

친환경 섬유대공 하천호안공법의 현장계측 연구

Experimental Study on Bank Protection System using Fabric Foam

*1 김진만 Kim, Jin-Man

*2 조삼덕 Cho, Sam-Deok

*3 최봉혁 Choi, Bong-Hyuck

*4 광기석 Kwak, Ki-Seok

*5 우효섭 Woo, Hyo-Seop

*6 안홍규 Ahn, Hong-Kyu

Abstract

Fabric Foam systems provide a variety of flexible bank protection for open channels and hydraulic structures. The structural performance and durability of conventional bank protection materials such as concrete, gravel, riprap and vegetation can be significantly improved by confining the materials within the cells of Fabric Foam system. This paper presents the results of field and laboratory tests carried out to evaluate the performance of new Fabric Foam System as a Bank Protection. The results of the tests confirmed effect of Fabric Foam System in Bank Protection.

요 지

침식방지형 섬유대공은 호안 또는 하천의 하천침식과 포락 방지를 위한 토목공사용 섬유소재로 내부에 유동성 콘크리트 또는 모르타르 등을 고압의 콘크리트 펌프로 주입하여 콘크리트 블록을 형성되도록 하는 제방 보호용 토목섬유공법이다. 그러나 기존에 개발된 침식방지형 섬유대공은 다량의 콘크리트 그라우팅제 사용에 따른 경제성 및 친환경성 측면에서 문제점을 가지고 있으며, 섬유대공의 안정성이 섬유대/비탈면 원지반의 마찰특성에 의존하도록 되어 있어 급경사 비탈면 적용에 한계가 있다.

본 연구에서는 다량의 콘크리트를 사용하는 기존 섬유대호안공의 경제성 및 친환경성을 개선하고자 역학적 방틀형태를 시공이 간편한 섬유대를 이용하여 구축하고, 구조적 안정성 및 비탈면 전면부의 식생 및 사석 호안시스템 지지 등을 앵커로 처리하는 경제적이면서도, 안정적인 섬유대공을 개발하여 실내모형시험에 의한 침식저항성평가 및 현장 적용성 평가 등을 수행하였다.

Keywords : geosynthetics, bank protection, Fabric Foam, EFA

1. 서 론

국내 하천은 하천정비법으로 지정된 하천 3,964

개소, 30,416km와 소하천정비법으로 지정된 하천 25,455 개소 39,500km로 구분할 수 있다. 그러나 국내 하천정비사업은 새마을 사업 등과 같이 비전문

*1 정회원, 한국건설기술연구원 지반연구부 선임연구원 (Senior Research, Geotechnical Research Dept., KICT)

*2 정회원, 한국건설기술연구원 지반연구부 수석연구원 (Research Fellow, Geotechnical Research Dept., KICT)

*3 정회원, 한국건설기술연구원 지반연구부 연구원 (Research, Geotechnical Research Dept., KICT)

*4 비회원, 한국건설기술연구원 지반연구부 선임연구원 (Senior Research, Geotechnical Research Dept., KICT)

*5 비회원, 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구위원 (Senior Research Fellow, Water Resources Research Dept., KICT)

*6 비회원, 한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원 (Senior Research, Water Resources Research Dept., KICT)

가 주도의 사업 추진으로 인한 강수 및 홍수량 등의 수문학적 측면만을 고려하여 하도 특성, 수질 특성, 지반 특성 등의 지형적 특성과 역학적 특성의 배제에 따른 많은 기술적 문제점을 내포하고 있다. 특히 국내 하천은 물에 의한 침식에 약하고 홍수 저지능력이 부족할 뿐만 아니라 제방 파괴로 인한 이차적인 자연 재해가 발생하고 있어, 그 방지 대책으로 하천 호안 보호공법 등에 대한 재정비가 요구되고 있다.

국내에서의 대표적인 하천 호안보호공법은 돌방태공, 철제 사석틀공, 식생공, 콘크리트 블록공, 섬유대 호안공(패브리폼공법), 돌붙임 및 쌓기공 등을 들 수 있다. 또한, 호안의 종류는 설치위치에 따라 홍수시 앞비탈을 보호하기 위한 고수호안, 저수로의 난류 방지와 세굴방지를 위한 저수호안, 제방호안으로 구분할 수 있으며, 호안의 구조는 그림 1과 같다.

한편, 하천 호안 침식방지형 섬유대공은 호안 또는 하천의 하천침식과 포락 방지를 위한 토목공사용 섬유자재로 고강도 토목섬유를 2겹으로 제작하여 내부에 유동성 콘크리트 또는 모르타르 등을 고압의 콘크리트 펌프로 주입하여 콘크리트 블록을 형성되도록 하는 제방 보호용 토목섬유공법으로, 국내 적용 실적이 많이 있다. 그러나 기존에 개발된 침식방지형 섬유대공은 용·배수형 및 친환경용의 경우 다량의 콘크리트 그라우팅제 사용에 따른 경제성 및 친환경성 측면에서 문제점을 가지고 있으며, 섬유대공의 안정성이 섬유대/비탈면 원지반의 마찰특성에 의존하도록 되어 있어 급경사 비탈면 적용에 한계가 있

다. 또한, 기존 친환경 섬유대는 씨드 스프레이나 묘판에 의한 잔디이식 만을 하고 있어, 식생매트를 이용한 침식방지공의 설치에 다소 문제가 있다.

따라서 본 연구에서는 다량의 콘크리트를 사용하는 기존 섬유대호안공의 비경제성과 비친환경성을 개선하고자 역학적 방틀형태를 시공이 간편한 섬유대를 이용하여 구축하고, 구조적 안정성 및 비탈면 전면부의 식생 및 사석 호안시스템 지지 등을 앵커로 처리하는 경제적이면서도, 안정적인 섬유대공을 개발하여 실내모형시험에 의한 침식저항성평가 및 현장 적용성 평가 등을 수행하였다.

2. 실내 시험에 의한 침식율 평가

침식현상은 흐르는 물에 의한 침식유발능력과 지반의 침식저항능력의 상호작용에 의하여 발생하는 자연현상으로, 저항체인 지반조건에 따라 상이한 양상을 띠게 된다. 기존의 침식모형실험에서는 조립토인 모래에 대한 침식유발 메커니즘 규명에 집중되어 왔으며, 현재까지 알려진 대부분의 침식해석 방법은 점착성을 띄는 지반의 침식특성을 예측하는데 적절하지 않다. 한편, 점착성이 있는 지반의 침식해석을 위한 방법으로 최근 SRICOS 방법이 제안되었다 (Briaud et al., 2001; Briaud et al., 1999).

본 논문에서 수행된 실내 시험에 의한 침식율 평가는 Kwak 등(2000)에 의해 SRICOS 모델을 적용하여 개발된 세립토의 침식율을 정량화하기 위한 침식

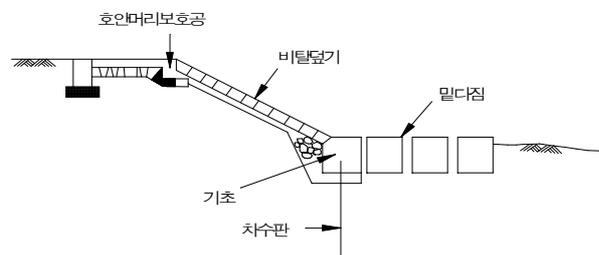


그림 1. 호안의 구조

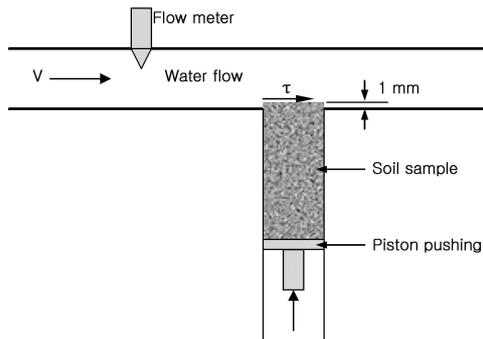
울시험기(Erosion Function Apparatus : EFA)를 이용하였으며, 본 논문에서는 EFA를 이용하여 다짐도 변화 및 식생매트 포설 유무에 따른 화강풍화토의 침식율 변화를 평가하였다.

2.1 시험 개요

2.1.1 실험방법 및 장비

침식율 시험기(EFA)는 침식율을 정량화하기 위해 개발되었으며, 외경이 76.2mm인 표준 Shelby Tube 내에 흙 시료를 설치하고, 이 Shelby Tube의 한 쪽 끝이 구형관(101.6mm×50.0mm)의 바닥에 연결된다. 한편, Shelby Tube 내의 흙은 피스톤을 통해 1mm씩 구형관 속으로 삽입되며, 이 돌출된 1mm의 흙이 관 속을 흐르는 물에 의해 침식되어진다. 관속을 흐르는 물의 유속은 최소 0.1m/s에서 최대 6m/s 까지 재현할 수 있다. EFA를 이용한 침식율 평가 시험의 세부절차는 다음과 같다.

- ① 흙시료를 EFA에 장착한 후 구형관을 물로 채워 1시간 이상 기다린다.



(a) 침식율 시험기의 모식도

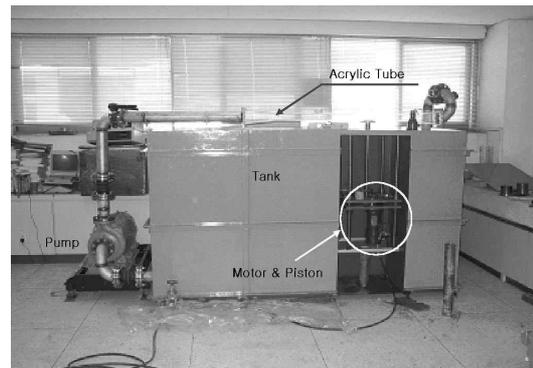
- ② 유속을 0.3 m/s로 맞춘 후 흙시료를 1mm 밀어 올린다.
- ③ 1mm의 흙이 침식되는데 걸리는 시간을 기록한다. 만일 1시간동안 침식이 전혀 이루어지지 않는다면 속도를 다음 단계로 높인다.
- ④ 0.6, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.5, 6.0 m/s의 유속에 대해 시험을 반복한다.

2.2.2 흙 시료

침식율 평가는 다음의 표 1과 같은 기본특성을 갖는 화강풍화토를 사용하였으며, 표 2와 같은 다짐도 변화 및 식생매트 포설 유무 등의 변화인자에 따라 화강풍화토 시료와 점토 시료를 대상으로 수행되었다.

2.2 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 다짐도 변화 및 식생 매트 포설 유무에 따른 세굴현상에 대한 침식율의 영향을 조사하기 위해 화강풍화토(SW)와 점토(CL)에 대한 EFA 시험을 실시하였다. 시험에 사용된 시료는 다짐도와 식생매트 포설 유무에 따른 화강풍화토 6종과 비교



(b) 침식율 시험기 정면도

그림 2. 침식율시험기(Erosion Function Apparatus : EFA) (Kwak, 2000)

표 1. 흙 시료의 기본특성

입도분포 (%)	자갈	45.5	다짐시험	γ_{dmax} (t/m ³)	2.07		
	모래	53.6				O.M.C (%)	8.2
	실트	0.9					
비 중(Gs)		2.63	흙 분류 (통일분류법)		SW		

표 2. 범례 및 변화인자

범례	변화 인자
S-1	잔디식생 처리, 다짐도 90.0%
S-2	잔디식생 처리, 다짐도 87.5%
S-3	잔디식생 처리, 다짐도 85.0%
SM-1	잔디식생/매트 처리, 다짐도 90.0%
SM-2	잔디식생/매트 처리, 다짐도 87.5%
SM-3	잔디식생/매트 처리, 다짐도 85.0%
CL	점토, 건조단위중량 1.40t/m ³ , 함수비 31.0%

를 위한 점토 1종을 사용하였다.

점토(CL)에 대한 침식특성은 그림 3에서 보듯이 일정한 유속까지 침식이 발생되지 않다가, 한계 유속 이후 상대적으로 완만하게 침식되는 경향을 나타내었다. 한편, 화강풍화토(SW)에 대한 침식특성은 다짐도 변화에 따른 다짐효과의 경우 식생 매트 포설 유무에 상관없이 다짐도가 증가할수록 침식이 저감되는 특성을 나타내었으며, 식생 매트 포설에 따른 침식 특성은 식생 매트가 포설되지 않은 S-1, S-2, S-3이 포설된 SM-1, SM-2, SM-3보다 침식이 적게 발생하는 것으로 평가되었다. 이러한 경향은 EFA 시험기의 축소모형시험에 따른 상사효과(Size Effect)에 의한 것으로 판단된다. 따라서, 하천호안 설계를 위한 침식시험은 현장조건을 고려한 대형 실험 모형 시험을 수행하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

3. 현장 시험시공 및 계측

3.1 현장 시험시공 개요

본 시험시공은 섬유대 호안 공법의 거동 특성, 식

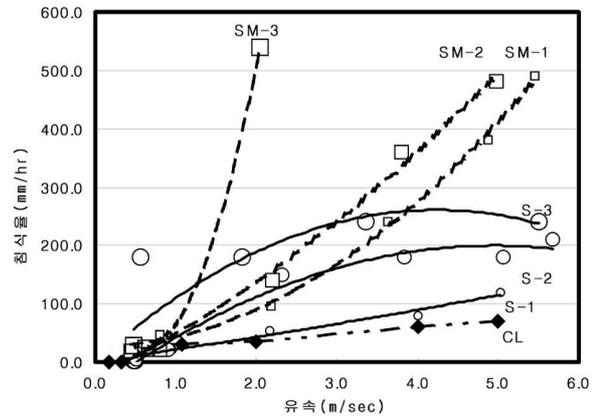


그림 3. 세굴률-유속 변화곡선

생 특성, 침식 특성의 검토를 위하여 경기도 파주시 파주읍 봉서리 일원의 동문천을 대상으로 수행되었다. 본 현장의 계측대상 호안은 사면길이 약 7.15m (호안공 설치 길이 6.0m), 제방 높이 약 4.0m, 제체 사면 경사 34° 정도의 호안으로 다양한 형태의 섬유대 호안공이 적용되었다.

본 현장에서 시험 시공에 사용된 제체 성토재의 공학적 특성(표 3 참조) 및 호안 공법의 종류는 다음과 같다. 시험시공을 위하여 현장에 적용된 섬유대 호안공은 섬유대를 이용하여 방틀 형태의 식생 처리를 할 수 있는 공법으로 적용 형태는 다음의 그림 4에서 보듯이 섬유대의 형상변화에 따라 방틀형, 모자이크형, 수정 방틀형의 3종류를 적용하였으며, 이때 채움재는 방틀형 및 모자이크형의 경우 토사를 이용한 식생 처리를, 수정 방틀형의 경우 사석+지오네트형을 이용한 식생 처리를 하였다.

섬유대 호안공의 단계별 시공순서는 일반적으로 기초 바닥면 터파기 및 정지 작업을 실시하고, 섬유대를 설치한 후 모르타르를 주입하는 반복 과정으로 이루어지며 필요한 경우 흙이나 사석을 이용하여 식

표 3. 제체 성토재의 기본특성

현장 자연함수비 (%)		20.9	비 중 (Gs)		2.64
입도분포 (%)	모래 실트 점토	75.0	다짐시험	γ_{dmax} (t/m ³)	1.588
		20.9		O.M.C (%)	12.8
		4.1	현장 다짐밀도 (γ_t , t/m ³)		1.64
소성지수 (PI)		-	흙 분류 (통일분류법)		SM

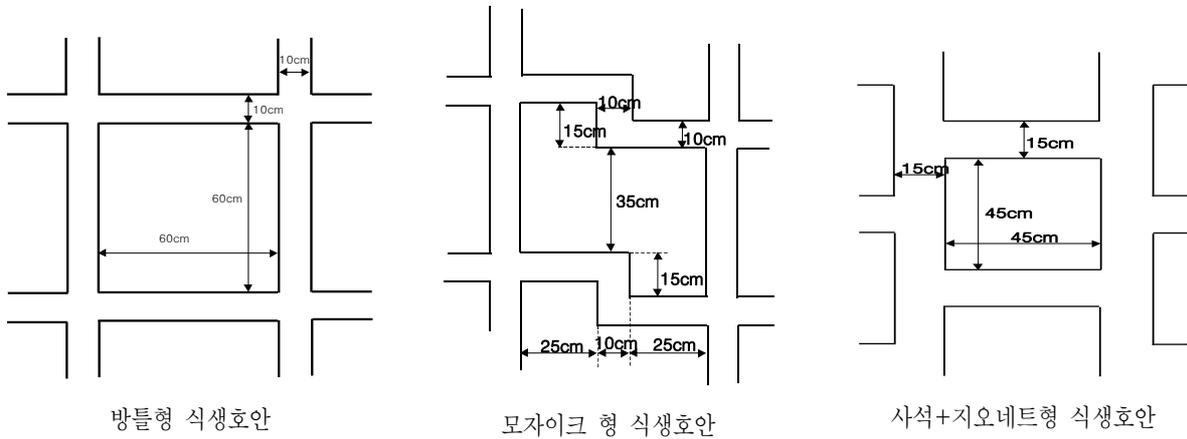


그림 4. 현장 시험시공에 적용된 호안공법의 형태

생처리를 한다.

3.2 제체 사면 및 호안공의 안정성 평가

3.2.1 제방 사면의 안정성 평가

일반적으로 제방의 안정성 평가는 침투에 대한 안정성 평가와 제체 사면의 안정성 평가 등을 수행하고 있다. 본 현장은 기존 제방에 호안공을 시험시공하여 관련 자료가 불충분하기 때문에 제체 사면 안정성 평가만을 수행하였다. 이때, 사면안정해석은 STABL5M을 이용하여 표 3의 성토재 전단강도 및 현장다짐밀도를 이용하여 그림 5 단면에 대하여 수행한 후 건교부 하천설계기준상의 기준 안전율과 비교하는 방법으로 수행되었다. 분석 사면의 수위

조건은 제내지 측 수위가 강우조건에 따라 변화하므로 평상시의 경우 0.2m, 집중호우시 관측된 최대 수위 2.9m, 수위 급강하시의 경우 최대 수위에서 평상시 수위로 변화하는 상태를 적용하였다.

평가결과, 시험시공 단면의 사면의 안전율은 1.4~2.0로, 하천설계기준상의 안전율 1.3보다 크게 나타나 안전한 것으로 평가되었다.

3.2.2 섬유대 호안공의 안정성 평가

섬유대 호안공(Fabric Form)의 설계는 토사 제방 사면자체의 원호활동(圓弧滑動)에 대한 안전성은 확보되었다는 전제하에 섬유대의 활동에 대한 안정성을 검토하도록 되어있다. 일반 섬유대의 활동에 대한 안정성 검토는 다음과 같은 안정해석 방법에 의해

표 4. 제체 사면의 안정성 평가 결과

수위 변화	저수위	최대수위	수위	기준 안전율
안전율	1.9	2.0	1.4	1.3

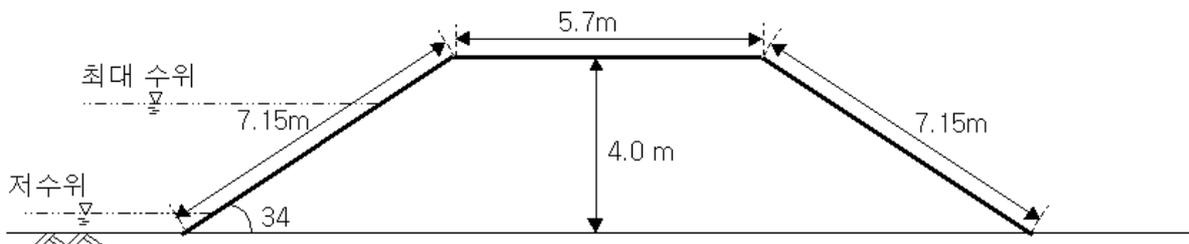
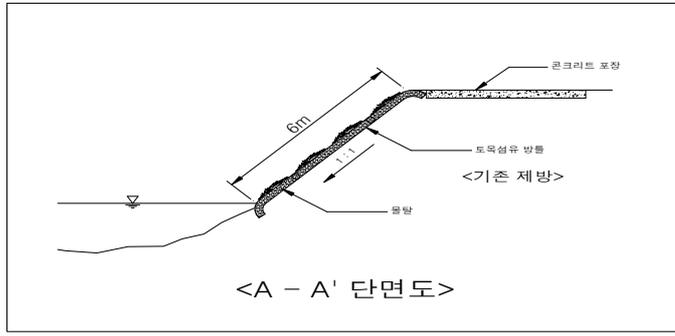
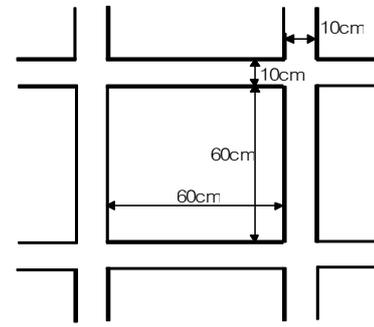


그림 5. 사면안정 해석에 적용된 단면 형상



(a) 단면도



(b) 섬유대 방틀의 규격

그림 6. 시험시공 설계 단면

표 5. 섬유대 호안공의 설계값

구 분	W(t/m ²)	L ₁ (m)	L ₂ (m)	L ₃ (m)	θ(도)	μ	α(%)
설계값	0.181	0.5	6.0	0.5	35	0.59	100

주) 섬유대공의 단위면적당 평균중량(W), 섬유대/흙 사이의 마찰계수(μ)는 섬유대와 방틀내의 토사가 일체 거동한다는 가정하에 그림 6 (b)의 규격에 따라 다음과 같은 방법에 의해 결정하였다.

1. 섬유대의 단위 면적당 부피 : 폭 0.1m, 높이 0.1m, 단위중량 2.0t/m³,
 $(0.1 \times 1.0 \times 2 + 0.1 \times (1.0 - 0.1 \times 2) \times 2) \times 0.1 = 0.036 \text{ (m}^3\text{)}$
2. 방틀내 흙의 단위 면적당 부피 : 단위 면적당 총 부피(0.1m³) - 섬유대의 부피, 단위 중량 1.6t/m³
 $0.1 - 0.036 = 0.064 \text{ (m}^3\text{)}$
3. 섬유대공의 단위면적당 평균중량(W) : $\{(0.036 \times 2.0) + (0.064 \times 1.6)\} \div 1.0 = 0.181 \text{ (ton/m}^2\text{)}$
4. 환산 마찰계수($\mu = \tan \theta'$)
 $\theta' = \{(0.036 \times 35 \times (2/3)) + (0.064 \times 35)\} \div 1.0 = 30.8 \text{ (}^\circ\text{)}, \mu = \tan 30.8 = 0.59$

서 수행되며, 불안정시 앵커에 대한 안정성 해석을 추가한다. 이때, 안정성 검토 결과 안전율($F_n = S_n/T_n$)은 최소 $F_n = 1.3$ 이상이 확보되어야 한다. 이때, 활동에 대한 저항력(S_n) 및 활동력(T_n)은 다음과 같고, 저항력의 경우 사면부분의 마찰력 및 사면끝 바닥부분에 대한 마찰력을 고려하고 정상부분의 마찰력은 무시한다.

$$S_n = (L_3 + L_2 \cdot \cos \theta) \cdot \omega \cdot \mu \cdot \alpha$$

$$T_n = W \cdot L_2 \cdot \sin \theta$$

여기서 W = 섬유대공의 단위면적당 평균중량(t/m²)

L₁ = 정부 Fabric Form의 길이(m)

L₂ = 사면부의 Fabric Form의 길이(m)

L₃ = 사면끝 바닥부분의 Fabric Form의 길이(m)

θ = 사면의 경사각(도)

μ = 섬유대/흙 사이의 마찰계수

α = 접지면적율(%)

본 시험시공 현장에 적용된 섬유대 호안공의 안정성 평가는 다음의 그림 6과 표 5의 설계 단면을 이용하여 수행하였으며, 그 결과 안전율은 1.6($F_n = S_n/T_n = 0.971/0.622$)으로 기준 안전율 1.3을 만족하는 것으로 평가되었다.

3.3 계측결과 분석

섬유대를 이용한 호안공법의 현장 계측 시 평가된 주요 항목은 섬유대 호안공의 변형 특성, 식생 특성 및 유수에 대한 침식특성 등이다. 이때, 호안공의 변형특성은 레벨측량에 의한 침하량으로 평가하였으며, 식생 및 침식특성은 시각적인 관찰을 이용

하여 평가하였다.

3.3.1 침하특성

본 시험시공현장의 침하특성은 그림 7에서 보듯이 최대 약 1.8cm 정도로 각 단면별로 시간 경과에 따른 변화없이 거의 일정한 침하특성을 보이는 것을 알 수 있다. 한편, 본 현장에서의 계측은 불규칙한 단면의 경사면에서 수행되었기 때문에 계측된 침하량의 대부분은 계측오차에 의한 것으로 판단되며, 실제 침하량은 무시할 정도로 작을 것으로 사료된다. 이때, 본 시험시공현장은 최대 제내수위가 2.9m 정도인 우기 및 동절기를 한번 거친 상태이다. 따라서, 섬유대 호안공은 본 현장과 같이 제방 자체의 침하에 대한 안정성이 확보된 것으로 판단된다.

3.3.2 식생 특성

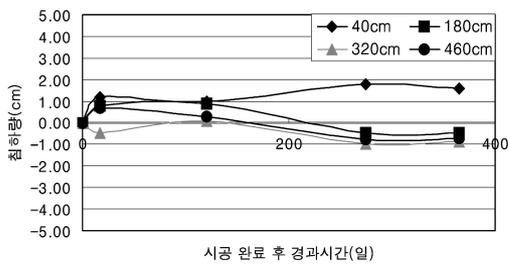
식생 특성은 다음의 그림 8에 나타난 바와 같이 토사+식생을 실시한 방틀형 식생호안 및 모자이크형 식생호안의 경우 시공 완료 후 4일이 지난 경우 뿌리가 사면 토체로 자리잡게 되는 것을 알 수 있다. 또한,

식생의 성장상태는 본 현장의 경우 식생 시공 후 1개월까지는 제체 사면 토체에 식생이 자리잡게 되는 기간으로 보이며, 시공 완료 후 약 3개월경과 후 전체 호안을 덮는 것으로 평가되었다.

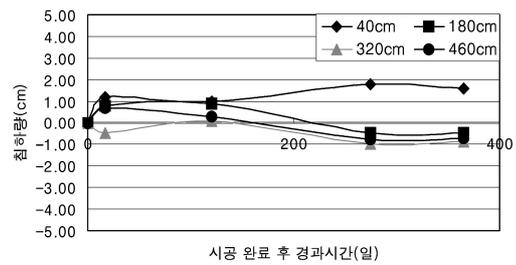
한편, 사석/지오네트형 식생호안의 식생 특성은 그림 8에서 보듯이 방틀형 및 모자이크형 식생호안 현장과 비교하여 성장상태가 상대적으로 저조한 것으로 나타났다. 이와 같은 식생 특성의 차이는 시공 형태 및 시공 시기의 차이에 기인한 것으로 방틀형 및 모자이크형 식생호안 현장의 경우 식생의 성장 및 활착에 적합한 3월에 토사만을 사용하여 시공된 반면, 사석/지오네트형 식생호안의 경우 우기가 시작되는 6월에 사석으로 채움을 실시하였기 때문으로 판단된다.

3.3.3 침식 특성

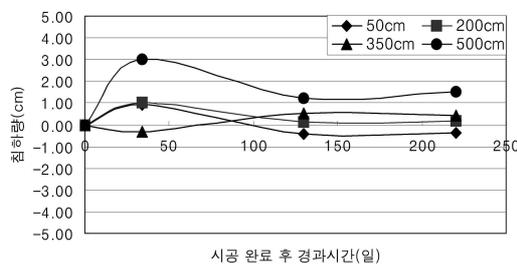
호안 공법은 제방 또는 하안을 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 보호하기 위한 목적으로 제방의 앞비탈에 설치하는 구조물로서 침식에 대한 안정성 평가는 매우 중요한 항목이다. 본 절에서는 본 시험시



(a) 정방형 단면의 침하 특성



(b) 모자이크형 단면의 침하 특성



(c) 그리드 망 단면의 침하 특성

그림 7. 시공 완료 후 경과시간에 따른 섬유대 호안공의 침하특성



시공완료 후의 전경



식생 성장 후의 전경



(b) 사석/지오네트 식생호안 구간

(a) 방틀형 식생호안 및 모자이크형 식생호안 구간

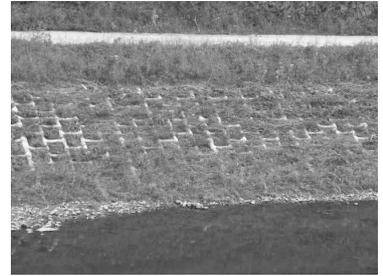
그림 8. 식생 특성



(a) 방틀형 식생호안



(b) 모자이크형 식생호안



(c) 사석/지오네트 식생호안

그림 9. 호안공법에 따른 집중호우 후의 호안의 상태

공 현장에 적용된 섬유대 호안공의 우수 및 강우에 대한 침식에 대한 안정성 평가를 위하여 태풍 매미 등 집중호우 후의 호안의 상태를 육안 관측을 통하여 평가하였다.

집중호우 후의 섬유대 호안공의 상태는 그림 9에서 보듯이 방틀형 식생호안 및 모자이크형 식생호안 현장의 경우 섬유대 방틀내의 토사가 일부 유실되었으며, 사석/지오네트 식생호안 현장의 경우 이러한 토사의 유실이 나타나지 않았다. 이와 같은 결과가 발생한 원인은 방틀형 식생호안 및 모자이크형 식생호안 현장의 경우 섬유대 방틀내의 충전물을 토사만을 사용하여 침식에 대한 저항성이 상대적으로 낮은 결과이며, 사석/지오네트 현장의 경우 섬유대 방틀내의 충전물이 사석과 지오네트로 이루어져 침식 저항성이 크기 때문인 것으로 판단된다. 따라서, 식생 활착 특성과 침식에 대한 안정성을 종합적으로 고려해 볼 때 향후 식생매트는 필터 기능과 식생 기능의 동시 확보를 고려하여 개발되어질 필요가 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 다량의 콘크리트를 사용하는 기존 호안공의 비경제성과 비친환경성을 개선하고자 개발된 식생활착이 가능한 섬유대공에 대한 실내모형 시험에 의한 침식저항성평가 및 현장 적용성 평가 등을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. EFA를 이용한 침식저항성 평가는 점토(CL)의 경우 한계 유속 이후 상대적으로 완만하게 침식되는 경향을 나타내었으며, 화강풍화토(SW)의 경우 다짐효과가 발현되었으나 축소모형시험에 따른 상사효과(Size Effect)에 의한 영향으로 식생 매트 포설 효과가 나타나지 않아 현장조건을 고려한 대형 실물 모형시험을 수행하는 것이 바람직할 것으로 평가되었다.
2. 개발 섬유대 호안공은 침하특성의 경우 최대 제내수위가 2.9m 정도인 우기를 한번 거친 상태에서

- 최대 약 1.8cm 정도로 각 단면별로 시간 경과에 따른 변화 없이 거의 일정한 경향을 보여 제방 자체의 침하에 대한 안정성이 확보된 것으로 판단된다.
3. 개발 섬유대 호안공은 식생 특성의 경우 시공 형태 차이에 기인하여 식생의 성장 및 활착이 사석+지오네트형 식생호안에 비해 방틀형 및 모자이크형 식생호안이 상대적으로 양호한 것으로 평가되었다.
 4. 개발 섬유대 호안공의 침식저항성은 사석+지오네트 사용에 따른 침식 저항성의 증가에 의해 식생 특성과 반대로 방틀형 식생호안 및 모자이크형 식생호안 현장에 비해 사석+지오네트 식생호안이 양호한 것으로 평가되었다. 또한, 식생 활착 특성과 침식에 대한 안정성을 종합적으로 고려해 볼 때 향후 식생매트는 필터 기능과 식생 기능의 동시 확보를 고려하여 개발되어질 필요가 있다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2000), 하천설계기준.
2. 환경부(1996~2000), 국내 여건에 맞는 자연형 하천 공법의 개발.
3. Briaud, J.L., Chen, H.C., Gudvalli, S.R., Perugu, S. and Wei, G.(1999), "SRICOS : Prediction of Scour Rate in Cohesive Soils at Bridge Piers", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering.
4. Briaud, J.L., Ting, F.C.K., Chen, H.C., Cao, Y., Han, S.W. and Kwak, K.(2001), "Erosion function apparatus for scour rate predictions", ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 127, No. 2, pp.105 ~ 113.
5. Kwak, K.(2000), "Prediction of scour depth versus time for bridge piers in cohesive soils in the case of multi-flood and multi-layer soil systems", Ph.D. Dissertation, Texas A&M University, College Station, Texas, USA.
6. Takao Uno, Hisayoshi Morisugi, Toshio Sugii and Yuji Nakano, 1998, Stability Evaluation of River Levees on the Basis of Actual Levee Breachings, 日本土木學會論文集, 400(III-10), pp.161 ~ 170.
7. U.S. Army Corps of Engineers, 1978, Engineer Manual-Design and Construction of Levees.
8. Yuichiro Fujita, Takashi Tamura and Yoshio Muramoto, 1984, Emperiments on Enlarging Process of River Bank Brdaches, 東京大學 防災研究所 年報 第27号 B-2.