

## 河川橋脚における各種洗堀対策工の補強効果に対する実験的検討

東京理科大学大学院 学生会員 ○井上 隆  
 鉄道総合技術研究所 正会員 倉上由貴, 佐名川太亮  
 東京理科大学 正会員 二瓶 泰雄

## 1. はじめに

近年, 集中豪雨に伴う大出水により, 河川橋脚周辺が局所洗堀され橋梁橋脚の沈下や河川橋梁の落橋が多発している. 最近の事例では, H29年10月22日の台風21号により, 南海本線・男里川橋梁の線路沈下により脱線事故が発生し, 乗客5名が負傷した. この事故原因は, 橋脚周辺の局所洗堀により根固め工が露出したためである<sup>1)</sup>. 橋脚の局所洗堀に関する研究は古くからなされているが<sup>2)</sup>, 洗堀対策工自体の移動限界条件や対策工設置後の耐洗堀効果や敷設範囲, 更に維持管理方法など未だに不明確な部分が多い. 豪雨による橋梁災害は鉄道橋のみならず道路橋も被害を受け, 住民のライフラインを守るべく橋梁の保護が喫緊の課題である.

本研究では, 小型模型実験を行い, 橋脚の様々な洗堀対策工の補強効果を明らかにすることを目的とする. ここで検討する河川橋脚用洗堀対策工としては, 代表的な根固め工法のブロック(ホロースケヤー)や袋材(ボトルユニット), 鋼矢板(シートパイル)を選定する.

## 2. 実験概要・条件

本論文では, 図-1に示す本学所有の傾斜可変開水路(長さ8.00m, 高さ0.30m, 幅1.00m, 水路床勾配 $i_0=0$ , 1/5000~1/50)を用いた. この水路内に厚さ20cmの砂層(珪砂3号B,  $D_{50}=1.36$  mm, 相対密度 $Dr=80\%$ )を敷設し, そこに1/15スケールのコンクリート製橋脚模型(高さ30cm, 楕円形, 短径 $D=0.13$  m, 長径 $2D=0.26$  m)を水路床に固定設置した(模型中心の設置位置: 水路上流端から4.50 m). なお, 実験準備時の作業効率化のため, 砂層を上流端から2-7mの区間のみを設置し, その他の区間では, 高さ0.2mの木箱を固定設置した. また, 上流側から土砂供給は行わずに実験を行った.

実験ケースは, 流況は流量 $Q=0.0303$  [m<sup>3</sup>/s], 水路床勾配 $i_0=1/400$ で一定とし, 洗堀工を設置しない無補強(Case1)と7つの補強条件(図-2)とする. 具体的には, ホロースケヤーとして2ton用(模型質量 $M_w=0.472$  kg)と1ton用( $M_w=0.242$  kg)を用い, 橋脚周囲に設置する場合(Case2, 3)と橋脚上流側のみを設置する場合(Case4)を設定した. ボトルユニットでは, 2ton用( $M_w=0.594$  kg)を用い3つの配置条件(Case5-7)を設定した. シートパイルは図中Case8のように橋脚を囲む形で設置した. 無補強(Case1)を予備的に行ったところ, 通水時間90分で河床形状が概ね平衡となったので, 全ケースの通水時間を90分とした. 計測項目は水深縦断分布(通水開始0-10, 80-90分)と洗堀深(実験終了後, 計410点)であり, いずれもポイントゲージを用いた.

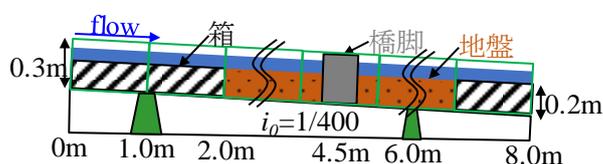


図-1 傾斜可変開水路の概要

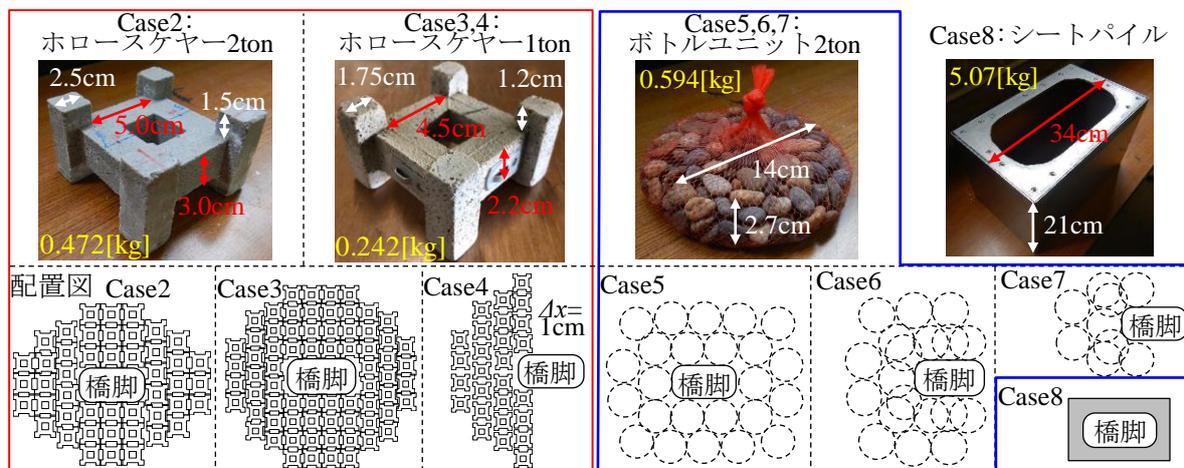


図-2 各種洗堀対策工の概要

キーワード 橋脚, 河川橋梁, 局所洗堀, 洗堀対策工, 根固め工

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 TEL04-7124-1501 (内線 4072)

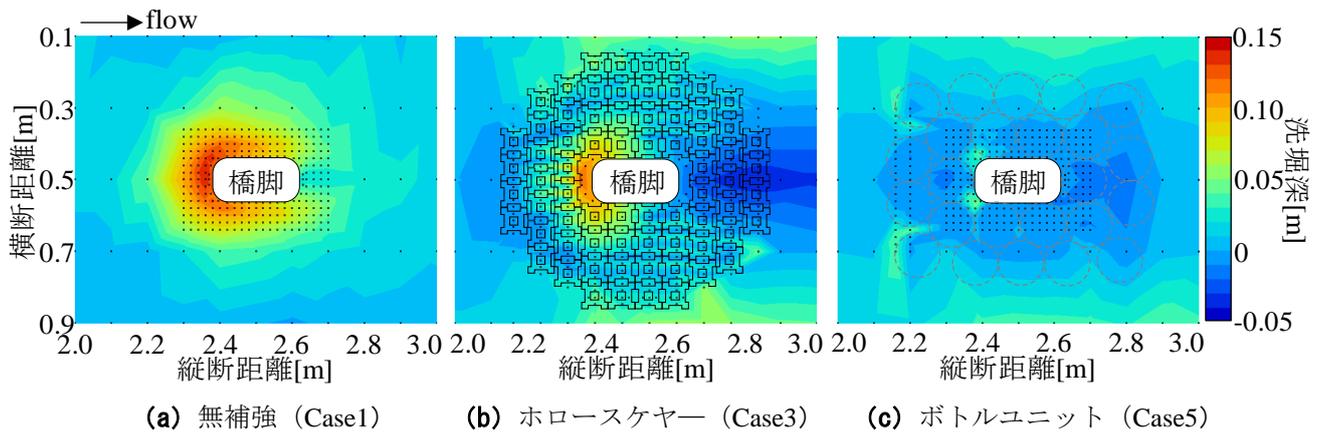


図-3 橋脚周辺における洗掘深コンター (図中の点はポイントゲージ計測点を示す. (b), (c)は対策工の配置も図示している). 流向は左から右である.

3. 実験結果と考察

(1) 橋脚周辺の洗掘状況: 橋脚周辺における洗掘状況の基本特性を把握するため、無補強 (Case1) とホロースケヤー (Case3)、ボトルユニット (Case5) における90分間の通水終了後の洗掘深コンターを図-3に示す。ここでの洗掘深は初期河床面を0とした結果である。また、Case3と5における補強工配置は図中に描かれているようにいずれも橋脚周囲である。これより、無補強 (Case1) では、橋脚上流側の洗掘が進み、橋脚下流側は堆積傾向が見られる、という一般的な局所洗掘パターンが発生していることが分かる。一方、ホロースケヤー (Case3) においても、橋脚上流側が洗掘されているが、Case1と比べて洗掘深が小さく、洗掘範囲も大幅に減少している様子が伺える。さらに、ボトルユニット (Case5) のケースでは、洗掘深も大きく減少しており、橋脚周辺では局所洗掘が大幅に抑制されている。このようにブロック工や礫入りの袋材を根固め工として用いることで、橋脚周りの洗掘状況が大きく変化することが示された。

(2) 全ケースの最大洗掘深と洗掘面積の比較: 全ケースにおける洗掘状況を定量的に比較するために、最大洗掘深と洗掘面積を図-4に示す。まず、無補強 (Case1) における最大洗掘深 (=0.1393m)、洗掘面積 (=0.7675m<sup>2</sup>) を基準とすると、ホロースケヤー (Case2-4) とボトルユニット (Case5-7) ではいずれも下回っており、補強効果が確認される。特に、ボトルユニットは非常に効果的であり、補強範囲を狭めても (Case6-7)、その補強効果が維持されていることが最大洗掘深から分かる。ボトルユニットの補強効果が高い要因としては、礫を袋材に詰めるボトルユニットは「透過型」の補強工法であるため、局所洗掘を引き起こす橋脚周辺のらせん渦が大きく減衰したためであると考えられる。またシートパイル (Case8) では、最大洗掘深・洗掘面積共に無補強と同程度となっており、シートパイルを用いる場合には十分な根入れ深さが必要となることが示された。

(3) ホロースケヤーにおける施工範囲の影響: 施工範囲別に耐洗掘効果を確認するために、ホロースケヤーを例として、洗掘深9cm以上の洗掘範囲を重ねて表示したものを図-5に示す。ここでは、無補強 (Case1) とホロースケヤー (Case3, 4) の結果を図示している。これより、ホロースケヤーは2ケース共に、Case1よりも洗掘範囲が減少しているだけでなく、補強範囲が異なるCase3とCase4の洗掘範囲が概ね一致していることが分かる。同様の傾向はボトルユニットでも確認された。これより、洗掘が顕著となる橋脚上流側の洗掘対策には、補強工を橋脚上流側に設置するだけで十分な効果を発揮することが明らかとなった。

参考文献:

- 1) 運輸安全委員会: 南海電気鉄道(株) 南海本線列車脱線事故 (平成29年10月22日発生), 2019.
- 2) 福岡, 富田, 堀田, 宮川, 土木学会論文集, No. 497/II-28, pp. 71-79, 1994.

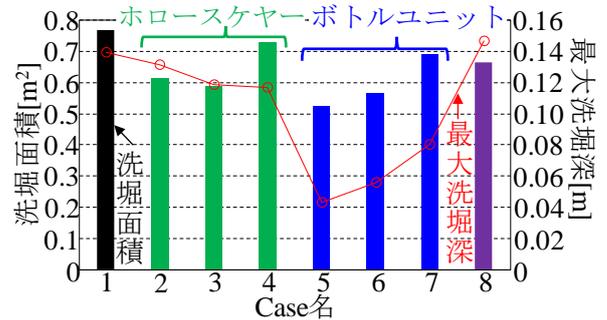


図-4 全ケースの最大洗掘深と洗掘面積の比較

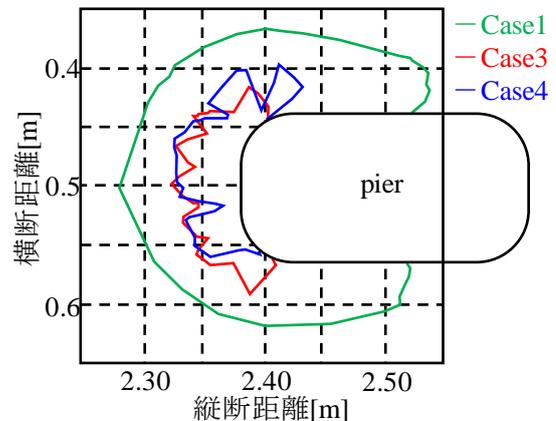


図-5 Case 1, 3, 4の洗掘深9cm以上の洗掘範囲