

防波堤および海岸堤防前面におかれた消波ブロックの効果について

大阪市立大学教授	工学部	工学博士	永井 莊七郎
同上 講師	同上		久保 弘一
同上 助手	同上		玉井 佐一
同上 助手	同上		上田 伸三

1. 消波ブロックの目的

(1) 防波堤前面に設置する場合

防波堤直立部を滑動あるいは転倒させる強大な砕波の圧力は、砕波の主部が直立部に衝突した時に作用するきわめて作用時間が短い衝撃圧力である。すなわち波圧・時間曲線の初期に現われる非常に急な peak pressure であって、その後現われるゆるやかな圧力は跳波の落下による動水圧で、peak pressure に比してはるかに小さいものである¹⁾。

したがって防波堤の設計には、この強大な衝撃圧力を減少させるように工夫すれば最も望ましいわけである。このような目的のために防波堤前面に設置すべく考案されたものが消波ブロックである。砕波の強大な衝撃圧力は、砕波の大きな運動量が直立部に衝突した瞬間に力積に変わるためであるから、消波ブロックは砕波の運動量をすみやかに吸収するような特長を有していることが第1の条件であって、第2には波圧に対して安定であるような形状をしていなければならない。

すでに第6回海岸工学講演会(昭和34年11月、新潟市)において発表したように、砕波の大きな運動量を吸収するには、消波ブロック層の表面における凹凸よりも、ブロック層内の適当に遮蔽された空けきが最も重要である。テトラポット層の表面には非常に大きな凹凸を有していて、その粗度によって波のエネルギーの一部を減殺するであろうと思われるが(この粗度による効果は実験の結果によると想像以上に小さい)、層内には遮蔽された空けきは少ない。これに対して新しく考案された中空4脚ブロックは、その層内部に適当な大きさの遮蔽された空けきを多量に有し、かつ層の表面にはテトラポットよりは小さいが、相当大きな凹凸を持っている。また波圧に対する安定性はテトラポットを初め、従来使用されて来たいずれのブロックよりも大きいことは「新しい消波用コンクリート・ブロックに関する研究」で詳細に説明されているとおりである。

(2) 海岸堤防前面に設置する場合

海岸堤防あるいは防波護岸においては、堤防あるいは護岸に働く砕波の波圧を減少させることよりも、堤防の表のり面における波のはい上り、あるいは堤防に砕波が

衝突したときに生ずる大きな跳波を減少させて、天端からの越波を少なくすることが最も重要である。この目的のためには大きな運動量を持った波を堤防あるいは護岸に直接衝突させないことが大切であって、堤防あるいは護岸の前面に相当高い消波堤を設置し、その表面を消波ブロックでおおい(2層積)、波の運動量の大部分を消波堤で吸収するようにしなければならない。もし堤防前面の水深(設計潮位のときの水深)が比較的浅い場合には、堤防からある距離だけ沖の場所に設計潮位より0.5~1.0m高い消波堤を設置すれば非常に有効である。

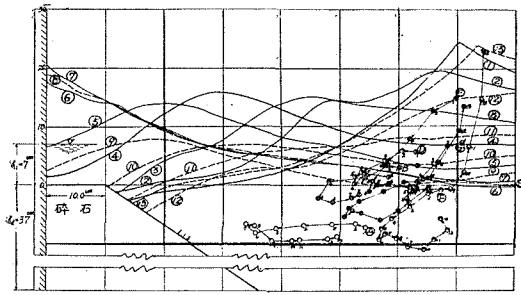
2. 防波堤における消波ブロックの効果

基礎捨石堤の高さ37cm、天端10cm、表法の勾配1:1.5、直立壁の高さ30cmなる混成防波堤において、基礎堤の天端および表法の外側をそれぞれ大型の砕石、テトラポットおよび中空4脚N型ブロックの2層積で被覆した場合について、基礎堤天端上の水深(直立壁前面の水深) $h_1=7$ cmおよび13cmにかえて、周期 $T=1.25\sim 1.29$ secの砕波を衝突させたときの防波堤直前(直立壁から沖へほぼ半波長まで)における1/10secごとの波形の変化を高速度映画(1秒700~800コマ)によって撮影した結果を示すと図-1~6のごとくである。これらの図を比較した結果、3種類の基礎堤における最もいちじるしい特長は、中空4脚ブロックで被覆した場合には、砕波が直立壁に衝突するときおよび衝突後直立壁を上昇するときに、直立壁から、波頂に至る間に多数の泡を生じていることである。テトラポット堤においても、 $h_1=7$ cmのときには直立壁に衝突後、壁を上昇するときに相当多くの泡を生じ、 $h_1=13$ cmのときには直立壁に衝突するとき、その直前に一部分泡を生じている。これに反し砕石堤ではほとんど泡は生じていない。防波堤付近における水分子の速度を比較しようと考えたが、投入した粒子の位置が各実験において必ずしも同じではなかったため、正確に比較することはできなかったが、大体において3種の基礎堤付近の水分子の速度に寄せ波の時も引き波の時も大差がないようである。テトラポットの大きな凹凸も波の水分子の速度を減少させるにはあまり効果がないことが明らかになった。

前記のように中空4脚ブロック堤において特に多量の

図-1 砕石で被覆した場合 $h_1=7.0$ cm

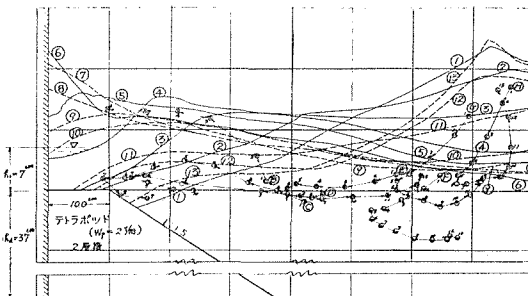
$$\begin{cases} h_0=44.0 \text{ cm}, h_1=7.0 \text{ cm}, T=1.25 \text{ sec} \\ w=1.76 \text{ m/sec}, L=2.20 \text{ m}, H=1.62 \text{ cm} \\ H/L=0.074 \end{cases}$$



粒子の位置	粒 子 の 速 度 V cm/sec						
	A	B	C	D	E	F	G
1 ~ 2	18	20	14	24	45	24	26
2 ~ 3	42	44	22	34	62	38	40
3 ~ 4	48	63	38	45	62	38	36
4 ~ 5	48	36	46	14	25	26	28
5 ~ 6	36	26	23	12	18	20	13
6 ~ 7	24	23	17	26	18	14	22
7 ~ 8	16	14	18	40	21	21	23
8 ~ 9	40		16	53	37	24	40
9 ~ 10	34		36		34	28	38
10 ~ 11	14		34		34	24	44
11 ~ 12	48		24		64	28	85
12 ~ 13	17		43		41	23	84

図-2 2 t テトラポットで被覆した場合 $h_1=7.0$ cm

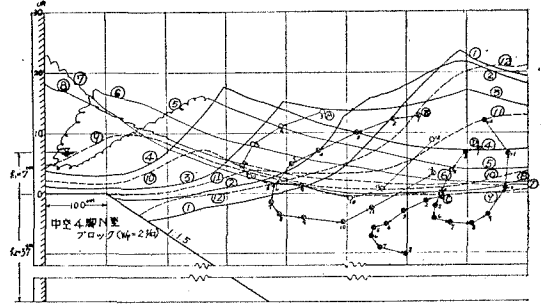
$$\begin{cases} h_0=44.0 \text{ cm}, h_1=7.0 \text{ cm}, T=1.29 \text{ sec} \\ w=1.76 \text{ m/sec}, L=2.27 \text{ m}, H=14.7 \text{ cm} \\ H/L=0.065 \end{cases}$$



粒子の位置	粒 子 の 速 度 V cm/sec						
	B	C	D	E	F	G	H
1 ~ 2	44	48	20	38	34	40	30
2 ~ 3	100	50	96	50	42	54	60
3 ~ 4	54	62	132	46	32	44	50
4 ~ 5	56	50	64	34	20	24	30
5 ~ 6	62	54	34	16	16	16	14
6 ~ 7		42	36	10	18	20	16
7 ~ 8		30	40	22	26	28	30
8 ~ 9		42	44	36	32	30	28
9 ~ 10			34		52	30	22
10 ~ 11					58	24	32
11 ~ 12					50	8	50
12 ~ 13					18	12	48

図-3 2 t 中空4脚ブロックで被覆した場合 $h_1=7.0$ cm

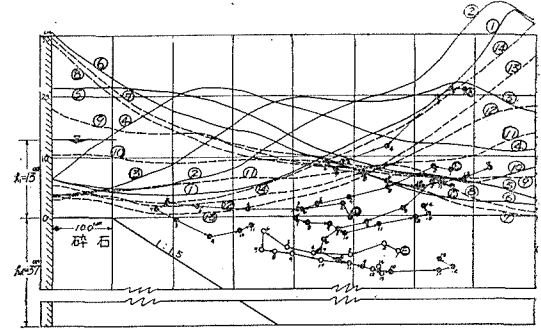
$$\begin{cases} h_0=44.0 \text{ cm}, h_1=7.0 \text{ cm}, T=1.29 \text{ sec}, \\ w=1.76 \text{ m/sec}, H=14.7 \text{ cm}, L=2.27 \text{ m} \\ H/L=0.065 \end{cases}$$



粒子の位置	粒 子 の 速 度 V cm/sec			
	A	B	C	D
1 ~ 2		42	26	24
2 ~ 3		66	40	38
3 ~ 4	72	70	36	40
4 ~ 5	56	50	22	24
5 ~ 6	38	46	14	20
6 ~ 7	22	28	26	28
7 ~ 8	34	24	44	36
8 ~ 9	54	22		32
9 ~ 10	84	66		52
10 ~ 11	54	54		60
11 ~ 12	118	118		68

図-4 砕石で被覆した場合 $h_1=13.0$ cm

$$\begin{cases} h_0=50.0 \text{ cm}, h_1=13.0 \text{ cm}, T=1.40 \text{ sec} \\ w=1.82 \text{ m/sec}, L=2.55 \text{ m}, H=19.2 \text{ cm} \\ H/L=0.084 \end{cases}$$

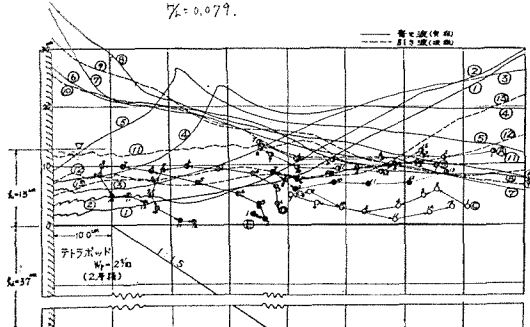


粒子の位置	粒 子 の 速 度 V cm/sec				
	A	B	C	D	E
1 ~ 2	20	28	34	28	26
2 ~ 3	28	84	64	76	60
3 ~ 4	118	66	66	84	60
4 ~ 5	78	54	50	86	46
5 ~ 6	26	26	30	50	46
6 ~ 7	18	18	20	28	30
7 ~ 8	48	22	34	12	22
8 ~ 9	40	36	44	38	30
9 ~ 10	52	30	48	62	50
10 ~ 11	40	58	80	50	48
11 ~ 12	40	62	24	22	40
12 ~ 13	48	22	26		16
13 ~ 14		16			12

図-5 2t テトラポットで被覆した場合 $h_1=13.0$ cm

$$\begin{cases} h_0=50.0 \text{ cm}, h_1=13.0 \text{ cm}, T=1.29 \text{ sec} \\ w=1.82 \text{ m/sec}, L=2.35 \text{ m}, H=18.5 \text{ cm} \\ H/L=0.079 \end{cases}$$

$$\eta_0=0.079$$



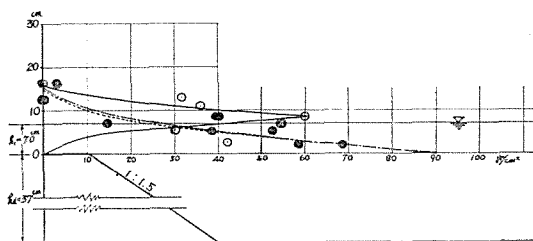
粒子の位置	粒子の速度 V cm/sec				
	A	B	C	D	E
1 ~ 2	86	32	60	30	24
2 ~ 3	36	38	26	46	28
3 ~ 4	72	64	46	60	40
4 ~ 5	84	46	58	54	36
5 ~ 6	62	58	84	40	82
6 ~ 7	70	44	48	24	50
7 ~ 8	10	24	16	24	36
8 ~ 9	22	24	16	26	18
9 ~ 10	50	68	62	46	42
10 ~ 11	70	70	94	24	30
11 ~ 12	76	76	60		32
12 ~ 13	78	80	40		
13 ~ 14					

気泡を生ずるのは、このブロック層内に多数の遮蔽された空けが存するからであって、砕波が直立壁に向かって進行して来るとき、この空けき内の気泡が押出されるためであると考えられる。このように砕波が直立壁に衝突するときに壁の直前に多量の気泡を生ずることは、砕波の圧力を減殺するのに非常に効果がある。このことは次に示す実験結果がよく証明している。いま 図-1~3 の場合および 図-4~6 の場合において直立壁に働く砕波の最大同時波圧を示すと 図-7 および 図-8 のごとくである。図-7 によれば、砕石堤では最大同時波圧

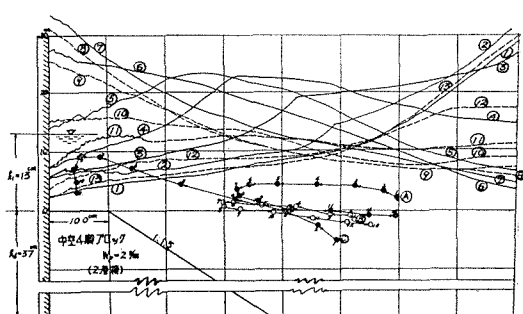
図-7 $h_1=7.0$ cm, $T=1.29$ sec, 最大同時波圧

$$T_m=1.29 \text{ sec}, h_1=7.0 \text{ cm}$$

- 砕石, $P=468 \text{ gr/cm}$, $H_m=15.6 \text{ cm}$
- テトラポット (2層積, 正), $P=444 \text{ gr/cm}$, $H_m=14.8 \text{ cm}$
- 中空4脚N型ブロック (2層積), $P=310 \text{ gr/cm}$, $H_m=15.5 \text{ cm}$ (70%)

図-6 2t 中空4脚ブロックで被覆した場合 $h_1=13.0$ cm

$$\begin{cases} h_0=50.0 \text{ cm}, h_1=13.0 \text{ cm}, T=1.29 \text{ sec} \\ w=1.88 \text{ m/sec}, L=2.42 \text{ m}, H=21.2 \text{ cm} \\ H/L=0.088 \end{cases}$$

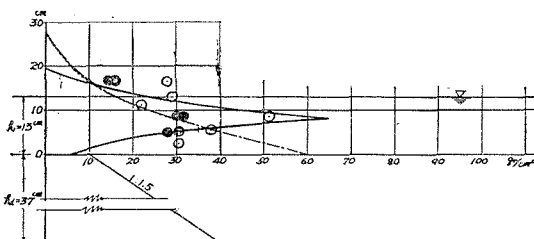


粒子の位置	粒子の速度 V cm/sec		
	A	B	C
1 ~ 2	26	10	40
2 ~ 3	50	32	62
3 ~ 4	66	60	88
4 ~ 5	68	58	96
5 ~ 6	48	50	88
6 ~ 7	22	18	58
7 ~ 8	12	6	36
8 ~ 9	34	30	22
9 ~ 10	60	58	22
10 ~ 11	64	68	18
11 ~ 12	68	60	
12 ~ 13	44	40	
13 ~ 14			

図-8 $h_1=13.0$ cm, $T=1.29$ sec, 最大同時波圧

$$T=1.29 \text{ sec}, h_1=13.0 \text{ cm}$$

- 砕石, $P=576 \text{ gr/cm}$, $H_m=19.2 \text{ cm}$
- テトラポット (2層積, 正), $P=555 \text{ gr/cm}$, $H_m=18.5 \text{ cm}$
- 中空4脚N型ブロック (2層積), $P=460 \text{ gr/cm}$, $H_m=21.2 \text{ cm}$ (83%)

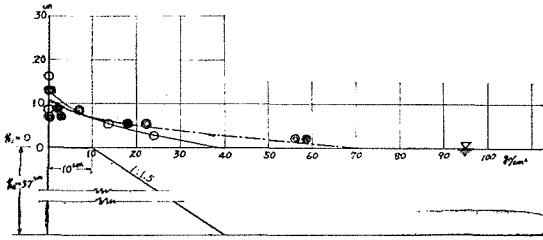


の分布はB型で、その合力 $P_{\max}=468 \text{ gr/cm}$ 、テトラポット堤でもこれとほとんど同じで、 $P_{\max}=444 \text{ gr/cm}$ にして、わずかに小さいが、中空4脚ブロック堤ではA型分布で、 $P_{\max}=310 \text{ gr/cm}$ で最も小さく、テトラポット堤の約70%である。また 図-8 においても、砕石堤およびテトラポット堤ではC型分布であって、 $P_{\max}=576 \text{ gr/cm}$ および 556 gr/cm で、あまり差はないが、中空4脚ブロック堤ではA型分布で、 $P_{\max}=469 \text{ gr/cm}$ で最も小さく、テトラポット堤の84%である。

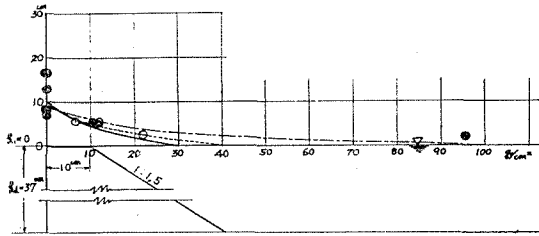
$h_1=0$, $T=1.25 \text{ sec}$ の場合, $T=1.50 \text{ sec}$ および $T=$

図-9 $h_1=0$ cm, $T=1.50$ sec, 最大同時波圧 $T_m=1.25$ sec, $h_1=0$, $h_0=37.0$ cm

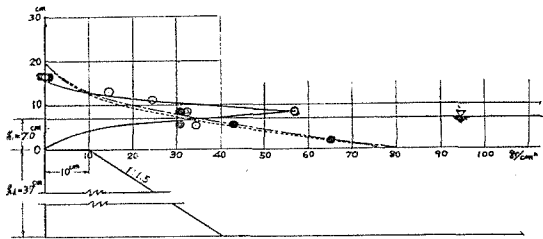
- 砕石, $P=259$ gr/cm, $H_m=11.1$ cm
- テトラポット (2層積, 正), $P=264$ gr/cm, $H_m=11.3$ cm
- 中空4脚N型ブロック (2層積), $P=184$ gr/cm, $H_m=13.8$ cm (69%)

図-10 $h_1=0$ cm, $T=1.5$ sec, 最大同時波圧 $T_m=1.50$ sec, $h_1=0$

- 砕石, $P=310$ gr/cm, $H_m=9.3$ cm
- テトラポット (2層積, 正), $P=137$ gr/cm, $H_m=10.3$ cm
- 中空4脚N型ブロック (2層積), $P=103$ gr/cm, $H_m=10.3$ cm (75%)

図-11 $h_1=7.0$ cm, $T=1.50$ sec, 最大同時波圧 $T_m=1.50$ sec, $h_1=7.0$ cm

- 砕石, $P=520$ gr/cm, $H_m=13.0$ cm
- テトラポット (2層積, 正), $P=514$ gr/cm, $H_m=13.7$ cm
- 中空4脚N型ブロック (2層積), $P=266$ gr/cm, $H_m=14.0$ cm (52%)



1.90 sec の波で $h_1=0, 7, 13$ cm の場合について P_{max} の値を比較すると 図-9~15 に示すごとくであって、これらの場合においても同様に、中空4脚ブロックの P_{max} の値はつねに最も小さく、テトラポットの P_{max} の値の 52~87% である。ただし波圧が非常に小さい場合あるいはほとんど重複波に近い場合には消波効果はあまりないから、3種の P_{max} はほとんど同一である。

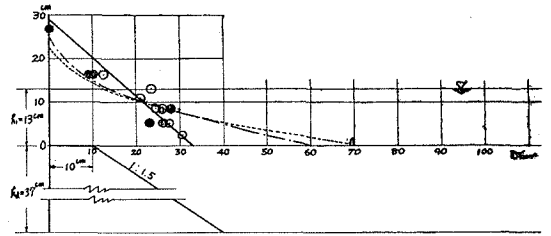
3. 海岸堤防における消波ブロックの効果

(1) 和歌山北港における消波堤の効果

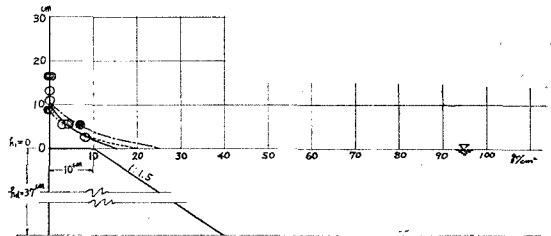
和歌山北港は紀の川河口の右岸 (北岸) に昭和 32 年

図-12 $h_1=13.0$ cm, $T=1.50$ sec, 最大同時波圧 $T_m=1.50$ sec, $h_1=13.0$ cm

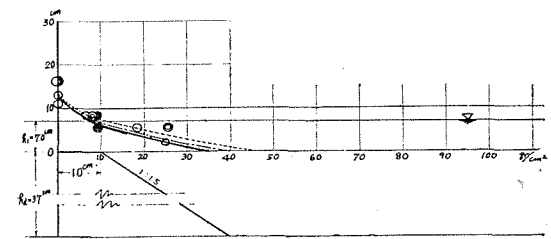
- 砕石, $P=516$ gr/cm, $H_m=17.2$ cm
- テトラポット (2層積, 正), $P=560$ gr/cm, $H_m=15.5$ cm
- 中空4脚N型ブロック (2層積), $P=487$ gr/cm, $H_m=18.0$ cm (487/560=87%)

図-13 $h_1=0$ cm, $T=1.90$ sec, 最大同時波圧 $T_m=1.9$ sec, $h_1=0$

- 砕石, $P=90$ gr/cm, $H_m=7.2$ cm
- テトラポット (2層積, 正), $P=60$ gr/cm, $H_m=6.0$ cm
- 中空4脚N型ブロック (2層積), $P=54$ gr/cm, $H_m=7.2$ cm (90%)

図-14 $h_1=7.0$ cm, $T=1.90$ sec, 最大同時波圧 $T_m=1.90$ sec, $h_1=7.0$ cm

- 砕石, $P=180$ gr/cm, $H_m=9.0$ cm
- テトラポット (2層積, 正), $P=203$ gr/cm, $H_m=9.0$ cm
- 中空4脚N型ブロック (2層積), $P=158$ gr/cm, $H_m=9.0$ cm (78%)



度より築造されつつある鉄鋼港湾であって、この港は住友金属工業 KK と和歌山製造所が前面の海岸を埋立てて鉄鋼一貫工場を建設し、その工場に必要な原料の鉄鋼石、コークスなどを輸入し、製品を輸出するためのものである。

紀の川河口右岸から南および西側に 図-16 に示するような断面形の混成防波堤を突出し、紀伊水道から襲来する波浪を防ぎ、その背面を埋立てて工場敷地を増設するという工法を採用している。したがって、築造当時は防波堤であったが、現在では埋立地の防波護岸である。防波堤築造場所の水深は最も海岸に近い1号南防波堤では

図-15 $h_1=13\text{ cm}$, $T=1.90\text{ sec}$, 最大同時波圧 $T_m=1.90\text{ sec}$, $h_1=13.0\text{ cm}$

- 砕石, $P=310\text{ gr/cm}$, $H_m=12.1\text{ cm}$
- テトラポット (2層積, 正), $P=310\text{ gr/cm}$, $H_m=10.9\text{ cm}$
- 中空4脚N型ブロック (2層積), $P=310\text{ gr/cm}$, $H_m=12.1\text{ cm}$

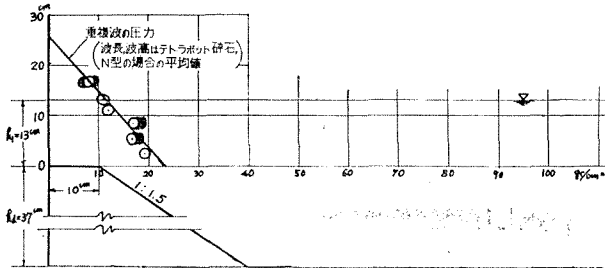


図-16 (a) 第2号防波堤被災当時の断面

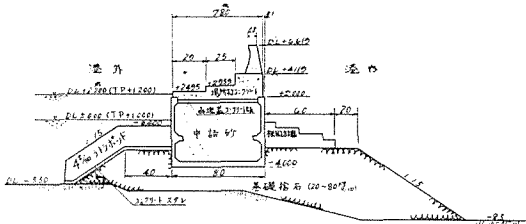
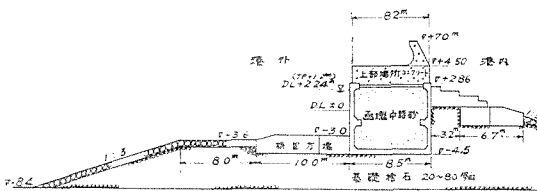


図-16 (b) 第3号防波堤断面



D.L. + 2.0~5.0 m, それから沖に向かって2号堤, 3号堤に進むにつれて深くなり, D.L. + 5.0~8.0 m, + 8.0~9.0 m, その先端の西防波堤で場所では, D.L. + 9.0~10.0 mである。

防波堤築造当初の設計波浪は $H_{1/10}=4\text{ m}$, $T=9\sim14\text{ sec}$ のうねり性風浪を採用し, 直立部ケーソンの設計は広井式を用いてこの波浪に耐えるように設計されたようである。同港の潮望平均満潮面は D.L. + 2.10 m (D.L. $\pm 0 = \text{T.P.} - 1.044\text{ m}$) で, 台風時でもいちじるしい高潮はない。防潮堤は parapet 天端において, D.L. + 7.00 m に造られた。

この2号および3号南防波堤は, 昭和34年9月26日の伊勢湾台風のとときいちじるしい跳波を生じ, 多量の越波が埋立地に飛びこんだ。そのときの最大波浪は, $H_{\max}=5.5\text{ m}$, 最大波浪時の潮位は D.L. + 2.10 m と推定されている²⁾。また昭和35年8月27日~29日の台風16号のときにはさらに大きな跳波を生じ, 多量の越波が埋立地へ飛びこみ, また caisson および parapet の切断, 破壊を生じた。図-17 は当時の巨大な跳波および災害の一部を示す。このときの最大波浪は $H=5.0\text{ m}$,

$T=10\sim15\text{ sec}$ と推定されている。

以上の2回にわたる大きな被害によって, この断面が防波護岸および防波堤として不適当であることが明らかになったので, 改良案について検討が加えられた。当研究室においてはこの防波護岸の越波の減少および直立部に働く砕波の圧力の減少の方法について, 風洞付き波浪水槽および波圧水槽において実験を行なって検討した。実験の順序は, 1/25 の防波堤の模型を風洞水槽内に遣り, まず台風時の波浪と風速を水槽内に再現し, そのときの跳波の状況を高速度映画で撮影して台風時と比較し, また直立部 (parapet をふくむ) に働く波圧を測定して最大同時波圧を求め, 直立部の滑動および parapet の破壊を生ぜしめる波圧が起こるかを確かめた。その結果, いずれも良く台風時の状況が風洞水槽内に再現されていることが明らかになったので次に消波方法について検討を行なった。

実験の結果, 2号堤はその天端における階段および parapet の位置などについて, いろいろと検討を要する問題があることが明らかになったが紙面の関係で省き, 3号堤についてのみ述べる。

図-17 (a)

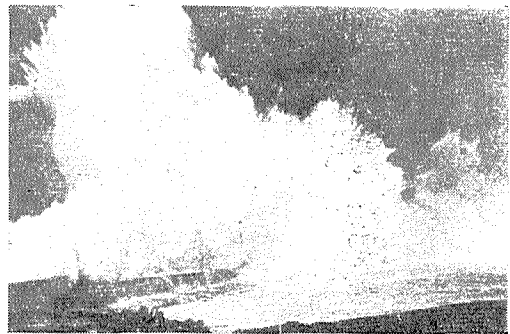


図-17 (b)

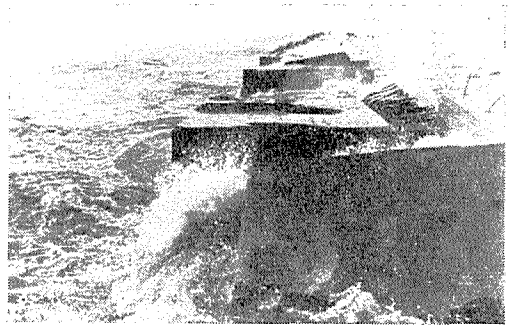


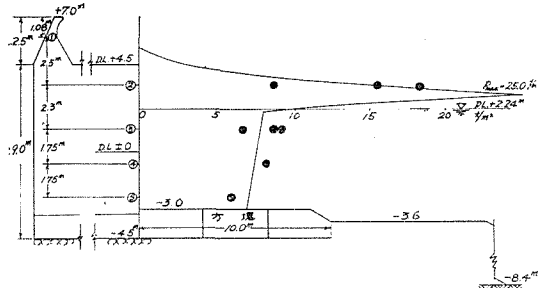
図-16 に示すような断面のままでは, たとえば潮位 D.L. + 2.24 m (台風時の満潮位) のときは, 直前水深 $h_1=5.24\sim5.84\text{ m}$ で, 浸入波の波高 $H=5\text{ m}$, $H/L=0.055$ であるから, 波は完全砕波の状態で強く防波堤に衝突する。したがってその最大同時波圧は 図-18 に示すよう

図-18 和歌山北港 3 号堤における最大同時波圧

(a) 消波堤がない場合

$$P_{\max} = 73.4 \text{ t/m}$$

潮位 D.L.+2.24 m (T.P.+1.2 m)

周期 $T_p = 9.2 \text{ sec}$ 波高 $H_p = 4.8 \text{ m}$ 波長 $L_p = 87.0 \text{ m}$ 波形勾配 $H/L = 0.055$ 風速 $V_p = 20.0 \text{ m/sec}$ 

(b) 消波堤がある場合

$$P_{\max} = 13.4 \text{ t/m}$$

($T_p = 10 \text{ sec}$, $V_p = 20 \text{ m/sec}$)

D.L.+2.24 m (T.P.+1.2 m)

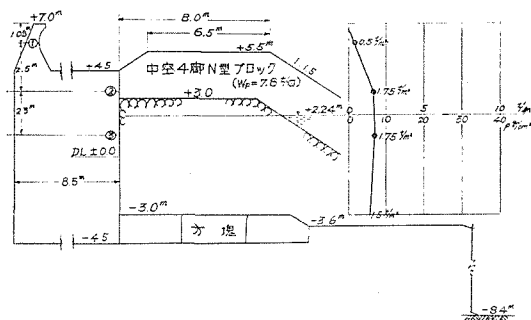
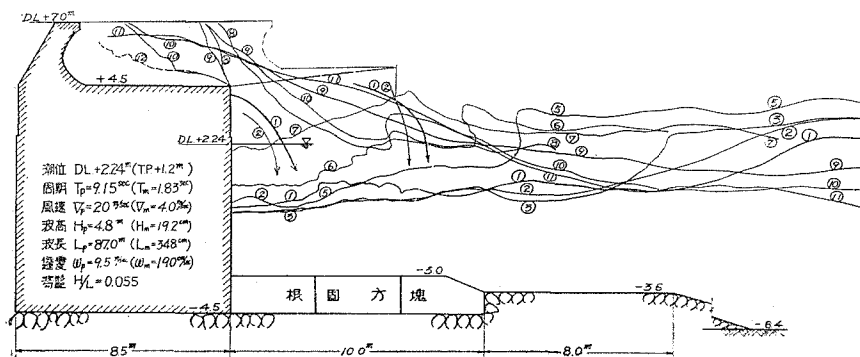
 $T_p = 9.2 \text{ sec}$ $H_p = 4.8 \text{ m}$ $L_p = 87.0 \text{ m}$ $V_p = 20.0 \text{ m/sec}$ $H/L = 0.055$ 

図-19 3 号堤における砕波

($T_p = 9 \text{ sec}$ の波)

(a) 高速度写真による 1/10 sec ごとの波形



(b) 跳波および越波状況



に非常に強力で、 $P_{\max} = 25 \text{ t/m}^2$ で、普通の砕波の波圧強度としては最大に近い値である。波圧分布は A 型であるが、parapet が天端の後端にあるため直立部下部に長時間にわたりかなり大きな波圧が作用している（その理由は文献 3）を参照されたい）。このときの砕波が直立部に衝突するとき 1/10 sec で、この波形を高速度映画によって撮影した結果を示すと 図-19 および 図-20 のごとくである。

図-17 および 図-19 (b)、図-20 (b) によって明らかなように、大きな砕波が堤防に直接衝突する場合には非常に大きな跳波を生ずるから、堤防天端を 1~2 m くらい高くしても到底越波を防ぐことはできないことが知られる。和歌山北港、伊勢湾北岸あるいは須磨・塩屋海岸などにおける台風時ののはなはだしい越波、および風洞水槽における実験結果から、台風時の海岸堤防あるいは防波護岸前面の水深が 1~2 m 以上で、砕波が直接堤防に衝突する場所では、ただ単に堤防を高くして越波を防ぐということはきわめて困難であって、一般には工費の関係上不可能であると考えられる。

以上のような理由から、3 号堤の場合にも 図-21 に示すような消波堤を前面に設置した。その結果、図-18 および 図-22 は示すように、消波効果は非常に大きく、最大波圧強度 $P_{\max} = 1.8 \sim 2.3 \text{ t/m}^2$ で 1/10 以下に、

最大同時波圧の合力

$$P_{\max} = 13.4 \sim 14.1 \text{ t/m}^2$$

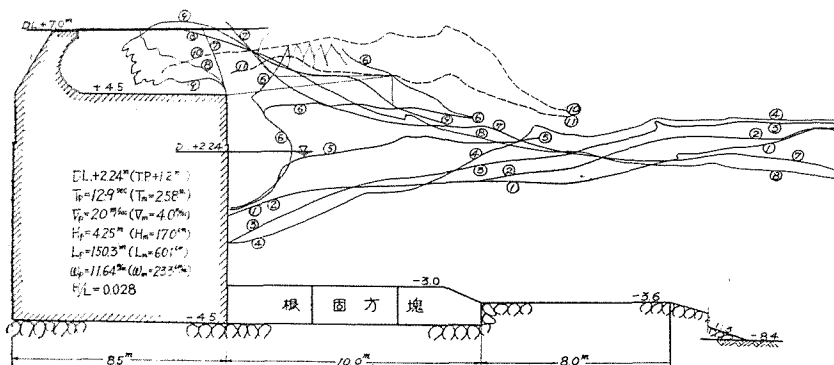
で、ほぼ 1/5 に減少し、また跳波もいちじるしく減少して、越波はほとんどなくなった。

消波堤上における 1/10 sec ごとの砕波の状況を示すと 図-23、24 のごとくであって、 $T_p = 9 \text{ sec}$ ($T_m = 1.83 \text{ sec}$) および $T_p = 13 \text{ sec}$ ($T_m = 2.58 \text{ sec}$) の両種の砕波とも、消

図-20 3号堤による波圧

 $(T_p=13 \text{ sec})$

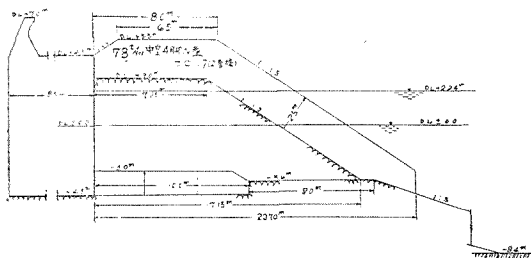
(a)



(b)



図-21 3号堤前面の消波堤



波堤によってその運動量の大部分が吸収され、波頂および先端付近はおびただしい気泡でおおわれている。 $T_p=13 \text{ sec}$ の波は砕波のほとんどが吸収されて parapet に達していない。消波堤の効果がいかに大きいかがよく理解される。

(2) 尼ヶ崎港の外郭防潮堤における消波堤の効果

この防潮堤は尼ヶ崎市全体を大阪湾の高潮および波浪から守るために、ジェーン台風(昭和25年9月3日)の直後、昭和26年～28年度の3カ年で、主としてシ

ェーン台風級の高潮および波浪を対象として築造されたものである。その断面は図-25に示すとき鉄筋コンクリートL型で、当時としてはわが国で第1級の海岸堤防であった。その天端高はO.P.+7.00～8.00mに築造された(O.P.±0はT.P.-1.045m)。しかるに年々の地盤沈下によって、昭和34年9月には、閘門付近でO.P.+5.80mに低下した。伊勢湾台風の後、35

年度にかき上げ工事を行ない、これをO.P.+6.50mにしたが、まだ高さが足りないので、今後10年間の地盤沈下量を1.0mと見込んで、O.P.+7.50mにまでかさ上げすることが計画された。しかしこのかさ上げを行なうには、堤防背後のコンクリート舗装を行なわねばならない。その工事費(間接費をふくめて)ほぼ15万円/mである。またこの工事は36年夏、秋の台風前に完成し

図-22 消波堤を設置した3号堤における台風時の越波状況

(風洞水槽において)

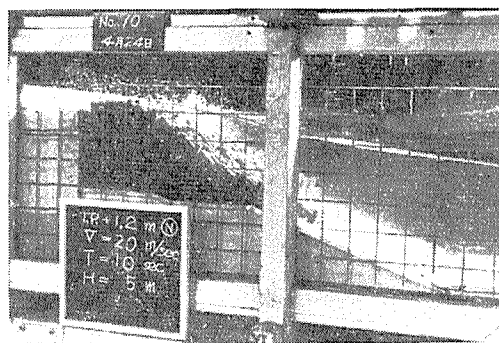


図-23 消波堤における1/10 sec ことの波形

 $(T_p=9 \text{ sec})$ 