

# 삼각블록을 이용한 방파제 및 호안의 중간피복공법<上>

정 공 일 / 주식회사 한아엔지니어링 대표이사

## I. 삼각블록의 개발배경

항만의 대표적인 외곽시설인 방파제는 구조형식상 직립제, 경사제, 혼성제, 그리고 소파 Block제로 대별되고, 경사제는 사석식 경사제와 Block식 경사제가 있다. 이중 국내에 시공사례가 가장 많은 사석식 경사제는 이형블록, 중간피복석, 내부사석으로 이루어져 있다. 경사제는 내습 파랑의 에너지 감쇠, 반사파 발생의 억제, 그리고 처오름 높이의 저감 등의 목적으로 표층을 이형블록으로 시공하는데, 이형블록의 중량은 내습 파랑의 입사 조건에 따라 결정된다. 항만 및 어항설계기준의 피복재 산정식인 Hudson공식은 다양한 입사파랑 조건하의 실험적

연구로부터 제안된 안정계수 ( $K_D$ )를 사용하여 중량을 산정한다. 실제 설계에 적용하기 위한 중량은 공식에 의해 산정된 소요 중량을 수리모형실험을 통해 검증하는 것이 보통이다. 중간 피복석은 이형블록의 중량의 1/10에서 1/15정도를 사용하고, 내부 사석은 이형블록중량의 1/200에서 1/6000을 사용하고 있다.

이중 중간 피복석은 자연석으로 시공하는 경우가 일반적이지만, 기존항만의 증·개축이나 거대 신항만 건설시 설계파고의 증가에 따라, 이형블록의 소요중량이 증가하고 이에 따른 중간 피복석의 소요중량 또한 증가하여, 거대 자연석이 요구되고, 거대 자연석의 수급이 용이하지 않은 경우 중간

피복 블록을 자연석 대신 사용하여 시공하는 사례가 늘고 있는 실정이다.

국내에서는 1980년대까지 중간피복재에 대한 개발이 이루어지지 않았기 때문에 일본 테트라포드사가 개발한 X블록 등을 사용하는 실정이었다. 그런데 X블록은 효율적인 양압력의 제어가 가능하여 경제적인 단면 구성이 용이하나 지지형태가 사면지지로 요철이 심한 사석면 등에 거치시 3면만 지지가 이루어져 효율적인 하중분산이 어려워 절손 등 파손이 발생되었다. 이에 효율적인 양압력 제어 및 삼면에 의한 효율적인 지지 등을 보완하여 구조적 및 수리적으로 안정한 삼각블록을 고안하게 되었다.

고안된 삼각블록의 중량산정

등은 X블록의  $K_D$ (안정 계수) 값을 준용하여 1980년대 후반 부터 현재까지 설계 및 시공 현장에 적용하여 왔다. 이는 고안된 삼각블록의 형상이 X블록과 비슷한 배열방법 및 공극률을 가지고 있었기 때문이다.

본고에서는 삼각블록의 제원

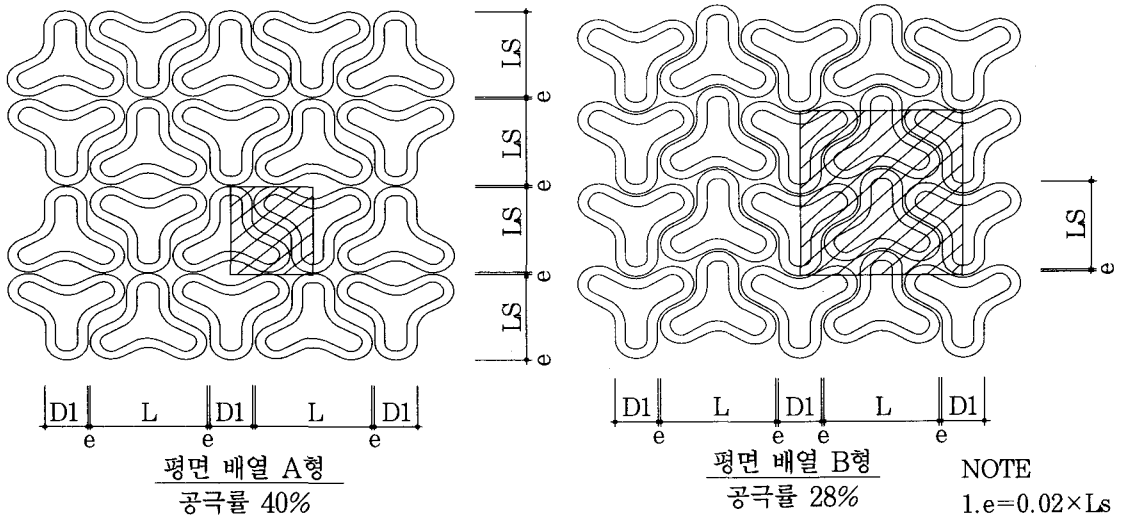
에 거치시 및 완성시(외곽피복 재 거치후)에 삼각블록의 절손 등에 대한 구조안정성을 검토 하고 수리안정성 실험을 통해 각 파랑에 따른 보다 정확한 삼각블록의 중량산출을 할 수 있도록 정량적인  $K_D$ 값을 도출 하였다. 수리안정성 실험은 2000년 한국수자원학회 학술

발표회 논문집에 수록된 "수리 모형을 통한 경사방파제 중간 피복블록의 안정성 검토"(최현, 김규한, 정공일) 논문을 정리 수록하였다.

또한 국내건설공사에서 적용한 사례를 개략 정리하고 향후 삼각블록의 사용 전망을 살펴 보았다.

## II. 삼각블록의 제원

### 1. 삼각블록의 배열방법



〈그림-1〉 삼각블록의 거치방법

### 2. 배열방식에 따른 거치갯수 산정식

#### ① A형 배열

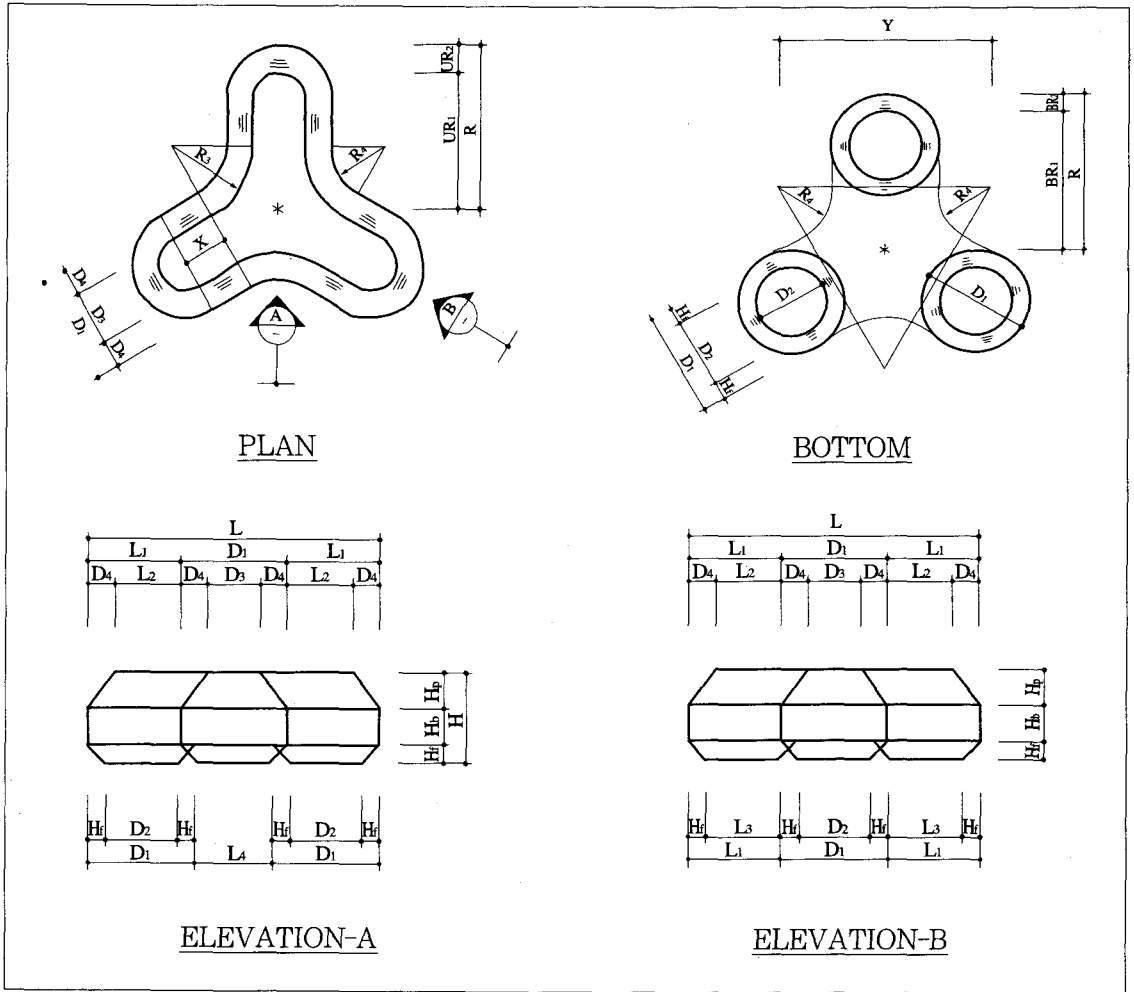
$$N = \frac{A(\text{단면적})}{(L_s + e) \times (L/2 + D_1/2 + e)}$$

#### ② B형 배열

$$N = \frac{A(\text{단면적})}{L + 2D_1 + 2e \times (2R + 2e \times \sqrt{(Y/2)^2 + (Y/2 \times \text{TAN}30^\circ) - 2R_4}) \div 4^{EA}}$$

〈표-1〉 삼각블록의 톤급별 제원

톤 급 (ton)	2	3	5	7	10	15	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	
실체적 (m <sup>3</sup> )	0.916	1.454	2.171	3.092	4.241	5.645	7.325	9.317	11.637	
R	1,080	1,260	1,440	1,620	1,800	1,980	2,160	2,340	2,520	*LS= R+D <sub>1</sub>
UR <sub>1</sub>	900	1,050	1,200	1,350	1,500	1,650	1,800	1,950	2,100	*단위 : mm
UR <sub>2</sub>	180	210	240	270	300	330	360	390	420	
BR <sub>1</sub>	960	1,120	1,280	1,440	1,600	1,760	1,920	2,080	2,240	*콘크리트 단위중량 : 2.3ton/m <sup>3</sup>
BR <sub>2</sub>	120	140	160	180	200	220	240	260	280	
R <sub>3</sub>	540	630	720	810	900	990	1,080	1,170	1,260	
R <sub>4</sub>	360	420	480	540	600	660	720	780	840	
D <sub>1</sub>	720	840	960	1,080	1,200	1,320	1,440	1,560	1,680	
D <sub>2</sub>	490	560	640	720	800	880	960	1,040	1,120	
D <sub>3</sub>	360	420	480	540	600	660	720	780	840	
D <sub>4</sub>	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 <sub>P</sub>	240	280	320	360	400	440	480	520	560	
H <sub>b</sub>	240	280	320	360	400	440	480	520	560	
H <sub>f</sub>	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 <sub>1</sub>	624	727	831	935	1,039	1,143	1,247	1,351	1,445	
L <sub>2</sub>	444	517	591	655	739	813	887	931	1,035	
L <sub>3</sub>	504	587	671	735	839	923	1,007	1,051	1,175	
L <sub>4</sub>	528	614	702	790	878	966	1,054	1,142	1,230	



〈그림-2〉 삼각블록의 형상 및 치수

### Ⅲ. 구조 안정성 검토

#### 1. 검토 배경

일반적인 방파제의 단면구성은 사석제체, 흡출방지용 피복석, 중간피복재, 외곽피복재로 구성되며 시공 순서는 사석제체 → 흡출방지용 피복석 → 중간피복재 → 외곽피복재 순으로

시공이 이루어지고 있다. 따라서 중간 피복재에 작용하는 하중은 외곽피복재 거치시의 피복재에 의한 충격하중과 단면 완성후 파랑 등에 의한 충격하중으로 대별될 수 있다.

이러한 시공단계에 따른 외력에도 견딜 수 있어야 하므로 상기에서 언급한 하중에 대하

여 삼각블록의 전단응력, 인장응력을 검토하였다. 검토대상 삼각블록은 삼각블록 위에 거치될 외곽 피복재의 최대 무게가 T.T.P일 경우 64ton(실중량 58.9ton)이므로 이에 대응할 중간피복재의 중량은 7ton 정도이기 때문에 실제공사에서 사용되는 2~7ton급을 대

상으로 검토하였다.

## 2. 검토조건

국내 현장에서 주로 사용하고 있는 T.T.P를 외곽피복재로 가정하여 2단 피복을 기준으로 응력검토를 하였다. 응력검토는 허용응력설계법을 적용하였는데, 작용하중은 외곽피복재 자중에 충격하중 10%를 더하여 함께 작용시켰으며 파랑에 의한 하중은 수평하중으로서 자중에 충격하중을 더

한 수직하중에 비해 상대적으로 작으므로 검토에서는 생략하였다.

〈표-2〉 콘크리트의 허용응력

(단위 : kg/cm<sup>2</sup>)

구분	압축	전단	휨인장
허용응력	240	3.87	6.51

## 3. 검토결과

검토결과 각 제원에 작용하는 전단응력은 허용전단응력에 35~48%, 휨인장응력은

휨인장응력에 65~92%로 나타났다. 이는 외곽피복재의 엇물림에 의한 효과를 고려하지 않은 경우이므로 실제로는 계산 결과보다 여유가 있을 것으로 판단되지만 실제 적용시 보다 상세한 검토가 필요할 것으로 사료된다.㉠

〈다음호에 계속 : Ⅳ. 수리 안정성 검토, Ⅴ. 국내 건설공사 사례, Ⅵ. 건설공사 활용 전망〉

〈표-3〉 응력검토 결과

삼각블록 (ton)		2	3	5	7	비 고
외곽 피복재 (T.T.P, ton)		20(18.4)	32(28.75)	50(46)	64(58.9)	( )안은 실 중량
환산폭 (b <sub>0</sub> , cm)		72.0	84.0	96.0	10.8	b <sub>0</sub> = D <sub>1</sub>
유효 높이 (d, cm)		48.0	56.0	64.0	72.0	d = H <sub>b</sub> + H <sub>p</sub>
단면 2차 모멘트 (I, cm <sup>4</sup> )		5.233 × 10 <sup>-3</sup>	9.695 × 10 <sup>-3</sup>	1.654 × 10 <sup>-2</sup>	2.649 × 10 <sup>-2</sup>	
단면 계수 (Z, cm <sup>3</sup> )		1.991 × 10 <sup>-2</sup>	3.162 × 10 <sup>-2</sup>	4.719 × 10 <sup>-2</sup>	6.720 × 10 <sup>-2</sup>	
전 단 검 토	전단력 (ton)	4.75	7.43	11.84	15.24	
	전단응력 (τ, kg/cm <sup>2</sup> )	1.37	1.58	1.93	1.86	
	판 결	O.K	O.K	O.K	O.K	
휨 인 장 검 토	모멘트 (ton·m)	0.84	1.53	2.79	4.04	
	휨인장응력 (σ <sub>b</sub> , kg/cm <sup>2</sup> )	4.22	4.84	5.91	6.01	
	판 결	O.K	O.K	O.K	O.K	