

# 中規模出水時に生じる局所洗掘が河川橋梁基礎の不安定化に及ぼす影響

## Influence of Local Scour on Destabilization of River Bridge

### Foundation during Middle Flooding

竹崎 奏詠

(2023年度 修士論文概要)

東京大学大学院 社会基盤学専攻 土質・地盤研究室



東京大学  
THE UNIVERSITY OF TOKYO



流向

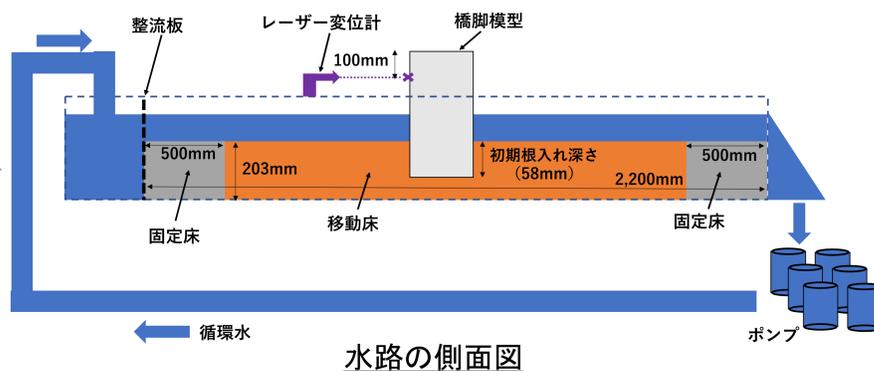
令和4年8月に中規模出水で被災した濁川橋梁(JR磐越西線)

**背景** 近年、既往最高水位を大きく下回る中規模出水時に、河川橋脚が局所洗掘によって倒壊する事例が増加傾向にある。また、近年の洪水の特徴として、1. 洪水継続時間が比較的**長く**、2. 水位が**急上昇**する時間帯が見られることが挙げられる。そこで、洪水継続時間および水位の上昇速度が橋脚の不安定化に与える影響について実験的検討を行った。また、実施した実験ケースに対して、洗掘により流失した土砂量の理論的計算も行った。

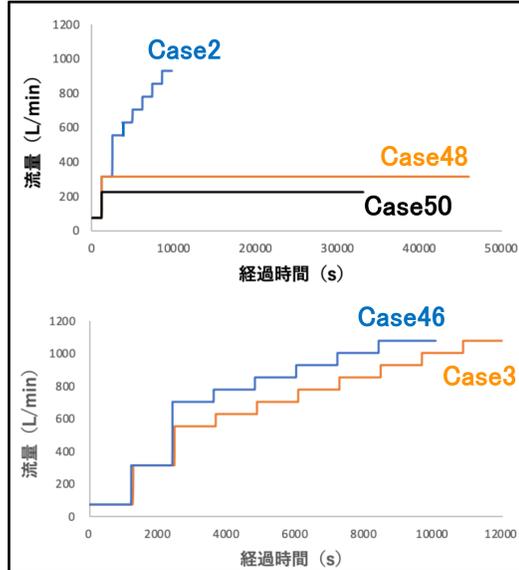
### 実験条件

水路中に河床模型(スケール比: 1/30)を構築し、その上に所定の根入れ深さで小判型の橋脚模型を設置して水を流し、橋脚模型の上・下流方向の水平変位を測定する実験を行った。流量はポンプによって最大1080L/min(実スケール換算で88.7m<sup>3</sup>/s)まで段階的に増加させた。なお、実験ケース間で河床勾配、初期根入れ深さ、相対密度を統一し、Case2, 3, 46では最大流量を除き、各流量の流水時間を20分に設定した。

| 実験条件       |        |   |       |             |         |
|------------|--------|---|-------|-------------|---------|
| 検討項目       | Case   | 河床材料                                      | 河床勾配  | 初期根入れ深さ(mm) | 相対密度(%) |
| 流水時間の影響    | Case2  | 珪砂4号<br>(d <sub>50</sub> =0.74 mm)        | 1/400 | 58          | 79      |
|            | Case48 |   |       |             |         |
|            | Case50 |   |       |             |         |
| 水位の上昇速度の影響 | Case3  | 珪砂2号:7号=1:1<br>(d <sub>50</sub> =0.85 mm) |       |             |         |
|            | Case46 |   |       |             |         |

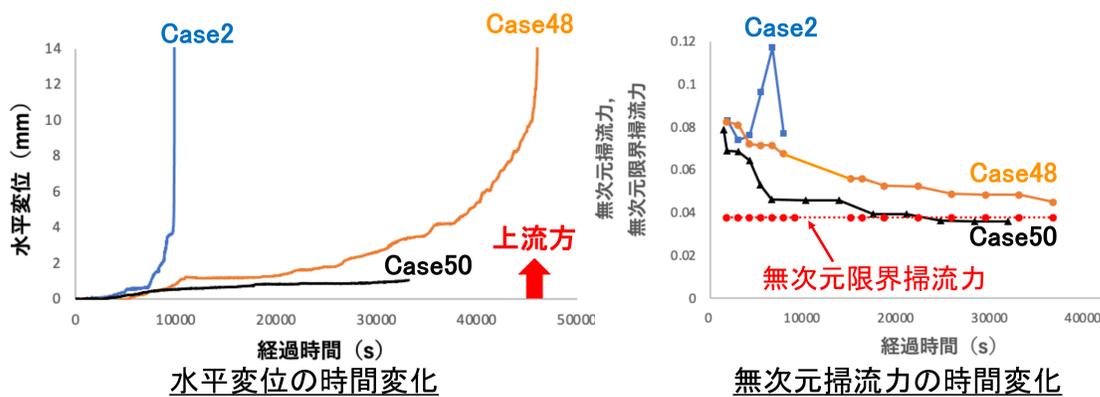


### ハイドログラフ



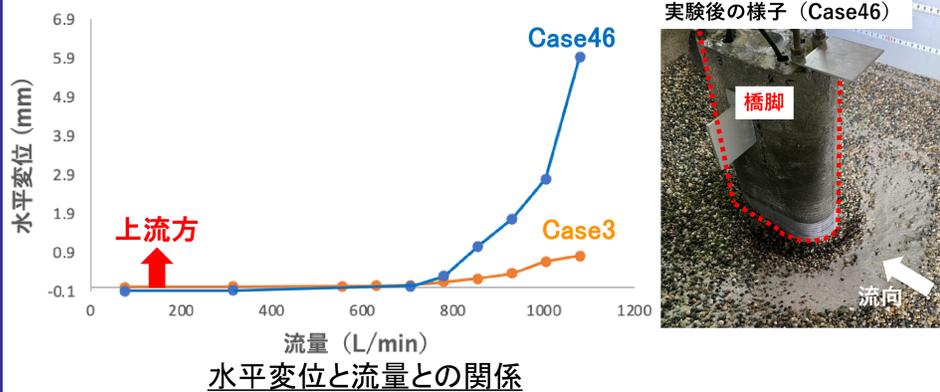
### 実験結果(洪水継続時間の影響)

低流量下であっても橋脚の変位が**時間とともに進行**したケース(Case48)と、変位が**途中で収束**したケース(Case50)が見られた。この差異が生じた理由は、Case48では時間の経過によらず、橋脚左岸側側面の河床に作用する無次元掃流力が無次元限界掃流力を**上回っている**のに対し、Case50では変位の進行が収束した時の経過時間(18000秒付近)以降の時間帯では無次元掃流力が無次元限界掃流力を**下回っている**ことから説明される。



### 実験結果(水位の上昇速度の影響)

流量を**急増**させた実験ケース(Case46)では、流量を段階的に増加させた実験ケース(Case3)に比べ変位の進行が**急**であった。これは、Case46では流水時間が**短く**、洗掘孔内の粗化が十分進行する**前**(i.e. 粒子骨格が安定構造になる**前**)に流量を**急増**させたため変位が**急激**に進行したと推測される。

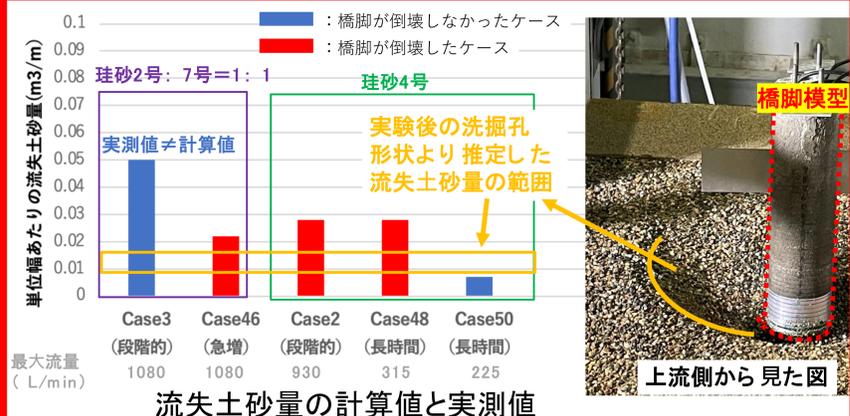


### 洗掘によって流失した土砂量の理論計算と実測値との比較

単粒度地盤では、橋脚左岸側側面の流砂量 $q_B$ を以下の式を用いて求めた。混合材地盤では、以下の式に砂礫混合比の時間変化および、礫の突出効果と砂の遮蔽効果を考慮して流砂量を求めた。そして、求めた流砂量を時間積分することで流失土砂量を求めた。

$$q_B = \frac{\sqrt{sg}(\tau^* d)^{1.5}}{\mu_d} \left(1 - \sqrt{\frac{\tau_c^*}{\tau^*}}\right) \left(1 - \frac{\tau_c^*}{\tau^*}\right) f(z_b)$$

s: 土粒子の水中比重, g: 重力加速度(m/s<sup>2</sup>), d: 平均粒径(m),  $\mu_d$ : 動摩擦係数,  $\tau^*$ : 無次元掃流力,  $\tau_c^*$ : 無次元限界掃流力,  $f(z_b)$ : 速度分布関数



珪砂4号の場合、Case2, 48では両者で流水時間が大きく異なるものの**流失土砂量の計算値が同レベルになった**。また、橋脚が倒壊した実験ケースは橋脚が倒壊しなかった実験ケースに比べ、流失土砂量の計算値が**大きくなっており**、実測値と計算値も**概ね対応**していることがわかる。

### まとめ

- 低流量下でも橋脚の変位が**時間とともに進行**する場合と**途中で変位が収束**する場合があります。掃流力と抵抗力との関係を求めることでその違いを説明することができた。
- 流量の上げ幅が**急**な程、橋脚の変位の進行が**急**になり得る。
- 単粒度に対しては、「**流出土砂量**」を用いることで、**流水時間の影響と倒壊の有無**を統一的に説明できる可能性がある。