

곡면 호안 블록의 특성에 관한 실험적 연구

o 김영환¹⁾, 박상길²⁾, 윤희택³⁾

1. 서론

해안 및 하천에는 방재를 위한 Concrete Block이 설치되어 있는 것을 흔히 볼 수 있다. 그러나, 우리 나라의 해안 및 하천에 사용중인 Concrete Block은 전체가 외국의 학자 및 회사가 개발하여 특허권을 가지고 있기 때문에 이를 제작하여 사용할 경우, 특허료를 지불해야하는 등의 조건이 있으므로 제작단가가 매우 높게 책정된다. 더구나, 현재의 우리 나라 하천 및 해안에 사용중인 Concrete Block은 대부분이 단순한 방재용이며, 우리 나라의 실정에 맞게 사용하기에는 충분한 실험을 거쳐야 한다. 국민 소득이 향상되고 해안 및 하천 주변이 공원화 되어 가는 우리 나라의 현실에 비추어 볼 때 방재와 환경을 동시에 만족시켜야 하는 필요성이 대두되고 있다. 본 연구는 이러한 실정에 맞추어 환경개선 지역의 호안 등에 설치할 수 있고, 낙동강 주변과 같은 도시 인접지역의 고수부지를 공원화하여 시민의 정서함양에 도움이 될 수 있는 Concrete Block을 제작하고 실험을 통하여 제반 특징을 규명한다.

이러한 Concrete Block에 요구되는 특징은 블록의 안정성을 기본으로 하여, 호안 및 하천 하상에서는 세굴을 방지하고, 호안의 수면부근에서는 친수성으로서 사람이 접근하기 쉽고, 안전하게 휴식을 취할 수 있는 형태를 갖추어야 한다.

2. 개발 Concrete Block의 특징

1) 블록 개발의 필요성(개발방향)

재래식 간척 및 매립은 연안 간사지를 소멸시켜 수중생물의 산란 및 서식지를 훼손시킴으로서 생태계를 파괴한다. 아울러 연안역 해수의 자정능력을 감소시켜 수질의 악화를 초래한다. 향후 간척, 매립 또는 호안을 축조할 때는 외해측에 수심이 얇고 경사가 완만한 해저환경을 새롭게 조성해야할 필요도 있다. 또한 국민의 휴식공간을 마련하기 위해서 보다 접근이 용이한 친수공간 개발

1) 부산대학교 일반대학원 청정공학 협동과정 석사 2년

2) 부산대학교 공과대학 토목공학과 교수

3) 삼안건설 대표이사

기술의 필요성이 증가되고 있으며 호안 구조물의 형식도 직립식 보다 경사식이, 일반 경사식보다 통행이 용이한 계단식 구조 형식이 요구된다. 부산광역시 수영구 민락동에 위치한 메립호안의 친수성 호안에서 사용된 TTP블록 및 유공블록이 그 한 예가 된다.

2) 개발 블록의 특징

본 연구를 통하여 개발한 블록의 개략적인 특징을 요약하면 다음과 같다.

먼저, TTP와 마찬가지로 블록을 설치함으로써 고파랑이 소파되면서, 에너지 소멸을 유발하여 해안 구조물을 보전하는데 기여할 수 있다.

둘째, 블록을 설치하여도 낮은 천단고를 유지할 수 있어 해양으로의 시야방해를 감소시킬 수 있다.

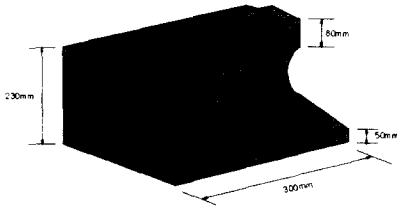
셋째, 파력에 의한 전도 혹은 파괴에 대하여 안전하다.

넷째, 반조시에는 TTP의 역할을 할 수 있어야하고, 간조시에는 국민의 휴식공간으로 제공될 수 있다.

다섯째, 블록 설치의 목적에 따라 설치의 형태가 몇 가지로 바뀔 수 있어 설치형태에 융통성이 있다.

3) 블록의 형상

실제모양



측면도

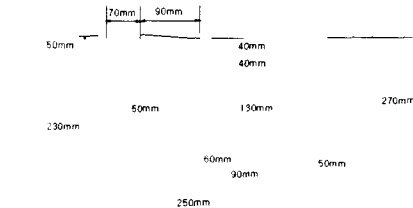


그림 1. 블록의 형상과 치수

파의 파력이 클 경우 밀려나는 현상을 대비할 수도 있다.

블록의 형태는 <그림1>에서 보는 바와 같이 전면 에 경사판이 있으며 파가 입사하는 수직벽은 타원형의 곡면으로 이루어져 있다. 이는 전면의 경사판에서 수심을 얕게 함으로써 파력을 감소시키고, 이를 지난 파를 타원형의 초점으로 모으게 함으로써 파의 크기를 상쇄해 보겠다는 의도이다.

블록의 상부후면에 계단처럼 되어 있는 것은 블록을 2단 이상으로 설치할 때를 대비한 모양이다. 실제로 블록을 1단으로 설치하면 천단고가 높아지고 또한, 블록 자체의 높이가 상당히 커져야 하므로 친수성이라는 목적에 부적합하게 된다. 따라서, 블록의 높이를 줄이고 친수공간으로서의 목적에도 부합하기 위해서는 블록을 다단으로 설치해야한다. 여기서, 첫째 단의 상부에 그냥 블록을 설치할 경우는 전면 에 입사하는

4) 블록의 안정성 검토

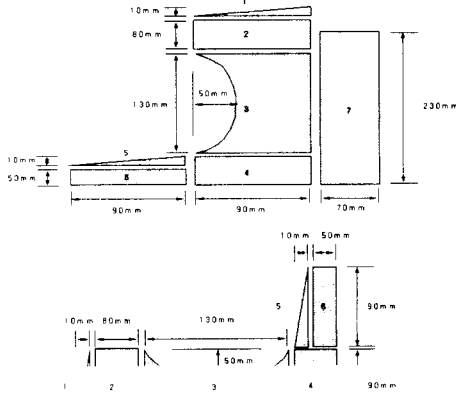


그림 2. 설치 유형A(위)와 유형B(아래)의 블록 분해도
치함을 알 수 있다. 특히, 유형B의 경우는 상당히 안정하다.

블록의 유형에 따른 안정성을 검토하기 위하여 먼저 <그림2>와 같이 분해하여 중량에 대한 블록의 모멘트를 계산한다. 여기서, 좌의 진행방향은 왼쪽에서 오른쪽이다. 첫 번째 유형의 경우는 곡면부에 수직으로 입사하게 되며, 다음의 경우에는 경사판에 수직으로 입사하게 된다.

다음의 <표1>는 유형에 따른 중량에 대한 모멘트 값을 계산한 것이다. 특히 유형B의 경우는 곡면부의 계산에 어려움이 따르므로 별도로 계산하여 표를 작성하였고, 그 계산은 표 아래에 계산해 두었다. <그림 2>에 표시된 번호와 명칭은 편의상 붙인 것이다. 그리고, 그림에 표시된 치수는 mm이나 계산시에는 m 단위로 환산하여 계산하였다. 아래의 계산에서 알 수

표 1. 유형 A의 경우 모멘트 계산

번호	명칭	V(m ³)	W(ton)	y계산식	y(m)	M(t·m) [W×y]
1	상부 경사판	0.0001350	0.0003105	(270+10*3 ⁻¹)/1000	0.2733	0.00008487
2	블록 상판	0.0021600	0.0049680	(60+130+80*2 ⁻¹)/1000	0.2300	0.00114264
3	블록 곡면부	0.0027443	0.0063119	(60+130*2 ⁻¹)/1000	0.1250	0.00078899
4	곡면 기초	0.0016200	0.0037260	(60*2 ⁻¹)/1000	0.0300	0.00011178
5	하부 경사판	0.0001350	0.0003105	(50+10*3 ⁻¹)/1000	0.0533	0.00001656
6	블록 전면 기초	0.0013500	0.0031050	(50*2 ⁻¹)/1000	0.0250	0.00007763
7	블록 후벽	0.0048300	0.0111090	(230*2 ⁻¹)/1000	0.1150	0.00127754
합 계		0.0129743	0.0298409	-	-	0.00350001

표 2. 유형 B의 경우 모멘트 계산

번호	명칭	V(m ³)	W(ton)	y계산식	y(m)	M(t·m) [W×y]
1	전면 하부 경사판	0.0001350	0.0003105	(70+90*3 ⁻¹)/1000	0.1000	0.00003105
2	전면 하부 기초	0.0021600	0.0049680	(70+90*2 ⁻¹)/1000	0.1150	0.00057132
3	블록 곡면부	0.0027443	0.0063119	* 별도 계산 *	0.1084	0.00068399
4	곡면부 기초	0.0016200	0.0037260	(70+90*2 ⁻¹)/1000	0.1150	0.00042849
5	전면 상부 경사판	0.0001350	0.0003105	(70+90+90*3 ⁻¹)/1000	0.1900	0.00005899
6	전면 상부 기초	0.0013500	0.0031050	(70+90+90*2 ⁻¹)/1000	0.2050	0.00063653
7	블록 기초	0.0048300	0.0111090	(70*2 ⁻¹)/1000	0.0350	0.00038882
합 계		0.0129743	0.0298409	-	-	0.00279919

* 유형 B에서의 별도 계산식 *

$$0.09 * \frac{1}{2} * 0.008073 - [0.04 + (0.05 - \frac{4 * 0.05}{3\pi})] * 0.001761 = 0.00024215 = 0.0063118 * y'$$

$$y' = 0.0383650 \quad \therefore y = 0.07 + y' = 0.07 + 0.0383650 = 0.1083650 \approx 0.1084$$

● 유형에 따른 중심 계산

· 유형 A : $y = \frac{M}{W} = \frac{0.0035000}{0.0298410} = 0.1172886 \approx 0.117m = 117mm$

· 유형 B : $y = \frac{M}{W} = \frac{0.0027992}{0.0298410} = 0.0938036 \approx 0.094m = 94mm$

3. 블록에 대한 2차원 수리 실험

1) 월파랑 실험

다음의 <그림3>은 개발 블록의 월파랑을 도식화 한 것이다. 실험의 조건은 주기를 1.0, 1.2, 1.5초로 하고 수심은 14cm ~ 23cm로 하였으며 심해파의 파고는 2 ~ 14cm로 하였다. 그러나, 그림에서 나타난 바와 같이 블록의 월파랑이 거의 없어 중복되는 데이터가 많다. 또한, 월파랑이 없는 경우 0으로 표시해야하나 그림은 반대수 좌표로 되어 있으므로 그 값을 허용 월파랑의 한계치보다 작은 0.000001로 두고 Plot하였다.

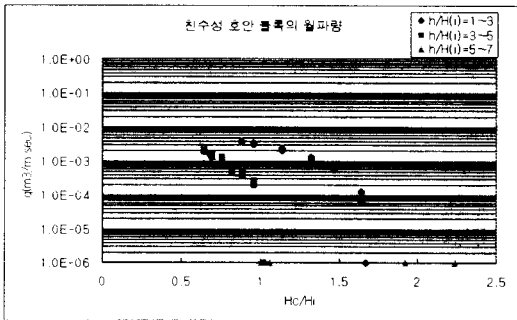


그림 3. 블록의 월파랑

그림에서 알 수 있는 바와 같이 $\frac{h}{H_c}$ 의 값이 6이상일 경우 월파랑은 없다. 그리고, 그 이외의 경우에는 반대수 좌표에서 직선형태로 나타난다. 그리고, 모든 데이터값이 허용 월파랑 한계인 0.05 ($m^3/m \cdot sec$)보다 적은 0.01이하의 값을 가지고 있어 월파에 대하여 안전하다.

그림에서 알 수 있는 바와 같이 $\frac{h}{H_c}$ 의 값이 6이상일 경우 월파랑은 없다. 그리고, 그 이외의 경우에는 반대수 좌표에서 직선형태로 나타난다. 그리고, 모든 데이터값이 허용 월파랑 한계인 0.05 ($m^3/m \cdot sec$)보다 적은 0.01이하의 값을 가지고 있어 월파에 대하여 안전하다.

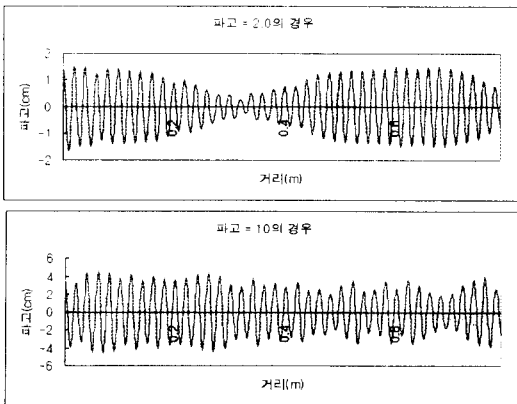


그림 4. 블록의 지점별 파고

2) 반사율 측정 실험

반사율은 제작된 블록의 전면이 곡선 형태를 이루기 때문에 반드시 실험되어야 하는 사항이다. 아래의 <그림>은 반사율 측정을 위해 실험한 결과 그래프이다. 실험의 조건은 Hc를 13cm로 하고 주기는 1.0초 그리고, 파고는 각각 2cm와 10cm로 하였을 때의 그래프이다. 그림에서 주기를 1초로 할 경우 1파장의 길이 1.56m의 거리에 걸쳐 조사한 파고의 크기를 나타내고 있다.

파고10cm의 경우에는 중복파의 영향으로 파고의 균파현상이 생기고 있으며 정확한 반사율을 구하기가 힘들다.

파고2cm의 경우 $H_{max}=3.29\text{cm}$, $H_{min}=0.52\text{cm}$ 이다. 따라서, 반사율(K_r)은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$K_r = \frac{H_{max} - H_{min}}{H_{max} + H_{min}} = \frac{3.29 - 0.52}{3.29 + 0.52} = 0.727$$

이 값은 아래의 반사율 개략치를 나타낸 <표3>과 비교하면 상당히 크다.

표 3. 반사율의 개략치

구조형식	반사계수	구조형식	반사계수
직립벽(천단은 정수위면)	0.7~1.0	이형 소파블록 사면	0.3~0.5
직립벽(천단은 정수면 아래)	0.5~0.7	직립 소파 구조물	0.3~0.8
사석사면(1:2~3경사)	0.3~0.6	천연해빈	0.05~0.2

4. 결론 및 향후 연구방향

제작된 블록은 구조적 안정성과 월파에 대한 안정성을 가지고 있으나 반사파의 영향으로 중복파가 생겨 입사파고가 클 경우는 블록 전면에 상당한 고파랑이 유발되어 안전하지 못하다. 월파랑의 경우에는 어떠한 조건에서도 허용한계 내에 있어 안전함을 보이는 것이 특징이다. 그리고, 문 제점으로 남는 반사파의 영향을 최소한으로 줄이기 위해서는 블록의 곡면부에 직접파를 통과시킬 수 있는 공간을 만들거나 블록의 표면을 매끄럽지 않게 하여 조도를 높임으로써 쇄파를 유도해야 한다.

5. 참고 문헌

- 朴相吉(1987), 面的防禦工法による海岸防災効果に關する基礎的研究, pp. 62~67
- Yoshimi Goda(1995), 不規則波와 港灣 構造物の 設計, pp. 24~28, 88~95, 161~163, 210~211, 317~323
- Robert G. Dean, Robert A. Dalrymple(1984), Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists, pp. 90~93
- Kiyoshi Horikawa(1993), 海岸工學, pp. 24~27, 131~137, 361~365