

洗掘被災橋脚の簡易安定性評価に関する研究 その2 ～アルミ棒積層体地盤を用いた鉛直支持力実験による検証～

鉄道総合技術研究所 正会員 ○笠原 康平 萩谷 俊吾 小松 灯 横山 大智 中島 進

1. はじめに

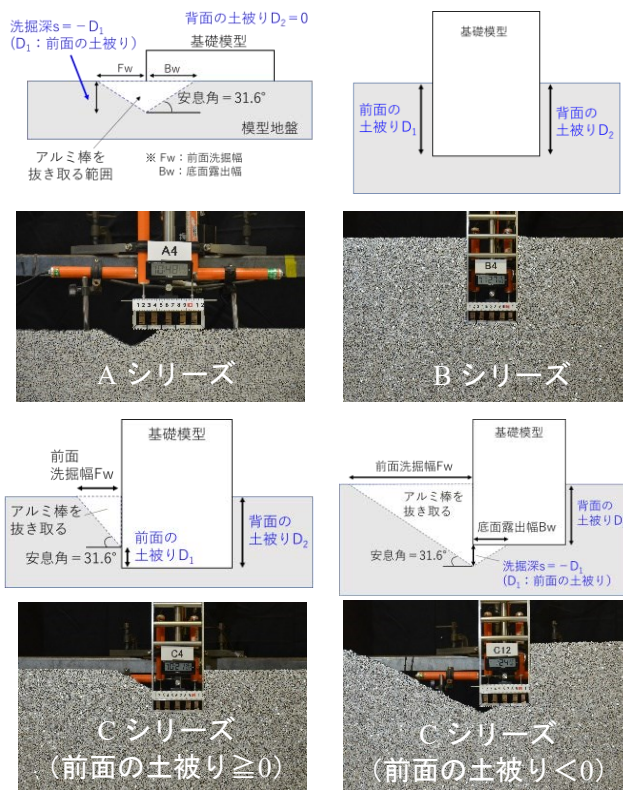
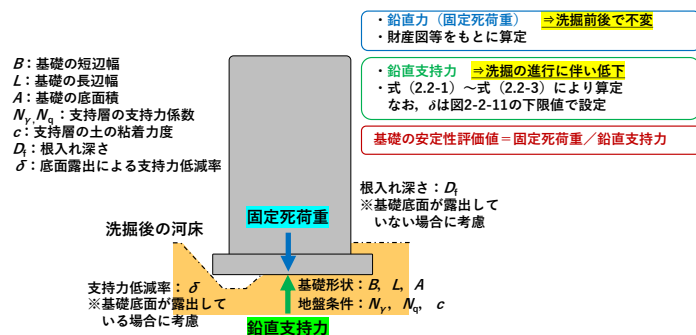
筆者らは、洗掘被災橋脚の再供用可否の暫定的な判断方法として、机上や現地で容易に取得可能な情報から、基礎の安定性を簡易に評価できる手法の構築を目指し研究を行っている。文献1では、河川管理施設等構造令などの河川管理に関する技術的基準の整備以前に建設された旧式河川橋りょうの直接基礎橋脚を対象として、洗掘の影響を考慮した基礎の簡易安定性評価法（以下、簡易評価法）を示した。本稿では、文献1の簡易評価法の妥当性を検証するため、アルミ棒積層体地盤を用いた鉛直支持力実験²⁾との比較を行ったので報告する。

2. 簡易評価法の計算条件について

図1に簡易評価法の模式図を示す。簡易評価法では、鉄道構造物等設計標準・同解説（基礎構造物）³⁾の支持力式を手計算で算定できるように変換し、これに斜面上の基礎の支持力評価法⁴⁾を組み合わせることで、支持地盤が洗掘された条件の鉛直支持力を算定する。その上で、固定死荷重と鉛直支持力の比から基礎の安定性を簡易的に評価する。ここで、実際の洗掘事例では河川上流側の土被りの消失が卓越する場合が多いが、簡易評価法では計算の簡便性を図るため、洗掘に伴い基礎前背面の土被りが一様に消失すると仮定している。また、アルミ棒積層体地盤を用いた鉛直支持力実験²⁾において、基礎底面が露出した（基礎底面が部分的に接地していない）状態で繰返し载荷を行うと、载荷に伴い接地面積が増加して底面露出率が減少することが確認されたが、簡易評価法では鉛直力が作用した際の基礎底面の露出率の変動は考慮していない。本稿では、このような実現象・模型実験結果と、簡易評価法の計算条件との違いを踏まえた上で簡易評価法の妥当性を検証した。

3. 基礎の鉛直支持力実験の条件

実験では、長さ 50mm の 3 種類の円形アルミ棒（ $\phi=1.6, 3.0, 5.6\text{mm}$ ）を質量比 1:1:1 で混合し、アルミ棒を積み上げることで模型地盤を構築した（安息角： 31.6° ，密度： 2.20g/cm^3 ）。基礎模型はアルミ製であり、底面幅 120mm，奥行 50mm とした。基礎底面の露出および基礎の根入れ変化を模擬した状況を図2に、試験ケース一覧を表1に示す。载荷ロッドはヒンジ機構を設けて回転自由とし、鉛直ジャッキを用いて繰返し载荷



キーワード 洗掘，支持力，直接基礎，安定性評価，アルミ棒

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

(公財) 鉄道総合技術研究所 基礎・土構造 TEL 042-573-7261

を行った。載荷試験装置、模型地盤の構築方法や詳細な試験条件等については文献2を参照されたい。

4. 実験結果および簡易評価法との比較

実験結果²⁾のうち、基礎前面の土被り $D_1 \geq 0$ の場合の極限支持力と基礎背面の土被りの関係を図3に示す。ここで、本稿では鉛直変位が載荷幅 B の10%に至るまでの最大鉛直荷重を極限支持力と定義した。図3より、前面の土被りが同じ場合、背面の土被りが大きいほど極限支持力は大きい値であった。したがって、基礎前背面で土被りが一様に消失すると仮定する簡易評価法は、河川上流側の土被りが洗掘される実現象に対して鉛直支持力を安全側に評価できると考えられる。

次に、基礎前面の土被り $D_1 \leq 0$ の場合に関して、Aシリーズにおいて載荷に伴う底面露出率の変動が比較的小さかった $0 \sim 1\%B$ 変位までの初期の鉛直荷重を整理し、簡易評価法で提案した基礎底面の露出による鉛直支持力の低減率¹⁾の妥当性を検証した。具体的には、図4に示す $0 \sim 1\%B$ 変位時における底面が洗掘されたケース (A2~A4) の鉛直荷重を、底面が洗掘されていないケース (A1) の鉛直荷重で正規化し、図5に示す正規化鉛直荷重—露出率の関係を確認した。ここで、露出率は実験写真の目視および底面ロードセル (受圧板幅 $24\text{mm} \times 5$ 個) の出力値から判断したが、底面ロードセルの値で判断する場合は受圧板の幅が露出率の分解能に相当すること等の理由から、目視で判断した露出率と差異がみられるケースがあった。そこで、図5には幅を持ったプロットを图示しており、左端をロードセルから判断した露出率、右端を目視から判断した露出率、両者の平均値を真ん中に示している。図5より、簡易評価法で算定した低減率 δ と実験で得られた正規化鉛直荷重は概ね整合している傾向が確認できた。

5. おわりに

簡易評価法による安定性評価の妥当性を検証するため、アルミ棒積層体地盤を用いた鉛直支持力実験との比較を行った。比較結果より、提案した簡易評価法は、模型実験結果と概ね整合する傾向が確認された。なお、本研究は国土交通省の鉄道技術開発・普及促進制度の助成を受けたものである。

謝辞 アルミ棒積層体地盤を用いた基礎の鉛直支持力実験を行うに当たり、中央大学の西岡英俊教授と修士2年生佐々木優奈さん、株式会社複合技術研究所の森誠二様には多大なるご協力を賜りました。ここに記して深く感謝の意を表します。

参考文献 1) 萩谷俊吾ら：洗掘被災橋脚の簡易安定性評価に関する研究 その1～洗掘の影響を考慮した旧式直接基礎橋脚の安定性簡易評価法の開発～、第78回土木学会年次学術講演会、2023 (投稿中)。2) 小松灯ら：アルミ棒積層体地盤を用いた支持力実験に関する基礎研究、第58回地盤工学研究発表会、2023 (投稿中)。3) 国土交通省鉄道局監修、鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・解説 (基礎構造物)、丸善、2012。4) 日下部治：斜面上直接基礎の支持力評価に関する計算、土と基礎、No.325, PP.7-12, 1985。

表1 試験ケース一覧

	模型地盤の幅L [mm]	基礎底面～模型地盤底面までの高さH [mm]	基礎前面の土被りD ₁ [mm]	基礎背面の土被りD ₂ [mm]	基礎底面の洗掘深s [mm]	前面洗掘幅Fw [mm]	底面露出幅Bw [mm]
A1	950	250	0	0	0	0	0
A2	950	250	-10	0	10	16	16
A3	950	250	-20	0	20	33	33
A4	950	250	-30	0	30	49	49
B1	950	300	50	50	0	0	0
B2	950	350	100	100	0	0	0
B3	950	400	150	150	0	0	0
B4	950	450	200	200	0	0	0
C1	950	300	0	50	0	81	0
C2	950	300	-10	50	10	98	16
C3	950	300	-20	50	20	114	33
C4	950	350	50	100	0	81	0
C5	950	350	0	100	0	163	0
C6	950	350	-10	100	10	179	16
C7	950	350	-20	100	20	195	33
C8	950	400	100	150	0	81	0
C9	950	400	50	150	0	163	0
C10	950	400	0	150	0	244	0
C11	950	400	-10	150	10	260	16
C12	950	400	-20	150	20	277	33

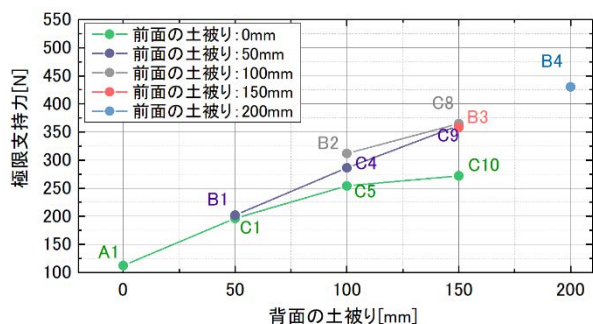


図3 極限支持力—基礎背面の土被り (前面の土被り $D_1 \geq 0$ のケース)²⁾

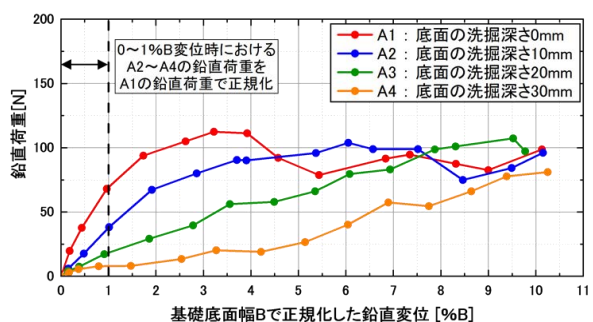


図4 Aシリーズの荷重—変位関係 (繰返し載荷ステップのピークを抽出)

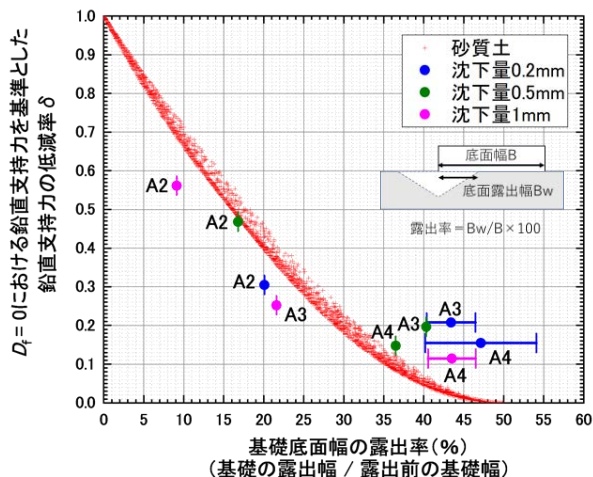


図5 基礎底面の露出による鉛直支持力の低減率¹⁾との比較