

出水時の変位モニタリングによる
河川堤防の弱点箇所抽出に関する研究

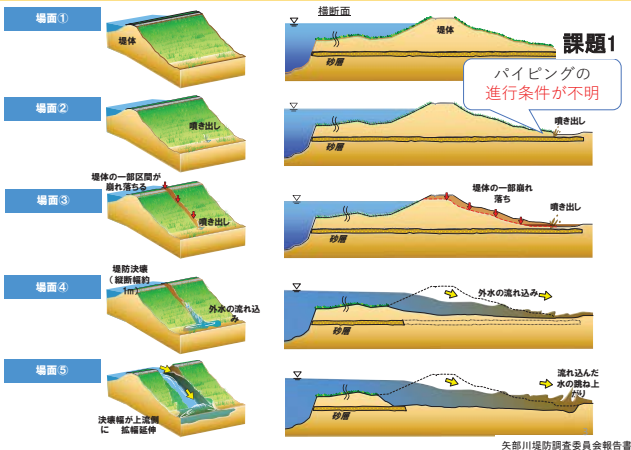
森 啓年
(山口大学大学院創成科学研究科)

1

堤防決壊(矢部川 平成24年7月14日)



推定被災メカニズム



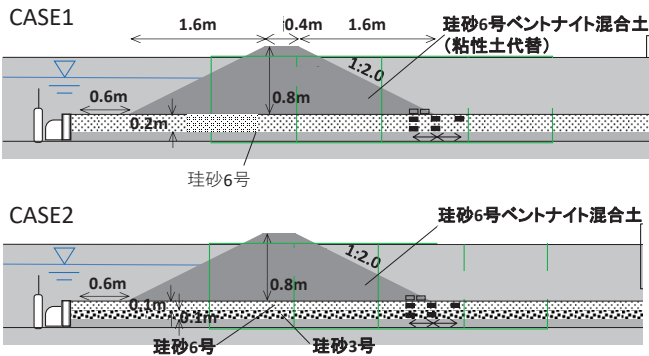
河川堤防のパイピングに関する課題

課題1：パイピングの進行条件が不明
前田，小高，岡村，国総研等の研究により
相当程度明らかに

上層が低透水層，下層が高透水層の
複層の土層構成で，上層が薄い場合，
パイピングが進行する可能性が高い

4

パイピングの進行条件



Ueno et.al. (2016)

CASE1



Ueno et.al. (2016)

6

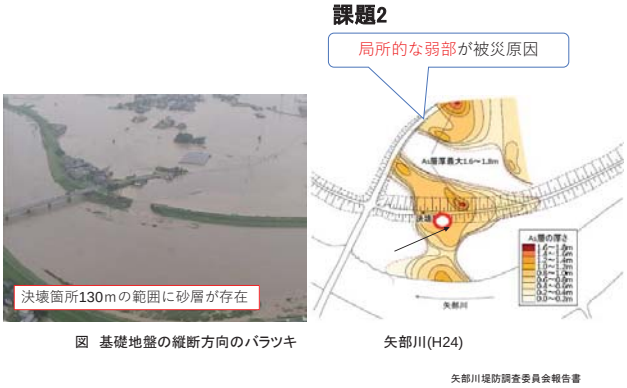
CASE2



Ueno et.al. (2016)

7

推定被災原因



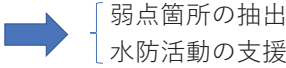
8

河川堤防のパイピングに関する課題

課題2：局所的な弱部が被災原因
ボーリング等の従来技術の適用困難，サウンディングや物理探査等の適用の研究が進められている

本研究の目的

新たな河川堤防の安全性評価方法の提案
出水時の堤防周辺の表層変位を観測



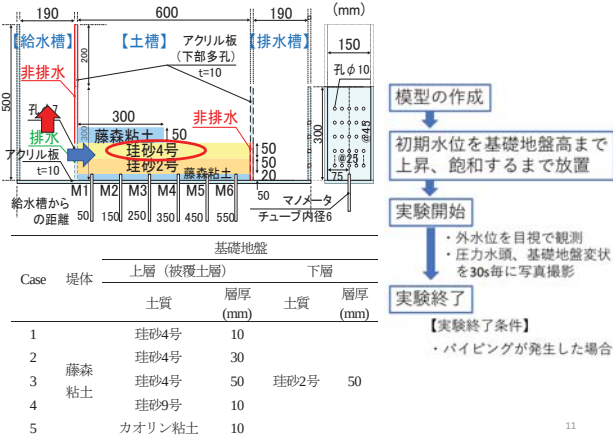
9

研究方法

- ①模型実験
進行的なパイピングの発生につながる表層変位量と水位との関係を把握
- ②数値解析
非定常飽和不飽和浸透流解析，粒子法を用いて模型実験の再現

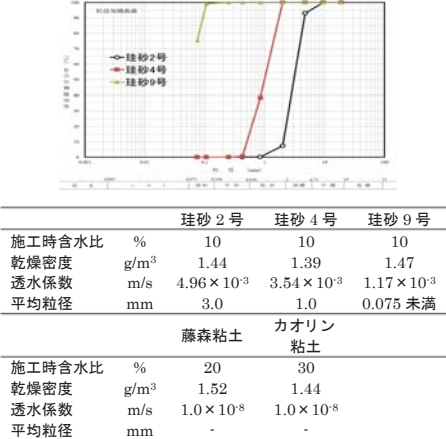
10

①模型実験(実験模型)



11

①模型実験(使用材料)



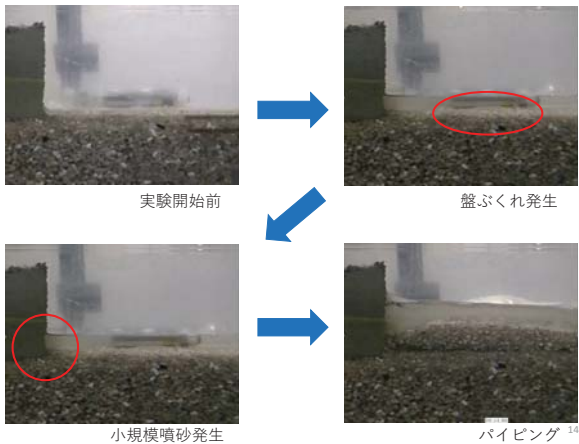
12

① 模型実験(実験状況, ケース1(珪砂4号10mm), 64倍速)



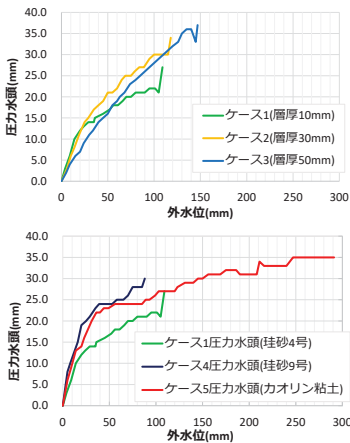
13

① 模型実験(実験状況, ケース1(珪砂4号10mm))



14

① 模型実験(上層厚さ, 土質の影響)



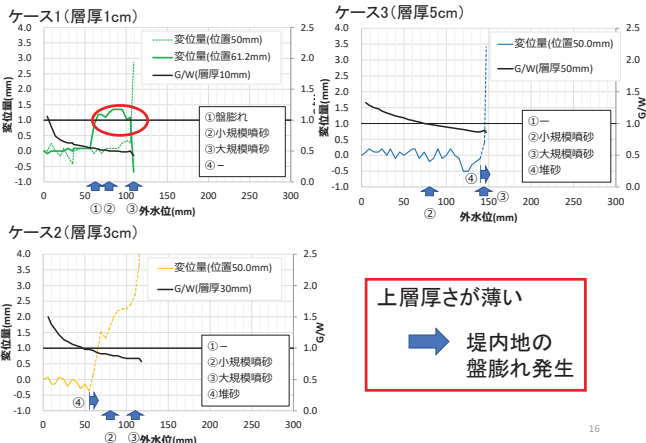
パイピングの弱点部の特徴

上層厚さが薄い
上層土質がより小粒径
→ より低い水位でパイピング発生

上層土質が粘性土
→ より高い水位でパイピング発生
ただ、噴砂が多く空洞発生

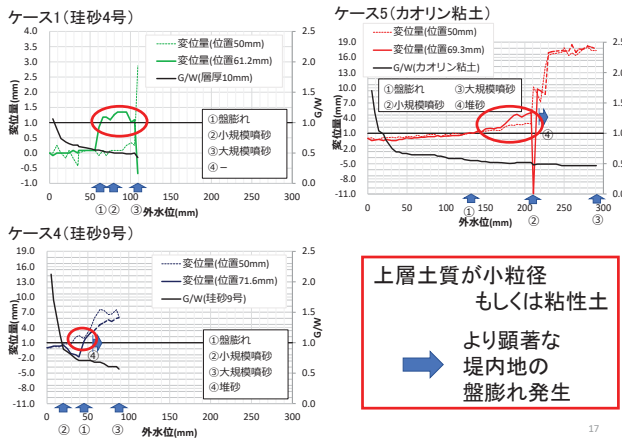
15

① 模型実験(表層変位量: 上層厚さの影響)



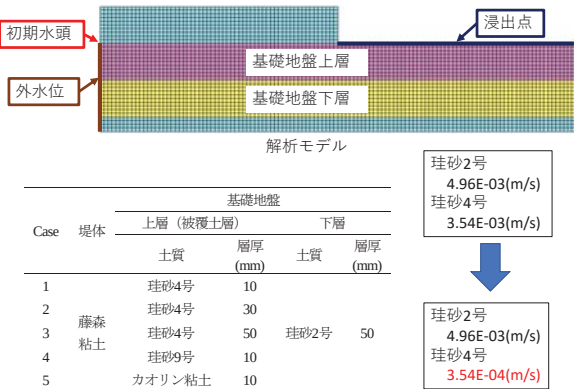
16

① 模型実験(表層変位量: 上層土質の影響)



17

② 数値解析—非定常飽和不飽和浸透流解析(解析モデル)



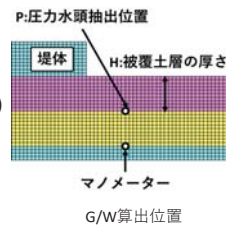
18

②数値解析—非定常飽和不飽和浸透流解析(G/W揚圧力)

G/W...被覆土層の重量Gに対する揚圧力の大きさWの比
堤防の安全性の設計基準 $G/W > 1$ 安定

$$G/W = (pt \cdot H) / (pw \cdot P)$$

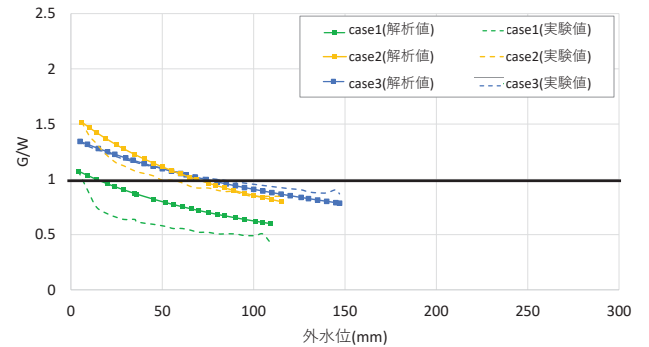
G : 被覆土層の重量(tf/m³)
W : 被覆土層底面に作用する揚圧力(tf/m³)
pt : 被覆土層の密度(t/m³)
H : 被覆土層の厚さ(m)
pw : 水の密度(t/m³)
P : 被覆土層底面の圧力水頭(m)



河川堤防構造検討の手引き

19

②数値解析—非定常飽和不飽和浸透流解析(上層厚さの影響)

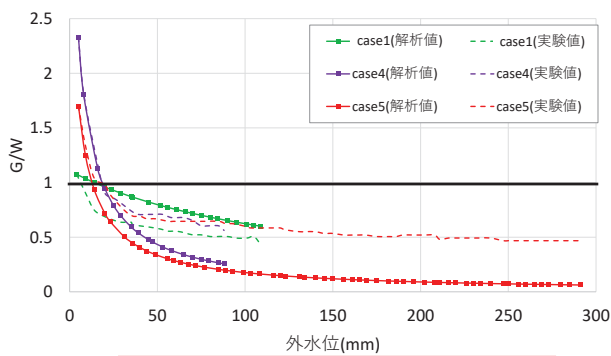


上層厚さが薄い

➡ G/Wがより低い外水位で1を下回る

20

②数値解析—非定常飽和不飽和浸透流解析(上層土質の影響)

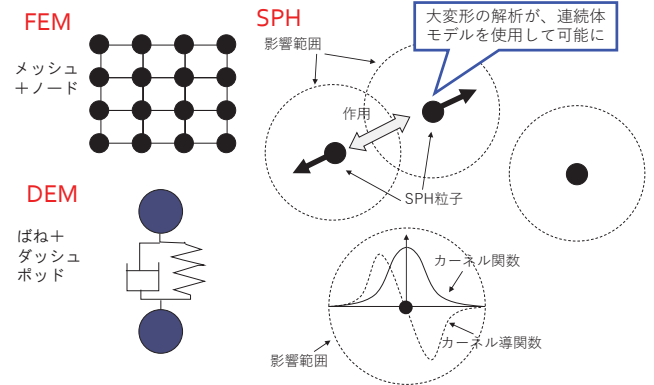


上層土質が小粒径, もしくは粘性土

➡ G/Wがより低い外水位で1を下回る

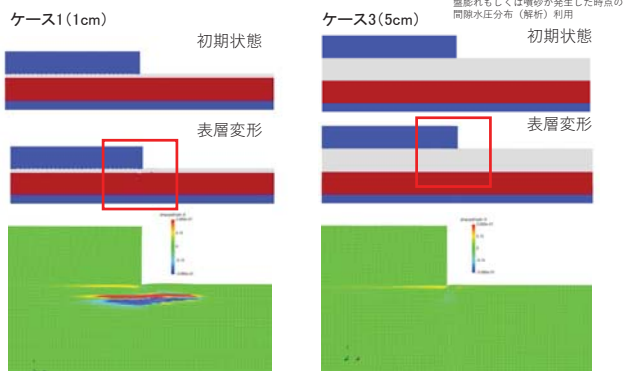
21

②数値解析—粒子法(SPH法概要)



22

②数値解析—粒子法(上層厚さの影響)

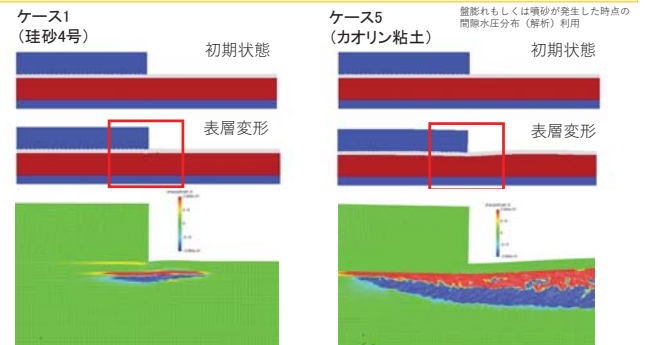


上層厚さが薄い

➡ 堤内地の盤膨れ発生

23

②数値解析—粒子法(上層土質の影響)



上層土質が粘性土

➡ より顕著な盤ぶくれの発生

24

結論と課題**結論**

1. パイピングの弱点部の特徴を持つ土層構成の場合、表層変位が発生する可能性が高いことを確認
2. 非定常飽和不飽和浸透流解析では、変形発生後の間隙水圧分布の再現は困難
3. 粒子法による変形量の再現は定性的には比較的良好に再現できている。



出水時の堤防の表層変位を観測することで、パイピングの弱点箇所の抽出、水防活動の支援に活用できる可能性が示唆

課題

- 異なる土層構成、堤体土質、外力条件でも実験を行い、表層変位の発生状況を把握
- 浸透流解析、粒子法による数値実験により、実堤防スケールにおける変位量を把握