

鋼矢板二重壁を用いた 河川堤防の長期安定性に関する現地調査

鋼矢板技術委員会／河川堤防小委員会

1. はじめに

令和元年東日本台風（台風19号）の洪水により、全国で142箇所（箇所）の河川堤防が決壊し、甚大な人的・物的被害が生じた。このように、近年、気候変動が原因とみられる豪雨災害の激甚化により治水施設の能力を超える洪水が多発しており、今後も河川堤防の決壊（越水）による被害がさらに生じることが考えられる。

そこで、河川堤防を越水した場合であっても、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、被害をできるだけ軽減することを目的に、国土交通省では令和4年5月に「河川堤防の強化に関する技術検討会」を設置し、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などの減災効果を発揮する「粘り強い河川堤防」の技術的検討が進められている^{1), 2)}。

また、令和5年3月には、国土交通省より、越水に対して「粘り強い河川堤防」に関する技術の公募が公表され、技術提案に求められる性能が規定され、越水に対する性能に加えて、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なども具体的に示された。

これに対し、鋼管杭・鋼矢板技術協会では、本課題の解決策として、海岸堤防や農水ため池堤防で豊富な実績を有する鋼矢板二重壁構造に着目し、将来的な河川堤防への適用を提案すべく、各種技術検討を進めている。取り組みの一つとして、長期供用中の鋼矢板二重壁構造の既設堤防である、高知県の国分川堤防の現地調査を令和3年より進めており、本報では、主に調査内容・結果について述べる。

2. 鋼矢板二重壁による越水に対して粘り強い河川堤防

鋼矢板二重壁は、堤体内に鋼矢板を配置することで、構造的に堅固な自立部を形成することを特徴とする自立型構造である。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を有するとともに、豪雨等で越水が生じ、法部が流出した場合においても、所定の外力に対し、鋼矢板と土堤で構築された自立部の安定性を保つことで、堤防の天端高さを保持するものである。基本的に、既往の鋼矢

板二重式仮締切工や海岸堤防、河川管理施設等構造令に規定される自立式特殊堤と類似構造であり、一般的な施工法で容易に構築することができる。図1に鋼矢板二重壁の概念図、実績例を示す^{3), 4)}。

3. R4技術公募について

上述の通り、国土交通省より、越水に対して「粘り強い河川堤防に関する技術」の公募が公表され、表1の通り、技術提案に求められる性能が示された。これによると、①既存の堤防の性能を毀損しないこと（堤防に求められる基本的な機能・設計に反映すべき事項・設計に当たって考慮すべき事項を規定）、および②越水に対する粘り強い性能を有する構造であること、の2つを満足することが求められている⁵⁾。

鋼矢板二重壁の適用において、「堤防に求められる基本的な機能を長期的に維持できる構造であること」は重要であり、具体的には、不同沈下に対する修復容易性、基礎地盤及び堤体との一体性・なじみ、構造物の耐久性、維持管理の容易性などが挙げられる。このような基本的な機能の長期的維持に関する要求性能を満たすべく、堤体と堤体内に配置される鋼矢板の近傍地盤に、水みちの発生につながる空洞化や矢板施工などの影響による緩みが発生していないか、対策端部における不同沈下の発生有無や、浸透流の廻り込みによる局所的な動水勾配の高まりによるパイピング現象が生じていないか等を確認する必要がある。

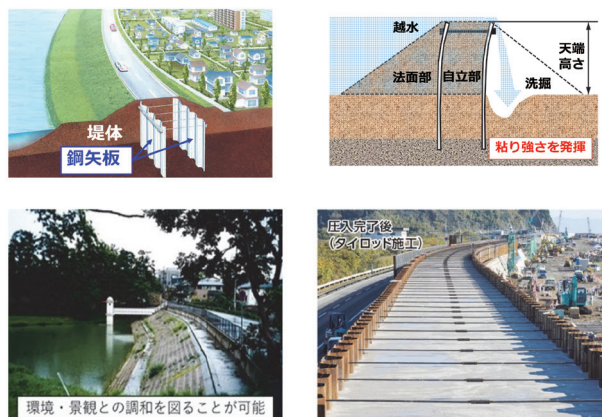


図1 鋼矢板二重壁の概念図および実績例

表1 技術提案で求める性能

【堤防に求められる基本的な機能】	【設計にあたって考慮すべき事項】
常時の健全性を有する構造	環境及び景観の調和／事業実施による地域への影響／公衆の利用
計画高水位以下の浸透に対する安全性	維持管理の容易性／経済性／構造物の耐久性／施工性
地震動の作用に対する安全性	【越水に対する粘り強い性能を有する構造であること】
波浪等に対する安全性	越水に対する粘り強い性能を有する構造（実験・解析で性能検証）
基本的機能を長期的に維持できる構造	決壊までのプロセス・破壊の変状連鎖図
【設計に反映すべき事項】	信頼性（技術の熟度等）
不同沈下に対する修復容易性	越水性能を有する構造とするための施工上の留意点
基礎地盤及び堤体との一体性・なじみ	越水性能を維持するための維持管理上の留意点
かさ上げ、拡幅の機能増強の容易性	技術ポイント：現地調査を活用し性能検証
損傷した場合の復旧容易性	
基礎地盤・堤体構造の不確実性に対する安全性	

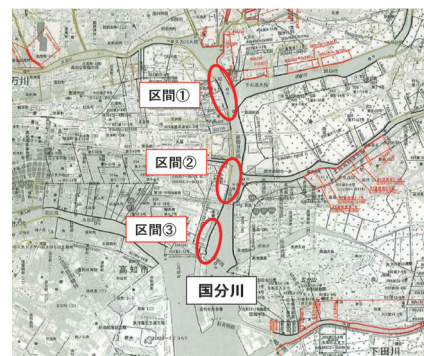


図2 対策区間図

そこで、高知県国分川に位置する供用9年あるいは15年経過した鋼矢板二重壁の既設堤防を対象に現地調査を進めてきた。

4. 高知県国分川堤防について

(1) 概要

南海トラフ地震は、今後30年以内の発生確率が70～80%と想定されており、震度7の揺れと巨大津波の脅威が差し迫っている状況である。この状況の中、高知県では高知市の浸水被害の最小化を目標に、浦戸湾の海岸・河川堤防の耐震（液状化）・津波対策が平成20年度より進められている。

対策工法の中で、「二重鋼矢板工法（鋼矢板二重壁）」を用いた液状化対策を検討した結果、経済性・施工性での優位性が評価され建設コスト・工期縮減に繋がる有効な対策工として本工法が採用された。対策区間は、一般の土堤とは異なり既設の三面張構造の高潮堤防として構成されており、河川堤防の両法肩には鋼矢板が打設されている。図2に対策区間の平面図を示す。

対策・無対策区間の不同沈下や、鋼矢板と堤体との一体性・なじみの課題が考えられることから、長期的な機能の継続性、維持管理方法を検証すべく、現地での追跡調査や対応策の検討を、高知県と鋼管杭・鋼矢板技術協会との共同で実施してきている。

(2) 設計

「二重鋼矢板工法」を用いた液状化対策を検討するに当たり、「河川構造物の耐震性能照査指針」（H19→H24.2→H28.3）、「河川堤防の液

状化対策工法マニュアル」（H9.10）および「河川堤防の液状化対策の手引き」（H28.3）の考え方をういて、レベル2地震動後の堤防高さが、

照査外水位を下回らないように照査することで対策工法の諸元を決定している（静的自重解析（ALID）または動的有効応力解析（FLIP等）による）。

ここで、上記マニュアルや設計手引きでは、法尻での矢板対策が原則となっているが、比較検討の結果、鋼矢板が堤防天端（法肩）に配置される二重鋼矢板が最も有効であり、経済性・施工性も優位であったため、「二重鋼矢板工法」が採用されている。

(3) 施工

「二重鋼矢板工法」は、既設堤防の川表および川裏法肩に鋼矢板を打設するものである。その施工手順フローは、準備工→舗装取壊し→床掘り→矢板工→矢板上部工（タイロッド設置、鉄筋組立、コンクリート打設、養生、脱型）→舗装工の工程となる。

矢板工（鋼矢板打設）は、堤防天端にラフテレーンクレーンを設置後、堤体への影響も考慮してサイレントパイラーによる圧入工法（単独圧入）を基本として、硬質地盤箇所においては硬質地盤用のオーガ併用圧入を用いている。地盤条件としては、堤体（礫質土（B層））、砂質土（As層）および粘性土（Ac層）が標準的な層序となっている。

(4) 履歴

1) 築堤履歴

各区間はもともと河川が分布しており、川裏側（堤内地側）は埋め立てら



図3 サイレントパイラーによる鋼矢板圧入状況

れたものである。また、各年代の航空写真（1962年、1975年、2010年および現在）より、各区間の築堤履歴を下記の通り推察している。

- ・既設区間①：1962年、1975年には水面が確認され、2010年以前に埋め立て・築堤が実施されていることから、築堤から少なくとも10年程度は経過していると考えられる。対策工は2014年に施工、供用9年（調査2022年時点で8年）経過している。
- ・既設区間②：同上
- ・既設区間③：1962年には水面が確認され、1975年以前に埋め立て・築堤が実施されていることから、築堤から少なくとも50年程度は経過している。対策工は2008年に施工、供用15年（調査2023時点）経過している。

2) 被災履歴

高知県の地震（震度5以上）および洪水による被災履歴を表2に示す。高知市内ではいずれも対策工の施工前の被災で、「二重鋼矢板工法」の対策後の被災履歴（震度5以上）は今のところ生じていない。

5. 調査内容および結果

上述の通り、「堤防に求められる基本的な機能を長期的に維持できる構造」であるか否かが重要であり、調査目的

表2 履歴年表

年代	既設区間①②	既設区間③	地震	洪水
1960			1968日向灘M7.5 (宿毛市震度5)	
1970		1975築堤		1975台風5号 1982台風13号 1998台風7号 (高知豪雨)
2000		2008対策工	2001安芸灘M6.7 (高知市震度5弱)	
2010	2010築堤 2014対策工		2014伊予灘M6.2 (宿毛市震度5弱)	
2020			2022日向灘M6.6 (宿毛市震度5弱)	

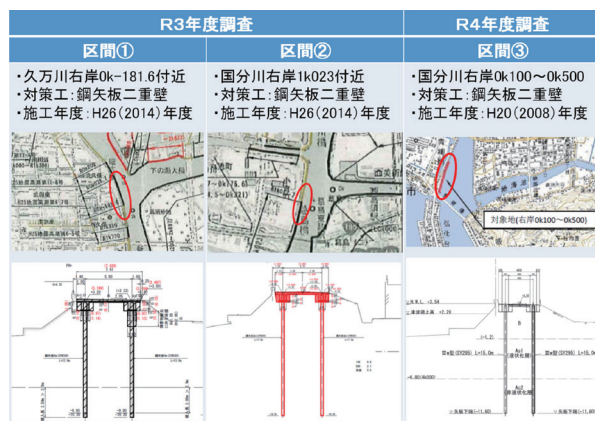


図4 調査位置

は、堤体内に鋼矢板を設置することによる長期的影響を評価することである。その観点から調査内容を検討、鋼矢板二重壁構造の既設堤防の経年変化を堤体内・外部から調査することとした。

(1) 堤体外部

1) 外観調査

鋼矢板二重壁についても、まずは維持管理は土堤と同様の管理が基本と考えられるため、国土交通省の「堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領（H31）」⁶⁾に基づき、目視点検（外観調査）を行い、外観変状による弱部発生の有無を調査した。点検事項（変状）は、上記要領の土堤および高潮堤防（被覆構造堤防）を参考とした。

調査位置を図4に示す。供用15年が経過した鋼矢板二重壁の区間（③）と、供用9年が経過した鋼矢板二重壁と無対策の区間（①・②）にて調査を実施した。

調査箇所は、三面張のうち、川表法面、天端パラペット、天端および川裏法面、調査項目は、クラック、目地開き、段差・沈下、ジャンカ・欠損、エフロ（遊離石灰）、コールドジョイントおよびズレである。

a) 区間①（鋼矢板二重壁・無対策）

対策区間および無対策区間とも、クラック、目地開きの変状の発生割合が多かった。特に、確認される変状の半数は目地開きであり、クラック幅や目地開き幅は大きな違いは見られなかった。また、ジャンカ・欠損、エフロなどのコンクリートの劣化に伴う変状が多く確認された。

一方で、対策区間では川裏法面での段差・沈下の変状が確認されたが、これは鋼矢板に支持された堤防天端との間に相対的に段差・沈下が生じたものと推定される。

b) 区間②（鋼矢板二重壁・無対策）

区間②は、対策区間および無対策区間で堤防形状（川裏法面）が異なるが、区間①の調査結果とほぼ同様であった。

c) 区間③（鋼矢板二重壁）

区間③は、目地開き、樹木進入の変状の発生割合が多かった。また、区間①・②の対策区間と同様に、川裏法面での段差・沈下の変状が確認された。

このように、変状の発生割合は対策有無で大差はなく、対策・無対策とも三面張のほぼ同等の外観を保持している。川裏法面（法肩）の段差・沈下が対策区間で局所的に確認されたが、これは鋼矢板二重壁施工前からの空洞が進行、川裏法面が沈下したもので、鋼矢板に支持された堤防天端との間に相対的に段差・沈下が生じたものと推定される。その理由として、下記3点が挙げられる。

①後述のボーリングによる堤体の下のAc層のサンプリングおよび圧密試験結果より、鋼矢板二重壁施工時にはすでに過圧密状態であったことが判明、圧密沈下による鋼矢板の抜け上がりは原因ではないこと

②川裏法面のスコープ調査より、い

れの削孔位置においても隙間は少なく、法覆工背面における空洞は確認されなかった。空洞進行に法覆工が追従したものと推定される。

③後述のドローン測量より、無対策でも法肩付近が低いことが判明、ただし堤防天端の端部も下がっているため、相対的な段差・沈下として現れなかった

2) ドローン測量

ドローンによる測量技術は2010年頃から実用化されており、河川分野でのドローン測量技術の活用としては、国土交通省等の河川管理者の維持管理業務等に適用されている。本ドローン測量により、堤防天端の沈下による越水被害増大の可能性の有無を調査した。調査位置は、1) 外観調査と同様である。

ドローン測量では、点群データより地表面の標高を計測し、地表面に発生する沈下量の測定を実施した。なお、地表面の沈下量は、堤防の目地間を1枚の面として考え、その範囲内で測定された地表面の高さ（点群の高さ）を平均し、測定された各点群との差分を取ることで、地表面に発生する不陸を評価した。

a) 区間①（鋼矢板二重壁・無対策）図5

対策区間では、堤防天端のグラデーションの差異からも分かるように、不陸（凹凸）の差はほとんど生じていなかった。堤防天端高の不陸が少ないことから、対策後に沈下が生じている可能性は小さく、堤防天端高を維持していることが確認された。

一方で、無対策区間では、堤防天端は中央付近の高さが高く（暖色系）、川表法面および川裏法面付近の高さが低く（寒色系）、不陸の差が大きいことが確認された。

なお、対策区間では、川裏法面で暖色系と寒色系の差の大きい箇所が部分的に見られるが、これは上述の外観調査により、川裏法面が沈下したもので、鋼矢板に支持された堤防天端との間に相対的に段差・沈下が確認された箇所であると考えられる。

b) 区間②（鋼矢板二重壁・無対策）図6

区間②は、区間①の調査結果とほぼ同様であった。

c) 区間③ (鋼矢板二重壁) 図7

対策区間では、堤防天端は全体に特徴的な凹凸面は確認されず、不陸の差は小さく、堤防天端高を維持していることが確認された。

なお、川裏法肩付近では区間①同様に、鋼矢板に支持された堤防天端との間に相対的に段差・沈下が発生していることが考えられる。

これらのことから、いずれの対策区間においても、堤防天端の不陸は小さく、維持管理上問題ないことが確認された。出水・地震の被災履歴はなしも、10～15年スパンで堤防天端高を維持していることが観察された。

(2) 堤体内部

1) スクリューウェイト貫入試験

上記の「点検・評価要領」にも、「堤防内に材料の異なる構造物が含まれると、その境界面は浸透水の水みちとなりやすく…」と記載されている。そこで、堤体と鋼矢板との長期的な一体性・なじみについて、水みちの発生・パイピング現象に着目、樋門・樋管周辺の空洞や緩み調査で用いられているスクリューウェイト貫入試験を適用し、堤防横断方向および縦断方向の地盤強度分布を調査した⁷⁾。

スクリューウェイト貫入試験では、先端部にスクリューポイントを有する試験装置を用いて、おもりの载荷による自沈量と試験装置の半回転数を計測することで、静的貫入抵抗を計測した。

調査場所を図8に示す。供用15年が経過した鋼矢板二重壁の区間 (No.1・No.2) と、無対策の区間 (No.3)、供用9年が経過した鋼矢板二重壁と無対策の境界部区間 (No.4) にて調査を実施した。

No.1からNo.3では、堤防横断方向を対象に、鋼矢板近傍から0.5m、1.0m、2.0m、3.0mの地点を計測した。No.4は、堤防横断方向に加え、対策境界部での地盤の強度分布を調査するために、対策境界部から、堤防縦断方向に対して0.5m、1.5m、2.5mの地点を調査した。

なお、スクリューウェイト貫入試験に先立ち、各地点の法面被覆コンクリートを削孔・スコープ調査も行い、被覆工背面の空洞の有無も確認している。

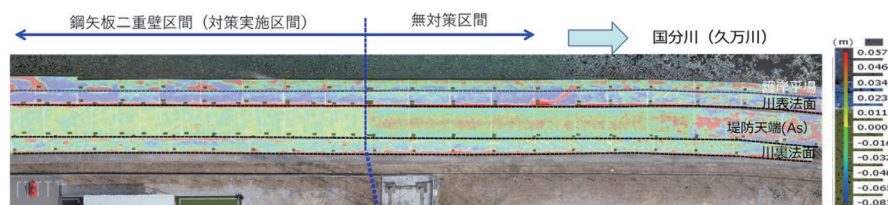


図5 地表面不陸測定状況 (区間①)

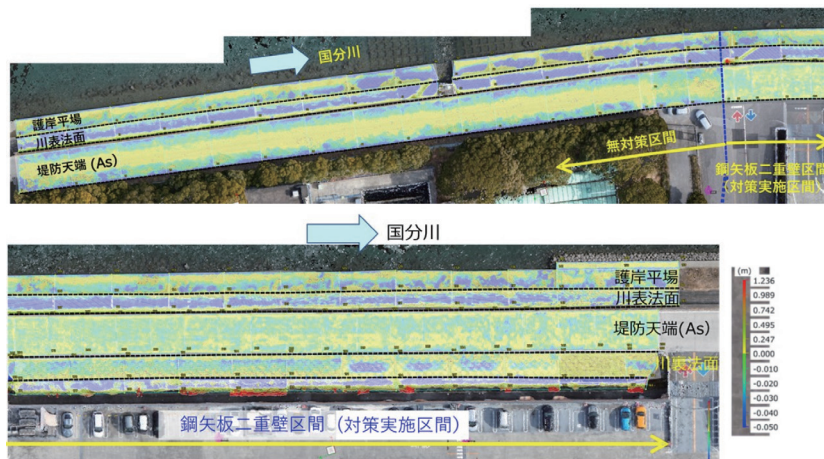


図6 地表面不陸測定状況 (区間②)



図7 地表面不陸測定状況 (区間③)

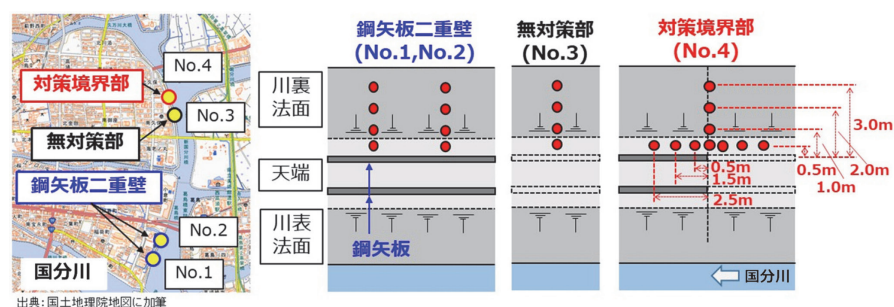


図8 調査位置

調査した堤防の断面図 (一例) を図9に示す。どの調査地点においても、堤体内部の地盤は礫質地盤 (Bg層) と砂質土層 (Bs層) で構成されており、堤防高さは4.0m～4.5m程度であったため、本調査では、堤防天端から5.0m深さまでを調査深度として設定し、

Bg層とBs層を対象に調査を行った。

各調査地点における土質毎 (Bg層・Bs層) の鋼矢板からの離隔と換算N値の関係を図10～14に示す。ここで、換算N値においては、深度方向に地盤強度のばらつきが見られたため、今回は確率分布における最頻値を代表値として、地盤

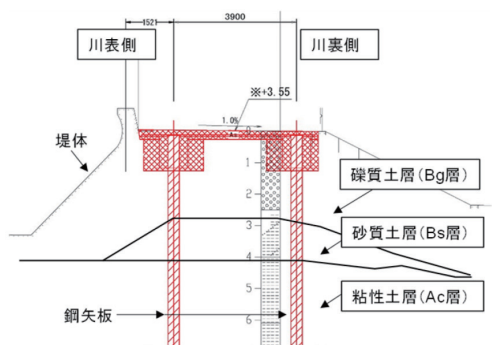


図9 調査した堤防の断面図(一例)

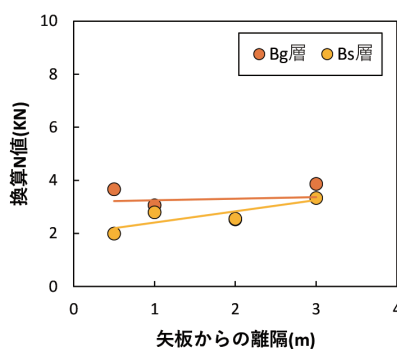


図10 No.1の横断方向の換算N値

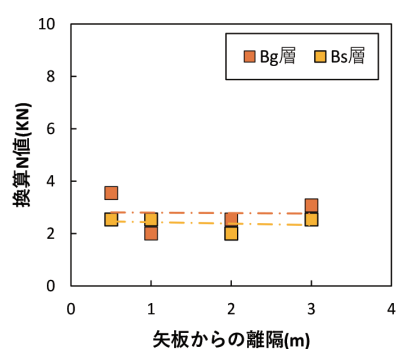


図11 No.2の横断方向の換算N値

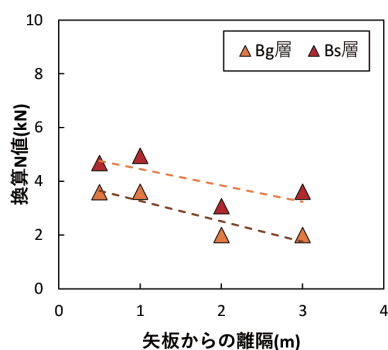


図12 No.3の横断方向の換算N値

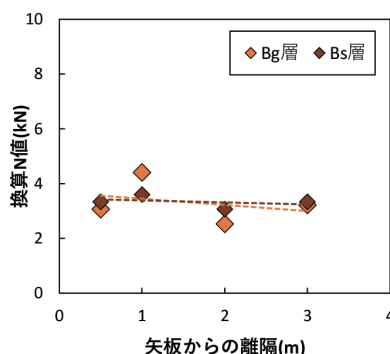


図13 No.4の横断方向の換算N値

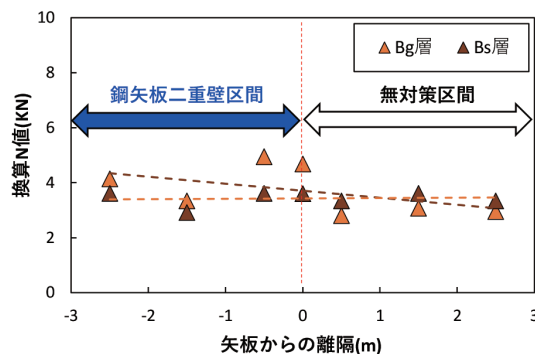


図14 No.4の縦断方向の換算N値

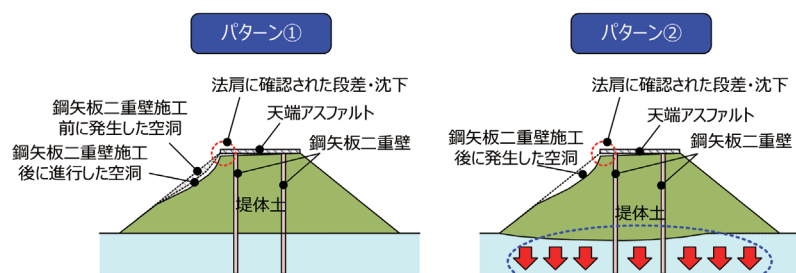


図15 段差・沈下の変状発生メカニズム

の強度分布を評価することとした。

a) 対策区間(鋼矢板二重壁)

No.1・2(横断方向)の結果(図10～11)について、Bg層・Bs層ともに、堤体の幅方向に対して地盤強度に多少のばらつきは見られるが、大きな強度変化は確認されず、鋼矢板周辺で地盤の緩みは発生していなかった。

b) 無対策区間

No.3(横断方向)(図12)においても、各層において堤体の幅方向に対しての地盤強度の変化は確認されなかった。

c) 境界部区間(鋼矢板二重壁と無対策)

No.4(横断方向)(図13)においては、上記と同じく、各層において鋼矢板周辺での地盤の緩みは確認されなかった。また、対策境界部で実施したNo.4(縦断方向)(図14)においても、各層で地盤の強度分布に大きな差異は見られ

ず、対策境界部での地盤の局所的な緩みは見られなかった。

このように、いずれの区間においても、鋼矢板周辺で地盤に緩み・強度低下は確認されず、鋼矢板と地盤との間に一体性・なじみを有していると考えられる。出水・地震被害は経験なしも、10～15年スパンで長期的に安定していることが推察される。

2) ボーリング調査、圧密試験

堤体の下に軟弱な粘性土層が存在しているため、基礎地盤の圧密特性の把握を目的に、ボーリングによるサンプリングおよび圧密試験を実施した。調査場所はNo.2とした。

対策区間における、川裏法面の段差・沈下の変状メカニズムとして、図15の2つのパターンが考えられる。

・パターン①：鋼矢板二重壁の施工

前に、既に川裏法面背面に堤体盛土の体積圧縮沈下による空洞が形成され、その後、川裏法面背面の空洞が進行し、天端と法面の相対沈下が発生した

・パターン②：軟弱な粘性土(Ac層)の圧密沈下に伴い、鋼矢板の抜け上がりが発生し、川裏法面に段差・沈下が発生した

そこで、本メカニズムを把握するため、基礎地盤の圧密特性を、サンプリング・圧密試験により確認した。対象は、当該地に分布する軟弱な粘性土(Ac2層)である。圧密試験結果より、Ac2層の圧密降伏応力 p_c は314kN/m²、盛土後の有効土被り圧よりも大きく、過圧密状態にあると考えられ、築堤盛土による圧密沈下は生じなかったと考えられる。

よって、鋼矢板二重壁の施工後の圧密沈下は発生していないと推察され、パターン②の鋼矢板の抜け上がりによる変状は発生しておらず、パターン①の盛土の体積圧縮沈下と考えられる⁸⁾。

3) 光ファイバ、挿入式傾斜計、腐食調査サンプル

鋼矢板壁の土中腐食や変状については、必要に応じて光ファイバなどの計

測・調査技術を用いた点検・管理も可能である。また、鋼材サンプルを土堤部に埋め込み、一定期間を置いた後、定期点検のタイミングで引抜き、腐食量を経時的に調査するなど、補助的な管理手法の適用も可能である⁹⁾。これらは、新設区間において試験的に設置しモニタリングを継続している。

光ファイバは、光ファイバセンサの伸び縮みによるひずみの計測はもとより、発錆厚も推定できるようにした計測器であり、材料的な安定性から長期的な計測が可能とされている。また、腐食調査サンプルは、光ファイバと合わせて、鋼矢板の錆の状況を把握できるようにしたものである。

このように、不可視部の土中の鋼矢板の変形や、発錆に伴う断面減少による変形をひずみより計測することが可能である。現時点では新設区間での設置で時間が経過しておらず、初期値のみで経年変化はまだ把握できていないが、今後一般的な技術として適用が期待される。

6. 維持管理手法への反映

上記の国分川堤防における各種調査も踏まえ、鋼矢板二重壁の経年変化を把握する上で、長期的な視点での維持管理の手法は表3が考えられる。

点検時期は、「堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領（H31）」⁶⁾を基本とし、

- (1) 出水期、台風期
 - (2) 出水後、地震後（震度5以上）とするが、水みちの発生につながる、
 - (3) 空洞化が疑われる場合（抜け上がり、亀裂）
- も想定するものとする。

また、変状毎の点検結果の評価も「点検・評価要領」を基本とし、目視点検の、1次診断（(1)(2)）として、

- a：異常なし
- b：要監視段階
- c：予防保全段階
- d：措置段階

の点検結果評価区分により行う。ここで、土堤は材料の不確実性から、変状が急激に進行する可能性があり、劣化

表3 維持管理手法

発生現象	発生部位	モニタリング項目（変状）	調査方法
①変形・沈下・段差・陥没・ひび割れ	土堤部分	変位、沈下、亀裂、陥没、不陸、抜け上がり、相対変位、目地開き、漏水・噴砂跡	外観調査、ドローン測量、MMS（車両搭載型レーザー計測）、スコープ、圧密試験（国交省の点検・評価要領準拠）
②水みち・バイピング	鋼矢板と地盤のなじみ（不可視部）	空洞化、緩み、抜け上がり、亀裂	スクリーウエイト貫入試験、（物理探査）外観調査
③部材損傷	鋼矢板二重壁部分（コア部）タイロッド含む（不可視部）	変位、腐食	光ファイバ、挿入式傾斜計、腐食調査サンプル（鋼矢板護岸の補修・補強・更新マニュアル参照）

予測困難であることから、c：予防保全段階を設定しない変状種別があったが、品質安定性の高い鋼矢板二重壁では評価可能と考えられ、定期点検を行い、予防保全に努め、軽微で容易な補修・修復に留まるよう対策を講じることが望ましい。

ただし、目視点検での評価が困難な場合は、

2次診断（(3)）として、

空洞化調査、変位計測、ボーリング調査、など

の追加調査を行い、評価を行うものとする。

7. まとめ

国土交通省の、越水に対して「粘り強い河川堤防に関する技術」に関して、鋼管杭・鋼矢板技術協会では、海岸堤防や農水ため池堤防で豊富な実績を有する鋼矢板二重壁構造の技術整備を進めるべく、堤防に求められる性能について検証してきた。上記性能のうち、基本的な機能の長期的維持に関する要求性能を満たすためには、不同沈下に対する修復容易性、基礎地盤及び堤体との一体性・なじみ、構造物の耐久性、維持管理の容易性などを勘案する必要がある、本構造を有する既設堤防の経年変化を調査した結果、以下について知見を得た。

- ①「点検・評価要領」に基づき、外観調査（目視点検）を実施したところ、変状の発生割合は対策有無で差がなく、対策・無対策とも三面張のほぼ同等の外観を保持していた。
- ②ドローンを活用した写真測量を実施、地表面に発生する沈下量を測定し、堤防の沈下・不陸の有無を確認したところ、いずれの対策区間において

も、堤防天端の不陸は小さく、維持管理上の問題が生じていないことを確認した。

- ③堤体と堤体内に配置された鋼矢板における長期的な一体性・なじみを検証することを目的に、鋼矢板二重壁で補強された既設堤防を対象に、スクリーウエイト貫入試験を実施した。その結果、堤防横断方向における鋼矢板周辺地盤、および堤防縦断方向における対策境界部で、地盤の強度分布に大きな違いは見られなかった。

今後も、鋼矢板二重壁を対象に、一体性・なじみをはじめとする経年変化に係る現地調査・モニタリングを継続するなどデータを蓄積・評価し、長期的な視点での鋼矢板二重壁の維持管理手法の整備を進める所存である。

【参考文献】

- 1) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室、国立研究開発法人 土木研究所 地質・地盤研究グループ（土質・振動）：粘り強い河川堤防の構造検討に係る技術資料（案）、令和5年3月
- 2) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室、国立研究開発法人 土木研究所 地質・地盤研究グループ（土質・振動）：粘り強い河川堤防の技術開発に当たったの参考資料【自立型】、令和4年12月
- 3) (財) 国土技術研究センター：鋼矢板二重式仮締切設計マニュアル、2001
- 4) (一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼矢板芯壁堤技術資料、平成14年3月
- 5) 越水に対して「粘り強い河川堤防に関する技術」の公募要領
- 6) 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課：堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領、平成31年4月
- 7) (一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼矢板二重壁を用いた堤防の長期安定性に関する現地調査、第20回地盤工学会関東支部発表会、2023年11月
- 8) 河川砂防技術基準 設計編 技術資料、令和元年7月
- 9) (一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼矢板護岸の補修・補強・更新マニュアル、2010年10月