

## 환경친화적 블록에 관한 연구

### A Study on the Environmentally Friendly Block

한운우\* · 이기세\*\* · 안태봉\*\*\*

Han, Woon-Woo · Lee, Kee-Se · Ahn, Tae-Bong

#### Abstract

The characteristics of environmentally friendly block, roughness, erosion, stability and dissolved oxygen(DO) were investigated by hydraulic experiment. It was found that the roughness of A-block was lower than I block and A block was more stable to the variation of flow. So it is expected that A-block will be more effective to the channel flow. It was also found that the erosion of channel bed was very small or rarely occurred and stable in the case of 3-dimensional A-block filled with sand. And 3-dimensional A-blocks assembled with A-blocks were more stable against the flow force than I block because of the united force of A-blocks. When the bed of channel was paved with 3-dimensional A-blocks, DO was increased higher than I block. So it is expected that A-block will be more advantageous to underwater environment than I block.

**Keywords** : Environmentally friendly block, Roughness, Erosion, DO(dissolved oxygen)

#### 요 지

환경친화적 블록에 대한 조도, 세굴, 수류에 대한 안정성, 수중 DO농도 등 특성을 수리실험을 통하여 분석하였다. 2형 블록의 조도계수는 I형 블록의 조도계수보다 낮았고 2형블록이 흐름에 더 안정적인 것으로 나타났다. 따라서 2형블록이 수로의 흐름 소통에 더 효율적일 것으로 기대된다. 2형 블록에 모래를 채운 경우 수로 바닥의 세굴은 매우 작거나 거의 일어나지 않았으며 안정적인 형태를 유지하였다. 2형 블록을 조립한 2형 블록 입체형은 블록간의 결속력으로 인해 수류에 대해 안정하다고 할 수 있다. 2형 블록을 수로 바닥에 설치한 경우는 I형 블록을 설치한 경우보다 수중의 DO농도가 증가하였다. 따라서 2형블록이 I형 블록보다는 수중환경에 유리할 것으로 판단된다.

**주요어** : 환경친화적 블록, 조도, 세굴, 용존산소

\* 정회원 · 대전대학교 환경생명공학과 교수

\*\* 비회원 · 대전대학교 토목공학과 교수

\*\*\* 정회원 · 우송대학교 철도건설환경공학과 조교수

## 1. 서 론

과거 우리나라 대부분의 하천 개발과 정비는 친수성 및 수환경을 고려하지 않은 채 홍수 시 흐름소통의 원활함을 주목적으로 하안 및 하상정비를 실시해 왔다.

그러나 최근 환경친화적 자연형 하천개발 및 복구에 대한 관심이 증대되면서 이에 관한 많은 연구가 진행되고 있으며 오산천, 경안천 등에 자연형 하천정비사업을 시범적으로 실시하는 등 많은 하천에 환경친화적 사업을 실시하였다. 환경친화적 자연형 하천공사 중 관심을 집중시킨 청계천 복원공사는 현재 공사가 거의 완료시점에 이르고 있으며 복개된 상태에서 하천으로서의 기능을 상실한 채 방치된 하천이 환경친화적 하천으로 복구된 대표적 사례이다. 또한 하천법을 개정하여 하천공사 시행 시에 환경친화적 공법을 사용하도록 의무화하는 등 많은 노력을 기울이고 있어 향후 단순한 형태의 콘크리트 블록으로 건설되어 자연생태계의 기능을 제대로 갖추지 않은 획일화된 하천은 사라질 것으로 전망된다. 그러나 이러한 현 시점에서 아직도 많은 곳의 하천정비에 친수성과 주변 환경과의 조화에 적지 않은 문제점을 내포한 개발이 진행되고 있는 실정이다.

하천의 하안과 하상은 흐름에 의해 침식, 세굴 등이 발생하는데 이를 보호하기 위한 주요 골재로는 자연 및 인공재료가 이용되어져 왔다. 이러한 보호용 골재는 사석, 돌망태, 콘크리트 옹벽, 블록 등을 들 수 있는데 이중 과거에 시공된 대부분의 콘크리트 옹벽이나 블록 등은 하천 생태계에 악영향을 미치며 사석이나 돌망태 등은 자연하천에 비해 조도계수가 높고 유수의 저항력에 문제점이 있다.

최근 자연형 하천개발 및 복구에 대한 많은 연구가 진행되면서(김혜주, 1997 ; 이삼희, 1996 ; 심우경 등, 2004 ; 환경부, 1998) 환경친화적 하상 및 호안 블록에 대한 연구가 활발히 진행되어(대전대 환경문제연구소, 2002 ; 박석균 등, 2002 ; 백충철 등, 1999) 여러 형태의 콘크리트 블록 등 많은 친환경성 블록이 출원되고 실제 하천에 시공되고 있다. 1997년도에 8건에 지나지 않던 출원건수가 2001년도에는 147건이나 출원되는 등 날로 증가 추세이다. 그러나 개발된 블록의 대부분은 콘크리트를 이용한 블록이며 생태계에 악영향을 주지 않는 황토나 기타 친환경성 소재를 이용한 친환경 블록 개발은 아직 미미한 단계이다. 따라서 친환경성 재료를 이용한 블록의 개발 및 블록의 구조적 안정, 흐름에 대한 안정성, 친환경성에 대한 검토에 대한 많은 연구가 필요하다.

본 연구에서는 하안의 보호공으로 사용될 경우 블록의 공

간에 식재 또한 가능하여 주변 하천환경과 조화를 기할 수 있고 하상 및 호안의 세굴방지, 수중부 등에 활용이 가능한 환경친화적 블록인 2형 블록에 대한 조도, 세굴, 흐름에 대한 안정성 등 수리학적 특성과 수중 DO농도의 변화 등 친환경적 특성을 실험을 통하여 고찰하고 기존의 콘크리트 블록인 1형 블록과 비교 분석하였다.

## 2. 친환경적 블록

하천이나 강변의 호안공사에는 콘크리트가 대부분 사용되고 있다. 그러나, 최근 환경이 큰 사회적인 문제가 되어 생태계에 있어서의 물질순환 혹은 식물연쇄의 중요성이 인식되고 있어 콘크리트 구조물에도 자연과의 조화나 생태계 보전을 가능하게 하는 기능이 요구되고 있다.

이에 따라 최근 생태계의 보전, 회복을 목적으로 자연형 하천 만들기가 진행되고 있으며, 콘크리트 구조물에 있어서도 어소효과를 부가한 호안, 식생호안, 어도 등이 많이 만들어지고 있다. 담수생물의 서식환경을 조성하기 위한 친환경성 콘크리트로서 이용될 수 있는 것은 콘크리트 구조물 바닥에 자갈 등 석재를 깔아 크고 작은 수중공간을 만들어 줌으로써 어류나 수생식물의 서식을 도울 수 있고, 다공질 콘크리트나 중공형 콘크리트 블록을 제작하여 호안공사에 이용함으로써 식물의 착근(着根)에 유리하고, 수중에 배치된 블록에는 부착생물의 서식환경으로 훌륭한 장소가 된다. 이러한 다공질 또는 중공형 콘크리트는 일반 보통 콘크리트에 비하여 수생곤충 등의 부착에 매우 유리하여, 자연 생태계를 보존하고 생식장소로서 역할을 충분히 발휘하고 있음이 실험을 통하여 밝혀지고 있다.

현재 현장에서 시공되어 지고 있는 하안 블록의 대부분의 재료는 콘크리트를 이용한 블록이다. 콘크리트 아일랜드라고 하는 말로 대표되는 바와 같이 콘크리트는 환경에 나쁜 영향을 준다고 이해되고 있는 것이 현실이다. 따라서 콘크리트와 환경과의 관련성을 충분히 생각하여 적극적으로 콘크리트 기술의 개선이나 개발을 진행시켜 나가야 한다. 이와 같은 환경친화적인 콘크리트가 요구되고 있는 사회적 배경을 바탕으로 향후 환경문제에 도전하는 콘크리트의 기술 발전을 도모해야 할 것이다.

기존의 일반 콘크리트에서는 투기·투수가 용이하지 않아 식물의 성장은 거의 불가능하지만, 식물이 발아하고 성장할 수 있는 다공질 콘크리트나 중공형 콘크리트 블록 등이 개발됨에 따라 도로 측면 비탈면의 녹화가 가능하게 되어 경관을

수려하게 할 수 있을 뿐만 아니라 생태계의 회복에 크게 기여할 수 있다. 식재형 콘크리트는 다공질 콘크리트의 공극 사이 또는 중공형 콘크리트 블록 내에 토양재를 넣어 만들며, 여기에 함수율이 높은 재료의 혼입, 비료나 알칼리성을 완충시킬 수 있는 재료의 혼입으로 식물의 성장에 무리가 없고, 토양 미생물 등의 서식이 가능하도록 한 것이다. 즉, 식물이 생육하기 위해서는 빛과 생육을 위한 공간, 공기, 토양 등이 필요하고, 생육을 위해 투수성이 좋은 콘크리트로 제작이 되어야 성장된 식물을 충분히 지탱할 수 있게 되며, 공극으로 인하여 약해질 수 있는 콘크리트의 강도를 높일 수 있다. 또 토양 중에는 적절한 pH를 갖는 물과 필요한 영양분을 포함하고 있어야 한다.

식재형 다공질 콘크리트는 그림 1과 같이 다공질 콘크리트로 구성되어 있으며, 공극이 보수성 충전제로 채워져 있고 표층에 토양을 얇게 고착시키는 구조로 이루어진다. 식재용 다공질 콘크리트는 공극률이 높을수록 사용골재가 클수록 생육이 양호하며 초기의 알칼리 용출량을 감소시키면 식물의 생육에 영향이 적다고 알려진 바 있다(박석균 등, 2002). 다공질 콘크리트는 특히 초기에 알칼리성이 높기 때문에 일정 기간 동안 공기 중에서 탄산화 시키든지, 수중에서 알칼리 성분을 용출시키거나 고로슬래그 미분말이나 실리카흄 등을 시멘트에 혼합하여 잠재수경성이나 포졸란 반응에 의해 가용성의 수산화칼슘을 감소시키거나 혹은 레진계의 결합재를 이용한 폴리머콘크리트를 채용하는 방법 등이 있다. 식물의 뿌리가 자라 공극 속으로 뚫어 들어 올 수 있도록 보수성이 충분한 충전제로 채워져야 하며, 이러한 재료로서는 무기질 인공토양이나 고흡수성 고분자 분말 등이 이용된다. 표면의 얇은 표층은 식물의 발아장소가 되며, 초기 비료의 공급원이 되고 콘크리트의 건조를 방지하는 기능을 갖게 된다.

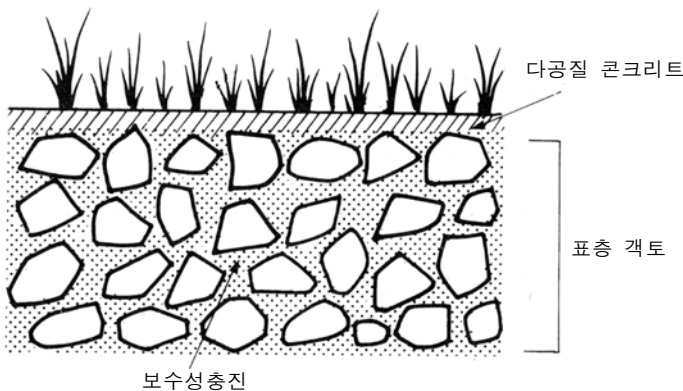


그림 1. 식재형 다공질 콘크리트

중공형 콘크리트 블록은 그림 2에 나타난 바와 같이, 콘크리트 블록 내에 공간을 두고 그 사이에 배양토를 충전하여 식생을 유도하는 것으로 다공질 콘크리트에 비해 보다 효과적으로 식재를 조성할 수 있다. 식재 공간의 유리함으로 인해 최근 개발되고 있는 콘크리트 블록이 대부분 중공형 블록이며 환경친화적 하천개발과 시공에 많이 이용되고 있다.

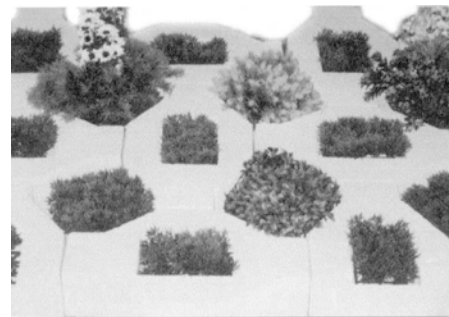
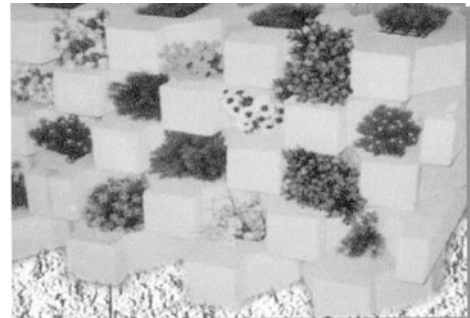


그림 2. 식재형 중공형 콘크리트 블록

### 3. 실험

#### 3.1 실험장치

본 연구에서는 그림 3과 같이 폭 0.3m, 높이 0.4m, 길이 6m의 개수로 실험장치를 통하여 수심, 유속, 세굴 등을 측정하였다. 개수로 실험장치는 상류에 유량공급장치 및 유량계를 연결하여 일정한 유량을 공급할 수 있도록 하였고 유입부에 정류판을 설치하여 개수로 내의 흐름을 일정하게 유지할 수 있도록 하였다. 또한 하류단에는 웨어를 설치함으로써 수위의 변화를 기할 수 있도록 하였고 수로바닥의 경사를 조절할 수 있도록 하였다.

### 3.2 실험방법

본 연구에서는 그림 4와 같은 I형 블록(400mm×400mm×100mm, 34kg)과 Ⅱ형 블록 소형(400mm×250mm×100mm, 12kg)을 대상으로 비교 실험하였다.

I형과 Ⅱ형 블록의 모형축척은 모형과 원형의 흐름 및 경계에 대한 기하학적 상사(Sharp, 1981)를 성립하게 하기 위하여 수평축척  $X_r = 1/8$ , 연직축척  $Y_r = 1/8$ 의 동일한 축척비를 적용하였다(표1).

표 1. 모형축척의 비

구 분	상사율	수리량비	
		I형 블록	Ⅱ형 블록
유속비( $V_r$ )	$\frac{1}{X_r^2}$	0.35355	0.35355
유량비( $Q_r$ )	$\frac{5}{X_r^2}$	0.00552	0.00552
Manning의 조도계수비( $n_r$ )	$\frac{2}{Y_r^3} / X_r^2$	0.70711	0.70711

개수로 실험에서는 Reynolds 수가 작으면 흐름이 층류가 되어 상사를 이루지 못하는 경우가 있으므로 본 연구에서는 난류흐름 조건을 유지하도록 하였고 수로경사는 0.001~0.005, 유량은 80~240 LPM의 범위에서 실시하였다. 블록의 안정성에 대한 실험수행은 표준사를 수로바닥에 2cm 피복한 후에 블록을 설치하여 실험을 실시하였으며 Ⅱ형 블록의 경우는 블록의 공간에 블록의 높이만큼 모래를 채운 후 실험을 실시하였다.

## 4. 조도계수 및 유수에 대한 안정성

### 4.1 조도계수

블록의 조도계수 산정은 다음과 같은 식으로 산정할 수 있다.

$$n_b = \left( \frac{P n_e^{1.5} + P_w n_w^{1.5}}{P_b} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

여기서  $n_e$ 는 등가조도계수,  $n_b$ 는 바닥의 조도계수,  $n_w$ 는 수로 벽면의 조도계수,  $P_b$ 와  $P_w$ 는 각각 바닥과 수로벽면의 윤변,  $P$ 는 수로 전체의 윤변이다.

## 4.2 유수에 대한 안정성

저항력이 유수력보다 크면 유수력에 대한 안정조건이 확보되며 안정조건에 대한 식은 다음과 같다.

$$\text{저항력 } R = \mu (r_c - r_w) V = \mu \left( 1 - \frac{r_w}{r_c} \right) W \quad (2)$$

$$\text{유수력 } F = \tau_b A_p = \rho C_d A_p U^2 \quad (3)$$

여기서  $r_w$ 는 물의 단위중량( $t/m^3$ ),  $r_c$ 는 콘크리트 블록의 단위중량( $2.3 t/m^3$ ),  $V$ 는 블록의 체적( $m^3$ ),  $W$ 는 블록의 중량( $t$ ),  $C_d$ 는 블록의 흐름에 대한 항력계수,  $A_p$ 는 흐름과 접해있는 블록의 표면적( $m^2$ ),  $\rho$ 는 유체의 밀도( $t \cdot sec^2/m^3$ ),  $U$ 는 평균유속( $m/sec$ ),  $\mu$ 는 블록과 하상과의 마찰계수이다.

유수력과 저항력이 같을 때 유수력에 의해서 움직이기 시작하는 블록의 한계중량은 식(4)로 구해지며 한계중량에 적절한 안전율을 고려하면 블록이 안정적으로 유지될 수 있는 중량을 파악할 수 있다(백충철 등, 1999).

$$W_{CR} = \frac{\rho C_d A_p U^2}{\mu \left( 1 - \frac{r_w}{r_c} \right)} \quad (4)$$

## 5. 실험 결과

### 5.1 조도 계수

수로경사 0.001~0.005, 유량 80~240LPM 범위에서 I형 및 Ⅱ형 블록 모형에 대해서 수리실험을 실시하였다. 측정된 수심과 유속 자료를 토대로 Manning의 평균유속 공식(윤용남, 1991 ; Evert, 1989 ; French, 1987)을 이용하여 각 블록별 유량별 조도계수를 산정하였다. I형 블록은 흐름방향과 직각으로 수로바닥에 평면형으로 설치한 경우(그림 3 Case 1)에 대하여 Ⅱ형 블록의 경우는 수로 바닥에 평면형으로 설치한 경우(그림 3 Case 2)와 입체형으로 조립하여 바닥에 설치한 경우(그림 3 Case 3)에 대하여 각각 블록의 내부 공간에 모래(표준사)를 채운 경우와 채우지 않은 경우에 대하여 실험을 실시하였고 실험결과는 표 2와 같다.

상사율을 고려하여 계산된 원형에 대한 조도계수의 범위는 I형의 경우 0.0298~0.0327, 亞형 블록의 입체형의 경우 0.0254~0.0264로 나타났다. 따라서 I형이나 亞형 모두 일반적인 사석의 조도계수(0.033~0.036)보다 작으며 자연 하천의 조도계수와 큰 차이를 나타내지 않고 있음을 보여준다.

블록의 공간에 모래를 채우지 않은 경우, 亞형 블록 평면형의 조도계수는 I형 블록의 조도계수보다 평균 약 0.0038 정도 낮았고 亞형 블록의 입체형은 I형 블록의 조도계수보다 약간 낮으며 평균값으로는 亞형 블록의 조도계수가 약 0.0004 정도 낮은 것으로 나타났다. 따라서 수로바닥 전체에 피복된 I형 블록은 돌기부분의 영향으로 亞형 블록에 비해 조도계수가 다소 큰 것으로 판단된다.

블록 내부에 모래를 채운 경우, I형 블록에 비해 亞형 블록 평면형의 조도계수는 평균 0.0073정도 낮고 亞형 블록 입체형의 조도계수는 평균값으로 0.0037 정도 낮은 것으로 나타났다. 이는 亞형 블록 내부공간을 모래로 채웠기 때문에 흐름에 의한 저항이 모래를 채우지 않은 경우보다 작기 때문으로 판단할 수 있다.

한편 유량에 따른 조도계수의 변화에 있어서는 亞형 블록이 유량의 변화에 따라 조도계수의 변화가 적은 것으로 나타났다.

실제 하천에 亞형 블록을 입체형으로 설치할 경우는 내부공간을 자갈이나 모래 등으로 채워서 설치하거나 또는 장기간에 걸친 퇴적에 의해 블록의 내부공간이 채워지기 때문에 본 실험의 亞형 블록 입체형에 모래를 채운 경우가 이에 해당된다고 볼 수 있다.

따라서 亞형 블록 입체형을 하상에 설치할 경우 I형보다 조도계수가 낮으므로 하천의 흐름 소통을 더 원활히 할 것으로 판단할 수 있다.

표 2. 블록별 조도계수

블록 형상	조도계수		비고
	범위	평균	
I형 블록	0.0211 ~ 0.0231	0.0220	
亞형 블록 평면형	1	0.0186 ~ 0.0201	블록 공간
	2	0.0146 ~ 0.0150	모래채움
亞형 블록 입체형	1	0.0213 ~ 0.0223	블록 공간
	2	0.0180 ~ 0.0187	모래채움

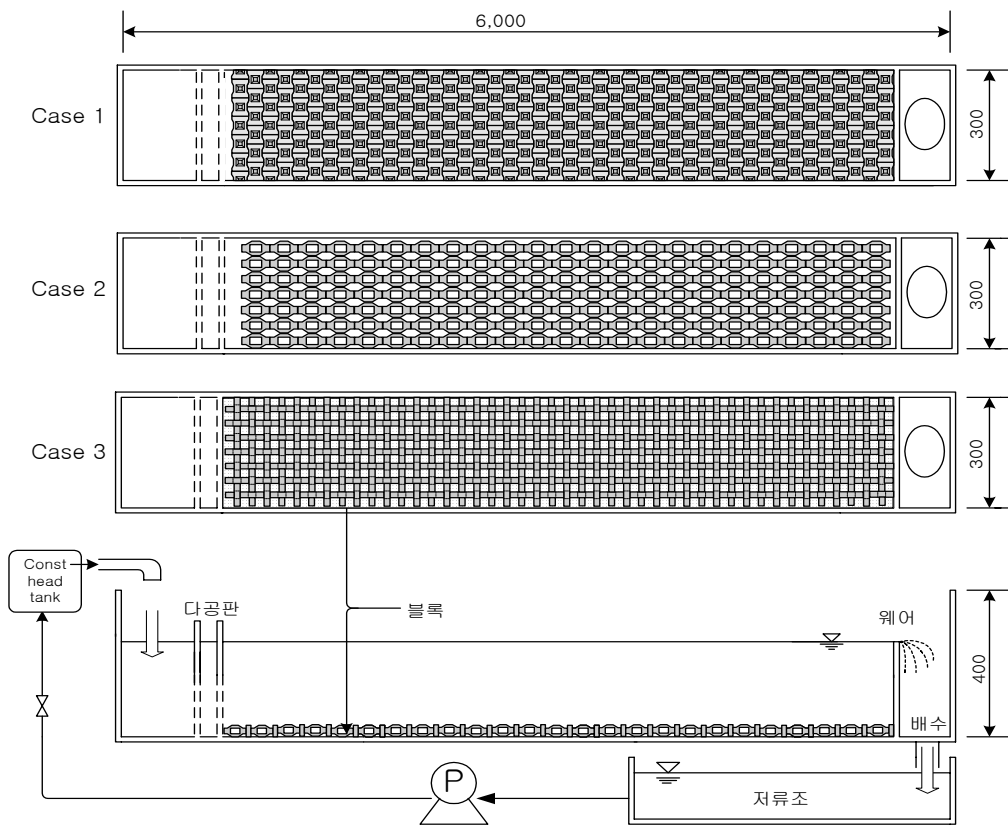
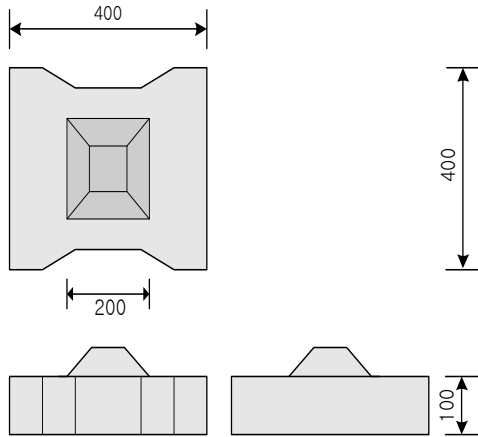
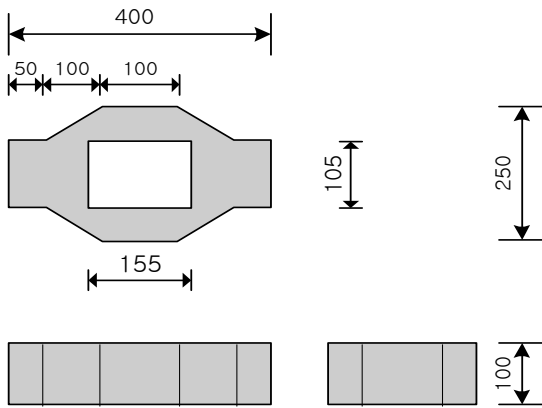


그림 3. 실험장치



(a) I 형 블록



(b) Y형 블록

그림 4. 블록 형상 및 제원(단위 : mm)



그림 5. Y형 블록 입체형(모래채움)

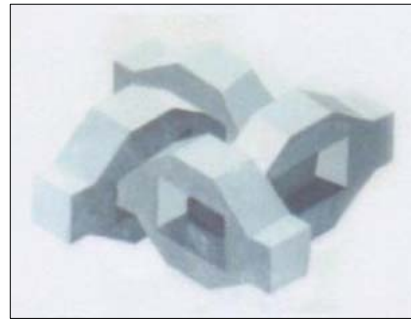


그림 6. Y형 블록 및 결속 형태

## 5.2 세굴 및 수류에 대한 안정성

블록의 형상과 흐름조건에 따른 수로 바닥의 세굴과 블록의 수류에 대한 안정성 실험을 실시하였다. I형 블록의 경우는 바닥에 블록과 블록 사이에 공간이 없으므로 수로바닥의 세굴은 없으나 Y형 블록의 경우는 블록과 블록 사이에 공간이 있으므로 세굴을 예상할 수 있다.

### 5.2.1 세굴

Y형 블록 입체형의 경우 유량 140LPM, 유속 30 cm/sec까지 실험을 반복한 결과 세굴이 거의 일어나지 않았다.

유속 40cm/sec를 전후하여 블록의 돌기 부분 후면(블록 연결 부위 후방)에서 세굴이 약간 발생하였는데 세굴 깊이는 매우 작았고(기준면으로부터 1.5~2mm) 흐름이 지속되는 동안 세굴은 더 이상 일어나지 않고 블록과 블록 사이의 공간에서 세굴과 퇴적이 반복되면서 거의 일정한 세굴 현상을 보이면서 안정적인 형태를 유지하였다(그림 7).

유속을 증가시키면서 실험을 반복 실시한 결과 세굴은 매우 작았고(세굴심 2mm이하) 세굴 형태 역시 평형 상태를 유지하였다. 유속을 증가시켜 실험을 반복 실시한 결과도 동일한 결과를 나타내었다.

Y형 블록의 입체 공간에 가는 자갈을 채운 경우는 본 실험범위 내에서는 전혀 세굴이 발생하지 않았는데 자갈이 블록과 블록 간에 췌기작용을 하여 블록의 안정성을 도모해 주는 역할을 하는 것으로 판단된다.

Y형 블록을 입체 결속하여 하상에 설치할 경우 시공 초기에는 블록의 공간에 자갈이나 하상의 골재를 채워서 블록의 안정성과 하상의 세굴을 방지할 수 있으며 시간이 경과하면 하천흐름에 의한 자연적인 퇴적활동으로 토사, 모래, 가는

자갈 등이 블록의 공극부분을 채우게 되어 하상이 안정적인 형태를 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 亞형 블록은 하상을 안정시킬 수 있는 부재로 이용이 가능할 것으로 판단된다.



그림 7. 亞형 입체형 블록 세굴현상

### 5.2.2 수류에 대한 안정성

亞자 블록의 가장 큰 특징은 블록을 그림 6과 같이 입체형으로 조립한다는 것이다. 따라서 입체형으로 조립한 경우는 블록간의 결속력으로 인해 수류에 대해 매우 안정적인 특징을 가지고 있다.

하안이나 바다에 亞자 블록을 입체 조립한 경우는 I형이나 亞형 평면형에 비해서 블록간의 결속력으로 인해 유수력에 의해 블록이 움직이는 한계중량보다 입체 결속된 블록의 중량이 매우 크므로 수류에 대해 안정하다고 할 수 있다.

안정성의 한계를 검토하는 측면에서 항력계수를 가능한 큰 값으로 선정하여 0.8로 가정하였고 블록과 하상의 마찰계수는 일반적으로 사용되는 0.8이라 가정하고(Ranga Raju et al. 1978 ; 백충철 등, 1999) 유속 1m/sec로 물이 흐른다고 가정하면 식(4)의 안정조건에서 I형 블록의 한계중량은 27kg, 亞형 블록의 한계중량은 9.7kg이다. 실제 I형 블록의 1개의 중량은 34kg이고 亞형 블록 소형은 12kg이므로 블록의 중량이 한계중량보다 커서 유속 1m/sec로 물이 흐를 경우 안정하다고 볼 수 있다.

유속이 1.2m/sec를 초과하게 되면 I형과 亞형 블록 1개의 한계중량은 각각 39kg과 14kg이 되므로 수류에 대해 안정하다고 볼 수 없다.

그러나 I형 블록이 평면으로 연결되어 있는 반면 亞형 소형 블록은 입체 결속하여 여러 개의 블록이 연결되므로 기계화시공 시 추천되는 블록의 수(박석균 등, 2002, 한 번에 기계가 들어 올릴 수 있는 블록 수)만을 입체형으로 조립한 경우에 이들 블록의 수는 100개이고 무게가 1.2ton이기 때

문에 유속 1.2m/sec로 물이 흐른다 하여도 한계중량은 1.09ton에 지나지 않아 수류에 대해 매우 안정적이라고 할 수 있다. 실제 亞형 블록을 시공할 경우는 입체 결속된 블록의 수가 매우 많으므로 수류에 대해 안정적이라 할 수 있다.

I형 블록은 亞형 블록과는 달리 입체형으로 결속할 수 없는 블록이다. 블록이 유수력에 안정한 한계중량 이상이고 또한 시공 초기에는 I형 블록과 블록의 요철부분이 서로 수류에 대한 저항력을 유지시켜 줄 수는 있지만 시간이 경과하여 하상의 변화 또는 블록의 파손 등이 발생할 경우 또는 고속으로 물이 흐를 경우에는 블록 전방의 세굴 등으로 인해 블록의 안정성이 저해되어 블록의 이탈 현상을 예상할 수 있다.

그림 8은 I형 블록을 흐름방향으로 설치한 경우 유속 45cm/sec시 블록 이탈현상을 보여준다. 유속이 작을 경우 블록이 유수력에 안정한 상태를 유지하게 되어 블록의 이탈 현상이 발생하지 않았으나 유속이 커지면서 블록이 안정상태를 유지하지 못하고 이탈현상이 발생한다. 유속의 증가에 따라서 블록이 이탈된 후 이탈된 블록 전방 바닥에서 세굴이 진행되기 시작하여 흐름이 계속 진행되면서 블록이 이탈되고 블록 아래로 세굴이 진행되고 있는 과정을 보여주고 있다.

亞형 블록을 입체형으로 설치한 경우는 블록 하나를 임의로 제거해도 입체조립의 특성상 블록간의 결속력으로 인해 전혀 블록이 이탈되지 않았다.

또한 전술한 바와 같이 亞형 블록의 입체 공간에 가는 자갈을 채운 경우는 자갈이 블록과 블록간에 췌기작용을 하여 블록의 안정성을 도모해 주는 역할을 할 수 있다. 따라서 亞형 블록은 I형 블록에 비해 수류에 대해 매우 안정적이라 할 수 있다.



그림 8. I형 블록 이탈현상 및 세굴

### 5.3 환경친화성

亞형 블록이 생태블록으로서 수중 환경에 미치는 영향을

분석하기 위하여 블록의 형태에 따른 수중 DO농도의 변화를 측정하였다.

그림 9에서 지점 1(point 1)은 수로 상류부의 다공판 지점이고(실험장치 그림 3 참조) 지점 2는 다공판의 1m 하류 지점이며 지점 3~5는 각각 1m 간격의 하류지점이다,

DO 측정은 1~5 지점에서 디지털 DO측정기로 수심의 중간지점에서 각각 3회 반복 측정하여 평균하였다.

그림 9~14는 블록의 형태에 따른 수중 DO농도 변화를 나타낸 것으로서 亞형 블록 공간에 모래를 채운 경우보다는 모래를 채우지 않은 경우가 DO의 증가가 큰 것으로 나타났고 I자형 블록보다는 최대 4%까지 차이가 나는 것으로 나타났다.

亞형 블록의 경우는 수로의 상류부분 부터 하류까지 계속 DO가 증가한 반면 I형 블록의 경우는 DO의 증가 현상이 거의 나타나지 않았다. I형 블록을 설치한 경우는 수로 하류의 농도가 유입부의 초기 농도에 비해 낮거나 비슷하지만 亞형 입체형에 모래를 채운 경우는 유입부 초기농도에 비해 하류측이 1~3%, 亞형 입체형 모래를 채우지 않은 경우는 2~4% 증가하는 것으로 나타났다.

대부분의 실험결과에 의하면 亞형 입체형에 모래를 채우지 않은 경우가 가장 DO의 증가가 크고 그 다음으로는 亞형 입체형에 모래를 채운 경우이며 I형 블록은 DO의 변화가 작거나 증가하지 않는 것으로 나타났다.

亞자 입체형을 자연하천에 시공한 후 공간을 채우지 않은 경우라 해도 일정 시간이 지나 퇴적현상으로 인해 亞형 블록의 공간이 메워지더라도 I형 블록보다는 수중의 DO를 증가시킬 수 있음을 의미한다. 따라서 I자형 블록보다는 亞자형 블록이 자연하천에 있어서 친환경적이라 판단된다.

수로의 유속이 커지면 수중 DO농도가 증가할 것으로 예상하였으나 I형 블록의 경우는 모든 경사와 웨어의 높이에 상관없이 수로 하류의 DO농도는 초기 농도와 비슷하거나 낮아지는 결과를 나타냈고 亞형 블록을 입체형으로 설치했을 경우의 DO변화는 유량이 작고 하류단 웨어의 높이가 커서 유속이 아주 작은 경우를 제외하고는 수로 유입부 초기 농도보다 하류의 농도가 대부분 증가하였다.

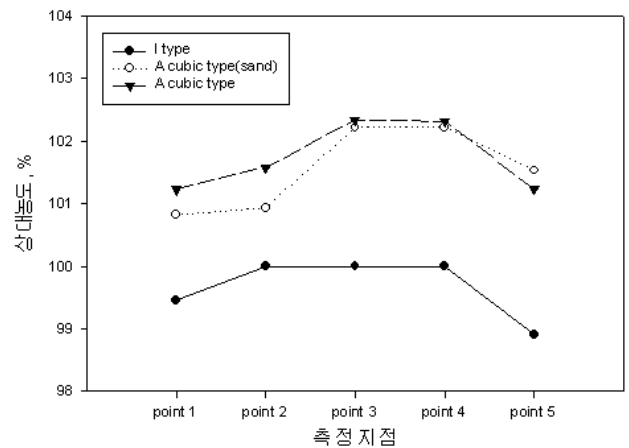


그림 9. 수중 DO농도 변화 (Slope 1/200, Q 80LPM)

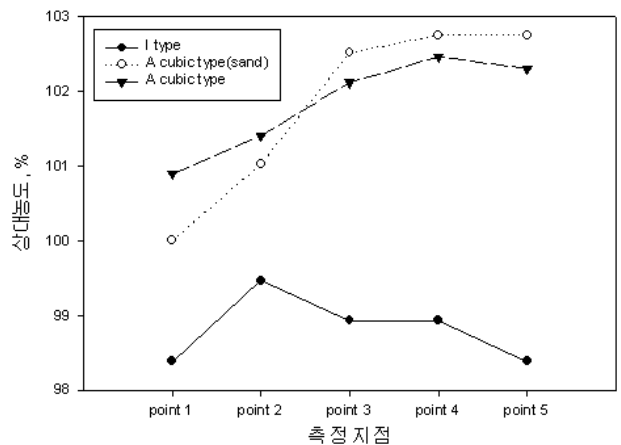


그림 10. 수중 DO농도 변화 (Slope 1/200, Q 100LPM)

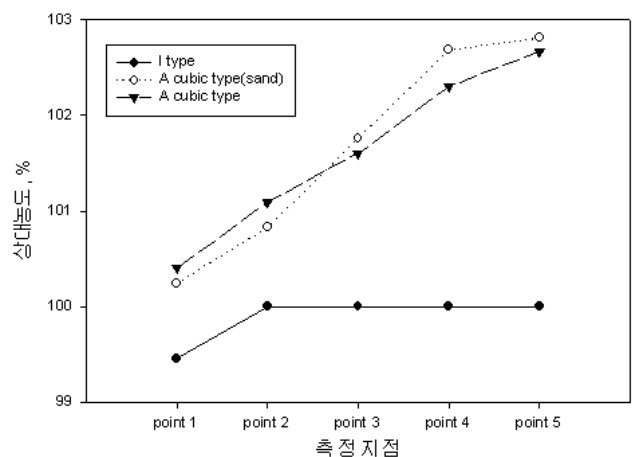


그림 11. 수중 DO농도 변화 (Slope 1/200, Q 120LPM)



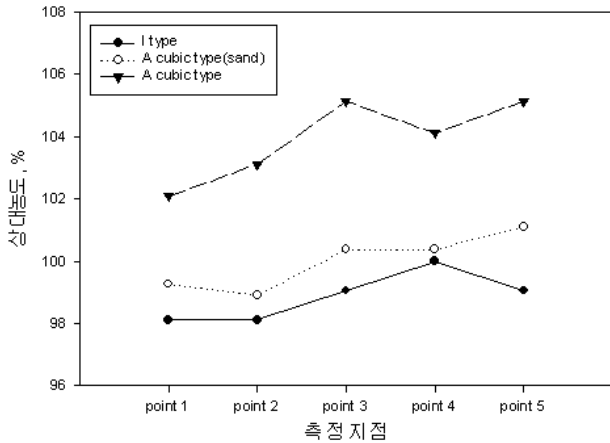


그림 12. 수중 DO농도 변화  
(Slope 1/400, Q 80LPM)

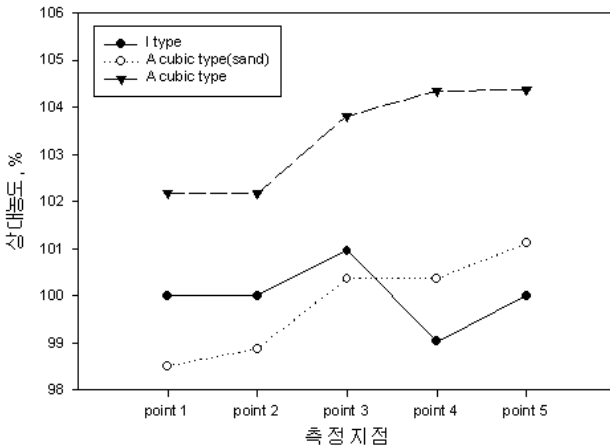


그림 13. 수중 DO농도 변화  
(Slope 1/400, Q 120 LPM)

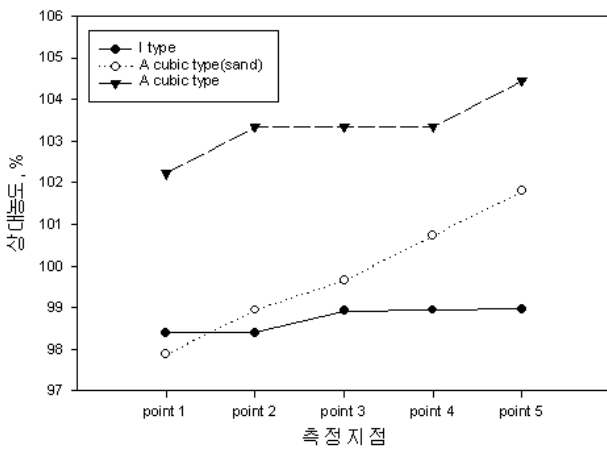


그림 14. 수중 DO농도 변화  
(Slope 1/1000, Q 120LPM)

## 6. 결론

환경친화적 블록인 亞형 블록에 대한 조도, 세굴, 흐름에 대한 안정성 등 수리학적 특성과 수중 DO농도의 변화 등 친환경적 특성을 실험을 통하여 기존의 콘크리트 블록인 I형 블록과 비교 분석하였다.

- (1) 亞형 블록 입체형은 I형 블록의 조도계수보다 약 0.0004 정도 낮았으며 亞형 입체형의 모래를 채운 경우는 I형 블록보다 0.0037 정도 낮은 것으로 나타났으며 I형 블록의 조도계수가 亞형 블록보다 유량에 더 민감한 변화를 나타내었다. 따라서 亞형 블록의 입체형이 흐름 소용을 더 원활히 할 수 있을 것으로 판단된다.
- (2) 亞형 블록 입체형에 모래를 채운 경우, 세굴은 거의 일어나지 않거나 매우 작았으며(2mm 이하) 입체 결속된 블록과 블록 사이에서 세굴과 퇴적이 반복되면서 안정적인 형태를 유지하였다.
- (3) I형 블록은 블록이 파손되거나 유실될 경우 또는 시공 상태가 불량할 경우에는 고유속시 블록의 이탈현상이 발생하고 바닥의 세굴현상이 발생하지만 亞형 블록 입체형은 유수력에 의해서 블록이 움직이는 한계중량보다 입체 결속된 블록의 중량이 매우 크고 또한 블록간의 결속력으로 인해 흐름에 의해서 전혀 블록이 이탈되지 않으므로 수류에 대해 안정하다고 할 수 있다.
- (4) 수로바닥에 I형 블록을 설치한 경우는 수로 하류의 DO 농도가 유입부의 초기 농도에 비해 낮거나 비슷하지만 亞형 블록 입체형에 모래를 채운 경우는 초기농도에 비해 하류측이 1~3%, 亞형 입체형 모래를 채우지 않은 경우는 2~4% 증가하는 것으로 나타나 亞형 블록이 I형 블록보다는 수중 환경에 유리하리라 판단된다.
- (5) 콘크리트와 환경과의 관련성을 충분히 고려하여 환경친화적 콘크리트 기술의 개선과 블록 개발을 도모하고 황토나 기타 재료를 이용한 블록 개발과 함께 이의 구조적 안정, 흐름에 대한 안정성, 친환경성에 대한 검토와 연구가 필요하다.

## 감사의 글

본 연구는 (주)일성기업의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

(접수일자 : 2005년 6월 14일)

## 참 고 문 헌

1. 김혜주(1997), 자연형 호안공법의 원리와 적용상의 문제. 한국수자원학회지, 제 30권, 제 4호, pp. 56~67.
2. 대전대학교 환경문제 연구소(2002), 아자형 환경생태블록의 수리학적 특성분석을 위한 시험연구.
3. 박석균, 한운우(2002), 구조해석에 의한 아자형 입체 콘크리트 블록의 시공성 평가에 관한 연구. 대전대학교 산업기술연구소 논문집, 제 13권, 제 1호, pp. 65~70.
4. 백충철, 최성욱, 조원철(1999), 균일한 조도높이를 갖는 하상보호용 콘크리트 블록의 수리학적 특성. 대한토목학회 논문집, 제 19권, 제 II-6호, pp. 677~686.
5. 심우경, 백경중(2004), 하천 저수로 호안의 친환경적 조성기법의 개발. 한국조경학회지, Vol. 28, No. 4, pp. 83~91
6. 윤용남(1991), 수리학, 청문각.
7. 이삼희(1996), 일본의 다자연형 하천정비. 한국수자원학회지, 제 29권, 제 2호, pp. 44~49.
8. 환경부(1998), 국내여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발.
9. Evett, J. B. and Liu, C(1989), Fluid mechanics and hydraulics. McGraw-Hill Book Co. NY.
10. French, R. H.(1987), Open channel Hydraulics. McGraw-Hill Book Co. NY.
11. Ranga Raju, K. G., Loeser, J. and Plate, E. J.(1978), Velocity profiles and fence drag for a turbulent boundary layer along smooth and rough flat plates. J.fluid Mech., Vol. 76, Pt. 2, 38p.
12. Sharp, J. J.(1981), Hdraulic Modeling Butterworth. London, U.K.