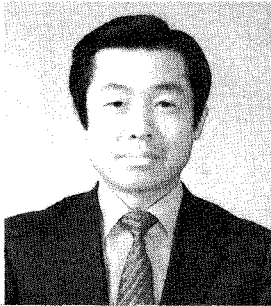


漁港 外廓施設의 被覆材

丁 烜 — 〈(株)大永엔지니어링·專務理事〉

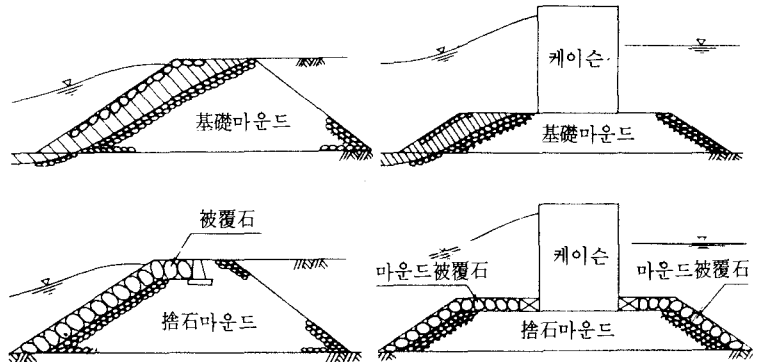


漁 港의 외곽시설은 외해의 파랑으로부터 시설의 보호를 위하여 被覆材를 설치하는 것이 필수적인 조건으로 성립되어 왔다.

어항발전의 초기단계에는 그 대상지역이 수심이 낮은 해안이었으므로 자연적인 재료, 즉 石

材의 이용이 가능하였으나, 어항의 규모가 커지고 對象水深 또한 깊어짐에 따라 對象波浪이 크게 변하게 되므로 石材를 이용한 被覆材는 한계에 이르게 되었다.

이러한 상황에서 우리의 선배 기술자들은 필요와 목적에 따라 콘크리트를 이용한 여러가지 형



태의 외곽시설 피복재를 연구개발하여 실용화 하는 데에 이르게 되었다.

본고에서는 최근에 개발되어 국내 어항 건설에 역할을 담당하고 있는 X블럭과 삼각블럭에 대하여 개발과정과 특징 등을 중심으로하여 소개하려 한다.

被覆材의 開發過程 및 特徵

X블럭

X블럭은 일본 테트라포드(주)가 개발, 특허를 소유하고 있는 피복재로서 그 개발동기를 다음과 같이 기록하고 있다.

케이슨式 防波堤, 傾斜堤, 傾斜護岸 등과 같이 해중에 건설되는 구조물에는 일반적으로 捨石으로 이루어지는 마운드를 둔다. 그러나 마운드만을 두었을 때는 波의 작용에 의하여 捨石이 飛散한다. 그래서 이러한 현상을 방지하기

위하여 重量의 大石이나 콘크리트 方塊異形블럭이 마운드의 피복재로 이용되고 있다.

자연석은 비중이 크고 적당한 空隙을 유지할 수 있어서 피복재로서 적정하지만 대증량의 석재를 입수하기가 어려우므로 자연석을 대신하여 현재에 있어서는 콘크리트 피복 블럭이 사용되고 있다. 일반적으로 콘크리트 피복 블럭의 파에 대한 안정성과 피복 두께가 커짐에 따른 경제성이 문제점으로 제기되어 왔다. 그러므로 일본 테트라포드(주)에서는 이러한 문제점들을 해소하는 차원에서 개발에 착수하게 된 것이다.

피복재의 안정성에 대하여 검토한 내용은 다음과 같다.

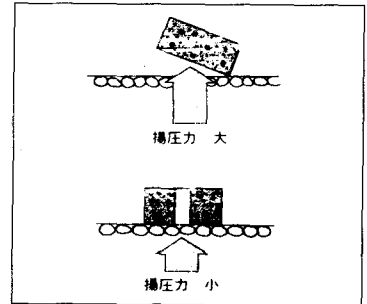
1) 피복블럭의 從方向 구멍의 효과

피복블럭에 종방향 구멍을 둠으로써 파의 작용에 대한 안정성이 향상된다는 이론이 있다.

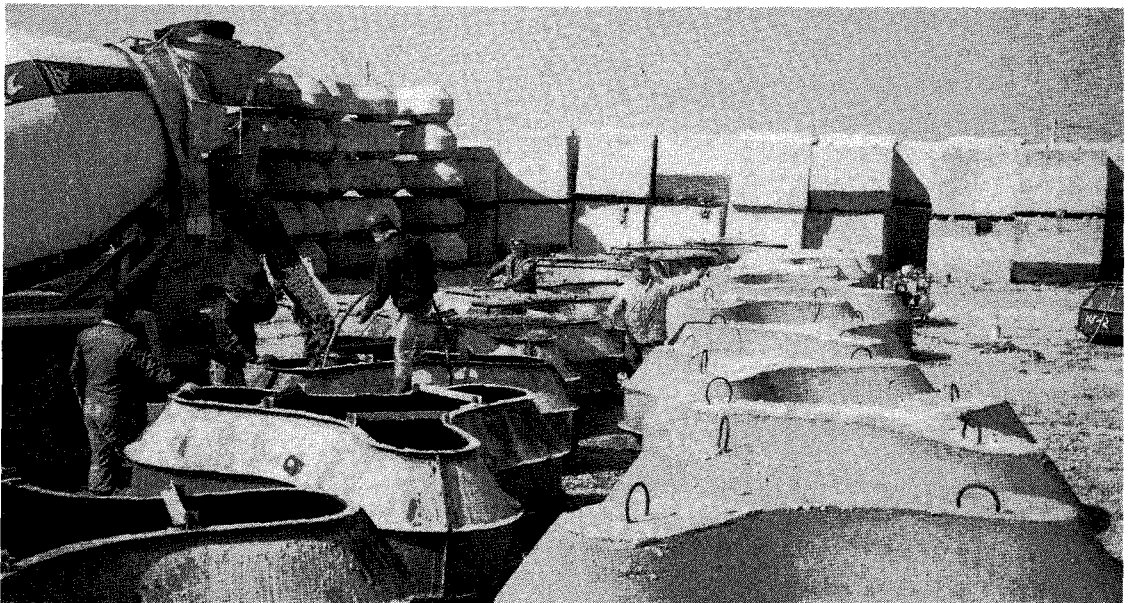
이와같은 이론에 대하여 水理模型實驗을 실시하여본 결과 종

방향 구멍이 효과가 있어서 피복 블럭 底面에 작용하는 揚壓力이 현저하게 경감되어짐이 확인되었다. 본 이론의 개념과 모형실험 상황을 정리하면 다음과 같다.

○ 이론의 개념도



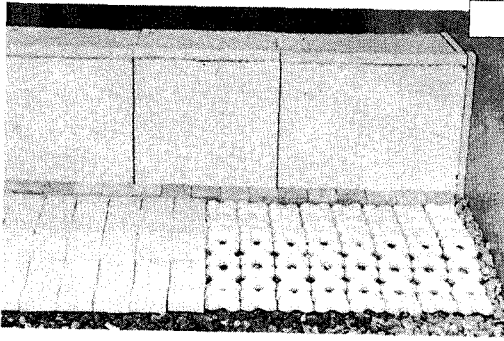
본 자료는 방파제수리모형 실험에 있어서 X블럭과 방파 有孔方塊에 대하여 안정성을 비교한 것임. 사진에서 보듯이 X블럭은 方塊, 有孔方塊에 비하여 안정성이 상당히 좋은 것을 알 수 있다.



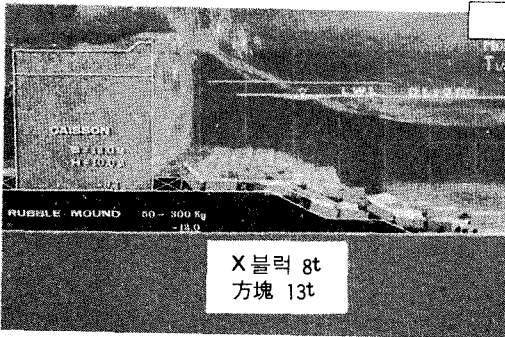
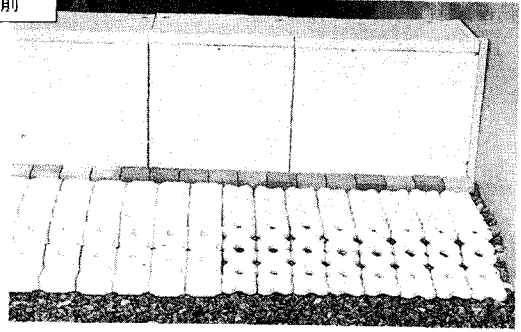
○ 수리모형실험 결과

방괴 (13t)와 X-블럭 (8t)

유공방괴 (11t)와 X-블럭 (8t)



波작용前

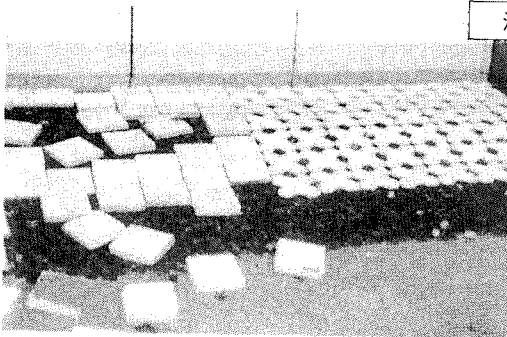


波작용

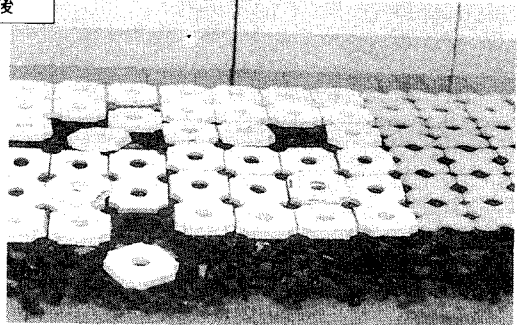


X블럭 8t
方塊 13t

X블럭 8t
有孔方塊 11t



波작용後



실험 조건

실험 축척	1/40
실험 파	불규칙파
조 위	± 0.00m
전면파고(H $\frac{1}{3}$)	5.6m
주기(T $\frac{1}{3}$)	10.0sec
방파제 천단고	+ 4.4m
블럭천단상수심	- 7.7m
블럭전면수심	- 12.0m
블럭천단폭	7.8m(37개병렬)

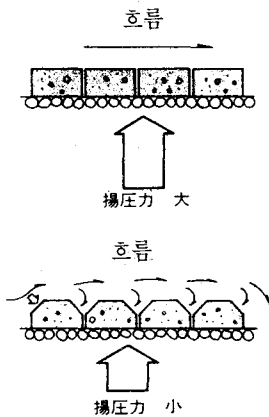
2) 블럭 上面形狀의 효과에 대하여

기초적인 연구를 거듭한 결과 블럭상면의 형상이 블럭의 안정성에 크게 영향을 미치는 것을 알게 되었다.

블럭의 상면을 해수의 흐름 방향에 대하여 경사진 突起모양으로 만들었을 때 블럭의 안정성이 크게 향상된다.

이것은 수평한 흐름의 힘이 하향으로 작용함과 동시에 突起의 배후에 渦流가 발생하여 블럭 상면의 유속이 감소되고 揚壓力이 작아지는 효과를 나타낸다.

○ 상면형상의 효과에 대한 개념도



3) 구멍과 돌기의 조합

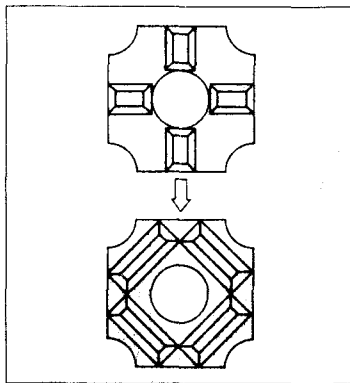
「구멍」과 「돌기」를 조합한 경

우에는 각각 단독으로 두었을 경우에 비하여 안정성이 향상된다.

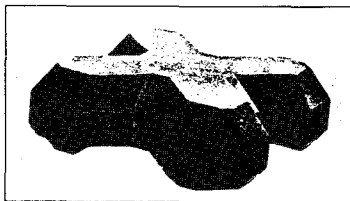
「돌기」는 흐름에 대한 投影面積을 크게 할 수록 효과적이다. 그리고 어느 방향의 흐름에 대해서도 좋은 효과를 발휘할 수 있도록 배치하여야 한다.

한편 「구멍」의 위치에 있어서 블럭의 중앙에 「구멍」을 두는 대신에 블럭의 四邊에 배치함으로써 안정성을 향상시킬 수 있을 뿐 아니라 블럭 단체의 강도, 시공성, 경제성도 한층 향상시킬 수 있음이 확인되었고, 이러한 과정을 통하여 X-블럭의 결정되었다.

○ 「구멍」 배치변화에 대한 개념도



○ X-블럭의 형상



4) X-블럭의 특징

- (1) 수리적 안정성이 우수하다.
 - 블럭 상호간의 적당한 공극이 양압력을 감소시킨다.
 - 블럭 상부의 突起에 의

하여 수평한 水流力을 하향으로 변화시키고 아울러, 블럭 상면의 흐름에 흐트러짐을 발생시켜 유속을 감소시켜 양압력을 감소시킨다.

○ 突起가 블럭 중앙으로부터 방사선상으로 되어 있어서, 어느 방향의 흐름에 대해서도 돌부의 효과를 충분히 발휘한다.

○ 중심이 낮고 각이 블럭 端部에 있기 때문에 轉倒에 대한 저항 모멘트가 크게 되어 있다.

(2) 시공성이 우수하다.

거푸집의 종류, 수가 적고 圓筒 거푸집이 아니기 때문에 조립, 해체가 용이하다. 그리고 콘크리트 타설 높이가 낮고 開口部가 넓으므로 타설도 용이하다.

(3) 경제성이 우수하다.

수리적 안정성이 우수하여 블럭 단체의 강도가 크기 때문에 피복 면적당 콘크리트양이 작게 되고 형상이 단순하기 때문에 거푸집 면적이 작고 경제적이다.

삼각블럭

삼각블럭은 앞에서 기술한 X-블럭을 국내현장에서 시험적으로 도입하는 과정에서 시공상의 문제점들이 발견되어 이를 보완하는 측면에서 개발한 被覆材로서 (주)대영엔지니어링에서 개발하여 일부 현장에 적용해 보고 있는 피복재이다. 삼각블럭의 개발 동기가 된 X-블럭의 문제점은 X-블럭의 시공감리 현장에서 발견된 것으로 대략 정리하면 다음과 같다.

○ X-블럭 하부의 捨石(피복석) 고르기의 상태가 X-블럭 四脚接地가 동시에 이루어질 수 있는 정도에는 미칠 수 없다.

○ 사각이 동시에 접지되지 못하므로 거치상태가 불안정하며 X-블럭위에 타종의 소파블럭을

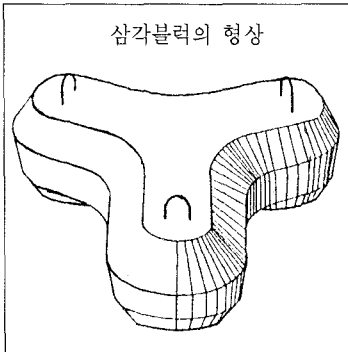
거치할 시 X-블럭의 파손이 발생하며 완성된 제체의 파력이 작용할 시 블럭들의 동요에 따른 파손이 우려된다.

이상의 문제점들을 해결하기 위한 방안으로서 블럭의 형태를 어떠한 여건에서도 완전집지가 이루어지는 삼각블럭을 구상하게 되었다. 사각을 삼각으로 변경한 것 이외의 특성은 X-블럭의 특성과 큰 차이가 없으며 삼각블럭의 특성을 정리하면 다음과 같다.

- (1) 수리적 안정성이 우수하다. X-블럭과 동일
- (2) 시공성이 우수하다.

○ 鋼製거푸집은 같은 모양 3매의 측면거푸집과 1매의 바닥거푸집으로 이루어져 있으며 측면거푸집은 위치에 관계없이 자유롭게 사용될 수 있다.

○ 거푸집 형상은 放射型으로 개방되었기 때문에 組立, 脫型이 용이하다. 그리고 콘크리트 타설 높이가 낮고 開口部가 넓으므로 타설도 용이하다.



○ 3개의 다리로 되어 있어 해상이나 육상 운반시 안전성은 물론 거치시 현장조건에 대한 순응성이 크며, 지반, 사석면의 형태에 따라 안전한 단면을 형성할 수 있다.

○ 경제성이 우수하다.

수리적 안정성이 우수하여 블럭단체의 강도가 크기 때문에 피복면적당 콘크리트양이 작게 되고 형상이 단순하여 거푸집면적이 작고 경제적이다.

被覆材의 工學的 計算

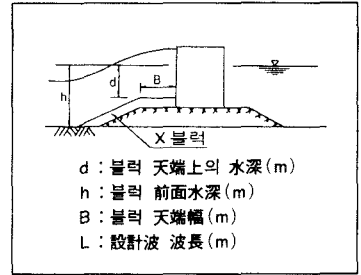
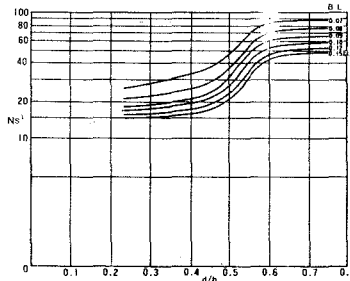
피복재의 소요규모(중량)는 대상구조물의 형태, 수심여건, 파랑여건 등에 따라 공학적 계산방법을 다르게 적용한다. 혼성제 기초 마운드를 피복하는 경우에는 Brebner, A. Donnelly, P.식을, 斜面을 피복하는 경우에는 Hudson 식을 사용하여 소요중량을 산출한다. 각각의 계산식을 정리하면 다음과 같다.

○ 혼성제 기초 마운드를 피복하는 경우

$$\text{계산식 : } w = \frac{\gamma_r \cdot H^3}{Ns^3 \cdot (Sr-1)^3}$$

- W : 블럭 소요중량(t)
- H : 계산과고(m)
- γ_r : 콘크리트의 단위체적중량 ($2.3t/m^3$)
- Sr : 콘크리트의 해수에 대한 비중 ($Sr=2.3/1.03=2.23$)
- Ns : 안정수 (안정수 산정도로부터 구함)

○ X-블럭 안정수(Ns)산정도



○ 斜面을 피복하는 경우

$$\text{계산식 } W = \frac{\gamma_r \cdot H^3}{KD \cdot (Sr-1)^3 \cdot Cota}$$

- W : 블럭의 소요중량(t)
- H : 설계과고(m)
- γ_r : 콘크리트의 단위체적중량 ($2.3t/m^3$)
- Sr : 콘크리트의 해수에 대한 비중 ($Sr=2.3/1.03=2.23$)
- α : 斜面과 수평면이 이루는 각 (Cota : 사면의 구배)

KD : 피복재 및 피해율에 의하여 정하는 정수

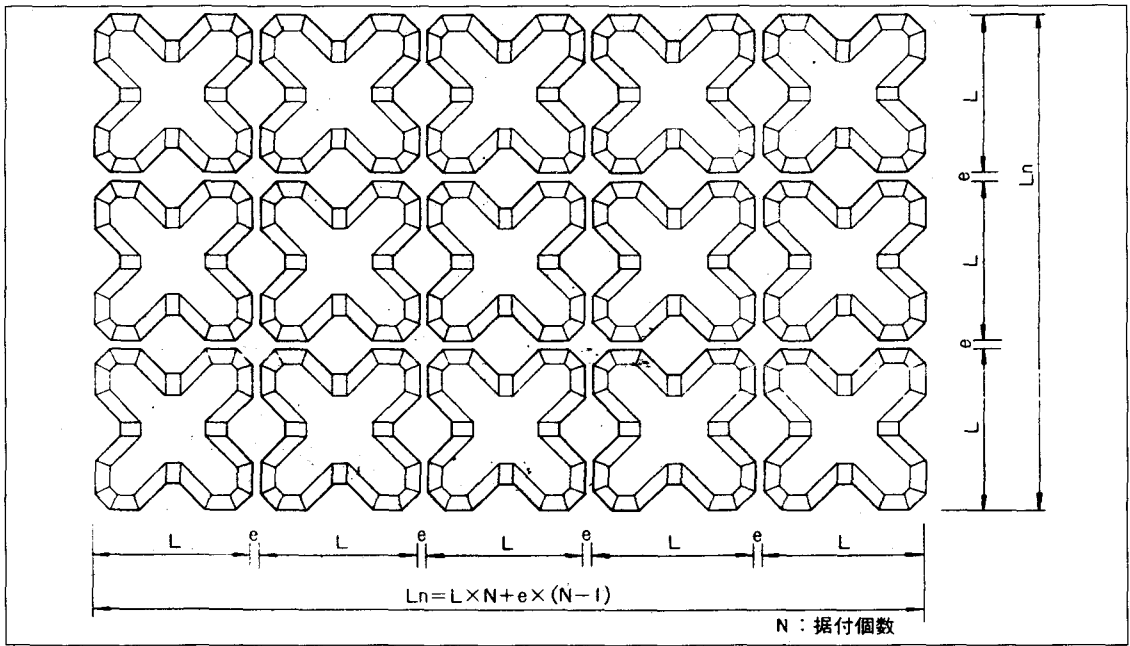
X-블럭의 KD값은 KD = 10(불규칙파에 의한 실험치로서 피해율 0~1%의 경우) 이 값은 규칙파로 생각하면 KD = 15에 해당됨)

X-블럭, 三脚블럭의 用途

피복재의 배열 X-블럭의 배열

○ 격자배열

格子配列은 돌기효과가 가장 잘 발휘되어 양압력이 작게 되기 때문에 혼성제기초 마운드의 피복, 傾斜堤의 피복 및 환경사 호안이나 제방의 피복에 적당하다.



배열제원

(단위 : m)

종별 (1형)	기본장 L	간격 e(0.04L)	부 폭 $L_n = L \times N + e \times (N - 1)$					
			1개병렬	2개병렬	3개병렬	4개병렬	5개병렬	6개병렬
0.5	1.00	0.04	1.00	2.04	3.08	4.12	5.16	6.20
1	1.30	0.05	1.30	2.65	4.00	5.35	6.70	8.05
2	1.60	0.06	1.60	3.26	4.92	6.58	8.24	9.90
3	1.85	0.07	1.85	3.77	5.69	7.61	9.53	11.45
4	2.05	0.08	2.05	4.18	6.31	8.44	10.57	12.70
6	2.30	0.09	2.30	4.69	7.08	9.47	11.86	14.25
8	2.55	0.10	2.55	5.20	7.85	10.50	13.15	15.80
10	2.75	0.11	2.75	5.61	8.47	11.33	14.19	17.05
12	2.90	0.12	2.90	5.92	8.94	11.96	14.98	18.00
16	3.20	0.13	3.20	6.53	9.86	13.19	16.52	19.85
20	3.45	0.14	3.45	7.04	10.63	14.22	17.81	21.40
30	3.95	0.16	3.95	8.06	12.17	16.28	20.39	24.50

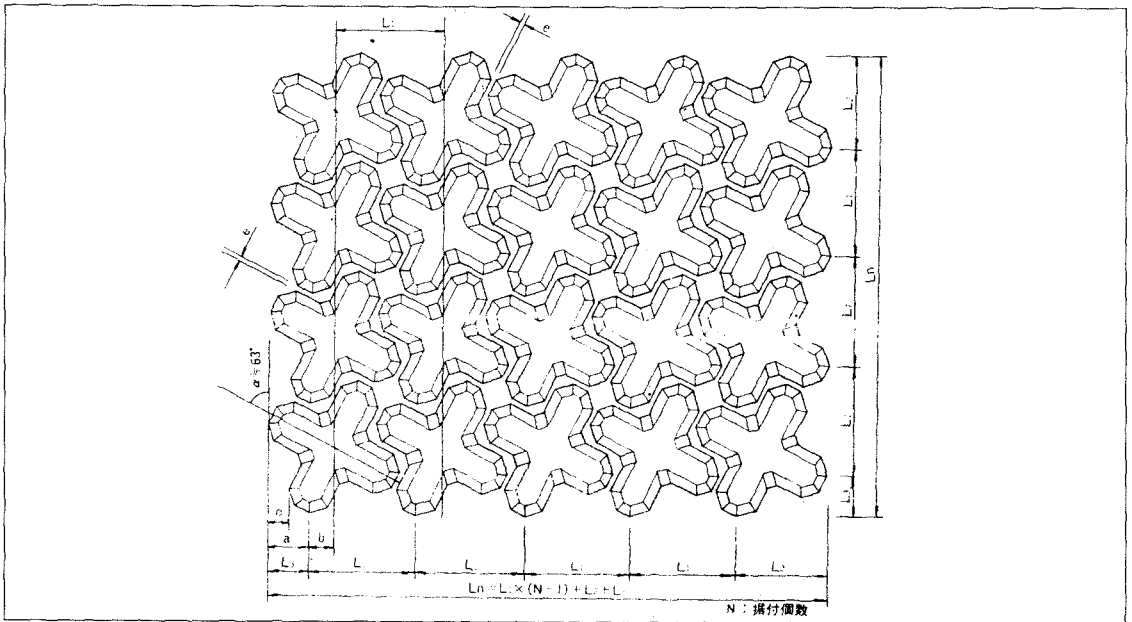
주1) 간격(e)와 다음 값을 표준으로 함. (L : 기본장)

수평부 및 연장방향 : $e = 0.04L$

사면부 : $e = 0.01L$

주2) 위 표는 간격 $e \geq 0.04L$ 로 하여 수평부의 부폭을 산정한 것으로 사면부 사면길이가 필요한 장합은 $e = 0.01L$ 로 하여 별도로 계산에 의하여 구할 수 있다.

○ 교합배열



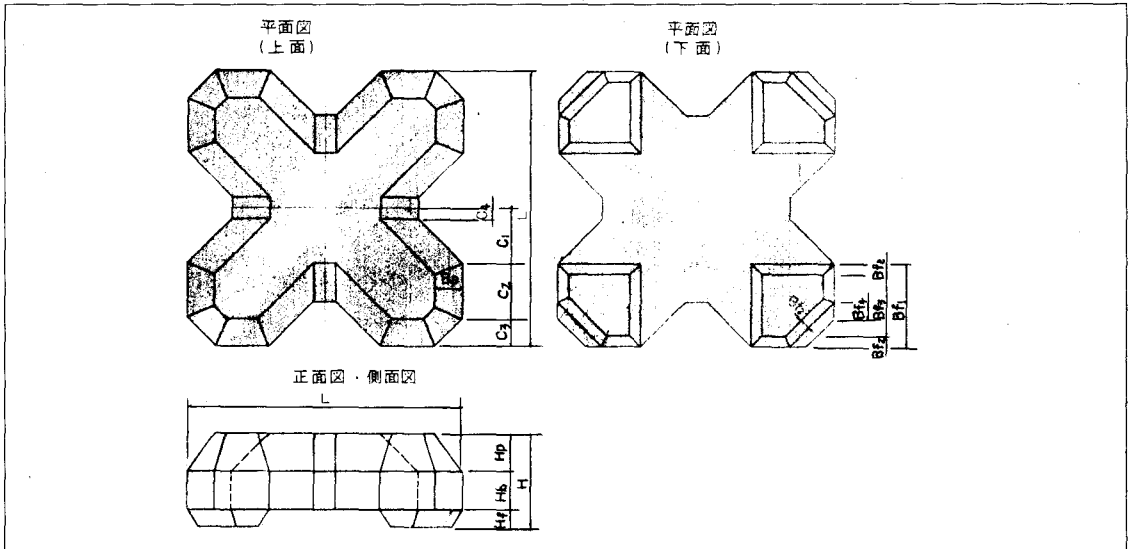
배 열 제 원

(단위 : m)

종 별 (형)	L ₁	L ₂	L ₃ (= a)	b	c	간 격 e(20.02L)	부 폭 L _n = L ₁ × (N-1) + L ₂ + L ₃					
							1개병렬	2개병렬	3개병렬	4개병렬	5개병렬	6개병렬
0.5	0.98	0.83	0.37	0.23	0.18	0.02	1.20	2.18	3.16	4.14	5.12	6.10
1	1.27	1.07	0.48	0.29	0.24	0.03	1.55	2.82	4.09	5.36	6.63	7.90
2	1.56	1.32	0.60	0.36	0.30	0.03	1.92	3.48	5.04	6.60	8.16	9.72
3	1.80	1.53	0.69	0.42	0.34	0.04	2.22	4.02	5.82	7.62	9.42	11.22
4	2.00	1.69	0.76	0.47	0.38	0.04	2.45	4.45	6.45	8.45	10.45	12.45
6	2.24	1.90	0.86	0.52	0.42	0.05	2.76	5.00	7.24	9.48	11.72	13.96
8	2.49	2.11	0.95	0.58	0.47	0.05	3.06	5.55	8.04	10.53	13.02	15.51
10	2.68	2.27	1.02	0.62	0.51	0.06	3.29	5.97	8.65	11.33	14.01	16.69
12	2.83	2.39	1.08	0.66	0.54	0.06	3.47	6.30	9.13	11.96	14.79	17.62
16	3.12	2.64	1.19	0.73	0.59	0.06	3.83	6.95	10.07	13.19	16.31	19.43
20	3.37	2.85	1.28	0.78	0.64	0.07	4.13	7.50	10.87	14.24	17.61	20.98
30	3.85	3.26	1.47	0.90	0.73	0.08	4.73	8.58	12.43	16.28	20.13	23.98

주) 간격(e)는 e=0.02L을 표준으로 함. (L=기본장)

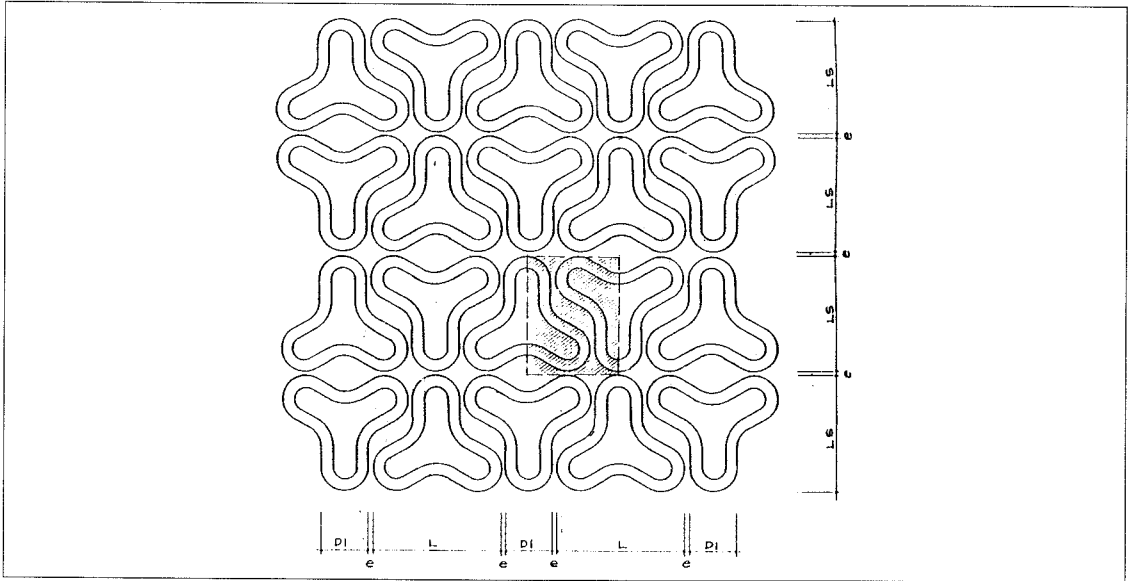
○ X블럭의 형상 및 치수



종 별 (형)	0.5	1	2	3	4	6	8	10	12	16	20	30
실 중 량 W (t)	0.495	1.088	2.028	3.135	4.266	6.025	8.211	10.299	12.078	16.228	20.336	30.522
체 적 V (m ³)	0.215	0.473	0.881	1.363	1.855	2.619	3.570	4.478	5.251	7.055	8.842	13.270
형틀면적 A(m ²)	2.25	3.80	5.76	7.71	9.46	11.91	14.64	17.03	18.94	23.06	26.81	35.14
기 본 장 L (m)	1.00	1.30	1.60	1.85	2.05	2.30	2.55	2.75	2.90	3.20	3.45	3.95
H (mm)	340	442	544	629	697	782	867	935	986	1088	1173	1343
H _p (mm)	140	182	224	259	287	322	357	385	406	448	483	553
H _b (mm)	140	182	224	259	287	322	357	385	406	448	483	553
H _f (mm)	60	78	96	111	123	138	153	165	174	192	207	237
C ₁ (mm)	200	260	320	370	410	460	510	550	580	640	690	790
C ₂ (mm)	200	260	320	370	410	460	510	550	580	640	690	790
C ₃ (mm)	100	130	160	185	205	230	255	275	290	320	345	395
C ₄ (mm)	40	52	64	74	82	92	102	110	116	128	138	158
B _p (mm)	100	130	160	185	205	230	255	275	290	320	345	395
B ₁ (mm)	300	390	480	555	615	690	765	825	870	960	1,035	1,185
B ₂ (mm)	40	52	64	74	82	92	102	110	116	128	138	158
B ₃ (mm)	220	286	352	407	451	506	561	605	638	704	759	869
B ₄ (mm)	60	78	96	111	123	138	153	165	174	192	207	237

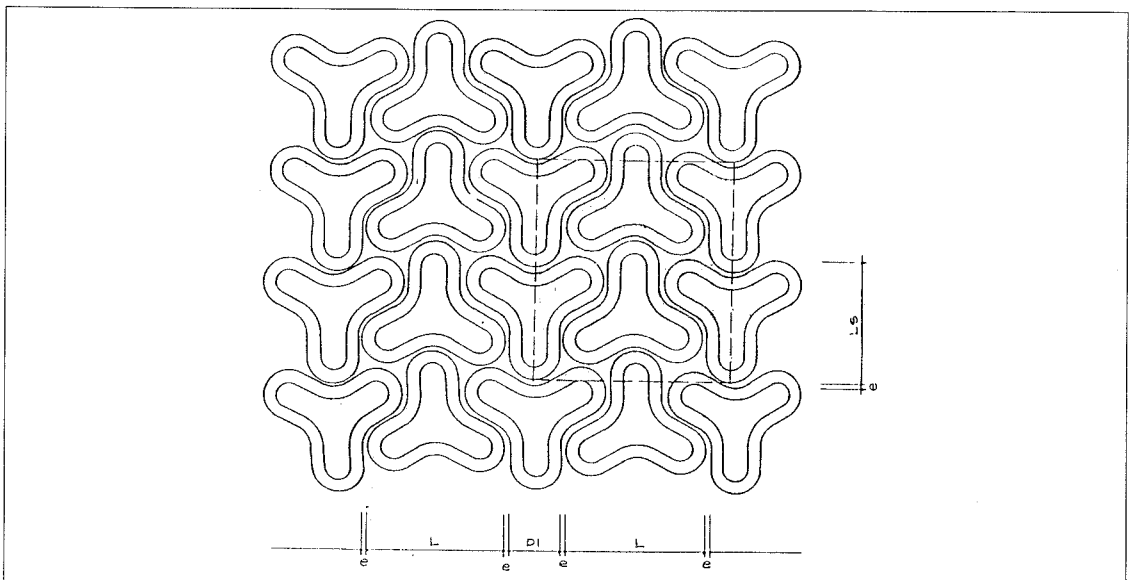
2) 삼각블럭

○ 배열 A



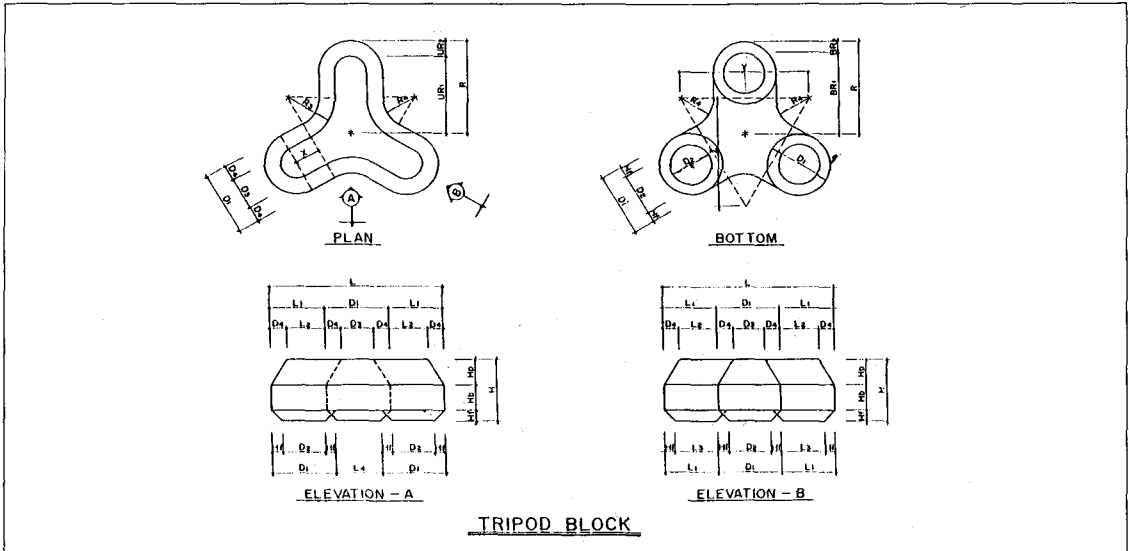
* $e = 0.02 \times L_s$

○ 배열 B



* $e = 0.02 \times L_s$

○ 삼각블럭의 형상 및 치수



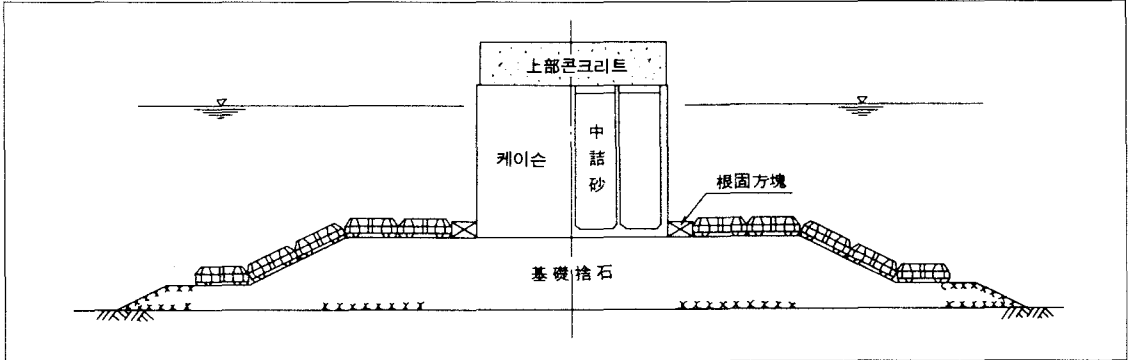
TRIPOD BLOCK

종별 : TON	2	3	5	7	10	13	17	22	27	비 고
실중량 : TON	2.10	3.34	4.99	7.11	9.75	12.98	16.84	21.42	26.76	
체적 : m ³	0.916	1.454	2.171	3.092	4.241	5.645	7.325	9.317	11.637	* LS=R+D1 * 단위 : mm * 콘크리트 단위 중량 =2.3TON/m ³
R	1,080	1,260	1,440	1,620	1,800	1,980	2,160	2,340	2,520	
UR	900	1,050	1,200	1,350	1,500	1,650	1,800	1,950	2,100	
UR ₂	180	210	240	270	300	330	360	390	420	
BR	960	1,120	1,280	1,440	1,600	1,760	1,920	2,080	2,240	
BR ₂	120	140	160	180	200	220	240	260	280	
R ₂	540	630	720	810	900	990	1,080	1,170	1,260	
R ₄	360	420	480	540	600	660	720	780	840	
D ₁	720	840	960	1,080	1,200	1,320	1,440	1,560	1,680	
D ₂	480	560	640	720	800	880	960	1,040	1,120	
D ₃	360	420	480	540	600	660	720	780	840	
D ₄	180	210	240	270	300	330	360	390	420	
H	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	
H _p	240	280	320	360	400	440	480	520	560	
H _b	240	280	320	360	400	440	480	520	560	
H _f	120	140	160	180	200	220	240	260	280	
X	304	355	406	456	507	558	609	659	710	
Y	1,440	1,680	1,920	2,160	2,400	2,640	2,880	3,120	3,360	
Z	1,247	1,455	1,663	1,871	2,078	2,286	2,491	2,702	2,910	
L	1,968	2,294	2,622	2,950	3,278	3,606	3,934	4,262	4,590	
L ₁	624	727	831	935	1,039	1,143	1,247	1,351	1,445	
L ₂	444	517	591	665	739	813	887	961	1,035	
L ₃	504	587	671	755	839	923	1,007	1,061	1,175	
L ₄	528	614	702	790	878	966	1,054	1,142	1,230	

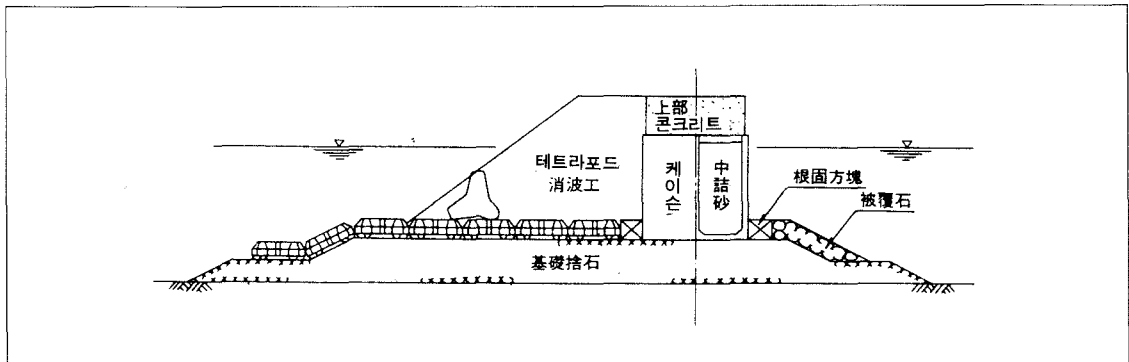
피복재의 용도

혼성제 기초 마운드의 피복

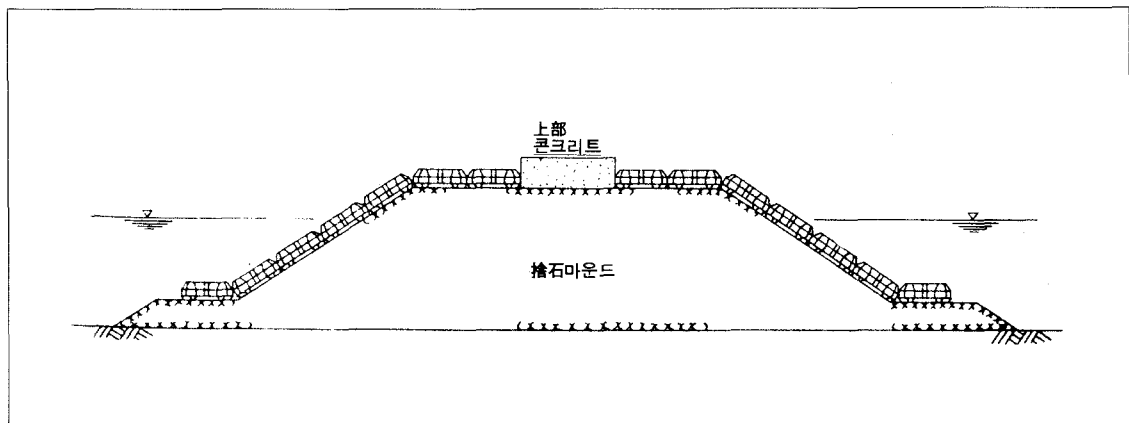
- 소파공이 없는 경우



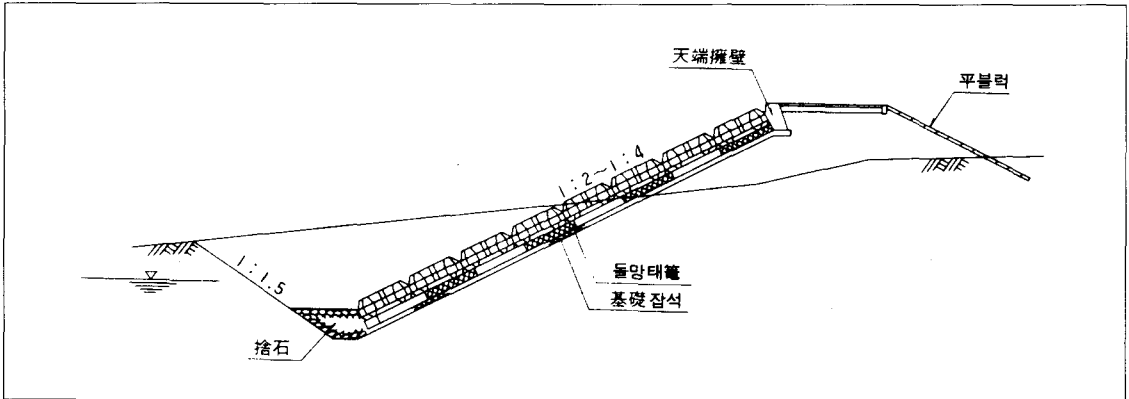
- 소파공이 있는 경우



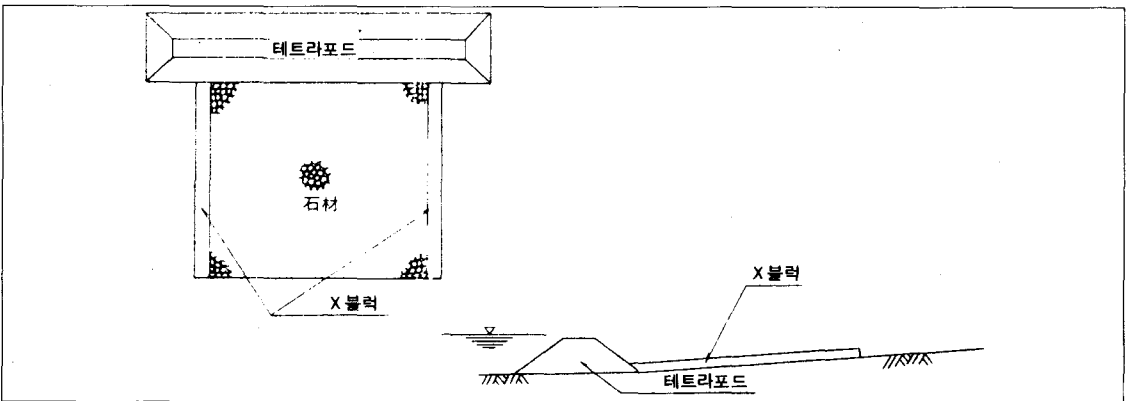
경사제형식의 방파제나 돌제의 피복



해안에 있어서의 완경사의 호안이나 제방

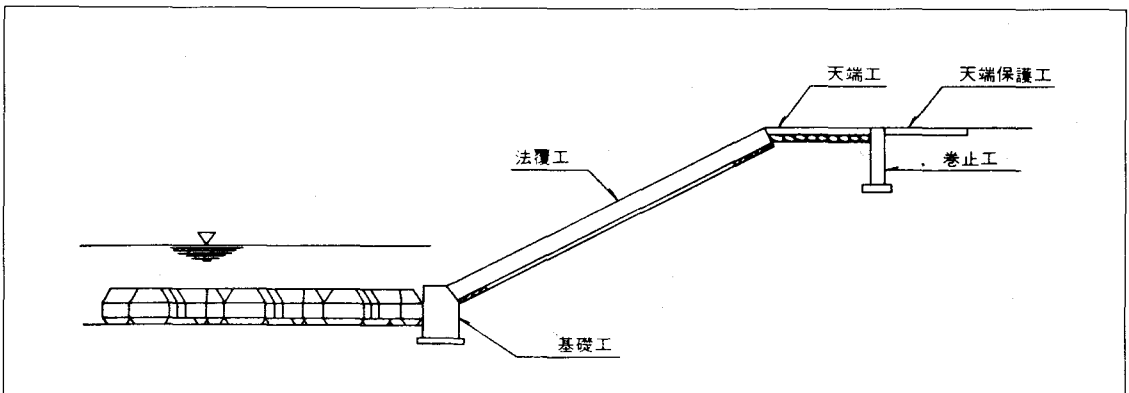


천해 증양식시설

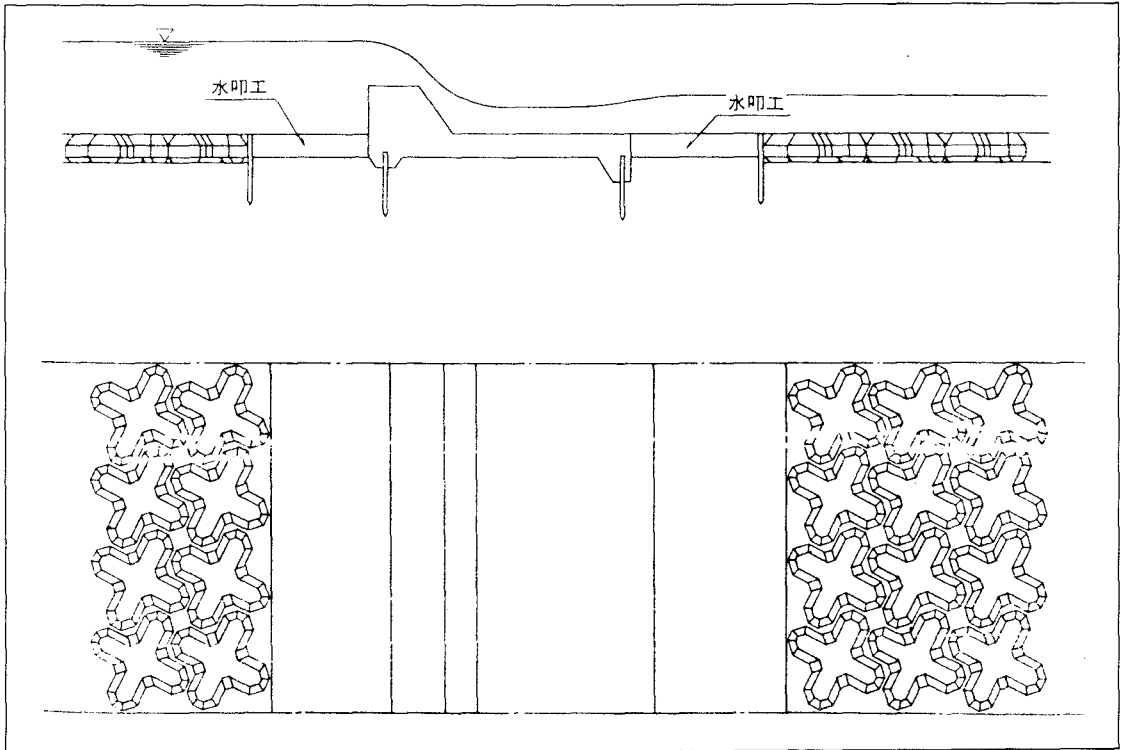


하천에 있어서의 根固工이나 床固工

○ 근고공



○ 상고공



結 言

1960年代로 부터 本格的인 漁港建設이 이루어져 많은 漁港들이 完成된 지금, 지난일들을 뒤돌아 보면 놀랄만한 成果들을 이루기 爲해 勞苦를 아끼지 아니한 關係技術者 特히 建設行政을 擔當하였던 水産廳의 擔當者들에게 讚辭를 보낸다.

어려운 與件下에서 새로운 工法을 과감히 導入하는데 앞장선 분들에게는 敬意를 表한다. 그럼에도 불구하고 마음에 아쉬운 部分을 紙面을 通하여 내보여야 할 必要를 느낀다.

그동안 우리의 實績은 漁港建設에 必要한 技術들을 先進外國으로 부터 導入하여 使用할 수 밖에 없었다. 特히 外廓施設用 被覆材는

“테트라포드”, “트라이바”, “X-블럭” 등 모두 外國의 開發品(特許品)들이었다. 우리손으로 開發한 것이 하나도 없었던 것을 生覺하면, 漁港建設 青年期를 맞는 우리로선 부끄러움이 아니라 할 수 없다. 이웃나라 日本의 境遇를 보면 우리와는 큰 對照를 이룬다.

特色있는 수많은 種類의 블럭을 開發하고, 實際現場에 適用하고 있는 것만도 60餘種에 이르고 있음을 볼때 부러움과 부끄러움이 한꺼번에 몰려온다.

물론, 그들의 外國에 對한 開放이 우리보다 훨씬 앞서있다고는 하지만, 사소한 “아이디어”라도 아끼지 아니하는 風土가 그들에게 오늘이 있게한 것이라 생각된다. 우리도 이제부터라도 이러한 風土를 造成하는데 힘을 기울인다면

늦지는 않았다. 最小限日本技術을 따라 잡아야겠다는 오기스러운 覺悟가 우리에게 必要하다.

우리의 작은 “아이디어”가 소중하게 키워져야 하겠고 失敗나 監査를 意識한 消極的인 態度는 하루속히 우리곁에서 떠나갔으면 좋겠다.

우리가 開發하여야할 分野가 너무나 많이 남아있다. 어느 “그룹”의 말처럼 “세상은 넓고 할일은 많다”는 것처럼 말이다. 漁港建設 分野에서도 被覆材, 消波物揚場, 等に 對하여 많은 “우리의 것”이 나와야 하겠고, 이들에 뒷받침과 격려를 아끼지 않는, 더 나아가 積極的으로 開發을 要求하는 風土가 하루속히 造成되기를 간절히 바란다. ㉔