

久慈港(茨城県)建設工事報告

—テトラポッド防波堤について—

港湾建設局
小名浜港工事事務所 武 秀 雄

- § 1 久慈港の概要
- § 2 防波堤計画
- § 3 テトラポッドの製作及捨込
- § 4 レデーミックスドコンフリートについて
- § 5 工 費
- § 6 結 果

§ 1. 久慈港(茨城県)の概要

本港は茨城県日立市久慈町にあり、目下建設途上にある新しい港であって、国鉄常磐線沿線にみえる巨大な日立製作所の各工場群及び日立鉱山で一帯に知られている日本鉱業日立鉱業所並に日立セメント等大企業が林立し、北には常磐炭田、天然瓦斯等の地下資源を有し、南には原子力研究所、原子力燃料公社、原子力発電会社等原子力関連産業として発展途上にある東海村につながら、所謂常陸工業地帯の丁度中央に位している。

近時此の地域産業の飛躍的な発展に伴い原材料の輸移入及製品の輸移出の門戸たる同港建設の気運が高まり、殊に日立製作所に於て製造を開始した175,000 KVAの発電機は陸上輸送を困難ならしめ是非とも海上輸送に依存せねばならなくなった。

此処に於て本港の主要建設目標を此の大型発電機の出荷日たる本年10月1日に本船の接岸が出来る様にすることとし、太平洋に直面せる港湾修築史上まれなる突貫工事に突入したのである。本港の

建設計画は図 - 1 の通り、水深 - 7.5 m 延長 121 m の所謂 3,000 ㍔岸壁とバース、水深 - 4.0 m 延長 210 m の物揚場を有する面積 59,000 m^2 の埠頭と延長 225 m の防波堤及び一部浚渫であつて、総工費約 5 億円、工期約 2 ヶ年である。

元来茨城県海岸は地図でみる様に海岸線が単調であつて、太平洋の怒潮より遮蔽される屈曲にとほしく、本格的商港建設の適地を得るに困難であつたが、本港附近は汀線より 600 ~ 700 m 沖合に汀線と略平行して点在する岩礁によって自然の泊地を形成し、古来よりしばしば船舶が避難した実績が残されている。又隣接した新漁港の工事は既に於て昭和 21 年度より着工漁港防波堤及漁港埠頭の一部分が完成してゐて、商港建設の足掛りとなり得、又背後地との関係も前述の通り常陸工業地帯の中央に位している等の条件より、此処に商港の面地が求められたのである。

昭和 32 年 4 月 1 日茨城県より運輸省へ防波堤及岸壁、物揚場、護岸等海上作業を主とする部分の工事の委託申請があり、当所に於て施工することとなり、直に設営測量設計を開始 7 月より防波堤用テトラポットの製作に着手、9 月末より海上作業に着手した。目下埠頭の外殻を略完成 3 月中旬より埋立開始の予定である。

§ 2 防波堤計画

1. 防波堤設置個所の地形及気象

本港の外防波堤は図 - 1 の通り総延長約 800 m の内 225 m を 2 ヶ年で完成させる計画である。

海底の地質は港内全般に亘り軟弱の土丹で、凹所には砂が堆積している。防波堤の法線上は水深約 - 2.5 m ~ - 5.5 m 程度の岩礁地帯（横根礁）であつて所々に凹みがある。

台風時の波は S S E より冬季風浪は E N E より浸入し、波高の最高は約 4 m と推定され、通常の場合 N より E を経て S に至る方位の風に対しては直に風浪となり浸入して、法線上の横根礁に於ては絶えず波が折れている。従つて沖合が真に低いでいるか、W よりの風

が卓越して浸入して来る風浪を消して呉れるかしなければ法線附近は平穏な日がない。

2 防波堤の型式の選定

防波堤の型式には大別して傾斜堤と直立堤とに分類される。今回の施工箇所は水深が割合に浅く（ $-2.5 \sim 5.5 \text{ m}$ ）、波高も太平洋に直面した港としては低く（推定 4 m 前後）、且波力も一度碎けた波なのでそれ程強大とも考えられず、従って施工の難易によって型式を考えた。直立堤は一般に基礎捨石か袋詰コンクリートを均した上に方塊か函塊を据えるのであるが、何れの場合でも潜水夫による作業を伴い、作業日数の制約を受ける外、起重機船等による据付けは捨込より波高の制約を受けるので、到底工期内の完成の見込みがないので、近時その使用の盛んになって来たテトラポッドを使用することとし、且捨石堤の被覆にテトラポッドを利用する場合は捨石がテトラポッドに先行させる必要からテトラポッドの被覆前に捨石の流出する危険がある為、全断面をテトラポッドとした。

テトラポッドの大きさは一般に使用されている図表（*Coastal Engineering No. 5*）より波高 4 m とし、充分調査の行届かない点もあるので安全率 1.75 と称されるⅡのカーブを使用して公称 8 m^3 （ 3.2 m^3 ）の大きさのものとした。

断面は法勾配 / 割とし、天端高は $+3.0 \text{ m}$ 天端巾は 4 m とした。天端高天端巾は共に小さ過ぎると思われたが、工期と工費が押えられた為完成断面で延長を短くするより未完成の断面でも延長を長くした方が、より効果的であろうと考えたからである。従って後日改良を加える方針である。

8.3 テトラポッドの製作及び捨込

1. 製作ヤード

工期、並に淤置へ帰等の制約によりコンクリートの製造については直營方式をやめて、日立コンクリート K.K. と契約、レディー ミックスドコンクリート（以下生コンと云う）を使用することとした。日

立コンクリートK.Kは久慈港工事を主体として、附近の一般工事現場へも供給すべくプラントの場所を検討したが、最終的には久慈港のみの供給に止めることとし港内にプラントを開設した。プラントの能力は $35 \text{ m}^3/\text{時}$ のもので此処で計算したものをトラックミキサー（ 20 m^3 積）にて混合運搬することとした。トラックミキサーは1台を準備した。

ヤードは図-2の様な棧道を設けて棧道上のトラックミキサーから直接テトラポットの型枠に投入出来る様にした。ヤードの大きさは1日13ヶ約 42 m^2 の打設とクロ目に移動する計画のもとに104ヶ（ 137×8 ）の置場を設置した。

2. 型 枠

テトラの型枠は一般に使用されているのは4ッ割か、上の脚が更に2ッに割れる6ッ割が普通であるが、割方を多くすることは組立に手間がかかり、且形状も多いことから、図-3の通り2ッ割とし、丁度コンクリート試験のスランブコーンの様に上方に脱型することとした。従って型枠の組立取外運搬等には4本のモビールクレーン（住友K.K. SK-4型）を使用した。型枠の数量は上下1組のもの52組（ $137 \times 4 \text{ 日}$ ）と下型枠のみ39ヶ（ $137 \times 3 \text{ 日}$ ）である。

3. 移動、仮置、捨て

テトラの型枠は打設の翌日ボルトをゆるめ上部型枠とコンクリートとの隙を切り、約4日目に上部型枠を脱型、約クロ目にテトラを吊上げ、全時に下部型枠を取り、仮置場に移動し、山積して海上の皿を待つて捨込んだ。テトラの移動及台船への積込みは20tクローラークレーン（日立K.K. V-12型）を使用した。海上作業はテトラ3ヶを積載する60t積水運搬船3隻（内1隻は予備）を新造、曳船は当所々属隅田号（470馬力）とチャーター漁船（70馬力）を使用、捨てみには当所々属カノ号起重機船（30t旋回式）を使用した。

4. 工程実績

各月の製作個数及捨て個数等は表-1の通りである。海上が1日

中風いでいれば、1日約 100ヶ (13 航海) の捨込は差程困難でなく、平均断面個数からすれば、1日で約 10 ~ 15 m の防波堤延長となり、かかる外洋の防波堤の施工進行速度としては極めて早いものと云えよう。

表-1. オモテトラボッド製作捨込実績

昭. 32	月 別	7	8	9	10	11	12	1	2	3	計
	製作個数	60	128	302	360	233	326	330	265	66	2,160 ⁷
	捨込個数	—	—	88	152	424	160	432	144	254	1,654 ⁷
	捨込作業日数	—	—	3	2	4	3	4	2	3	21 ^日
昭. 33	月 別	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
	製作個数	289	248		217	100	10				864 ⁷
	捨込個数	224	248	144	120	215	184	残19ヶは3月に捨込予定			1,133 ⁷
	捨込作業日数	2	3	2	2	3	2				14 ^日

§ 4. レディーミクスドコンクリート (生コン) について

1. 生コンの仕様書

生コンの仕様書としては J I S A 5308 の基準オモに準拠し

- セメントの種類: 普通ポルトランドセメント
- 粗骨材の最大寸法: 50 mm
- 荷卸地の所垂スランプ: $7.5 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$
- 最小許容圧縮強度: 92 kg/cm^2 (昭和 32 年度は 114 kg/cm^2)

検収方法は

- 数量はテトラ / ヶ を 3.2 m³ とし
 - スランプは 1 車毎に行い
 - 強度は 1 日 3ヶ の試験体を作成し、材令 7 日にて試験した。
- ##### 2. 圧縮強度の決め方 (昭和 33 年度分)
- W/C は耐久性より 62 % と押えた。
 - W/C = 62 % の強度を $\sigma_{23} = -79 + 168 \text{ g/w}$ より求め 192 kg/cm^2 とした。

c. 変動係数，確率，割増係数等を考慮し，配合目標強度を
1.11倍とし215 Kg/cm^2 とした。

d. 従って管理限界は

$$2\sigma = M \pm \frac{2V_m M}{100} = 273 \text{ or } 153 \text{ Kg/cm}^2$$

$$3\sigma = M \pm \frac{3V_m M}{100} = 302 \text{ or } 124 \text{ Kg/cm}^2$$

e. σ_7 を σ_{28} の60%と考へ

所要強度:- 115 Kg/cm^2 目標強度:- 122 Kg/cm^2

2σ :- 92 or 181 Kg/cm^2 3σ :- 74 or 164 Kg/cm^2

f. 従って 2σ 限界92 Kg/cm^2 を最小許容圧縮強度とし，此れ以下は次の減額処置をとり， 3σ 限界74 Kg/cm^2 以下は受取らないこととした。

$$(115 - \sigma_7) \times 20^m \times V \quad \sigma_7:- 7^{\text{日}} \text{ 圧縮強度 } \text{Kg/cm}^2$$

V:- その日の生コンクリートの納入数量

3. 実 績

その実績は表-2及図-4，5の通りで，強度に於ては昭和32年度分は極めてバラツキも少く，昭和33年度に於ては多少バラツキが認められたが， 2σ 限界は一度も切ったことはなく概ね良好であつたと云えよう。又スランブに於ても施工に支障をきたす程でなく，当工事に対しては大体満足すべき結果を得た。

表-2 生コンクリート品質管理成績

	コンクリート 総 量 (m^3)	試験数	ス ラ ン ブ			7日圧縮強度		
			平均値 (cm)	標準偏差 (cm)	変動係数 (%)	平均強度 (Kg/cm^2)	標準偏差 (Kg/cm^2)	変動係数 (%)
昭和32年度	6,800	145	7.4	1.1	15.7	148.0	10.7	7.3
昭和33年度	2,800	88	6.9	1.5	21.0	127.5	20.6	15.0

§ 5. エ 費

テトラポッド100ヶ当り製作より捨込迄の工費実績は表-3の通りである。

表-3 オモテトラポッド 100㎡当り工費

区 分		金 額	備 考
直 接 費		1,704,200 ^円	
	型 枠	76,600	
	組立取外	76,600	
	コンクリート	1,504,000	
	生 コ ン	1,392,000	4,350 ^円 /m ³
	吊 金 具	50,000	
	打 設	62,000	
	捨 込	123,600	
備 却 費		180,500	
	型 枠	30,000	
	4t モビールフレーン	16,500	
	20t フローラーフレーン	39,000	
	曳 船	2,700	
	起重機船	39,200	
	運 搬 船	3,100	
		715,300	
合 計		2,600,000	26,000 ^円 /㎡

6. 結 果

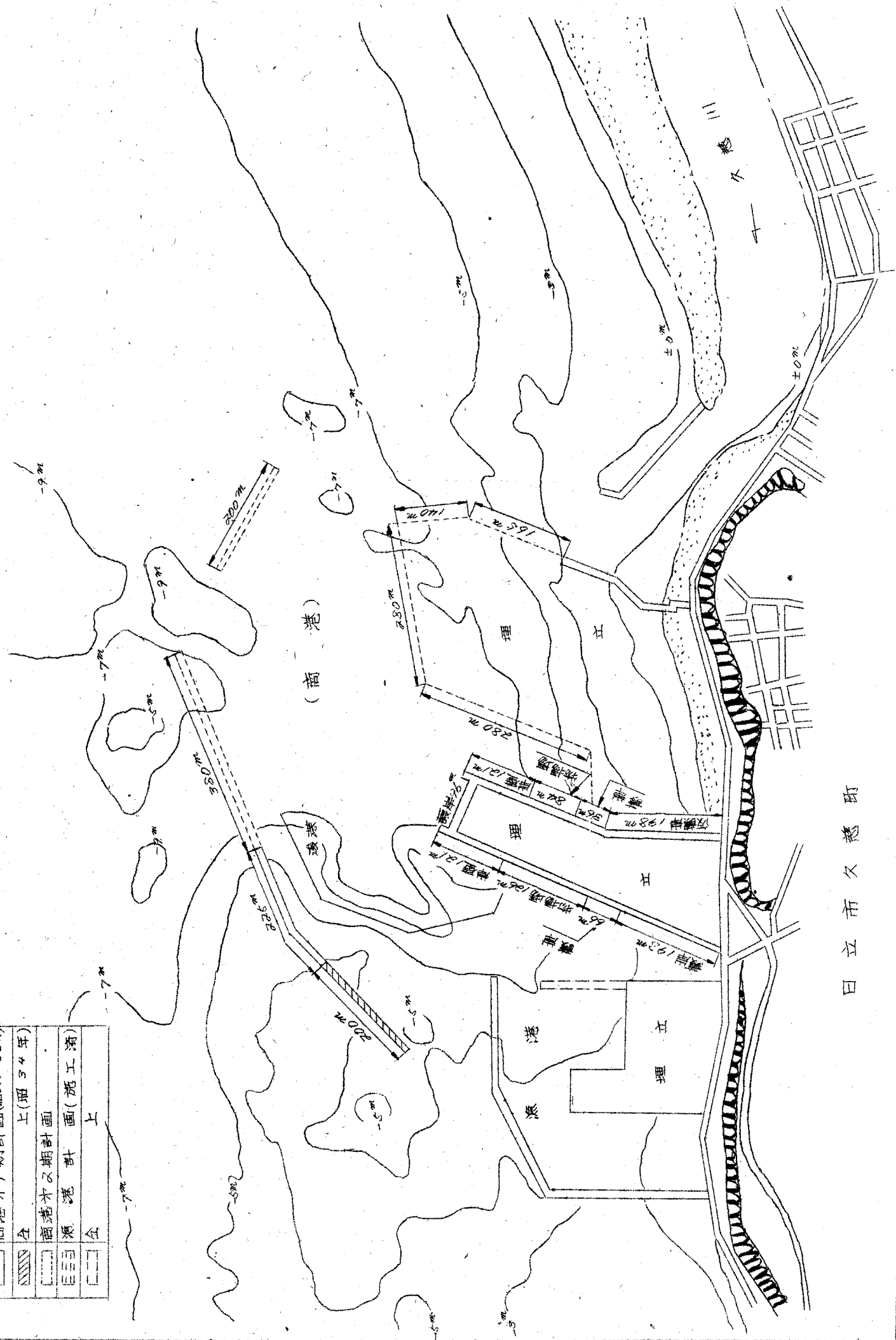
茨城県に於ける初めての本格的商港である久慈港は目下建設途中にあり、その防波堤工事は全断面をテトラポッドにて施工し、コンクリートは悉く生コンに依存した。その結果次のことを知り得た。

1. 作業日数の少い場所に於ける防波堤としては施工が極めて容易であって高能率を得た。
2. テトラの型枠は又リ割として好結果を得た。
3. 生コンの吊金は当工事に対しては大体満足すべきものであった。コンクリートはノリの材料商品と考えてよい時代となって来た。

最後に本防波堤は3回に亘る強烈な台風にみまわれたが、辭つて沈下したものと、一部法面へ転落したもの等あり、1m位天端高が下った個所が処々に現れたが、決定的な破壊はなかった。もともと本防波堤は天端巾が小さかったことにもよるが、此れが対策は目下検討中である。

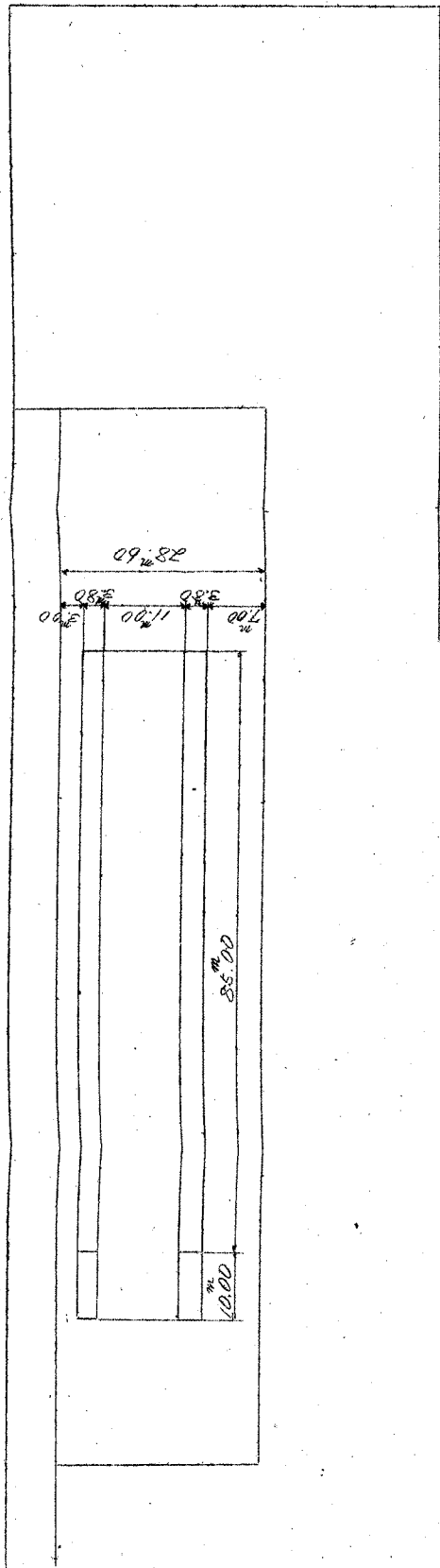
凡例	商業 / 期計面 (昭和30~33年)	全	上 (昭和34年)	商業 / 期計面	上
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					

圖面結構

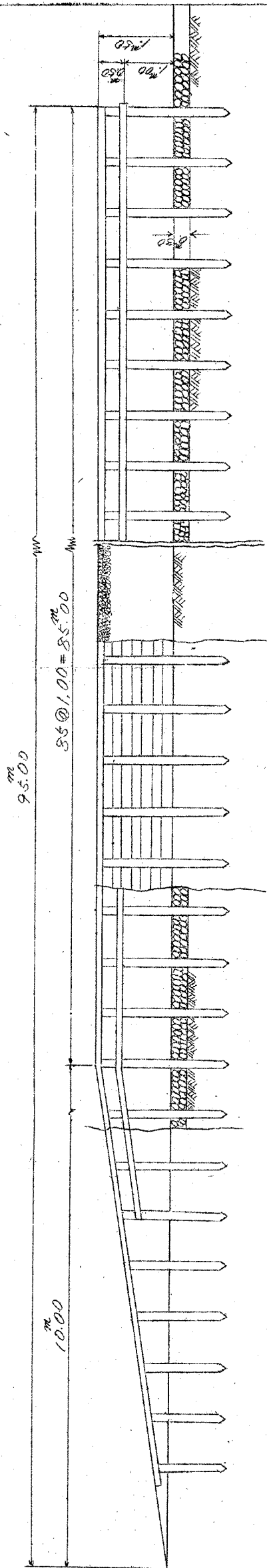


宙觀天作似回

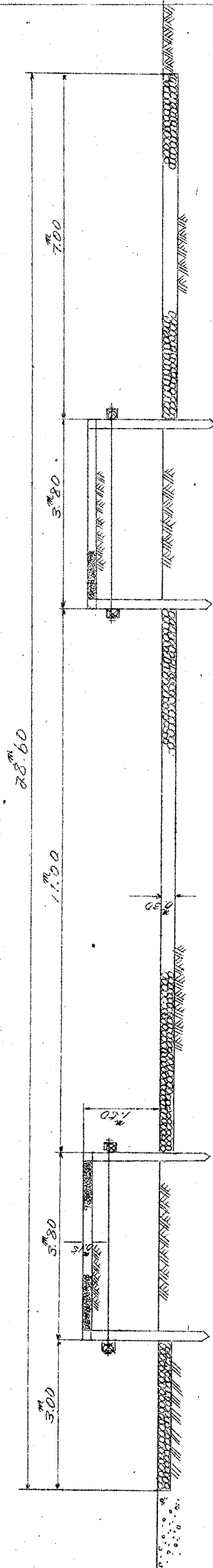
久慈港テトラポッドヤード平面図



棧道側面図



棧道断面図



テトラポット型枠之図

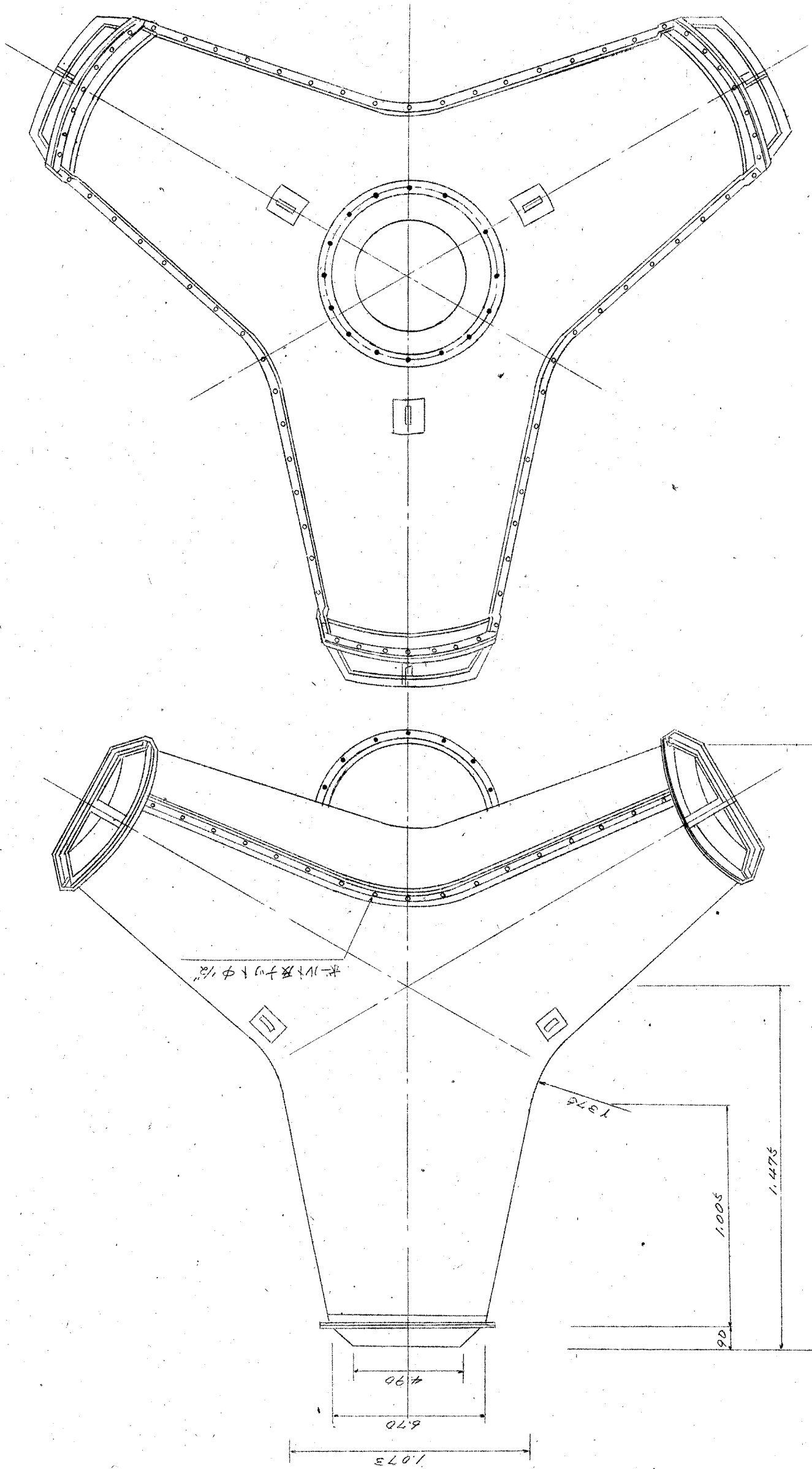
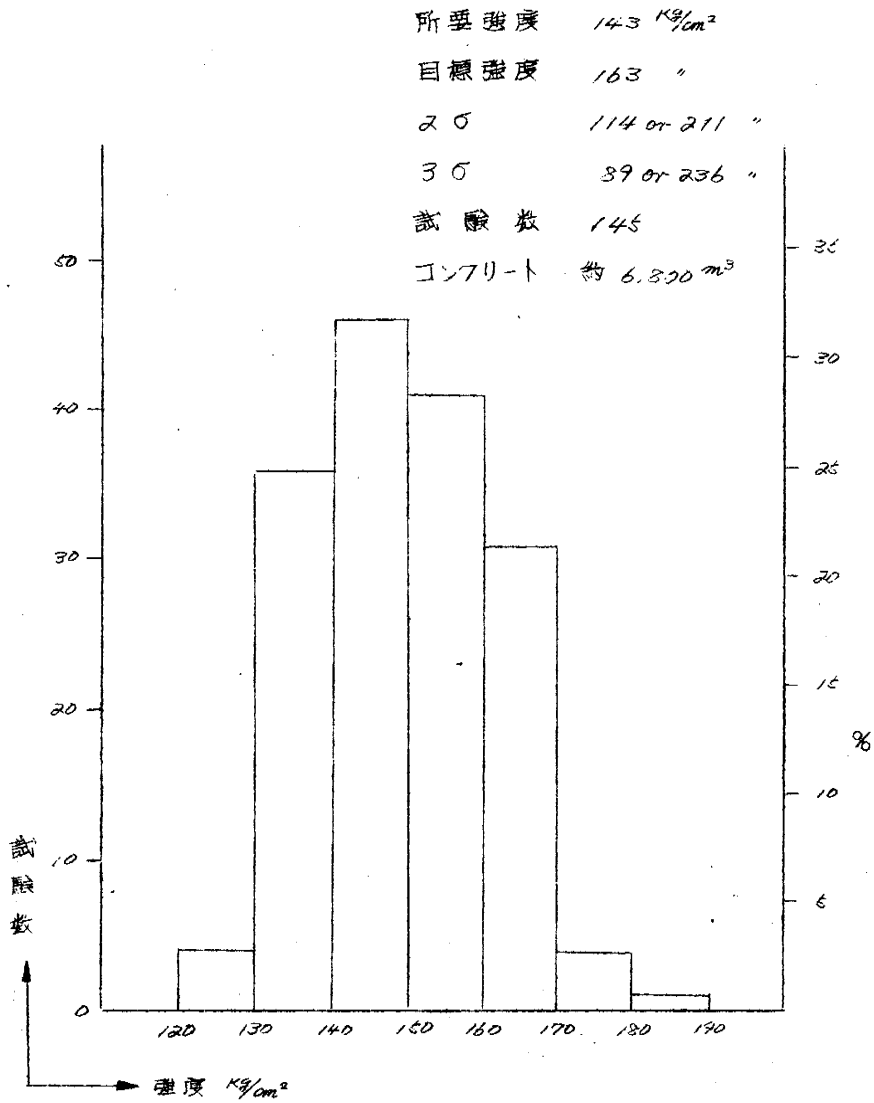


図 - 4 - 1

32年度テトラポッド用コンクリート圧縮強度ヒストグラム



33年度テトラポッド用コンクリート圧縮強度ヒストグラム

所要強度 115 kg/cm^2

目標強度 125 "

2σ 92 " 0.2 164 kg/cm^2

3σ 74 " 0.2 181 "

試験数 88

コンクリート 約 2800 m^3

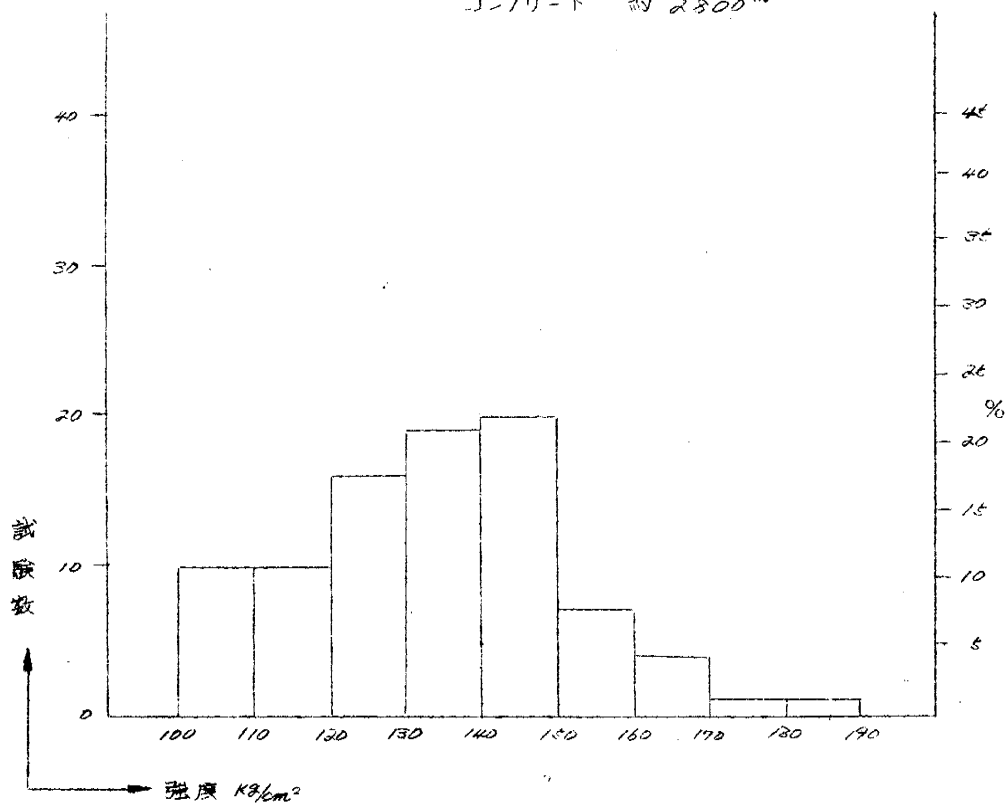
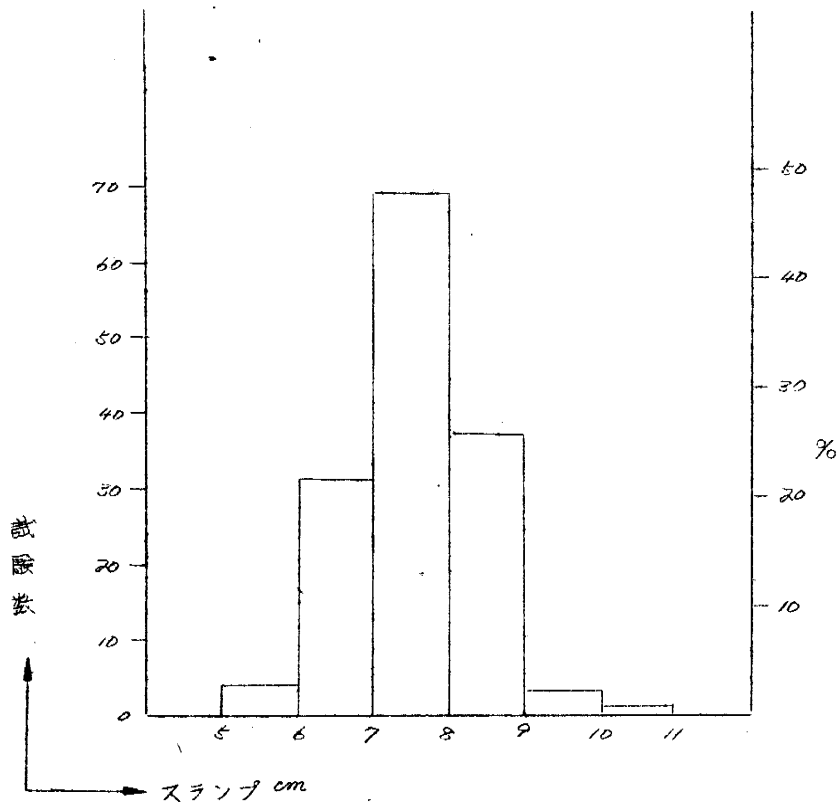


図 - 5 - 1

32年度テトラポッド用コンクリートスランプ

所用スランプ $7.5\text{cm} \pm 2\text{cm}$



33年度テトラポッド用コンクリートスランパ

所要スランパ $7.5 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$

