

## 橋脚底面の状態に着目した洗掘模型実験

鉄道総合技術研究所 正会員 ○ 樺 健典  
 鉄道総合技術研究所 正会員 馬目 凌  
 鉄道総合技術研究所 正会員 渡邊 諭

### 1. はじめに

近年、気候変動に伴う豪雨が頻繁に生じており、鉄道の河川橋りょうでは洗掘の発生が懸念される場面が増えている。これらの橋脚の健全性をより適切に把握する手法を構築するため、洗掘の進行メカニズムの解明が望まれている。著者らは既往の研究において、地盤材料の違いによる洗掘の進行度と、橋脚の洗掘に対する健全度評価指標の一つである固有振動数との関係を水理模型実験から考察した結果、洗掘の進行に伴う固有振動数の低下傾向が地盤材料によって異なる可能性を確認した<sup>1)</sup>。そこで、このような差異が生じた原因について考察することを目的として実施した、半断面橋脚模型を用いた洗掘実験について報告する。

### 2. 実験概要

水路模型は、図1に示す長さ3,000mm、断面500mm×500mmの鋼製水路を用いた。水路中央部には、片面に透明のアクリル板を設置した土槽が設けてあり、流水中の橋脚の洗掘状況を確認できる構造となっている。橋脚模型は鉄道橋りょうによく用いられている小判型の断面形をもつ柱状体をモルタルコンクリートにより実物大の1/35スケールで再現したものである。橋軸直角方向（水路の流下方向）延長140mm、幅70mm、高さ250mmで製作し、本実験ではこれを幅40mmでカットした半断面模型として使用した。半断面橋脚模型のカットした面を図2のように水路のアクリル板に接するよう設置し、背面側へ転倒せず橋軸直角方向には可動となるよう、単管柱により低拘束力で支持した。なお、根入深は75mmとした。地盤材料については「7号珪砂」及び「稲城砂」を用い、乾燥密度を概ね $\rho_d=1.5\text{g/cm}^3$ として構築した後底面から注水して飽和させた。

計測機器として、レーザー変位計（KEYENCE社製IL-S100）を、橋軸直角方向の変位が計測できるように設置した。アクリル面側にデジタルビデオカメラを設置し、洗掘の進行とそれに伴う模型橋脚の挙動について動画撮影を行った。水路下流端には貯留水槽を設け、ポンプにて水を循環させ水流を発生させた。

### 3. 実験結果

実験中の状況の例を図3に示す。撮影した動画から動画処理ソフトウェア（Kinovia0.8.25）を用いて、洗掘が橋脚底面まで進行したときの洗掘断面形状及び橋脚の位置を数値化した。得

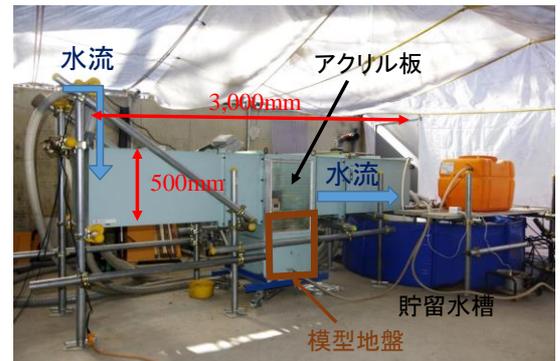


図1. 水路模型



図2. 模型橋脚の設置状況

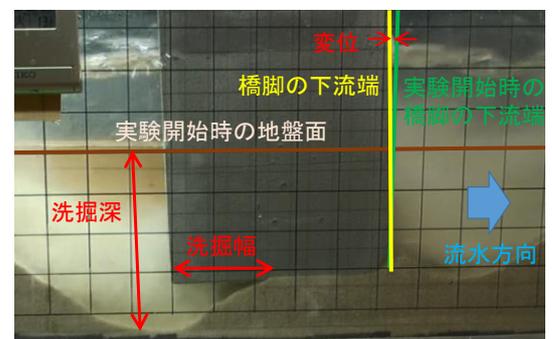


図3. 模型橋脚を正面から見た状況

キーワード 洗掘、変位、固有振動数、支持力、模型実験

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7263

られた洗掘断面形状と橋脚位置の経時変化を図4に示す。図4では、7号珪砂と稲城砂のそれぞれについて、同じ時刻の洗掘断面形状と橋脚位置は同じ色で示している。7号珪砂では底面の地盤が小崩壊を断続的に繰り返し、それに伴って橋脚が上流側へスライドしながら傾斜・沈下するような挙動を示したのに対して、稲城砂では洗掘深がおよそ60mmに達した後に底面の地盤が脆性的に大きく破壊し、橋脚が下流端を中心に回転するような形で傾斜・沈下する挙動を示した。

次に、底面の洗掘幅とレーザー変位計で計測した橋脚の橋軸直角方向の変位の関係を図5に示す。7号珪砂では底面の洗掘が進行するとともに徐々に変位が拡大しており、洗掘幅の増加とともに次第に橋脚基礎が不安定化したことが分かる。一方で、稲城砂では底面の洗掘幅がおよそ60mmに達した時点から顕著に変位が拡大しており、橋脚基礎の不安定化が急速に進行したことが分かる。

4. 考察

鉄道橋りょうにおいて橋脚健全度評価指標として一般的に用いられている固有振動数の挙動は、橋脚基礎の支持力の変化と関連しているとされる<sup>2)</sup>。既往の水理模型実験では、底面付近まで洗掘された後の更なる洗掘の進行に従う固有振動数が、7号珪砂では徐々に低下するのに対して、稲城砂では倒壊直前に急激に低下することが確認されている<sup>1)</sup>。このような地盤材料による固有振動数の低下傾向の違いは、本実験結果において確認された底面の破壊形態の差異が橋脚基礎地盤の支持力の低下傾向に影響した結果と解釈できる。すなわち、橋脚の底面における破壊形態の差異が地盤材料による固有振動数の低下傾向の違いの要因の一つとして考えられる。

一方で、橋脚底面の洗掘状態を直接把握するのは現実的に困難であることから、一般には上流側の洗掘深を計測する試みがなされている。洗掘深及び底面の洗掘幅の相関を図6に示すが、底面の洗掘幅が拡大した倒壊直前を除けば7号珪砂、稲城砂とも、高い相関がみられる。従って、固有振動数が急激に低下する地盤材料についても、洗掘深を計測できれば図6に示すように底面の洗掘幅が推定でき、地盤の支持状態から橋脚の状態を評価できる可能性があると考えられる。

5. おわりに

橋脚底面の状態に着目した水理模型実験を行い、地盤材料による固有振動数の低下傾向の差異が生じる要因について考察した。本実験は縮小模型実験であるため実橋りょうにおいてこれらの地盤材料が必ずしも同様の挙動を示すとは限らないが、同様の検討を様々な粒径・粒度分布の地盤材料に対して行うことで橋脚基礎の健全度評価指標としての固有振動数の低下傾向の特徴を地盤材料ごとに整理できると考えられる。

参考文献

- 1) 櫻健典, 宮下優也, 渡邊諭, 太田直之: 振動と変位に着目した洗掘模型実験, 土木学会第71回年次学術講演会, III-140, 2016.9
- 2) 西村昭彦, 棚村史郎: 既設橋梁橋脚の健全度判定法に関する研究, 鉄道総研報告, Vol.3, No.8, pp.41-49, 1989.8

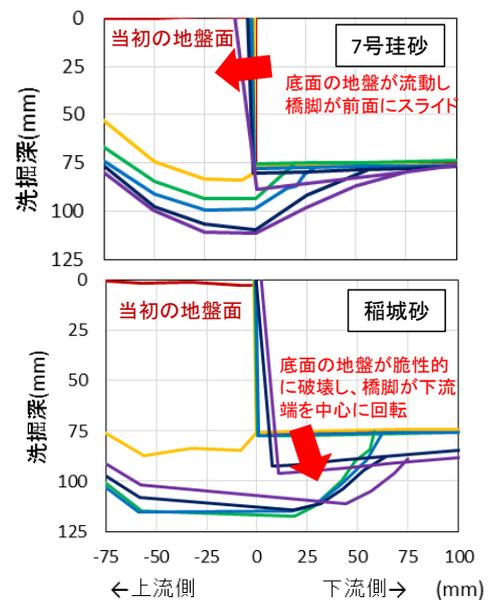


図4. 洗掘断面形状と橋脚位置の経時変化

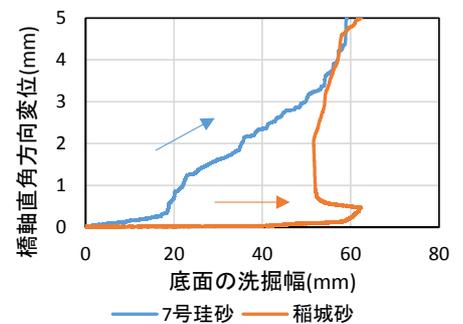


図5. 橋脚の変位と底面の洗掘幅の関係

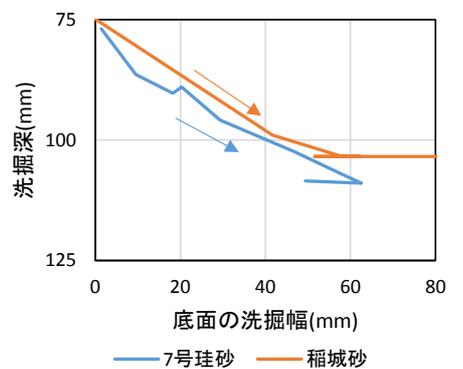


図6. 洗掘深と底面の洗掘幅の関係