

# 内部侵食を受けた砂質土の繰返し変形特性と剛性の変化に関する研究

Study on cyclic deformation characteristics and change in stiffness of suffused soil



東京大学  
THE UNIVERSITY OF TOKYO

西永 侑生

(2022年度 卒業論文概要)

東京大学 工学部 社会基盤学科 土質・地盤研究室

## 概要

河川橋りょうにおいて、橋脚が大規模出水による河床侵食・洗掘により変位や傾斜が生じる被害が相次いでいる。特に出水時に変位が見られなかった橋脚に、その後の列車荷重で突然変位が生じる「遅れ変位」という現象が橋りょう維持管理の観点から問題となっている。

本研究では、この「遅れ変位」について、橋脚基礎地盤での内部侵食が寄与していることを前提にして、実際の橋りょうの維持管理でこの現象を未然に検知できるかについて明らかにすることを目的としている。三軸試験機を用いた侵食試験、繰返し載荷試験を実施し、各試験の前後で剛性などの地盤変形特性を調べた。



左図：鉄道車両通過時の遅れ変位による橋りょうの変位(神流川橋梁)  
出典：「八高線神流川橋りょうで発生した橋脚洗掘の原因と対策」(丸山ほか)

### ◇衝撃振動試験

重錘で橋脚に衝撃力を与えて応答を計測し、フーリエ解析により橋脚の固有振動数を評価する。

固有振動数の低下から橋脚基礎地盤の残存支持力の低下を検知する。

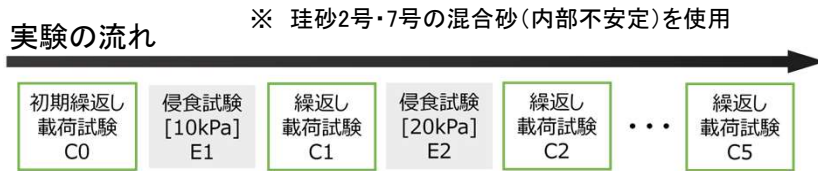


上図：衝撃振動試験の概要図

## 実験手順

載荷試験・侵食試験の間に微小ひずみ載荷試験を実施。

侵食試験では、供試体に与圧の異なる2つのタンクに接続して上向き浸透流を与える。



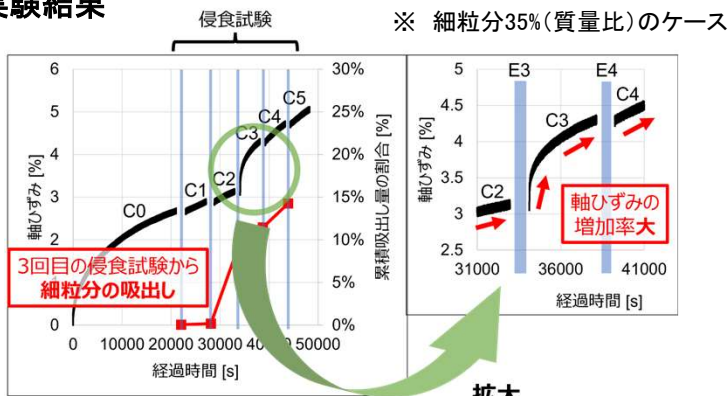
C0: 長年の列車通過を模擬

E1~5: 出水を模擬 ([ ]内: 上下流タンクの水頭差・10kPaずつ上げる)

C1~5: 出水後の列車通過を模擬 (載荷回数300回)



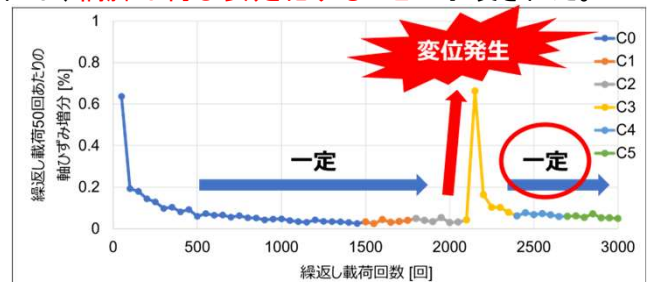
## 実験結果



鉛直ひずみ・吸出し量の時刻歴(上図)にて、3回目の侵食試験から細粒分の吸出しが見られ、直後の繰返し載荷で軸ひずみの増加率が大きくなった。

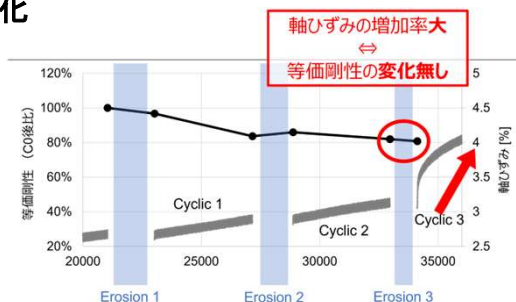
## 考察② 軸ひずみ増分の変化

繰返し載荷50回あたりの軸ひずみ増分(下図)にて、3回目の繰返し載荷で増分が大きくなったのち、4回目以降では増分が2回目までと同水準に減少した。→遅れ変位発生後に橋脚に十分に繰返し載荷を与えれば、橋脚は再び安定化することが示唆された。



## 考察① 剛性の変化

吸出しがみられた侵食試験の前後で剛性の変化は見られなかった。→衝撃振動試験による剛性の測定では遅れ変位を事前に検知できないことが示唆された。



右図：初期繰返し載荷試験直後を基準とした等価剛性と軸ひずみの時刻歴

## 結論

- ① 出水後の衝撃振動試験で固有振動数の低下が検知されず、「橋脚基礎地盤からの吸出しなし」と診断されても、列車の運行再開後に大きな変位が生じる可能性がある。
- ② 大きな変位が生じたのちに十分に繰返し載荷を与えれば、土粒子骨格構造は吸出し以前の水準に戻り、橋りょうの再供用が可能であると考えられる。



上図：保守車両を用いた繰返し載荷試験(JR東日本撮影)  
[https://twitter.com/JRE\\_Tohoku\\_Akita/status/1600734622408507392?r=20](https://twitter.com/JRE_Tohoku_Akita/status/1600734622408507392?r=20)より引用