

## 환경친화형 Fabric Form의 시공사례 Practical Use of Environmental(Green) Fabric Form

송재현<sup>1)</sup>, Jae-Heon Song, 최영근<sup>2)</sup>, Yeung-Keun Choi

<sup>1)</sup> (주)건설기술개발공사 대표이사/기술사 President & Professional Engineer of Construction Engineering Company., LTD.

<sup>2)</sup> (주)동평ENC 본부장/기술사 Manager & Professional Engineer of Dong-Pyung Eng & Construction

**SYNOPSIS** : 지금까지의 하천 사면보호공법은 돌망태, 사석, 호안블럭(Con'c Block), 재래형 섬유대공(Ordinary Fabric Form) 등을 주로 사용하여 왔다. 그러나, 이들 공법은 자연재료인 돌이나 사석 등이 이미 고갈되어 취득이 매우 어렵고, 콘크리트 제품은 인공구조물 일색의 보호공으로서 자연환경에 어울리지 않거나 인력을 이용한 고가의 공사비가 요구되므로 이를 개량하여 본 환경친화형 섬유대공을 개발하기에 이르렀다. 본 공법은 홍수나 수해로부터 토사제방의 침식 및 세굴방지는 물론 중간에 자연환경적인 잔디나 조경식재를 하여 환경친화적 호안공을 형성하는 공법으로서 침식방지와 환경친화 효과를 동시에 만족시키는 공법이다.

**Key words** : Slope Protection, Concrete Block, Environmental Fabric Form, Green Fabric Form, Fish House Fabric Form

### 1. 서 론

최근 국내 하천의 사면보호공법은 홍수나 수해로부터 침식이나 세굴을 방지함과 동시에 환경 친화적인 호안공법이 요구되고 있다. 과거의 모든 하천이나 호수, 항만에서의 사면침식방지공법은 주로 취득이 쉬운 자연재료인 돌이나 쇠, 나무 등을 이용한 공법이었으나 수십년전부터는 콘크리트를 이용한 호안블럭, 견치블럭 등 미리 제작된 콘크리트 제품을 인력으로 쌓아올려 붙이는 공법을 사용하여 왔다. 그러나 산업사회가 된 지금 자연재료인 돌은 이미 고갈되어 취득이 불가능하고 인력에 의한 콘크리트 블록의 현장시공이 고가의 공사비가 요구되며 또한 자연환경과 조화되지 않는 인공 콘크리트제품일색으로 덮여 시공되는 사면보호공은 전차적으로 퇴조되고 있는 실정이므로 이번에 홍수나 유수에 의한 사면침식과 토사유실은 안전하게 방지함은 물론 자연환경에 훌륭히 조화가 되고 미관이 수려한 환경친화적 호안공법을 개발하여 이에 본공법을 현장에 적용시공하기에 이르렀으며 이를 소개하고자 한다.

### 2. 공법의 개요

Fabric Form 공법이란 두겹으로 제작된 섬유포 안에 굳지 않은 모르터를 주입하여 콘크리트 모르터를 주입하여 콘크리트 모르터의 매트를 형성하는 침식방지 공법이다. 그러나 재래형 Fabric Form 공법은 홍수나 유수에 의한 사면의 토사침식과 유실방지에는 매우 효과적이고 시공이 간편하고 견고함이 특색이나 사면의 자연환경이 인공적 콘크리트 구조물로 덮여 미관을 저해하고 식생에 부적합한 구조체가

형성되어 콘크리트 블록 공법과 함께 부적절한 공법으로 지적되어왔다.

그리하여 환경친화형 Fabric Form 공법을 개발하기에 이르렀으며 이는 과거의 섬유거푸집 공법을 동일한 공법으로 시행하되 중간중간을 자연식생이 가능한 공법으로 변형시켜 개량한 공법이다.

다시 말해, 홍수나 유수에 의한 사면침식과 토사유실은 완전히 방지시키되 자연적 식생이 가능하거나 어패류 서식에 유리한 공법으로 바꾼 일석이조의 동시효과를 만족시키는 공법이다.

### **3. 적용범위**

#### **3.1 지그재그형 섬유대(Zig-Zag Fabric Form)**

중소대하천, 직할하천, 해안, 호수, 운하 등 사면의 침식, 세굴방지. 각종 사면침식방지 및 홍수 수해복구 등의 제방호안공에 사용

#### **3.2 어소형 환경섬유대(Fish House Fabric Form)**

중소하천, 대하천, 항만 등 수중어류서식. 제방사면 보호 및 어류의 집을 구성, 서식환경 조성

#### **3.3 생태형 환경섬유대(Ecology Fabric Form)**

중소하천, 저수호안, 호수, 해안, 운하 등 수변의 침식, 세굴방지. 갯버들, 갈대, 창포 등 수변식물의 식생과 자갈, 잡석 등의 어패류와 양서류의 자연생태형 서식환경 조성

#### **3.4 조경형 환경섬유대(Landscape Fabric Form)**

대하천, 고수호안, 호수, 해안, 운하 등 수변의 홍수피해 방지와 침식방지. 잔디, 화훼 등 친수형 조경식물의 식생으로 경관 조경형 호안공 조성

#### **3.5 보강형 환경섬유대(Nailing Fabric Form)**

도로, 철도, 단지 등 절토사면 보호섬유대공 + Nailing 보강. 환경섬유대에 Nailing으로 보강하여 조경형 사면보호공 조성.

#### **3.6 모래형 환경섬유대(Sand Fabric Form)**

모래, 자갈, 석탄 등 토석류의 임시저장소, 각종 토목공사용 임시가호안, 화력발전소 광물폐기장, 기타 폐기물 처리장 호안. 철거시 콘크리트 폐기물의 처리 등 비환경적 요인을 제거하고 경제적이며 천연의 자연복귀형 호안공을 조성

### **4. 구조의 검토**

Fabric Form(섬유대 호안공)의 설계시에는 제방자체는 안전계산결과에 따라 안전하다는 전제하에 구조상의 활동에 대한 검토를 한다.

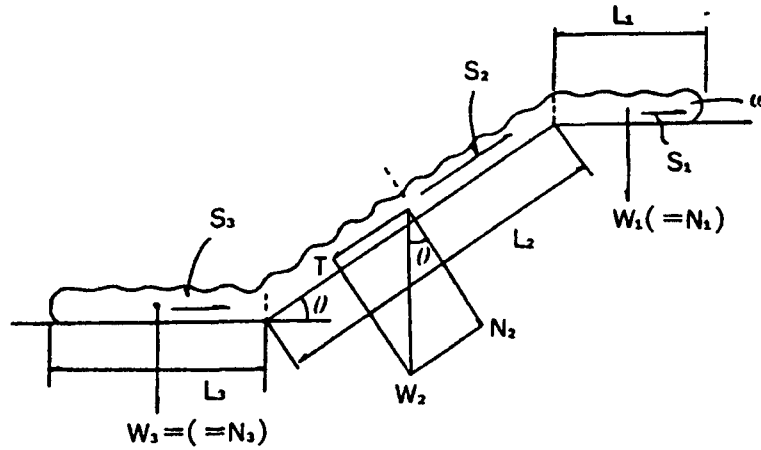


그림1 표준단면도

#### 4.1 활동에 대한 저항력(Sn)

활동에 대한 저항력(Sn)은 사면부분의 마찰력 및 사면끝 앞부분에 대한 마찰력을 고려하고 정상부분의 마찰력은 무시한다.

$$\begin{aligned}
 S_n &= S_3 + S_2 = W_3 \cdot \mu + N_2 \cdot \mu = W_3 \cdot \mu_2 + W_2 \cos \theta \cdot \mu \cdot a \\
 &= w \cdot L_3 \cdot \mu_3 + w \cdot L_2 \cos \theta \cdot \mu_2 \cdot a = (L_3 + L_2 \cos \theta) \cdot w \cdot \mu \cdot a \\
 &\quad (\mu_2 = \mu_3 = \mu \text{일 경우})
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

- 이때, Sn = 활동에 대한 저항력(t)  
 $w$  = Fabric Form의 단위면적당 평균중량( $t/m^2$ )  
 $L_1$  = 정부 Fabric Form의 길이(m)  
 $L_2$  = 사면부의 Fabric Form의 길이(m)  
 $L_3$  = 사면끝 바닥부분의 Fabric Form의 길이(m)  
 $\theta$  = 사면의 경사각(도)  
 $\mu$  = Fabric Form과 흙과의 마찰계수(다음 상호작용계수를 적용함)  
 $a$  = Fabric Form과 기초면과의 접지면적율(%)

표2 상호작용(Inter-Action)계수 (토목섬유P202)

토 질	상호작용계수(a)	비 고
자갈질토(礫質土)	0.9 ~ 1.0	* 일본에서 가장 보편적으로 사용하는 값.
모 래(砂)	0.85 ~ 0.95	
사 질 토(砂質土)	0.80*	
실 트 질 점 토	0.75	
점 토(粘土)	0.60	

#### 4.1.1 공법별 접지면적율( $\alpha$ )

- 조경형 환경섬유대 (Landscape Fabric Form) 100%적용
- 어소형 환경섬유대 (Fish Housing Fabric Form) 50%적용
- 생태형 환경섬유대 (Ecology Fabric Form) 100%적용
- 지그재그 개량형 섬유대 호안공(Zig-Zag Fabric Form) 68%적용  
(재래형은 28%적용)
- 차수형 환경섬유대 (Water Resistant Fabric Form) 66%적용
- 모래형 환경섬유대 (Sand Fabric Form) 72%적용
- 보강형 환경섬유대 (Green Slope Fabric Form) 100%적용

#### 4.2 활 동 력( $T_n$ )

활동력은 사면부분의 Fabric Form 매트 중량의 사면방향 성분으로 한다.

$$S_n = W_2 \sin \theta = w \cdot L_2 \cdot \sin \theta \quad (2)$$

#### 4.3 안 전 율( $F_n$ )

평시의 활동에 대한 안전율은

$$\begin{aligned} F_n = S_n/T_n &= \frac{(L_3 + L_2 \cos \theta) \cdot w \cdot \mu \cdot a}{(w \cdot L_2 \sin \theta)} \\ &= \frac{(L_3 + L_2 \cos \theta) \cdot \mu \cdot a}{L_2 \cdot \sin \theta} \end{aligned} \quad (3)$$

이때  $F_n$  = 안전율

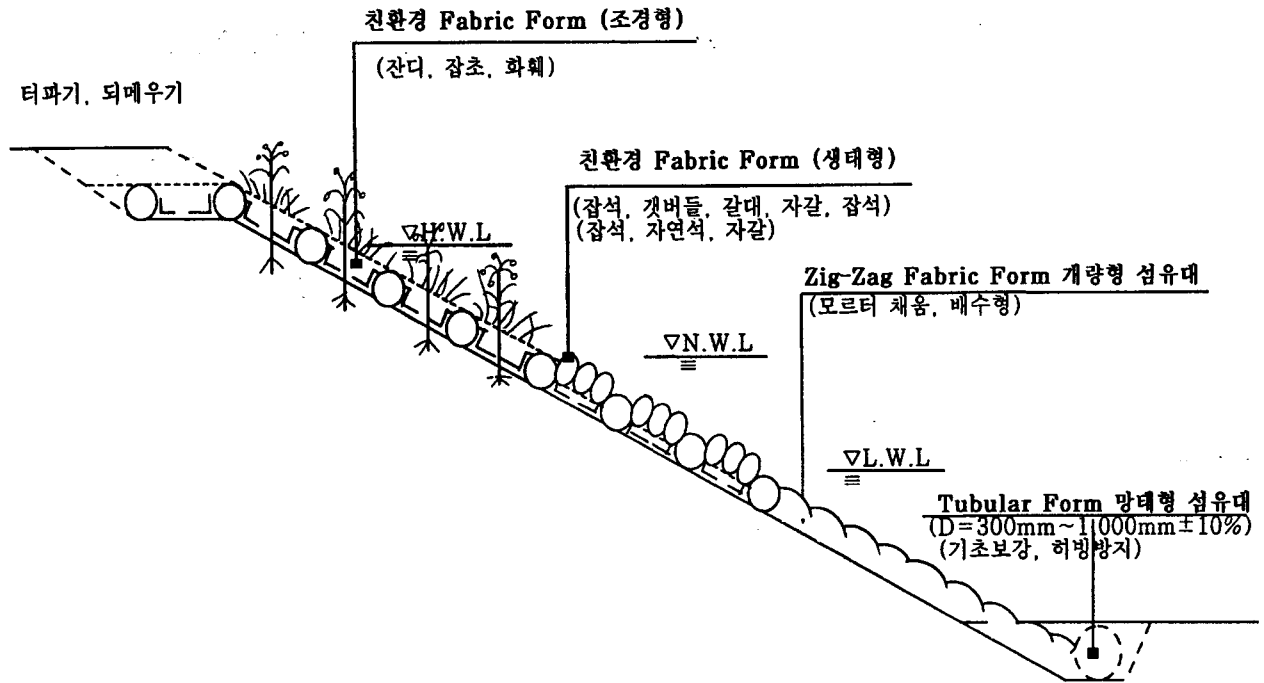
안전율은 아래표에서 볼 때 사면안전으로 보아 1.3을 기준으로 함.

표3 국가별 설계안전율 (토목섬유 P201)

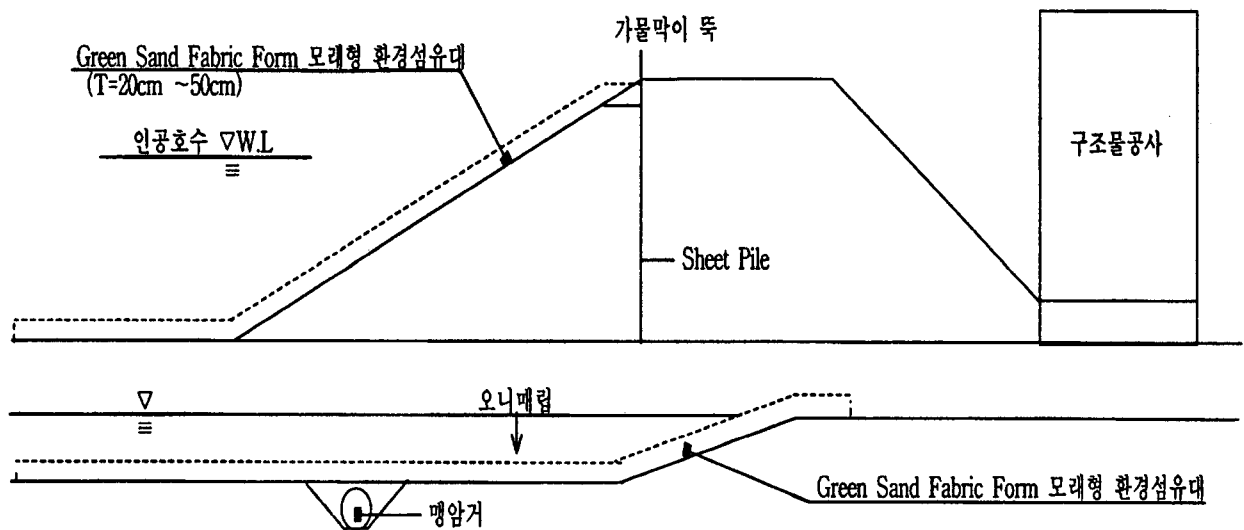
설계이론	F.S 국가	설계 안전율(F.S)				비 고
		미 국	영 국	일 본	설계지침서	
지 지 력		1.5~2.0	1.0	1.2~1.3	1.3	
사면안정		1.3~1.5	1.3	1.2~1.3	1.3	
저면활동		1.5	1.5~2.0	2.0	1.5	

## 5. 표준단면도

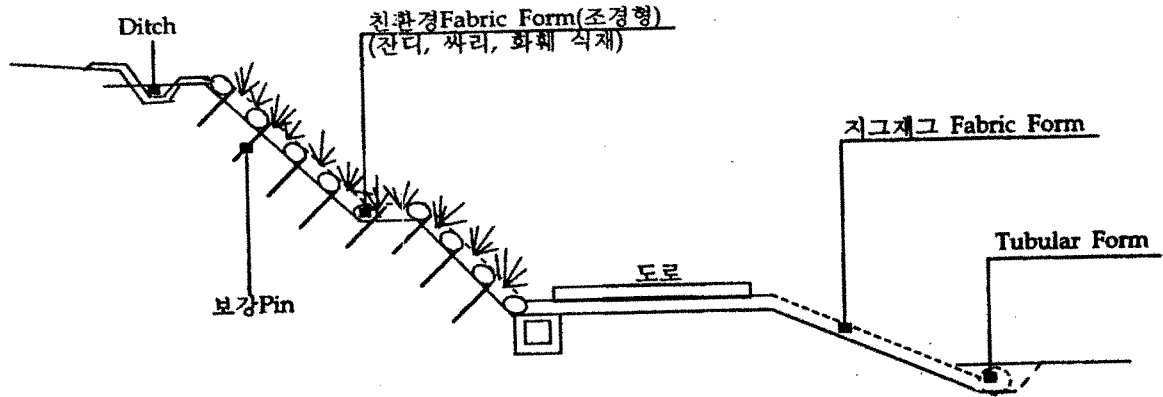
### 5.1 지그재그형, 조경형, 생태형 환경섬유대



### 5.2 모래형 환경섬유대

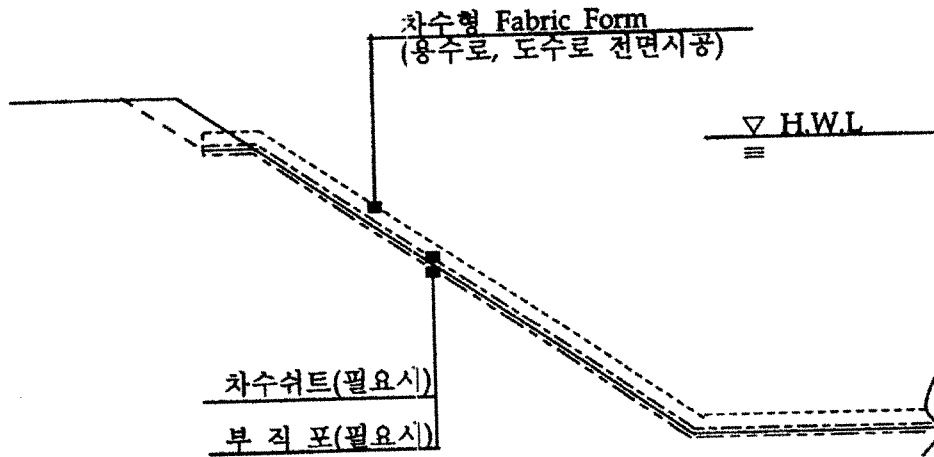


### 5.3 보강형 환경섬유대

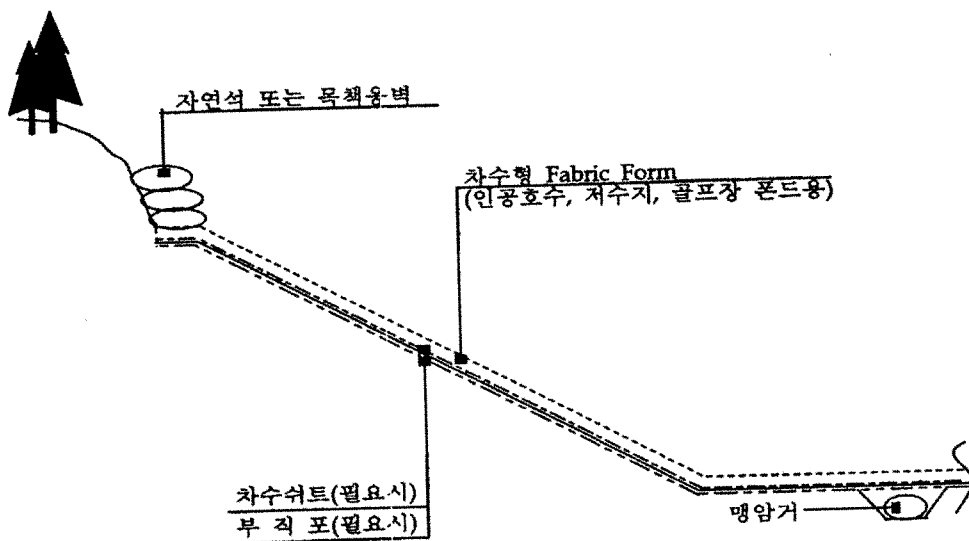


### 5.4 차수형 환경섬유대

#### 5.4.1 용수로용 도수로용

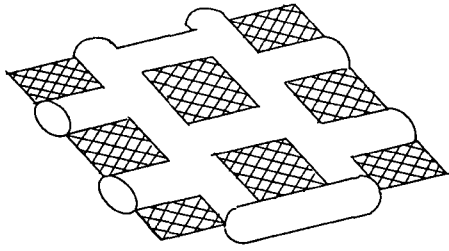


#### 5.4.2 인공호수, 저수지, 골프장 폰드용



## 6. 공법의 종류

### 6.1 어소형 환경섬유대(Fish Housing Fabric Form)(발명특허 0290334호)



- 구성 : 친환경 Green Fabric Form(Filter Point 절개)  
+ Geocomposite + 부직포
- 규격 : T=10cm~30cm, 24cm×24cm ~ 100cm×100cm
- 접지면적율 : 50%적용(발명특허 0290334호)

그림 6.1 어소형 환경섬유대 형상

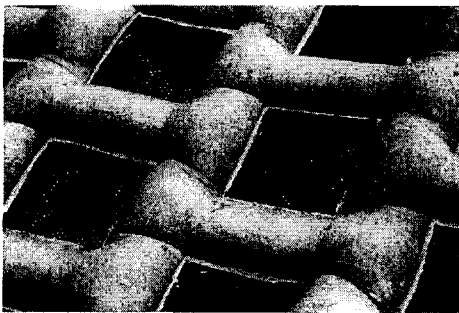


사진 6.1 (a) 어소형 환경섬유대

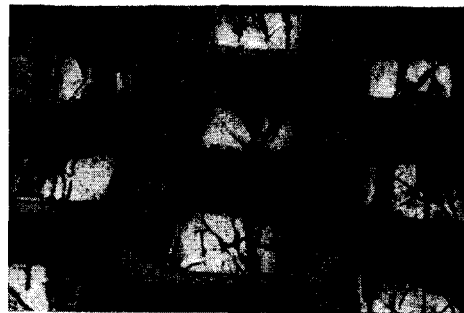
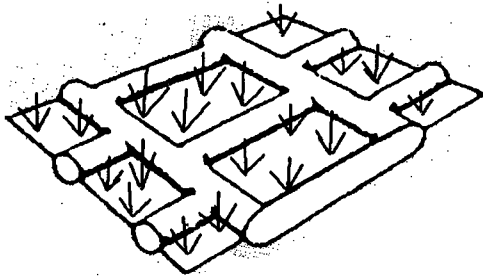


사진 6.1 (b) 어소형 환경섬유대

### 6.2 조경형 환경섬유대(Landscape Fabric Form)(발명특허 0290334호)



- 구성 : 친환경 Green Fabric Form + 잔디, 화훼 식재
- 규격 : T=10cm~30cm, 24cm×24cm ~ 100cm×100cm
- 접지면적율 : 100%적용(활동안전성 검토시 적용)

그림 6.2 조경형 환경섬유대 형상

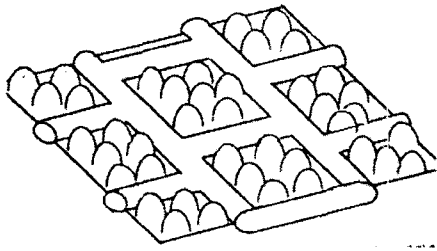


사진 6.2 (a) 조경형 환경섬유대



사진 6.2 (b) 조경형 환경섬유대

### 6.3 생태형 환경섬유대(Ecology Fabric Form)(발명특허 0290334호)



- 구성 : 1) 친환경 Green Fabric Form + 갯버들, 갈대 + 자갈, 잡석(생태형)
- 2) 친환경 Green Fabric Form + Geocomposite + Filter Mat(어소형)
- 규격 : T=10cm~30cm, 24cm×24cm ~ 100cm×100cm
- 접지면적율 : 100%적용(활동안전성 검토시 적용)

그림 6.3 생태형 환경섬유대 형상

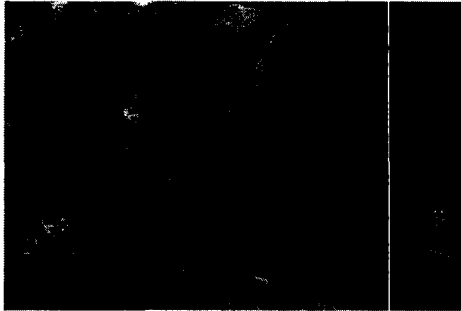
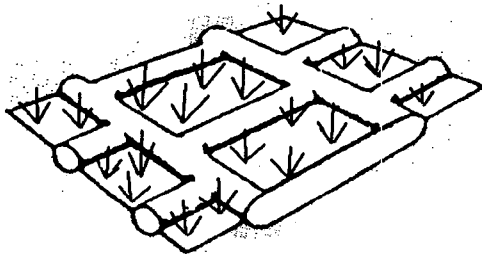


사진 6.3 (a) 생태형 환경섬유대



사진 6.3 (b) 생태형 환경섬유대

### 6.5 보강형 환경섬유대(Green Slope Fabric Form)(발명특허 0290334호)



- 구성 : 친환경 Green Fabric Form + Nail Pin 보강
- 규격 : T=10cm~30cm, 24cm×24cm ~ 100cm×100cm
- 접지면적율 : 100%적용(활동안전성 검토시 적용)

그림 6.5 보강형 환경섬유대 형상



사진 6.5 (a) 보강형 환경섬유대

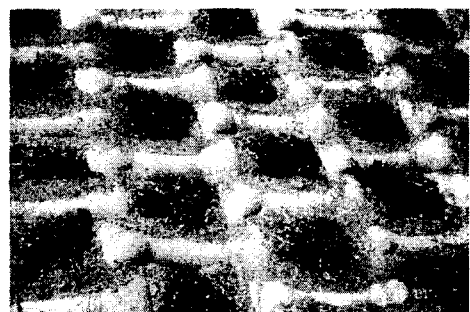


사진 6.5 (b) 보강형 환경섬유대



## 7. 공법의 비교

### 7.1 저수호안 공법의 비교

구 분	Ecology Fabric Form (생태형 환경섬유대)	Con'c Block (호안블럭)	Wire Cylinder (돌망태)	비 고
공 법	환경형 섬유대 + 잡석채움	뒷채움 콘크리트+호안블럭	돌망태 + 잡석	
규 격	T=10cm±10%	T=10cm~12cm	T=45m	
1. 경제성 -1M <sup>2</sup> 당 단가 - 평가	순공사비 27,345 (별도) 갯버들,갈대 다소염가	순공사비 32,610 최고가	순공사비 18,185 염가	
2. 기술성 - 자재수급 - 견고성 - 세굴우려 - 하자우려 - 시공능력 - 부대비 - 외관성 - 환경성	- 매우 용이함 - 콘크리트 기둥이 전면 연결되어 있어 견고함 ( $\sigma 28=180\text{kg/cm}^2$ ) - 기초 근입으로 세굴우려 없음 - 기초부분 근입과 사면부분 콘크리트 기둥연결로 하자우려 없음 - 전면이 일체화된 기계시공으로 시공능률이 매우 높음 - 물푸기, 야적장 불필요 - 매우 양호함 - 어패류 서식에 양호한 최적 환경	- 대체로 용이함 - 개별블럭이 상호 연결되지않아 별도로 거동함 ( $\sigma 28=180\text{kg/cm}^2$ ) - 블럭 틈 사이로 세굴우려 높음 - 기초부분 침하 및 사면블럭 함몰로 세굴침식우려 큼 - 기초와 사면, 뒷채움 콘크리트 등 분할시공으로 비능률적임 - 물푸기, 야적장 필요 - 다소 양호함 - 어패류 서식에 매우 불량	- 잡석자재 구득 곤란 - 조약돌을 담아 놓았으므로 별도로 거동함 - 조약돌 사이로 세굴이 심함 - 세굴로 인한 침하 및 함몰우려 큼 - 인력시공으로 매우 비능률적임 - 물푸기, 야적장 필요 - 매우 불량 - 어패류 서식에 다소 양호	

### 7.2 고수호안 공법의 비교

구 분	Landscape Fabric Form (조경형 환경섬유대)	Con'c Block (호안블럭)	Lawn (잔디식재)	비 고
공 법	환경형 섬유대 + 잔디식재	부직포 + 호안블럭	잔디 또는 시드스프레이	
규 격	T=10cm±10%	T=10cm~12cm		
1. 경제성 -1M <sup>2</sup> 당 단가 - 평가	순공사비 20,139 (별도) 갯버들,갈대 다소염가	순공사비 28,610 최고가	순공사비 4,870 가장저렴	
2. 기술성 - 자재수급 - 견고성 - 세굴우려 - 하자우려 - 시공능력 - 부대비 - 외관성 - 환경성	- 매우 용이함 - 콘크리트 기둥이 전면 연결되어 있어 견고함 ( $\sigma 28=180\text{kg/cm}^2$ ) - 기초 근입으로 세굴우려 없음 - 기초부분 근입과 사면부분 콘크리트 기둥연결로 하자우려 없음 - 전체를 일체화하여 기계시공으로 시공능률이 매우 높음 - 물푸기, 야적장 불필요 - 매우 양호함 - 자연환경과 조화되는 초목류 식재로 환경성 매우 양호	- 대체로 용이함 - 개별블럭이 상호 연결되지않아 별도로 거동함 ( $\sigma 28=180\text{kg/cm}^2$ ) - 블럭 틈 사이로 세굴우려 높음 - 기초부분 침하 및 사면블럭 함몰로 세굴침식우려 큼 - 기초와 사면, 뒷채움 콘크리트 등 분할시공으로 비능률적임 - 물푸기, 야적장 필요 - 다소 양호함 - 전면이 콘크리트 판으로 환경성 최고 불량	- 줄메 수급 곤란(자연훼손) - 시공초기 세굴, 침식우려 높음 - 시공초기 세굴우려 매우 높음 - 홍수 및 수위 상승시 제방 붕괴우려 - 인력시공으로 매우 비능률적임 - 물푸기, 야적장 필요 및 관수관리 필요 - 양호 - 잔디활착시 환경성 매우 양호	

## 8. 결 론

인류의 복지를 위한 각종 건설공사에서 홍수나 수해로부터의 재해방지 및 안전한 시공과 자연환경적 효과를 동시에 만족하기란 매우 지난한 과제라 할 것이다.

안전하고 완벽한 건설공사를 수행하고자하면 자연 환경적으로 불리할 수 밖에 없는 건설공사의 특성상 이를 동시에 만족시키기위한 우리의 노력이 결코 불가능하지 않음을 우리는 최신의 신기술, 신공법으로 입증되고 있다. 또한 경제적으로도 불리하지 않고 신속하고 효과적인 공법을 우리는 계속적으로 연구개발하고 있다.

이와같은 신기술, 신공법은 이를 이해하고 적절하고 능동적으로 적용발전시켜 나가고자하는 건설공사를 집행하는 시행청이나 설계자 및 시공에 임하는 건설기술자들의 공동의 노력과 신념이 요구된다.

추후 본 공법을 더욱 연구개발하여 더욱 효과적이고 훌륭한 공법이 개발 될 것을 기대한다.

## 참고문헌

1. 섬유대 호안공, (주)건설기술개발공사
2. 친환경 섬유대 호안공, (주)건설기술개발공사
3. 건설신기술 소개, 건설신기술협회
4. 수리공식집, 토목학회