 大成建設(株) 土木設計部 特殊構造設計室 TEL 03-5381-5293

た. ひび割れモデルは固定ひび割れモデルとし, ひび割れ面でのせん断伝達モデルは Al-Mahaidi モデルとした. また, Case2 と Case3 では杭頭部とコンクリート間にインターフェイス要素を設定し, 法線方向はテンションカットオフとし, 接線方向は摩擦力(静止摩擦係数 $\mu=0.5$) を考慮した. 杭頭部は, コンクリートと同じ剛性を有する弾性体とした. 各荷重載荷面に強制変位を作用させて載荷した. 解析プログラムには DIANA9.6 を用いた.

6. 解析結果

(1) 荷重-変位関係の比較

各解析により得られた荷重載荷面における荷重 - 変位関係を 図5 に示す. また参考として Case1 と Case2 のコンクリート標準示方書の押抜きせん断耐力(以下, コ示耐力とする.) も併記する.

Case1 の押抜きせん断耐力(330kN) は, 実験値(410kN) を下回ったが, コ示耐力(295kN) と同程度の結果が得られた. これに対し, Case2 は, 押抜きせん断耐力(400kN) がコ示耐力を約 100kN 上回る結果となった. これは, コ示耐力では杭頭周囲の摩擦力を考慮していないのに対し, 本解析モデルでは摩擦力を考慮していることが主な理由である. 一方, Case3 は, Case2 の押抜きせん断耐力の約 2 倍の押抜きせん断耐力となった. この耐力の違いがテーパーによる効果であると考えられる.

(2) テーパー付き杭頭構造の押抜きせん断破壊挙動

Case2 と Case3 の各荷重段階における最大主ひずみコンター図を 図6 に示す. $P=400\text{kN}$ に着目すると, Case2 では杭上面から斜め方向にせん断ひび割れが発生しているのに対し, Case3 にはせん断ひび割れが生じていない. これは, テーパーをつけることで杭頭側面とコンクリート間の面直力 N の増加に伴い摩擦力 F ($F=\mu N$) が增大することになり, 杭頭上面に対する杭頭側面の荷重分担率が増加する. その結果, 杭頭上部の応力が低減されたことが理由として考えられる.

Case3 のせん断ひび割れ発生後の挙動に着目すると, 図5 および 図6 から Case2 ではせん断ひび割れの発生と同時に荷重が低下し, 押抜きせん断破壊が生じた

($P=400\text{kN}$). 一方, Case3 ではせん断ひび割れが発生し ($P=640\text{kN}$), 鉄筋の一部が降伏した ($P=740\text{kN}$) 後も荷重が増加する結果となった. これはテーパーがあることにより, 杭頭部がくさびのように杭頭側面で押抜きせん断力を分担しているためと考えられる.

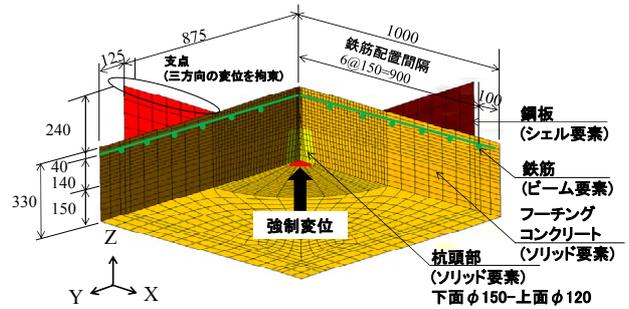


図4 解析モデル図 (Case3)

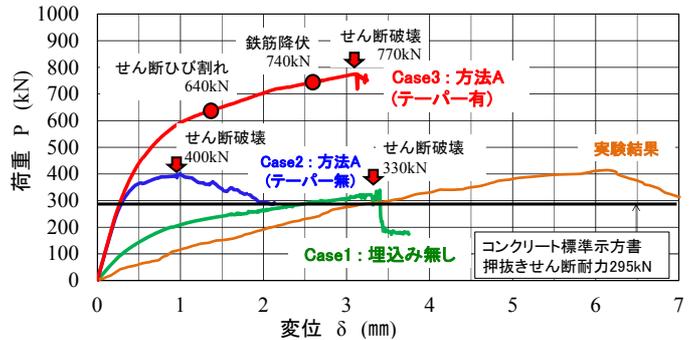


図5 荷重-変位関係の比較

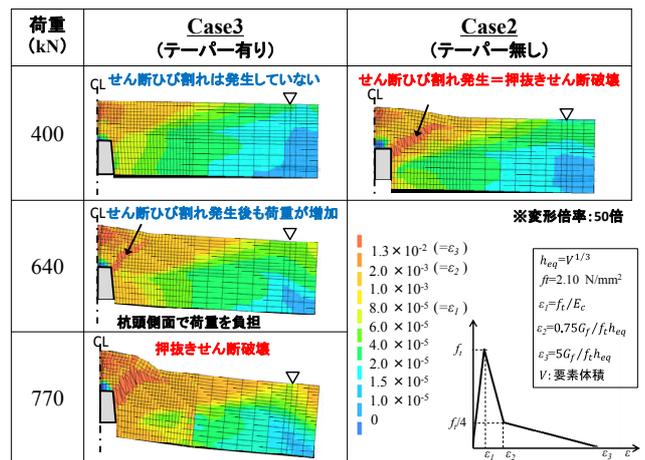


図6 方法A (テーパー有) の最大主ひずみコンター図

7. まとめ

従来の杭頭結合方法である方法 A の押抜きせん断耐力を向上させるために, 杭頭部にテーパーをつけた杭頭構造を提案した. 三次元非線形有限要素解析により, 通常の杭頭構造に比べて提案した構造の押抜きせん断耐力が大幅に増加する可能性があることが分かった.

謝辞: 本解析を行うにあたり J I Pテクノサイエンス(株)の洪様に多くのご指導を賜りました. ここに感謝の意を表します.

参考文献

- 1) 菊地ら: 載荷盤直径および版厚の異なる RC 版の押抜きせん断耐力評価に関する数値解析的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.2, 2010.
- 2) 飯塚ら: かぶり厚の影響を考慮した異形鉄筋の付着応力-すべりひずみ関係, 土木学会論文集 E2, Vol.67, No.2, 2011