

# 災害に強い河川を目指して 「鋼矢板を用いた河川堤防補強技術」



鋼管杭協会  
元木 卓也

## 1. はじめに

河川堤防は、後背地を河川の増水から護る機能を有しており、仮に持ち得る機能以上に増水した場合、河川は氾濫し、後背地に甚大な被害を及ぼす。それゆえ、河川堤防はその機能維持のために、浸透、浸食、越水、地震などに対して安全性を保有することが求められる。

強靱で品質の一様な鋼矢板は、河川護岸改修を中心に使用されてきたが、JFEスチール(株)(旧NKK、旧川崎製鉄)、新日本製鐵(株)、住友金属工業(株)では、さらなる普及・貢献および、河川堤防強化への利用技術研究を目指し、鋼管杭協会内に「堤防補強研究委員会」を設置し、活動を行ってきた。

本論文では、上記委員会での検討を行った河川堤防の補強方法のほか、その応用技術についても述べる。

## 2. 鋼矢板による河川堤防の補強

鋼矢板を使用した河川堤防の補強工法として、ここでは 浸食対策、 基盤漏水対策、 耐震対策について説明する。

### 2.1 浸食対策

河川堤防および護岸の浸食被害として最も顕著なものは、図-1のように基礎工前面の河床洗掘を伴い、基礎工および法覆工が被災を受ける事例である。洗掘は、洪水時の流量の増加に応じて河床高が低下する現象で、要因として川幅の変化、水路の湾曲・蛇行および砂州の発生などがある。

そこで、図-2のように護岸基礎として鋼矢板を用いると、前面の河床洗掘が設定した最深河床高まで下がった場合でも、自立式構造の護岸として堤防浸食を防護できる。

(社)全国防災協会「災害復旧工事の設計要領」に、洗掘を考えた場合には現河床から洗掘深さを考慮した設計壁高とする考え方が明記されている。

### 2.2 基盤漏水対策

基盤漏水とは、図-3のように堤防直下に透水性の高い砂層またはレキ層がある場合、洪水時に浸透水が透水層を通り、堤内側法尻付近の抵抗の最も小さい場所を破って漏水が発生する現象である。漏水が発生すると法尻の崩れが始まり、それが拡大するこ

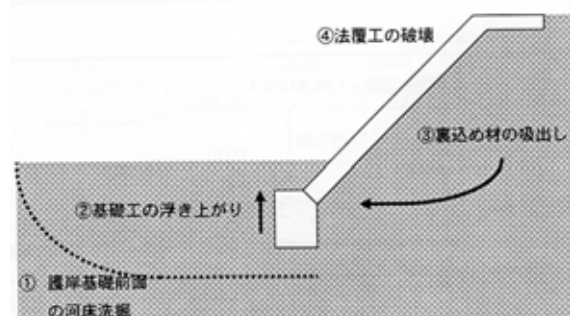


図-1 洗掘による護岸の破壊



図-2 鋼矢板による洗掘対策

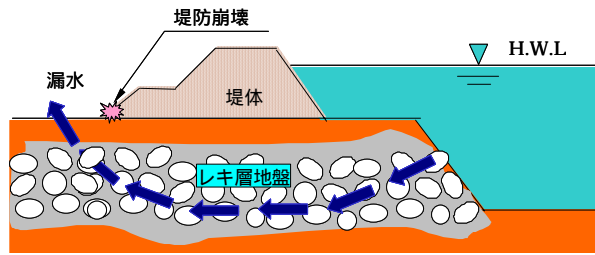


図-3 河川堤防下の基盤漏水

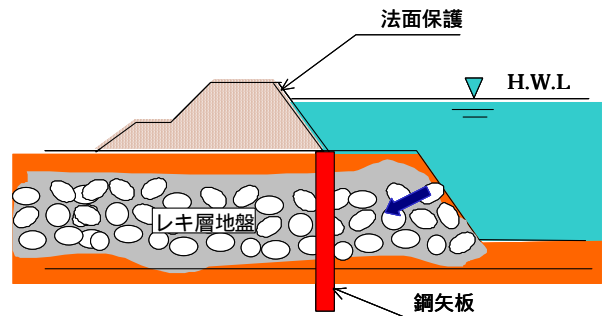


図-4 鋼矢板による基盤漏水対策

とにより堤防の崩壊が進み、水圧に耐えられない状態になると破堤にまで至る。

この現象に対し、図-4のように鋼矢板を不透水層 1m 下まで打設し止水壁を築造することで、基盤漏水対策とすることができる。通常は、堤防表法先に設置する。不透水層が存在しない場合や深い位置にある場合は、ボーリングやパイピングを起こさない位置まで鋼矢板を根入れする。

基盤漏水に対する鋼矢板の効果を確認するため、2次元浸透流解析を実施した。図-5に解析モデルを示す。透水係数としては、表-1 のような値を設定した。

表-1 実験の透水係数  
単位(cm/sec)

堤防盛土	$k=1 \times 10^{-4}$
透水層	$k=1 \times 10^{-2}$
不透水層	$k=1 \times 10^{-5}$
表土	$k=1 \times 10^{-3}$
鋼矢板	$k=1 \times 10^{-6}$
(鋼矢板厚さ10cm)	

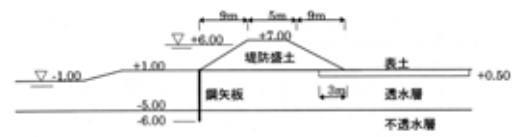
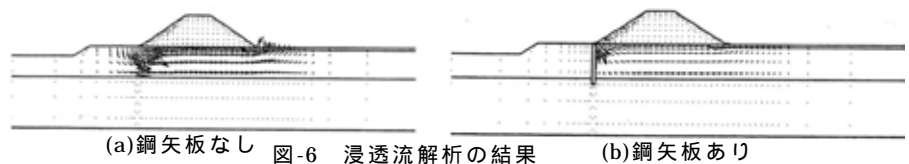


図-5 浸透流解析のモデル

その結果、図-6 に示すような結果となった。



図中の線の長さは流速を示しており、堤内側法尻の最大流速が鋼矢板ありの方が小さくなった。また、局所動水勾配  $I_c$  は鋼矢板なしの場合 1.44、ありの場合 0.42 となった。これらにより、鋼矢板を打設することで堤防の浸透破壊に対する安全性が高まることがわかった。

鋼矢板による基盤漏水対策として大規模なものの一例として、平成 11 年に施工された福島県阿武隈川水害対策工事がある(写真-1)。延長 28km にわたって、鋼矢板 2W および 3W 型、長さ 6.0~12.5m、鋼重にして約 20,000 トンが打設された。この他、平成 12 年名古屋天白川に対しても同様の対策がなされており、近年では止水壁として調整池での使用も増加している。



写真-1 阿武隈川での鋼矢板打設

### 2.3 耐震対策

液状化する地盤上にある河川堤防は、大規模地震が発生した際には沈下することが懸念されている。鋼矢板を用いることによって堤防を補強し、沈下を軽減することができる。堤防周辺の鋼矢板の打設位置によって、法肩タイプ(鋼矢板芯壁堤)と法尻タイプの2種類の構造がある。

法肩タイプ(鋼矢板芯壁堤)

河川堤防において、天端部の法肩にそれぞれ鋼矢板を打設しタイロッド等で締め付

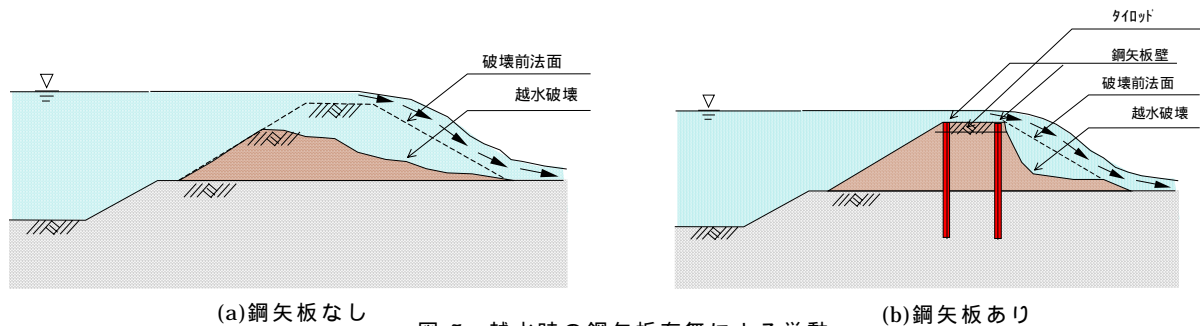


図-7 越水時の鋼矢板有無による挙動

けた二重鋼矢板締切とした構造を鋼矢板芯壁堤と呼んでいる。この構造の期待される効果は、(1)洪水に対して堤防の高さを保持できる、(2)液状化により沈下が発生しても堤防の高さを保持できる、の2点が考えられる。

(1)洪水に対しては、図-7のように、補強がない場合には、越水時に法面の流失が起こり堤防が崩壊していくと考えられるが、鋼矢板芯壁堤により補強されている場合は、越水で法面が流失しても天端高さを確保できると考えられる。

この現象を確かめるため、模型実験を実施した。図-8のように、長さ 2800×高さ 845×奥行き 680mm の水槽内に堤防模型を作成し、次の手順で行った。

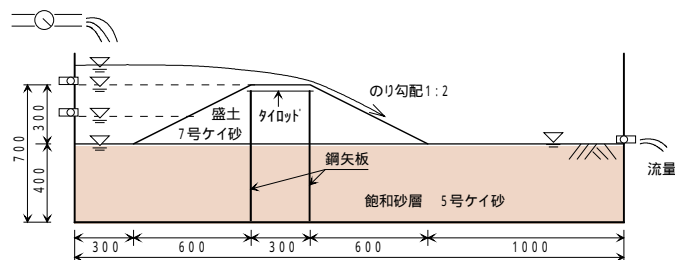


図-8 模型実験構造図

- (手順1) 水位を から (+15cm)へ上昇させて、それを維持しながら 60分程度放置し、その間、浸透流量の計測、堤防の観察を行う。
- (手順2) 水位を から (+30cm)まで上昇させて、それを維持しながらさらに 60分程度放置し、その間の浸透流量の計測、堤防の観察を行う。
- (手順3) 5 l/min の越流を生じさせ、天端・法面の崩壊状況を観察する。
- (手順4) 破壊の進行が止まるごとに越流量を最大 50 l/min まで増加させて堤防の破壊を促進しながら、崩壊状況を観察する。

実験の結果、鋼矢板対策なしの場合では、手順3後の写真-2のように越流後天端破壊が始まり越流量が急増し堤体の崩壊に至った。一方、鋼矢板対策ありの場合、手順3後写真-3のように裏のりが徐々に削られたが天端高さが保持されていたため注入量分の越流量しか発生しなかった。これにより、鋼矢板芯壁堤が洪水時の越流に対し破堤せず効果を発揮していたことが確認できた。



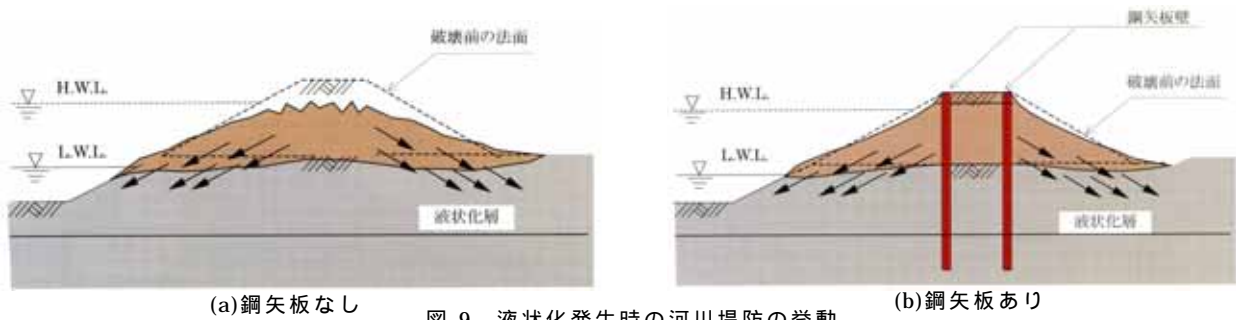
写真-2 鋼矢板なし



写真-3 鋼矢板あり

(2)液状化時の沈下に対しては、図-9のように地震時に基盤に液状化が発生した時、無補強の場合基盤が軟化し堤体の全体崩壊が発生するが、鋼矢板芯壁堤の場合法面が崩壊しても天端高さを確保できると考えられる。

これを確認するため、図-10のように長さ 2800×高さ 845×奥行き 340mm の剛な砂



(a)鋼矢板なし (b)鋼矢板あり 図-9 液状化発生時の河川堤防の挙動

箱内に模型地盤を作成して振動実験を実施した。盛土、液状化層およびその下層の締固め層はいずれもケイ砂7号で作成し、それぞれ、湿潤密度  $t=1.5\text{g/cm}^3$ 、相対密度  $Dr=40\%$ 、相対密度  $Dr=90\%$ を目標とした。水位は、地表面と一致させ、最大加速度は  $300\text{gal}$  および  $500\text{gal}$  の2段階で行った。



図-10 振動模型実験構造図

その結果、図-11 に示すように、 $300\text{gal}$  の最大加速度の場合無対策時には天端中央の沈下量が  $80\text{mm}$  以上だったのに対し、鋼矢板芯壁堤の場合は無対策の半分以下の  $30\text{mm}$  程度であった。

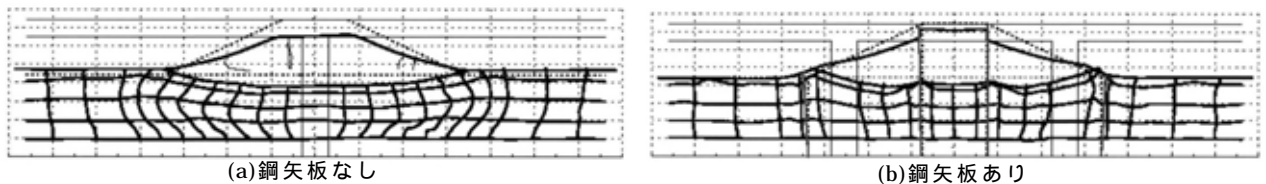


図-11 振動模型実験結果(変位)

これら実験の結果、鋼矢板芯壁堤が洪水および地震対策の堤防補強として効果があることが確認できた。

### 法尻タイプ

液状化する地盤の直上に堤防が存在し地震時の被害が甚大となる可能性がある場合は、盛土地盤もしくは盛土直下の地盤の側方流動を小さくし不等沈下を防止する方法として法尻に鋼矢板を打設する。図-12のように、液状化した場合は堤防もしくは盛土全体が崩壊することが考えられるが、法尻に鋼矢板を打設した場合は沈下量が小さくなり被害が軽減されると考えられる。

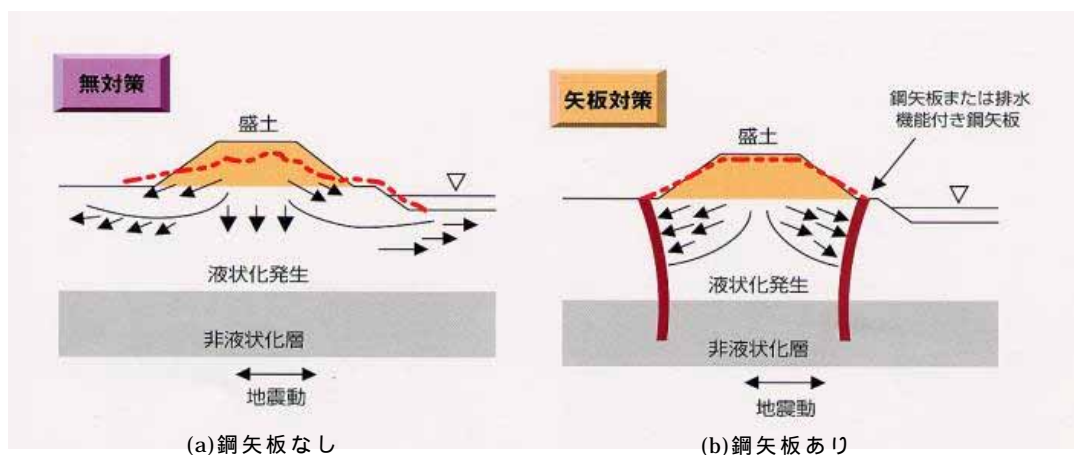


図-12 液状化発生時の河川堤防の挙動

施工実績としては、写真-4 に示す JR 東日本武蔵野線の鉄道盛土のほか、JR 東海の東海道新幹線の盛土など多数あり、東海道新幹線については今後も愛知県エリアで鋼矢板による補強を実施していくこととなっている。



写真-4 JR 武蔵野線の鉄道盛土の補強

### 3 . 鋼矢板による河川堤防向け応用技術

鋼矢板を使用した応用技術として、圧密沈下対策、透水性鋼矢板、多自然型護岸を紹介する。

#### 圧密沈下対策

軟弱地盤上に盛土したり、盛土の高上げを行った場合、盛土の重みで圧密沈下が発生し、周辺地盤に引き込み沈下が生じることがある。これを図-13 のように、鋼矢板により周辺地盤への影響を遮断しようとするものである。

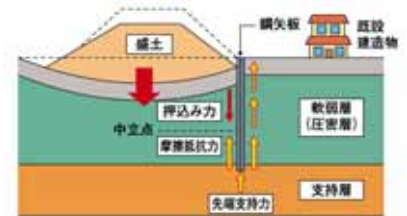


図-13 沈下対策鋼矢板

#### 透水性鋼矢板

鋼矢板護岸を打設することによって、自然の地下水流に影響を与えることがあるので、写真-5 のように鋼矢板に開口部を設けたものが透水性鋼矢板である。地下水流の循環を妨げないという特長がある。



写真-5 透水性鋼矢板

#### 多自然型護岸

写真-6 のように、自然環境もしくは景観に配慮する構造にした護岸であり、鋼矢板を打設した後、自然石や景観パネル等を用いて親水機能を持たせている。



写真-6 多自然型鋼矢板護岸

### 4 . おわりに

本論文では、鋼矢板を用いて堤防補強の実施方法と効果を、模型実験の結果などを交えて紹介した。

近年日本各地での地震の発生、また地球温暖化が一因とされる局地的豪雨などの天災が発生する中、安心・安全に生活できる国土を整備することが急務となっている。鋼矢板が河川堤防の補強に使用され、液状化対策・基盤漏水対策などの一助となれば幸いである。

#### 参考文献

- 1 ) 廣木謙三、貫名功二：阿武隈川平成の大改修と新しい河川行政、土木技術社、土木技術 54 巻 7 号、平成 11 年 7 月
- 2 ) 安部友則、石原伸員：再度災害防止に向け本格化する激特事業 - 新川、天白川河川激甚災害対策特別緊急事業、土木技術社、土木技術 56 巻 9 号、平成 13 年 9 月
- 3 ) 鋼管杭協会：鋼矢板を用いた河川堤防補強技術、平成 13 年 1 月
- 4 ) 鋼管杭協会：鋼矢板芯壁堤技術資料、平成 14 年 3 月