

I-251 杭頭結合部の応力伝達に関する研究 (中詰めコンクリートの効果について)

金沢大学工学部 正会員○近田康夫
金沢大学工学部 正会員 小堀為雄
鹿島建設㈱ 正会員 田中恵一

1. はじめに

構造物の基礎として杭基礎を用いる場合、杭とフーチングの結合部（以下杭頭結合部）は、断面が急変するため応力が集中し、構造上の弱点となりやすい。そのために杭頭結合部の安全性には十分な配慮が必要とされているが、応力伝達機構については、なお不明な点が多いとされている。これらの点を説明すべく、数々の模型実験がなされてきたが、(1) 莫大な費用、(2) 現象の支配パラメーターの特定が困難、などの問題点が伴うため、数値計算によるパラメトリックスタディが有力な手段として考えられる。しかしながら、従来は、実験的な研究が主であり、数値解析による検討はごくわずかである。現在の結合方法1)は、従来の結合方法2)に比べ、PC杭を用いる場合、中詰めコンクリート長に改良が加えられている。そこで、本報告では、有限要素法を用いて数値解析を行い、応力伝達機構を説明するとともに、中詰めコンクリートの効果を検討するものである。

2. 解析例

(1) 解析モデル 本報告では、杭頭結合部を非軸対称荷重を受ける軸対称体としてモデル化し、フーリエ級数の直交性を利用した半解析的手法を採用することとした。また、杭とフーチングの境界部分の剥離、滑動状況を表現するために、軸対称ジョイント要素を導入することとした。

杭頭結合部のモデル化を行う際に、PC杭において、中詰めコンクリートの効果を検討するために、中詰めコンクリートの深さを変化させることとした。そのモデルの分類を表1に示す。表中の中詰め0, D, 1.5Dとは、中詰めコンクリートの深さを示し、モデルPCAZとは中詰めコンクリートなし、モデルPCA0とは深さD、モデルPCAとは深さ1.5Dのモデルである。ここで、Dは杭径である。本報告では、杭径400 mm、肉厚70mmのPC杭を用いた。図1にモデルPCAの有限要素解析モデル及び有限要素分割を示す。また、解析に用いた諸物性値を表2に示す。ここで、表1に示す荷重は、文献1)に示されている杭基礎の設計計算例を採用し、軸力は荷重の0次調和成分で、水平力及びモーメントは1次調和成分で表現される。

(2) 解析結果 図2に各モデルの、 $\theta = 0$ 、 π 子午面でのジョイント要素に隣接するソリッド要素の、杭とフーチングの境界面に近いGauss 積分点における支圧応力値を表示する。つまり、図1に示すように、杭頭頂部および杭外周面近傍のa-a, b-b およびc-c を座標軸とし、応力値は、 $\theta = 0$ 、 π 子午面に関して、軸線b-b およびc-c 上に σ_r をa-a 上に σ_z を示す。これらの応力値は、それぞれ杭の内周面、外周面および杭頭頂面のフーチングコンクリートの支圧応力を表す。図2の(a)にはモデルPCA、(b)にはモデルPCA0、(c)にはモデルPCAZの解析結果を示す。ここで、破線はジョイント要素のない線形解の解析結果を、実線は杭とフーチングの境界面における剥離、滑動を考慮した非線形解の解析

表1 モデルの分類

	モデルケース	荷 重
PC杭	PCA (中詰め1.5D) PCA0 (中詰めD) PCAZ (中詰め0)	V=1.26(MN) H=0.11(MN) M=0.08(MNm)

表2 諸物性値

	Footing	Pile	Joint要素
E (MPa)	3.43×10^4	3.43×10^4	—
ν (—)	0.17	0.17	—
k_s (MPa/m)	—	—	7.50×10^5
k_η (MPa/m)	—	—	1.50×10^6
k_θ (MPa/m)	—	—	7.50×10^5
C (MPa)	—	—	0.5
ϕ (°)	—	—	30

結果を表す。また、応力値は引張を正とする。

まず、図2の(a)において線形解と非線形解とを比較してみると、 $\theta = 0$ 子午面における杭外周面のフーチング下面近傍、 $\theta = \pi$ 子午面における杭内周面の中詰コンクリート下面近傍と杭頂部での応力分布に違いがみられる。つまり、杭周面の下面に剥離が発生したことにより、剥離発生以前に伝達されていた応力が杭頭部に流れ、杭頭部の杭内周面の応力、杭頂部の応力が圧縮側に大きくシフトしたものと考えられる。

図2の各図を比較すると、(c)に示す中詰めコンクリートなしの場合は、杭頂部の支圧応力が他の場合と比べて大きく発生している。このことから、剥離、滑動現象の発生に伴い杭頭部に伝わるべき応力が、中詰めコンクリートと杭の間の摩擦により受け持たれたと考えられる。また、中詰めコンクリートの深さの違いを比較すると、(a)と(b)の $\theta = 0$ 子午面の杭外周面のフーチング下面近傍と杭頂部の支圧応力値にあまり変化は見られない。このことより、PC杭における中詰めコンクリートの深さは応力的にはDで十分と思われる。

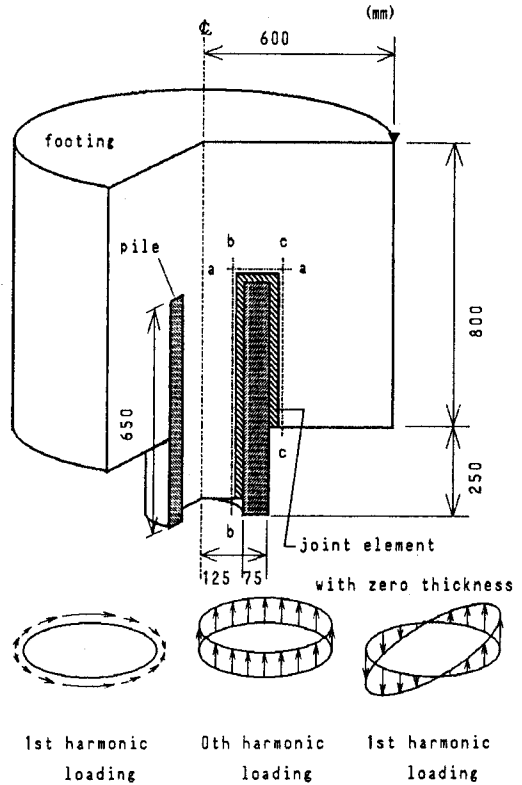


図1 有限要素解析モデル
及び有限要素分割図

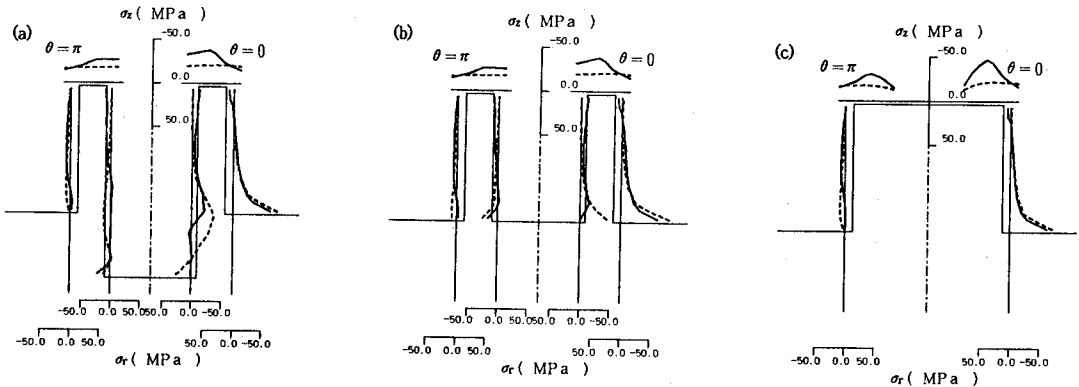


図2 ジョイント面近傍のフーチング内応力

3. 結言

本報告では、半解析的手法を用いた有限要素解析により、杭頭結合部の応力伝達機構の解明を試みた。得られた結果より、中詰コンクリート下面近傍、フーチング下面近傍で剥離、滑動が発生した場合、杭頭部に大きな応力が発生することがわかった。また、PC杭における中詰めコンクリートの深さはDで十分ではないかと思われる。また、本報告の数値計算には、金沢大学情報処理センター設置のFACOM M-760-10を使用したことを付記する。

- 参考文献 1) 日本道路協会：杭基礎設計便覧、丸善、昭和61年1月
2) 日本道路協会：道路橋示方書（I 共通編・下部構造編）、同解説、丸善、1982.2