

伊勢湾高潮対策事業(建設省直轄施行海岸)について

建設省中部地方建設局海岸部長 吉 川 吉 三

1. ま え が き

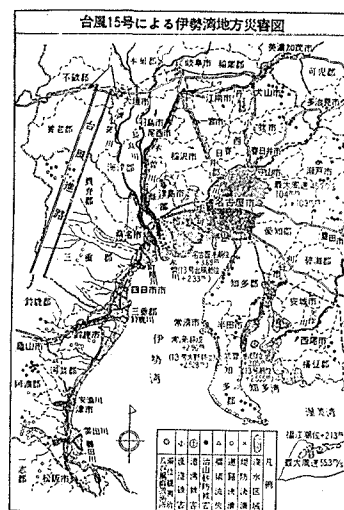
昭和 34 年 9 月 26 日東海地方に襲来した伊勢湾台風(台風 15 号)は、これまでの台風災害史上に特筆されて来た室戸台風(昭和 9 年)枕崎台風(昭和 20 年)に匹敵する超大型台風で、伊勢湾一帯は、台風進路の右側の強風域にあつたため、26 日夕刻より猛烈な強風に襲われ、未曾有の高潮が発生した。伊勢湾地方は、昭和 28 年 9 月にも台風 13 号による高潮によつて大きな被害を受けたが、伊勢湾台風は、それを遙かに凌ぐ猛威を振い古今未曾有の大災害をひき起したのである。特に大災害をうけたのは、愛知、三重両県で、猛烈な暴風雨と高潮の来襲により伊勢湾、三河湾に面する海岸堤防並にこれに流入する河口部の河川堤防が、至るところ寸断破堤し、しかもその背後地が、海面より低い干拓により発達した土地であつたため堤防を突破して押寄せた高潮の流入勢力は、激しく、愛知県では、特に、人家の密集している名古屋市の南部と西部、海部地方の南部一帯は、一瞬にして泥海と化し、しかも夜間であつたため極めて多数の死傷者を生じ、三重県では臨海部、特に木曽三川の下流地帯は甚大な被害をこうむつた。

5,000 名にも上る尊い人命を失つたことは、何としても痛恨の至りであるが、異常高潮の襲来が暗夜であり、かつ停電のためラジオなども充分に聞けず高潮の情報が末端まで伝わらず、また避難などの処置が適切にとり得なかつたことなど今後の防災対策改善に幾多の尊い教訓を残している。

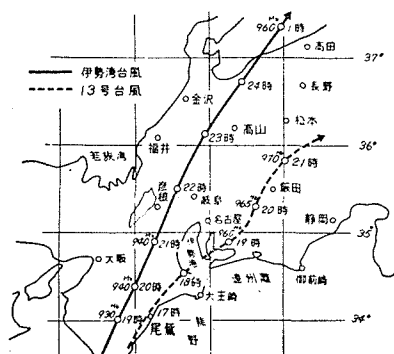
本講演の標題は非常に広範な題目であるが、被災概況と応急仮締切の概要をかがけ主として、被害の程度が激甚でその復旧工事の規模が著しく大きいと 34 年度については愛知、三重両県よりの委託にもとずき、また 35 年度以降については海岸法による直轄工事として中部地方建設局(海岸部所掌)が担当して施行することになった愛知県の新川左岸より県境鍋田川にいたる南陽、海部、および鍋田二線堤防の 9,758 m と三重県の鍋田川右岸より朝明川左岸にいたる木曽岬、長島および川越海岸(ただし長良川右岸より町屋川にいたる間は中部地建河川部所掌の直轄施行)の 4,516 m の計 14,274 m にわたる直轄海岸の堤防工事計画などについて述べることにする。

海岸堤防工事の計画上苦心した点は、破壊した堤防は本年台風期までに原型復旧を完了しなければならないという絶対目標があるため、工期の制約を受け工期内に所要の工程をあげる構造、工法を選ばなければならないことであつた。

図一



図二 台風進路図



2. 気象、海象の概況

(1) 気象概況

伊勢湾台風は台風災害史上注目された室戸台風(昭和 9 年)枕崎台風(昭和 20 年)に匹敵する超大型台風となつて、昭和 34 年 9 月 26 日午後 6 時すぎ紀伊半島南端の潮岬附近に上陸した。

進路は図一 2 の通りである。この台風は上陸時中心示度が 929.6 mb で室戸台風の 911.9 mb、枕崎台風の 916.6 mb につぐ大規模なもので、暴風雨圏の半径は東側 400 km、西側 300 km という超大型台風であつた。なお主な箇所の風向、風速は表一 1 の通りである。

雨は台風来襲前に本州沿いに停滞していた前線が活発となり 25 日から降り続き、これに台風による大雨が加わつて、総降雨量名古屋 165.7 mm、津 404.7 mm、半田 172.0 mm を記録した。

表-1 風 向, 風 速 表

観測地点	平 均 風 速			瞬 間 最 大 風 速		
	方 向	風 速	時 刻	方 向	風 速	時 刻
名古屋	SSE	37.0 m/s	26日22時00分	SSE	45.7 m/s	26日21時25分
伊良湖	S	38.4	26. 20. 50.	S	55.3	26. 21. 21
津	ESE	36.8	26. 19. 35.	ESE	51.3	26. 19. 37

(2) 海象概況

台風来襲時は小潮ではあったが、満潮時(27日午前0時45分)に近く、伊勢湾および三河湾が台風中心の右側にあるという悪条件が重なり名古屋港で午後9時35分最高潮位 T.P. +3.89m に達した。これは既往最高潮位 +2.97m (大正 10.9.26) を約 1m 越している。伊勢湾沿岸主要箇所最高潮位は図-3の値であり、この値と昭和 28 年 13 号台風時の最高潮位を各主要地点ごとに比較して図示すると図-4 のようになり津、師崎では 13 号台風時が伊勢湾台風に比べ僅かに高くなっている。なお主要地点の潮位曲線は図-5~7 に示す。

3. 災害の概況と応急対策

(1) 被害の概況

伊勢湾台風により特に大災害をうけたのは愛知、三重両県である。特に伊勢湾北部に面する海岸堤防が異常高潮によりいたる所寸断破堤し、又流入河川の下流部も各所が破堤し一瞬にして泥海と化し、ために多数の死傷者を生じた。なおこの応急仮締切は極めて困難な作業であったので名古屋市南西部および海部地方、木曽川三川下流地帯は長期にわたって常時湛水が続け、住民の苦しみは想像に絶した。長時間湛水地域(伊勢湾北部のみ)を図示すれば図-8 のとおりで海部地方では遠く津島市にまでおよんでいる。

図-3 伊勢湾、三河湾最高潮位

(愛知県、三重県資料による。武豊の潮位は痕跡による)

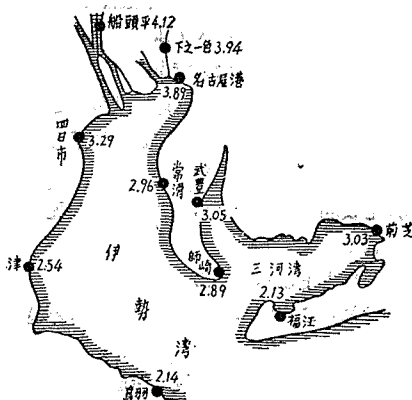


図-4 最高潮位比較図

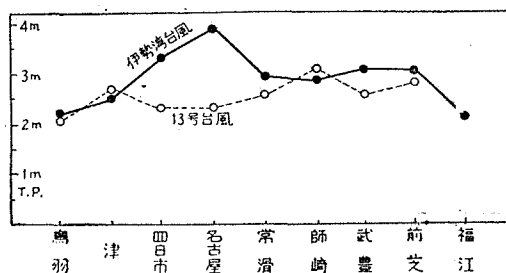


図-5 四日市港潮位記録

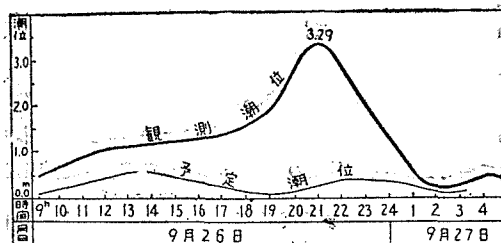


図-6 名古屋港潮位記録

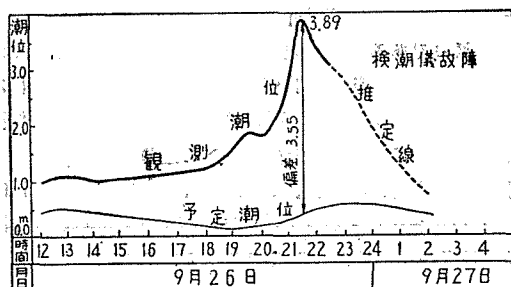
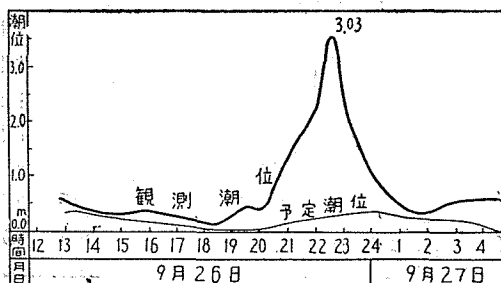


図-7 前芝潮位記録



(a) 人的被害

伊勢湾台風は尊い人命を失った点において他に類例を見ない激烈さを示している。これを過去の超大型台風のものと比較すれば、表-2のとおりであり、そのうち伊勢湾台風による東海三県別ならびに直轄工事区域沿いの市町村別人的被害は表-3ならびに表-4のとおりである。

(b) 建物被害

建物被害も同様、高潮と暴風雨により特に愛知県、三重県で激甚を極めた。その概要は表-5、6のとおりであり、13号台風時に比較して波浪の激しさがいちじるしい点がうかがいえる。

(c) 被害総額

愛知、三重両県の被害額を両県の調査資料によつてあげると表-7、8のとおりであり、両県被害総額は実に5,000億円の巨額に達した。

(2) 応急締切

(a) 概要

今次災害の重大性にかんがみ国においても当時本部長益谷副総理、本部長代理石原国务大臣以下関係各省代表者をもつて現地名古屋に「中部日本災害対策本部」が9月30日に設置せられ緊急対策が強力に推進された。伊勢湾

図-8 常時湛水区域図

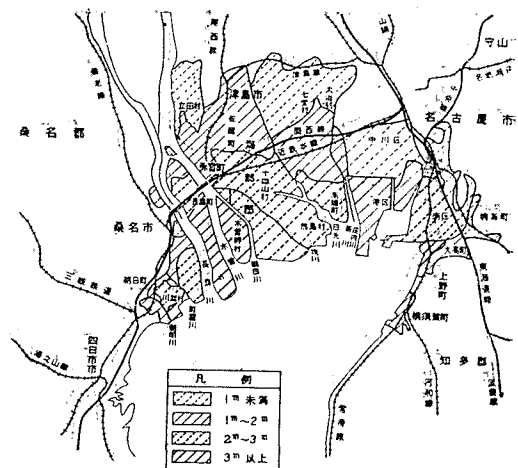


表-2 人的被害比較表

台風名	死者	行方不明者	負傷者	合計
室戸	2,702人	334人	19,994人	23,030人
枕崎	1,970	1,030	2,259	5,259
伊勢湾	4,504	115	65,378	69,997

表-3 東海三県人的被害表

県別	死者	行方不明者	負傷者	合計
愛知	3,168人	92人	59,045人	62,305人
三重	1,250	23	4,625	5,898
岐阜	86		1,708	1,794
計	4,504	115	65,378	69,997

上記の数字の内、愛知県については愛知県「伊勢湾台風災害復興計画書」(昭和34年12月31日現在)による。

三重県については、三重県警察本部調査資料(昭和34年11月30日現在)から取まとめた。

岐阜県については、中部日本新聞社発行「伊勢湾台風の全容」(昭和34年11月30日発行)による。

表-4 直轄海岸沿市町村別死者数

県名	市町村	死者	摘要
愛知	名古屋市	1,851人	鍋田干拓地291人中118人死亡
	飛島村	121	
	弥富町	308	
三重	木曽岬村	329	城南干拓地55人死亡
	長島町	388	
	桑名市	200	
	川越村	173	

表-5 愛知県内建物被害表

種類	被災程度	戸数	13号台風時
住家	全壊	23,334戸	1,656戸
	流失	3,194	646
	半壊	97,049	8,257
	床上浸水	53,560	26,746
	床下浸水	62,831	57,922
	一部損壊	375,135	不明
計		615,103	不明
非住家		115,600	19,218

愛知県「伊勢湾台風災害復興計画書」(昭和34年12月31日現在)による。ただし一部損壊戸数は(昭和34年12月22日現在)愛知県資料による。

表-6 三重県建物被害表

種類	被災程度	戸数	13号台風時
住家	全壊	4,089戸	1,282戸
	流失	1,119	436
	半壊	12,192	4,953
	床上浸水	44,423	34,701
	床下浸水	35,806	34,925
	一部損壊	105,715	不明
計		203,344	不明
非住家		16,848	10,746

三重県警察本部調査資料(昭和34年11月30日現在)による。

表-7 愛知県被害額調

区 分	金 額
公共的施設被害	
土農林、水産、関係係	37,202,258千円
木、地、工、宅、教、生、生、衛、警、消防、関係係	1,021,484
農、商、住、文、民、衛、警、消防、関係係	15,211,881
林、地、工、宅、教、生、生、衛、警、消防、関係係	70,641
農、商、住、文、民、衛、警、消防、関係係	757,428
林、地、工、宅、教、生、生、衛、警、消防、関係係	2,151,499
農、商、住、文、民、衛、警、消防、関係係	350,810
林、地、工、宅、教、生、生、衛、警、消防、関係係	1,580,042
農、商、住、文、民、衛、警、消防、関係係	53,913
林、地、工、宅、教、生、生、衛、警、消防、関係係	259,477
農、商、住、文、民、衛、警、消防、関係係	5,840,093
林、地、工、宅、教、生、生、衛、警、消防、関係係	687,033
計	65,186,559
民間被害	
住農林、水産、関係係	146,232,611
農、商、住、文、民、衛、警、消防、関係係	40,362,729
林、地、工、宅、教、生、生、衛、警、消防、関係係	65,107,152
農、商、住、文、民、衛、警、消防、関係係	3,911,802
林、地、工、宅、教、生、生、衛、警、消防、関係係	116,011
農、商、住、文、民、衛、警、消防、関係係	1,443,058
計	257,173,363
総 計	322,359,922

愛知県「伊勢湾台風災害復興計画書」による。

表-8 三重県被害額調

区 分	金 額
家土農耕林	80,667,170千円
屋木業地業	29,069,417
関 係	11,525,316
係	5,820,191
畜開水商観	6,331,591
産拓産工光	839,729
教厚衛一そ	566,199
育生	9,705,535
般公共施設関係他	32,718,000
計	1,774,590
計	997,745
計	74,575
計	369,446
計	254,007
計	1,894,334
総 計	182,607,845

三重県企画室調(昭和34年11月30日現在)による。

表-9 破堤箇所数並びに延長一覽表

所 管 名		地 区 名	破堤箇所	延 長	備 考
一 般	愛知県	名古屋南部	ケ所 17	m 975	荒子川、中川、東、道徳、水袋、白木、南陽町
		海部北部	22	2,578	
		海部南部	30	3,829	
		知多以東	25	4,775	
		小 計	89	3,807	上野横須賀より豊橋まで
	三重県	川越、四日市	10	2,055	
		小 計	10	2,055	
	中部地建	乗長島北部	4	1,390	
		木曾岬老	5	1,530	
		木養小 計	11	2,440	
		6	3,050		
		1	120		
	合 計	27	8,530		
		合 計	200	26,549	
干 拓	農林省	鍋田干拓	5	5,005	
		衣浦小 計	1	145	
		小 計	6	5,150	
	愛知県	境川干拓	6	420	
		平坂小 計	2	282	
		碧南	4	665	
		乙川大津島	2	50	
		小 計	14	1,417	
			20	6,567	
		合 計	20	6,567	
総 計			220	33,116	

表-11 地区別浸水面積一覽表

県 名	地区別	湛水面積ha	摘 要
愛知県	名古屋西部	2,054	鍋田干拓 638haを含む 豊橋、岡崎を含む (碧南、衣浦干拓 313ha、 代行干拓 384ha、伊良湖地区1,085haを含む)
	海部南部	4,990	
	海部北部	8,828	
	上野横須賀	2,900	
	知多以東	346	
	計	4,800	
三重県	長島南部	23,918	城南干拓 245haを含む
	木曾岬老	417	
	川越、四日市	1,177	
	多度町	796	
	小計	1,300	
	小計	400	
岐阜県	養 老	260	
	合 計	4,350	
合 計		31,068	

表-10 応急締切主要資材及び作業人員数表

所 轄 名	杭	捨 石	麻袋及叭	粗 朶	土 量	延 人 員	業者数
愛 知 県	148,500本	36,000m ³	6,786,000袋	201,500束	1,510,000m ³	461,000人	95社
三 重 県	59,500	1,100	230,000	17,000	210,000	18,300	25
中部地建	—	4,000	226,000	315,000	1,168,000	50,000	16
計	208,000	41,100	7,192,000	533,500	2,888,000	529,300	136

(注) 数字は概数である。

[illegible]

平面图

横断面

[illegible]

2) 木工沈床、鉄棒等を用いて仮堰をつくり、その後ポンプ船で土砂を吹溜め補強する方法(主として海部海岸の締切に用いられた。図-11)

3) 杭を数列打ちその間に土のう、石俵等を詰めて固める方法(主として南陽海岸、木曾岬海岸、庄内川、新川等で用いられた。図-12)

4) ブロック、捨石、石俵等を投入する方法(主として山崎川に用いられた。図-13)

又締切法線の旧堤に対する位置により分けると次のようになる。

1. 旧堤法線位置締切

旧堤の基礎又は護岸の根の部分が残っているときは、比較的作業も容易で延長も短く又資材も少量ですみ時間的にはやく完成する利点があるが、本復旧の際堤防の構造上悪影響をおよぼすきよう雑物を取除く困難性が伴う(主として南陽海岸、鍋田二線堤、長島海岸、木曾三川に用いられた)。

2. 前方月輪型締切

海(河)側に突出して締切の方法で、延長が長くなり資材を大量に要するが、本復旧の場合の仮締切に利用できかつ本復旧の工事を容易にじん速にする利点がある(主として海部海岸に用いられた)。

3. 後方月輪型締切

地形上、海(河)側に締切ることが困難な場合とか、資材現地搬入の難易を考慮して陸側で締切の方法(今回はこの方法は用いられなかった)。

(c) 応急仮締切の問題点

1) 被災実態の把握

今回の災害では堤防が各所で寸断され広大な地域に海水が常時浸水して被災箇所近寄ることが困難であつたので被災状況を正確に把握することが難しかった。このため航空写真を撮ることにより状況を把握し、締切工事の計画を早期に樹立することが出来たのであるが、これらのことは平素から対策を講じておく必要がある。

2) 最後の攻め口の選定

今回のように或る地域に各所の破堤口より海水が流入している場合最後の締切をどこに選ぶかは慎重に考慮する必要がある。資材の運搬上道路のある所から順次締切て行く方法が一番容易ではあるが、最後の攻め口が深掘れしていたり又地形、地質上締切ることが容易でない場合もあるので、これらを綜合勘案して決定すべきである。

3) 工法の問題

締切の工法は欠壊口の状態、運搬路の状況、資材の入手の難易、工期の制約等種々の観点から考えねばならず各種の工法の優劣を簡単にきめることは出来ないが、時間的事情の許す限り本復旧工事の計画をあわせ考えるべきである。山崎川の締切においては一刻を争う背後地の被災状況の中で公約の工期に制約せられ止むを得ず近くで製作されていたコンクリートブロック(約5t)を多数投入したが、その後漏水が激しく本復旧工事にあつて特に漏水対策を講じる必要も起つている。なお今回の締切において欠壊口が30~40mまではある程度容易にせばめられたが、これ以下にせばめるとき非常に困難を極めた。今後の問題として欠壊口の延長、水深と潮位の変化から流速分布を検討し適当な工法を確立することが望ましい。

4) サンドポンプ船について

サンドポンプ船による方法は今回のようにばう大な土量が必要とし、かつ寸断された堤防で運搬方法もない所では最適であつたが、引続き仮締切を補強するためにも多数のポンプ船を必要としたのでこの配船に難点があつた。今回は中部日本災害対策本部が名古屋に設置された9月30日にこの問題を取り上げ配船計画を樹立したが、休転中のものは別としてそれぞれの仕事を打切つてくるというような事情もあり、また台風16号(10月7日)や18号(10月17日)などにさまたげられて、集り方は必ずしも順調ではなかつた。又船が到着してからも連続運転のため故障し易く大事な最後の攻めの時に故障を起し締切が一度は失敗した箇所もある。ポンプ船の部品交換等その整備については締切工事中にたえず留意する必要があると同時に最後の攻めは一気に行うので優秀なポンプ船を配

図-12 杭打による締切工法図

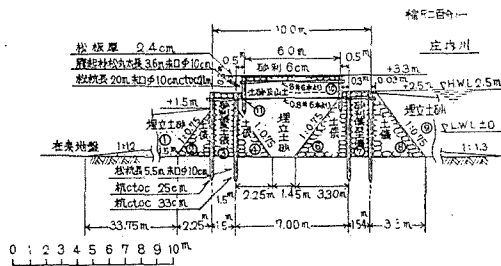
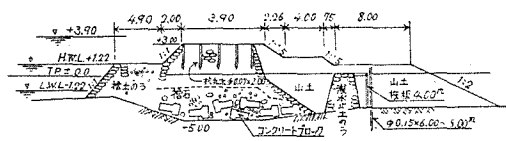


図-13 ブロック捨石投入による締切工法図



船すべきである。

4. 既設海岸堤防直轄区域の被災状況とその原因

(1) 直轄海岸工事区域

直轄工事区域内の海岸名および延長は表-12 および図-14 のとおりである。

(2) 既設堤防の構造

直轄工事区域内既設堤防の構造は、前面については海部海岸の大半を旧石張を厚さ約 30～40 cm のコンクリートで被覆している程度で、他はほとんどの箇所が雑割石の練張程度の構造であり、また天端および裏法については長島海岸堤の一部がコンクリートブロック張であつた他は芝張程度であつて(部分的には自然発生とみられる笹等の密生している箇所もあつた。)越波に対しては抗し得ぬ構造であつた。その高さ、天端巾等の数値の要は、

堤防高は T.P. 3.00 m (木曾岬海岸) から 6.50 m (長島海岸)

天端巾は 3.0 m (木曾岬海岸) から 5.00 m (海部海岸)

護岸勾配は表で 1.5 割から 3.0 割程度

裏で 1.5 割から 2.0 割程度

であり、最近の海岸事業としては海部海岸、長島海岸、鍋田二線の一部について小規模の海岸修築または災害復旧事業が過去数年の間に行われてきた程度である。

(3) 既設堤防の被災状況

上記のような状態の海岸堤防に対して、約 T.P. 6.00 m から 7.00 m 程度の波頂高(伊勢湾高潮対策協議会において確認された当地域内平均の推定生起波頂高は約 T.P. 6.80 m であつた)を有する波浪が襲来したためほと

表-12 直轄海岸延長一覧表

県名	海岸名	延長	摘要
愛知県	南陽海岸	1,165 ^m	34年度は受託工事
	海部 "	4,273	"
	鍋田二線 "	4,320	"
計		9,758	
三重県	木曾岬海岸	1,060	"
	長島 "	1,374	"
	川越 "	2,082	34年度は県施工
計		4,516	
総計		14,274	

図-14 建設省施工直轄海岸区域平面図

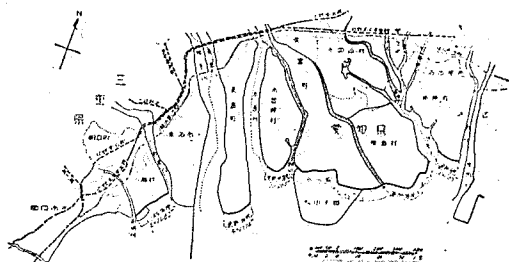


表-13 破堤箇所の要

海岸名	総延長 (m)	全壊		半壊		応急締切	
		延長 (m)	%	延長 (m)	%	延長 (m)	%
南陽	1,165	570	49	595	51	359	31
海部	4,273	1,801	42	2,472	58	1,410	33
鍋田(二線)	4,320	1,550	36	2,770	54	716	17
木曾岬	1,060	1,060	100	0	0	1,060	100
長島	1,374	265	20	1,109	80	265	20
川越	2,082	760	36	1,322	54	495	24
計	14,274	6,006	42	7,104	58	4,305	30

んど全面的に越波し裏側の築堤上を洗い流して支えの無くなった護岸(特に石張上につき足したコンクリートの重い波返し)を倒し、更に背後を洗って破堤したと思われる箇所が一番多い。その他各種の原因により局部的に全壊又は半壊している。破堤箇所の要は表-13、図-9 のとおりであり直轄海岸については全延長の約 40 %が全壊している。

(4) 既設堤防の被災原因

堤防の被災状況からみた被災の主なる原因は大別して次のように考えられる。

a) 堤高が低く、天端巾の小さいこと。

越波しやすく波力に対する抵抗が少ない。

b) 天端および裏法面を被覆していないこと。

越波、飛沫により土砂が洗い流されて堤体が破壊される。(写真-1)

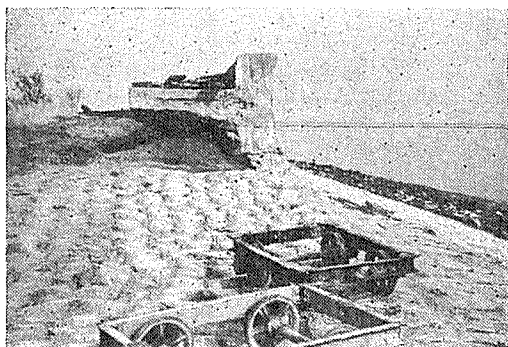
c) 堤防法線に極端な凸または凹部があること。

凸部は波力が収れんし凹部は潮面が上昇することにより破壊されやすい。(写真-2)

d) 表護岸が水密性を欠いていること。

経年的な吸出し作用により背後の土砂が排除され波力に対応して護岸の均衡を保つような充分な反力が得られ

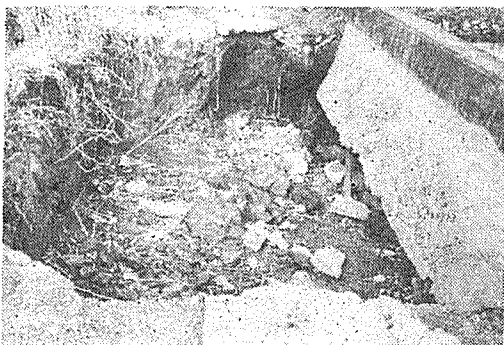
写真一1



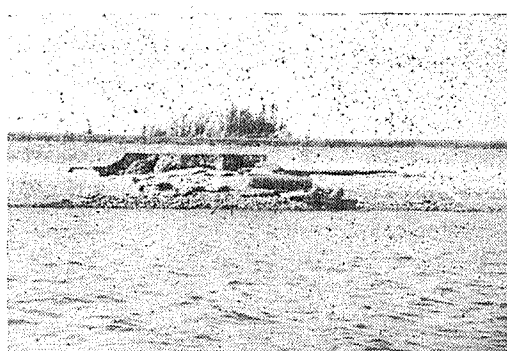
写真一2



写真一3 (1)



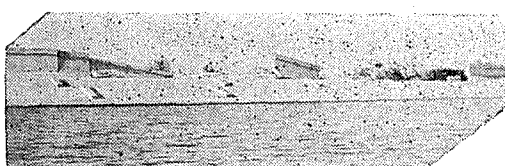
写真一3 (2)



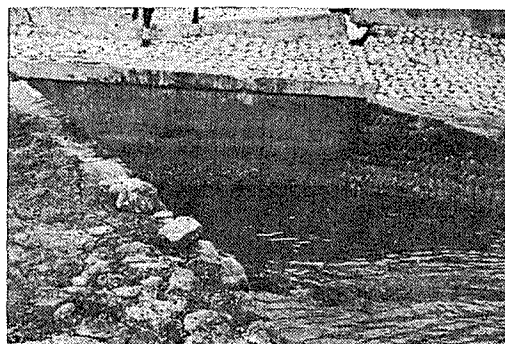
写真一4



写真一5



写真一6



ないために護岸は局部的に大きく歪み破壊される。(写真一3)

e) 表護岸の強度の弱いこと。

波力に抗しきれず強度の弱い所だけが破壊される。

f) 堤体土砂の締固めが悪いこと。

工事完了後に空隙を生じd)と同様の理由により被覆が破壊される。

g) 石張護岸の上にコンクリートの波返し部分を継ぎ足したような場合。

継目附近は波力も強いうえに、継目の強度が低いと亀裂が生じやすく、破壊をまねく。(写真一4)

h) 波返し部分が下部の法面部分よりも極端に厚く、重量が大きいこと。

波返しの重量が大きいと波力等の外力を繰返し受けた場合堤防の他の部分と一体に運動し難く又不同沈下を起して法覆工との間に亀裂を生じ破壊するに至る(写真一5)。i) 樋門、樋管等海岸堤防の構造上の弱点となるものがあること。(写真一6)

5. 直轄海岸堤防構造計画の基本方針

直轄工事区域内の海岸堤防の構造については、被災後再度にわたって行われた建設省の査定当時に種々検討され、その後中部地方建設局海岸部において建設本省及び土木研究所と協議のもとに更に具体的に被災の原因、施工の条件などを勘案のうえ下記の基本方針にもとづき計画された。

(1) 堤防の型式は傾斜築堤式とし、原則として表法の勾配は既設堤になろう。

工事区域内には半壊残存の施設があり、これを利用し経費の節減と施工の急速化とをはかるため既設堤の様式を採用する、このため表法面の勾配も概ね既設堤の勾配にあわせて3割程度とし、特に全延長全壊海岸については、経済的施工とより充分な受動土圧を得ることを目的として1割5分として計画する。

(2) 堤防計画高は原則として T・P・7.50 m とする。

全面的な越波を許さない高さとするために伊勢湾高潮対策協議会(建設、農林、運輸、大蔵各省、科学技術庁、経済企画庁、及び学識経験者により組織された、各省所管の伊勢湾高潮対策事業に関する海岸堤防の築造の基本方針を決定する機関で34年11月16日の次官会議で設置が承認されたもの)の計画方針に基き台風期平均満潮位に15号台風時の最大偏差および波高を加えた高さとする。なお運輸省計画の名古屋港大防波堤の設置により高潮潮位ならびに波高が減殺される区域については+6.20 m とすることとした。

台風期平均満潮位 T・P.	0.97 m (15 号台風最高潮位時刻の推算潮位 0.34 m)
15 号台風時の最大偏差	3.55 m
計 画 潮 位	4.52 m
衝 突 波 高	2.90 m
衝 突 波 頂 高	7.42 m
計 画 堤 防 高	7.50 m

(昭和35年2月18日伊勢湾高潮対策協議会伊勢湾高潮対策事業の計画基本方針による。)

(3) 堤防法線については既設利用箇所が多いために従来の法線を根本的に変えることは出来ぬが極力波力が收れんするような法線はさける。なお止むを得ず変形部の残る所は補強の方法を講じる。

(4) 樋門等を設置する箇所については弱点とならないように強固な構造とし前後の堤防に円滑に取付ける。

(5) 天端巾は6.0 m 程度とする。

波力に抵抗する堤体質量を大にするためには極力堤体土を増すことが望ましいが工費面において経済的に計画する必要もあるため、天端巾は敏速な防水活動を実施しうるように自動車二車線を基準として考え約6.0 m 程度とする。なお堤防敷巾については計画の潮位に対して充分な浸透経路長を考えて決定し、途中に小段を設ける。

(6) 堤体の天端および裏法はコンクリート等の被覆工を施す。

この点については高潮対策協議会の堤防築造の基本方針にも明示されている。計画堤防高は15号台風の波頂高を基準に考えているが、この基準の波高は有義波的な見方をしていると考えられるので15号台風時程度の波浪が満潮時に押寄せたとした場合は、間歇的に最大波附近の波が越波することになる。また護岸を越える飛沫量も相当量にのぼるものと考えねばならないので、堤体土砂の洗掘を防止するため被覆工を計画した。その厚さはコンクリートで25 cm 程度である。

(7) 護岸の水密性を保つために特に継手部分に止水板を挿入し、かつ間隙水圧による揚圧力に対しては継ぎ鉄筋を考慮する。

(8) 波返し部分は法覆工の最上部に曲面を設けたタイプで軽い構造とし、弾性支床上の梁構造として計画波圧に対して設計する。

これは堤体土上部が沈下した場合、および越波により万一上部の土砂が一部流失した場合も波返し部分の自重により傾いて法面との継ぎ目に亀裂が生ずることがないようにするためであり、なお高潮対策協議会の基本方針の中にも「波返しなどが構造の弱点にならないよう設計施工上留意する」とうたわれている。

(9) 表護岸基礎には矢板工(鋼又はコンクリート)を打ち前面には捨石を施す。これは洗堀による中詰土砂の吸出しを防止し併せて透水経路長を増すことにより漏水防止をはかるためである。

6 直轄海岸堤防設計上の問題点

(1) 目地および基礎の構造

堤体表面を水密構造にするために特に目地および基礎について検討した結果、コンクリート護岸の伸縮目地は

延長方向に対して 40 m 毎に、盲目地は 10 m 毎に設けることとし、また水平盲目地はなるべく少ないのが望ましいのであるが、施工上の問題もあり法にそつて約 4.70 m 毎に設けることとして、伸縮盲目地については瀝青材浸透圧縮繊維板(厚 1 cm) およびプラスチック製のドッグボーンタイプ止水板(巾 23 cm 厚 9 mm)を、盲目地には止水板のみを挿入した。なお間隙水压その他により受ける剪断力に対して、伸縮盲目地ともに $\phi 16$ mm 長 60 cm の鉄筋タイバーを 60 cm 間隔に挿入することとし、特に朔望平均満潮位以下の目地部分については不銹鋼(JIS G 4301 規格 SUS 第二種—13 クロームステンレス鋼)を使用することとした。

基礎部分については全般的に 3~6 m の P.C. 矢板を前背面に打ち、透水経路長を増し堤体下部の土砂吸出しを防止する他、基礎目地部には 50 cm の切欠をつけ、伸縮目地には瀝青材浸透圧縮繊維板を、盲目地にはアスファルト紙(22 kg)を入れた。(図-15 および写真7~8)

(2) 堤体土砂の締固め工法

(a) 概要

築堤基層は箇所によ若干の差はあるが、直轄工事区域においてはほぼ同一であり、ボーリングの結果によれば築堤基面(T.P. -0.5 m)より T.P. -10 m~-15 m 迄はシルト交り細砂或いは細砂層よりなる。これより T.P. -40 m 迄は層厚 25 m~30 m の軟弱な粘土交りシルト層が存在する。本海岸堤防の敷巾は広く、築堤基礎としては 10 m~15 m の厚さの細砂層が支持層として耐えるものであり、土質試験の結果より下部軟弱層の滑り破壊に対する安全も確保されるものと判断した。

しかるに堤体はサンドポンプで吹き上げられた砂質土を T.P. +5.00 m 迄ブルドーザーでかき上げ盛土するものであり急を要する施工で充分な薄層転圧が不可能であり、全面被覆の型式をとる本海岸堤防の場合、被覆後の堤体土の収縮沈下は危険であり、この砂質土の締固め如何が堤体の安全性に重要な関係がある。そこで盛土施工後のバイプロフローテーション工法による締固めを考慮し、その効果を測定するため試験工事を実施し、その成果により本工法を全堤部の波返工基礎の部分に採用することに決定した。

砂質土で形成された盛土部分の標準貫入試験の結果は N 値が 2~4 であり、非常に緩い状態であつたがバイプロ施工により N 値を 10 程度迄増加しうることが判り、波返工の基礎部分の地盤反力係数も $K=1.0 \text{ kg/cm}^3$ が期待できることが判明した。

(b) バイプロ試験成果

本試験はバイプロパイル間隔による改良効果の比較と填充材としての現地砂の適否を判定する他、それぞれの場合の定量的改良効果の測定を目的としたものであり、バイプロパイルの配置は正三角形とし、一辺を 1.0 m, 1.2 m, 1.5 m の 3 種類に変え 1.5 m 間隔の場合については填充材を荒目砂にした場合と現地砂にした場合の

図-15 目地と基礎

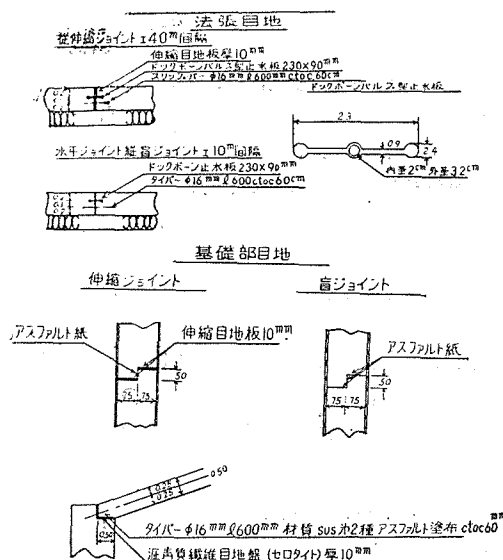


写真-7

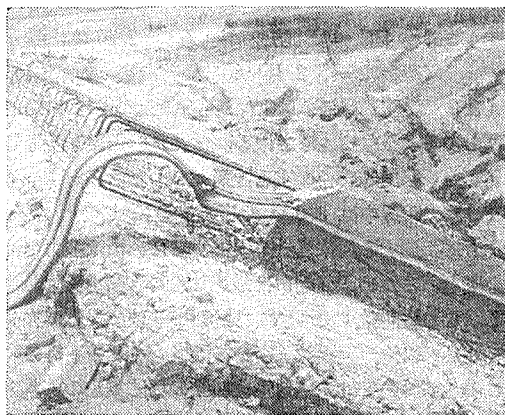
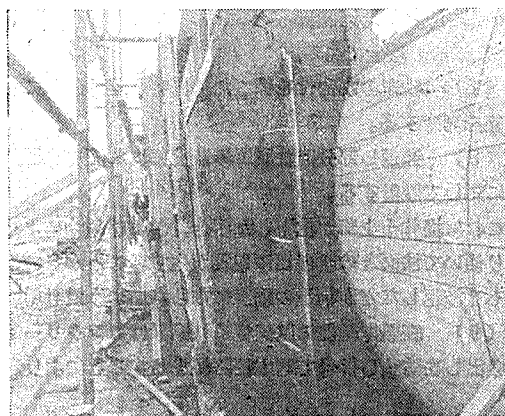


写真-8



それぞれについて試験を実施した。パイプロットの有効長は 7.0 m 外径 0.2 m であり施工深は天端より 6.0 m である。効果測定には標準貫入試験と補助的にスエーデン式サウンディングテストを施工前後において正三角形の重心位置で実施した。試験成果は図-16 であり、パイル間隔による効果を比較したものが図-17 である。

成果を要約すれば下記のとおりである。

- 1) 天端より 4.0 m 以下はシルト質細砂層であり、上部砂層に比較して改良効果が減少している。シルトの含有率が改良効果に大きく影響する。
- 2) 填充材の種類によつて締固め効果は異り 1.5 m 間隔の場合について、荒目砂を用いた場合 N 値は 12~15 程度迄改良されるが現地砂の場合は 7~8 程度であり前者の 55 %程度である。

- 3) パイロパイルの間隔によつても締固め効果は異り深度 4 m までの間においては、施工前に 2~4 であつたものが施工後は現地砂填充の場合のパイル間隔 1.5 m, 1.2 m, 1.0 m, に対してそれぞれ 6~8, 8~14, 10~14, と順次増加する。1.2 m~1.5 m の間で締固め効果の増加率が大き、1.2 m 間隔において平均 4~4.5 倍、最大 6 倍程度迄増加し、 N 値は 10 以上を得る。

(c) 標準貫入試験値 (N 値) と地盤反力係数 (K 値) との関係

波返工断面の設計に際し期待できる法面に垂直方向の K 値を仮定しなければならない。この K 値についてはまだ解明されていない現状であるが、過去の各方面の資料からみて砂質土の場合締固めの状態さえ良好ならば、法面に垂直方向の K 値

も最小限 $K=1.0 \text{ kg/cm}^3$ は採り得るものと考えられる。なおこの点について最近土木研究所福岡・宇都両技官が新しい方法(土と基礎特集号 No. 1 p. 3)で現場実験を行い貴重な資料を得ている。ここではこの資料を整理して土質の如何を問わず N 値と K 値との相関関係を求めてみた。得られたものが図-18 である。バラッキが多いが設計に用うべき安全側の下限界は図中の実線を想定しうる。

実測値は概ねこの実線より上部に存在し、 $N=10$ に対応する K 値の下限は 1.0 kg/cm^3 程度であり、以後 N 値の増加につれて K 値の増加する割合は小さく、中には大きい K 値を実測したものがあがるが安全側の下限界としては余り大きい K 値を期待できないことが予解される。

Terzaghi の実験によれば $N=10$ 程度の砂の 1 in. (=2.5 cm) の沈下に対応する荷重強度は $3 \text{ t/ft}^2 (=3.27 \text{ kg/cm}^2)$ である。この沈下を初期の段階では弾性であると仮定して垂直方向の K 値を想定すると $K=3.27/2.5=1.3 \text{ kg/cm}^3$ となり、上記の $N=10$ に対応する横方向の K 値 1.0 kg/cm^3 に略々近い数値となる。

之等の結果より外力作用時において最大反力が予想される波返工基部附近の土層(天端より 2~3 m 附近を対象として各場合についての経済性の考慮を加えたが、

横方向の K 値と N 値の関係より $N=10$ 迄は K 値の増加率が大きく経済的であるので改良目標を $N=10$ とおき、現地砂を填充し、一辺 1.3 m の正三角形配置として図-19 のごとく施工することに決定した。 $N=10$ に対応する K 値は 1.0 kg/cm^3 であり、波返工補強鉄筋の設計に際しても、基礎の地盤反力係数を $K=1.0 \text{ kg/cm}^3$ として取扱つた。

図-16 締固め効果の比較

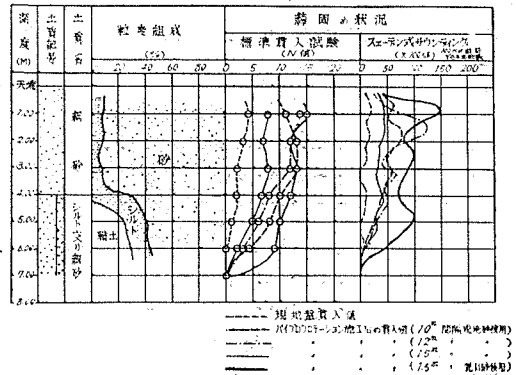


図-17 パイル間隔と締固め状況の比較
(補給材現地砂使用)

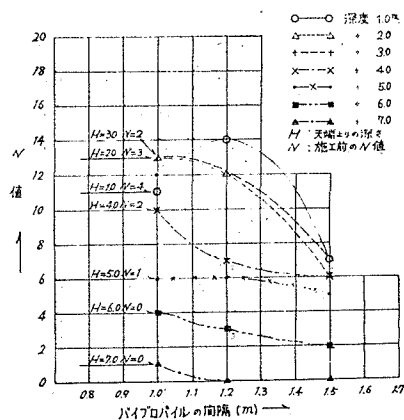
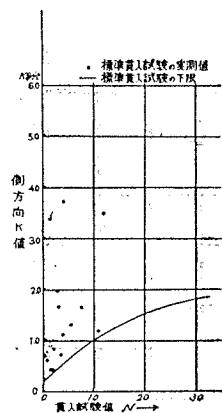


図-18 側方向の K 値と標準貫入試験値との関係



$x = \infty$ で $y = 0$, $y' = 0$ である。

式(1)は線型方程式であるから容易に解は求められる。

M_0 及び P によるたわみ y_p は

$$y_p = \frac{2\beta}{K} \left\{ P\theta(\beta x) + \beta M_0 [\theta(\beta x) - \xi(\beta x)] \right\} \dots \quad (2.1)$$

ただし $\beta = \sqrt[4]{\frac{K}{4EI}}$ β はコンクリートはりとし地盤と

の剛性の比を表わす。

$$\begin{aligned}\theta(\beta x) &= e^{-\beta x} \cos \beta x & \varphi(\beta x) &= e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x) \\ \xi(\beta x) &= e^{-\beta x} \sin \beta x & \psi(\beta x) &= -e^{-\beta x} (\sin \beta x - \cos \beta x)\end{aligned}$$

等分布荷重（荷重強度 q ）が原点から l の路離にわたって載荷された場合のたわみ y_s は

$$y_s = \frac{q}{2K} \left[2 - \theta(\beta x') - \theta(\beta x) \right] + \frac{2\beta}{K} \left\{ V_s^* \theta(\beta x) + \beta M_s^* [\theta(\beta x) - \xi(\beta x)] \right\} \dots \dots \dots (2.2)$$

ただし $x' = l - x$

$$M_s^* = \frac{q}{4\beta^2} \xi(\beta x)$$

$$V_s^* = \frac{q}{4\beta} [-1 + \psi(\beta l)]$$

x の増加するにつれて、荷重強度が増すような三角形分布荷重が載荷された場合のため y_T は（荷重強度の最大値を q_0 とする。）

$$y_T = \frac{q_0}{4 \beta k l} \left\{ \psi(\beta x) - \psi(\beta x') - 2\beta l \theta(\beta x') + 4\beta x \right\} + \frac{2\beta}{K} \left\{ V_T^* \theta(\beta x) + \beta M_T^* [\theta(\beta x) - \xi(\beta x)] \right\} \dots \dots (2.3)$$

ただし $M_T^* = \frac{q_0}{8\beta^3 l} [\varphi(\beta l) + 2\beta l \xi(\beta l) - 1]$

$$V_T^* = \frac{q_0}{4\beta^2 l} [-\beta l \psi(\beta l) + \xi(\beta l)]$$

曲げモーメントは Ψ と同様の記号を使用すれば

$$M_p = -\frac{1}{\beta} \left\{ P_{\xi}(\beta x) + \beta M_0 [\xi(\beta x) + \theta(\beta x)] \right\} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$M_s = \frac{q}{4\beta^2} \left\{ \xi(\beta x) + \xi(\beta x') \right\} - \frac{1}{\beta} \left\{ V_s^* \xi(\beta x) + \beta M_s^* [\xi(\beta x) + \theta(\beta x)] \right\} \dots\dots\dots (3.2)$$

$$M_T = \frac{q_0}{8\beta^3 l} \left\{ -\varphi(\beta x) + \varphi(\beta x') + 2\beta l \xi(\beta x') \right\} - \frac{1}{\beta} \left\{ V_T^* \xi(\beta x) + \beta M_T^* [\xi(\beta x) + \theta(\beta x)] \right\} \dots \dots \dots (3.3)$$

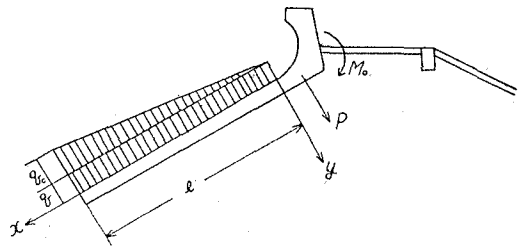
なお、波返部の高さは波返し効果からは高さが高い程望ましいが曲げモーメントの大きさを設計上可能な範囲にとどめるため、建設省土木研究所、その他の実験結果及び計画波高等を 勘案のうえ原則として 2.0 m 程度としこれに計画波高による波圧（波圧計算には広井公式とミニキン公式とがあるが後者は破壊された波返工の状況から推

測される波圧よりも、過大値を与えているようであるので、経験的な裏付けある広井公式によつて算出することとした）と背後の土圧とを考えた片持ばりとして波返部分の応力を算出し、波返工の基部の曲げモーメント (M_0) 剪断力 (P) を求めて、(3) 式により法張工の応力を計算し（この場合の荷重強度、 $P(x)$ は静水圧・波圧及び法張工の自重により合成されたものとし、地盤反力係数 $K=1.00 \text{ kg/cm}^3$ (現場締固め試験の結果による) とする。) 曲げモーメントが無筋コンクリートとしての許容曲げモーメントに達するまで鉄筋を挿入することとした。

(4) 計器の埋設

本海岸堤防の水利的、力学的機能を検討し、本海岸堤防の維持管理、更には今後の海岸堤防築造のための基礎資料を得ることを目的として、海部・木曾岬・長島・川越の各海岸に1ヶ所ずつ諸計器を埋設する計画をたてた。埋設位置は図-24のとおりであり、各海岸における諸計器の配置は図-25のとおり決定し1部

图-23



図一24 計器埋設位置図

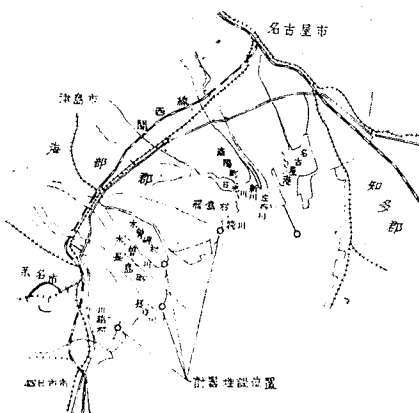
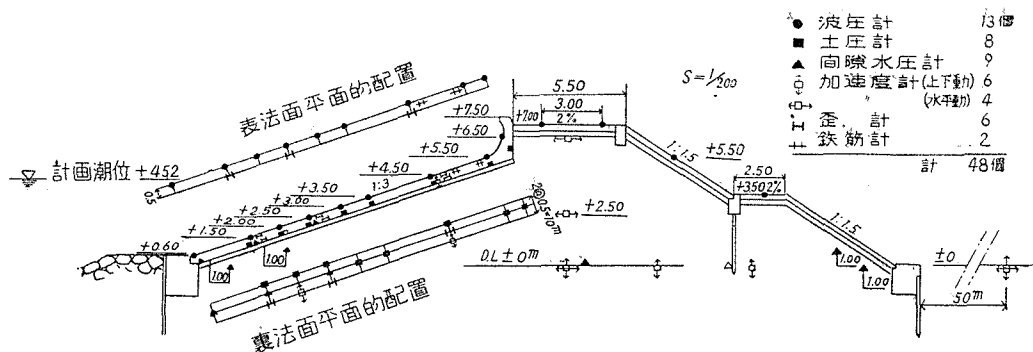


図-25 埋設計器配置図



埋設を完了した。

ピックアップはすべて電気抵抗線式であり、接着型及びカールソン型を併用して使用し、記録は電磁オシログラフ2台により12点の同時観測が可能である。測定は自動的に行なえるように自動切替装置を考慮している。埋設計器の内容は

○波圧計—容量 3.0 kg/cm^2 のもので、表法面に9ヶ、天端に2ヶ、裏法面上部、裏小段に各1ヶずつ計13ヶ設置し、表法面に衝突する波圧強度とその分布を測定調査する。

○土圧計—容量 3.0 kg/cm^2 のもので、表法面側に8ヶ設置し、波圧外力に抵抗する堤体土の反力及びその分布を測定調査する。

○間隙水圧計—容量 1.0 kg/cm^2 のもので、表法面裏側に3ヶ、堤体内部に6ヶ計9ヶを設置し、波圧外力作用時における表法覆工裏面に働く過剰水圧及び異常高潮位の下降時における残留過剰水圧その他、異常高潮時における堤体浸潤線を測定調査する。

○加速度計—容量 $2 \text{ gal} \sim 5 \text{ gal}$ のもので表法面内部に2ヶ、堤体内部に6ヶ、堤防より離れた堤内地に2ヶ、計10ヶを設置し、波圧作用時における表法覆工の衝撃時の振動性状（固有振動周期・振巾・減衰率）及び地震時の表法覆工と堤体の振動性状を測定調査する他、同時に普通地盤の振動性状も測定し比較検討する。

○歪計—計器長 10 cm のもので、表法覆工の上下縁に各3ヶずつ計6ヶを設置し、波圧外力作用時における法覆コンクリートの内部応力を測定する。

○鉄筋計— $\phi 16 \text{ mm}$ 容量 2000 kg/cm^2 のもので、波返工基部の主鉄筋に2ヶ直接溶接して設置し波返工主鉄筋の実応力を測定する。

等であり、波圧計、土圧計、間隙水圧計等により、堤防に加わる外力の測定を行い、計画外力の適否を検討するとともに、コンクリート歪計及び鉄筋計により直接内部応力の測定を行い設計計算上の仮定等の妥当性をしらべることにより今後の海岸堤防設計上の貴重な資料が得られるものと思はれる。

7. 直轄海岸堤防の標準断面と直轄海岸の高潮対策事業費

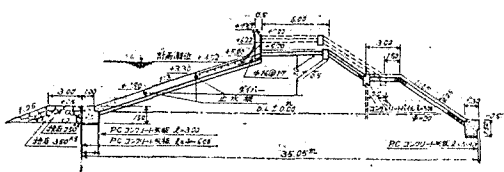
前項までに述べた事項にもとずいて海岸堤防の断面を決定したのであるが、その代表的な標準断面は図-26に示す通りである。

海部、南陽海岸については運輸省計画の名古屋港大防汐堤の実現を考慮して、一応堤防高 $+6.20 \text{ m}$ までを施工完了している現状である。

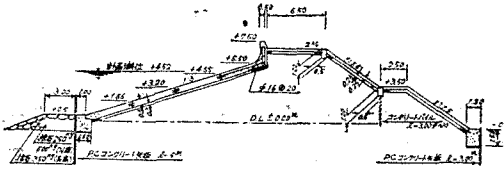
直轄海岸の本復旧工事は、本年1月より着工したが昭和37年7月完成の予定で本年台風期までに原形復旧を

図-26 代表的標準断面図

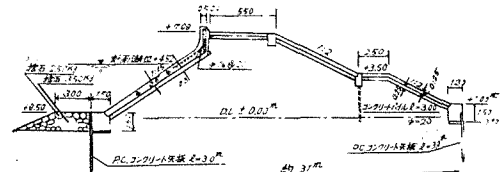
(1) 海部南陽海岸堤防標準断面図



(2) 長島川越海岸堤防標準断面図



(3) 本曽岬海岸堤防標準断面図



合言葉に現在まで日夜兼行の突貫作業して来たが、本年8月末現在その進捗率は全体計画の約 45 %で大体順調に工事が進んでいると考えている。

直轄海岸の高潮対策事業費は表-14 に示す通りである。(日光川河口締切工事は名四国道の合併分(328,000 千円)を除いた他は愛知県高沙対策事業の受託工事である。)

表-14 伊勢湾高潮対策事業(直轄海岸区域)全体計画予算表

県名	海岸名	延長	施工前 堤防高	計画 堤防高	工事費	工事 雑務費	応急費	合計	年度割		
									34 年度	35 年度	36 年度 以降
愛知	南陽	1,165	m T.P. 5.50~5.75	m T.P. 7.50 (6.20)	443,571	20,932	111,295	575,798	千円	千円	千円
	海部	4,254	5.50~6.00	7.50 (6.20)	1,479,602	66,396	537,997	2,083,995	1,424,906	1,117,000	1,148,227
	鍋田	4,320	3.80~5.50 (平均5.0m)	5.00	924,256	47,176	58,908	1,030,340			
	計	9,739			2,847,479	134,504	708,200	3,690,133			
三重	木曽岬	1,060	3.00	7.50	366,678	19,178	24,259	410,115			
	長島	1,374	6.00~6.50	7.50	440,100	22,629	49,326	512,055	348,664	732,000	579,203
	川越	2,132	5.50	7.50	675,905	36,049	25,743	737,697			
	計	4,566			1,482,683	77,856	99,328	1,659,867			
合計		14,305			4,330,112	212,360	807,528	5,350,000	1,773,570	1,849,000	1,727,430
					工事費	工事 雑務費		合計	年度割		
					千円	千円		千円	30 34 年度	35 年度	36 年度 以降
日光川河口工事			(名四国道合併)		1,605,000	67,000		1,672,000		千円 900,000	千円 772,000

昭和 35 年 10 月 25 日印刷
昭和 35 年 10 月 31 日発行

第 7 回海岸工学講演会講演集(1960年) 定価 600 円

発行者 末 森 猛 雄

東京都新宿区四谷一丁目

印刷者 上 田 庄 之 助

大阪市浪速区北日東町 145 番地

印刷所 大阪印刷株式会社

大阪市浪速区北日東町 145 番地

発行所 社団法人 土 木 学 会 東京都新宿区四谷一丁目

電話(351) 5138 番(代表)・振替口座東京 16828 番