

側方移動の影響を受けた橋台杭基礎の断面力に関する解析手法の検討

(国研) 土木研究所 正会員 ○坂下 学 谷本 俊輔, 非会員 七澤 利明

1. はじめに

軟弱地盤において側方移動等の影響を受けることで橋台基礎に変状を生じた場合、損傷状況の確認や供用性等の判断が困難となるケースが多い。本研究は、軟弱地盤において変状を生じた道路橋橋台の供用性や安全性、修復の可否等の判断に資する健全度評価法について検討を行うものである。

前報¹⁾では、粘性土地盤上で側方移動の影響を受ける橋台に関する遠心模型実験を行い、基礎の変位や杭の断面力等を把握した。本報では、橋台躯体で計測された変位データを活用することで簡便化した地盤変形解析と応答変位法の2段階解析手法について、適用性の検討を行った結果を報告する。なお、計測データを活用するアプローチは、動態観測によって把握された変状後の橋台の変位データを活用することを想定したものである。

2. 模型実験の概要

実験¹⁾では、背面盛土高と軟弱粘性土層の地盤材料をパラメータとし、3ケースについて行われている。実験ケースを表1、模型概要を図1に示す。以降に示す数値は、実物スケールの値である。実験では、地表面の変位、杭体のひずみ、粘性土層の変形及び躯体背面の土圧が計測されている。

表1 実験ケース

実験ケース	橋台高さ (背面盛土高)	粘性土層			
		材料	塑性指数 I_p	圧縮指数 C_c	強度増加率 c_u/p'
Case1	12m	スミクレー	15.8	0.183	0.656
Case2	6m				
Case3	12m	カオリン	51.5	0.394	0.308

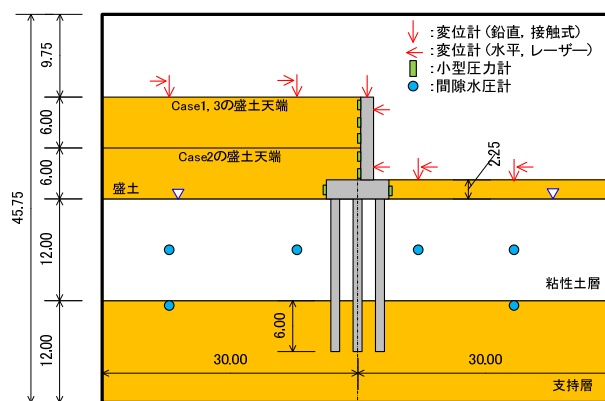


図1 模型概要図 (単位: m)

3. 地盤変形解析の方法と結果

1段階目の解析として、杭位置における地盤変位分布を得るため、2次元有限要素法による自重変形解析を行った。

粘性土層および支持層には、拘束圧依存性を考慮した線形弾性モデルを適用した。その弾性係数は、三軸試験で得られた変形係数 E_{50} を基にしつつ、粘性土層については橋台たて壁の基部付近における水平変位が計測値に一致するような低下剛性を逆解析的に設定した。変状後の橋台変位の計測値が得られていることを前提としてこのように簡易なモデルを適用しているが、圧密に伴う粘土の体積圧縮量を線形弾性体で表現することは困難であるため、圧密による沈下量には着目しないこととした。

背面盛土層は引張応力を発揮することで下部の粘性土層の変形を阻害しないように配慮し、MC/DPモデルを適用した。なお、地盤変位の算出を目的とするこのモデルでは橋台躯体および杭基礎をモデル化していないため、背面土の粘着力が小さい場合は容易に主働崩壊を生じる結果となる。そこで、たて壁位置に静止土圧相当の分布荷重を与えることで背面土に自立性を与えている。

杭位置で算出された地盤の水平変位を図2に示す。躯体下方における変位計測値と近似するように粘性土層の剛性を低下させたところ、実験ケースによらず1/10程度の剛性低下率が逆算された。水平変位は、実験ケースによらず粘性土層の上端から-4m程度の深さで最大変位を示している。変位の最大値としては、Case1

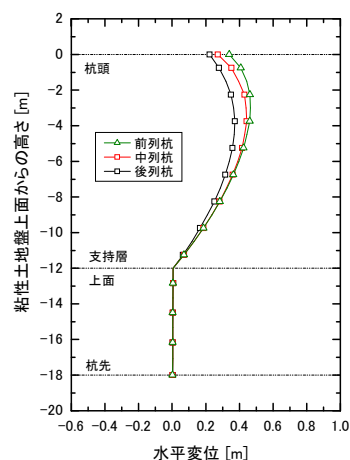


図2 杭位置での地盤の水平変位 (Case1)

キーワード 軟弱粘性土地盤, 応答変位法, 杭基礎, 圧密

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1丁目6番 土木研究所 CAESAR TEL029-879-6773

及び Case2 で 40 cm, Case3 で 60 cm 程度であった。

4. 応答変位法による解析方法と結果

続けて、橋台および杭基礎を模した 2 次元はり・ばねモデルを用いて、応答変位法による解析を行った。構造物は弾性のはり要素としてモデル化した。地盤ばねは水平方向地盤反力係数と地盤反力度の上限値を与えたバイリニアモデルとし、文献²⁾を参考に群杭効果を考慮した。地盤ばねの一端を杭と接続し、他端に 3. で得た変位を強制的に与えることで、杭体の曲げモーメントを求めた。ただし、粘性土層が背面盛土の自重による偏差応力により塑性化している状態を想定し、粘性土層については水平方向地盤反力係数と地盤反力度の上限値を低下させることとし、その低下率をパラメータとして解析を行った。

図 3 に Case1 を例に杭体の曲げモーメント分布を示す。粘性土層の地盤バネを低下させない場合（低下率 1.0）は実験結果を大きく超過しており、1/10 程度に低下させることで、実験値と近似した。この傾向は実験ケースによらず同様であり、実験結果と近似する低下率は 1/10 程度となった。モーメント分布に着目すると、低下率によらず杭頭から 8m 付近で曲げモーメントの符号が反転している。

5. 考察

地盤変形解析及び応答変位法による解析において、粘性土層の剛性低下率は同じく 1/10 程度となった。今後検討を重ねることで、軟弱粘性土の低下剛性を定量的に評価できる可能性がある。ただし、応答変位法による解析において、図 4 に示すように粘性土層の水平地盤反力が上限に達しており、発生曲げモーメントは、強制変位量に依存しない結果となった。強制変位が小さく水平地盤反力が上限に達しないようなケースへの適用性について今後検討する必要がある。

応答変位法による解析において、粘性土層の地盤ばねを小さくすることで発生曲げモーメントの値は近似させることができているが、杭列毎の曲げモーメント分布は実験と整合していない。解析では、3 列共に一様の曲げモーメント分布を示しているのに対し、実験では、後列杭と中前列で異なる分布を示している。解析において、抵抗に関しては杭列毎に隣接杭の影響を考慮した水平地盤バネを設定しているが、作用に関しても隣接杭の影響を考慮するなどの改良が必要である。

6. まとめ

側方移動の影響を受けた橋台基礎の健全性を評価する手法として、地盤変形解析と応答変位法を組み合わせたアプローチを行った。遠心模型実験結果を再現することで、軟弱粘性土層の低下剛性を逆算的に評価した場合、土質試験で求めた剛性の 1/10 程度となることが分かった。本報での評価手法は限られた条件で確認された知見であり、今後は汎用性および推定精度の向上を図るため検討を重ねていきたい。

参考文献 1) 田辺晶規, 谷本俊輔, 七澤利明: 側方移動の影響を受けた橋台杭基礎の断面力に関する遠心模型実験, 土木学会第 72 回年次学術講演会, III-052

参考文献 2) 白戸真大, 野々村佳哲, 福井次郎: 動的解析における群杭のモデル化に関する検討, 地震工学研究発表会講演論文集, E-84, 2005.

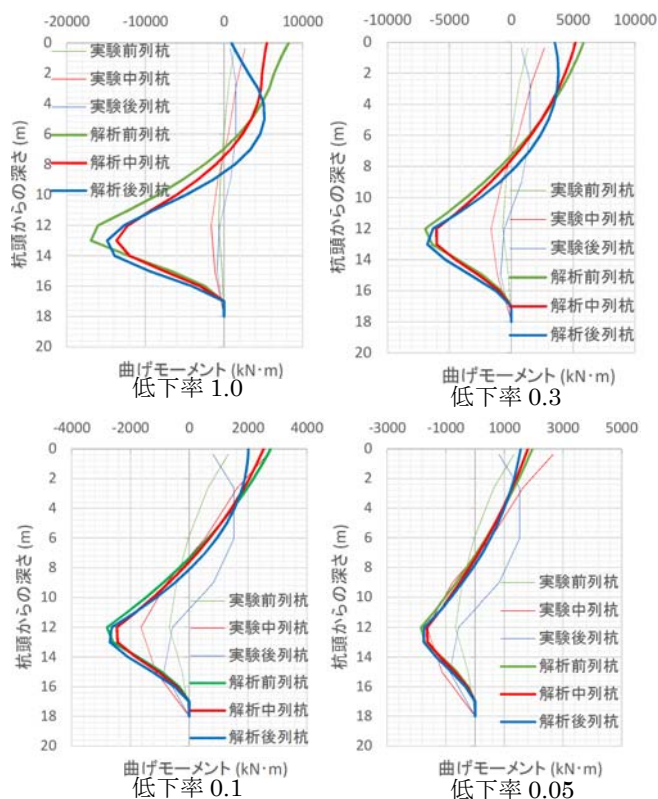


図 3 曲げモーメント分布図 (Case1)

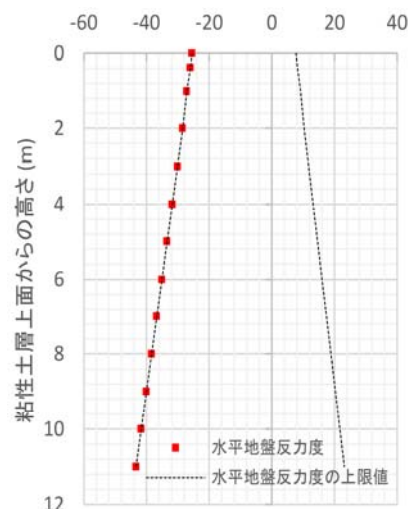


図 4 杭の水平地盤反力度