

河川橋脚の部分的な拡幅が局所洗掘に及ぼす影響

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○嶋倉ちづる
 東京大学大学院 正会員 渡邊 健治

1. はじめに

近年、局所的な豪雨が多発する傾向とも相まって全国各地で洗掘被害が発生している^{例えば¹⁾}。2022年に管内で被災した橋りょうは、被災前に橋脚周囲に配置されていた根固め工（蛇籠）が流出し、根固め工の間詰めを目的とした根巻コンクリートが河床より上に露出し、橋脚幅が途中で拡幅された状態となった橋脚であった（図-1）。同種の被害としては、令和元年東日本台風襲来時における日野橋橋りょう（東京都道）でも見られ²⁾、部分的な拡幅が洗掘深を助長した可能性がある。根固め工等の後施工により橋脚幅が部分的に拡幅された橋脚は今後も増える可能性があるため、部分的な拡幅が洗掘の進行および橋脚の不安定化に及ぼす影響を評価することは重要である。そこで本稿では、拡幅した橋脚幅が橋脚の不安定化の進行に及ぼす影響について水理模型実験を用いて検討した。

2. 水理模型実験の概要

本稿では、東京大学が保有する延長 2.2m、幅 0.6m、高さ 0.4m の中型水路で水理模型実験を行った後に、延長 30.0m、幅 1.2m、高さ 0.45m の大型水路を使用し、実際の被災橋りょうの環境に寄せた実験条件で検証を行った。その際、被災橋りょうの無次元量（フルード数）および河床勾配（1/200）と模型実験の無次元量と河床勾配を同程度とした。地盤材料は実物規模で $D_{50}=23.5$ mm程度の河床材料を想定し、模型実験では珪砂 4 号（ $D_{50}=0.72$ mm）を用いた。橋脚模型は、高さ 250 mm、幅 70 mm、長さ 140 mm の楕円形断面のモルタル製橋脚とし、橋脚幅の拡幅は根巻コンクリート模型の有無で再現した。根巻コンクリートの寸法は図-2（模型スケール 1/40）の通りである。中型水路を用いた基礎実験では、根巻コンクリートの施工前、施工時、土砂堆積時、露出時、を模擬した 4 ケースで検証を行い、大型水路を用いた実験では、根巻コンクリートの施工前、露出時を模擬した 2 ケースで検証を行った。実施した実験ケースおよび実験条件を図-3 に、実験で使用した計測機器を図-4 に示す。

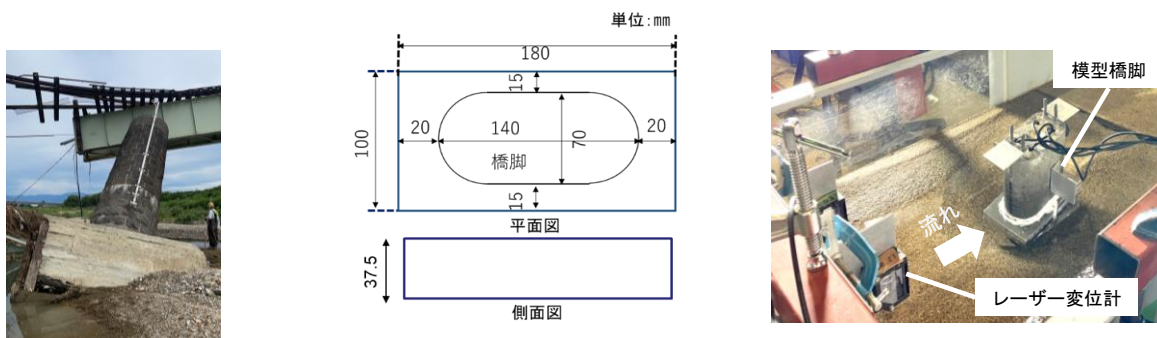
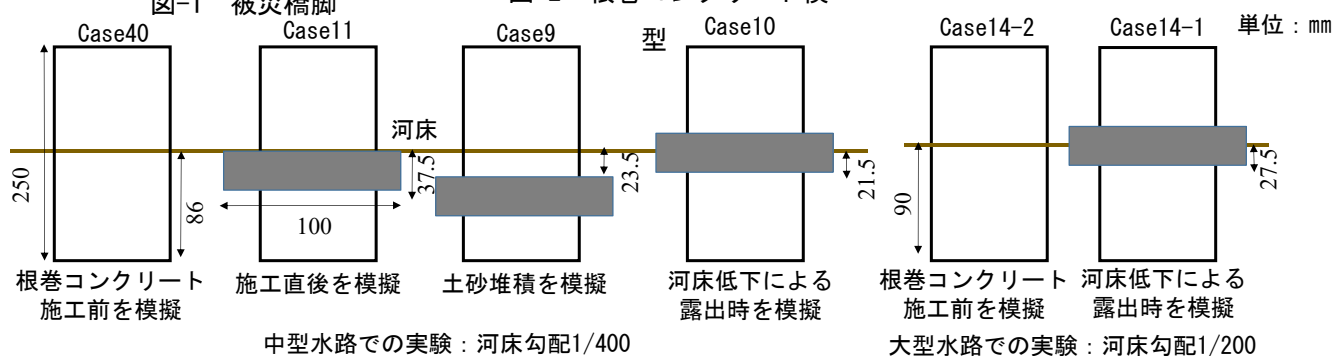


図-1 被災橋脚

図-2 根巻コンクリート模型

図-4 計測機器



中型水路での実験：河床勾配1/400

大型水路での実験：河床勾配1/200

図-3 実験ケースおよび実験条件

キーワード 局所洗掘、洗掘深、橋脚幅、根巻コンクリート

連絡先 〒370-8543 群馬県高崎市栄町6番26号

東日本旅客鉄道株式会社高崎支社 設備部設備土木課 TEL027-320-7501

橋脚の不安定化を確認するために、レーザー変位計を用いて橋脚上端部の水平変位の計測を、橋脚模型底面に取り付けられている4分割のロードセルを用いて、洗掘の進行に伴って変化する地盤反力分布を経時的に測定した。また、橋脚模型周囲の計測目盛を使用して経時的に変化する河床高さを読み取り、洗掘深さを確認した。

3. 実験結果および考察

中型水路で実施した Case40, 11, 9, 10 の洗掘深 - 上流方地盤反力 - 水平変位 - 流量の経時変化を図5~8に示す。4ケースの水平変位に着目すると、土砂体積時を模擬した Case9 では変位が発生せず倒壊に至らなかった。残り3ケースの橋脚模型は倒壊まで至ったが、施工直後を想定した Case11 は倒壊までに時間を要した。一方、早く倒壊したのは根巻コンクリートが露出した状態を模擬した Case10 だった。この時、橋脚の水平変位は上流方に生じていた。Case10 の洗掘深に着目すると、4 ケースの中で一番早く洗掘深さが橋脚底面 (86 mm) まで達した。これは、根巻コンクリートが河床面から上に露出したことで、橋脚基礎の前面で発生する下降流の影響が大きくなったからだと考えられる。

大型水路で実施した Case14-1, 2 の実験結果を図9, 10に示す。経過時間 1700 秒付近までの洗掘深に着目すると、Case14-2 の方が洗掘深が大きかった。しかし、経過時間 8500 秒付近では、Case14-1 の洗掘深が Case14-2 の洗掘深を逆転して橋脚底面 (90 mm) まで達し、その後、経過時間 18000 秒付近で倒壊した。一方、Case14-2 の最終洗掘深は橋脚底面まで達せず橋脚は倒壊しなかった。

なお、施工前を模擬した実験について、河床勾配を急にした Case14-2 (大型水路) では橋脚は倒壊せず、勾配が緩かった Case40 (中型水路) では倒壊した。これは、大型水路で実験を行った場合、現場と同様に局所洗掘と同時に上流から土砂が供給されるため、洗掘の進行が遅れたものだと想定される。

4. まとめ

- ・根巻コンクリートの上面が河床面と同じ高さもしくは土砂堆積により河床面より下に位置した場合、橋脚は不安定化しづらくなる。
- ・根巻コンクリートの上面が河床面から露出してしまった場合、下降流の影響が大きくなるため根巻コンクリートが施工されていない橋脚よりも不安定化が早くなる。根巻コンクリート施工時よりも河床全体が低下した場合がこれに当たる。

謝辞: 実験に際して (公財) 鉄道総合技術研究所佐名川主任研究員および (株) 複合技術研究所飯島部長から技術的助言や機材貸与の支援を受けた。ここに深謝の意を表する。

参考文献: 1) 渡邊健治: 最近の基礎構造物・土構造物の豪雨災害の特徴と対策, 基礎工, Vol. 48, No. 6, pp. 11-14, 2020. 6

2) Enomoto, T., Horikoshi, K., Ishikawa, K., Mori, H., Takahashi, A., Unno, T and Watanabe, K.: Levee damage and bridge scour by 2019 typhoon Hagibis in Kanto Region, Japan, Soils and Foundations, 2021,

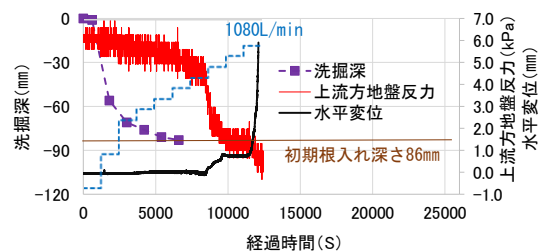


図-5 Case40 (施工前)

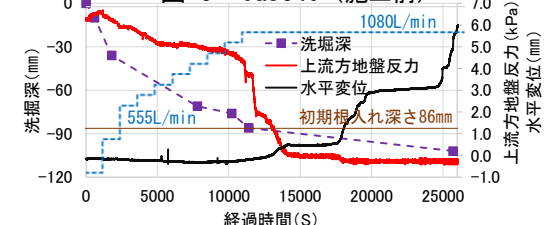


図-6 Case11 (施工直後)

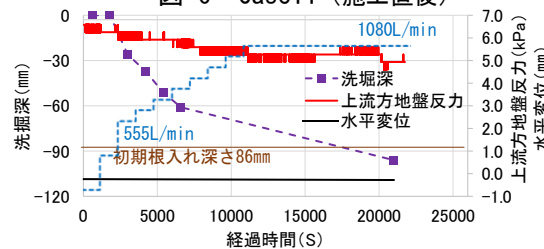


図-7 Case9 (土砂堆積)

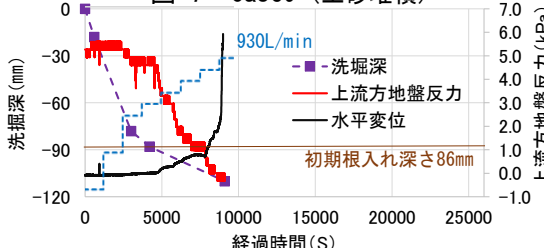


図-8 Case10 (河床低下による露出時)

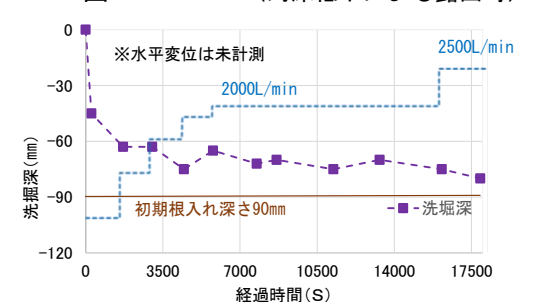


図-9 Case14-2 (施工前)

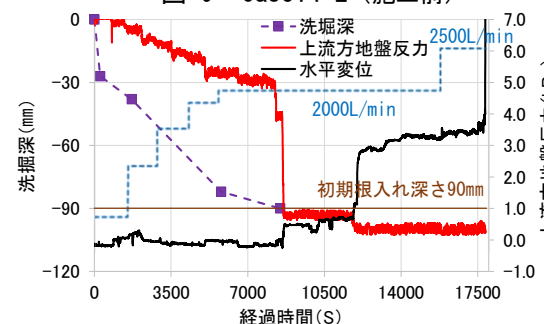


図-10 Case14-1 (河床低下による露出時)