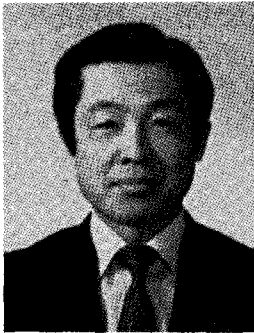


‘바다의 神’ 이란 말뜻지닌

# 넵툰 NEPTUNE 케이슨工法

丁 垺一 〈株式會社 大永엔지니어링專務理事〉



## ■ 概要

人類의 海洋活動이 活潑해지면 서 持續的으로 追求하며 研究하여왔고 앞으로도 研究가 繼續될 分野는 波浪의 위협으로부터 保護된 靜穩한 水域을 確保함으로써 安全한 海洋活動의 基地를 마련하는 것이다.

이러한 概念으로 지금까지 研究하고 試圖하여온 結果로서 많은 消波構造들이 發表되었고 防波堤, 波除堤 또는 護岸築造에 適用되어 왔다.

여기에 紹介하고자 하는 넵툰 (NEPTUNE) 케이슨工法도 같은 概念의 消波構造로서 日本의 (株) 海洋建設研究所가 研究開發하고 水理模型實驗等을 通하여 그 機能의 優秀性을 確認, 特許를 획득하고 1980年度부터 日本各地에 適

用하여 그 施行例를 갖고있는 興味있는 消波施設 築造工法이다.

넵툰 (NEPTUNE) 이란 바다의 神이란 말뜻을 가지고 있는데 本工法에 이런 名詞를 붙인 것은 研究陣이 그 機能을 實驗하면서 消波效果가 意外로 優秀한 點을 發見하고 바다를 제어할 수 있는 神에 비유하여 바다를 잔잔케 할 수 있는 構造物이라고 誇張한 表現인 것 같다.

넵툰 (NEPTUNE) 케이슨은 底面과 稜線으로 이루어진 箱子型 콘크리트 構造로서 구멍뚫은 翼形의 斜材를 두어 이 部材들로 이루어진 前後, 左右, 上下의 空腔에 依하여 波 Energy 를 堤體안에서 消滅, 消耗시키도록 考案된 直立型의 消波케이슨이다.

넵툰케이슨의 種類는 透過型과 不透過型으로 區分하여 使用目的

에 따라 選擇할 수 있도록 考案되어 있다.

넛튠 케이스는 波形傾斜나 波의 週期에 影響을 받지 않는 比較的 낮은 反射率로서 港의 靜穩水域 確保를 可能케 하는데, 透過型

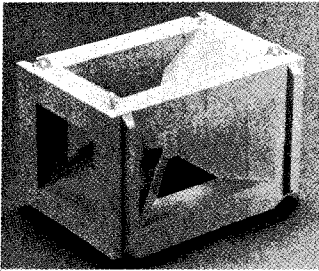
인 境過는 波高傳達率을 낮추도록 消波性能을 갖게 만들어져서 潮流의 通過는 勿論 透過式防波堤나 離岸堤로서의 採擇이 可能하다.

또한 넛튠케이스의 모양은 魚

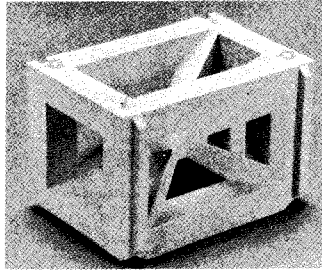
礁를 兼할 수 있으므로 波高가 높은 漁場에서 魚貝類繁殖區域을 造成할수있고 防波堤나 消波護岸 등을 杼닛터로 兼할 수 있는 等多目的으로 利用할수 있다.

○基本型(上段型)

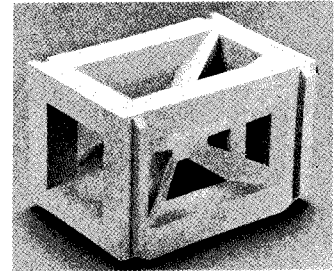
A 型(不透過型)



B 型(透過型)



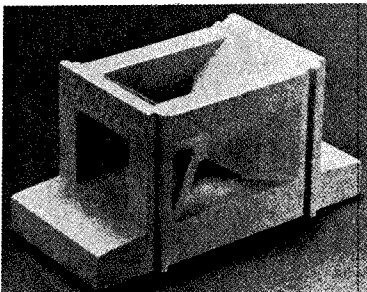
C 型(不透過型)



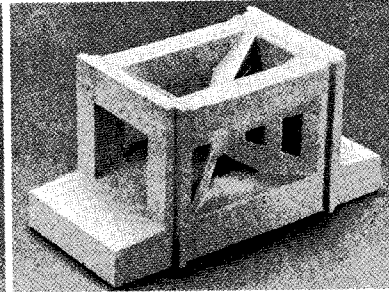
○下段型

2段以上 쌓을경우의 最下段, 또는 1段積으로 使用하며, 底面이 있고 前後에 Footing 이 있어서 基礎工을 할 수 있음

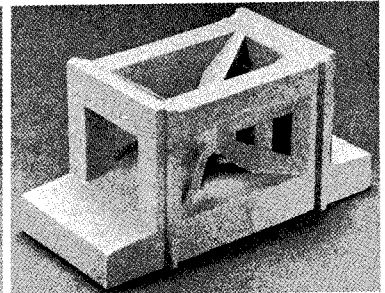
A 型(不透過型)



B 型(透過型)



C 型(不透過型)

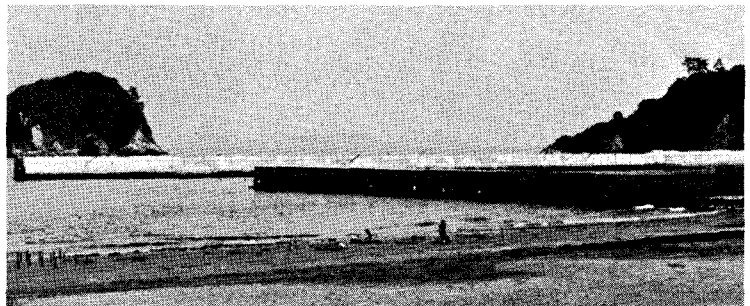
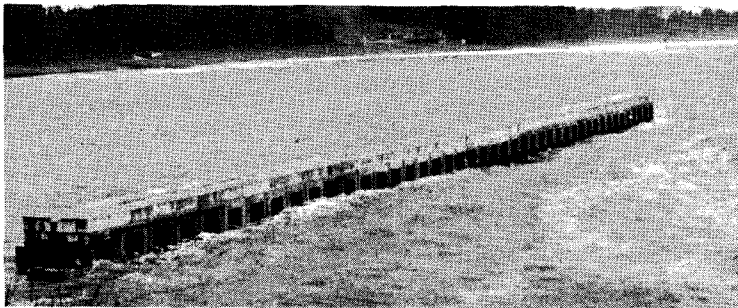
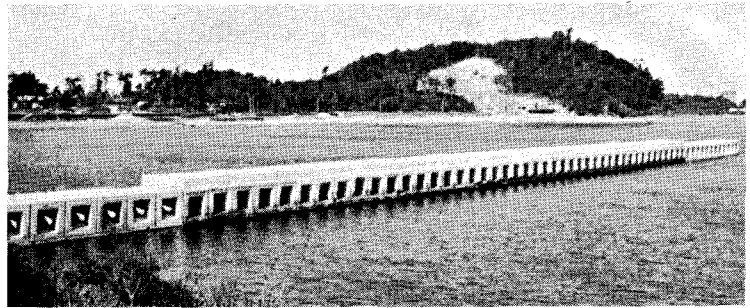
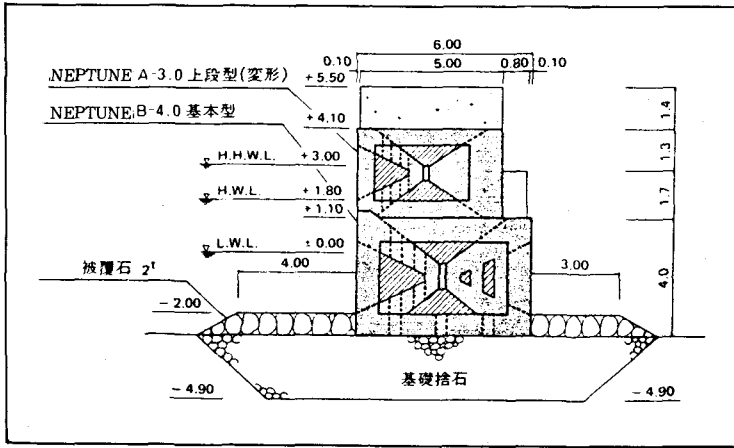


富岡港施工例

- 工 種 — 防波堤
- 施工年月 — 1982年7月
- 施工場所 — 德島縣 富岡港
- 發 注 者 — 德島縣 阿南土木事務所

- 設計條件 — 波高(深海波高) : 7.0m
- 周 期 12.0 sec
- 水 深 : -2.90m
- NEPTUNE 의

- TYPE : A - 3.0上段型, B - 4.0基本型
- NEPTUNE 의 重量 : 57t, 128t



## 낮튼의 諸元

### A 型 諸 元

A-基本型(不透過型)

型 別	크 기	全體積 (m <sup>3</sup> )	實體積 (m <sup>3</sup> )	空隙率 (%)	實重量 (t)	型枠面積 (m <sup>2</sup> )	鉄筋量 (kg)
	長 × 高 × 幅						
A-1.0	1.0 × 1.0 × 1.5	1.50	0.98	34.3	2.40	9.92	22.22
A-1.25	1.25 × 1.25 × 1.875	2.93	1.91	〃	4.68	15.35	30.71
A-1.5	1.5 × 1.5 × 2.25	5.06	3.31	〃	8.11	22.32	105.37
A-1.75	1.75 × 1.75 × 2.625	8.04	5.25	〃	12.86	25.91	136.02
A-2.0	2.0 × 2.0 × 3.0	12.00	7.85	〃	19.23	35.26	216.96
A-2.5	2.5 × 2.5 × 3.75	23.44	15.36	〃	37.63	56.05	327.52
A-3.0	3.0 × 3.0 × 4.5	40.50	26.60	〃	65.17	79.91	690.05
A-3.5	3.5 × 3.5 × 5.25	64.31	42.73	〃	104.69	108.22	1,044.02
A-4.0	4.0 × 4.0 × 6.0	96.00	63.13	〃	154.67	140.59	1,524.50
A-4.5	4.5 × 4.5 × 6.75	136.69	90.03	〃	220.57	178.50	2,168.96
A-5.0	5.0 × 5.0 × 7.5	187.50	123.12	〃	301.64	219.58	3,115.51
A-5.5	5.5 × 5.5 × 8.25	249.56	158.07	36.7	387.27	275.36	4,793.75
A-6.0	6.0 × 6.0 × 9.0	324.00	205.21	〃	502.76	327.70	6,400.40
A-7.0	7.0 × 7.0 × 10.5	514.50	325.87	〃	798.38	446.04	10,680.75
A-8.0	8.0 × 8.0 × 12.0	768.00	486.43	〃	1,191.75	582.59	16,643.70
A-9.0	9.0 × 9.0 × 13.5	1,093.50	692.59	〃	1,696.85	737.33	24,613.80
A-10.0	10.0 × 10.0 × 15.0	1,500.00	950.06	〃	2,327.65	910.29	34,928.70

A-上段型(不透過型)

型 別	크 기	全體積 (m <sup>3</sup> )	實體積 (m <sup>3</sup> )	空隙率 (%)	實重量 (t)	型枠面積 (m <sup>2</sup> )	鉄筋量 (kg)
	長 × 高 × 幅						
A-1.0	1.0 × 1.0 × 1.5	1.50	0.88	41.2	2.16	9.88	20.12
A-1.25	1.25 × 1.25 × 1.875	2.93	1.72	〃	4.21	15.28	28.14
A-1.5	1.5 × 1.5 × 2.25	5.06	2.96	〃	7.25	22.21	88.51
A-1.75	1.75 × 1.75 × 2.625	8.04	4.70	〃	11.52	28.72	120.81
A-2.0	2.0 × 2.0 × 3.0	12.00	7.04	〃	17.25	38.05	192.24
A-3.0	3.0 × 3.0 × 4.5	40.50	23.85	〃	58.43	85.17	609.04
A-3.5	3.5 × 3.5 × 5.25	64.31	38.28	〃	93.79	116.76	914.48
A-4.0	4.0 × 4.0 × 6.0	96.00	56.59	〃	138.64	151.92	1,353.48
A-4.5	4.5 × 4.5 × 6.75	136.69	80.73	〃	197.79	192.63	1,914.65
A-5.0	5.0 × 5.0 × 7.5	187.50	110.36	〃	270.38	237.24	2,710.51
A-5.5	5.5 × 5.5 × 8.25	249.56	142.78	42.8	349.81	295.92	3,848.90
A-6.0	6.0 × 6.0 × 9.0	324.00	185.37	〃	454.16	352.17	5,053.40
A-7.0	7.0 × 7.0 × 10.5	514.50	294.36	〃	721.18	479.34	8,186.20
A-8.0	8.0 × 8.0 × 12.0	768.00	439.39	〃	1,076.51	626.08	12,432.55
A-9.0	9.0 × 9.0 × 13.5	1,093.50	625.61	〃	1,532.74	792.38	17,973.55
A-10.0	10.0 × 10.0 × 15.0	1,500.00	858.18	〃	2,102.54	978.25	24,933.20

A-下段型(不透過型)

型 別	크 기	全體積 (m <sup>3</sup> )	實體積 (m <sup>3</sup> )	空隙率 (%)	實重量 (t)	型枠面積 (m <sup>2</sup> )	鉄筋量 (kg)
	長 × 高 × 幅						
A-1.0	1.0 × 1.1 × 2.1	1.80	1.28	28.9	3.14	10.22	28.43
A-1.25	1.25 × 1.375 × 2.625	3.52	2.49	〃	6.10	15.79	54.17
A-1.5	1.5 × 1.65 × 3.15	6.07	4.31	〃	10.56	22.99	140.60
A-1.75	1.75 × 1.925 × 3.675	9.65	6.83	〃	16.73	31.25	169.02
A-2.0	2.0 × 2.2 × 4.2	14.40	10.21	〃	25.01	41.45	269.95
A-2.5	2.5 × 2.75 × 5.25	28.13	19.97	〃	48.93	65.69	418.12
A-3.0	3.0 × 3.30 × 6.3	48.60	34.57	〃	84.70	92.84	845.09

A-3.5	3.5 × 3.85 × 7.35	77.17	55.41	〃	135.75	127.09	1,284.74
A-4.0	4.0 × 4.40 × 8.4	115.20	82.01	〃	200.92	165.16	1,929.61
A-4.5	4.5 × 4.95 × 9.45	164.03	117.00	〃	286.65	209.84	2,909.00
A-5.0	5.0 × 5.5 × 10.5	225.00	160.03	〃	392.07	257.94	4,111.04
A-5.5	5.5 × 6.05 × 11.55	299.47	206.85	30.9	506.78	319.08	5,959.05
A-6.0	6.0 × 6.6 × 12.6	388.80	268.55	〃	657.95	379.73	7,940.15
A-7.0	7.0 × 7.7 × 14.7	617.40	426.44	〃	1,044.78	516.86	13,202.80
A-8.0	8.0 × 8.8 × 16.8	921.60	636.55	〃	1,559.55	675.09	20,509.95
A-9.0	9.0 × 9.9 × 18.9	1,312.20	906.34	〃	2,220.53	854.40	30,248.40
A-10.0	10.0 × 11.0 × 21.0	1,800.00	1,243.27	〃	3,406.01	1,054.81	42,819.45

### B 型 諸 元

#### B-基本型(透過型)

型 別	コ	キ	全 體 積 (m <sup>3</sup> )	實 體 積 (m <sup>3</sup> )	空 隙 率 (%)	實 重 量 (t)	型 枠 面 積 (m <sup>2</sup> )	鉄 筋 量 (kg)
	長 × 高 × 幅							
B-1.0	1.0	1.0 × 1.5	1.50	0.84	43.9	2.06	10.97	25.78
B-1.25	1.25	1.25 × 1.875	2.93	1.63	〃	3.99	16.89	34.01
B-1.5	1.5	1.5 × 2.25	5.06	2.83	〃	6.93	24.66	125.23
B-1.75	1.75	1.75 × 2.625	8.04	4.49	〃	11.00	29.14	163.94
B-2.0	2.0	2.0 × 3.0	12.00	6.71	〃	16.44	39.42	258.45
B-2.5	2.5	2.5 × 3.75	23.44	13.14	〃	32.19	62.89	382.87
B-3.0	3.0	3.0 × 4.5	40.50	22.76	〃	55.76	87.86	849.25
B-3.5	3.5	3.5 × 5.25	64.31	36.49	〃	89.40	120.52	1,272.40
B-4.0	4.0	4.0 × 6.0	96.00	54.05	〃	132.42	156.70	1,865.11
B-4.5	4.5	4.5 × 6.75	136.69	77.18	〃	189.09	199.56	2,688.10
B-5.0	5.0	5.0 × 7.5	187.50	105.36	〃	258.13	244.58	3,894.92
B-5.5	5.5	5.5 × 8.25	249.56	135.91	45.5	332.98	304.08	5,008.30
B-6.0	6.0	6.0 × 9.0	324.00	176.45	〃	432.30	361.88	6,641.55
B-7.0	7.0	7.0 × 10.5	514.50	280.20	〃	686.49	492.55	10,950.70
B-8.0	8.0	8.0 × 12.0	768.00	418.25	〃	1,024.71	643.33	16,887.40
B-9.0	9.0	9.0 × 13.5	1,093.50	595.52	〃	1,459.02	814.22	24,745.70
B-10.0	10.0	10.0 × 15.0	1,500.00	816.90	〃	2,001.41	1,005.21	34,828.30

#### B-上段型(透過型)

型 別	コ	キ	全 體 積 (m <sup>3</sup> )	實 體 積 (m <sup>3</sup> )	空 隙 率 (%)	實 重 量 (t)	型 枠 面 積 (m <sup>2</sup> )	鉄 筋 量 (kg)
	長 × 高 × 幅							
B-1.0	1.0	1.0 × 1.5	1.50	0.74	50.7	1.81	10.82	23.59
B-1.25	1.25	1.25 × 1.875	2.93	1.44	〃	3.53	16.67	31.33
B-1.5	1.5	1.5 × 2.25	5.06	2.48	〃	6.08	24.33	108.94
B-1.75	1.75	1.75 × 2.625	8.04	3.95	〃	9.68	31.60	149.07
B-2.0	2.0	2.0 × 3.0	12.00	5.90	〃	14.46	42.22	234.09
B-2.5	2.5	2.5 × 3.75	23.44	11.55	〃	28.30	67.45	345.49
B-3.0	3.0	3.0 × 4.5	40.50	20.01	〃	49.02	94.11	754.52
B-3.5	3.5	3.5 × 5.25	64.31	32.01	〃	78.42	129.01	1,119.68
B-4.0	4.0	4.0 × 6.0	96.00	47.52	〃	116.42	167.84	1,690.41
B-4.5	4.5	4.5 × 6.75	136.69	67.88	〃	166.31	213.74	2,375.45
B-5.0	5.0	5.0 × 7.5	187.50	92.60	〃	226.87	262.23	3,422.41
B-5.5	5.5	5.5 × 8.25	249.56	117.75	52.8	288.49	321.29	4,036.55
B-6.0	6.0	6.0 × 9.0	324.00	152.88	〃	374.56	382.36	5,333.35
B-7.0	7.0	7.0 × 10.5	514.50	242.76	〃	594.76	520.43	8,736.70
B-8.0	8.0	8.0 × 12.0	768.00	362.37	〃	887.81	679.74	13,397.55
B-9.0	9.0	9.0 × 13.5	1,093.50	515.96	〃	1,264.10	860.30	19,534.65
B-10.0	10.0	10.0 × 15.0	1,500.00	707.76	〃	1,734.01	1,062.10	27,372.15

## B-下段型(透過型)

型別	寸法	全體積 (m <sup>3</sup> )	實體積 (m <sup>3</sup> )	空隙率 (%)	實重量 (t)	型枠面積 (m <sup>2</sup> )	鉄筋量 (kg)
	長×高×幅						
B-1.0	1.0×1.1×2.1	1.80	1.14	36.9	2.79	11.47	31.89
B-1.25	1.25×1.375×2.625	3.52	2.21	〃	5.41	17.58	56.78
B-1.5	1.5×1.65×3.15	6.07	3.82	〃	9.36	25.80	158.06
B-1.75	1.75×1.925×3.675	9.65	6.06	〃	14.85	35.07	200.85
B-2.0	2.0×2.2×4.2	14.40	9.05	〃	22.17	46.81	307.93
B-2.5	2.5×2.75×5.25	28.13	17.72	〃	43.41	73.40	488.34
B-3.0	3.0×3.30×6.3	48.60	30.66	〃	75.17	104.52	998.37
B-3.5	3.5×3.85×7.35	77.17	49.06	〃	120.20	143.08	1,521.86
B-4.0	4.0×4.40×8.4	115.20	72.78	〃	178.31	185.94	2,280.53
B-4.5	4.5×4.95×9.45	164.03	103.97	〃	254.73	236.98	3,362.69
B-5.0	5.0×5.5×10.5	225.00	141.98	〃	347.85	290.47	4,824.70
B-5.5	5.5×6.05×11.55	299.47	184.23	38.5	451.36	350.14	6,915.55
B-6.0	6.0×6.6×12.6	388.80	239.18	〃	585.99	416.69	9,184.05
B-7.0	7.0×7.7×14.7	617.40	379.81	〃	930.53	567.17	15,181.55
B-8.0	8.0×8.8×16.8	921.60	566.95	〃	1,389.03	740.79	23,463.95
B-9.0	9.0×9.9×18.9	1,312.20	807.24	〃	1,977.74	937.56	34,449.85
B-10.0	10.0×11.0×21.0	1,800.00	1,107.32	〃	2,712.93	1,157.48	48,571.25

## C型諸元

## C-基本型(不透過型)

型別	寸法	全體積 (m <sup>3</sup> )	實體積 (m <sup>3</sup> )	空隙率 (%)	實重量 (t)	型枠面積 (m <sup>2</sup> )	鉄筋量 (kg)
	長×高×幅						
C-1.0	1.0×1.0×1.5	1.50	0.90	39.97	2.21	11.21	26.98
C-1.25	1.25×1.25×1.875	2.93	1.74	〃	4.26	17.26	36.21
C-1.5	1.5×1.5×2.25	5.06	3.02	〃	7.40	25.19	129.03
C-1.75	1.75×1.75×2.625	8.04	4.81	〃	11.78	29.87	170.34
C-2.0	2.0×2.0×3.0	12.00	7.18	〃	17.59	40.37	267.85
C-2.5	2.5×2.5×3.75	23.44	14.06	〃	34.45	68.93	401.27
C-3.0	3.0×3.0×4.5	40.50	24.35	〃	59.66	90.00	885.16
C-3.5	3.5×3.5×5.25	64.31	39.03	〃	95.62	123.43	1,323.20
C-4.0	4.0×4.0×6.0	96.00	57.84	〃	141.71	160.51	1,940.91
C-4.5	4.5×4.5×6.75	136.69	82.58	〃	202.32	204.37	2,796.10
C-5.0	5.0×5.0×7.5	187.47	112.76	〃	276.26	250.53	4,042.92
C-5.5	5.5×5.5×8.25	249.56	145.77	41.6	357.14	311.27	7,105.90
C-6.0	6.0×6.0×9.0	324.00	189.25	〃	463.66	370.44	9,596.40
C-7.0	7.0×7.0×10.5	514.50	300.52	〃	736.27	504.21	16,341.35
C-8.0	8.0×8.0×12.0	768.00	448.58	〃	1,099.02	658.55	25,400.00
C-9.0	9.0×9.0×13.5	1,093.50	638.71	〃	1,564.84	833.48	34,200.00
C-10.0	10.0×10.0×15.0	1,500.00	876.14	〃	2,146.54	1,028.99	51,000.40

## C-上段型(不透過型)

型別	寸法	全體積 (m <sup>3</sup> )	實體積 (m <sup>3</sup> )	空隙率 (%)	實重量 (t)	型枠面積 (m <sup>2</sup> )	鉄筋量 (kg)
	長×高×幅						
C-1.0	1.0×1.0×1.5	1.50	0.80	46.71	1.96	11.06	24.79
C-1.25	1.25×1.25×1.875	2.93	1.56	〃	3.82	17.04	33.73
C-1.5	1.5×1.5×2.25	5.06	2.67	〃	6.54	24.86	112.74
C-1.75	1.75×1.75×2.625	8.04	4.27	〃	10.46	32.32	155.47
C-2.0	2.0×2.0×3.0	12.00	6.37	〃	15.61	43.17	243.49
C-2.5	2.5×2.5×3.75	23.44	12.47	〃	30.55	64.38	364.22
C-3.0	3.0×3.0×4.5	40.50	21.60	〃	52.92	96.25	786.32
C-3.5	3.5×3.5×5.25	64.31	34.54	〃	84.62	131.92	1,170.28
C-4.0	4.0×4.0×6.0	96.00	51.30	〃	125.69	171.64	1,767.22

C-4.5	4.5 × 4.5 × 6.75	136.69	73.28	〃	179.54	218.57	2,484.84
C-5.0	5.0 × 5.0 × 7.5	187.50	100.00	〃	245.00	268.17	3,576.77
C-5.5	5.5 × 5.5 × 8.25	249.56	127.61	48.9	312.64	328.48	4,627.5
C-6.0	6.0 × 6.0 × 9.0	324.00	165.67	〃	405.89	390.91	6,083.10
C-7.0	7.0 × 7.0 × 10.5	514.50	263.08	〃	644.55	532.08	9,874.40
C-8.0	8.0 × 8.0 × 12.0	768.00	392.70	〃	962.12	694.96	15,023.00
C-9.0	9.0 × 9.0 × 13.5	1,093.50	559.14	〃	1,369.89	879.55	21,752.55
C-10.0	10.0 × 10.0 × 15.0	1,500.00	767.00	〃	1,879.15	1,085.87	30,290.45

C-下段型(不透過型)

型別	크기	全體積 (m <sup>3</sup> )	實體積 (m <sup>3</sup> )	空隙率 (%)	實重量 (t)	型枠面積 (m <sup>2</sup> )	鉄筋量 (kg)
	長 × 高 × 幅						
C-1.0	1.0 × 1.1 × 2.1	1.80	1.20	33.60	2.94	11.71	33.09
C-1.25	1.25 × 1.375 × 2.625	3.52	2.33	〃	5.71	17.95	59.18
C-1.5	1.5 × 1.65 × 3.15	6.07	4.02	〃	9.85	26.34	162.06
C-1.75	1.75 × 1.625 × 3.675	9.65	6.38	〃	15.63	35.80	207.89
C-2.0	2.0 × 2.2 × 4.2	14.40	9.52	〃	23.32	47.76	317.33
C-2.5	2.5 × 2.75 × 5.25	28.13	18.65	〃	45.69	74.89	506.94
C-3.0	3.0 × 3.30 × 6.3	48.60	32.25	〃	79.01	106.66	1,030.17
C-3.5	3.5 × 3.85 × 7.35	77.17	51.60	〃	126.42	145.99	1,572.66
C-4.0	4.0 × 4.40 × 8.4	115.20	76.57	〃	187.60	189.74	2,346.35
C-4.5	4.5 × 4.95 × 9.45	164.03	109.37	〃	267.96	241.80	3,470.69
C-5.0	5.0 × 5.5 × 10.5	225.00	149.38	〃	365.98	296.42	4,962.79
C-5.5	5.5 × 6.05 × 11.55	299.47	194.09	35.2	475.52	357.33	7,340.00
C-6.0	6.0 × 6.6 × 12.6	388.80	251.98	〃	617.35	425.25	9,800.00
C-7.0	7.0 × 7.7 × 14.7	617.40	400.13	〃	980.32	578.82	16,353.80
C-8.0	8.0 × 8.8 × 16.8	921.60	597.28	〃	1,463.34	756.01	25,483.80
C-9.0	9.0 × 9.9 × 18.9	1,312.20	850.42	〃	2,083.53	956.82	37,686.95
C-10.0	10.0 × 11.0 × 21.0	1,800.00	1,166.56	〃	2,858.07	1,181.26	53,480.10

## 工法의 特性

### 水理特性

水理特性은 水理模型實驗에 依하여 算出하였는데 模型實驗의 項目은 反射率, 波高傳達率, 越浪 높이, 越浪量, 海水交換量 등이 있고 (株)海洋研究所가 實施한 (日本 德島大學 三井宏教授 指導 模型實驗方法과 그 結果의 概要를 整理하면 다음과 같다.

#### (1) 實驗의 概要

模型實驗은 直立堤, 離岸堤, 護岸에 對하여 各各 實施하였으나 여기서는 直立堤에 對한 結果만 紹介하기로 한다.

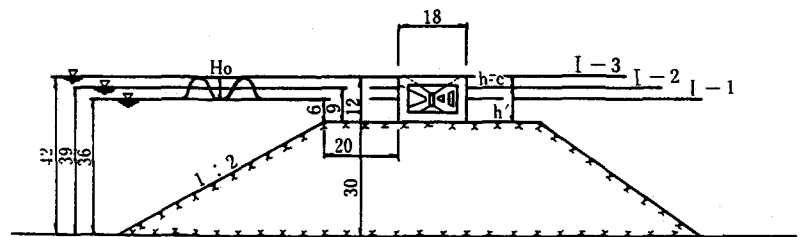
實驗目的: 消波構造物 天端高와

水面間의 높이가 消波效果에 미치는 影須를 檢證하기 위하여 深海波高, 波形傾斜와 反射率의 關係를 求함.

### ○實驗斷面

#### CASE - I

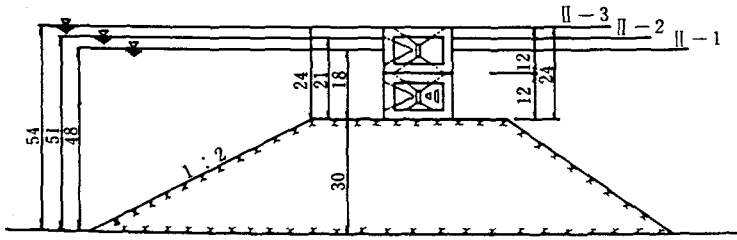
透過型



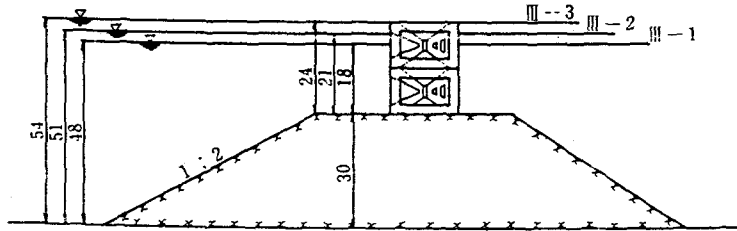
#### CASE - II

上段: 不透過型

下段: 透過型



CASE - III  
上下段透過型



○越波量の測定

越波가 發生할 때까지 波高를 增大시켜가면서 各各의 入射波에 對應하는 越波量을 測定하였다.

○實驗方法

各 CASE의 斷面에 對하여 水位, 波高, 週期를 다음과같이 變化시키면서 實驗하였다.

- 水位 : 넛툼 (NEPTUNE) 天端으로부터 水面까지의 높이 (hc) 를 6.00cm (現地換算 1.50m ~ 3.00m) ... 上段넛툼의 1/2 높이  
3.00cm (現地換算 0.75m ~ 1.50m) ... 上段넛툼의 1/4 높이  
0.00cm (現地換算 0.00m) ... 上段넛툼 天端과 同一水位

- 週期 : 0.80 sec (現地換算 4.0 ~ 5.70 sec)  
1.20 sec (現地換算 6.0 ~ 8.50m)  
1.60 sec (現地換算 8.0 ~ 11.30m)  
1.90sec (現地換算 9.50 ~ 13.40m)
- 波高 : 1.95cm (現地換算 0.5m ~ 1.00m) ~ 1.94cm (現地換算 4.90 ~ 9.70m)

實驗은 各 CASE에 對하여 同一水位, 同一週期로서 波高를 4回 變化시켜가면서 各各10回, 即 1 CASE 同一水位에 對하여 40回 × 3水位 = 120回, 3 CASE에 360回의 實驗을 行하였음.

○相似律 및 實驗水槽.

實驗은 一般的으로 쓰이고 있는 "FROUDE" 相似則을 適用하고 二次元 造波水路를 使用하여 實驗하였다.

高를  $H_i$ , 反射波高를  $H_R$  이라 하였을 때 反射率은

$$K_R = \frac{H_R}{H_i} = \frac{H_{max} - H_{min}}{H_{max} + H_{min}} \text{으로 表現된다.}$$

○傳達率의測定

各斷面에 對하여 水位, 波高, 週期를 反射率 實驗과 같은 狀態에서 堤體後面에 設置한 波高計로 傳達率을 測定하였다.

入射波高를  $H_i$ , 傳達波高를  $H_T$  라 할 때 傳達率은  $K_T = \frac{H_T}{H_i}$  로 表現된다.

○처음림 높이의測定

처음림 높이는 堤體測面に 附着한 Scale을 使用하여 目測으로 測定하였다.

表 4 實驗相似律

基礎量	次元	縮尺	實驗縮尺
길이, 깊이	L	m	1/25 ~ 1/50
時間	T	n <sup>1/2</sup>	1/√25 ~ 1/√50
面積	L <sup>2</sup>	n <sup>2</sup>	1/25 <sup>2</sup> ~ 1/50 <sup>2</sup>
體積, 重量	L, MLT <sup>-2</sup>	n <sup>3</sup>	1/25 <sup>3</sup> ~ 1/50 <sup>3</sup>

○反射率의測定

反射率은 堤體前面에서 測定하였는데 移動台車에 附着시킨 波高計로 測定하고 Healy의 方法에 依하여 計算하였다.

實驗은 水深, 波高, 週期를 變化시켜가면서 行하였고, 入射波

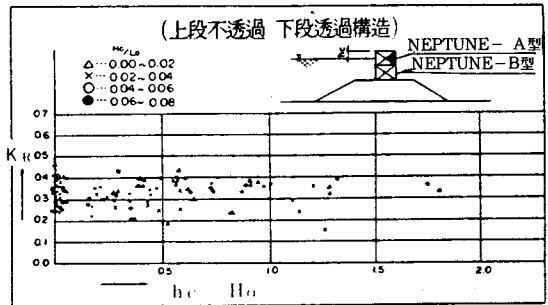
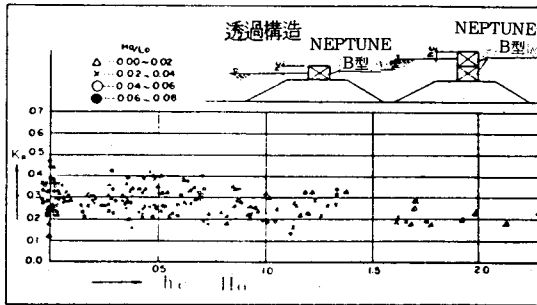


(2) 實驗結果

○反射率：入射波高를 深海波高  $H_0$  로 換算하고 相對

天端高  $hc/H_0$  와 反 射率  $K_R$  과의 關係를 深海波波形傾斜  $H_0/L_0$

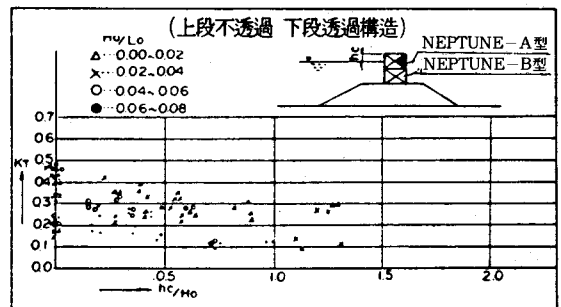
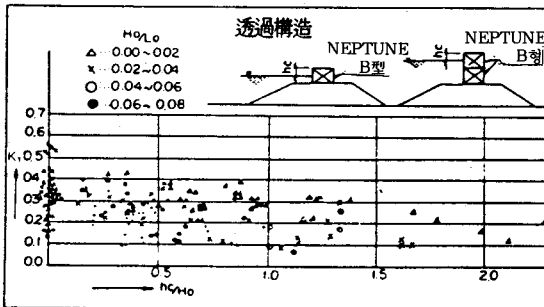
$L_0$  를 Parameter 로하 여 求하였고 다음그림 과 같다.



○波高傳達率：深海波波形傾斜  $H_0/L_0$  를 Parameter 로 하여 相

對天端高  $hc/H_0$  와 波高傳達 率  $K_T$  의 關係를

求하면 다음그림 과 같다.



○實驗結果의 考察

直立堤, 離岸堤의 境遇 反射率 은 쌓는 方法에 關係없이  $K_R = 0.2 \sim 0.4$  를 나타내고 있으며 岸壁, 護岸의 境遇는 약간 높아서 平均  $K_R = 0.35$  程度를 나타내고 있다.

概略 波形傾斜가 작아지면 反 射率이 커지는 傾向이 있으나 그 傾向은 그리 顯著하지는 않고, 堤 體天端과 水面間의 높이의 影響도 反射率에서는 거의 나타나지 않는다. 傳達率도 反射率과 같이 波形傾斜가 작아질수록 傳達率이 若干 커지는 것으로 나타나지만

쌓는 方法에 따른 影響은 보이지 않는다.

傳達率은 反射率과는 달리 水 面과 堤體天端間의 높이에는 影響을 받아 높이가 크면 傳達率이 增加하는데 이는 越波를 일으켜 堤體를 通過한 波에 加算되기 때문인 것으로 보인다.

○越波量

다음 그림에 依하면 許容越波 量이 주어질 경우 相對天端高  $hc/H_0$  를 定할 수 있다.

本實驗에 依한 越波量은 他直

立消波堤의 1/10 程度로 넛툰케이 슨의 消波效果가 優秀함을 알 수 있다.

○처울림높이

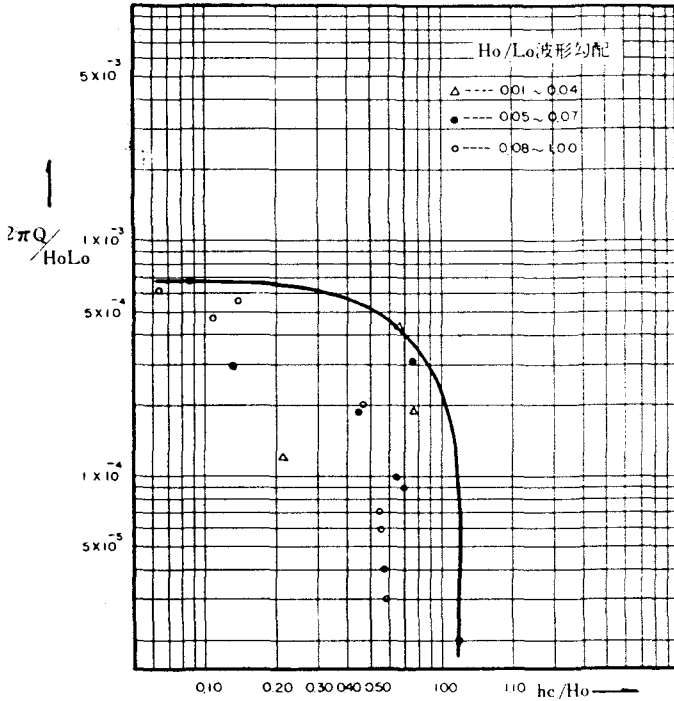
다음 그림을 利用하면 波形傾 斜와 深海波高를 알면 처울림 높 이 R 을 알 수 있고 越波量과 아 울러 最適한 天端高를 決定할 수 있다.

$H_0/L_0$  와  $R/H_0$  의 關係는 波 形傾斜가 클수록 처울림 높이 R /  $H_0$  가 작아지는 傾向을 나타낸 다.

이는 直立堤體이면서 消波特性

相對越波量과相對天端高 (NEPTUNE)

海底勾配  $i = 1/100$



을 갖는 構造이기 때문에 當然히 有效 越波量을 減少시키는 것을 보여주고 있는 것이다. (他 直立消波堤의 越波量에 比하여 1/2程度임)

2) 工法의 長短點

넛튠케이슨 工法의 長短點을 간단히 要約整理하면 다음과 같다.

○長點

—透過式 防波堤일 境過는 堤體內외의 海水 交流가 可能하므로 港內水域의 汚濁을 防止할 수 있다.

—反射波의 發生이 작아 港內水域의 靜穩確保에 有利하며 隣近漁業施設等에 對한 惡影響을 防止할 수 있다.

—魚礁兼用的 構造物로서 낚시터 및 魚貝類의 增養殖에 利用할 수 있다.

—他透過式防波堤에 比하여 港內波傳達率이 낮다.

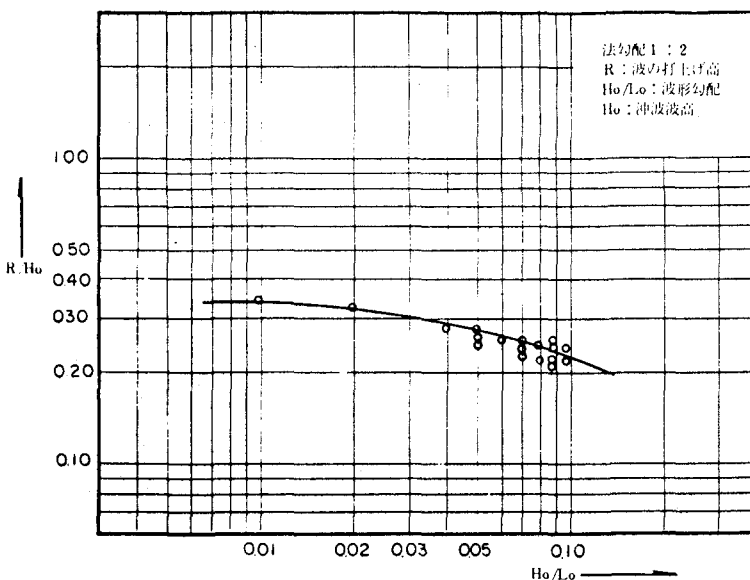
—他防波堤 斷面型式에 比하여 工事費 節減이 可能하다(일반케이슨 前面 T.T.P 被覆堤에 對比 約20% 節減, 捨石傾斜堤와는 同等以下)

○短點

—軟弱地盤이 많은 國內 漁港 興件에서는 充分한 基礎處理가 必要하여 工事費 增加要因이 될 수 있다.

—捨石傾斜堤等 他工法에 比하여 大型裝備(波高 4.0M 를 對象으로 하는 防波堤의 境遇 約300噸 級의 海上크레인 必要)가 所要된다.

—複雜한 鐵筋콘크리트 構造이므로 製作據置에 精密施工이 要



請된다.

—特許料 支拂이 必要하다(넛튼 工事費의 約3%)

## Ⅰ 工法の 適用

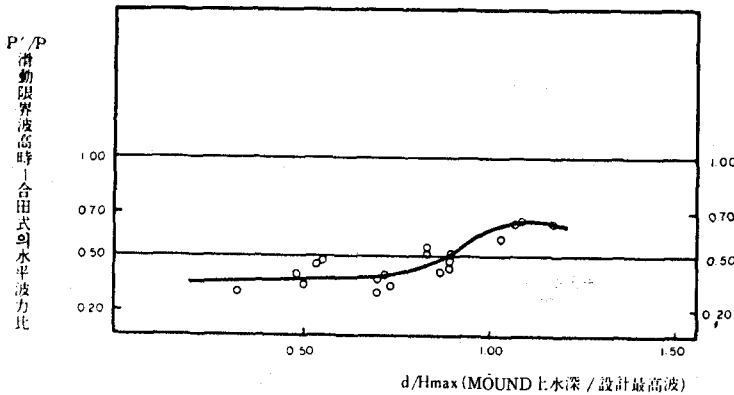
### 1) 用途

- 港灣, 漁港工事: 防波堤, 岸壁, 物揚場, 護岸 航路護岸, 離岸堤
- 海岸工事: 海岸堤防, 護岸, 防砂堤
- 河川工事: 河口堤防, 低水護岸 導流堤
- 埋立工事: 仮締切兼用の 埋立護岸

- 道路, 鐵道工事: 海岸에 沿한 道路護岸, 橋脚保護工
- 水産工事: 漁場造成用波除堤, 낙시터 護岸, 離岸堤等 魚礁兼用 構造物

### 2) 適用基本公式

(1) 堤體安定計算時波壓  
넛튼케이슨을 直立 或은 混成 防波堤와 같은 構造로 築造할 境遇 堤體安定計算時 適用되는 波壓公式은 合田의 波壓算定式을 基準으로 하고, 波力測定實驗結果에 依하여 算出된 波壓減少係數를 適用하여야 하는데 그 係數는 다음그림을 活用하여 簡單히 決定할 수 있다.



### 2) 넛튼케이슨의 所要重量

넛튼을 離岸堤로서 計劃할 경우와 같이 來襲波浪에 依한 넛튼 個個의 安定에 必要한 所要重量을 計算하는 경우는 Hudson 公式에 依하여 算出하게 되는데 公式中 消波構造에 따라 定하여지는 係數  $K_D$  値는 水理模型實驗을 實施하여 關係式을 算出하였고

그 結果는 다음과 같다.

$$W = \frac{\gamma_s \cdot H^3}{K_D(Sr-1)^3 \cot \theta} \dots \dots \text{Hudson}$$

表  $K_D$  値實驗平均値

積置方法	關係式	$K_D$	備考
最上段 1列 쌓기	$W=0.2017 H^3$	6.3	2段쌓기 $\alpha$ 및 3段쌓기 $\alpha$
最上段 2列 쌓기	$W=0.1789 H^3$	7.1	2段쌓기 $\beta$ 및 3段쌓기 $\beta$

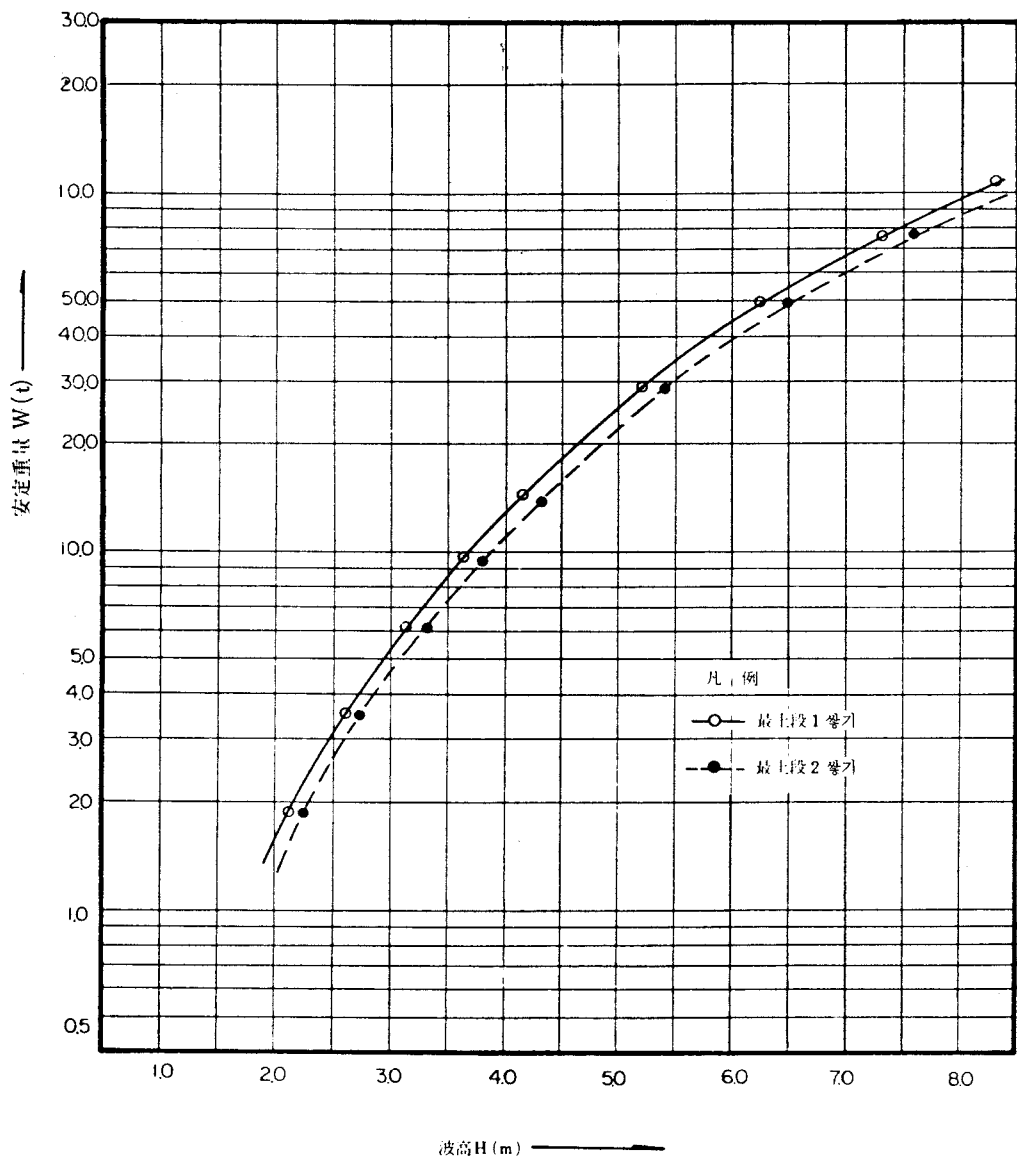
公式

- $W$ : 所要重量(t)
- $r_s$ : 空氣中の 單位體積重量(2.45 t/m<sup>3</sup>)
- $\theta$ : 傾斜面이 水平面과 이루는 角  $\theta=53^\circ 08'$  ( $\cot \theta=0.75$ )
- $H$ : 構造物設置位置에 있어서의 進行波高(M)
- $S_r$ : 構造物의 海水에 對한 比重(2.45/1.03=2.37 t/m<sup>3</sup>)
- $K_D$ : 形狀 및 被害率에 따라 定해지는 係數

## Ⅱ 結論

넛튼케이슨工法에 對하여 概略的인 內容을 살펴보면 研究, 開發陣의 勞苦에 讚辭를 보내며 한편으로는 海洋을 相對하여 일하는 技術人의 한사람으로서 부끄러움이 앞선다. 눈앞에 닥친 일들을 바쁘게 처리하다보면 新工法의 研究나 開發에 關心을 갖기가 어렵고, 或 새로운 工法이 開發되거나, 外國의 “아이디어”가 좋게 여겨져 模倣이라도 하여 適用하고 싶은 때에도 여러가지 與件의 制約으로 實際에 適用이 어려운 우리의 實情이 좀 안타깝기도 하다.

本工法이 開發, 實用으로 쓰이고 있는 日本의 境遇는 實際에 適用되고있는 消波 Block이 數十種에 이르고 現在에도 政府研究



波高安定重量關係圖

機關 및 企業體의 研究所에서 消波構造에 對한 研究開發이 活潑히 進行되고있다. 이제 우리의 世界的인 位置는 貿易의 黑字規模를 어떻게 하면 適正線을 維持할 수 있을 것인가를 생각하고 있는 經濟的인 先進隊列에 어깨를 맞

추려 하고있다.

이런 時點에 서있는 우리 技術人들도 技術의 先進化를 爲하여 좀더 實際的인 勞力이 必要한 것 같다.

可能하면 하루속히 靛鬪케이슨 工法을 능가하는 좋은 消波構造

가 우리의 손으로 研究開發되고 實際에 適用되었으면 하는 바램과 함께 外國의 優秀한 工法들이 漁港과 港灣에 果敢히 받아들여지고 失敗를 두려워하지 않는 條件과 分圍氣가 造成되기를 간절히 바라면서 拙稿를 맺는다. ㄹ