

토목섬유 보강재의 장기설계인장강도



김 경 모

보강기술(주) 연구소장
kgmong@hotmail.com

보강토 옹벽의 설계 및 시공에 있어서 보강재의 장기설계(허용)인장강도의 결정은 매우 중요하며, 설계 및 시방기준에 제시된 적용기준에 따라 장기설계인장강도를 산정함에 있어서 감소계수의 관련하여 많은 혼란이 있다.

이번 호에서는 보강토 옹벽이나 보강성토사면에서 지반보강용으로 사용되는 토목섬유 보강재의 장기설계인장강도의 산정에 대해 알아보려고 한다.

1. 서론

토목섬유는 각종 건설구조물에 필터, 분리, 배수, 차수, 보강, 침식제어 기능 등으로 다양하게 사용되고 있으며, 현장에 적용된 토목섬유는 하나 이상의 기능을 수행하고 있다(사)한국지반공학회, 1998).

국내에서 토목섬유를 적용하는 대표적인 사례는 토목섬유의 보강기능을 활용한 보강토 옹벽이며, 보강기능을 활

용하는 토목섬유는 무엇 보다 그 설계수명에서의 장기인장강도가 중요하다. 장기인장강도는 재료의 역학적, 장기적인 내구성을 고려하여 결정해야 한다(국토해양부, 2011).

한편, 토목섬유의 변형과 강도는 다음 원인에 의해 영향을 받을 수 있다(KS K ISP/TR 20432).

- 시공 중에 발생할 수 있는 기계적인 손상
- 지속적인 정적 하중 또는 동적 하중
- 상승된 온도
- 일관 노출에 의한 변화
- 천연 토양 지반 또는 오염 토양 지반에 의한 화학적 영향

따라서 보강기능을 활용하는 토목섬유 보강재의 장기인장강도는 장기적인 내구성을 고려한 저감요인을 고려하여 장기인장강도는 산정해야 한다(국토해양부, 2011).

본 기술노트에서는 토목섬유 보강재의 장기인장강도 산출 방법에 대해 알아보려고 한다.

2. 토목섬유 보강재의 장기설계인장강도

가. 토목섬유 보강재의 장기설계(허용)인장강도

국토해양부 제정 건설공사 비탈면 설계기준(국토해양부, 2011)에서는 “보강재의 장기설계인장강도(T_a)는 장기인장강도(T_l)에 안전율을 적용하여 산정한다”라고 규정하고 있으며, 도로설계편람(국토해양부, 2012)에서는 “보강재의 장기설계인장강도(허용인장강도) T_a 는 구조물의 형상과 뒤채움재의 특성, 보강재 특성, 외부작용하중 등의 불확실성 및 구조물의 중요도를 고려한 안전율 F_S 를 고려하여 산정한다”라고 설명하고 있다. 따라서 토목섬유 보강재의 장기설계(허용)인장강도는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$T_a = \frac{T_l}{F_S} \quad (1)$$

이 때 안전율 F_S 는 통상 1.5를 적용한다(국토해양부, 2012). 다만, 보강성토사면에 적용되는 토목섬유 보강재에 대해서는, 안정성해석에 안전율이 포함되어 있으므로, $F_S = 1.0$ 을 적용한다(Elias 등, 2001).

나. 토목섬유 보강재의 장기인장강도

토목섬유보강재의 인장특성은 크리프(creep), 시공시 손상, 노화(aging), 온도, 구속압 등과 같은 환경적인 요인에 의해 영향을 받는다. 따라서 토목섬유 보강재의 장기인장강도는 토목섬유의 허용인장변형과 크리프 특성 및 가능한 모든 강도저하 요인을 고려하여 결정하는 것이 바람직하다(국토해양부, 2010).

지오그리드를 포함한 토목섬유 보강재는 화학적인 내구성, 내시공성 그리고 장기적인 크리프 특성 등을 고려한 감소계수를 적용하여 장기인장강도(T_l)을 다음 식으로부터 구한다(국토해양부, 2012).

$$T_l = \frac{T_{ult}}{RF} \quad (2)$$

$$RF = RF_{CR} \times RF_D \times RF_{ID} \quad (3)$$

여기서, T_{ult} : 토목섬유 보강재의 극한인장강도

RF : 토목섬유 보강재의 장기간 강도선실을 고려한 총 감소계수

RF_{CR} : 크리프 감소계수. 일반적인 값은 다음과 같음

폴리머의 종류	크리프 감소계수
폴리에스테르(PET)	2.5 ~ 1.6
폴리프로필렌(PP)	5.0 ~ 4.0
폴리에틸렌(PE)	5.0 ~ 2.5

RF_D : 내구성 감소계수(≥ 1.1)

RF_{ID} : 시공성 감소계수(≥ 1.1)

다. 감소계수의 결정

도로설계편람(국토해양부, 2012)에서는 토목섬유 보강재의 장기인장강도 산정을 위한 “항목별 감소계수는 보강재의 재질 및 특성에 따라 다르며, 재료별로 공신력 있는 기관에서 수행한 시험결과 값을 이용해야 한다”라고 명시되어 있다.

한편, 국가표준제도의 확립 및 산업표준화제도 운영, 공산품의 안전·품질 및 계량·측정에 관한 사항, 산업기반 기술 및 공업기술의 조사·연구개발 및 지원 등을 목적으로 설립된 한국인정기구(Korea Laboratory Accreditation Scheme, KOLAS)의 주된 업무는 국내외 각종 시험기관의 자격을 인증해 주는 것으로 KOLAS 인증을 얻으면 공식적인 시험기관으로 등록돼 각종 산업제품의 품질이나 특성을 판단하고 분석하는 시험 행위를 할 수 있다(Naver 지식백과).

따라서, “공신력 있는 기관”은 KOLAS 인증을 얻은 시험기관으로 해석하는 것이 타당할 것으로 생각되며, KOLAS는 APLAC(Asia-Pacific Laboratory Accreditation Cooperation: 아시아태평양시험소인정협력체)와 ILAC(International Laboratory Accreditation Corporation: 세계시험소인정기구) MRA(Mutual Recognition Arrangement Council: 상호인정협정)에 가입되어 있으므로, KOLAS, APLAC 및 ILAC 등과 같은 인정기구에서 인증을 받은 시험기관에서 발행한 시험성적서를 이용하여 각 항

표 1. 시험결과에 따른 감소계수 적용방안

구 분	적용방안
시험결과값이 설계기준 범위 보다 작은 경우	설계기준 값 적용
시험결과값이 설계기준 범위 내에 있는 경우	시험결과 값 적용
시험결과값이 설계기준 범위 보다 큰 경우	사용할 수 없음

표 2. 토목섬유 보강재 장기설계인장강도 산정예

구 분		Type A		Type B		Type C	
감소계수	설계기준	시험값	적용	시험값	적용	시험값	적용
RF_D	≥ 1.1	1.019	1.10 ¹⁾	1.106	1.106 ²⁾	1.151	1.151 ¹⁾
RF_{ID}	≥ 1.1	1.040	1.10 ¹⁾	1.086	1.10 ¹⁾	1.015	1.10 ¹⁾
RF_{CR}	1.6~2.5	1.472	1.60 ¹⁾	1.510	1.60 ¹⁾	2.597	- ³⁾
RF	-		1.936		1.947		-
T_{dt} (kN/m)	-	80		100		150	
T_i (kN/m)	-	41.32		51.36		-	
F_s	1.5	1.5		1.5		1.5	
T_u (kN/m)	-	27.55		34.24		-	

주1) 시험결과 값이 설계기준의 범위 보다 작으므로 설계기준의 값 적용
 주2) 시험결과 값이 설계기준의 범위 내에 있으므로 시험결과 값 적용
 주3) 시험결과 값이 설계기준의 범위를 초과하므로 설계에 적용할 수 없음

목별 감소계수를 결정하는 것이 타당할 것으로 생각된다.

한편, 공신력 있는 기관의 시험성적서라도 무작정 맹신하고 시험결과값을 그대로 설계에 적용하기에는 무리가 있을 것으로 생각된다. 예를 들어 압축강도 24 MPa의 콘크리트 제품에 대한 시험 결과 압축강도가 25.3 MPa이 나왔다고 하더라도 설계에는 24 MPa을 적용하는 것과 같이 토목섬유 보강재에 대해서도 공신력 있는 기관에서 수행한 시험결과 값과 설계기준 값을 비교하여 설계에 적용해야 하며, 이때 적용기준은 다음 표 1과 같이 설정하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

다음 표 2에서는 시험결과에 따른 토목섬유 보강재의 장기설계인장강도 산정예를 보여주며, Type A의 경우에는 모든 항목이 설계기준 보다 작기 때문에 설계기준값을 적용하였고, Type B의 경우에는 내구성 감소계수가 설계기준의 범위 내에 있으므로 시험결과값을 적용하였다. Type C의 경우에는 크리프 감소계수가 설계기준의 범위를 벗어난 큰 값이기 때문에 설계에 적용할 수 없다.

3. 결론

이상과 같이 보강기능을 사용하는 지반보강용 토목섬유의 장기설계(허용)인장강도 산정 방법에 대해 살펴보았으며, 결론적으로 말하면 토목섬유 보강재의 장기설계인장강도는 각 종류별 보강재의 극한인장강도(시험결과가 아닌 제품의 특성강도)를 각 항목별 감소계수로 나누어서 얻어진 장기인장강도에 구조물 및 하중의 특성 등을 고려한 안전율을 고려하여 결정해야 한다.

이 때 각 항목별 감소계수는 KOLAS, APLAC, ILAC 등으로부터 인증을 받은 공신력 있는 기관에서 발행한 시험 성적서 또는 보고서를 참고하여 설계기준에 제시된 범위 이내의 값으로 결정해야 한다.

한편, 토목섬유 보강재의 내구성이나 장기 크리프 특성 등과 관련된 시험은, 인장강도 시험과 같은 일반적인 시험과는 달리, 많은 시간과 비용이 든다는 점을 고려하며 공신력 있는 기관의 시험성적서 또는 보고서의 유효기간을 설정하여 설계에 적용하는 것이 현실적인 방법이라 생각된다.

토목섬유 보강재의 장기설계인장강도 산정과 관련하여 실무 적용상 혼선이 많은 것 같아 제가 생각하고 있는 바를 정리해 보았으며, 보강기능의 토목섬유에 대한 설계 및 시공에 많은 도움이 되기를 바랍니다.

참고문헌

1. 국토해양부 (2010), 건설공사 보강토 옹벽 설계·시공 및 유지관리 잠정지침
2. 국토해양부 (2011), 국토해양부 제정 건설공사 비탈면 설계기준, 제11장 보강토 옹벽
3. 국토해양부 (2012), 도로설계편람 제 3편 토공 및 배수, 307.5
4. (사)한국지반공학회 (1998), 토목섬유 설계 및 시공요령
5. Elias, V., Christopher, B. R. and Berg, R. R. (2001), Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes Design and Construction Guidelines, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington D. C. FHWA-NHI-00-043, p.74.
6. Naver 지식백과, <http://terms.naver.com/entry.nhn?cid=200000000&docId=1233267&mobile&categoryId=200001758>
7. Naver 지식백과, <http://terms.naver.com/entry.nhn?cid=445&docId=813040&mobile&categoryId=445>