

局所洗掘を受けた河川橋脚基礎の残存抵抗特性に関する鉛直載荷実験 ～再載荷時の地盤ばね定数と傾斜角に関する検討～

中央大学 学生会員 ○佐々木 優奈 正会員 西岡 英俊

1. 研究背景

昨今の局所的豪雨や台風災害の増加に伴い、河川橋脚基礎の周囲の地盤が流出する洗掘被害が増加している。これらの被害の中には完全な倒壊・流失には至らず、河川橋脚基礎の残留沈下・傾斜に留まる中規模被害があり、再供用による応急復旧が可能な場合も少なくない¹⁾。そこで本研究では、河川橋脚の直接基礎が局所洗掘により沈下・傾斜被害を受けた中規模被害に着目し、再供用に必要とされる残存支持力がどのようなメカニズムで発現するのかの解明に向け、アルミ棒積層体を用いた直接基礎の鉛直載荷支持力実験を実施した。なお、洗掘現象はアルミ棒を抜き取ることで人為的に再現し、その洗掘程度を変化させることによる残存支持力の発現の違いについて検討した。

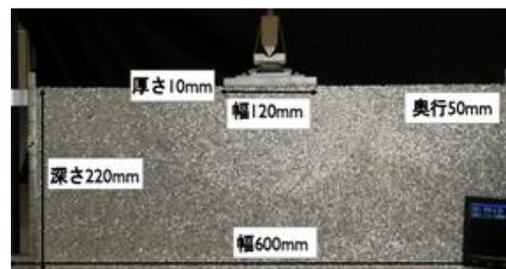


図-1 アルミ棒積層体支持力実験装置

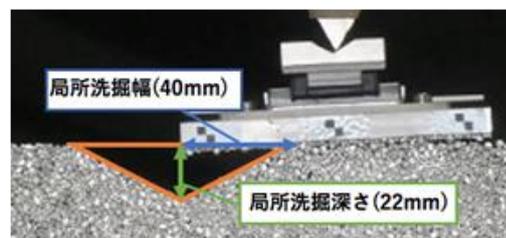


図-2 アルミ棒抜き取りの様子

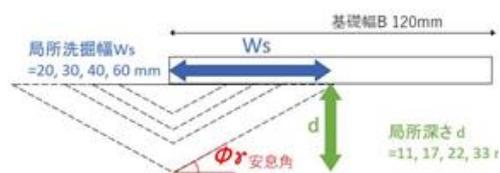


図-3 局所洗掘範囲

2. 実験概要

本研究で用いた実験装置を図-1に示す。模型地盤には長さ50mmの2種類のアルミ棒（直径1.6mmと3.0mm）を重量比3:2で混合し、幅600mm、高さ220mmで積み上げたアルミ棒積層体を用いた。模型地盤の単位体積重量 $\gamma = 21.3 \text{ kN/m}^3$ で、その安息角は $\phi = 29^\circ$ である。直接基礎模型（以下、基礎と記す）は、厚さ10mm、幅120mm、奥行50mmの剛板とし、鉛直ジャッキ（スクリーージャッキ）により変位制御で鉛直に載荷した。また、基礎の傾斜角を測定するため、基礎の左右二箇所レーザ変位計を設置した。地盤作成後に基礎を地表面の所定の位置（すなわち基礎の根入れ深さはゼロ）に設置し、この時点での荷重と沈下量をゼロと定義して鉛直載荷実験を開始した。まず、鉛直ジャッキを用いて、一旦、死荷重相当（洗掘を模擬しない場合の極限支持力の1/3程度となる22.5N）まで載荷し、死荷重が作用した状態（すなわち洗掘により被災する直前の供用時の状態）を模擬した。この状態で鉛直ジャッキの変位は保持したまま後述するアルミ棒の抜き取り作業を行い、局所洗掘状態を模擬した。この時、実験上はジャッキ変位が固定された状態であるため、局所洗掘により基礎底面の反力が一旦ほぼ失われる。載荷は、複数回の除荷・再載荷を行いつつ、鉛直ジャッキ変位が基礎幅の10%を超えるまで実施した。局所洗掘状態を模擬するためのアルミ棒の抜き取り作業は、上流側の基礎端部直下に最大洗掘深さ（局所洗掘深さ）を生じた状態を模擬するため、図-3に示すような二等辺三角形の範囲のアルミ棒を抜き取った。なお、洗掘により生じる斜面の角度は地盤の安息角 ϕ とした。本実験では、この局所洗掘深さ d をパラメータとし、 $d = 11\text{mm}$ 、 17mm 、 22mm 、および 33mm の4ケースについて実施した。実験の詳細は参考文献²⁾を参照されたい。

3. 実験結果

実験により得られた鉛直荷重・沈下量の関係を、図-4に示す。なお、局所洗掘深さ $d = 33\text{mm}$ のケースでは、局所洗掘を作成する際に、基礎が自重を保持できず回転しながら初期位置から大きく移動したため載荷不可となった。局所洗掘を模擬した場合は、いずれも初期の勾配が小さく、途中から荷重・沈下関係が反りあがって、抵抗が増加

キーワード アルミ棒、洗掘、支持力実験、直接基礎

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科 基礎・地下構造研究室 TEL: 03-3817-180

する傾向が確認できる。この抵抗増加は、局所洗掘で生じた斜面により基礎が回転し、基礎底面の全幅で地盤と接触するタイミングで生じている。

ここで、各ケースの荷重・沈下関係から、局所洗掘作成後に再び死荷重相当に達したときの沈下量と傾斜角を、局所洗掘深さとの関係として図-5 に示す。この沈下量と傾斜角は、実際の被災直後に観測される残留沈下量にと残留傾斜角に相当する。図-5 より、局所洗掘深さが深くなるほど残留沈下量と残留傾斜角は増加していることが確認できる。また、沈下量と傾斜角の関係を図-6 に示す。図中のプロット(●)は残留沈下量と残留傾斜角を表している。局所洗掘を受けた場合は、死荷重以降の荷重増加により傾斜角は減少し、12mm 沈下時の傾斜は緩やかになる傾向がみられる。なお、本実験で鉛直ジャッキ位置が固定されているのは、列車走行等の繰り返し载荷試験において载荷位置をもとの位置に戻すように補修することを想定している。

次に、各ケースの荷重・沈下関係から地盤ばね定数(被災直後の载荷時・その後の再载荷時)と極限支持力(沈下量が基礎幅の10%に至るまでの最大荷重)を求め、局所洗掘深さとの関係として図-7 に示す。ここで、被災直後の地盤ばね定数は図-4 中に示すように死荷重相当を起点とした荷重・沈下曲線の傾きであり、被災後に活荷重を作用させる時のばね定数に相当する。また、再载荷時の地盤ばね定数は、载荷荷重が27N(=死荷重相当の1.2倍)を超えた以降の除荷・再载荷工程における22.5N(死荷重相当)から27Nに増加するまでの荷重・沈下関係の勾配であり、被災後の2回目以降の活荷重作用時のばね定数に相当する。図-7 より、再载荷時の地盤ばね定数は、被災直後の载荷時よりも常に大きいことが確認でき、低下傾向も緩和されることがわかる。すなわち、被災後に初めて活荷重を作用させるときには、ある程度沈下が進行するが、その後活荷重が繰り返し载荷することで沈下量は収束すると考えられる。また、極限支持力については洗掘深さの増加に対してそれほど低下していないことが確認できる。

4. まとめ

局所洗掘を受けた場合でも、残存支持力は確保できるため、残留沈下量・傾斜角が簡易な応急復旧工事で修復可能な範囲に留まり、かつ、地盤ばね定数の低下が許容できれば、再供用することが可能と考えられる。また、再供用前に鉛直荷重の载荷位置が被災前の基礎中心位置となるように適切な補修を行うことで、再载荷時の死荷重相当を超えた以降の载荷増加に伴う基礎の傾斜は緩やかになる(あるいは残留傾斜が戻る方向に進行する)ことがわかった。なお、本研究の一部は JSPS 科研費 基盤研究(C) JP20K04687 の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 西岡英俊：洗掘被害を受けた河川橋脚基礎の残存支持力評価法，第322回 鉄道総研月例発表会，2018.8
- 2) 佐々木優奈・西岡英俊：局所洗掘後の河川橋脚直接基礎の残存支持力に関する研究～アルミ棒積層体支持力実験による抵抗メカニズムの考察～，第56回地盤工学研究発表会(投稿中)，2021.7

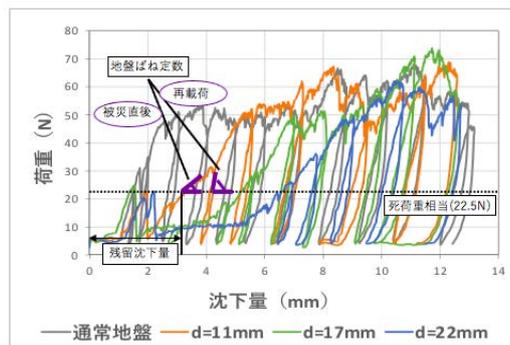


図-4 荷重・沈下関係

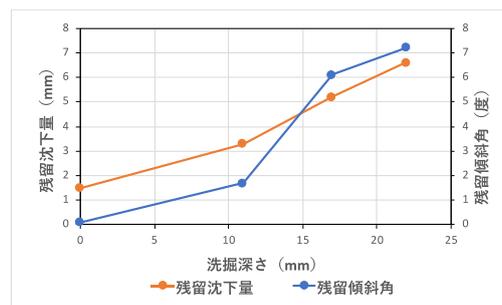


図-5 残留沈下量・残留傾斜角

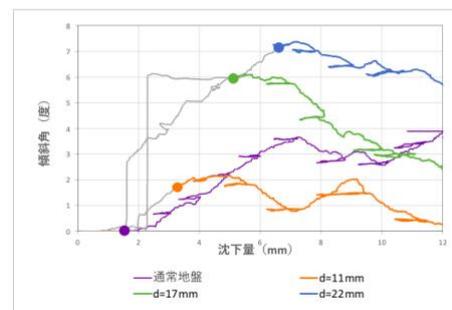


図-6 沈下量と傾斜角の関係

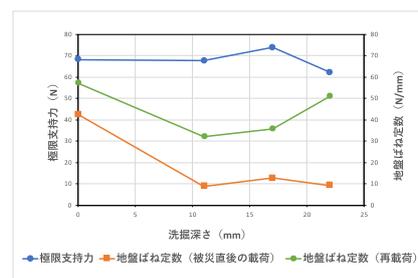


図-7 極限支持力・地盤ばね定数