

女川港防波堤工事の施行について

宮城縣 遠 藤 誠 一

1 まえがき

宮城若手面縣にまたかる三陸沿岸は深い屈曲したりアス式海岸くある。女川港も三面山に囲まれ、湾外は出島をはしめとする諸島が点在して外湾を形成し、南方に突出した牡鹿半島が天然の防波堤を兼ねたりアス式海岸で湾内は常時静穏で水深に富み天然の良港である。が然し明治初年まで何事利用された記録がなく地方の一寒村に過ぎなかった。明治18年英國の東洋船隊が入港し天下の耳目を惹いた。その後軍港商港或いは漁港としての築港実現に努力したか戦政上の理由から放置されていた。昭和2年地元の埋立護岸工事と初めとし、昭和7年より3ヶ年間時局国故事業として内港防波堤及物揚場等を整備し、昭和11年津波防止対策事業として越木礁防波堤を施行した。その後が漁協会に依頼し女川港修築計画が樹立され昭和16年から3千屯岸壁を初め、大型船岸壁物揚場護岸ならぬに埋立等を行ったが戦時中の資材不足と戦後の物価の昂騰によって当初の予算並みに工期は文中に変更をみ臨港鉄道を含めて昭和34年3月ようやく完成をみた。又同22年より第三期漁港修築工事が着工され新漁市場も完成し更に継続施行中である。

2 千り地震津波対策事業

昭和35年5月24日米襲した千り地震津波は東北北海道の太平洋沿岸に甚大なる被害をもたらした。女川港も港湾漁港の多施設を背後の市街地帯に約25億に達する被害を受けた。（但し人的被害については女川町の適切な警戒措置により1人もなかった。）この大惨事に鑑み政府は津波対策事業として港湾漁港面区域に天端高+5.3Mの防潮壁を築造することに調査決定を見たのである。しかし斯る防潮壁を築造することは埋地盤が+2.3M程度である海岸線全域に亘って地盤上約3Mにおよぶ壁が立つこととなって、港湾及漁港の機能は制約され且つ日常生活の面から不便となる等の利用上の特性と今後の発展状態を考慮して防潮壁と防波堤築造計画に変更したのである。

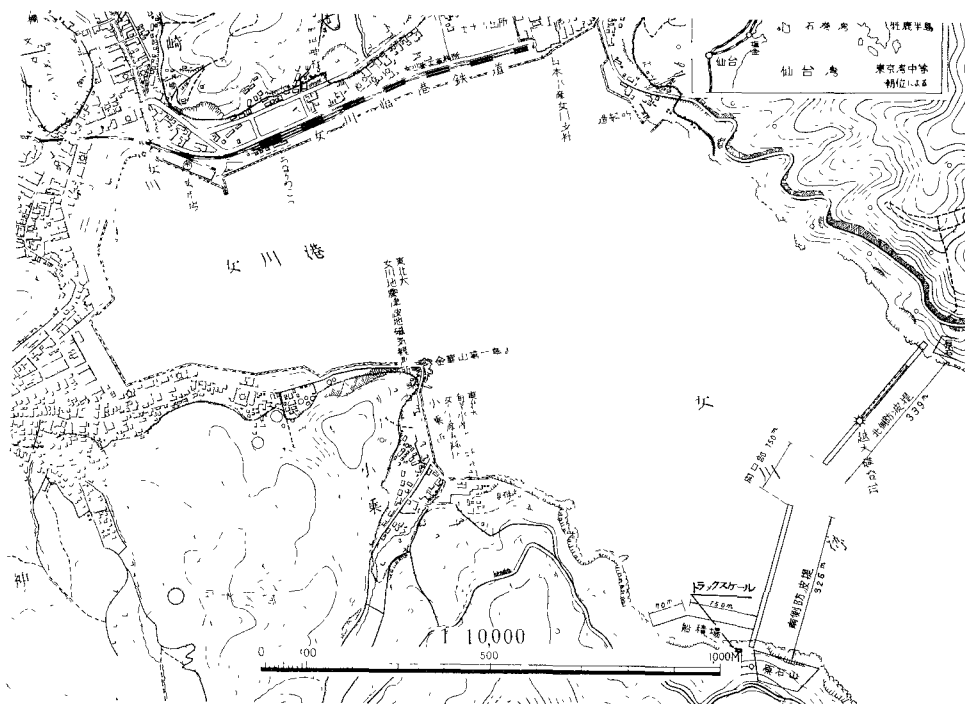
3 工事の概要

防波堤の位置は図-1、2に示す如く港口部の中央を境にして北側は港湾区域南側は漁港区域で従ってそれぞれ運輸、農林面省の予算で施行実施中であり本堤の法線は昭和11年築造した防波堤、148Mと利甲すると共に本堤延長の最短距離を考慮して対岸から新しい防波堤を築造するものである。（図-2）

本堤延長は815M計画天端高は+5.3M港口部、5.0Mと設け船舶の航行を回り、港口を擁護し津波水位の低下を計り被害を防止するものである。

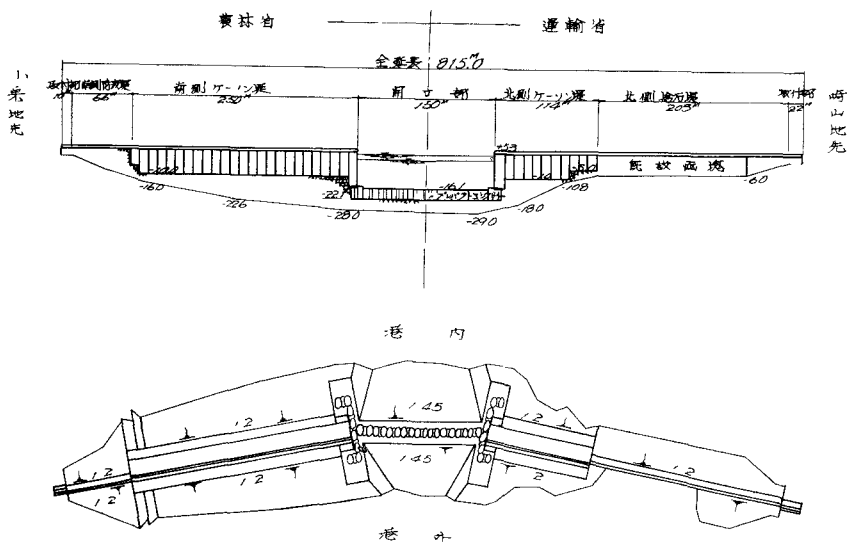
計画ヶ所の最深部は約30Mの水深がある。本防波堤築造は昭和38年度より本格的な工事に着手昭和41年3月迄に基礎捨石全体380000 m^3 の約85%、ケーソン製作全体36面の内21面開口部鋼セル型枠全体18基、100%、既設堤高上工、48Mの区、38Mと完成断面で完了してある。

四一/ 女川港平面図



四一2

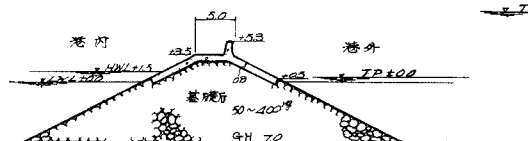
女川港津波防波堤横断面図



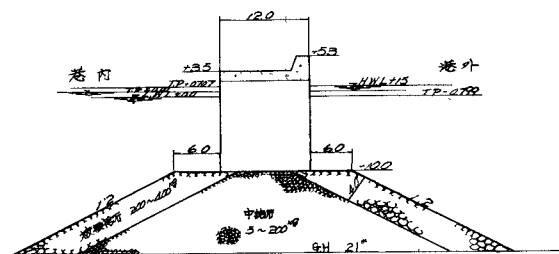
四—3

標準断面図

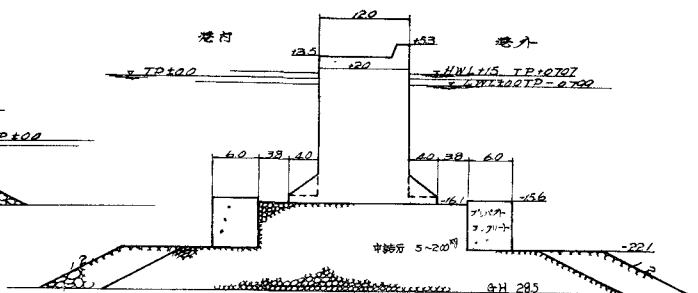
捨石堤



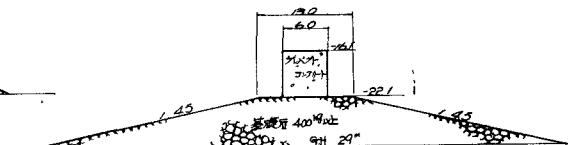
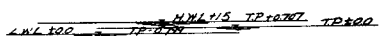
120 ケ-ソン堤



18' ケ-ソン堤



用口部



次に全体計画の工事概要を示す 表一 /

表一 / 津波防災堤の主な工種

分類	名 称	数 量	
		運 輸 省	農 林 省
準備工	重機城域材料運搬専用道路 計 量 機 置 積出護岸足船積施設 ケーソン堆足施設その他 事務所仮設舎改築	延長 71.6 m 巾 負(全巾) 5.0 m トラススケール 30tノ式 1 式	延長 51.7 m (切羽含む) 巾 負(全巾) 5.0 m 1 式 1 式
基礎工	捨石採取 、 運 搬 、 敷 設 、 面 積 約 、 鋼セル製作掘付 、 中詰プレバッド	77 201 m ³ 102 872 " 3 266 m ³ 1 400 " 9 基 4 1148 m ³	195 708 m ³ 280.727 " 9 656 m ² 3 080 " 9 基 4 1148 m ³
本 体 工	ケーソン製作 、 回 転 、 継 足 上部コンクリート 取 付 工	1/面 { 7m 3面 15m 2面 12" 5" 18" 1" 1/面 { 12m 5面 18m 1面 8面 { 15" 2" 4 876 m ³ 21 m	25面 { 7m 1面 15m 2面 12" 21" 18" 1" 25面 { 12m 21面 18m 1面 24面 { 15" 2" 6 462 m ³ 10 m

4. 土工計画

本防波堤の捨石は標準として中詰石は 5~200 kg、被覆石は 200~400 kg 開口部捨石は 400 kg 内外で原石山(施行地東南側)を掘削シトラススケールにて計量を行い岩運船にて重機投入する事とした。

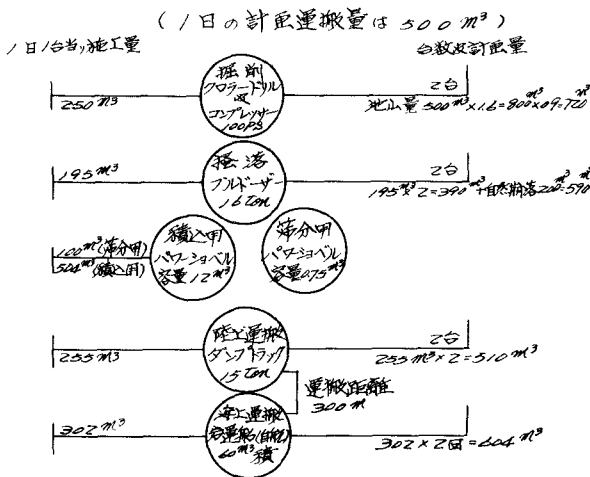
当初計画では陸上海上共稼働日数は本地域の実績を考慮し、同一稼働率をとったが実施に当り海上気象積込施設岩運船の構造等の実績を見るに陸上の月稼働 30 日は可能であるが、海上作業は月に 23~25 日程度なので海上作業に約 20 %の余裕を見た、土工計画で機種の組合を考え表二の計画を樹た。

A) 採取方法

原石山の地質は粘板岩、砂岩で構成され、
 ため、ベンチカット方式による採取で必要
 の大きさの捨石を採取する計画を樹て1日
 500 m³の運搬計画で年間150000 m³
 の捨石計画と目標にした。昭和39年度捨
 石量170000 m³で然る工期は9ヶ月と
 なる施行で従来の採取計画では選別に時間
 がかり所定の数量を消化出来ない状態に
 なるので、採取方法をベンチカット方式か
 ら坑道破壊方式に切り替え計量数量の消化並
 びに品質の確保を全うする事が出来た。

1) 荷理の多い岩質なので捨石が小さくは

表 2 基礎捨石掘削運搬工程(ベンチカット方式)



り被覆及其基礎岩石採取量が不足し所定の給石の品質管理に問題点が残った。

ウ) 坑道発破では採取現場が狭く岩石のストックが出来ず海中に飛散するロスが多かった。

B) 坑道発破実績について

図-4に示す通り小発破より現在迄に6回の実績

をとったので表-3に示す。

表-3

回数	地山の掘削量	岩石係数	坑道掘削		坑道発破		二次破砕	
			火薬量	人員	火薬量	人員	火薬量	人員
1	15000	0.50	3228 ^{kg}	318 ^人	53112 ^{kg}	107 ^人	1634 ^{kg}	85 ^人
2	23000	0.25	3720	299	62137	130	8526	70
3	17000	0.40	2779	188	50640	116	5287	106
4	18000	0.30	2573	160	51655	118	5991	92
5	15000	0.40	3645	184	39843	96	3647	88
6	21000		6945	373	87558	196	6512	173
計	109000		22890	1522	346945	783	31597	652
1/m ³ 当り			0.021 ^{kg}	0.014 ^人	0.32 ^{kg}	0.007 ^人	0.029 ^{kg}	0.006 ^人

この実績によりペンタカ

トと坑道発破によるノリ当りの採取単価を比較すると表-4に示す通りである。又岩運船への積込のノリサイクル当りの所要時間と表-5の通り施工工程があつた。

今回の採取に当り火薬の種類についてダイナマイト使用の場合と硝油爆薬(AN-F0)の比較を行つて見たところその効力について

はダイナマイトと殆んど変わりなかつた。表-3の5回目の発破は起爆薬に普通ダイナマイトを使用した外はAN-F0を使用した実績である。

表-4 ペンタカット坑道発破薬剤費の比較

ペンタカット/m³当り

名称	単位	数量	単価	金額
インプレッサー運転(100%)	時間	0.028	748	20.94
クローラードリ				
運搬	m ³	0.01		115.6
ダイナマイト	kg	0.28	350	98.00
導火線	m	0.28	25	7.00
雷管	ヶ	0.1	15	1.50
坑夫	人	0.015	1000	15.00
工	人	0.04	750	30.00
計				188.00

坑道発破/m³当り

工種	名称	単位	数量	単価	金額
坑道掘削費	ダイナマイト	kg	0.021	350	7.35
	坑夫	人	0.014	1000	14.00
	その他				22.65
坑道発破費	ダイナマイト	kg	0.32	350	112.00
	雷管その他				3.00
	坑夫	人	0.007	1000	7.00
二次破砕費	ダイナマイト	kg	0.029	350	10.15
	雷管その他				5.85
	坑夫	人	0.006	1000	6.00
計					188.00

表-5

陸上運搬岩運船1隻当り所要時間

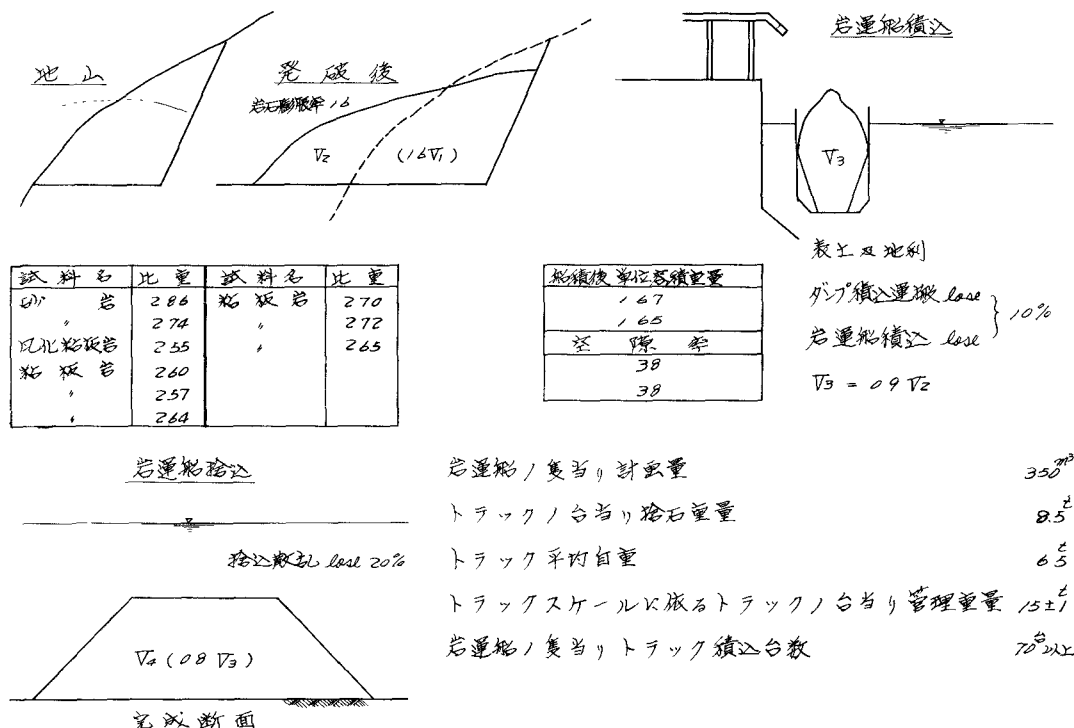
工種	ノリサイクル当り所要時間	1隻当り積込台数	1隻当り積込所要時間(台)	ノリ使用台数	1隻当り積込所要時間(台)	岩運船1417L当り所要時間
ペンタカットノリ搬運	14.70	85	20時間49分	4	5時間12分	1時間30分
坑道発破ノリ搬運	9.50	70	11時間15分	4	2時間48分	1時間30分

C) 施工品質管理

表一の管理図に示す通り、岩運船の積込容積とトラックスケールの計量重量との関係より陸上での単位容積重量を算出し、捨石所定程度の品質のものマトラックノ台当りのトラックスケール計量重量を指定すると共に、岩運船ノ隻当りに積込もトラック台数をも指定して施工管理を行った。

積込後の単位容積重量は積込出来形を音響測深機で測定し、この値所に投入した捨石重量をトラックスケール資料より積算した。その単位容積重量は 1664 kg/m^3 で空隙率は 37.9% とはり当初の設計積算は未防波堤に限り妥当である事が判った。

表一 管理図



5 瀬口部におけるプレバクトコンクリート施工

プレバクトコンクリートは周知の如く普通コンクリートと違って最初に粗骨材だけを型枠に詰め、その空隙に特殊なモルタルをポンプ注入してコンクリートとするもので、従って粗骨材の空隙がその工費を左右する事となる。今迄の多くの実績(コンクリートライブラリー第13号)を見るに粗骨材の大部分は川砂利使用でその平均空隙率は約 40% となっている。本港における粗骨材は工費節減の工から女川産の碎石を使用した。

従ってその空隙率の決め方については JIS 規格の標準試験方法による結果と試験器具をドラム缶として使用した場合と二つの結果より決めた。

使用粗骨材の最大寸法は 200mm で比重試験は JIS 1110 で単位容積重量、及空隙率は JIS 1104 で測定した次の如き結果である。

(1) 三番碎安試験

単位容積重量 1.459 kg/m^3

空隙率 44.5%

(2) 三層シンキング試験

単位容積重量 1.488 kg/m^3

空隙率 43.4%

(3) 一層シンキング試験

単位容積重量 1.449 kg/m^3

空隙率 44.1%

(4) (2)の状態の資料に注水した注水量から空隙率を算出した場合

空隙率 44.1%

試験容器にドラム缶を使用した場合

測定方法はドラム缶の容積を注水量により確認、碎石三層に分けシンキング方法により填充し、容器中の碎石を測定し容器の容積でこれと除し単位容積重量を算出した。又その状態の資料に注水した注水量から空隙を算出した。以上の結果は次の通りである。

(1) 三層シンキング試験

単位容積重量 1.490 kg/m^3

空隙率 43.3%

(2) 注水量より算出した場合

空隙率 43.6%

以上の結果より空隙率は43%に決定した。碎石投入方法はトレミー管(付図参照)により投入施工していくものゝ空隙も密に測定と若干差はないと思われる。又注入モルタル中にも空気量等による先行空隙が若干あるものゝ、43%は妥当なところであり施工実績(表一フ)からも立証されるところである。

表 7 モルタル注入所要時間実績

セルNO	セル容積	砂利投入量	注入モルタル量	モルタル注入時間	時間当り注入量	備 考
1	464.8 m ³	194 m ³	91.1 m ³	10分 31秒	7.99 m ³	
計	464.8 m ³	271 "	112.2 "	11分 05秒	10.19 "	void 43.7%
2	464.8 m ³	194 "	80.2 "	7分 40秒	10.98 "	
計	464.8 m ³	271 "	117.6 "	8分 01秒	14.70 "	void 43.4%
3	464.8 m ³	208 "	89.4 "	6分 40秒	13.40 "	
計	464.8 m ³	257 "	107.5 "	7分 35秒	13.57 "	void 42.3%
4	429.1 m ³	176 "	82.4 "	3分 30秒	21.29 "	
計	429.1 m ³	254 "	103.3 "	8分 39秒	13.46 "	void 43.2%
5	429.1 m ³	180 "	77.3 "	5分 00秒	15.46 "	
計	429.1 m ³	430 "	185.0 "	10分 49秒	17.16 "	void 43%
6	429.1 m ³	250 "	100.8 "	4分 30秒	22.00 "	
計	429.1 m ³	180 "	81.8 "	4分 08秒	20.43 "	void 42.5%

次に施工順序を述べる

(1) コンクリート打込みの予定位置の基礎給石基面を余裕中1.0mで出す。

認は鋼セル側面の検査孔並びにセル中央ヨケ所に設置した検査パイプ（チロ付）に電池式測定機を挿入し直差計水尺によって確認を行った。更に碎石にはダストが多いので洗滌装置としてトレミー管の中間にコンプレッサーのエアホースを取付けて洗滌を行った。又トラム缶に碎石を入れセルから流れ出るモルタルを注入してモルタルの填充状況並びに強度測定を行い、施工確認資料とした。

△あしがき

本県の港湾工事は、この約2年前より港湾工事らしい計画で施行している現状で、港湾技術者は数少ないが工事にも経験者が殆んどで、運輸省防災課並びに第二港湾建設局の御指導により工事を進めている様で、次第でこの工事報告もほとまりのつかないものになったが、皆様方の御批判並びに御指導を得て本防波堤完成のため万全を期したい。