

III-129 ゆるみ域を考慮した場所打ち杭の沈下解析

竹中技術研究所 正員 ○山下 清 加倉井 正昭 松山 清
日本鉄道建設公団 正員 青木 一二三

1. まえがき

鉛直荷重を受ける群杭の沈下挙動には、地盤の不均一性および非線形性、杭施工時の地盤性状の変化等の要因が複雑に絡み合っており、沈下量を精度良く予測するためにはこれらの要因を的確に表現できるモデルと適切な地盤定数の設定が必要である。ところで比較的簡便で実用性の高い群杭効果の評価法の一つに、土を弾性体と仮定しミンドリン解を適用する方法¹⁾があるが、不均一地盤への適用性等に若干の問題が残されている。筆者らは前報²⁾において、Randolph^{3),4)}の研究を参考に、地盤の不均一性や土の非線形性に起因する、杭周辺地盤変位の実測値とミンドリン解による計算値との不適合性を改善するため、設計荷重レベルを対象とした変位の補正関数を導入した。本文では、既往の場所打ち群杭の載荷試験結果をシミュレートするに際して、前報で提案した補正関数に杭周地盤のゆるみを表わすパラメータを取り入れ、杭頭沈下量、地表面沈下量、軸力分布について実測値との比較、検討を行った。

2. 補正関数の設定

図-1に示すように、杭に鉛直荷重が作用したとき杭周辺地盤のせん断剛性 G はひずみレベルに応じて低下する。微小ひずみにおけるせん断剛性を G_0 とすれば、一般に G/G_0 は杭の表面で最小となり、杭芯からの距離がある限界値 r_m を越えると $G/G_0=1$ になると考えられる。また場所打ち杭では、掘削により杭周近傍の地盤にゆるみが生じ、この範囲で土のせん断剛性は低下するものと思われる。そこで、ミンドリン解を用いて杭周辺地盤の変位を計算する場合に、上述の両方の影響を取り入れるため、(1)式中の補正関数 $g(s)$ を図-2に示す形で与えるものとする。

$$s A_{KjL} = I_{iKjL} F_{jL} / (E_{sij} d) \cdot g(s_{KL}) \quad (1)$$

ここに $s A_{KjL}$: K杭i要素に接する土の鉛直変位
 I_{iKjL} : K杭i要素に対する変位影響係数
 F_{jL} : L杭j要素における相互作用力
 E_{sij} : i, j土層間の土の等価弾性係数
 s_{KL} : K杭とL杭の杭間隔

ただし補正関数は深さ方向に対して一定であるとし、ゆるみ域については変位の補正値を二直線で近似した。なお、 $g(s)$ にはミンドリン解の不均一地盤への不適合性についての補正も含んでいる²⁾。

表-1 解析ケース

Case	η_0	η_1	χ
1	2.5 3.0 3.5 4.0	—	—
2	2.0 2.5 3.0 3.5	4.0	0.0
3	2.0 2.5 3.0 3.5	4.0	1.0

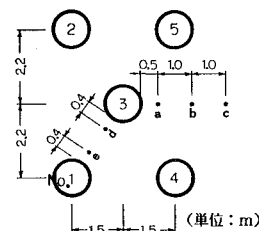


図-4 杭の配置

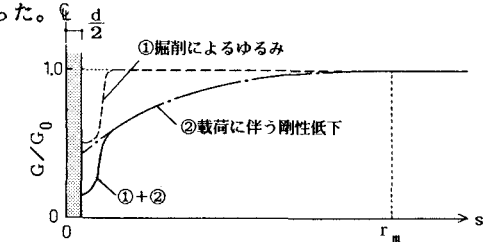


図-1 杭周辺地盤の剛性分布の概念図

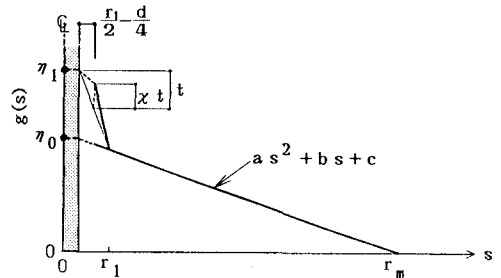


図-2 ゆるみ域を考慮した補正関数

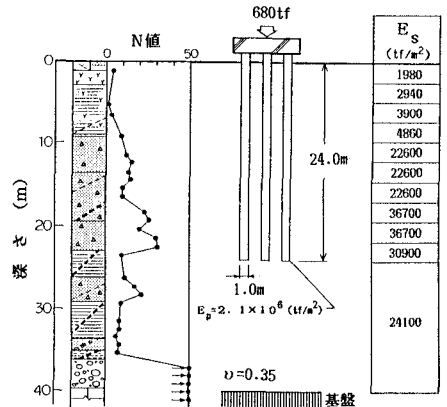


図-3 地盤条件および杭の諸元

3. 場所打ち群杭の載荷試験結果による検証

海野・青木⁵⁾はリバース群杭に関する各種の鉛直載荷試験結果について報告している。このうち、群杭の長期載荷試験（25日間）を引用し、最終的な杭頭沈下量、杭頭反力比、地表面沈下量について計算値との比較を行った。図-3に地盤条件、杭の諸元、荷重条件および地盤の弾性定数の設定値を示す。図-4に杭配置と地表面沈下の測定位置を示す。長期載荷試験における杭一本あたりの荷重レベルは、単杭の短期載荷試験から降伏荷重の約半分にあたることが判明している。地盤の弾性係数 E_s は図-1の G_0 に対応する値を入力するものとし、深さ6m以浅の沖積粘土に対して1000Cu、他の土層についてはN値から今井の提案式⁶⁾を用いて求めた。補正関数 $g(s)$ を決定するパラメータのうち、影響限界距離 r_m は前報²⁾の提案式より求め、ゆるみ域外の補正関数については前報の $g(s)$ 値を r_m 、 η_0 の値に応じて比例倍して求めた。杭周近傍の地盤条件としては三つのケースを設定した。即ち、ゆるみ域を考慮しない（Case 1）、図-2におけるゆるみの範囲 r_l を経験的に $1.5d$ と仮定し λ 値を0とする（Case 2）、および $\lambda=1$ とする場合（Case 3）である。予備計算結果をもとに図-2中のパラメータ η_0 、 η_1 を表-1の如く設定し、計12ケースの計算を行った。図-5に杭頭沈下量の計算値と実測値の比を示す。この試験では外周杭の鉛直ばね定数に、最大1.2～1/1.2のばらつきが生じているため、実測値として平均値を用いた。計算と実測の比は0.88～1.25の範囲にある。なお、杭頭沈下量と後述する軸力分布について、Case 2と3の結果は一致した。図-6に杭頭反力の計算値と実測値（外周杭は平均値）の比を示す。外周杭については両者の対応は良い。中央杭ではCase 2, 3において計算値がやや大きい。しかし同条件にある外周杭の鉛直ばねのばらつきを、中央杭についても考慮すると、Case 2, 3の計算値が必ずしも過大であるとはいえない。図-7に地表面沈下量と中央杭の杭頭沈下量の比を示す。ゆるみ域を考慮しないCase 1では杭からやや離れたb, c点において大きめの値を与える。一方、ゆるみ域を考慮したCase 2, 3では実測値との対応において改善が見られる。特にCase 3は杭近傍における実測値のモードを良く捉えているといえよう。図-8に軸力分布を示す。いずれも計算値と実測値との対応は良い。

4. あとがき

場所打ち群杭の載荷試験を合理的に解釈するため、ゆるみ域を仮定した沈下解析を行い一応の成果を得たが、ゆるみ域のモデル化やパラメータの妥当性については、多くの実測データにより吟味する必要がある。

【参考文献】 1) Yamashita, K., Tomono, M. and Kakurai, M. (1987): A method for estimating immediate settlement of piles and pile groups, Soils and Foundations, Vol. 27, No. 1. 2) 山下清, 加倉井正昭, 松山清, 伴野松次郎 (1988): 実測に基づく群杭効果の一評価法, 第23回土質工学研究発表会. 3) Randolph, M. F. and Worth, C. P. (1978): Analysis of deformation of vertically loaded piles, ASCE, Vol. 104, No. GT12. 4) Kraft, L. M., Ray, R. P. and Kagawa, T. (1981): Theoretical t-z curves, ASCE, Vol. 107, No. GT11. 5) 海野隆哉, 青木一二三 (1985): 場所打ち杭の群杭載荷試験 (上), 構造物設計資料 No. 84. 6) Imai, T. (1977): P- and S-wave velocities of the ground in Japan, Proc. the 9th ICSMFE.

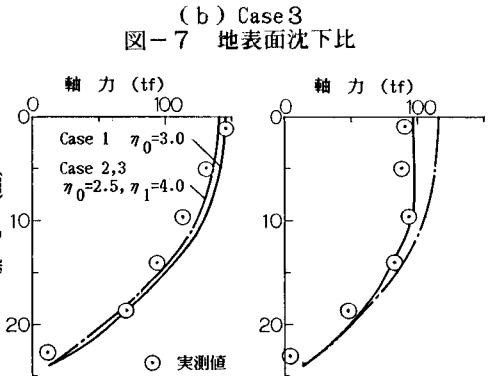
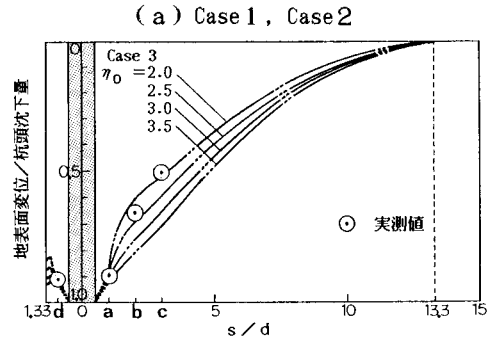
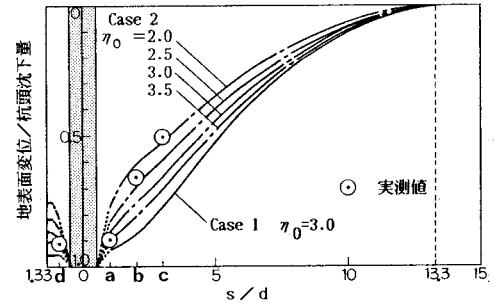
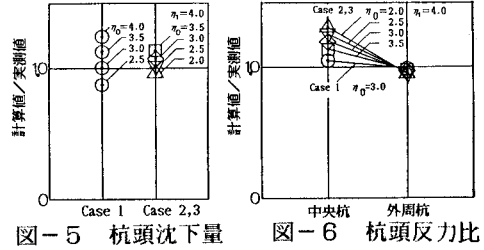


図-7 地表面沈下比

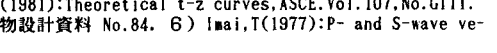
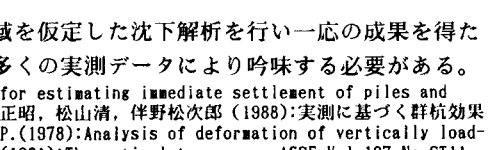


図-8 杭の軸力分布