

金沢大学 正員 近田康夫
 金沢大学 学生員 安藤博文
 金沢大学 正員 小堀為雄

1. まえがき

本研究は、橋梁中の杭基礎における杭とフーチングの結合部に着目する。この部分は橋梁全体を支えるという意味で重要であるが、断面の急変部であるために応力が集中しやすく、構造上の弱点となりやすい。また、現行示方書¹⁾の安全性照査規定における仮定にも合理的でない面がある。そこで、本研究では、杭頭結合部を非軸対称荷重をうける軸対称体としてモデル化し、有限要素解析を用いて得られた応力値から杭とフーチング境界面での応力のみを取り出し、節点力に変換する逆解析を行う。これらの荷重解析の結果より、剥離領域も考慮した杭とフーチング境界面での応力分布モデルの構築を試みるものである。

2. 解析手法

有限要素解析結果より、いくつかの子午面上における各ガウス積分点での6つの応力成分が求められるので、それらのうち杭とフーチング境界面のガウス積分点での応力のみを取り出し、節点力に変換した上で荷重の再構成を行う。この結果から境界面での応力分布の様子と荷重分担の割合を把握することができる。

3. 支持機構のモデル化

(1) まずはじめに、軸力、水平力、モーメントの3つの荷重条件のうち1つだけを載荷した状態での解析結果から、それぞれが単独で載荷された場合のモデル化を行っておく。

(2) 実際の荷重はこれら3つの荷重の組み合わせで表現されるため、先に行った個々のモデル化を重ね合わせることでにより様々な荷重条件に対応できるようなモデル化を考える。

(3) 引張力による剥離が生じてしまった部分では応力は伝達されず、本来その部分で受け持たれるべき荷重は他の剥離していない部分のどこかに再配分されて伝達されなければならないはずである。従って、先に行った3つのモデル化を重ね合わせるにあたり、剥離領域を決定する必要がある。本研究においては、3つの荷重条件のうち軸力のみが与えられた場合のモデルより求められた最大支圧応力と、モーメント、水平力のみが与えられた場合の最大支圧応力とを比較することにより剥離領域を決定した。

(4) これにより定められた剥離領域を用いて先ほどの個々のモデル化において定義された積分式を再度解けば、個々の荷重におけるモデルを重ね合わせることが可能となり、最終的に Fig.4 に示すようなモデルを考えることができる。このモデルにより様々な荷重条件におけるフーチング下端部での最大支圧応力 σ_H を求めることができる。

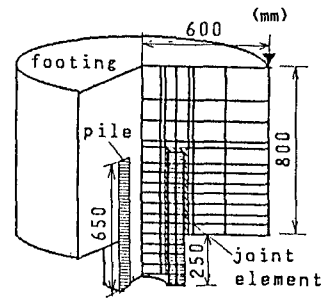


Fig.1 有限要素解析モデル

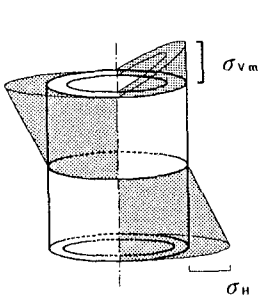


Fig.2 モーメントによる支圧応力分布モデル

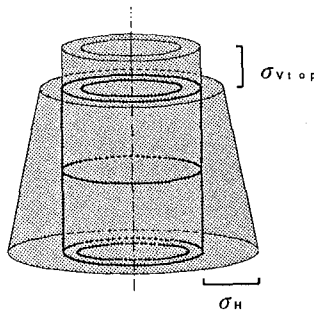


Fig.3 軸力による支圧応力分布モデル

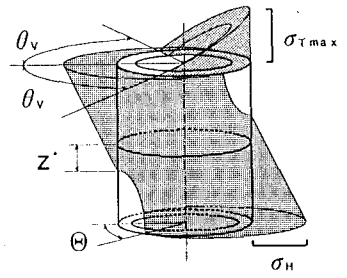


Fig.4 剥離領域を考慮した支圧応力分布モデル

4. 任意の荷重条件における有限要素解析結果との比較

本研究で行ったモデル化に従ってフーチング下端部での最大支圧応力 σ_H の値を求め、図に表したものがFig.5である。杭とフーチングの境界面での内部摩擦角 $\phi = 0^\circ$ の場合について、モデル化で定義した水平力 H (0~0.1MN)を、Y軸にフーチング下端部での最大支圧応力 σ_H をとり、 $M=0.0$ 、 0.05 、 $0.1MN\cdot m$ の組み合わせとして計算を行った。さらに、実際の有限要素解析結果から得られた各ガウス積分点での応力からフーチング下端部での応力値を直線近似により求め、 σ_H の値としてプロットした。

これらの図から、どれも傾きの異なる2本の直線によって構成されていることがわかる。傾きの勾配が緩い領域ではまだ剥離は起こっておらず、剥離が起こるに従い勾配が急なものへと変化している。プロットされた有限要素解析結果においてもこの傾きの変化は現れており、勾配もほぼ等しい。さらに、剥離領域が生じている場合は、軸力が加えられることによりフーチング下端部での最大支圧応力値は減少することがわかる。これは、剥離する領域が軸力が加え

られることにより狭くなることから、結果として荷重が振り分けられる面積が増加するためである。この傾向は有限要素解析結果においても同様の傾向が非常によく現れている。以上のことから、剥離による影響をうまくモデル化に取り入れることができたと思われる。

境界面での内部摩擦角 $\phi = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ についても計算を行った。これによると、摩擦角 ϕ の増加に伴い、グラフの勾配は緩やかになる。これは、周面摩擦が増加することにより、与えられた荷重のうち周面摩擦力によって分担支持する量が増加するためである。結果として、フーチング下端部での最大支圧応力は内部摩擦角の増加に伴い減少する。有限要素解析結果からも同様のことが現れている。一方、本研究のモデル化ではモーメントの増加に伴い、有限要素解析結果とのズレが大きくなってしまふことがグラフよりあきらかである。モーメントのみの荷重条件におけるモデル化の部分において、有限要素解析結果から得られる応力分布は杭軸方向にかなり複雑な曲線となるが、本研究のモデル化では、できるだけ積分式を簡単なものとする方針から杭軸方向の応力分布を三角形分布としたため、このような誤差が生じてしまったと思われる。

5. 結 論

本研究では有限要素解析結果に基づき、より合理的な支圧応力分布のモデル化を行った。有限要素解析結果より、杭とフーチングの境界面の要素における各ガウス積分点での応力値を取り出し、節点力への変換、逆解析を通して境界面での荷重伝達モデル(支持機構モデル)を考えた。ただし、今回のモデル化においては水平方向支圧応力分布について杭軸方向に一樣な三角形分布を考えたため、荷重が大きくなった場合の応力分布に若干の誤差が生じてしまうようである。今後の課題として、より厳密なモデル化を行うとすれば、三角形分布以外、例えば2次曲線などの応力分布形を考慮することが必要となるであろう。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：杭基礎設計便覧 丸善 1986.1.
- 2) 近田康夫、小堀為雄：杭頭結合部の安全性評価に関する一考察 土木学会論文集，第410号，I-12，pp277~286，1989.10.

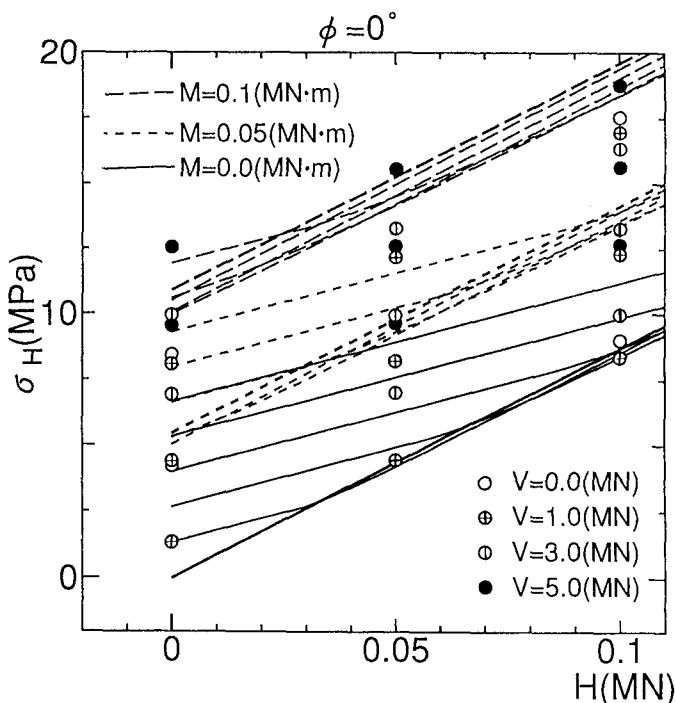


Fig.5 モデル化による計算結果