

令和 6年 4月 25日

公益信託 NEXCO 関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金
受託者 三菱UFJ信託銀行株式会社 宛

研究概要書

研究課題：3Dプリンティング技術を活用した河川橋りょう基礎の洗掘防止対策
工の効果検証

研究代表者：東京大学大学院工学研究科 教授 渡邊 健治
共同研究者：東京大学大学院工学研究科 特任講師 大野 元寛

はじめに

近年の豪雨による河川増水により、河川を横断する高速道路の橋梁基礎において洗掘が発生し、橋梁に大きな沈下・傾斜が発生する事例があり、国道、都道府県道でも同様の被害が多く発生している。応募者らはこれまでの基礎研究により、①洗掘は橋脚基礎上流部で生じる下降流によって発生すること、②最大洗掘深は橋脚の形状の影響を受け、特に橋脚幅が増加すると洗掘深が深くなること、を明らかにした。本研究では3Dプリンタを活用し、橋脚の3次元形状を工夫することにより、洗掘被害を軽減する工法開発を目指す。

1. 研究の目的

近年、コンクリートなどのセメント系材料を用いた3Dプリンティング技術(3DCP)の実用化に関する研究が進み、日本国内でも実構造物に適用された事例が増えつつある。3DCPを用いた工法では、従来の工法に比べて構造物のデザインの自由度が飛躍的に向上し、特に自由曲面を持つような形状の実現が可能になる。本研究では、従来は実現が難しかった3次元形状を持つ橋脚を適用することで豪雨時・河川出水時に橋脚基礎周辺で生じる局所洗掘を軽減することに着目した。具体的には、水理模型実験により、橋脚の3次元形状が局所洗掘の形状・進行過程に及ぼす影響を明らかにし、従来形式の橋脚との比較を行うことを目的とした。

2. 実験手法

直線状の開水路内に模擬地盤を製作し、橋脚模型を設置して通水を行うことで、通常時～中規模出水時の中流域河川内の橋脚を再現した(図-1)。模型縮尺は1/30、橋脚幅は70mm、水路幅は604mm、初期根入れ深さは58mmである。これらの条件はすべてのケースで統一し、橋脚模型の形状のみをケースごとに変化させた。流量は20分ごとに75L/minから990L/minまでおおむね等しい間隔で段階的に引き上げていき、橋脚模型が倒壊したと判定するまで通水を続けた。

橋脚模型の形状は、水平断面が半円と直線で構成され、鉛直断面には傾斜がついていない小判型と呼ばれるものを「基本形」とし、そのほかに水平断面形状を変えたものを1種類（尖端形）、鉛直断面形状を変えたものを3種類（縦長形、傾斜形、曲線形）用いた（図-2）。これら3種類は同一の底面形状を有し、「傾斜形」と「曲線形」は同一の天端形状を有する。

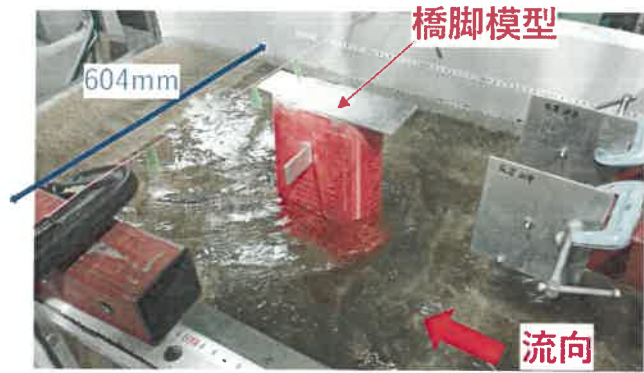


図-1 実験装置外観

3. 実験結果

倒壊までの変位の時刻歴を図-3に示す。同じ鉛直断面形状をもつ基本形と尖端形を比較すると尖端形の方が倒壊までの時間が長くなったものの、鉛直断面形状を変えた残りのケース（傾斜形、曲線形）よりは先に倒壊している。このことから、水平断面形状を変更するよりも鉛直断面形状を変えた方が洗掘に対しては効果的であることが分かる。また、底面形状が同一である3種類を比較すると、縦長形、傾斜形、曲線形の順に倒壊が早いことから、単に橋脚全体を河川流下方向に長くするよりも、鉛直断面を3次元形状に変更する方が効果的であることが分かった。

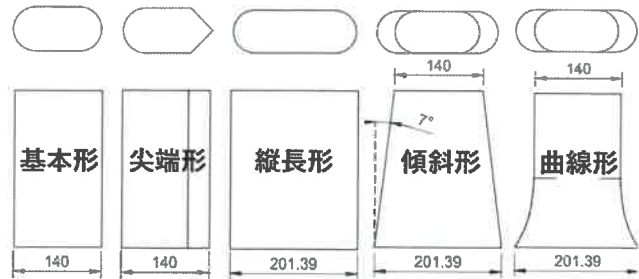


図-2 使用した橋脚形状（単位：mm）

図-4に縦長形と曲線形の橋脚模型における洗掘過程を示す。縦長形の場合、橋脚上流端から始まる洗掘が橋脚底面に到達しても（①）そのまま進行し続ける（②）が、曲線形の場合、橋脚上流端から始まった洗掘が橋脚底面に到達する（①）と、橋脚側方での洗掘が進行し始め（②）、その間上流端での洗掘は一時的に停止する。その後、側方の洗掘が十分に進んだのち上流端の洗掘も再び進行するようになり（③）、倒壊に至った。これにより曲線形の方が変位の進行が緩慢であった（図-3）と想定される。このような鉛直断面形状の変更による洗掘過程の差は橋脚上流端で生じる下降流の向き・速度の変化により、局所洗掘の形状や進行過程が変化したためだと考えられ

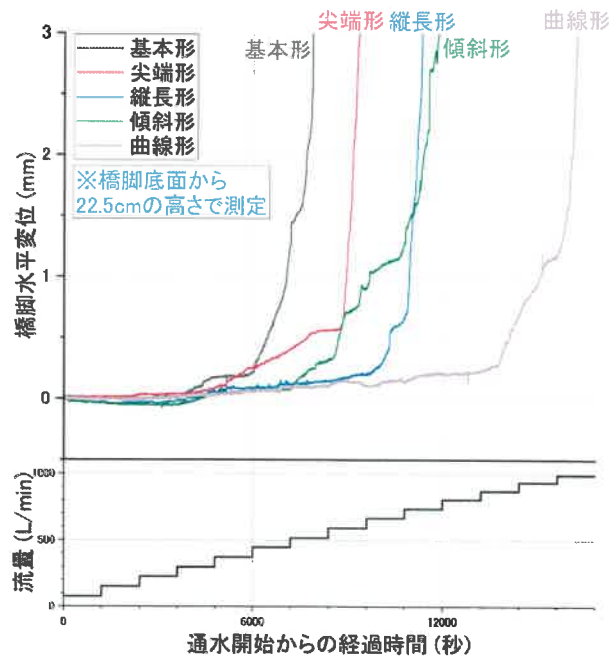


図-3 各橋脚の水平変位の時刻歴

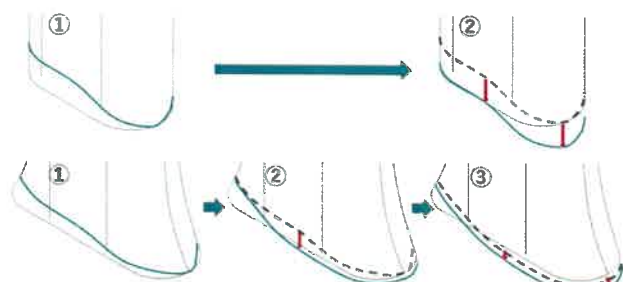


図-4 橋脚の鉛直断面形状による洗掘過程の差

るが、今後詳細の検討が必要である。

4. まとめ

系統的な水理模型実験を実施することにより、橋脚底面（基礎）の形状・底面積が同一でも、上下流端が鉛直な形状より、傾斜・曲線を有する方が洗掘に対して粘り強い挙動を示すことを確認した。また、橋脚の水平断面形状よりも鉛直断面形状を変更する方が洗掘の進行に対して効果的であることを確認した。これらの結果は橋脚の鉛直断面を3次元形状とすることで河積阻害率を上げることなく、よりスリムで洗掘されにくい橋脚が実現可能であることを示している。今後は水平・鉛直の両断面形状を同時に変化した場合の効果の検討、洗掘の進行過程に対する河床材料の粒度分布の影響、さらに3次元形状橋脚の現場での施工性についての検討が必要となる。