

豪雨時に鉄道河川橋脚基礎に発生する洗掘現象に及ぼす河床材料の影響に関する調査

【2020 年度 KR-078】

東京大学大学院 工学系研究科社会基盤学専攻
准教授 渡邊 健治

1. 調査研究の背景

近年、豪雨により河川橋脚基礎の周辺地盤に洗掘が発生し、橋脚が沈下・傾斜する被害が多発しているが、洗掘現象に及ぼす河床材料の影響は解明されていない。橋脚の不安定化を評価する上で重要な現象が「河床材料の細粒分の吸出し現象」である。これは、水の流れにより粒径の小さい細粒分が徐々に抜け出す現象であり、例えば平成 24 年九州北部豪雨における JR 久大本線（隈の上川橋りょう）もこの現象により被災した。この現象が発生すると、全く予兆がないまま突然橋脚が沈下するため、現場の維持管理を難しくする。そこで本研究では、この「吸出し現象」に着目した模型実験を行い、その発生条件および橋脚の不安定化に及ぼす影響を検証することを目的とする。

2. 調査研究の概要

本調査研究では、①河床材料の吸出し現象に着目した模型実験、②近年洗掘により被災した河川橋りょうの現地視察、を行った。具体的に以下にその方法を記載する。

(1) 河床材料の吸出し現象に着目した模型実験

東京大学が所有する小型水路を用いて、河床材料の粒度、粒度分布を詳細に変化させた小型水理実験（図 1、図 2）を行い、橋脚模型周辺地盤の洗掘現象を再現した。実験では、洗掘過程における橋脚の変位や橋脚底面での地盤反力、さらに橋脚模型周辺の局所洗掘深を計測した。本研究では、特に河床材料を構成する礫材および砂材料の混合比率に着目し、表 1 に示すように砂分と礫分の混合比率が異なる河

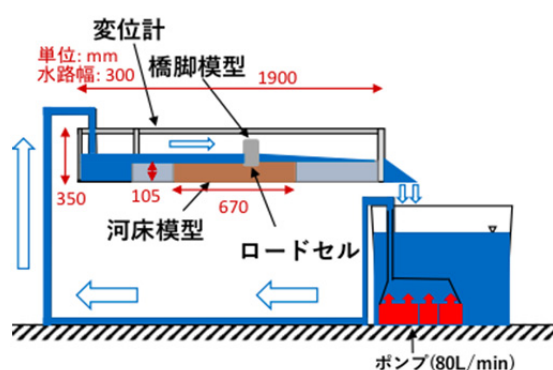


図 1 実験装置の概要図

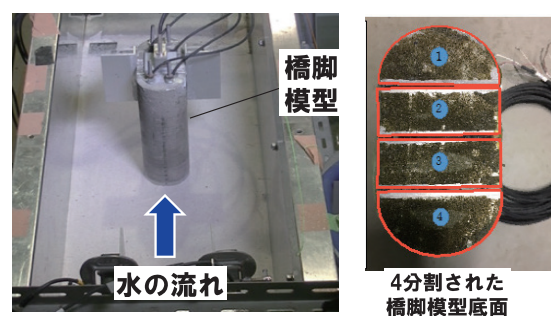


図 2 水理実験の様子、橋脚模型底面部の構造

表 1 実験に用いた河床材料模型の物性

ケース番号	試料概要	最大粒径 [mm]	最小粒径 [mm]	D ₅₀ [mm]	最大密度 [g/cm ³]	最小密度 [g/cm ³]	最大間隙比	最小間隙比	乾燥密度 [g/cm ³] (Dr=79%)	間隙比 (Dr=79%)	相対密度 [%]	根入れ深さ [mm]
case8"	珪砂7号	0.425	—	0.22	1.524	1.178	1.235	0.728	1.435	0.834	79	30
case19	混合土(礫材:珪砂=10:90)	9.5	—	0.225	1.599	1.298	1.029	0.647	1.525	0.727	79	30
case13"	混合土(礫材:珪砂=50:50)	9.5	—	—	1.781	1.563	0.689	0.482	1.73	0.526	79	30
case15'	混合土(礫材:珪砂=75:25)	9.5	—	2.80	1.929	1.566	0.688	0.370	1.839	0.437	79	30
case18'	混合土(礫材:珪砂=90:10)	9.5	—	3.00	1.771	1.541	0.717	0.494	1.717	0.541	79	30
case4"	礫材	9.5	0.85	3.1	1.640	1.480	0.790	0.610	1.604	0.651	79	30

床地盤に対して、系統的な水理実験を行い、粒度分布が洗掘抵抗性、洗掘の進行速度、橋脚の不安定化に及ぼす影響を評価した（図 3）。また、実験前後の橋脚周辺の河床材料の砂礫混合比率の変化を測定することにより、細粒分の吸出し現象の発生の有無を評価した（図 4）。これらの模型実験から得られた結論は以下である。

- ・ 洗掘により橋脚が不安定化する過程において、地盤反力分布の変化は河床材料の種類にあまり依存しない（図 3）。
- ・ 相対密度を一定とした条件下では、礫材に少し珪砂を混合した混合土は、礫材単材料に比べ洗掘抵抗性が大きくなる
- ・ 相対密度を一定とした条件下では、粗粒土の混合割合は河床の洗掘抵抗性に大きな影響を与える。

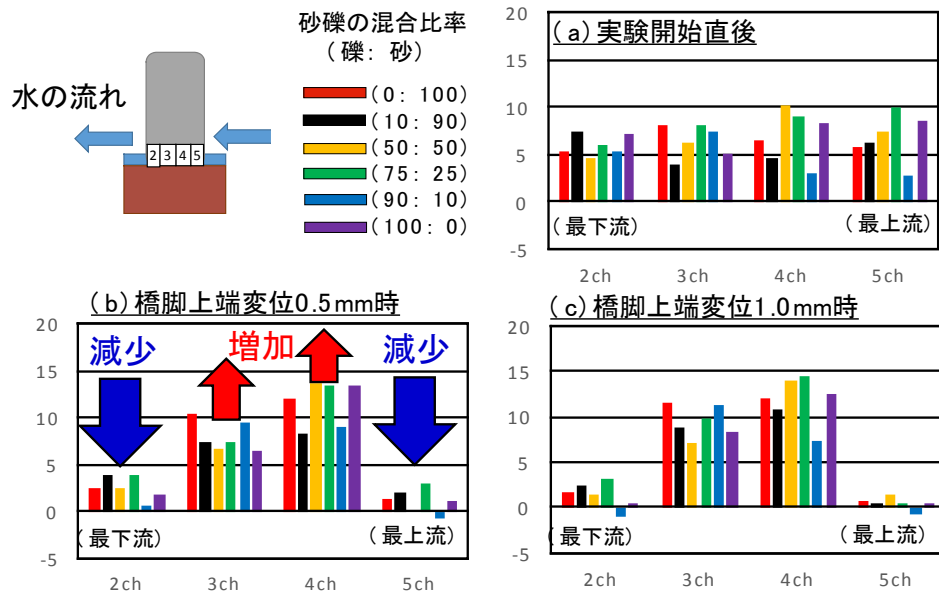


図 3 各水平変位レベルにおける地盤反力分布

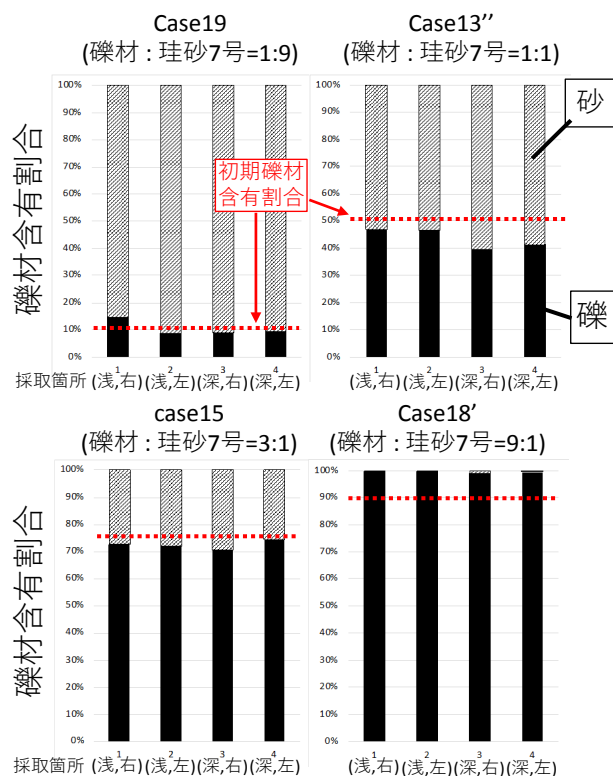


図 4 実験後の河床材料の砂礫混合比率の比較

- ・礫材が極端に多い条件下（礫：砂=9:1）では細粒分の吸い出しが顕著になる（図4）。また、この条件下では、河床の洗掘抵抗性は最も大きかったものの、橋脚模型に一旦変位が生じ始めるとその後、急速に変位が進展するため、現場の点検・維持管理で注意すべきであることが分かった。

（2）令和元年台風19号により被災した河川橋りょう（JR八高線神流川橋りょう）の視察

神流川橋りょう（群馬県）はJR八高線の群馬藤岡駅～丹荘駅間を流れる神流川にかかる鉄道橋りょうである（1930年構築）。令和元年東日本台風による出水を受け、10P橋脚基礎周辺の河床地盤が洗掘を受けることで橋脚の沈下・傾斜が生じ、上部工の軌道に変位が生じた。当該橋りょうの被災で特徴的であったのは、①10P橋脚のみ洗掘対策工が実施されていなかったこと、②台風19号の襲来2日後の10月12日に、河川水位が規制値以下に下がったことを確認した上で運行を再開したが、その7日後の10月18日に10P橋脚に沈下・傾斜が発生したこと、の2点である。

これらの原因を探るために当該橋りょうの視察、および文献調査等を行った。衛星画像が存在する1974年以降の流況を見ると、神流川は滯筋の変化が激しく、当該橋脚は被災前に高水敷に存在してい

たものの、今回の増水により滯筋が変化し、その後、当該橋脚が常時、川の流れを受け続ける状態になったことが確認された。また、令和2年11月30日に現地調査を行い、河床材料・河床勾配を調査したところ、当該河川は同等の勾配（1/200程度）を有する国内の他河川に比べて河床材料の平均粒径（ D_{50} ）が小さく、洗掘に対する抵抗性が低い河床地盤であることが分かった。

3. 調査を終えて

河川橋脚の洗掘被害については多くの研究事例があるが、橋脚の安定性に及ぼす河床材料の種類の影響を検討した事例や、被災橋脚周囲の流況・河床材料を河川工学の視点で調査した事例は少ない。今後、河床材の影響、吸出し現象の発生条件、吸出しに伴う河床地盤の強度・剛性の変化についても、地盤工学および河川工学の両方の視点から検討を継続する必要がある。□

参考文献・引用文献等

- 1) 丸山 貴広，嶋倉 ちづる，関口 湧斗：八高線神流川橋りょう洗掘被害．日本鉄道施設協会誌（2020.6），411-412.