

出水時の支持地盤の内部侵食を模擬した直接基礎の支持力実験

中央大学大学院 学生会員 ○佐々木 優奈 中央大学 学生会員 平野 萌果
 中央大学 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。本研究グループでは、河川橋脚の直接基礎が洗掘により沈下・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について、砂地盤を模擬したアルミ棒積層体を用いた模型実験を実施し、局所洗掘被害を受けても、極限支持力(すなわち残存支持力)はさほど低下しないことを確認している¹⁾。本研究では、他の被災パターンとして、比較的広範囲で細粒分のみが流出する内部侵食状態を模擬した模型実験を実施し、基礎端部付近に部分的な空隙を生じる局所洗掘を模擬した実験²⁾との残存支持力の発現メカニズムの比較・検討を行った。なお、内部侵食状態は、基礎周囲の小径アルミ棒を抜き取ることで人為的に再現した。

2. 支持力実験の概要

本研究で用いた実験装置、模型地盤の作成および鉛直載荷実験の詳しい手順は文献²⁾を参照されたい。なお、本実験で用いたアルミ棒の直径は、1.5mm, 2.0mm, 3.0mm および 5.6mm の4種類で、最大径のものを礫と想定している。

内部侵食状態は、図-1に示すような、基礎端部から幅、高さともに等距離 We をとった台形を内部侵食範囲とし、範囲内の径の小さい直径 1.5mm と 2.0mm のアルミ棒を抜き取ることにより模擬した。本実験では、この内部侵食範囲を変化させ、4ケースの実験を行った。また、各ケースにおいて抜き取ったアルミ棒の体積 V_s を表-1に示す。

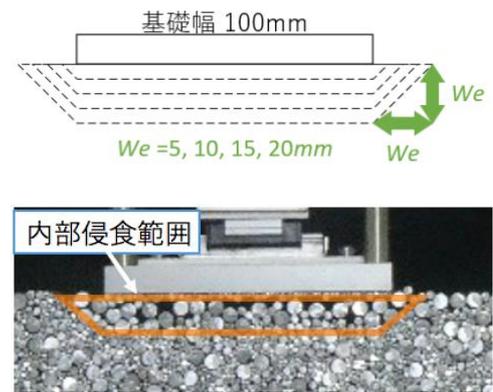


図-1 内部侵食範囲

3. 実験結果

内部侵食を模擬した鉛直載荷実験により得られた荷重・沈下量の関係を、図-2に示す。図-2より、内部侵食の場合は、載荷途中で荷重の最大値に近い値がみられ、それ以降の荷重の増加は少ない。一方、局所洗掘を模擬した実験では、明確な荷重の最大値が現れず、載荷が進むにつれて荷重が増え続ける傾向がみられた²⁾。

次に、内部侵食と局所洗掘の各ケースの荷重・沈下関係から地盤ばね定数(被災直後の載荷時・その後の再載荷時)を求め、アルミ棒を抜き取った体積(V_s)との関係を図-3に示す。ここで、地盤ばね定数は図-2中に示すような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。図-3より、内部侵食の場合、局所洗掘の場合よりも被災直後の載荷時と再載荷時の両方において地盤ばね定数が大きく、さらに、細粒分の体積減少による地盤ばね定数の低下が小さいことがわかる。これは、基礎底面の細粒分が抜けたことで、大粒径同士のかみ合わせが増え、載荷の初期段階

表-1 実験パラメータ(内部侵食)

Case	1	2	3	4
We (mm)	5	10	15	20
抜き取り体積 V_s (mm ³)	24851	45185	75222	117111

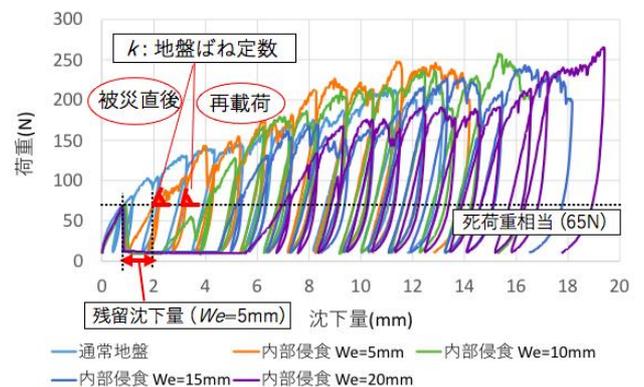


図-2 内部侵食の荷重変位関係

キーワード 内部侵食, 直接基礎, 残存支持力, 支持力実験, アルミ棒

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 : 03-3817-1804

で荷重が大きくなったためだと考えられる。また、内部侵食と局所洗掘の各ケースにおいて、再載荷時の地盤ばね定数は、被災直後の載荷時よりも常に大きいことが確認できる。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、活荷重を繰り返し載荷することで沈下量の増加は収束すると考えられる。

次に、各ケースの荷重・沈下関係から、内部侵食と局所洗掘の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、アルミ棒を抜き取った体積 V_s との関係として図-4 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-4 より、内部侵食と局所洗掘の両方で、アルミ棒を抜き取った体積が増えるにつれて、残留沈下量は大きいことがわかる。また、残留傾斜角については、アルミ棒を抜き取った体積が増えるにつれて、局所洗掘の場合は大きくなるが、内部侵食の場合は大きく変化しないことがわかる。なお、局所洗掘の場合、洗掘によってできた斜面側に傾く傾向がみられた²⁾。

次に、内部侵食と局所洗掘の各ケースにおける極限支持力とアルミ棒を抜き取った体積 V_s の関係を図-5 に示す。極限支持力を沈下量が基礎幅の 10%(10 mm)に至るまでの最大荷重（補修前極限支持力）と定義すると、内部侵食の場合、体積減少による低下はみられるが、局所洗掘の場合よりも低下の幅が小さいことがわかる。ただし、実際の応急復旧では残留変位分はジャッキアップ等により補修される。よって、補修後に期待される極限支持力としては、沈下量が「基礎幅の10%+残留沈下量（被災前からの増分）」に至るまでの最大荷重（以下、補修後極限支持力という）と考えることもできる。図-5 にはこの補修後極限支持力も示しているが、内部侵食の場合、最も抜き取り体積が大きい Case4 においても、洗掘が起きていない通常地盤と比較して、ほとんど低下していないことがわかる。また、局所洗掘の場合、残留傾斜により生じた載荷位置のずれをもとに戻すような補修が想定されているが¹⁾、内部侵食では残留傾斜はほとんど生じていないため、残留沈下量の補修のみで、補修後極限支持力が確保できるといえる。

4. まとめ

基礎が内部侵食を受けた場合、被災直後の残留沈下は生じるものの、地盤ばね定数の低下はほとんどみられず、残存支持力（極限支持力）は確保できることが支持力実験により確認できた。これは、残留沈下が簡易な応急復旧工事で修復可能な範囲に留まれば、再供用が可能であることを示唆している。この他にも、載荷中の基礎の傾斜角についても検討を行っており、内部侵食の場合、載荷が進んでも傾斜はほとんど生じないことが確認できた。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) 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講演概要集, 2021.7
- 2) 平野萌果, 佐々木優奈, 西岡英俊: 異なる粒度分布のアルミ棒積層体を用いた局所洗掘後の直接基礎の残存支持力の検討, 第49回土木学会関東支部研究技術発表会, 2022. (投稿中)

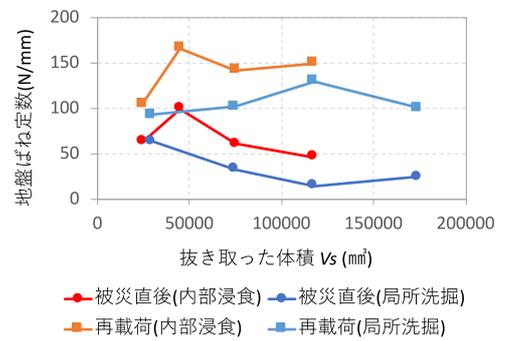


図-3 抜き取ったアルミ棒の体積と地盤ばね定数の関係

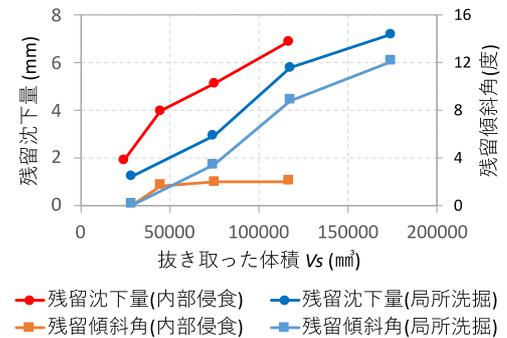


図-4 抜き取ったアルミ棒の体積と残留沈下量・残留傾斜角の関係

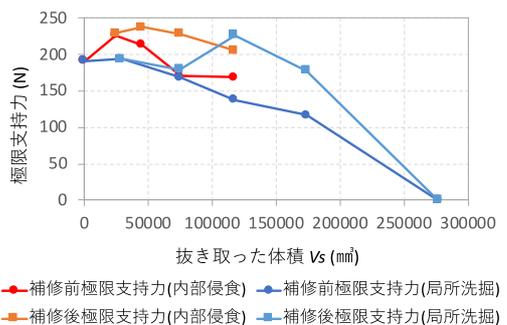


図-5 抜き取ったアルミ棒の体積と極限支持力の関係