

軟弱地盤上の橋台杭基礎に作用する側方流動圧の分布形状に関する検討

(国研)土木研究所 正会員○堀内智司, 飯島翔一, 中浦慎之介, 谷本俊輔, 桐山孝晴

1. 背景と目的

軟弱地盤上にある道路橋の橋台の設計では, 橋台背面盛土の偏土圧が作用するため, 橋台に大変位が生じる側方移動を考慮する必要がある. しかし, 側方移動の判定式 (I 値^①, F 値^②) で側方移動のおそれがあるかどうかを判定し, 地盤改良等の側方移動対策を実施することを前提として設計が行われるのが一般的であり, 側方流動圧 (以下, 流動圧という) を考慮した照査方法は道路橋示方書には規定されていない. また, 側方移動対策の一つとして, 基礎によって流動圧に抗する基礎体抵抗法^③ の概念が示されているものの, 地盤変位の推定の困難さ等のために適用はほとんどされていないのが実態である. そこで, 道路橋の橋台における側方移動に対する具体的な照査方法の構築を目的として, 側方移動を模した遠心模型実験の再現解析を行い, パラメトリック解析を実施して橋台杭基礎に作用する側方流動圧と影響因子との関係性を把握した上で, 実設計を想定した梁～バネモデルを用いて, 設計照査に用いる流動圧の算定式を検討した.

2. 再現解析

軟弱地盤上にある橋台杭基礎の側方移動を模擬した遠心力載荷実験^④を解析対象とし, 2次元有限要素法(FEM)によりモデル化を行った. 解析モデルを図-1に示す. 軟弱粘性土層(以下, 軟弱層)の地盤構成則は関口・太田モデルを用いた. 盛土の荷重条件は, 6段階の解析ステップとし, ステップ毎に0.2Gずつ重量を増加し, 最終ステップで重力場1Gに到達させた.

図-2に杭の曲げモーメントの解析結果を示す. FEM 解析結果は全体傾向として, 実験値とおおむね整合しているものの, 最大値については相違がみられた. これは, 実験模型において,

フーチングと杭との接合部が剛結となっていない可能性等が考えられる. 杭のような細長い棒部材は, 理論上, 曲げモーメント分布の軸方向に対する2回微分が分布荷重に一致することから, 後列杭は側方流動圧を受けていること, 前列杭は前面側から反力を受けていることが推察される.

3. パラメトリック解析

再現解析で構築した解析モデルについて, 杭体の材料や根入れ深さ等を実態に合わせて変更した上で, 橋台背面盛土高や軟弱層厚, 非排水せん断強度, 杭径をパラメータとしてパラメトリック解析 (約40ケース) を行い, 流動圧を算出した.

(1) 流動圧の分布形状: 図-3に示すように, 軟弱層厚の違いにより分布形状に違いがみられることがわかった. 例えば, 図-3(a)の場合には, 地表面近くで最大値をとり, 深度方向に減少していく形状となった. なお, 今回の検討では, 軟弱層厚と分布形状との間に明確な傾向までは確認できなかった.

(2) 流動圧の最大値: 図-4に示すように, 流動圧の中で最大値をとる深度は, 軟弱層厚に関わらず, 比較的浅い深度 (概ね3m 前後) となる傾向がみられた. また, 図-5に示すように, 流動圧の最大値とパラメータとの相関を確認

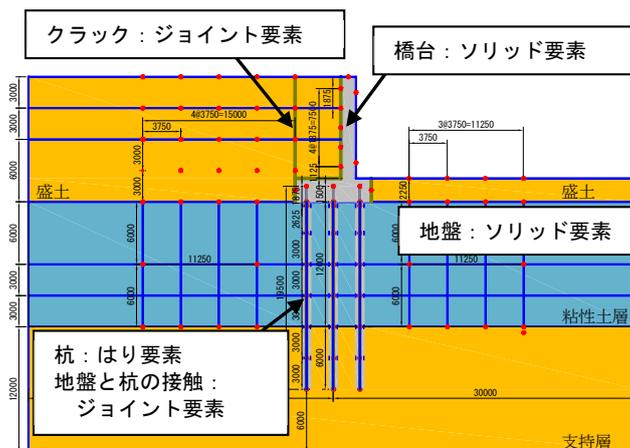


図-1 解析モデル(単位:mm)

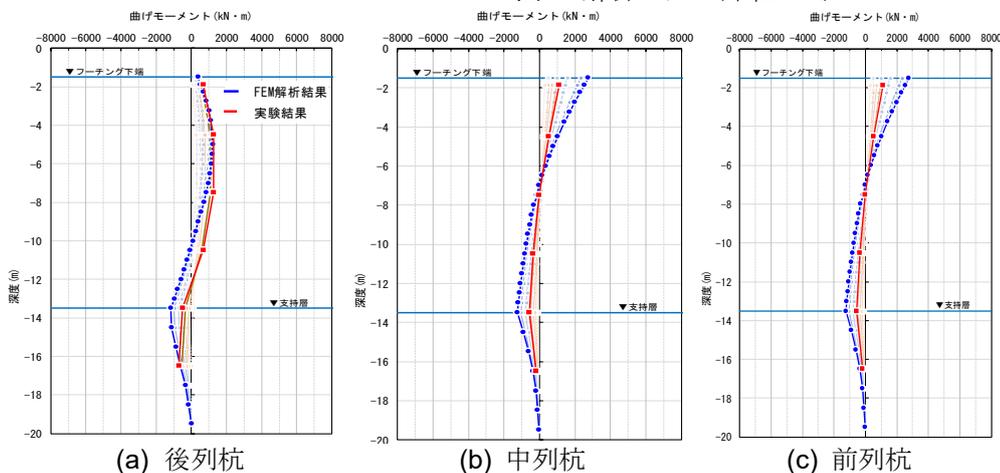


図-2 杭の曲げモーメント

キーワード 側方流動圧, 軟弱粘性土地盤, 橋台

連絡先 〒305-8516 つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL029-879-6773

認した結果、盛土高との相関は高いことを確認した。

一方、軟弱層厚との相関関係はみられなかった。

4. 梁～バネモデル

設計に用いる流動圧算定式を検討するため、図-6のような梁～バネモデルを構築した。FEM解析結果を踏まえ、後列杭には側方流動圧の荷重を作用し、前列杭には水平地盤バネで前面抵抗圧を設定した。なお、杭先端は鉛直固定の水平ローラーとした。ここで、設計用の流動圧は図-7のように、①台形分布及び②三角形分布の2種類に単純化してモデル化を行った。パラメトリック解析結果及び既往研究(例えば5)から流動圧の最大値は $P_{max} = \alpha B \gamma H$ (ここで、 α :地盤流動係数(今回のスミクレーは0.66)、 B :杭間隔、 γ :盛土の単位体積重量、 H :盛土高)とし、深度3mで最大値(台形では地表面まで一定)とした。

背面盛土高12m、軟弱層厚12mの1ケースで比較した結果を図-7に示す。杭の曲げモーメントが最大となる、前列杭の杭頭部において比較した結果、台形分布の方が誤差は小さくなることがわかった。これは、台形分布の流動圧分布の総面積が、三角形分布に比べてFEM解析結果の総面積に近いためだと考えられる。ただし、本検討では1ケースのみの検討であり、FEM解析結果との相違もみられることから、さらに、モデルの精度を向上させるとともに、ケース数を増加して検討する必要がある。

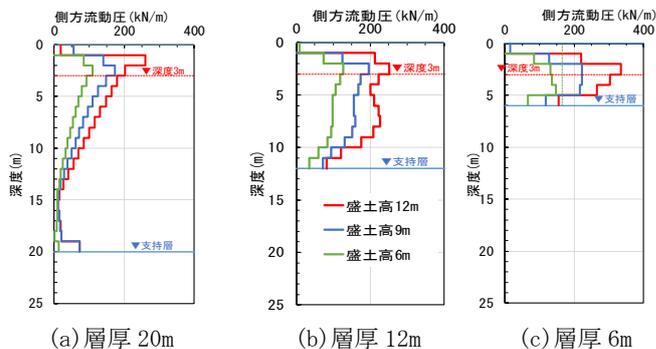


図-3 軟弱層厚(20m, 12m, 6m)毎の流動圧形状

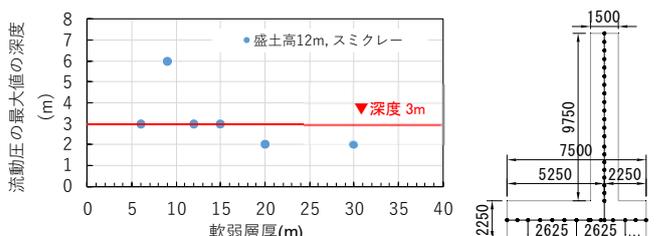


図-4 流動圧の最大値の深度と軟弱層厚

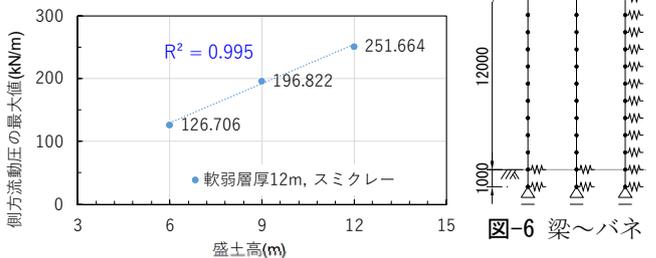


図-5 流動圧の最大値と盛土高

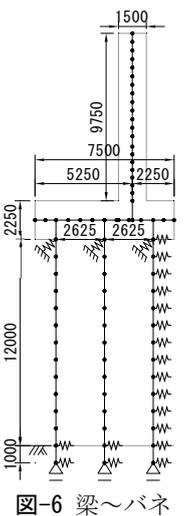


図-6 梁～バネモデル

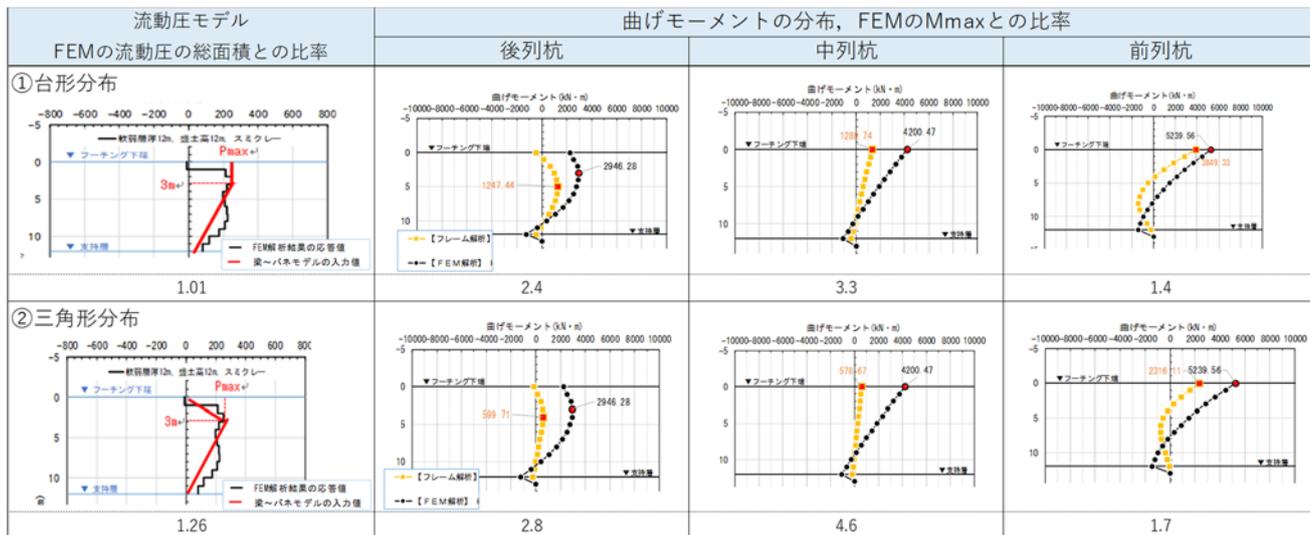


図-7 流動圧モデルと杭の曲げモーメント

5. まとめ

流動圧の分布形状を解析し、流動圧の最大値は盛土高と相関があり、軟弱層厚で分布形状に相違がみられることがわかった。また、FEM解析結果を再現する際、流動圧の分布形状の誤差に加え、境界条件の設定や地盤前面抵抗の影響も少なくないことがわかった。今後、側方移動を考慮した照査方法を提案するため、梁～バネモデルの精度を向上し、流動圧への影響パラメータを解明した上で、精度の高い流動圧推定式を構築するとともに、実設計への適用性を検証する必要がある。

参考文献 1)日本道路協会：道路橋示方書・同解説,2017, 2)東日本・中日本・西日本高速道路会社：設計要領第二集(橋梁建設編),2016, 3)日本道路協会：杭基礎設計便覧,2015, 4)田辺ら：側方移動の影響を受ける橋台杭基礎の断面力に関する遠心模型実験, 第71回土木学会全国大会年次学術講演会,2016, 5) 土木研究所：橋台の側方移動に関する研究,土木研究所資料第 1804 号,1981.12