

二重鋼矢板式導流堤の改修 —八十士地区 八十士排水路河口施設の設計事例—

網走開発建設部 北見農業事務所 第2工事課 ○佐藤 大輔
太田 寛彰
伊藤 忠久

本報の対象施設は、排水路の河口閉塞防止を目的とし、平成7年に造成された導流堤である。オホーツク海沿岸の厳しい自然条件により、施設の一部が倒壊する不測の事態が発生し、排水路河口の土砂浚渫等の維持管理に多大な費用と労力が必要となっている。このため、国営施設応急対策事業八十士地区において、施設機能を保全するための改修整備を行っている。本報では、対象施設の倒壊要因の考察と設計の概要について報告する。

キーワード：長寿命化、導流堤、鋼矢板、腐食防止対策

1. はじめに

(1) 事業地区の概要

本報の対象となる国営施設応急対策事業八十士地区は、北海道紋別市に位置する601haの酪農地帯である(図-1)。本地区の農業水利施設は、国営八十士土地改良事業(昭和62年度～平成7年度)により造成されたが、幹線排水路の河口施設(導流堤)の一部が倒壊し、排水機能に支障を来しているとともに、施設の維持管理に多大な費用と労力を要している。このため本事業において、同施設を改修することにより、排水機能の維持及び施設の維持管理の費用と労力の軽減を図るものである。



図-1 八十士地区 位置図

(2) 導流堤の役割

排水路や河川が湖沼や海に合流する場合、流速低下に伴う掃流力の低下によって河川の運搬土砂が堆積する場合や、外海の波浪や沿岸流による漂砂の堆積が問題となる場合がある。これらを防止する目的で河口に設けられ

る施設が導流堤であり、海側へ突き出す形で流路を導くことにより、河口部の掃流力を維持し、土砂堆積を防止するものである(図-2)。

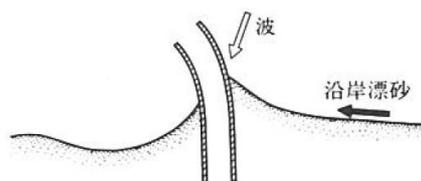


図-2 導流堤の模式図¹⁾

(3) 導流堤の現状

対象の導流堤は、二重鋼矢板式の右岸部と左岸部、自立矢板式の中央部の3つの部位で構成されている(写真-1)。このうち右岸部と中央部の一部において、鋼矢板の腐食が進行し、施設の倒壊が発生した。このため八十士排水路の河口閉塞が頻発し、施設管理者が定期的に浚渫等を行うことを余儀なくされており、早期の施設機能回復が望まれている。



写真-1 対象導流堤の倒壊状況 (H30撮影)

2. 倒壊要因の考察と対策後工法の検討

(1) 海洋環境における鋼材の腐食

対象導流堤のように、海洋環境中に暴露される鋼構造物は、陸上構造物に比べて厳しい腐食環境下にある。

その腐食環境は、主に、海上大気中、飛沫帯、干満帯、海水中、海底土中部の5つのゾーンに区分されるが、それぞれのゾーンにおける鋼材の腐食速度を図-3に示す。鋼材の腐食速度は飛沫帯が最大であり、ついで海水中の平均干潮面直下部、それ以下の海水中となる。

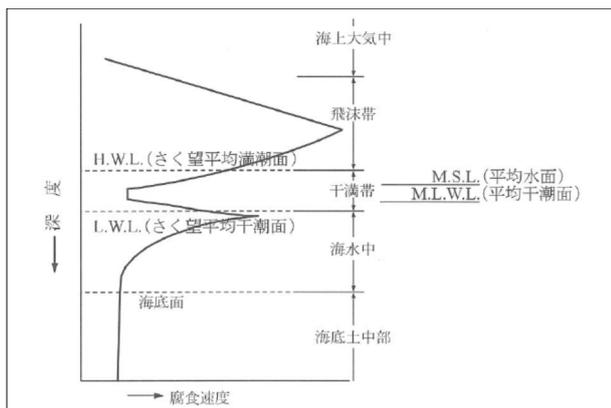


図-3 海洋環境における鋼材の板厚減少プロフィール²⁾

(2) 前歴事業における腐食対策

前歴事業当時は、図-3のような知見をもとに港湾構造物に関する設計基準が制定されており、鋼矢板の腐食速度を上回る腐食しろを設ける設計が行われていた。

具体的には表-1に示す鋼矢板の腐食速度を用い、以下の腐食しろを設けたうえで構造物の設計が行われていた。

$$\text{腐食しろ} = \{\text{海側}0.1\text{mm} + \text{土中}0.03\text{mm}\} \times 30\text{年} = 3.9\text{mm}$$

表-1 前歴事業時における鋼矢板腐食しろの設定根拠³⁾

腐食環境		腐食速度 (mm/年)
海側	H.W.L. 以上	0.3
	H.W.L. と海底間	0.1
	海底泥層中	0.03
陸側	陸上大気中	0.1
	土中 (残留水位上)	0.03
	土中 (残留水位下)	0.02

(3) 倒壊要因の考察

事業着工にあたっては倒壊要因の検討を行い、前歴事業当時には明らかになっていなかった「集中腐食」が要因であると考察した。「集中腐食」とは、前歴事業以降の腐食実態調査において判明した、平均干潮面直下部に生じる局所的に激しい腐食のことである。その腐食速度は表-1をはるかに上回り、1.0mm/年を超えることもある

とされている²⁾。

なお、現在は港湾構造物の設計基準も改訂され、「腐食しろによる防食は用いないこと」が原則となり、「電気防食工法または被覆防食工法その他の防食工法によって適切に行うものとする」ことが定められている⁴⁾。

本事業において検討した、集中腐食による倒壊のメカニズムを表-2にまとめる。二重矢板式の導流堤は中詰め土の充填を前提に鋼矢板規格等の構造が決定されており、局所的な集中腐食の発生が、施設の重大な強度低下を招く危険性があると言える。

表-2 集中腐食による導流堤倒壊のメカニズム⁵⁾

① 集中腐食の発生		集中腐食により発生した腐食孔から中詰め土が流出し、矢板背面が空洞化
② 中詰め土の流出		空洞化した矢板背面に海水が流入するため背面からも腐食が進行し、急速に腐食孔の範囲が拡大
③ 構造物の崩壊		中詰め土の流出が進行し、導流堤が極めて脆弱な構造となり、水圧や天端自重による作用で倒壊

(4) 対策工法の検討

上記の倒壊要因を踏まえ、改築後の導流堤における腐食の防止対策 (防食工法) の検討を行った。

前提条件として、対象施設はオホーツク海に面し、冬季に流氷が接岸する環境にある。流氷の衝突によって電極が破損する可能性がある電気防食や、塗装や有機被覆等の耐久性の低い被覆防食は適さないと判断した。

そのうえで、流氷に対する耐久性がある程度見込める複数の被覆防食工法について比較検討を行い、無機被覆 (コンクリート被覆) の採用を決定した (表-3)。

表-3 被覆防食の工法比較検討表

分類	ペトラタム被覆	無機被覆	
	FRPカバー+ペトラタムシート	コンクリート被覆	モルタル被覆 (FRPカバー)
耐久性	△	○	△
施工性	△	△	△
経済性	×	○	△
維持管理	△	○	△
総合評価		採用	

※○: 最適、△: 適用可能、×: 不適

3. 二重鋼矢板式導流堤の設計

対象施設は農業事業として例の少ない海洋環境に造成する構造物である。ここでは、二重矢板式導流堤の右岸部を事例として、その設計の概要を紹介する。

(1) 設計手順

対象施設の設計フローを図-4に示す。海洋に面する施設であるため、構造物に作用する波の力に対して安全性を確保する必要があり、設計に先立っては設計波高や設計波圧の検討を行う必要がある。

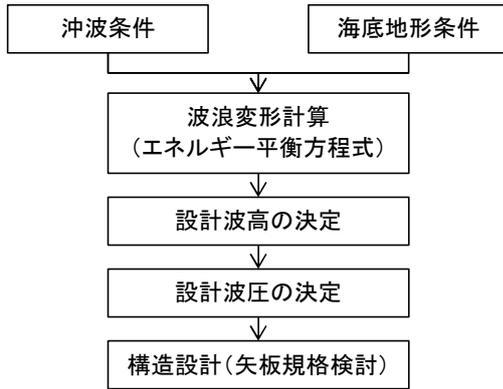


図-4 二重鋼矢板式導流堤の設計フロー

(2) 設計波の検討

a) 沖波諸元

構造物に作用する設計波の検討は、長期間の観測データを基にした沖波諸元を用いて行うことが基本である。対象施設では、施設近傍の湧別漁港の観測データから、30年確率波の沖波諸元を用いて検討を行うものとした。またその波向は、右岸導流堤に対し入射角が危険側となる波向N~ENE について検討を行った (図-5)。

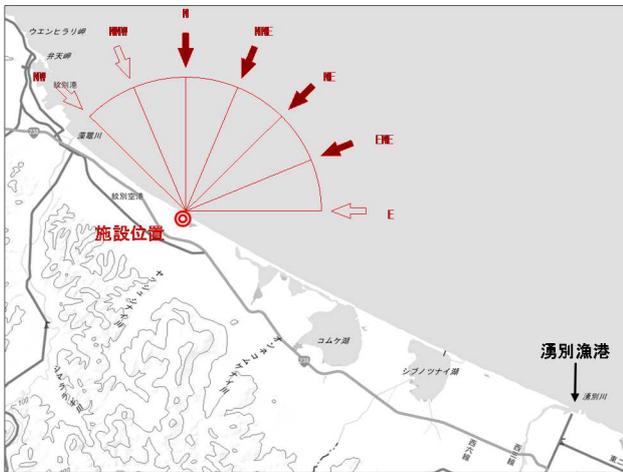


図-5 沖波波向選定図

b) 波浪変形計算 (設計波高の決定)

前項の沖波諸元を基に、海底地形条件の影響を考慮した波浪変形計算により、対象施設の設計波高及びその波向を算定した。波浪変形計算のモデルには、屈折及び浅水変形を同時に解くことが可能なエネルギー平衡方程式を採用した。

波浪変形計算の範囲を図-6に、計算結果の例を図-7に示す。エネルギー平衡方程式を用いる場合の計算格子間隔は広領域で100~1000m程度にとることが多いとされている⁶⁾。これを参考に最小推奨メッシュ100mを採用し、十分に水深が深く波高に影響を与えない地点を起算点とし、波浪変形計算を行った。

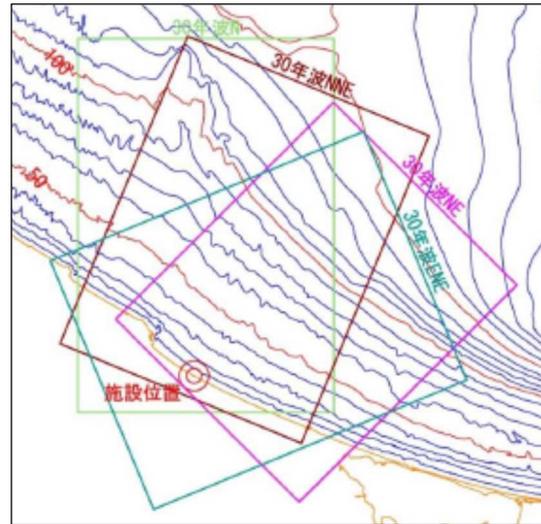


図-6 波浪変形計算の範囲と海底地形

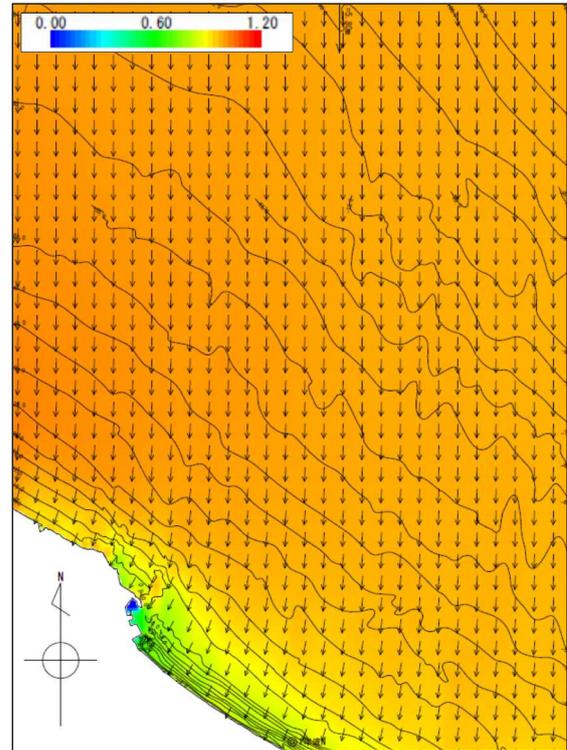


図-7 波浪変形計算結果 (換算沖波波高比表示、波向Nの例)

(3) 設計波圧の決定

導流堤に作用する波圧は、波高・周期・入射角等によって定まる。4方向の波向それぞれで波圧を検討し、最も波圧が大きくなる条件を設計上の外力とした。

波の入射角は施設に対して直角入射する時に最も危険となるが、波浪の計算精度を考慮し、入射角±15度の範囲で危険側に補正し検討を行った(図-8)。

また、導流堤に作用する波圧は、天端高に作用する波圧 p_0 、静水面の高さで最大値となる波圧 p_1 、壁底面の波圧 p_2 の直線的に変化する分布で与えることができ(図-9)、この合力を外力として構造設計を行う。

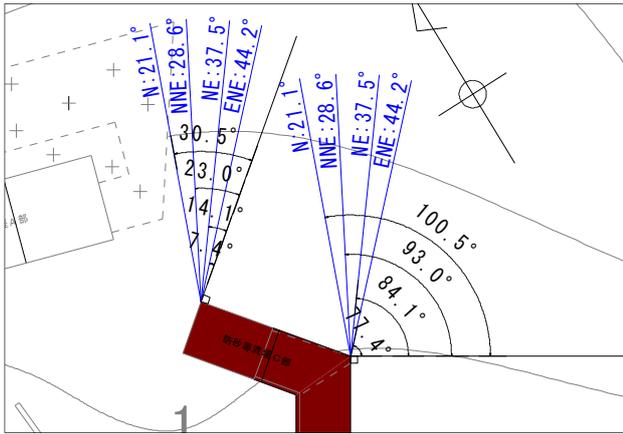


図-8 導流堤の標準断面図

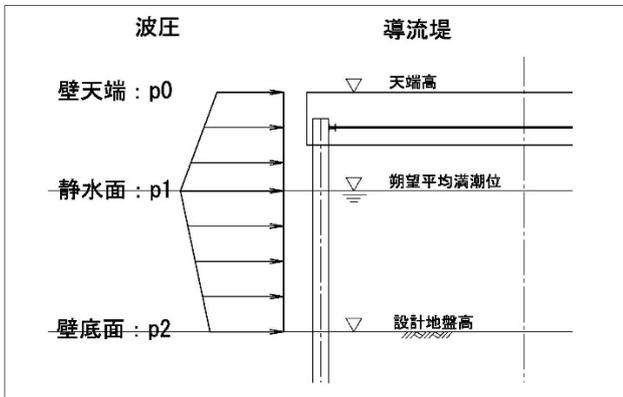


図-9 導流堤に作用する波圧の概念図

(4) 構造設計(導流堤幅・矢板規格の検討)

二重矢板式導流堤の設計方法は、これまで慣用的にいくつか提案されているが、基本的には①ラーメン式構造物としての設計法と②控え矢板式構造物としての設計法の2通りに分類される⁷⁾。本検討では、近傍の導流堤の採用実績等(富丘地区 恩沙留川排水路河口施設)も考慮したうえで前者の設計法を採用した。

この設計法は、波圧によって生じるせん断変形に対して、ラーメン構造として矢板が発揮するせん断抵抗力と中詰め土のせん断抵抗力によって抵抗するという考え方である。波圧によるせん断変形モーメントと、中詰め土

及び矢板の抵抗モーメントをそれぞれ個別に算出することで、堤体幅や矢板規格を決定することが可能となる。決定した導流堤の標準断面を図-10に示す。

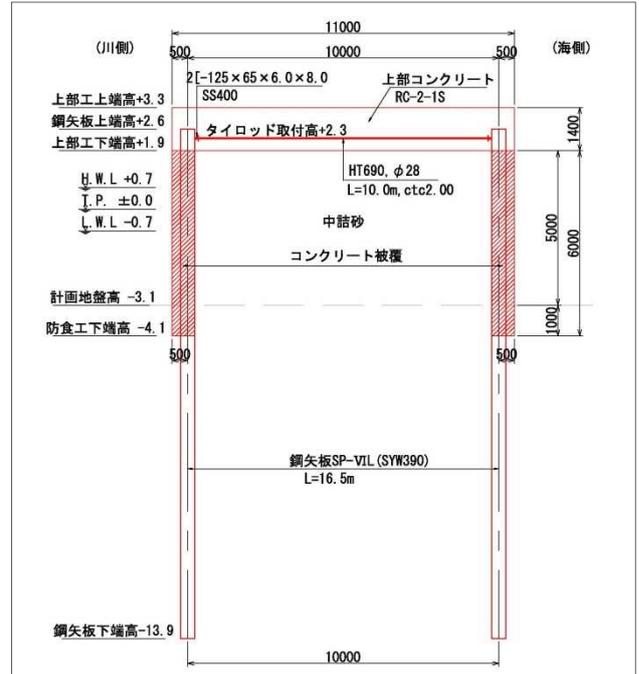


図-10 改修後の導流堤の標準断面図

4. 終わりに

本報では、八十土地区における二重鋼矢板式導流堤の倒壊要因とその対策方法について報告した。対象施設では令和5年3月を目処に、右岸導流堤の改築工事及び既設左岸導流堤の補修工事の完了を目指している。

農業事業としては例の少ない海洋環境に造成する施設であるため、本件が今後、他地区における参考事例として役立てられれば幸いである。

参考文献

- 1) 土木学会：土木工学ハンドブック、昭和49年11月
- 2) 財) 沿岸技術研究センター：港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル(2009年版)、平成26年8月
- 3) 運輸省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説、昭和54年3月
- 4) 国土交通省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説、平成19年7月
- 5) 阿部正美：海洋鋼構造物の腐食と防食対策、平成13年
- 6) 社) 土木学会：海岸波動～波・構造物・地盤の相互作用の解析法、平成13年7月
- 7) 社) 全港漁港漁場協会：漁港・漁場の施設の設計参考図書 2015年度版、平成28年3月