

杭本数の異なる橋台が側方流動の影響を受けた際の応答に関する一考察

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○飯島 翔一, 藤田 智弘, 谷本 俊輔, 桐山 孝晴

1. 背景と目的

近年, 水平方向地盤反力係数を地盤調査結果から推定する場合に、ひずみ依存性を考慮できる推定式(以下, 提案式と呼ぶ)が提案されており, これによって, 軟弱粘性土地盤に対する推定精度が向上することが報告されている¹⁾。筆者らは, この提案式を道路橋基礎の実設計に適用するための検討を行っており, 試設計の結果では杭本数などの諸元が減少して合理化が図られる傾向にあることを確認した²⁾。しかし, この検討では, 軟弱粘性土地盤上の橋台において特有の現象である側方移動による影響は考慮できていない。そこで, 提案式の適用によって, 杭基礎諸元の減少が図られた場合に, 道路橋の橋台杭基礎が側方流動によって受ける影響を把握することを目的として, 遠心模型実験を実施した結果について報告する。

2. 実験概要

遠心模型実験では, 遠心加速度を 80G と設定し, 背面盛土による偏荷重に起因する側方移動の発生を模擬した。これ以降は特記しない限り実物スケールで記述する。実験ケースは, 道路橋示方書・同解説³⁾(以下, 道示と呼ぶ)により試設計した Case1 と, 提案式を適用して試設計を行った Case2 の2通りとした。PHC 杭(プレボーリング杭工法)による試設計の結果, 杭本数が Case1 では 14 本, Case2 では 9 本と, 杭本数の減少が見られ, それを模型に反映している。それ以外の実験条件は Case1 と Case2 で同じである。

Case2 の模型概要図を図-1 に示す。橋台模型は, 幅方向に3分割してある。これは, 土槽側面の摩擦による影響を極力排除しようとしたためである。計測を行ったのは, 中央の橋台で, 高さ 8m, 幅 12m, 奥行き 6.56m である。杭模型は, アルミパイプを用いて, 実物と曲げ剛性が近くなるようにした。杭径は 0.88m, 曲げ剛性は $7.37 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$ である。杭配置は, 図-2 に示すように, Case1 と Case2 では橋軸直角方向の杭列数が異なっている。合わせて, 計測対象とした杭を示している。桁模型は, ヒンジで橋台模型と接続し, 反対側の端部は水平ローラーとした。

地盤模型は, 支持層と背面盛土には宇部珪砂 6 号を用いて, 相対密度 90%と 80%, 層厚 3.2m と 8m となるよう作製した。粘土層にはスミクレーを用いて, 脱気水で飽和した状態のまま遠心力で圧密させた後, 層厚 16.8m となるよう成形して作製した。

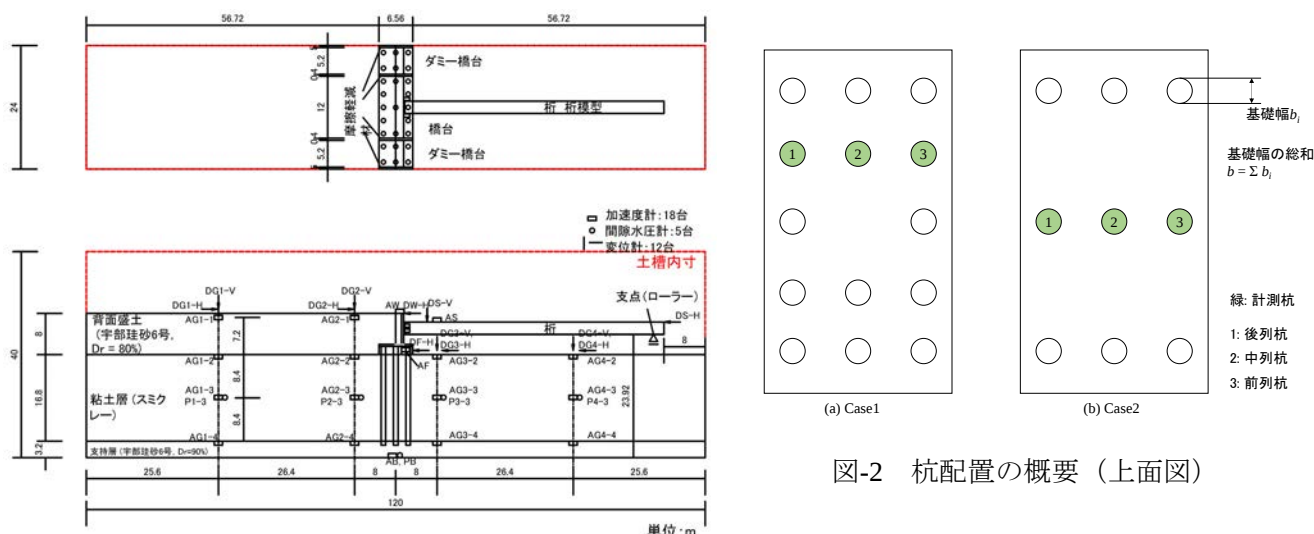


図-1 実験ケースの概要図 (Case2)

図-2 杭配置の概要 (上面図)

キーワード 側方移動, 軟弱地盤, 橋台, 杭基礎, 遠心模型実験

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 CAESAR 橋梁構造研究グループ TEL 029-879-6773

遠心加速度の上昇速度は、背面盛土の盛立て速度として 3cm/day を想定し、これと等価になるよう模型スケールで 1G/min とした。

3. 側方移動判定値と遠心模型実験結果から得られた応答

道路橋の設計実務では、側方移動に対して、軟弱層の厚さ D 、橋台前背面の地盤高の高低差 h 等をパラメータとして算出される I 値を指標として対策要否を判定するという経験的手法が用いられており、 I 値が 1.2 以上の場合は地盤改良等の対策がなされる。

Case1 と Case2 で I 値を計算すると、パラメータのひとつである基礎幅の総和 b (図-2 参照) が、杭本数の違いにより変化するため、 $I = 1.49, 0.89$ となり、Case1 では側方移動が発生すると判定されることになる。

一方、80G 到達直後における各杭のひずみ計測値から算出した曲げモーメント、せん断力、地盤反力度の深度方向分布は、図-3 に示すとおり、分布形状、大きさともに、

Case1 と Case2 で同程度であった。いずれのケースも後列杭は側方流動による土圧を受け、地中部で最大の曲げモーメントが発生し、前列杭は粘土層で水平抵抗を受けるような状態となり、杭頭部で最大の曲げモーメントとせん断力が発生する結果となっている。

本実験では、図-2 のとおり杭本数が異なっており、橋軸直角方向の杭間隔は Case1 で $2.9D'$ 、Case2 で $5.8D'$ (D' : 杭径) と、Case2 の方の間隔が大きくなっている。この条件の範囲では、図-3 のとおり後列杭 1 本あたりに作用する側方流動圧には大きな差がなく、かつ、前列杭も同程度の水平抵抗が得られているため、結果として同程度の断面力が発生する結果になったと考えられる。

また、橋台天端付近、フーチング前面で計測された 80G 到達直後の水平変位は、Case1 でそれぞれ 0.32m, 0.30m, Case2 でそれぞれ 0.41m, 0.37m であった。

橋台の水平変位は、杭本数の少ない Case2 の方がやや大きくなった。杭の断面力が同程度であるにも関わらず、このような変位の差が生じた理由としては、引抜き抵抗の小さい後列杭が引抜き支持力に達したことが一因として考えられる。

また、基礎幅の総和 b が大きいほど、 I 値は大きくなり、側方移動が生じやすいという傾向を示すが、本実験の結果からは、 I 値が大きいほど、水平変位と杭の断面力が大きくなるという明確な結果は得られなかった。今後、冒頭で述べた提案式を軟弱粘性土地盤にも適用していく上では、パラメータの再整理などの検討が必要となる可能性がある。

ただし、本実験においては、杭の引抜き抵抗の設定や圧密荷重の導入方法など、実験模型の製作や実施上の制約から実橋と同じ条件を再現しきれていなかった可能性も考えられることから、今後は実験で再現できなかった部分を解析で評価するなど、実験と解析を併用しながら評価していく必要がある。

4. まとめ

杭本数の異なる橋台に対して、杭が受ける側方流動の影響を把握するため、遠心模型実験により計測された橋台の水平変位と杭の応答の結果について報告した。今後は解析も併用して総合的に結果をとりまとめる予定である。

参考文献

- 1) 大竹ら：基礎の変位レベルと地盤のひずみレベルを考慮した設計用地盤反力係数の推定法，土木学会論文集C（地圏工学），Vol. 73, No. 4, 412-428, 2017.
- 2) （国研）土木研究所：令和2年度研究開発プログラム報告書，2021.
- 3) （公社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I～V，2017. 11.

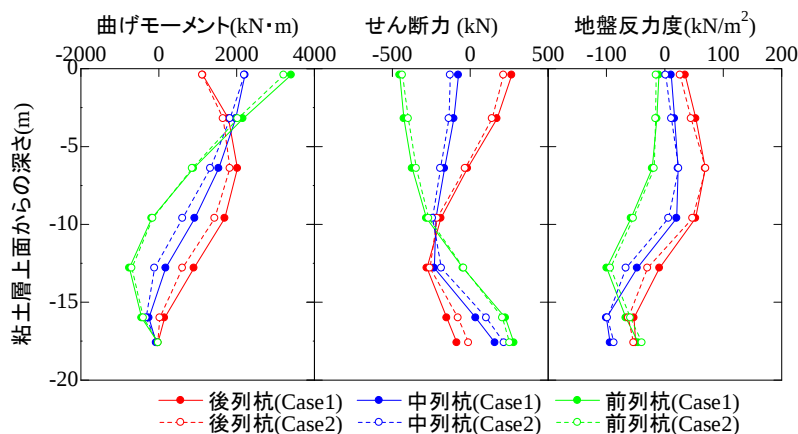


図-3 杭の応答