

토목섬유 호안공의 접지면적에 따른 활동 안전을 검토
Investigation of Sliding Safety Factor Considering Contact Area of Geosynthetic Slope
Protection with Soil Slope

송재현¹⁾ Jea-Heon Song, 이상호²⁾ Sang-Ho Lee

¹⁾ (주)건설기술개발공사 대표이사/상하수도 기술사, President, of Construction Engineering Co.
Professional Engineer of Water Supply and Sewage.

²⁾ 경북대학교 농업토목공학과 부교수. Associate Professor, Dept. of Agricultural Civil Eng.,
Kyungpook National University.

SYNOPSIS : When designing the slope protection system using fabric forms, it's important to examine the sliding of the system to the surface of protected soil slope, in order to ensure slope stability. It's desirable for the fabric forms as a slope protection system to be examined the sliding of the system to soil slope surface although the conventional slope protection except the protection using fabric form is constructed without considering the sliding examination.

In this study, the influence of contact area of fabric form body containing cement mortar with surface of soil slope on the sliding the system to the soil slope, and safety factor for the sliding are investigated.

From the results, the ratio of the contact area of improved type of fabric forms ate about 72% while that of general type of fabric forms are about 28%, and the safety factor for sliding of improved one is still more than minimum safety factor of 1.3 but that of general one is less than 1.3.

KEYWORDS : Slope protection, Fabric forms, Contact area, Sliding, Safety factor

1. 서 론

사면보호공법으로서 토목섬유 호안공을 설계할 때는 먼저 토공사면에 대하여 최적의 안정계산 방법을 통하여 사면형상을 결정하는 방법으로 구조적인 안정성이 보장되는 토공사면을 결정한 후 토공사면 상부에 포설될 토목섬유 호안공의 토공사면에 대한 활동을 검토하고 그에 따른 각종 활동방지 대책이 강구되어야 한다.

본 토목섬유 호안공이외의 호안블럭이나 기타재료에 의한 사면보호공법은 일반적으로 호안체 구조상의 활동에 대한 검토를 무시한 채 시공되고 있는 실정이지만 토목섬유 호안공은 시공 후의 안정성을 보장하기 위하여 호안공 구조체에 대한 활동검토를 포함한 안정성 검토가 반드시 실시되어 시공 후의 실패사례를 최소화 하여야 할 것이다.

이에 본 연구에서는 우선 토목섬유 호안공의 저면과 토공 기초사면의 접지면적과 토공사면의 토질조건이 호안공의 토공사면에 대한 활동에 미치는 영향과 안전율을 검토하고자 한다.

2. 검토방법

토목섬유 호안공은 제조방법 및 형상에 따라 다양하게 개발될 수 있으며 그에 따라 호안공 배면과 기초사면 접지부의 형태가 다양하여 접지면적이 상이하기 때문에 호안공의 형태별 접지면적을 산출하여 호안공 구조체의 활동에 대한 검토에 적용한다.

본 연구에서는 형태별로 가장 상이한 재래식凹凸형 섬유대 호안공과 지그재그형(개량형) 섬유대 호안공 두가지 형태의 섬유대 호안공을 비교하여 고찰하고자 한다. 각각의 섬유대에 모르터나 콘크리트를 주입한 후의 평면도와 단면도는 그림 1 및 그림 2와 같다.

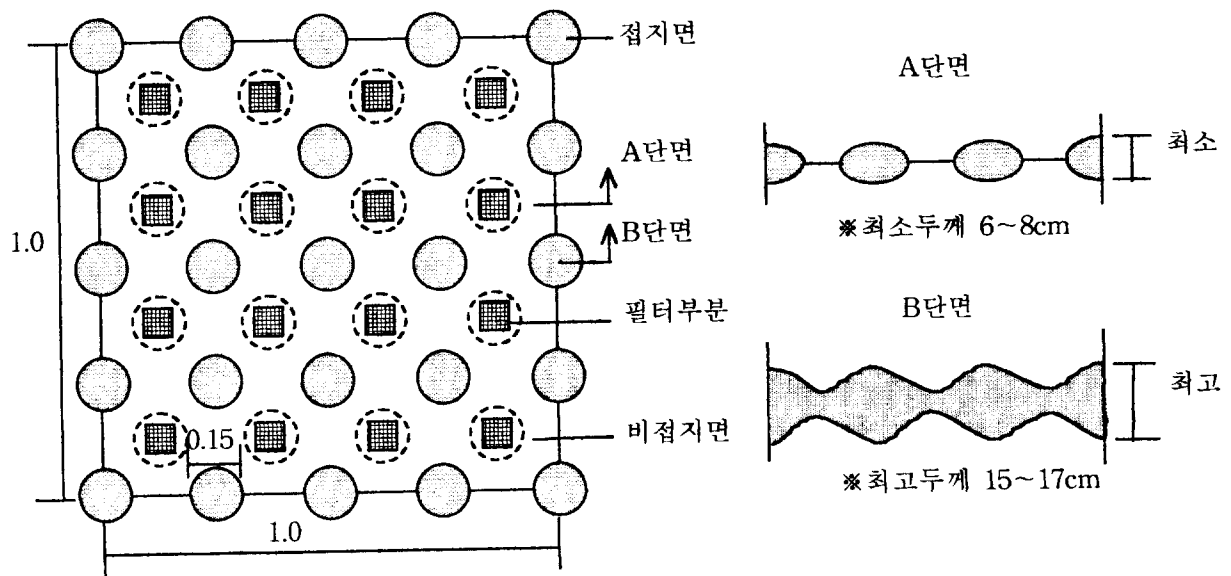


그림1. 재래형(凹凸형) 섬유대 호안공의 접지형태와 단면도

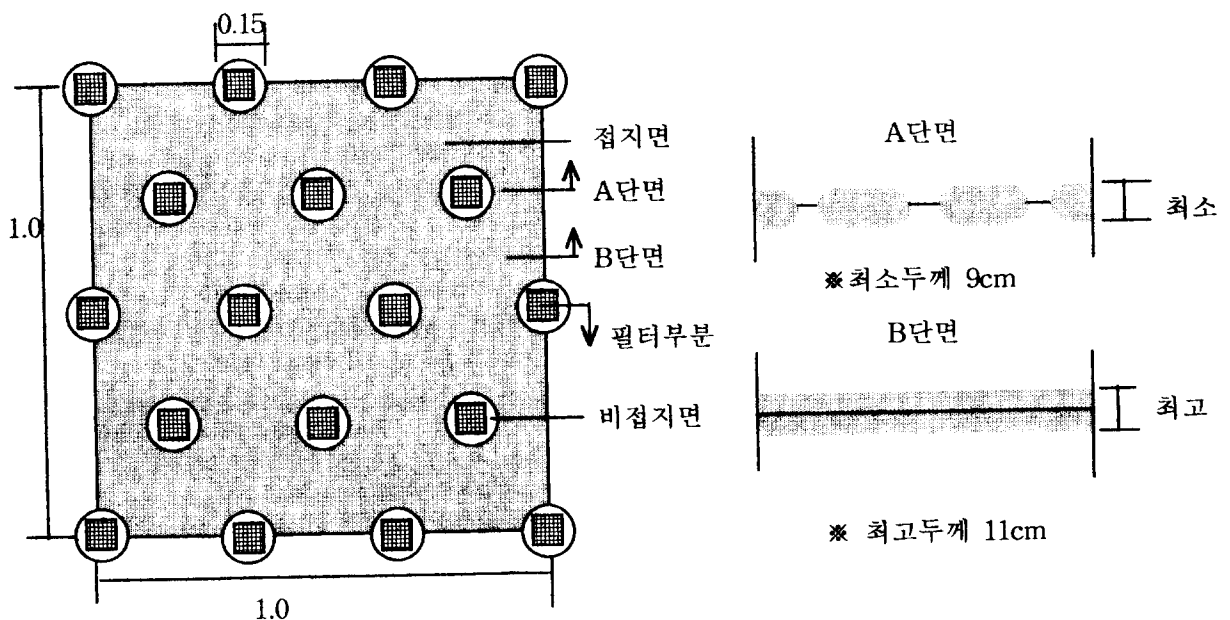


그림2. 지그재그형(개량형) 섬유대 호안공의 접지형태와 단면도

3. 접지면적의 산출

접지면적은 섬유대 호안공 내부에 1:3비율의 시멘트 모르터를 주입하여 응결되기 이전상태의 면적으로 산출하였으며 이는 주입재의 주입압력차이가 있을 것으로 판단된다. 접지면적의 산출은 주입이 완료된 섬유대를 지반바닥에서 견인하여 나타나는 섬유대 배면의 견인자국의 윤곽을 측정하는 방법으로 수행하였다.

- 재래식 凹凸형 섬유대 호안공의 접지면적(T=10cm형 기준)

$$\left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \times 16 \text{개소}/1\text{M}^2 \text{당} = \left(\frac{\pi (0.15)^2}{4} \right) \times 16 = 0.28\text{m}^2$$

- 지그재그형(개량형) 섬유대호안공의 접지면적(T=10cm형 기준)

$$1 - \left(\frac{\pi D^2}{4} \times 16 \right) = 1 - \left(\frac{\pi (0.15)^2}{4} \times 16 \right) = 0.72\text{m}^2$$

4. 구조검토

토목섬유 호안공법의 구조검토는 제방자체의 안정성은 안전하다는 전제하의 토공사면에 대한 토목섬유 호안공의 활동에 대한 검토에 국한된다.

토목섬유 호안공법의 구조검토는 원지반과의 마찰에 의한 저항력과 활동하려는 토목섬유 호안공의 중량에 대한 사면방향중량 성분과의 비교로서 안전율이 확보되어야 한다.

이는 외국에서 이미 설계에 적용해오던 방식으로서 활동검토와 안전율과의 상관관계에 대한 고찰이다.

4.1 활동에 대한 저항력(Sn)

활동에 대한 사면부분의 마찰력과 바닥부분의 마찰력을 고려하며 천단부분의 마찰력은 무시한다.

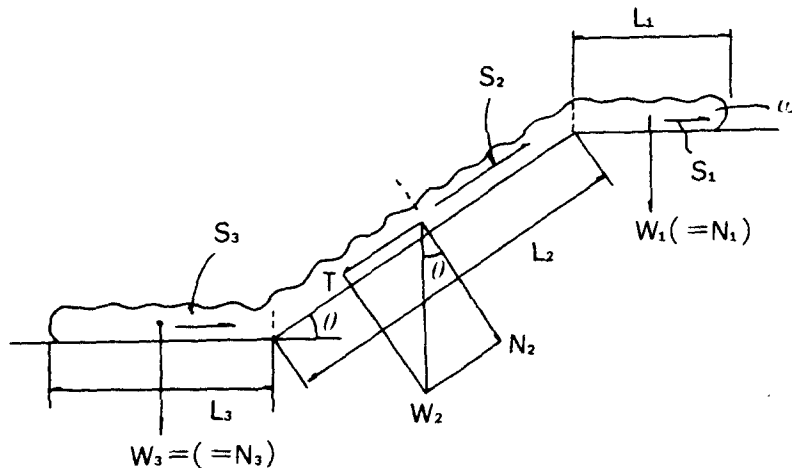


그림3. 활동에 대한 저항력 검토

$$\begin{aligned} S_n &= S_3 + S_2 = W_3 \cdot \mu + N_2 \cdot \mu = W_3 \cdot \mu_2 + W_2 \cos \theta \cdot \mu_2 \\ &= \omega \cdot L_3 \cdot \mu_3 + \omega \cdot L_2 \cos \theta \cdot \mu_2 = \frac{(L_3 + L_2 \cos \theta) \omega \cdot \mu}{\mu_2 = \mu_3 = \mu \text{의 경우}} \end{aligned}$$

4.2 활동력(Tn)

사면부분의 토목섬유 호안공 중량의 사면방향 성분으로 한다.

$$T_n = W_2 \sin \theta = \omega \cdot L_2 \cdot \sin \theta$$

4.3 활동에 대한 안전률(Fn)

안전율은 일반적으로 1.5이상으로 하되 경우에 따라 다소 변화시켜 제방 높이가 낮거나 토질이 양호할 경우에는 1.3이상을 기준 할 수도 있으며 제방이 높거나 토질이 다소 불량할 경우에 1.5를 기준으로 한다.

$$F_n = \frac{S_n}{T_n} = \frac{(L_3 + L_2 \cos \theta) \omega \cdot \mu}{\omega \cdot L_2 \cdot \sin \theta} = \frac{(L_3 + L_2 \cos \theta) \mu}{L_2 \cdot \sin \theta}$$

- 여기서
- ω : 섬유대 호안공의 단위길이에 대한 평균중량(t/m) 상시수중일 경우에는 수중 중량을 사용한다.
 - L_1 : 천단부의 섬유대 호안공의 길이(m)
 - L_2 : 사면부의 섬유대 호안공의 길이(m)
 - L_3 : 사면 끝 바닥부분의 섬유대 호안공의 길이(m)
 - θ : 사면의 경사각(도)
 - T_n : 활동력(t)
 - F_n : 활동에 대한 저항력(t)
 - μ : 섬유대 호안공과 흙과의 마찰계수

5. 설계 적용기준

5.1 토사와의 마찰계수

토 질	상호작용계수(a)	비 고
자갈질토 (礫質土)	0.9 ~ 1.0	* 일본에서 가장 보편적으로 사용하는 값.
모래 (砂)	0.85 ~ 0.95	
사질토 (砂質土)	0.80*	
실트질점토	0.75	
점토 (粘土)	0.60	

표 1. 토목섬유대 호안공과 기초 토사와의 상호작용계수

5.2 방수제동 기타 재료와의 접촉마찰각 범위

토 목 섬유	P V C	H D P E		Geonet
		Smooth	Textured	
Woven Textile	10~28	7~11	9~17	9~18
Nonewoven, needle Punched Geotextile	16~26	8~12	15~33	10~27
Nonewoven, resin/heat bounded Geotextile	18~21	9~11	15~16	17~21
Geonet	11~24	5~19	7~25	

표 2. 토목섬유대 호안공과 Geomembrane과의 접촉 마찰각 범위

6. 적용사례

공 사 명	형 식	활 동 저 항 력 (Sn)						활동력 (Tn) (t)	안전률 (Fn) (-)	판 정	비 고
		L ₃ (m)	L ₂ (m)	Cos θ (도)	ω (t/m ²)	μ (-)	Sn (t)				
OO제 개수사업	재 래 형	3.0	20.5	21.8	0.23	0.9	1.276	1.749	0.729	< 1.3	부족
	지그재그형	3.0	20.5	21.8	0.23	0.9	3.281	1.749	1.875	> 1.3	만족
OO-OO간 도로공사	재 래 형	3.0	26.1	28.67	0.345	0.9	2.25	4.31	0.522	< 1.3	"
	지그재그형	3.0	26.1	28.67	0.345	0.9	5.79	4.31	1.34	> 1.3	"
OO지구 배수개선	재 래 형	0.5	6.71	26.6	0.23	0.8	0.418	0.689	0.606	< 1.3	"
	지그재그형	0.5	6.71	26.6	0.23	0.8	1.074	0.689	1.558	> 1.3	"
OO항 O단계	재 래 형	2.0	45.35	14	0.23	0.8	2.369	2.513	0.942	< 1.5	"
	지그재그형	2.0	45.35	14	0.23	0.8	6.092	2.513	2.424	> 1.5	"
OO유수지 호안공	재 래 형	2.1	7.3	26.8	0.23	0.75	0.415	0.755	0.549	< 1.3	"
	지그재그형	2.1	7.3	26.8	0.23	0.75	1.069	0.755	1.415	> 1.3	"
OO매립지 호안공	재 래 형	4.58	11.06	19.4	0.23	0.60	0.582	0.847	0.687	< 1.3	"
	지그재그형	4.58	11.06	19.4	0.23	0.60	1.497	0.847	1.77	> 1.3	"
OO해안도로	재 래 형	0.9	3.96	33.55	0.23	0.75	0.202	0.503	0.401	< 1.3	부족
	지그재그형	0.9	3.96	33.55	0.23	0.75	0.521	0.503	1.035	< 1.3	"
	재 래 형	2.7	3.06	33.55	0.23	0.75	0.253	0.354	0.642	< 1.3	단면
	지그재그형	2.7	3.06	33.55	0.23	0.75	0.621	0.354	1.652	> 1.3	변경
OO-OO간 도로공사	재 래 형	1.6	3.5	45	0.23	0.80	0.236	0.569	0.414	< 1.3	부족
	지그재그형	1.6	3.5	45	0.23	0.80	0.606	0.569	1.605	> 1.3	만족
T-O현장	재 래 형	0.5	9.0	33.65	0.23	0.95	1.44	1.146	1.256	< 1.3	부족
	지그재그형	0.5	9.0	33.65	0.23	0.95	1.631	1.146	1.423	> 1.3	만족
OO제 하천개수공	재 래 형	0.5	13.0	26.8	0.23	0.80	0.704	1.345	0.524	< 1.3	"
	지그재그형	0.5	13.0	26.8	0.23	0.80	1.811	1.345	1.346	> 1.3	"
OOOO택지	재 래 형	2.0	11.27	26.5	0.23	0.75	0.583	1.158	0.503	< 1.3	부족
	지그재그형	2.0	11.27	26.5	0.23	0.75	1.499	1.158	1.294	< 1.3	부족
	지그재그형	2.2	11.27	26.5	0.23	0.75	1.524	1.158	1.316	> 1.3	단면 변경

7. 활동방지대책

안전율산출 후 부족할 경우 다음과 같은 활동방지대책이 강구되어야 하며 이때 안전율은 재산출하여 안전성 여부를 재검토한다.

- 1) 토목섬유 호안공의 근입공(根入工) : 사면 끝부분을 굴착하여 근입시킴으로서 활동저항력을 증대시키며 이때 필요시에는 Tubular form을 병행 시공함.
- 2) 토목섬유 호안공의 바닥부분 연장시공 : 활동력이 커서 안전율이 부족할 경우 바닥부분으로 넓게 연장 시공하여 활동저항력을 증대시키는 방안으로 역시 재검토산출하여 안전율이 확보되어야 한다.
- 3) 기타 활동방지 말뚝공 : 기타방법으로 활동을 방지할 목적의 말뚝 타설 공법

8. 결 론

토목섬유대 호안공사의 가장 다발적인 실패사례는 기초토공 사면에 대한 호안공의 활동에 의한 것인바 토목섬유 호안공의 설계시 이에 대한 검토가 필수적이며 기타공법의 설계시 무시되어 왔던 활동에 대한 구조검토를 실시하여 안전하고 합리적인 설계가 이루어져야 할 것이다.

토목섬유 호안공의 기초토공사면에 대한 접지면적에 따른 안전율을 검토결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 토목섬유 호안공의 형태별 접지면적율은 재래형(凹凸형)의 경우에는 28%, 지그재그 개량형의 경우에는 72%로 나타나 개량형의 경우 접지면적이 크게 개선되었다.
- 2) 활동에 대한 안전율은 대부분 재래형 토목섬유 호안공의 경우 기준안전율 1.3에 미치지 못하였으나 지그재그 개량형 토목섬유 호안공의 경우 기준안전율을 훨씬 초과하는 것으로 나타나 개량형의 우수성이 입증되었다..

참고문헌

1. TAIYO KOGYO CORPORATION 사 “技術資料”. p5~6
2. “土木施工 4” VOL24 NO.5. 1983. APR. P40~50
3. 大韓土木學會, 農業振興公社 “第 1회 土木纖維(Gotextile)세미나 1986. 11. 22 P179~196
4. 사단법인 한국지반공학회 저“지반공학 시리즈 9 토목섬유” P98~106, P201~202, P336~337
5. (주)건설기술개발공사 “纖維袋 護岸 I. 技術資料 (設計 및 施工)” P6~7