

金沢港戸水岸壁の災害復旧 ー現場課題への対応と施工上の工夫ー

山本 雅久¹・山本 順一¹・宅美 佳幸¹

¹金沢港湾・空港整備事務所 保全課（〒920-0331 石川県金沢市大野町4-2-1）。

金沢港戸水岸壁では、2024年1月1日に発生した能登半島地震により地盤の液状化による変形や沈下が発生し岸壁としての機能が一時失われるなど大きな被害を受けた。

本稿では、被害を受けた金沢港戸水岸壁について、令和8年3月21日までにクルーズ船受入を可能とする早期復旧に向けた現場課題への対応と施工上の工夫について報告する。

キーワード 能登半島地震、災害復旧、岸壁、前出し方式、プレキャストコンクリート

1. はじめに

能登半島地震により被災した金沢港戸水岸壁は、背後にセメントサイロが立ち並び、その供給、建設機械の輸出入、RORO船の利用やクルーズ船の係留まで、金沢港の中でも特に幅広い用途を担っていたが、戸水岸壁が使えなくなったことで利用者から早期の復旧が要望された。

本報告では、能登半島地震により被災した金沢港戸水岸壁の災害復旧に向けた現場課題への対応と施工上の工夫について報告する。

2. 戸水岸壁の概要

本工事の対象となる戸水岸壁(1号・2号)は全長約370m、水深10m、2バースで構成され、金沢港における重要なバラ貨物を取り扱う多目的岸壁である(図-1、図-2)。



図-1 金沢港 戸水岸壁



図-2 岸壁(水深10m)(戸水1号, 2号)(災害復旧)

3. 被災状況の概要

(1) 被害の概要

能登半島地震で、岸壁前面の矢板が海側に変形するとともに岸壁法線の出入りが大きく船舶の接岸が出来なくなったほか、背後のエプロンでは、コンクリート舗装の沈下により使用出来ないほどの被害が発生した。

原因を分析した結果、地震動により背後地盤が液状化し、前面矢板に土圧が作用したことであり、エプロンの被災も、液状化によるものであった(写真-1)。これらの要因が作用したことにより、岸壁本体および背後地盤に広範な損傷が生じたものと考えられる。

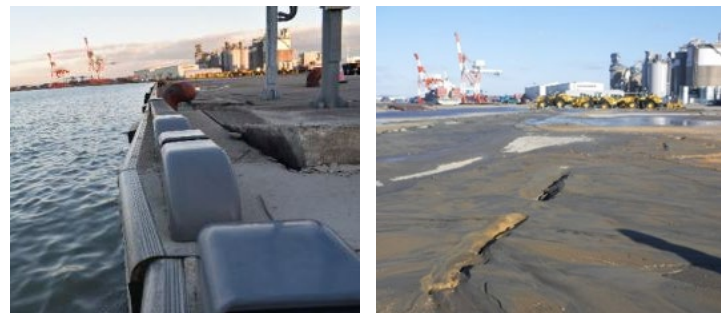


写真-1 被災状況(左:岸壁法線のズレ, 右:液状化)

(2) 現況調査結果

a) 1号岸壁

現地調査の結果、岸壁法線の水平変位量が68cm、鋼矢板のたわみ量は最大23cm（傾斜角4°），エプロン部分の沈下は最大約40cmに達した（図-3）。

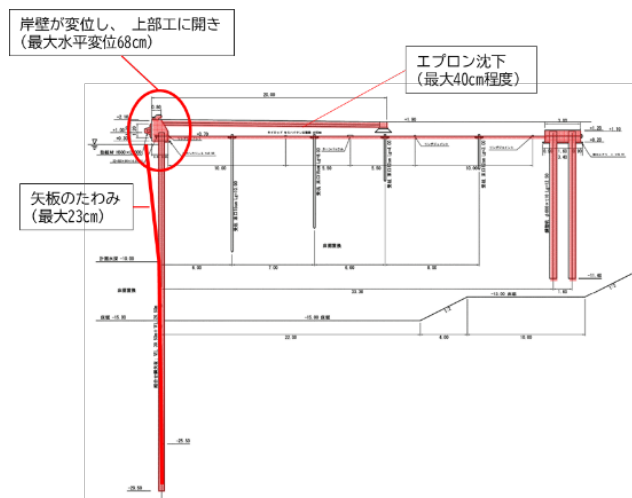


図-3 戸水1号岸壁の被災状況（断面図）

b) 2号岸壁

現地調査の結果、岸壁法線の水平変位量が46cm、鋼矢板のたわみ量は最大8cm（傾斜角2°），エプロン部分の沈下は最大約30cmに達した（図-4）。

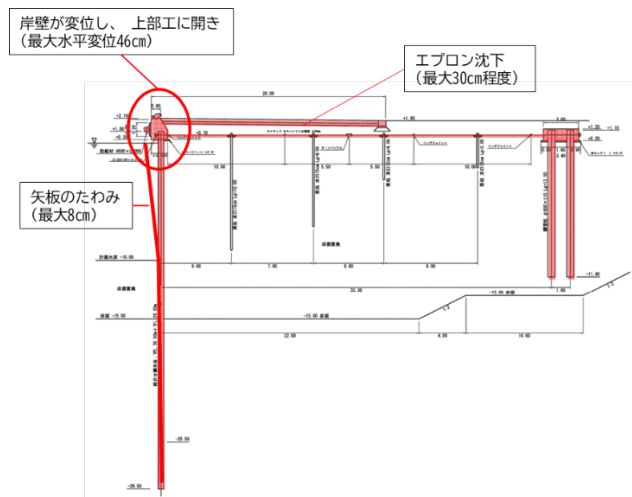


図-4 戸水2号岸壁の被災状況（断面図）

(3) 健全度評価

数値解析による構造検討の結果、1号岸壁、2号岸壁ともに既存の鋼矢板及び控え工に許容応力度を大幅に超過する応力が発生していることが確認され、船舶の安全な接岸は不可能と判断され「使用不可」の判定が下された（表-1、表-2、表-3、表-4）。

表-1 矢板の残存応力（1号岸壁）

検討ケース	変位量	最大モーメント	断面係数	応力度	許容応力度	判定
	δ	Mmax	Z	Mmax/Z	N/mm ²	
1500N	m	kN・m/m	cm ³ /m	N/mm ²	N/mm ²	NG
	0.680	1686	5112	329.8	180	

表-2 控え杭の残留応力（1号岸壁）

検討ケース	天端変位量	最大モーメント	断面係数	応力度	許容応力度	判定
	δ	Mmax	Z	Mmax/Z	N/mm ²	
タイ軸力作用	m	kN・m/m	cm ³ /m	N/mm ²	N/mm ²	NG
	0.680	1252	1234	1014.6	180	

表-3 矢板の残存応力（2号岸壁）

検討ケース	変位量	最大モーメント	断面係数	応力度	許容応力度	判定
	δ	Mmax	Z	Mmax/Z	N/mm ²	
1500N	m	kN・m/m	cm ³ /m	N/mm ²	N/mm ²	NG
	0.458	1297	5572	232.8	180	

表-4 控え杭の残留応力（2号岸壁）

検討ケース	天端変位量	最大モーメント	断面係数	応力度	許容応力度	判定
	δ	Mmax	Z	Mmax/Z	N/mm ²	
タイ軸力作用	m	kN・m/m	cm ³ /m	N/mm ²	N/mm ²	NG
	0.458	1185	1491	794.8	180	

4. 復旧工事の計画

(1) 復旧計画

a) 復旧方針

災害復旧事業では、原則として被災前の姿に戻す原形復旧が求められる。しかし、既存の戸水岸壁は構造的な安全性を失っており、「岸壁法線の前出し」による復旧が最も合理的であったため、最新の技術基準を適用した再構築が必要となった。

b) 復旧断面

早期復旧のため、既設構造物を可能な範囲で残置し、法線前出しによる前面の新設鋼矢板と既設の控え杭よりも陸側に打設する新設控え杭を新たなタイ材で連結し、復旧断面を再構築する（図-5）。

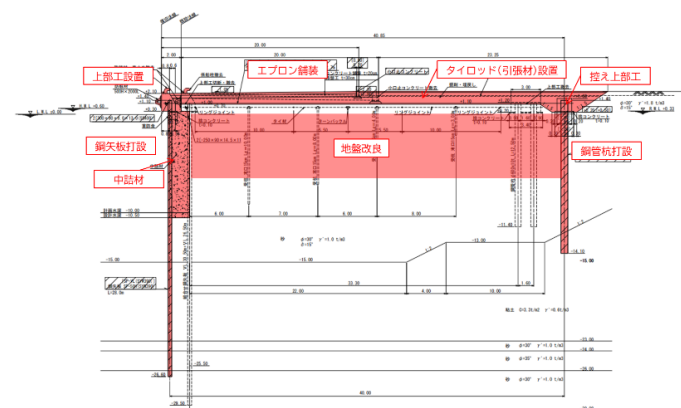


図-5 復旧断面（タイロッド式鋼矢板壁工法）

(2) 施工工程

まずは準備工として、施工に先立ち事前測量を行った。施工準備が整い次第撤去工を開始し、本体工を施工しながら平行して地盤改良工を行い、その後、上部工、付属工、舗装工の施工を行った。施工工程を図-6に示す。

工程	2024年 (10～12月)	2025年 (1～3月)	2025年 (4～6月)	2025年 (7～9月)	2025年 (10～12月)	2026年 (1～3月)
準備工・現地調査	2024.10.17～2025.1.3					
支障物撤去・移設		2025.1.4～2025.4.6				
撤去工		2025.1.4～2025.4.6				
本体工		2025.1.4～2025.4.6	2025.4.7～2025.7.9			
地盤改良工		2025.1.4～2025.4.6	2025.4.7～2025.7.9			
上部工				2025.7.10～2025.10.12		
付属工				2025.7.10～2025.10.12	2025.10.13～2026.1.3	
舗装工					2025.10.13～2026.1.3	2026.1.4～2026.3.5

図-6 工程表

(3) 支障物撤去

施工着手後に既設舗装等を撤去したところ、上屋の基礎や既設構造物との干渉箇所のほか、セメント配管・給水管等の配管類の埋設物が多数確認された。これらの埋設物は、控え上部工および地盤改良工等の復旧作業の支障となることから、埋設物が確認される都度、港湾管理者及び各所有者との協議・調整を行い、対応方法を決定のうえ施工を実施した（図-7、図-8）。



図-7 支障物（旧上屋の基礎）

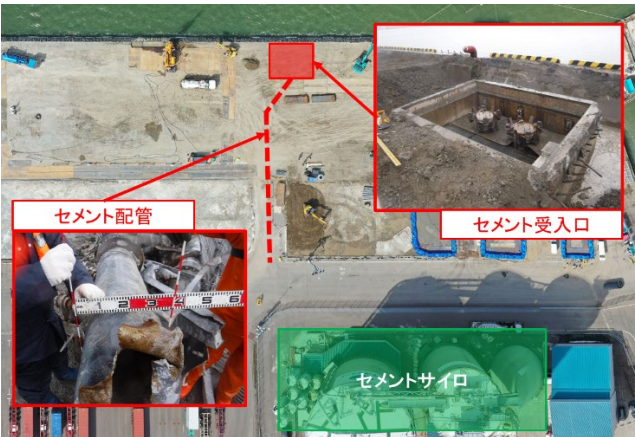


図-8 支障物（セメント配管）

(4) 新設鋼矢板打設

新設する鋼矢板には、「SYW390 SP-50H」を使用した。1枚の長さは約28mに及ぶ長尺材である。1バースあたり207枚、2バース合計で414枚をバイブロハンマーで打設した。鋼矢板の選定では、まず材質別に成立する断面の検討を行った（表-5）。

表-5 断面のトライアル計算結果

断面係数		戸水1号岸壁		戸水2号岸壁	
		SYW295	SYW390	SYW295	SYW390
小 ↓ 大	SP- II	NG	NG	NG	NG
	SP-10H				
	SP- II W				
	SP- III				
	SP-25H				
	SP- III W				
	SP- IV				
	SP-45H				
	SP- IV W				
	SP-50H				
	SP- V L	OK	OK	OK	OK
	SP- VIL				

そこから、各施設の各材質での前面矢板の最小規格を検討ケースとして設定した（表-6）。経済比較結果より、U型よりもハット型が経済的であった（表-7）。

表-6 検討ケース

	戸水1号岸壁	戸水2号岸壁
SYW295	SP- VIL	SP- VIL
SYW390	SP-50H	SP-50H

表-7 経済比較結果

	戸水1号岸壁	戸水2号岸壁
SYW295	SP- VIL	3,216千円
SYW390	SP-50H	2,669千円

検討の結果、耐久性、施工性、経済性のバランスに優れ、災害復旧という時間制約の厳しい条件下でも十分な性能を発揮できる「SYW390 SP-50H」に決まった（写真-2）。

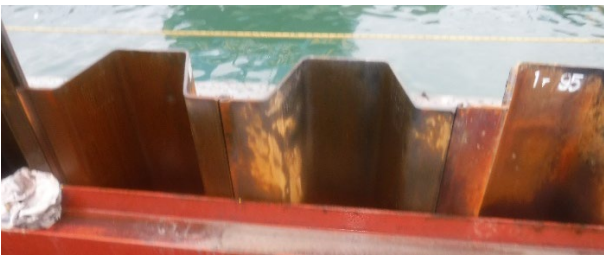


写真-2 ハット型鋼矢板SP-50H

(5) 地盤改良工

液状化判定のため土質調査を工事の中で実施した結果、戸水2号岸壁の背後は液状化対策が必要と判定されたことから、新たに地盤改良工を追加した。地盤改良には高圧噴射攪拌工法を採用した。本工法は、地盤改良機により液体の固化材を高圧・高速噴射・攪拌することで固結する工法である。被災施設であることを考慮し改良は小型機で行った（図-9）。



図-9 小型機での地盤改良

5. 現場課題への対応

(1) 被覆石層の撤去

a) 鋼矢板の打設不可

戸水2号岸で新設鋼矢板の一部施工箇所では被覆石層（想定-11.0m）による打設不可が確認された（図-10）。現況の工法では、打設が困難なため早急な工法検討が行われた。



図-10 被覆石層想定範囲

b) 課題への対応

対策工法として「ノバルメックス工法」が選定され、本工法により被覆石の撤去が行われた（図-11）。

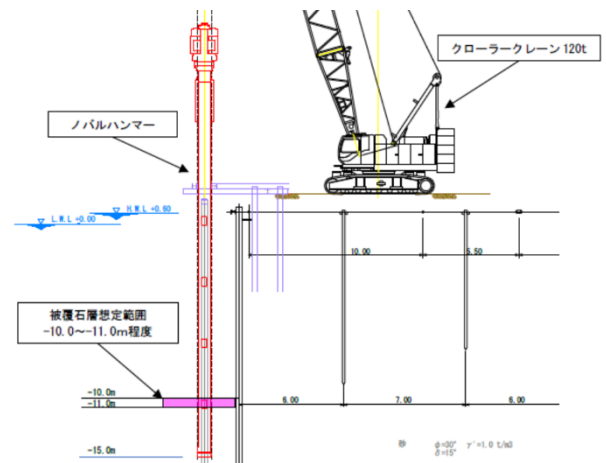


図-11 被覆石層の撤去イメージ

本工法は先端ビット径が拡大縮小する「ダウンザホールハンマ」で被覆石層を削孔しながら同時にケーシングで建込み孔壁の崩落を防止し、ハンマ引抜後、残置したケーシング内に砂や碎石等を中詰めし置き換える工法である。陸上施工が可能で台船の手配が不要であり、他工法で扱う機械よりも運搬組立に時間がかからなく施工速度も速いため本工法が採用された。

(2) 豪雪への対応

a) 雪解け水による施工不可

舗装工を実施するにあたり、積雪による大量の雪解け水の流入により、既設路床の含水比が高まり施工が不可能になった（写真-3）。また、能登半島地震の復旧・復興工事の急激な需要があり、残土置場・運搬車両の十分な確保が見込めず、石川県および隣県域内では、碎石や良質土の入手が困難な状況であった。



写真-3 路床部 除雪状況

b) 課題への対応

本課題への対応策としてセメント改良工法を採用した。本工法は含水比の調整に有効であるとともに残土の排出を抑制できる。また、運搬車両を最小限に抑えられ、使用材料も固化材のみであるため、施工速度が速いことが特徴である（表-8）。

突発的な課題ではあったが、受注者と速やかな協議を行うことにより、工程に大きな影響を出さずに済んだ。

表-8 他工法との検討結果

	置換え工法	セメント改良工法
既設路床の含水比	○	○
残土仮置き場	×	△
運搬車両	×	○
良質土の入手	×	○
作業速度	×	○

6. 施工上の工夫

(1) 前面に新たな岸壁を作る「前出し方式」

a) 既存構造物の再利用不可

戸水岸壁の既存構造物は安定性を失っており再利用が不可能の状態であった。既存構造物の撤去には多大な時間と費用を要するだけでなく、港の利用制限が長期化するリスクも伴う。

b) 工夫

本工事では既存岸壁の前面に新たな岸壁を構築する「前出し方式」を採用した（写真-4）。既存構造物を撤去することなく、新しい構造体を前面に構築することで、安全性を確保しながら工期短縮を図る手法である。

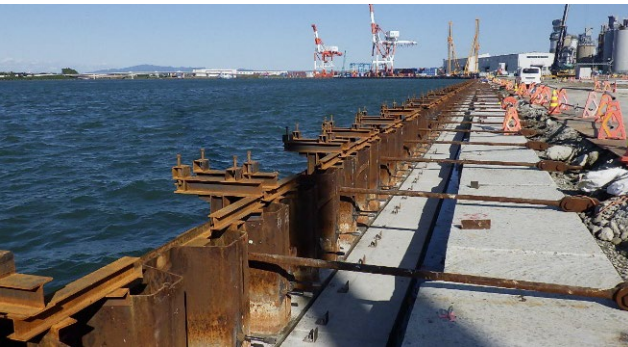


写真-4 法線前出しによる鋼矢板打設の状況

c) 効果

「前出し方式」は、戸水岸壁復旧の課題であった既設構造物の撤去を行わず、法線を前出しすることで撤去工程を省略した。災害復旧であり早期に供用再開する必要がある本工事では施工性及び経済性に優れ、施工期間の短縮にも繋がった。

(2) プレキャストコンクリート部材の採用

a) クルーズ船の寄港

復旧工事が進む中、2026年3月21日に戸水岸壁でのクルーズ船受入が決定した。クルーズ船着岸に間に合わせるため施工計画の見直し及び工期短縮が必要となった。

b) 工夫

クルーズ船受入に間に合わせるため、本施設は早期復旧が求められている。戸水2号岸壁の一部舗装については冬期施工となり、コンクリートの舗装・養生は降雨・降雪・強風等の影響により大幅な遅延が想定される。そのため「港湾工事におけるプレキャスト工法導入検討マニュアル（試行版）」の「現場条件等からプレキャスト工法が明らかに有利な場合」と判断し、プレキャスト工法により早期復旧を図ることとした。また、上部工についても、当初計画では現場打ち上部工を予定していたが工期短縮の施工計画を見直し、プレキャスト上部工による施工へ変更とした。（写真-5）。



写真-5 左：舗装版、右：上部工

プレキャスト部材は建設時コストが高いが、ライフサイクルコストに優れ、即日開放できる急速施工が可能であり、損傷部分だけの交換も可能なため、維持管理性にも優れる（表-9、表-10）。

表-9 コンクリート舗装との比較結果

		コンクリート舗装	プレキャスト舗装
評価	施工日数	× 約160日	○ 約50日
	経済性	○ プレキャスト施工より安価である。	× 特注品であるため高価格となる。
	耐久性	○ 舗装本体の耐久性が高い。	○ 工場製作のため鉄筋の配置にばらつきがなく、構造的耐久性が高い。部分的な補修が可能。
	走行性	× 目地による振動、粗面仕上げによる騒音が生じる。	○ 特殊継手の為、目地で段差が生じず走行性が良く走行面が版製作時の型枠面のため平坦性に優れる。
	養生	× 材齢28日の強度が必要。	○ 工場製作のため、現場での養生は不要。
総評		×	○

表-10 現場打ち上部工との比較結果

		現場打ち上部工	プレキャスト上部工
評価	施工性	△ 支保工資材、鉄筋、型枠資材の加工組立の施工ヤードを必要とする。	○ 施工区域としては、プレキャストブロックと金具類の仮置き場所のみ。
	経済性	○ プレキャスト施工より安価である。	× 特注品であるため高価格となる。
	工程	× 人員不足の中、潮位により限られた時間で施工しなければならないため、進捗が見込めない。	○ プレキャスト製作を矢板工・地盤改良工等と並行に進めるため、工期短縮を図ることができる。
	安全	× 支保工組外し作業が困難であり、高いリスクを伴う。	○ リスクの高い支保工組外し作業が無くなる。
	品質	△ 潮位の影響を受ける場所での鉄筋・型枠組立、コンクリート打設により、品質管理が困難である。	○ プレキャストブロックは工場製作により品質が確保されている。
総評		△	○

また、防舷材をあらかじめ上部工に取り付けることで、海上からの防舷材の取付工程を省略できた（写真-6）。



写真-6 防舷材取付

c) 効果

工場で製作したコンクリート構造物を現場に運び設置するだけでよいと、コンクリート打設と比べ養生が不要になり、現場管理も容易で施工スピードを格段に上げることに成功した（写真-7）。また、冬期の厳しい施工環境の中、舗装工及び上部工の品質を確保するとともに約1ヶ月の工期短縮につなげることができた。

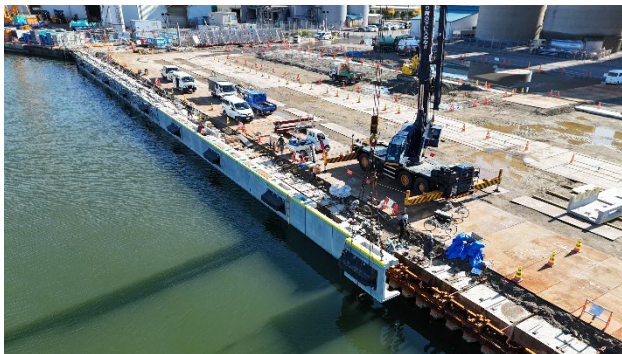


写真-7 プレキャスト上部工の取付

7. 施工完了

金沢港戸水岸壁は2024年12月に工事を着手し、2026年3月31日に工事を完了した。

鋼矢板の施工は2025年3月に着手され、控え杭も含めた打設作業は同年7月初旬に完了した。鋼矢板は1日あたり約9枚打設し、最大で12枚の日もあった。地盤改良も計画通り進み、舗装工及び上部工プレキャストコンクリートにより施工時間の短縮及び冬期での厳しい自然条件の中、一定の品質を確保した。

2026年3月21日には供用を開始し、震災後初となるクルーズ船「アザマラ・パシュート」が寄港し金沢港は大勢の観光客で賑わった。今回のクルーズ船受入を契機とし、今後の金沢港での新たな賑わい創出が期待される（写真-8）。



写真-8 復旧完了

8. 終わりに

本報告では、金沢港戸水岸壁の災害復旧工事における現場課題への対応と施工上の工夫について報告した。被災状況の詳細な把握から始まり、適切な復旧方針の選定・設計、そして限られた時間の中、施工段階における様々な課題への対応を通じて、工期内に所定の品質を確保し、事故無く復旧工事を完成させることができた。本工事の完成により、港湾機能が回復し、地域の物流の正常化および賑わいの活性化に貢献することができた。

謝辞：本工事にあたっては、施工者、港湾管理者、港湾利用者等の方々に多大なるご協力を頂きました。末尾ながらここに記して深く感謝致します。