



令和4年度 中国地方建設技術開発交流会  
～大規模又は広域的な災害リスクの低減に向けて～

## 『鋼矢板を用いた河川堤防強化技術について』

2022年10月25日

一般社団法人 日本鉄鋼連盟

一般社団法人 鋼管杭・鋼矢板技術協会



## 本日の発表内容

1. 国土交通省の河川堤防に関する技術検討会等の動き
2. 鋼矢板を用いた堤防補強技術
3. 実験による検証
4. 設計手順・試設計例
5. 採用事例・現地調査例



1. 国土交通省の河川堤防に関する技術検討会等の動き

2. 鋼矢板を用いた堤防補強技術

3. 実験による検証

4. 設計手順・試設計例

5. 採用事例・現地調査例

# 1. 国土交通省の河川堤防に関する技術検討会等の動き

【令和元年台風19号での堤防の決壊】

<国管理河川> 12箇所

■ 3地整5堤防調査委員会 [2019/10~2019/12]

- ・ 東北地整：阿武隈川上流，鳴瀬川水系(吉田川)
- ・ 関東地整：荒川水系(都幾川・越辺川)，那珂川水系久慈川
- ・ 北陸地整：千曲川

■ 令和元年台風第19号の被災を踏まえた河川堤防に関する  
技術検討会〔第1回:2020/2/14, 第2回:3/25, 第3回:6/12〕

各堤防調査委員会の報告を受け、今後の堤防強化の方向性を検討

社会資本整備審議会 河川分科会

■ 気候変動を踏まえた水災害対策検討小委員会

〔第1回:2019/11/22,第2回:2020/1/17,第3回:3/17,第4回:5/26,第5回:6/26〕

産学官が共同で技術研究開発を実施する体制を構築し、さらなる堤防強化に向けた開発を実施すべきであると答申された。(2020年7月)

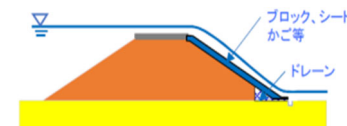
■ 河川堤防の強化に関する技術検討会(2022年5月20日)

「粘り強い河川堤防」の新技术評価指針が公表され、自立型の補強方法として鋼矢板二重壁が掲載。さらに今後の産官学での共同検討体制案も提示された

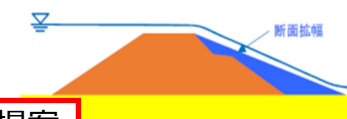
- ・ 「緊急的な河川堤防の強化方策の方向性(案)」と「対策工法の検討(案)」を提示
- ・ 民間技術の調査のため関係業界団体(15団体)への意見聴取⇒14団体から81件の提案

検討の対象とする工法(案)

「表面被覆型」

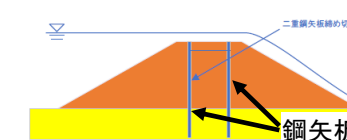


「断面拡幅型」



鉄鋼業界からの提案

「一部自立型」



出展: 国土交通省 第五十七回 河川分科会配布資料

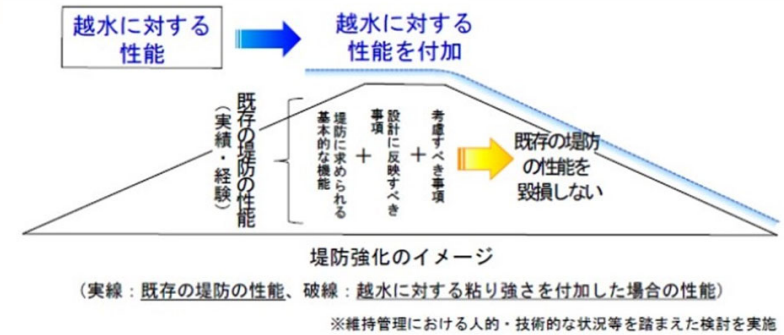
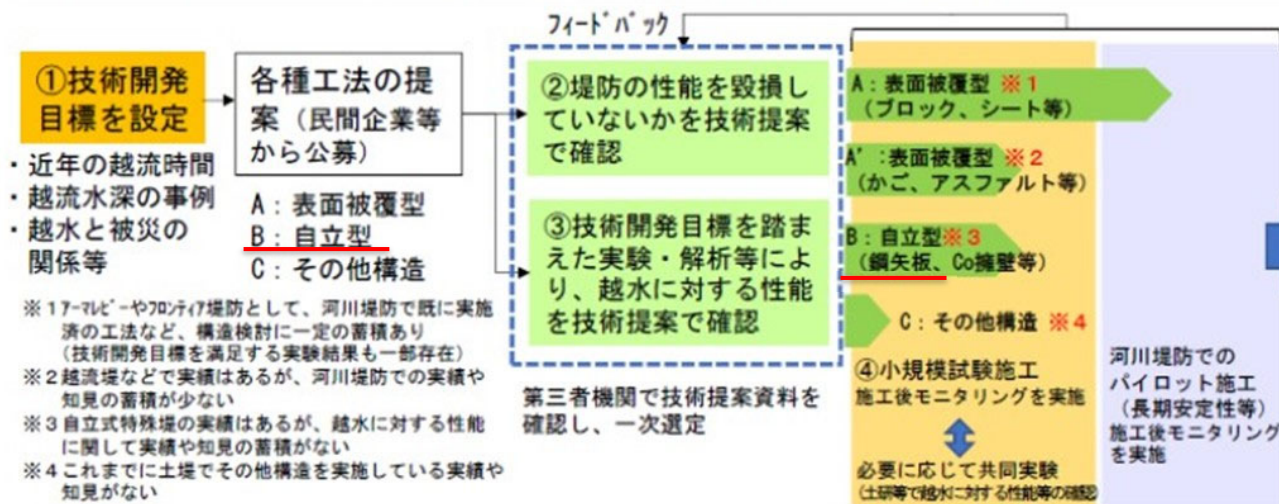
© 2022 The Japan Iron and Steel Federation

禁無断掲載

## 越水に対して「粘り強い性能」の付加の基本的考え方

- 越水に対して「粘り強い河川堤防」は、越水が生じた場合でも、避難のための時間を確保する、浸水面積を減少させるなどにより、被害をできるだけ軽減することが目的である。
- 越水に対して「粘り強い河川堤防」の実現にあたっては、
  - ①既存の堤防の性能を毀損しないこと
  - ②越水した場合でも決壊までの時間を少しでも長くする粘り強い性能（以下「越水に対する性能」）を付加すること
- この双方の性能を実現するため、対策工法の構造検討・施工及び維持管理等の観点から技術開発を進める。

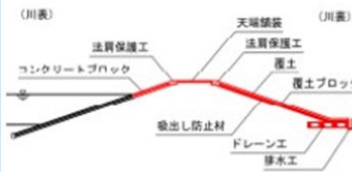
## 技術開発目標の基本的考え方



### ○表面被覆型

（断面拡幅型も含む）

- 計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対する堤防機能は、土堤により確保する。
- 土堤表面にシートやコンクリートブロックを設置することにより越水に対する性能を発揮するもの。



【表面被覆型の例】

### ○自立型

（自立式特殊堤を含む）

- 盛土の部分がなくとも自立部が自立する構造で、計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対する堤防機能及び越水に対する性能を発揮するもの。
- 堤防に求められる基本的な機能や設計に反映すべき事項、考慮すべき事項への対応は自立式特殊堤の確認方法と同じと考えられるもの。



【自立型の例】

## 越水に対して「粘り強い河川堤防」の実現のために技術提案で求める性能

- 越水に対して「粘り強い河川堤防」を実現するため、表面被覆型、自立型、その他構造いずれについても、構造の検討上、以下を性能として求める。
- これらの項目について、各性能を満たすことの証明の具体的な方法としては、土堤における照査手法や各種指針やマニュアルに基づく構造物の設計方法の援用、模型実験や解析による性能の確認等が考えられる。

### ①既存の堤防の性能(安定性等)を毀損しないこと

#### 【堤防に求められる基本的な機能】

- ・常時の自重による沈下及びすべり破壊等に対する安全性(常時の健全性)
- ・計画高水位(計画高潮位)以下の水位の流水の通常的作用による  
侵食及び浸透並びに降雨による浸透に対する安全性(耐侵食性能及び対浸透性能)
- ・地震時に対する安全性(耐震性能)
- ・波浪等に対する安全性(波浪等に対する安全性)

#### 【設計に反映すべき事項】

- ・不同沈下に対する修復の容易性
- ・堤体と基礎地盤との一体性及びなじみ
- ・嵩上げ及び拡幅等の機能増強の容易性
- ・損傷した場合の復旧の容易性
- ・基礎地盤及び堤体の構造及び性状にかかる調査精度に起因する不確実性
- ・基礎地盤及び堤体の不均質性に起因する不確実性
- ・環境及び景観との調和
- ・構造物の耐久性
- ・維持管理の容易性
- ・施工性
- ・事業実施による地域への影響
- ・経済性
- ・公衆の利用

#### 【設計にあたって考慮すべき事項】

### ②越水に対する性能を有すること

越水した場合であっても、決壊しにくく、堤防が決壊するまでの時間を少しでも長くする



1. 国土交通省の河川堤防に関する技術検討会等の動き

2. 鋼矢板を用いた堤防補強技術

3. 実験による検証

4. 設計手順・試設計例

5. 採用事例・現地調査例

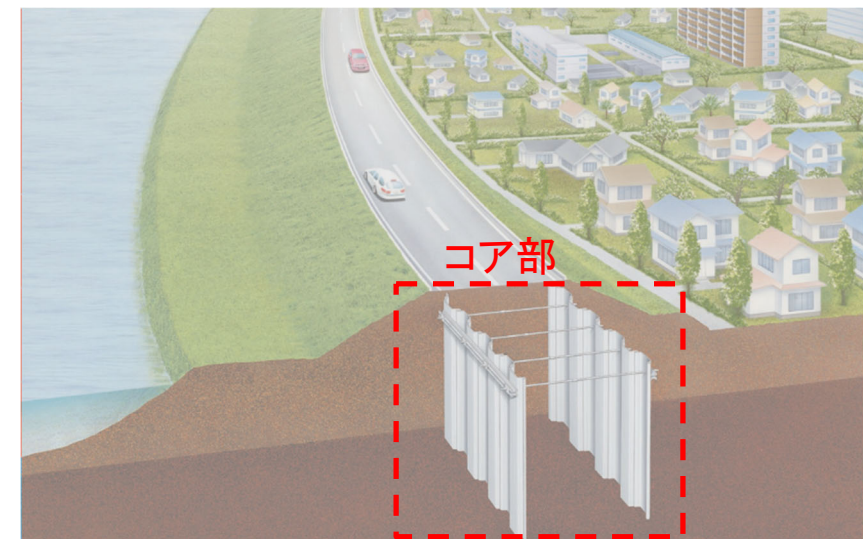
## 2-1. 鋼矢板を用いた補強技術

|         | 無対策 | 対策後                    |
|---------|-----|------------------------|
| 基盤漏水    |     |                        |
| 越水・堤体漏水 |     | <div>二重鋼矢板を用いた補強</div> |
| 液状化     |     | <div>堤防高確保</div>       |

## 2-2.二重鋼矢板を用いた補強技術の特徴

堤体内に鋼矢板を打設，支持地盤へ根入れすることにより，構造的に堅固なコアを形成する構造

- ・ コア部により堤防高さを保持、重要箇所の破堤防止
- ・ 洪水時・地震時等の様々な外力条件に対応
- ・ 法線方向に連続した構造
- ・ 耐用年数の設定に応じた寿命設計が可能
- ・ 景観・自然環境への配慮が可能
- ・ 新たな用地確保が不要、省スペース施工
- ・ 安定した品質の補強を短工期で実現





1. 国土交通省の河川堤防に関する技術検討会等の動き

2. 鋼矢板を用いた堤防補強技術

3. 実験による検証

4. 設計手順・試設計例

5. 採用事例・現地調査例

## 3-1.実験による検証結果概要

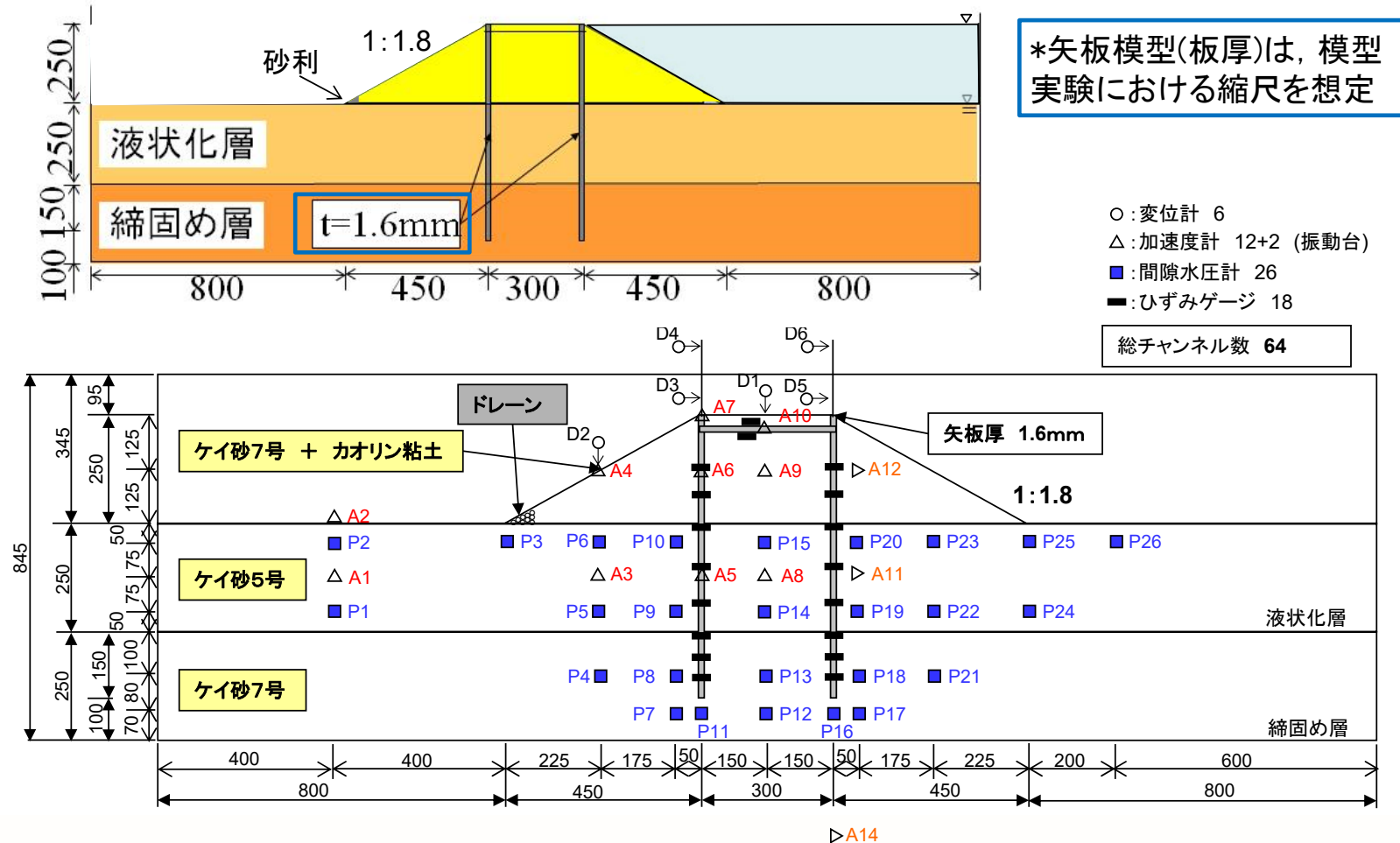
下記の被災状況を想定した実験を実施。

①～③で補強効果が十分に発揮されることを確認した。

|   | 想定した被災状況               | 検証方法                                    | 試験ケース        | 結果概要                                                         |
|---|------------------------|-----------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------|
| ① | 越流または越波                | 模型土層での越水試験<br>(縮尺1/25程度)                | 補強なし<br>補強あり | ・二重鋼矢板壁により天端高さが保持され、補強なしの場合に生じていた「天端の低下→越流量の増加→破壊の促進」が防止される。 |
| ② | 地震<br>(液状化)            | 模型土層を振動台により加振<br>(縮尺1/25程度)             | 補強なし<br>補強あり | ・大地震時において、堤防下の地盤の液状化に対しても、二重鋼矢板壁と矢板内の地盤により、堤防の天端高さを保持される。    |
| ③ | 洪水&地震<br>(液状化)<br>複合作用 | 模型土層での浸透試験後、振動台による加振と越水試験<br>(縮尺1/30程度) | 補強なし<br>補強あり | ・二重鋼矢板壁により基盤漏水までの時間が延びる。<br>・加振後、越水後ともに二重鋼矢板壁により天端高さが保持される。  |

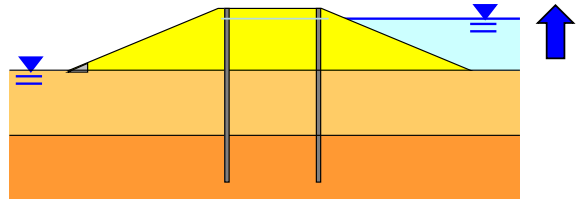
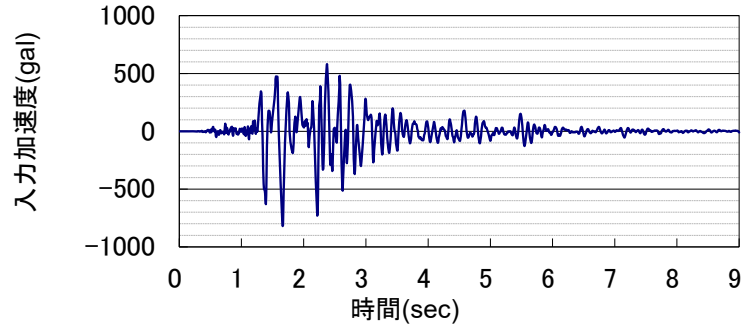
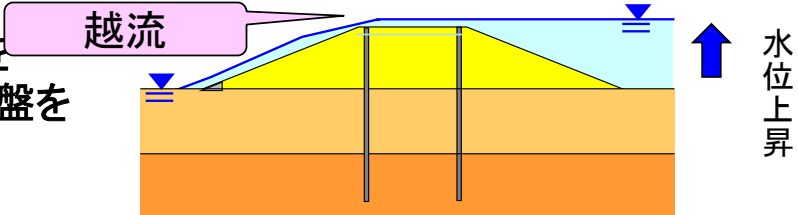
今回発表

## 3-2.洪水 & 地震複合作用の実験概要



古関潤一・田中宏征・乙志和孝・永尾直也・金子勝:矢板で補強した堤防の模型実験, 生産研究 第61巻, 第6号, 東京大学生産技術研究所, 2009.11.

## 3-2.洪水 & 地震複合作用の実験概要

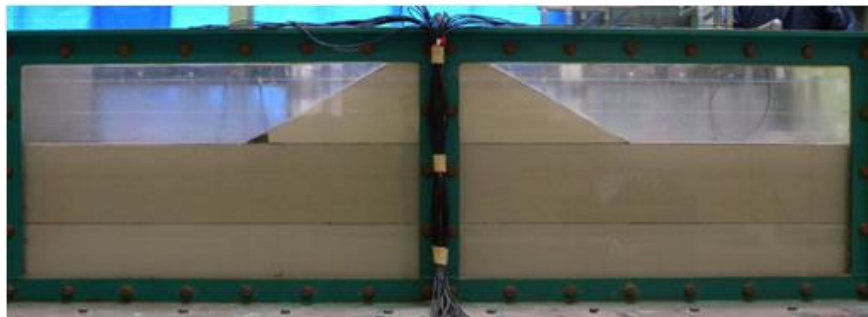
|   | 項目 | 内容                                                                                                                                                                              |
|---|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ① | 浸透 | <p>一方の水位を水平地盤部の地表面位置に保ちながら、反対側の水位を地表面から最大20cmまで上昇させ一定に保つ。</p>                                |
| ② | 加振 | <p>両側の水位を地表面に戻した状態で、水平加振を行う。</p> <p>1995年神戸海洋気象台で観測された加速度記録(NS成分)を卓越周波数が5Hzとなるように波形を調整</p>  |
| ③ | 浸透 | 加振で損傷を受けた状態で、①と同様に片側の水位を上昇させる。                                                                                                                                                  |
| ④ | 越水 | <p>③に引き続き片側の水位をさらに上昇させて越流を生じさせる。越水等による洗掘を想定し、裏法面地盤を模擬洗掘させる。</p>                            |

## 3-2.洪水 & 地震複合作用の実験結果

### ◆ 浸透実験＜補強なし(土堤のみ)＞

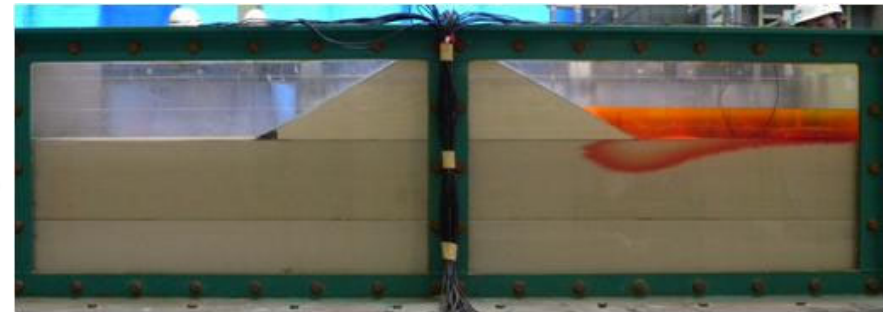
実験開始

水位差0mm



開始12分後

+100mm



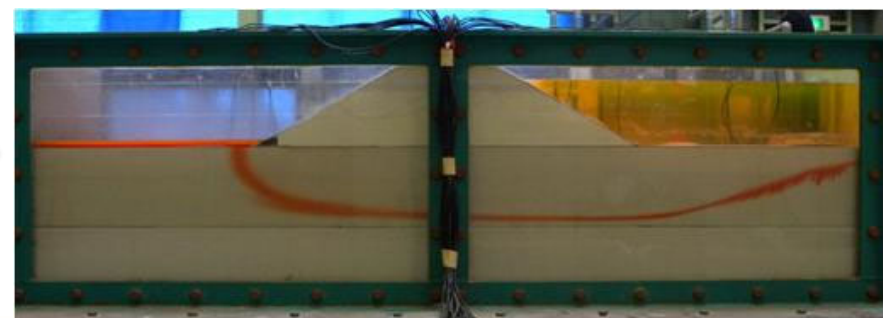
開始35分後

+150mm



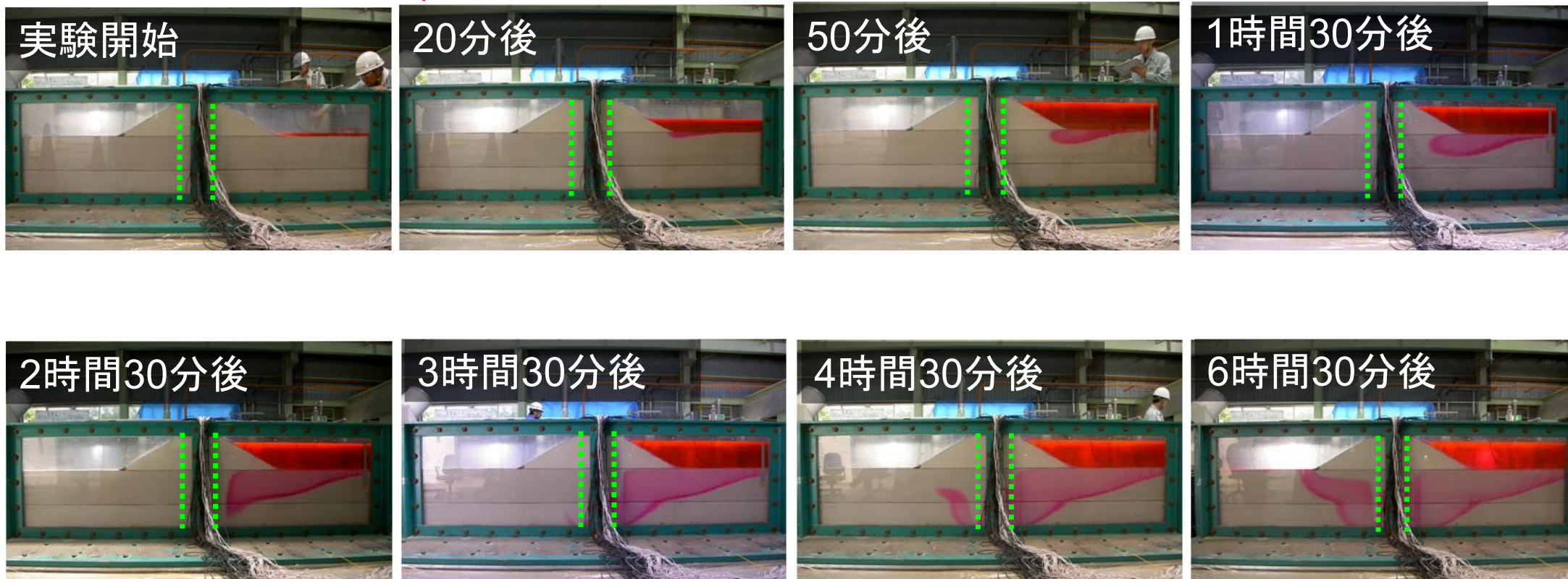
開始60分後

+200mm



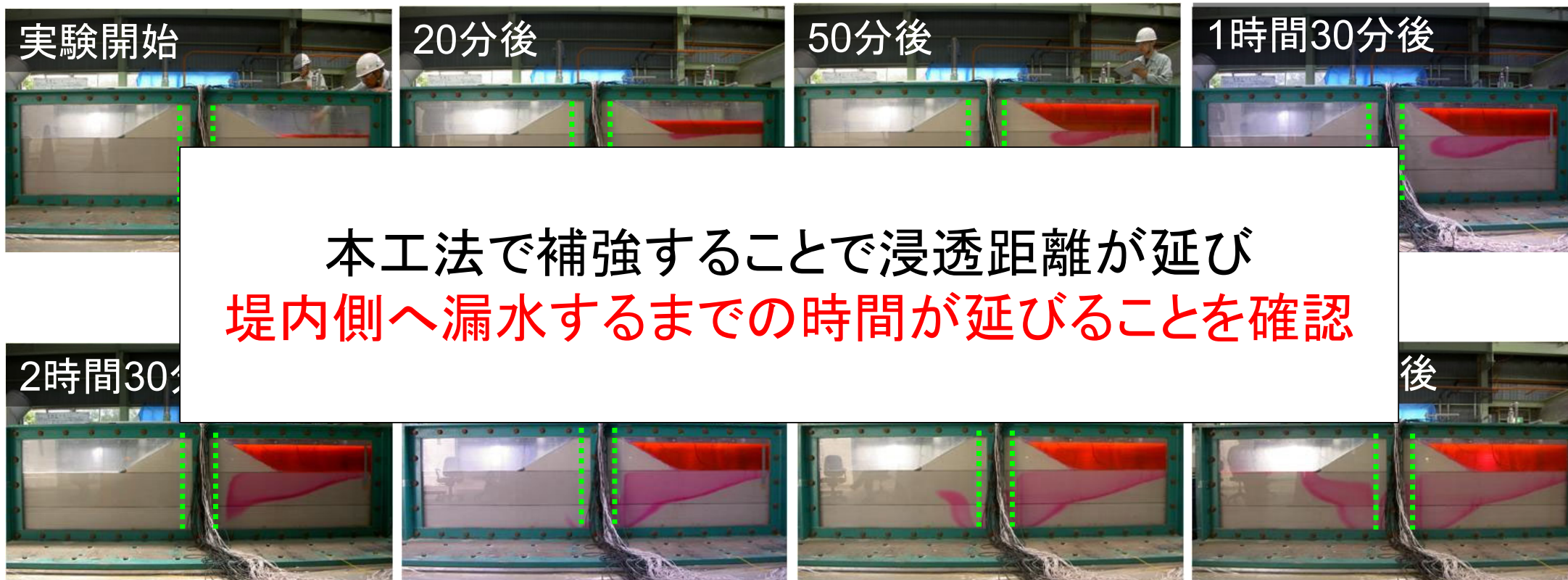
## 3-2.洪水 & 地震複合作用の実験結果

### ◆浸透試験＜補強あり(二重鋼矢板を用いた補強)＞



## 3-2.洪水 & 地震複合作用の実験結果

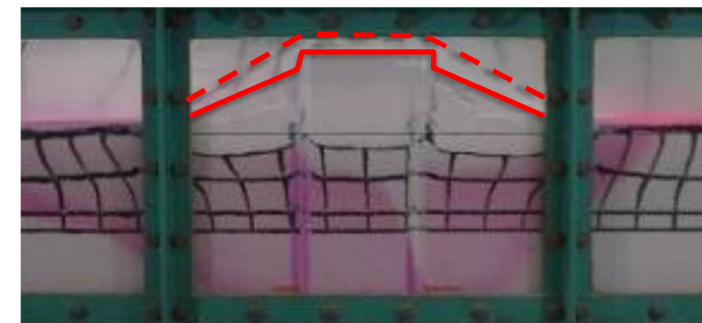
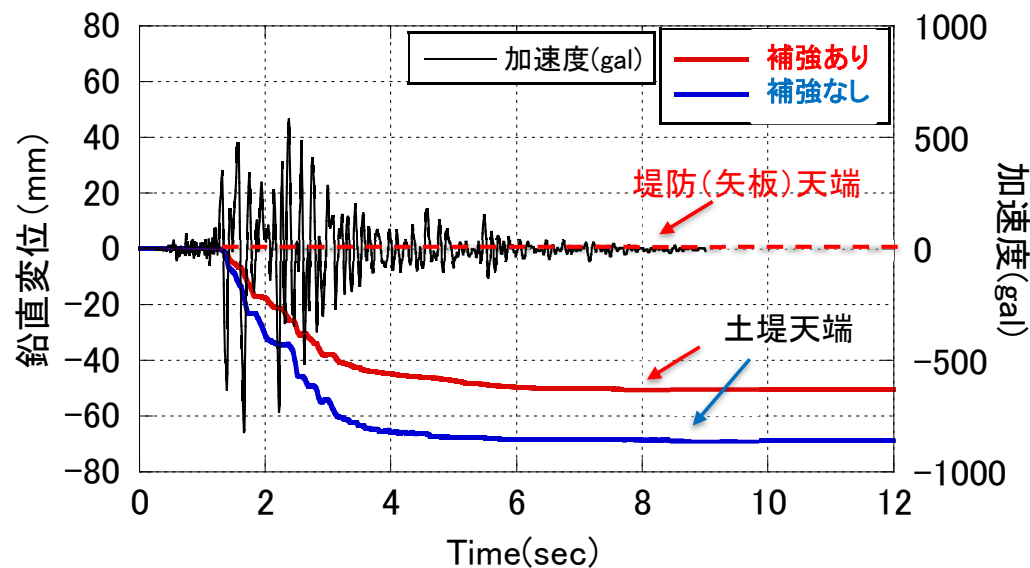
### ◆浸透試験＜補強あり(二重鋼矢板を用いた補強)＞



## 3-2.洪水 & 地震複合作用の実験結果

二重鋼矢板で仕切られた内側の液状化層における側方流動が抑えられることで堤防天端の沈下量が低減できる

### ◆加振実験



点線: 試験前  
実線: 試験後

補強あり(二重鋼矢板を用いた補強)

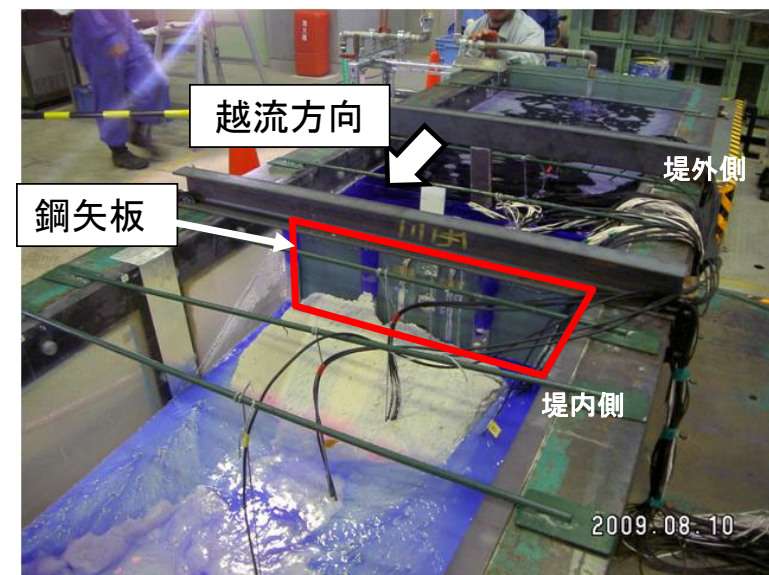
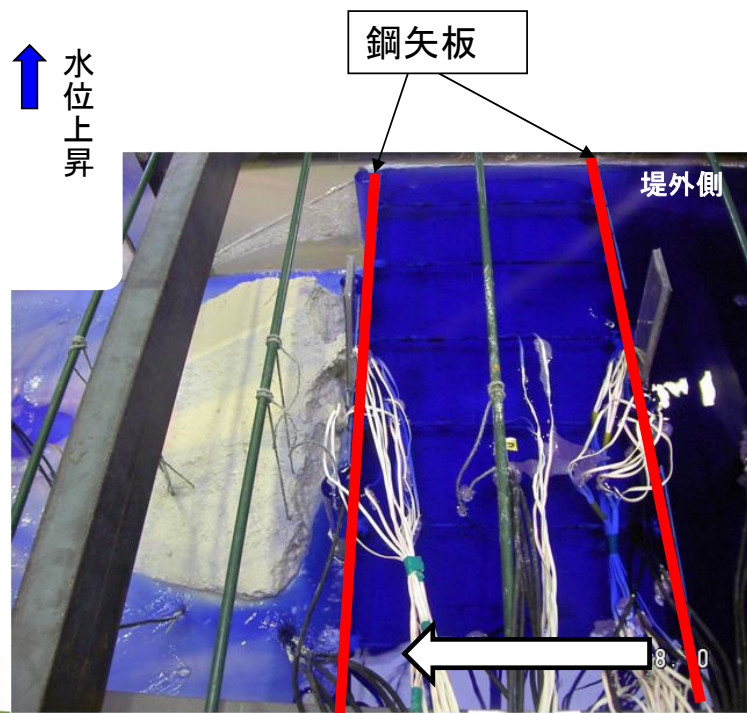
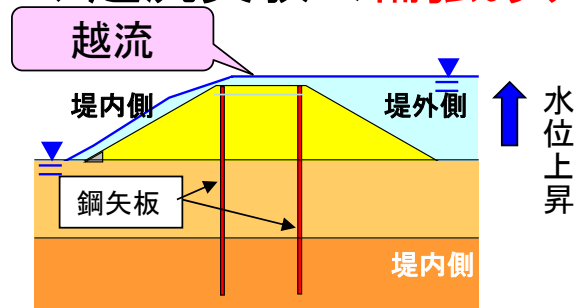


補強なし(土堤のみ)

## 3-2.洪水 & 地震複合作用の実験結果

二重鋼矢板により、天端高さが確保され堤防機能が維持される**越水による破堤抑止効果を確認**

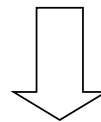
### ◆越流実験＜補強あり(二重鋼矢板を用いた補強)＞



越流により堤内側の**法面は崩壊するものの堤体高さは維持**

### 3-3.洪水 & 地震複合作用の実験結果まとめ

天端部の限定範囲の二重鋼矢板締切り



浸透・加振(液状化)・越流の複合作用に対しても、  
浸透水の遮断や**壊滅的な破堤の防止などの効果があり、**  
**総合的な対策として「二重鋼矢板を用いた堤防補強技術」**  
**が活用できる可能性があることを確認した。**



1. 国土交通省の河川堤防に関する技術検討会等の動き

2. 鋼矢板を用いた堤防補強技術

3. 実験による検証

4. 設計手順・試設計例

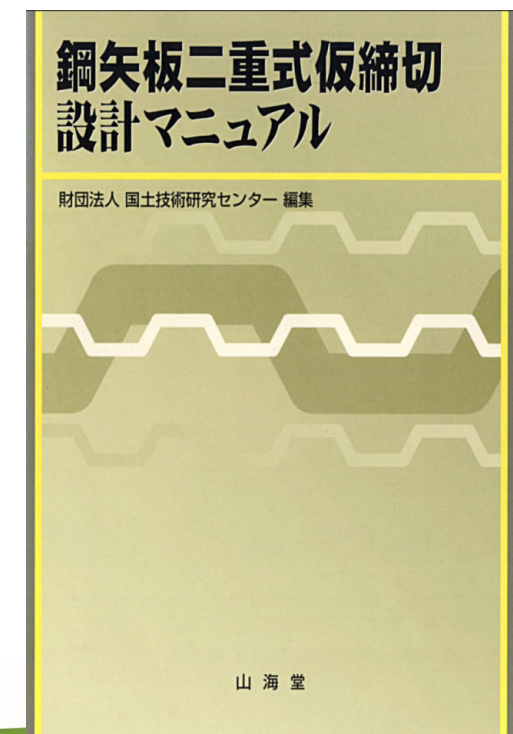
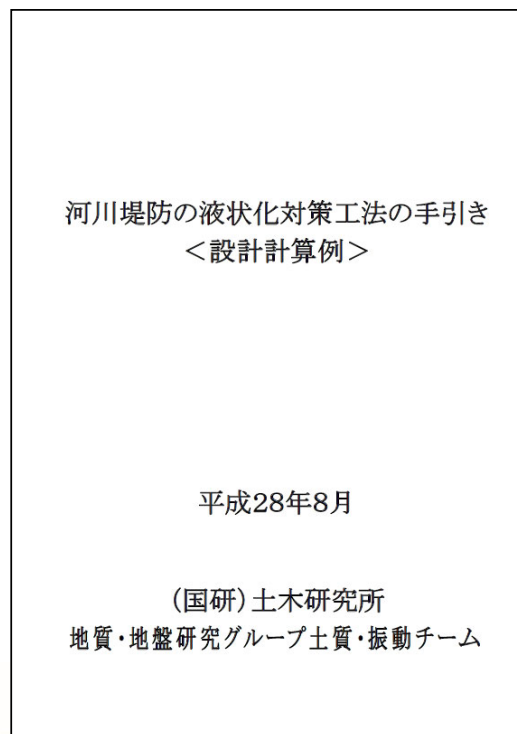
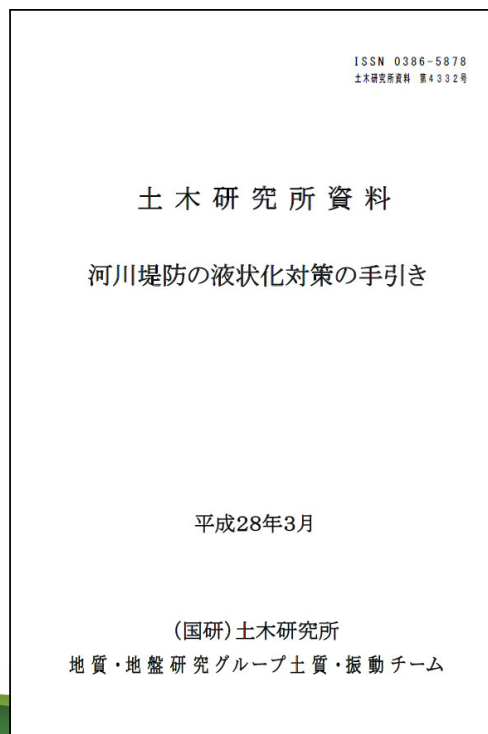
5. 採用事例・現地調査例

## 4-1.二重鋼矢板を用いた補強技術設計(参考文献)

本技術は、液状化に対しては①、洪水に対しては②に示された方法を用いて設計が可能。

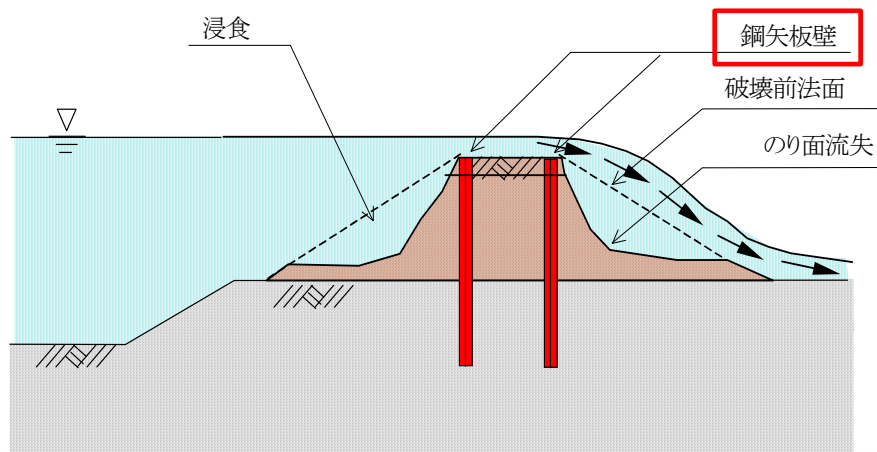
### ◆ 参考文献

- ①「河川堤防の液状化対策の手引き」および「同＜設計計算例＞」 土木研究所
- ②「鋼矢板二重式仮締切設計マニュアル」 国土技術研究センター

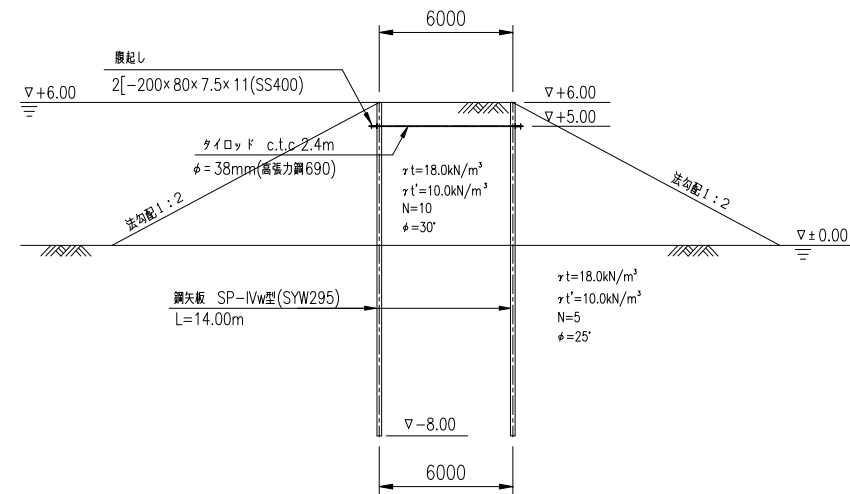


## 4-2.二重鋼矢板を用いた補強技術設計例(洪水時)

- ・越水時に天端高さを維持、壊滅的な被害を防止することを想定する。
- ・堤内・外のり面が流出し、二重矢板締切り構造のみで自立する条件を想定して計算を行う
- ・せん断変形、堤体の滑動、鋼矢板の応力照査および根入れの計算を行う。
- ・越水検討時の鋼矢板の許容応力は1.5倍に割増して(短期扱い)計算する。
- ・設計外力や設計地盤面高さなどの条件設定が重要となる。



設計時の想定状況



洪水時の設計例



1. 国土交通省の河川堤防に関する技術検討会等の動き

2. 鋼矢板を用いた堤防補強技術

3. 実験による検証

4. 設計手順・試設計例

5. 採用事例・現地調査例

## 実施例① 貯水池の災害復旧

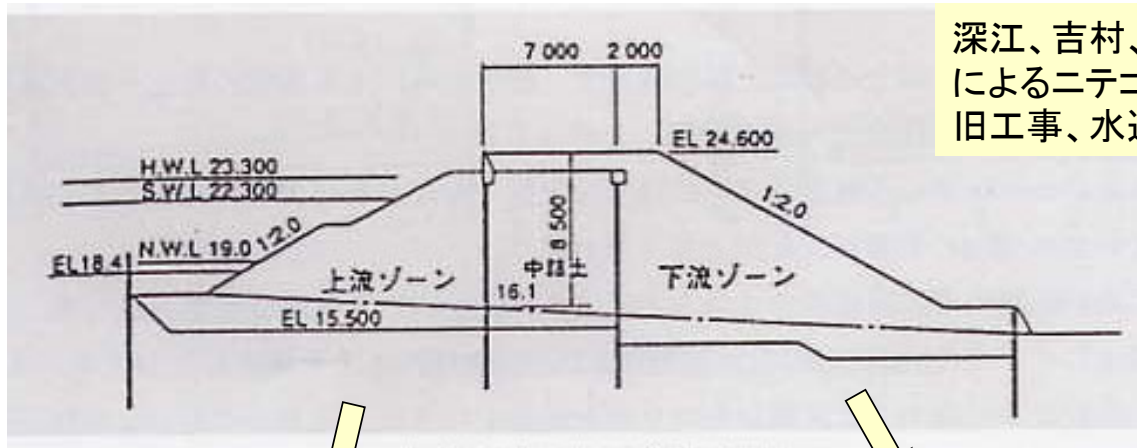
**Niteko Dams Complex**

**1995 Kobe, Japan  
Earthquake**



## 実施例① 貯水池の災害復旧

### ◆ 兵庫県西宮市ニテコ池

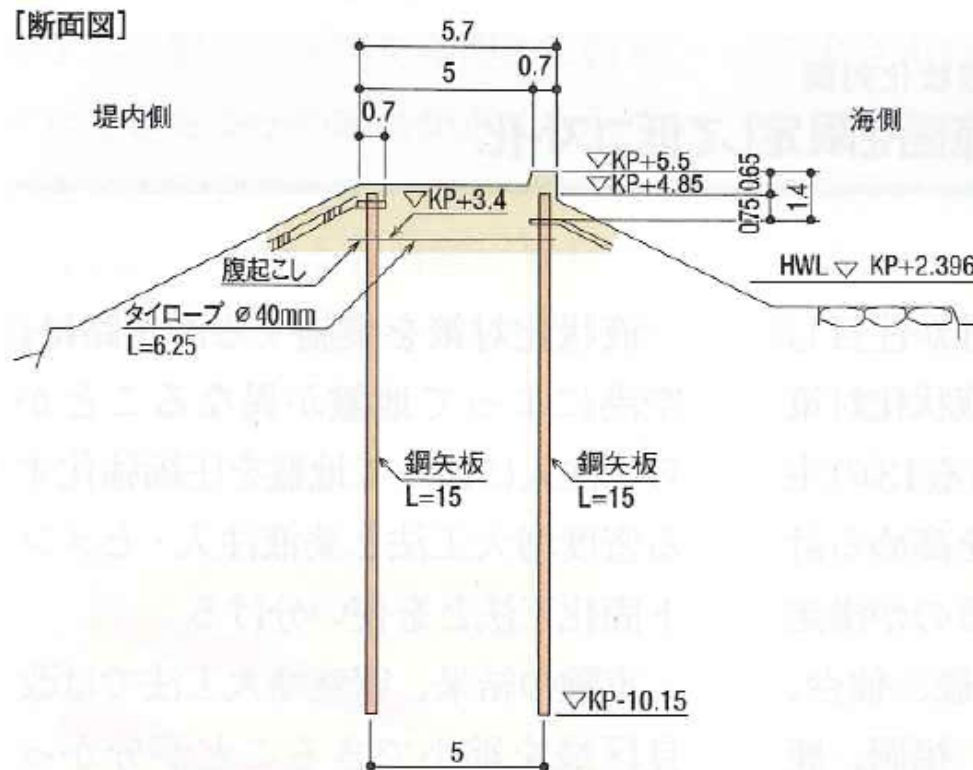


深江、吉村、須藤：兵庫県南部地震によるニテコ池の被災状況と災害復旧工事、水道協会雑誌、66-7、H9.7



## 実施例② 海岸堤防の耐震補強

### ◆ 愛知県三河港 海岸堤防

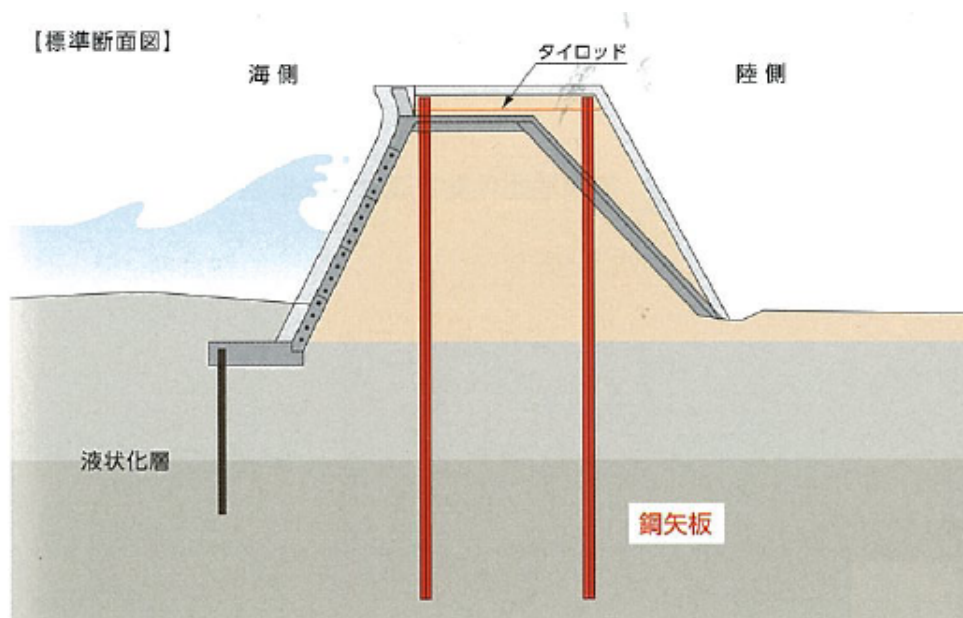


2009.10.23日経コンストラクション抜粋

二重式鋼矢板による液状化対策として採用

## 実施例③ 海岸堤防の液状化対策

### ◆ 高知県仁ノ海岸堤防



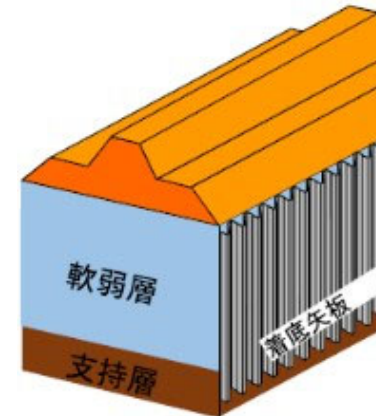
インプラント構造～災害復旧・国土防災・都市再生・インフラ整備～コンセプト&適用例, IPA国際圧入学会より

## 【実堤防の現地調査】

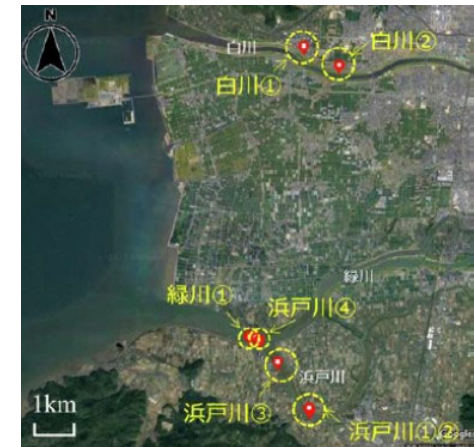
### 鋼矢板 堤防補強の調査結果分析

熊本県では、液状化対策を目的とした鋼矢板工法による堤防補強が多く採用された。

**平成28年熊本地震、平成29年7月九州北部豪雨、令和2年7月豪雨**の自然災害によらず、鋼矢板と地盤との間で鉛直・水平方向ともにクラックや陥没箇所の形跡は見られず、鋼矢板が地盤と一体で挙動していると考えられる調査結果を得た。



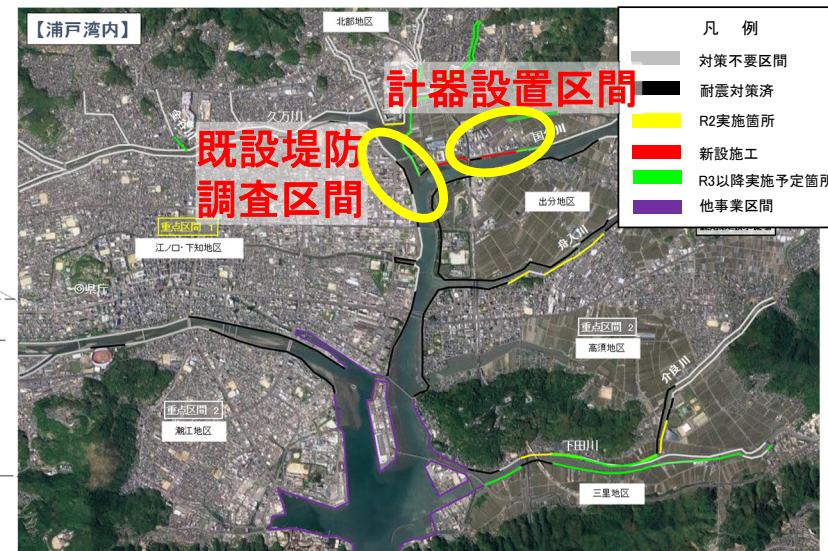
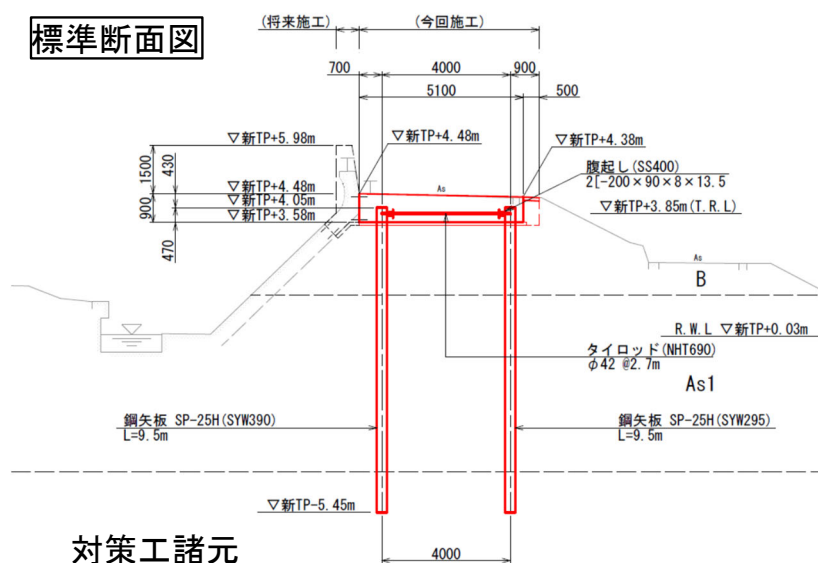
緑川、白川、浜戸川  
計5箇所調査



## 自治体にて施工済の既設鋼矢板堤防の現地調査

- ・ 高知県庁とJASPPで、既設・新設二重鋼矢板壁区間での現地調査を実施
- ・ 過年度(H26、H29) 地震高潮対策で施工済の箇所を対象に、維持管理の視点で、堤体健全性、対策工(鋼矢板)・地盤の挙動を点検・調査することが狙い

<事例: 国分川>





## 健全性調査の概要及び結果(例)

- 概要 | 『越水時にも決壊しにくい粘り強い堤防』の構造の一つである二重鋼矢板壁構造(以下、提案構造)について比較的長期供用中の「高知県 国分川堤防」の健全性を調査
- 課題 | 供用時の盛土と鋼矢板の一体性・なじみの検証  
(供用時、提案構造特有の管理上の問題が生じないか)
- 取組み | 堤防天端や法面の変状を調査  
(提案構造,地盤改良,無対策の3工種)  
→①堤防外観調査、②ドローンを活用した写真測量

### ①堤防外観調査

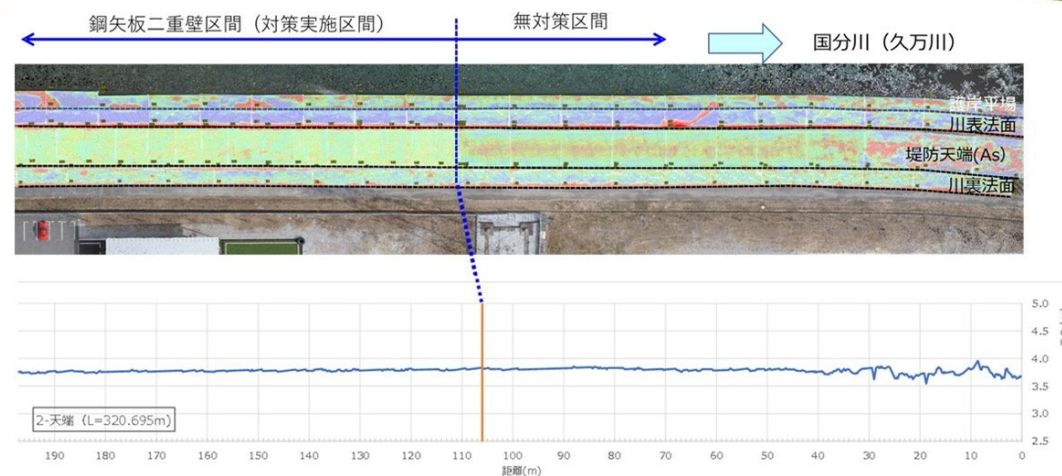
クラック・目地開き:どの工種も一定割合で発生、工種毎で大差無し

段差・沈下量:対策工事実施前の災害や周辺地盤の沈下が要因で川裏法部付近に部分的に見られるも、維持管理上、問題の無い範囲内であることを確認

## 健全性調査の概要及び結果(例)

### ②ドローンを活用した写真測量

対策区間全域の測量結果より、  
提案構造区間での堤防天端高の  
不陸は小さく、対策後も堤防天端高を維持



■総括 | 施工後に大規模出水が無い供用条件下において、  
提案構造では堤防天端高を維持できており、盛土との一体性を確認

■今後の対応 | 堤体周辺地盤の変状の進行性・影響の評価  
(周辺地盤の沈下、堤体内空洞量の調査など)  
→ 施設管理者とも連携のうえ継続調査を進めてゆく

## まとめ

- 越水および加振を与えた場合、**本技術で補強した堤防は、補強なし(土堤のみ)に対して破堤および沈下を抑止する効果がある。**
- 洪水時の地盤内の浸透およびレベル2 地震動に相当する加振を与えても、**二重鋼矢板により遮水性能が維持され、越流時の破堤も生じないことを確認した。**
- 本技術に関する設計は、**発行されている設計図書を元に設計が可能であるが、設計外力や設計地盤面高さなどの条件設定が重要となる。**
- これまでに主に**海岸堤防の耐震・液状化対策として採用いただいている。**
- **点検・維持管理・補修、構造の耐久性の観点**でも、関係各所と連携した経年調査等を参考に、技術確立を進める



ご清聴頂きまして有難うございました