

# 越水した場合であっても 「粘り強い河川堤防」の 耐浸透性能に関する研究

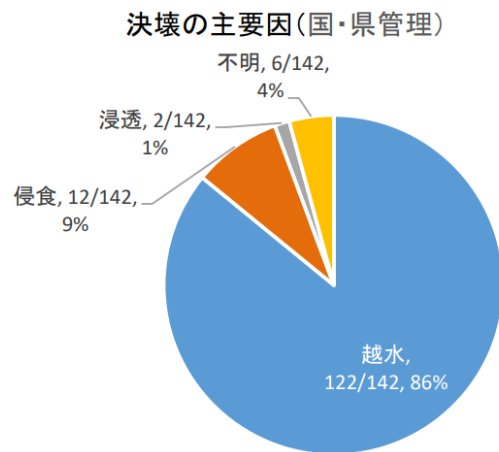
山口大学大学院 創成科学研究科

准教授 森 啓年

# 1. 序論

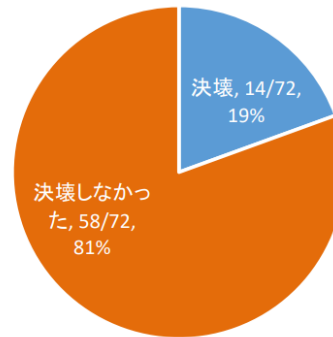
# 背景

- 近年、我が国における豪雨の発生件数が増加傾向。それに伴い、河川堤防が被災に至る事例も多く発生。
- 令和元年（2019年）に台風19号が猛威を振るった際には71河川142箇所 で堤防が決壊に至ったが、**全体の86%が越水に起因**
- 決壊に至るまでの時間を長くし、被害を最小限に抑えることを目的とした越水に対する「**粘り強い河川堤防**」の研究開発を実施



台風19号による被災要因（国土交通省）

越水箇所のうち決壊した箇所の割合  
(国管理河川)



越水による被災例（国土交通省）

# 背景・目的

- 「粘り強い河川堤防」の構造として表面被覆型と一部自立型が存在。従来の河川堤防の構造とは大きく異なり、その浸透特性は未だ不明な点が多い。
- 今後の設計の高度化のため「粘り強い河川堤防」の耐浸透性能を把握することが重要。 ➡ 現地観測と模型実験を実施

## 表面被覆型（大型コンクリートブロック）

- 越水による裏のりの侵食防止
- ブロックと土堤の境界部の維持管理課題
- 裏法ブロックによる行き止まり構造であり、耐浸透性能課題

### 現地観測（継続）



被覆型粘り強い河川堤防（佐波川）

## 一部自立型（鋼矢板やコンクリート擁壁）

- 裏法侵食時も堤防高さを保持，決壊防止
- 自立部と土堤の境界部の維持管理課題
- 自立部による堤体の遮水構造であり、耐浸透性能課題

### 模型実験



自立型粘り強い河川堤防（鋼管杭・鋼矢板技術協会）

## 2. 現地観測

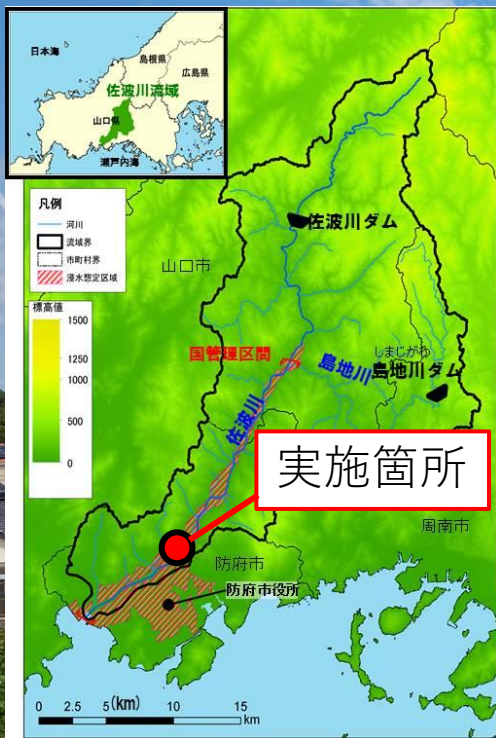


# 佐波川における越水に対して「粘り強い河川堤防」

- 表面被覆型の粘り強い河川堤防の現場での線状降水帯発生時の耐浸透性能に関する現地観測

山陽新幹線・山陽自動車道・国道2号

実施箇所





# 佐波川堤防観測箇所



観測井・水位計



# 粘り強い河川堤防と観測位置（平面）

粘り強い河川堤防整備区間（一部予定）

起点：  
防府総合用水堰

終点：  
9k100

右岸下流区間

右岸上流区間

7k800/8k000  
水位計

佐波川

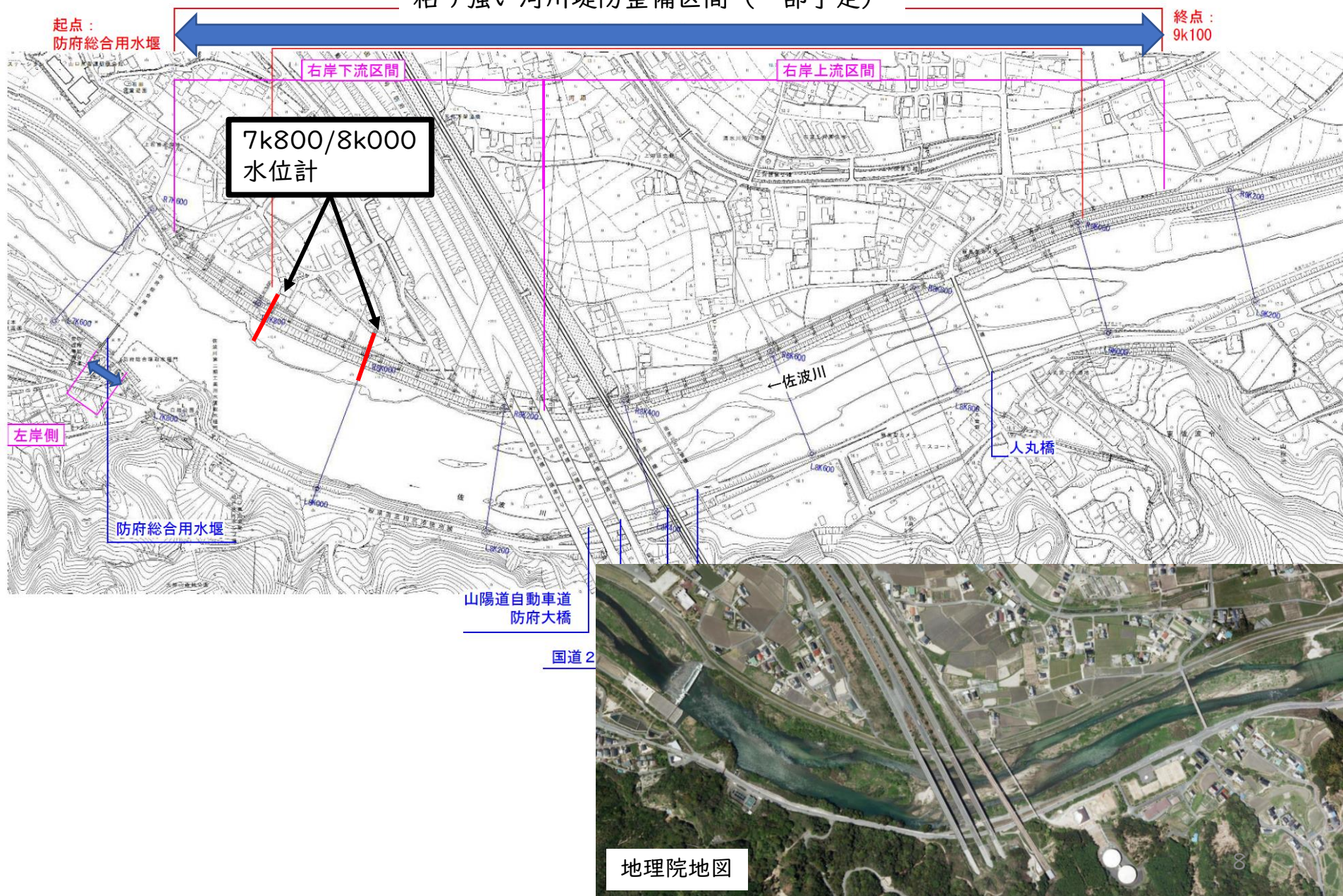
人丸橋

防府総合用水堰

山陽道自動車道  
防府大橋

国道2

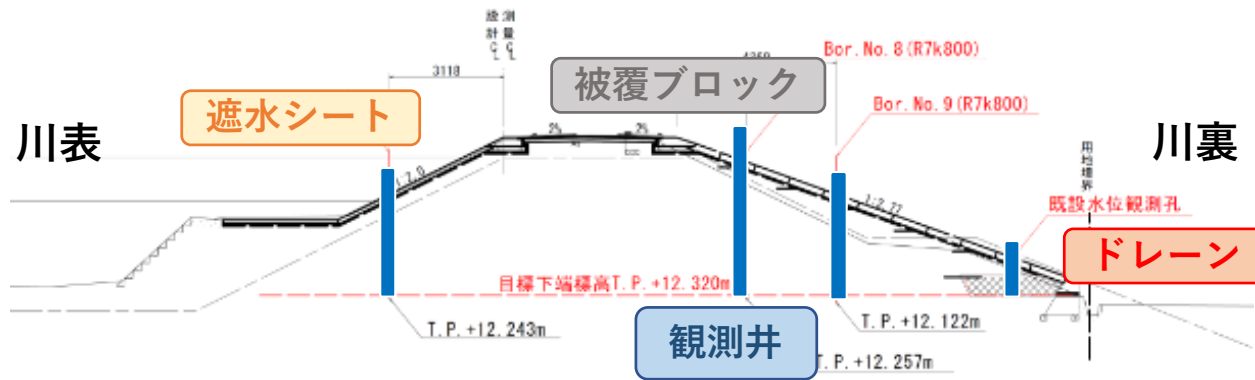
地理院地図





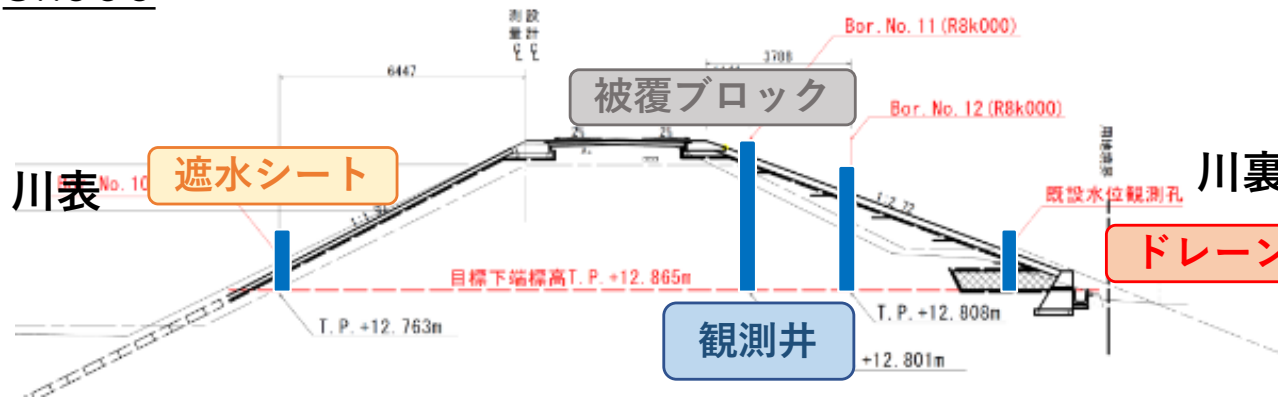
# 粘り強い河川堤防と観測位置（横断）

7k800



水位観測井

8k000

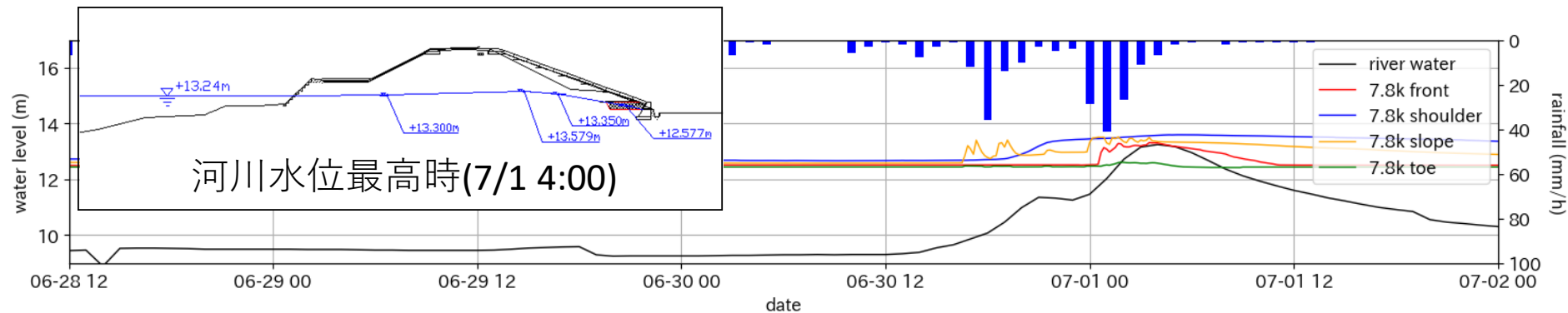


絶対圧式水位計

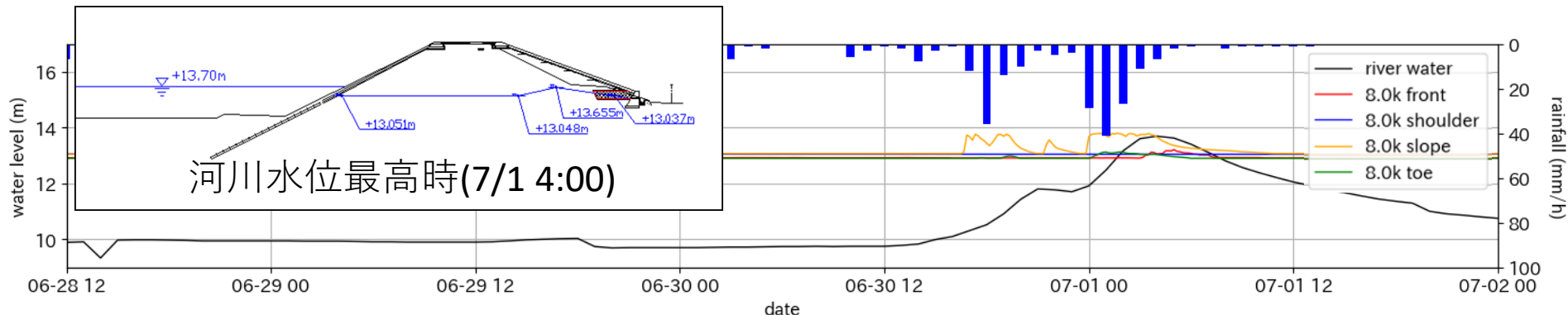
# 観測結果

- 2023年6月29日～7月1日の山口県の線状降水帯発生時の観測結果（総雨量248.5mm（防府市））
- 主に降雨により発達した堤体内水位は法肩，法中でやや高くなる
- 法尻の堤体内水位はドレーンの排水効果により低く抑えられており，**堤防の安定性に関して問題なし**

## 7k800



## 8k000



線状降水帯発生時の降雨・河川水位・堤体内水位高 7/1 4:00

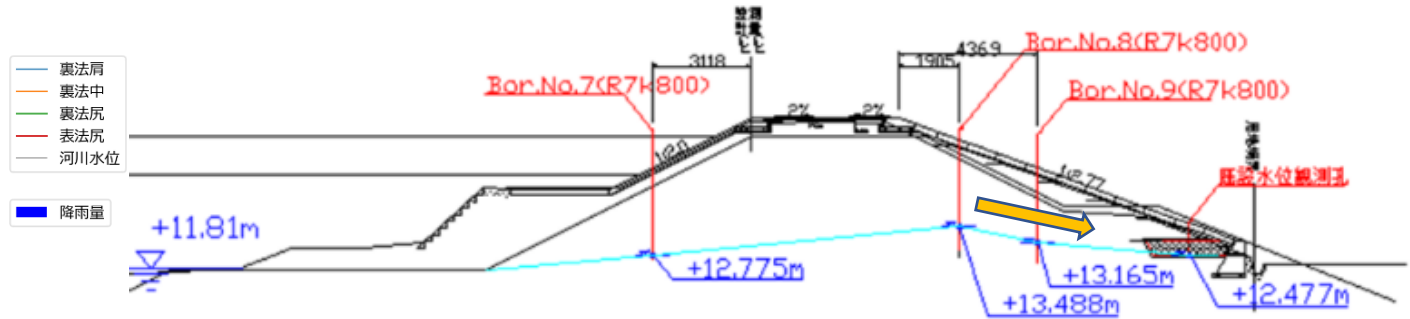
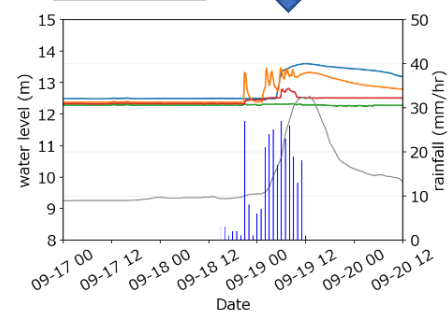


# 観測結果（昨年度）

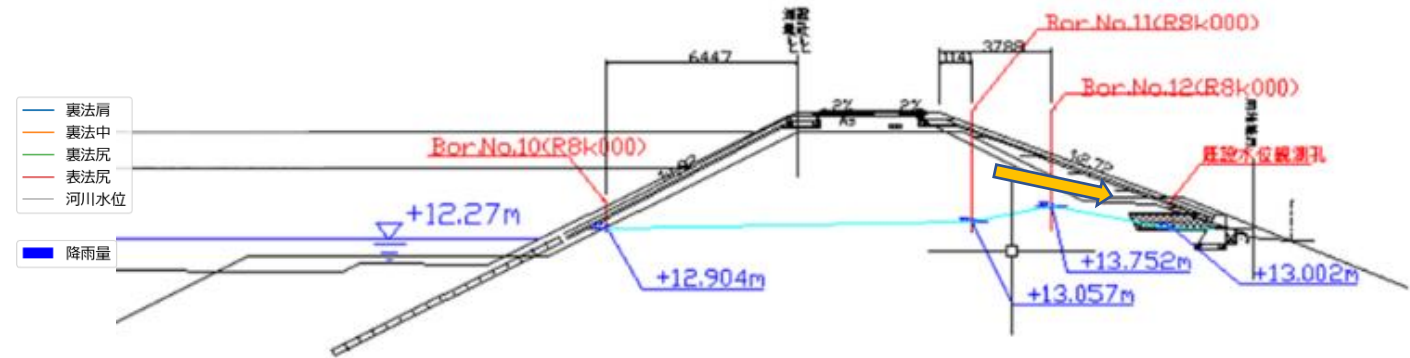
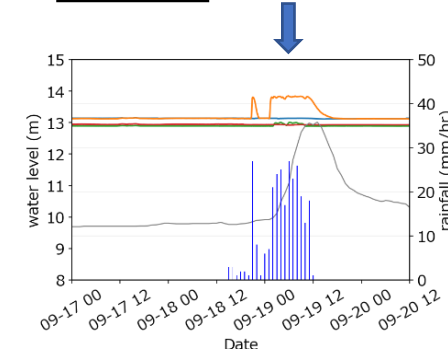
- 令和5年度の台風14号接近時も同様の傾向

台風14号 降雨・河川水位・堤体内水位高 9/19 8:00

7k800



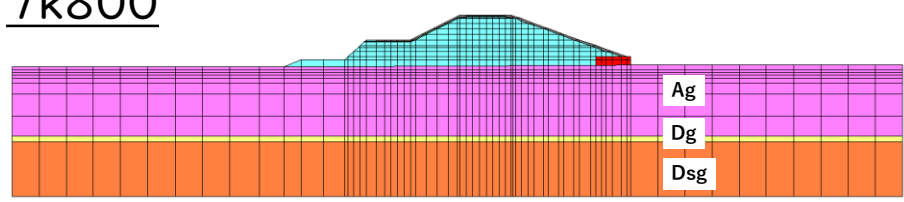
8k000



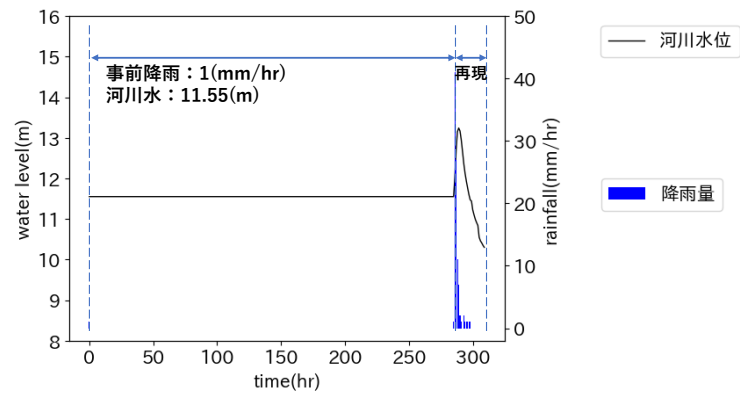
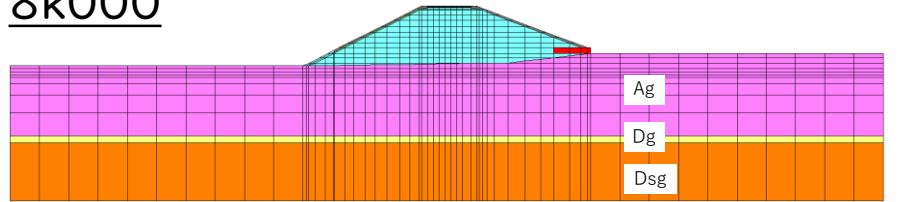
# 解析結果

- 河川堤防の設計・照査に用いられる非定常飽和・不飽和浸透流解析を実施
- 降雨による堤体内水位の発達とドレーンによる法尻の水位低下をよく再現
- 表面被覆工は降雨浸透するとして評価が必要

7k800

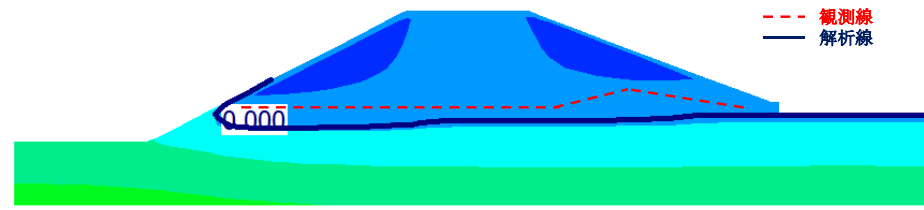
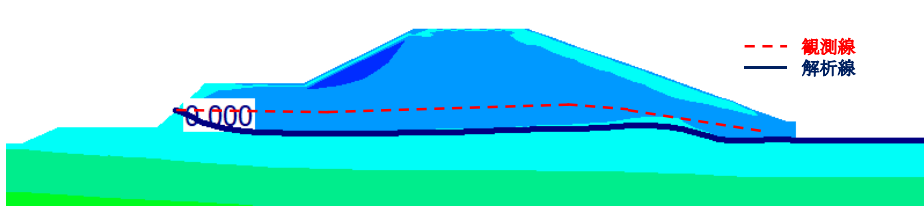


8k000



| 要素     | 透水係数(m/s) | 要素  | 透水係数(m/s) |
|--------|-----------|-----|-----------|
| 天端舗装   | 1.00E-07  | 堤体  | 2.43E-05  |
| 被覆ブロック | 1.00E-09  | Ag  | 3.74E-04  |
| 遮水シート  | 1.00E-03  | Dg  | 2.12E-05  |
| ドレーン   | 4.05E-05  | Dsg | 1.49E-07  |

線状降水帯発生時の堤体内水位 7/1 4:00

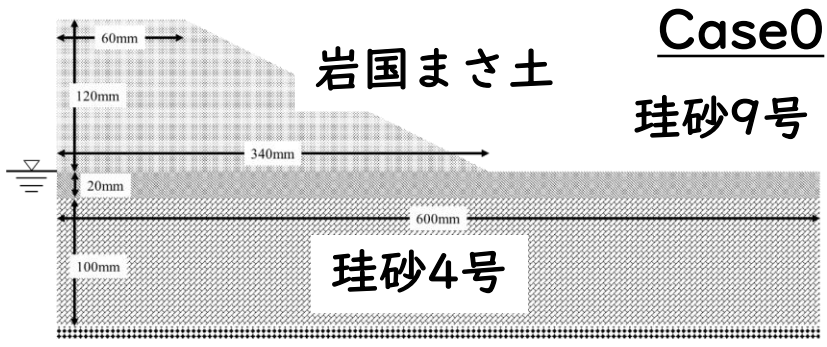


### 3. 模型実験（一部自立型：矢板）

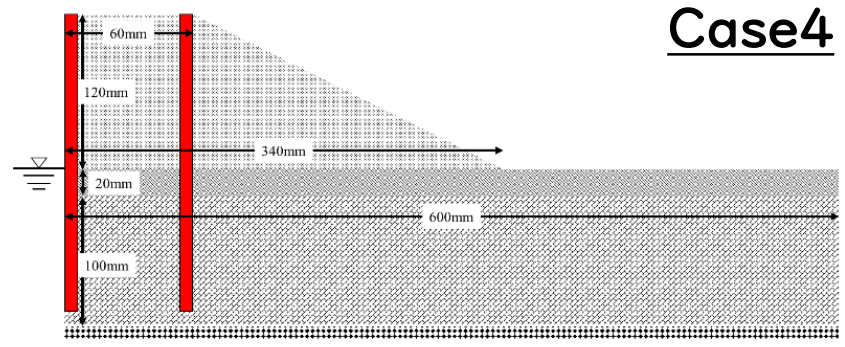
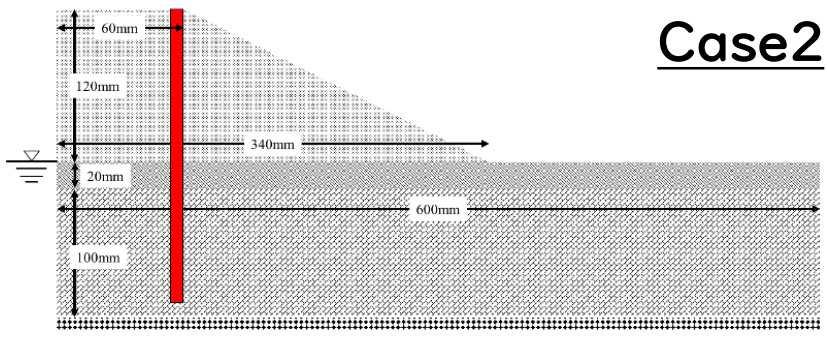
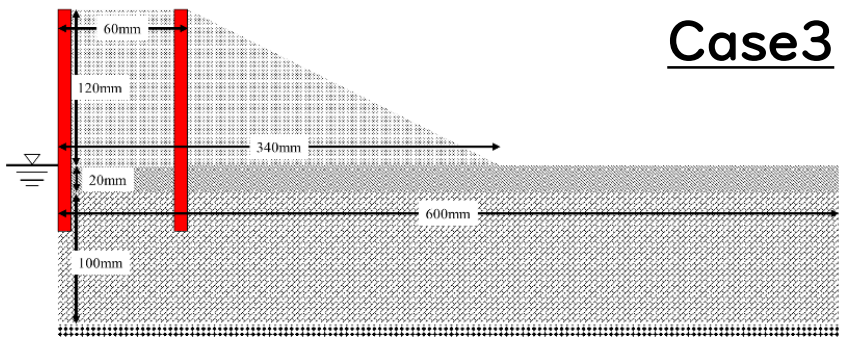
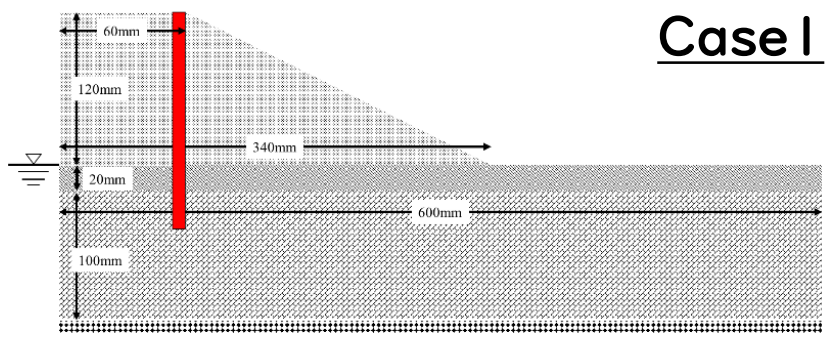


# 実験ケース

- 一部自立型の「粘り強い河川堤防」について、矢板を用いてその枚数と貫入深さを  
を変化させた模型実験を実施

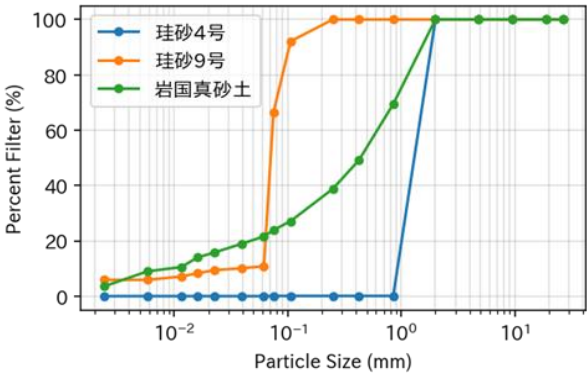


|       | 矢板枚数 | 貫入深さ  |
|-------|------|-------|
| Case0 | -    | -     |
| Case1 | 1    | 170mm |
| Case2 | 1    | 230mm |
| Case3 | 2    | 170mm |
| Case4 | 2    | 230mm |



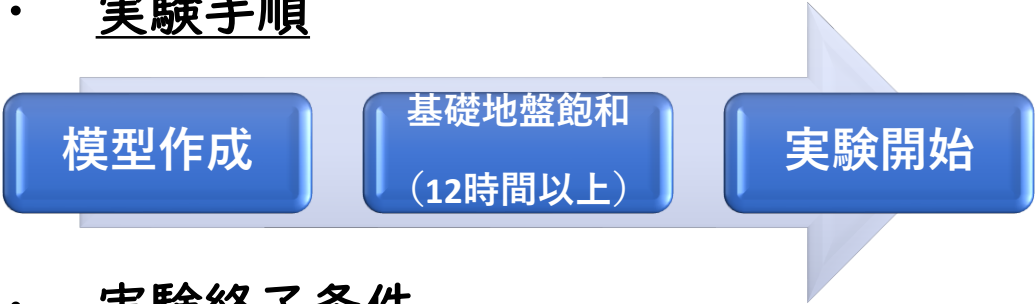
土質条件

|       | 含水比<br>w(%) | 最大乾燥密度<br>$\rho_d(\text{g/cm}^3)$ | 透水係数<br>(m/s)         | 締固め度<br>(%) |
|-------|-------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------|
| 岩国まさ土 | 15          | 1.71                              | $3.58 \times 10^{-6}$ | 90          |
| 珪砂4号  | 10          | 1.42                              | $4.04 \times 10^{-3}$ | 90          |
| 珪砂9号  | 10          | 1.38                              | $4.18 \times 10^{-5}$ | 90          |



実験方法

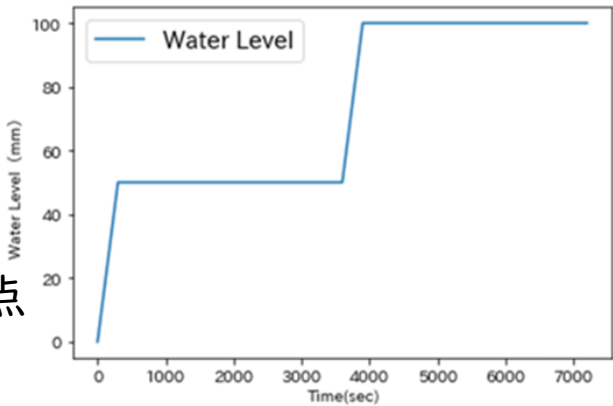
実験手順



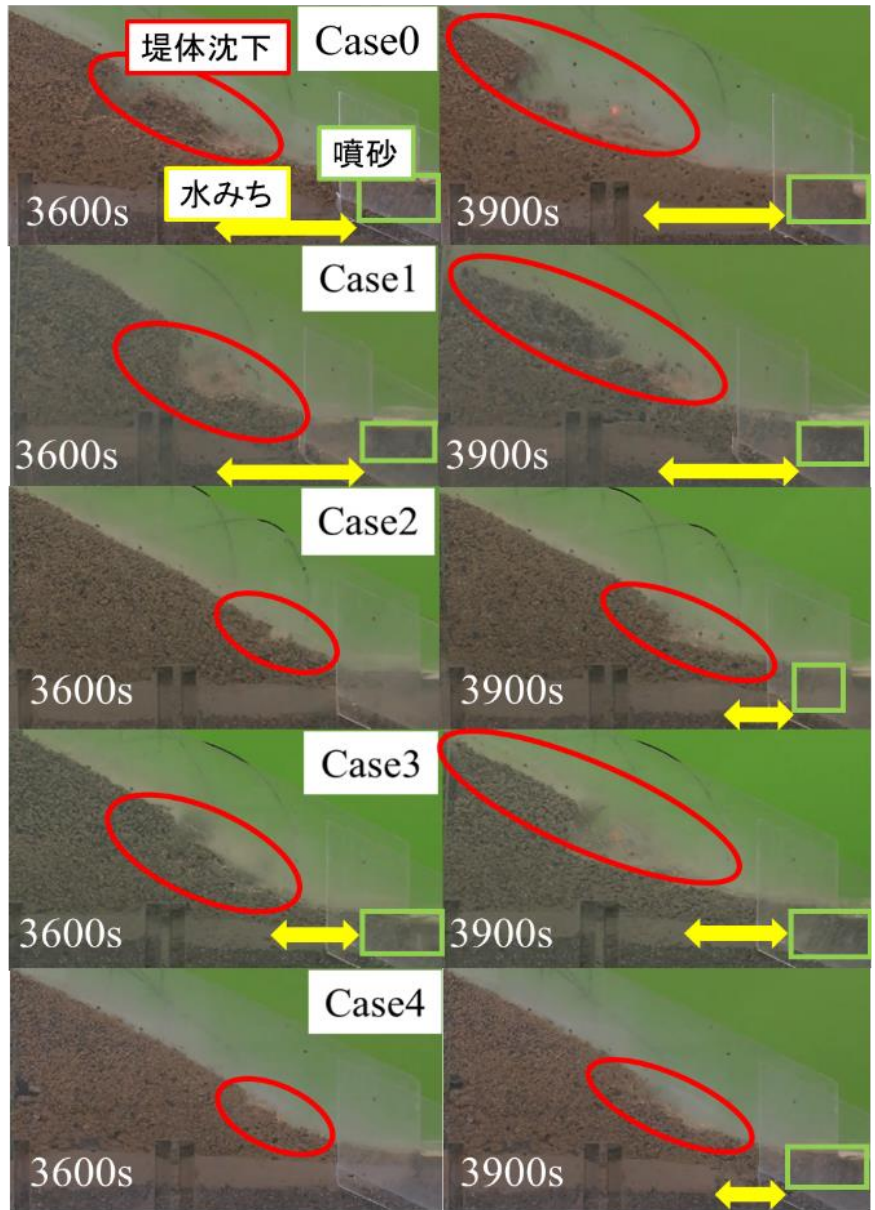
実験終了条件

堤体が決壊した場合 or 7200s経過した時点

水位上昇



# 実験状況



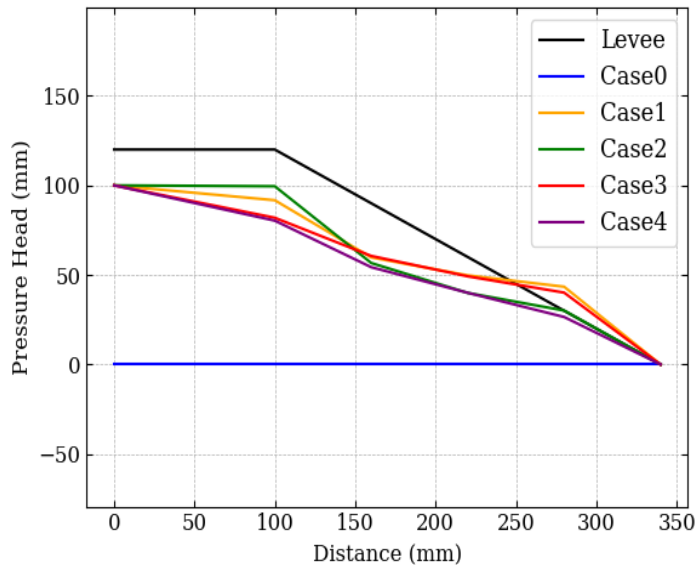
|       | 矢板枚数 | 貫入深さ  |
|-------|------|-------|
| Case0 | -    | -     |
| Case1 | 1    | 170mm |
| Case2 | 1    | 230mm |
| Case3 | 2    | 170mm |
| Case4 | 2    | 230mm |

- 無対策と比較し、矢板を設置すると堤体下の水みちの貫通はなく、河川堤防の変形量は抑制される傾向。
- 矢板の貫入深さが大きくなると変形量が低下する傾向。一方、矢板の枚数の影響はほとんど見られない。噴砂の発生規模に有意な差は見られない。

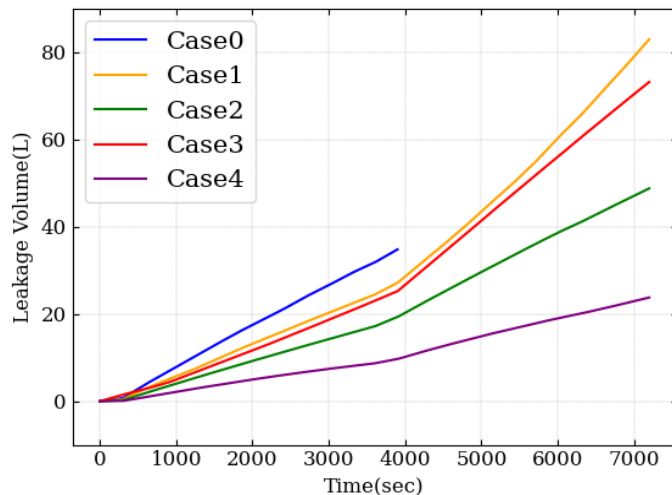


# 計測結果

## 堤体内浸潤線（3900秒後）



## 漏水量



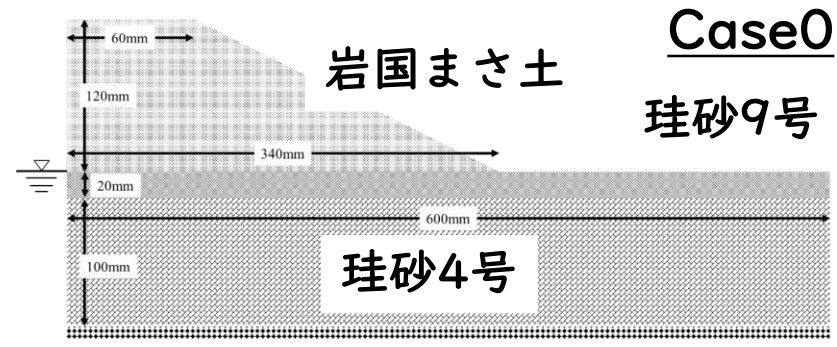
|       | 矢板枚数 | 貫入深さ  |
|-------|------|-------|
| Case0 | -    | -     |
| Case1 | 1    | 170mm |
| Case2 | 1    | 230mm |
| Case3 | 2    | 170mm |
| Case4 | 2    | 230mm |

- 堤体内浸潤線は矢板の貫入深さが大きくなると低下する傾向。一方、矢板の枚数の影響はほとんど見られない。
- 漏水量も矢板の貫入深さが大きくなると低下する傾向。また、貫入深さが大きくなると、矢板の枚数が増えると漏水量も低下。

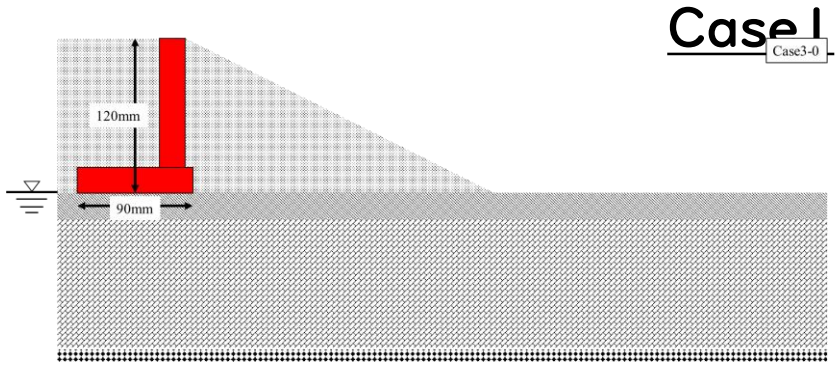
## 4. 模型実験（一部自立型：逆T型擁壁）

# 実験ケース

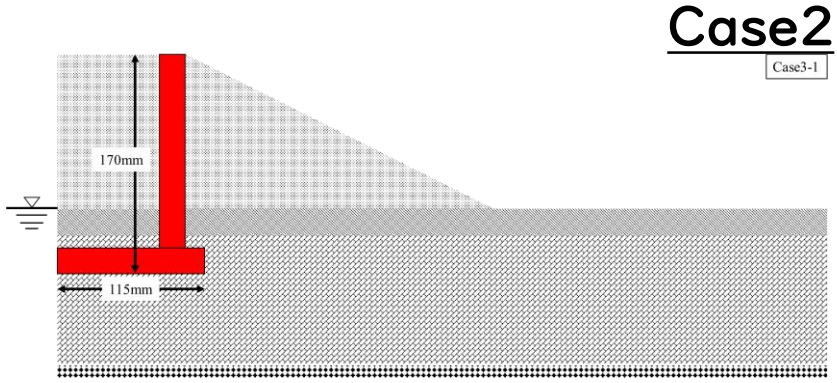
- 一部自立型の「粘り強い河川堤防」について、逆T型擁壁を用いてその貫入深さを变化させた模型実験を実施



**Case0**  
珪砂9号

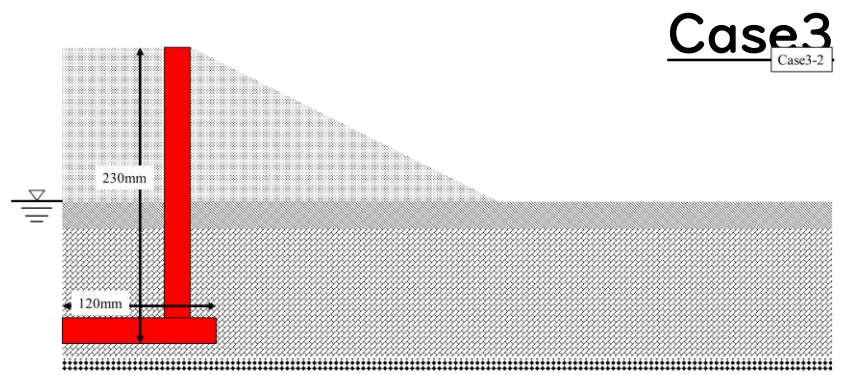


**Case1**  
Case3-0



**Case2**  
Case3-1

|       | 対策工幅  | 貫入深さ  |
|-------|-------|-------|
| Case0 | -     | -     |
| Case1 | 90mm  | 120mm |
| Case2 | 115mm | 170mm |
| Case3 | 120mm | 230mm |

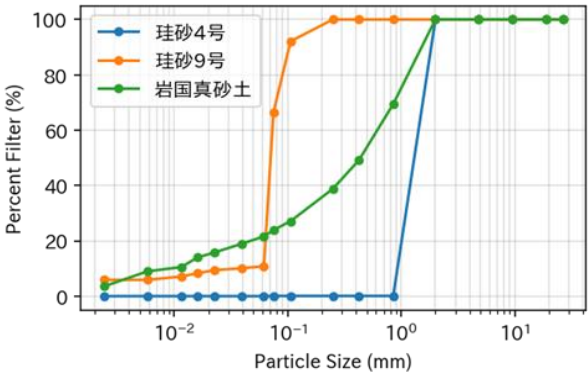


**Case3**  
Case3-2



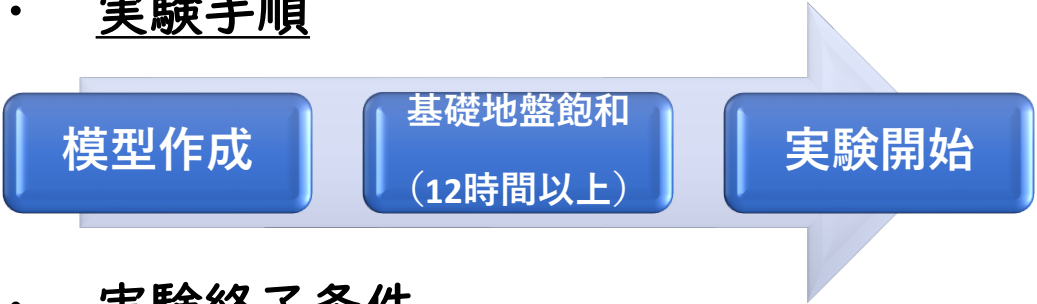
土質条件

|       | 含水比<br>w(%) | 最大乾燥密度<br>$\rho_d(g/cm^3)$ | 透水係数<br>(m/s)         | 締固め度<br>(%) |
|-------|-------------|----------------------------|-----------------------|-------------|
| 岩国まさ土 | 15          | 1.71                       | $3.58 \times 10^{-6}$ | 90          |
| 珪砂4号  | 10          | 1.42                       | $4.04 \times 10^{-3}$ | 90          |
| 珪砂9号  | 10          | 1.38                       | $4.18 \times 10^{-5}$ | 90          |



実験方法

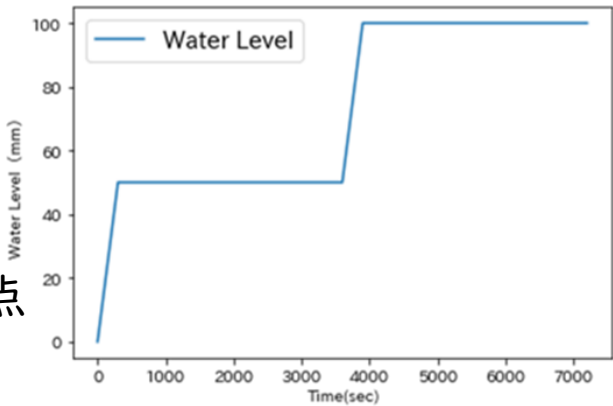
実験手順



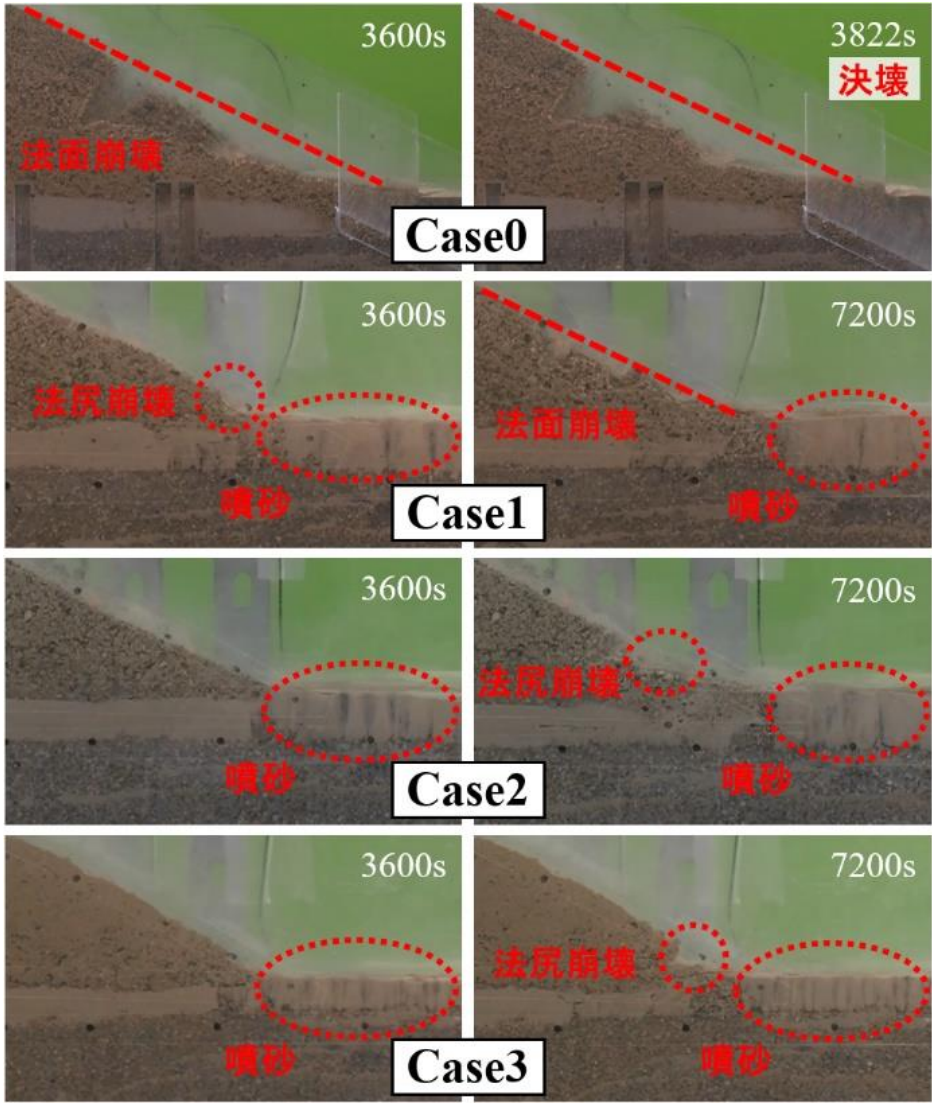
実験終了条件

堤体が決壊した場合 or 7200s経過した時点

水位上昇



# 実験状況

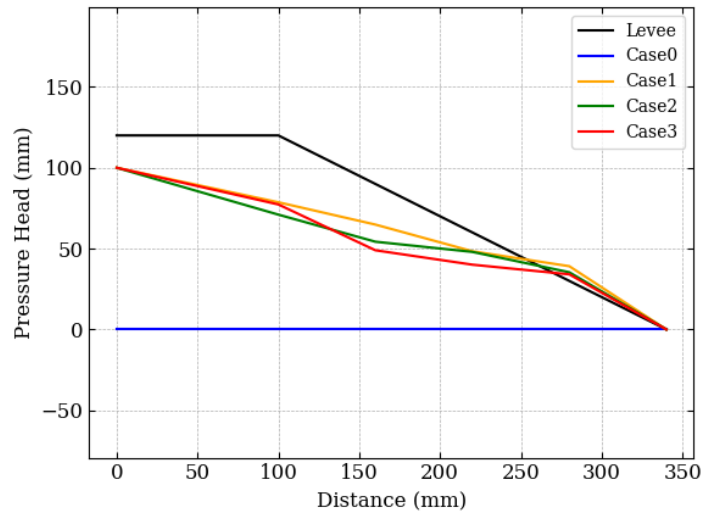


|       | 対策工幅  | 貫入深さ  |
|-------|-------|-------|
| Case0 | -     | -     |
| Case1 | 90mm  | 120mm |
| Case2 | 115mm | 170mm |
| Case3 | 120mm | 230mm |

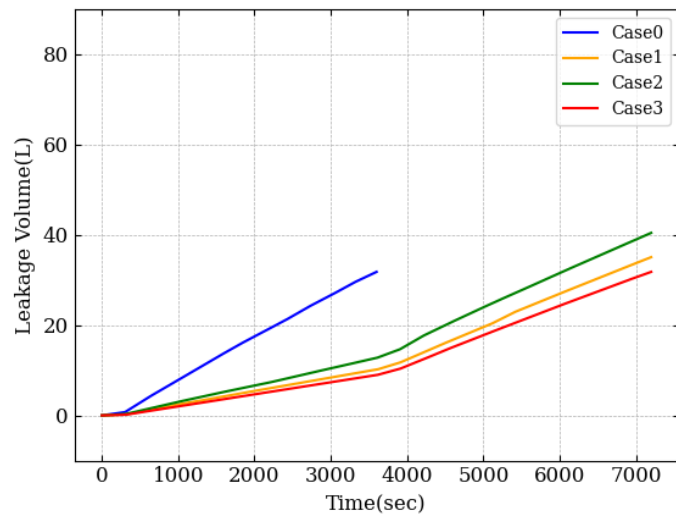
- 無対策と比較し、逆T型擁壁を設置すると堤体下の水みちの貫通はなく，河川堤防の変形量は抑制される傾向
- 逆T型擁壁の貫入深さが大きくなると変形量が低下する傾向．一方，噴砂の発生規模に有意な差は見られない．

# 計測結果

## 堤体内浸潤線（3900秒後）



## 漏水量



|       | 対策工幅  | 貫入深さ  |
|-------|-------|-------|
| Case0 | -     | -     |
| Case1 | 90mm  | 120mm |
| Case2 | 115mm | 170mm |
| Case3 | 120mm | 230mm |

- 堤体内浸潤線は逆T型擁壁の貫入深さが大きくなると、わずかであるが低下する傾向
- 漏水量については逆T型擁壁の貫入深さによる有意な差は確認されない



## 5. 結論

## 結論（昨年度成果も含む）

表面被覆型の「粘り強い河川堤防」は

- ① 主に降雨により発達した堤体内水位は法肩，法中でやや高くなることから，**設計においては表面被覆工は降雨浸透するとして評価が必要**
- ② 一方，洪水時に表面被覆工の存在により法中の堤体内水位が上昇する傾向があることから，**設計においては表面被覆工は難透水として評価が必要**
- ③ 法尻の堤体内水位はドレーン工の排水効果により低く抑え，変形を抑制することから，**ドレーン工の設置が必須**



一部自立型の「粘り強い河川堤防」は

- ① 一定の耐浸透性能を有するが，**現地の地盤状況に留意し，構造物の貫入深さを踏まえ，耐浸透性能を評価**することが重要
- ② 今後，試験施工された箇所などで現地観測により模型実験結果の妥当性を検証することが必要



御礼：

中国地方整備局河川部  
山口河川国道事務所

研究にご支援頂きました国土  
技術研究センターに厚く御礼  
申し上げます



ご質問等は

[mori@yamaguchi-u.ac.jp](mailto:mori@yamaguchi-u.ac.jp)