

지오그리드의 시공중 손상 평가를 위한 실험적 연구

조삼덕¹⁾ · 이광우¹⁾ · 오세용¹⁾

¹⁾ 한국건설기술연구원 지반연구부

Experimental Study for Installation Damage Assessment of Geogrid

Cho, Sam-Deok¹⁾ · Lee, Kwang-Wu¹⁾ and Oh, Se-Yong¹⁾

¹⁾ Geotechnical Engrg. Research Dept., KICT.

ABSTRACT

Geosynthetic reinforcements may be damaged during its installation in the filed. The installation damage mainly depends on two factors such as materials used and construction activities. This paper describes the results of a series of field tests, which are conducted to assess the installation damage of geogrid according to different maximum grain sizes of fills (40, 60, and 80 mm). These tests are done in three sites for twelve different kinds of geogrids. After field tests, the changes in tensile strength of the geogrids is determined from wide width tensile tests using both damaged and undamaged specimens. In the results of tests, tensile strength of the relatively flexible geogrids after field installation tests was decreased about from 20% to 40% according to the increment of the maximum grain size. On the other hand, for the relatively stiff geogrids, the loss of the tensile strength after site installation was examined below 5.2% independent of the maximum grain size of the soils. The results of this study show that the installation damage significantly depends on the stiffness of geogrid and is more obvious to a flexible geogrid and a fill material having higher maximum grain size.

Key Words : *Geogrid reinforcement, Installation damage test, Wide width tensile test, Tensile strength of geogrid.*

I. 서 론

토목섬유 보강재는 시공중에 손상을 입을 수 있다. 따라서 토목섬유를 이용한 보강토 구조물에 관한 대부분의 설계기준에서는 시공 중에 발생할 수 있는 보강재의 손상으로 인한 인장강도 감소를 안전율개념의 강도감소계수로 반영하고

있으며, 이러한 시공시 강도감소를 정량적으로 평가하기 위한 연구가 많이 수행되고 있다(Austin, 1997; Greenwood, 2002; Watn and Chew, 2002). 그러나 국내에서는 이에 대한 연구가 활발하지 못하여 실제 보강토구조물 설계시 시공중 강도감소를 국내 실정에 적합하게 합리적으로 반영하지 못하고 있는 실정이다.

한편, 토목섬유 보강재의 일종인 지오그리드는 1980년대 중반 이후 연약지반 보강, 성토사면 보강, 보강토 옹벽 등 다양한 토목현장에서 폭넓게 활용되고 있으나, 이러한 용도로 영구토목구조물에 적용된 지오그리드에 대한 현장 적용기간이 그다지 길지 않기 때문에 장기간 현장에 적용된 지오그리드 보강재의 내구성에 관해서는 아직까지 불확실성이 많이 존재하고 있다. 특히 국내의 경우, 현장 특성상 입경 19mm 이상의 돌이 다량 함유된 화강풍화토(산흙)를 뒤채움재로 사용하는 경우가 빈번한 실정인어서 다짐 시공시 지오그리드의 강도감소가 현저하게 유발되어 장기적인 보강토 구조물의 안정이 크게 위협받고 있다. 따라서 보다 안전한 보강토 구조물의 합리적인 설계/시공을 위해서는 강도와 인장특성이 우수한 지오그리드의 개발과 보강재 및 뒤채움흙 종류에 따른 내시공성 강도감소계수의 적절한 산정이 반드시 필요하다(조삼덕 등, 2003).

이에 본 연구에서는 현재 국내에서 보강토구조물의 보강재로 많이 사용되고 있는 12종류의 국산 지오그리드를 대상으로, 다양한 입도의 뒤채움흙을 적용한 일련의 현장 내시공성시험을 수행함으로써, 지오그리드의 시공중 강도감소를 평가하고자 한다.

II. 보강재의 장기 설계인장강도 산정법

일반적으로 토목섬유 보강재의 인장특성은 크리프(creep), 시공시 손상(installation damage), 온도, 화학용액, 미생물 등과 같은 환경적인 요인에 의해 영향을 받는다. 따라서 보강재의 장기 설계인장강도 산정을 위해서는 보강재의 허용인장변형과 크리프특성, 시공시 손상 등 가능한 모든 강도저하요인을 고려하여야 한다. 실제 대부분의 설계법(FHWA, BS8006 등)에서는 보강재의 장기간 안정에 영향을 줄 수 있는 여러 인자들을 반영하고 있다.

보강재의 장기설계인장강도 산정방법으로는 일반적으로 보강재의 장기간 안정에 영향을 줄 수 있는 여러 인자들에 대한 보강재의 인장강도

감소계수를 적용하는 방법이 주로 사용되고 있다. 토목섬유 보강재의 장기설계인장강도, T_d 는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다(FHWA, 1996).

$$T_d = \frac{T_{ult}}{RF \cdot FS_{uc}} \quad (1)$$

여기서, T_{ult} =보강재의 최대(극한) 인장강도
 RF =보강재의 장기간 강도손실을 고려한 총 인장강도 감소계수

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

RF_{CR} =크리프 감소계수. 실내 크리프시험에서 얻은 보강재의 크리프 한계인장강도에 대한 최대인장강도의 비
 RF_{ID} =시공성 감소계수. 시공중 보강재의 손상에 따른 인장강도 손실정도를 나타냄.

RF_D =구성 감소계수. 화학약품, 미생물, 온도 등에 의한 보강재의 인장강도 손실정도를 나타냄.

FS_{uc} =구조물의 형상과 뒤채움재의 특성, 외부 작용하중 등의 불확실성 및 구조물의 중요도 등을 고려한 안전율로 설계자의 판단에 의해 1.0~1.5의 범위에서 사용하는 것이 추천되지만, 특별한 경우를 제외하고는 $FS_{uc}=1.0$ 을 사용.

한편, 미국 GRI-GG4 방법에 의하면, 식 (1)에 나타난 보강재의 인장강도 감소계수 RF 는 식 (2)에 나타낸 바와 같이 보강재의 최대 인장강도에 대한 각 영향인자를 고려한 인장강도의 비로부터 산정할 수 있다.

$$RF_{CR} = \frac{T_{ult}}{T_{10}} \quad (2-a)$$

$$RF_{ID} = \frac{T_{ult}}{T_{ID}} \quad (2-b)$$

$$RF_{CD} = \frac{T_{ult}}{T_{CD}} \quad (2-c)$$

$$RF_{BD} = \frac{T_{ult}}{T_{BD}} \quad (2-d)$$

여기서, T_{ult} =보강재의 최대(극한) 인장강도 (t/m)

T_{10} =시간-크리프 변형률 곡선에서 10% 이하의 크리프 변형률에 접근하게

되는 최대 재하하중을 고려한 인장강도 (t/m)

T_{ID} =다짐시공 등에 의해 손상된 보강재의 인장강도 (t/m)

T_{CD} =화학약품에 의해 손상된 보강재의 인장강도 (t/m)

T_{BD} =미생물에 의해 손상된 보강재의 인장강도 (t/m)

국내의 경우 식 (1) 및 식 (2)에서 반영하고 있는 보강재의 장기안정과 관련된 여러 영향인자들에 대한 적절한 평가기준이 마련되어 있지 않을 뿐 아니라 보강재의 재료성질과 형태, 보강재가 포설되어 있는 지주환경 및 외부하중 등에 따라 달라질 수 있는 제반 인장강도 감소계수들이 적절히 제시되지 못한 실정인바, 보강토구조물의 합리적인(즉, 안정적이면서도 경제적인) 설계에 많은 어려움이 따르고 있다. 특히, 일반적으로 산흙을 뒤택움재로 많이 사용하고 있는 국내 현장 시공여건을 고려할 때 지오그리드의 시공중 강도감소의 적절한 평가 및 반영이 시급히 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 일반적으로 많이 사용되고 있는 지오그리드와 화강풍화토를 사용한 일련의 현장 내시공성시험을 통해, 보강토구조물의 설계시 필요한 보강재의 시공중 강도감소에 대한 화강풍화토 성토흙의 입도별 안전율을 제시하여 설계에 반영할 수 있도록 하며, 이를 토대로 현재 최대입경 19mm로 제한되어 있는 국내의 뒤택움재 선정기준을 보다 완화할 수 있는 기반을 마련하고자 한다.

Ⅲ. 지오그리드의 내시공성 평가를 위한 현장실험

1. 내시공성 평가 시험법

토목섬유 보강재의 내시공성에 영향을 미치는 요인은 표 1에 나타난 바와 같이 정리할 수 있다 (Cazzuffi 등, 2001). 표 1에서 알 수 있는 바와 같이 토목섬유 보강재의 내시공성은 보강재, 뒤택움흙 등 사용재료의 종류와 시공방법에 영향을 받는다. 보강토 구조물에 대한 해외의 여러 지침에서는 토목섬유 보강재의 내시공성을 통상 일련의 실내 및 현장 실험을 통해 평가하도록 하고 있다. 한 예로 FHWA(1996)에 의하면, 시공성 감소계수는 ASTM D 5818(1995)에서 규정하고 있는 현장실험을 통해 결정하도록 하고 있으며, 토목섬유 보강재의 내시공성 감소계수는 통상 1.1~2.0의 범위를 가지는 것으로 나타나 있다. 그러나 국내에서는 토목섬유의 내시공성 평가와 관련하여 아직 명확하게 규정된 바가 없다.

내시공성시험 방법은 통상 그림 1에 나타난 바와 같은 순서로 수행하게 된다. 일반적인 시험방법은 기초노상을 실제 구조물 축조시와 동일하게 처리한 후 규정 면적의 지오그리드 시료를 포설하고, 그 상부에 성토재를 포설한 후 실제 구조물 축조시와 동일하게 다짐한다. 다짐 완료후에는 다짐된 상부 흙을 비기계적인 방법으로 지오그리드에 손상이 가지 않도록 제거하여 지오그리드 시료를 추출하고, 추출된 시료에 대한 인장시험을 수행하여 원시료의 인장강도와 비교한다.

표 1. 내시공성 영향요인(Cazzuffi 등, 2001).

Materials		Construction Activities	
Geosynthetics	Soils	Installation Procedure	Compaction
<ul style="list-style-type: none"> - Type - Dimension and shape of fibre - Manufacturing technology - Mass per unit area - Polymer - Mechanical properties 	<ul style="list-style-type: none"> - Type - Grain size distribution - Angularity - Shape - Hardness - Mechanical properties 	<ul style="list-style-type: none"> - Level of compaction of base layer - Placement procedure of geosynthetics - Spreading procedure of the second layer - Type and weight of equipment used in spreading the soil 	<ul style="list-style-type: none"> - Layer thickness - Type and weight of equipment used in compaction - Total compaction energy - Level of compaction of second layer

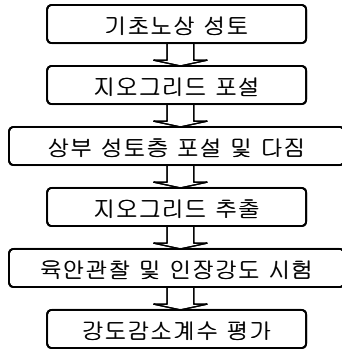
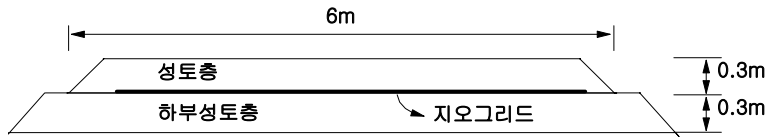


그림 1. 일반적인 내시공성 시험 절차.

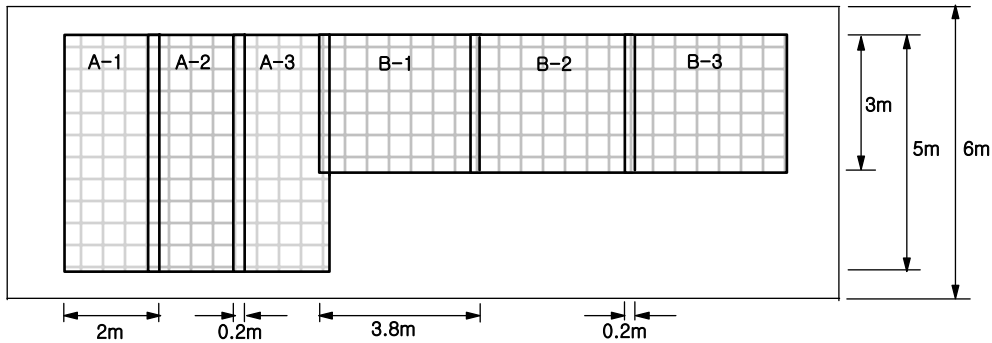
2. 현장 내시공성시험 방법 및 절차

국내의 경우 지오그리드의 내시공성을 평가

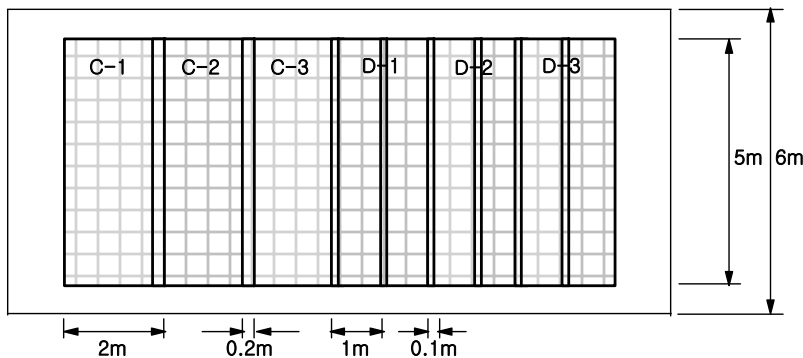
하기 위한 시험법이 아직 규정되어 있지 않은 관계로, 본 연구에서는 내시공성시험에 대한 해외의 여러 시험법들을 비교·검토하여 다음과 같이 현장 내시공성 시험을 수행하였다. 현장 내시공성시험 단면은 그림 2와 같다. 본 연구에서는 총 12종류의 지오그리드를 대상으로 3개소의 현장에서 내시공성시험을 수행하였다. 실험시 흙종류와 입도분포에 따른 영향을 고찰하기 위해 파주시(가-현장, 나-현장) 및 용인시(다-현장) 인근의 화강풍화토를 대상으로 자체 제작한 대형체가름장치(1.4m×2m, 그림 3 참조)를 이용하여 최대입경을 세 종류(40mm, 60mm, 80mm)로 조정하면서 체가름 작업을 수행한 후, 다짐



(a) 내시공성 시험 현장 종단면도



(b) 지오그리드의 배치 : 가-현장 및 나-현장



(c) 지오그리드의 배치 : 다-현장

그림 2. 내시공성시험 현장 단면도.



그림 3. 성토재 입도조정을 위한 체가름 모습.

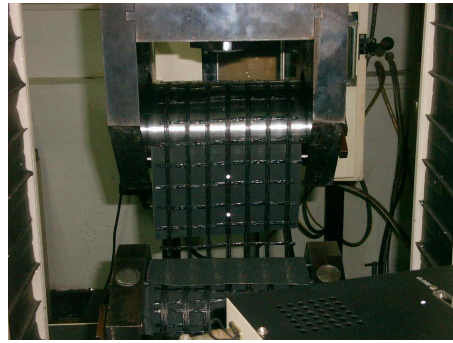


그림 4. 지오그리드 시료에 대한 광폭인장강도시험 모습.

작업시에 성토재로 사용하였다.

본 실험에서는 먼저 비교적 견고한 원지반을 정지한 후, 백호우로 성토재를 대략 40cm 두께로 깔고 정지한 다음, 국내에서 보강토구조물 시공시 다짐장비로 주로 사용되고 있는 10ton 진동로울러로 다짐을 실시하였다. 그리고 지오그리드를 다짐방향과 직각이 되도록 포설하고 그 위에 성토재를 40cm 정도 두께로 포설한 후 진동로울러를 사용하여 무진동으로 1회 및 진동으로 4회 다짐을 실시하였다. 하부성토층과 성토층의 다짐작업 완료후 성토높이는 그림 2(a)에 나타낸 바와 같이 대략 30cm가 되도록 하였고, 현장 들밀도시험을 수행하여 성토층의 상대다짐도(90% 이상)를 확인하였다. 다짐 후, 지오그리드가 손상되지 않도록 백호우와 인력으로 조심스럽게 성토

재를 제거하고 지오그리드 시료를 추출하였다. 추출된 지오그리드 시료에 대해 시공시의 손상정도를 사진촬영을 포함하여 육안으로 자세히 조사/기록하고, 인장강도시험을 위한 시편(크기 : 0.2m × 1.4m)을 각각 7개 이상 채취하여 그림 4에 나타낸 바와 같이 광폭인장강도시험(ISO 10319)을 수행하였다.

3. 사용 재료

1) 지오그리드

본 연구에서는 지오그리드의 재질, 제조방법 및 인장강도가 내시공성에 미치는 영향을 평가하기 위하여, 국내에서 보강토구조물에 일반적으로 사용되고 있는 3개사에서 생산된 12종류의 지오그리드를 대상으로 현장 내시공성 시험

표 2. 지오그리드 시료의 일반특성 및 광폭인장강도시험 결과.

실험현장	지오그리드 종류	지오그리드 재질 및 제조 방법	광폭인장강도시험 결과	
			인장강도(t/m)	인장변형률(%)
가-현장 및 나-현장	A-1	Woven PET-flexible geogrid coated with PVC	6.75	10.6
	A-2		9.66	13.0
	A-3		11.13	11.4
	B-1	WIWK PET-flexible geogrid coated with PVC	8.40	12.6
	B-2		10.70	13.3
	B-3		14.35	13.6
다-현장	C-1	Extruded HDPE-relatively stiff geogrid	6.23	11.7
	C-2		8.39	12.1
	C-3		10.25	12.4
	D-1	PET flat ribs-relatively stiff geogrid welded to laser	5.27	7.4
	D-2		8.31	7.0
	D-3		11.11	6.8

*PET : polyester, PVC : polyvinyl chloride

WIWK : Weft Insertion Warp Knitted, HDPE : High Density Polyethylene

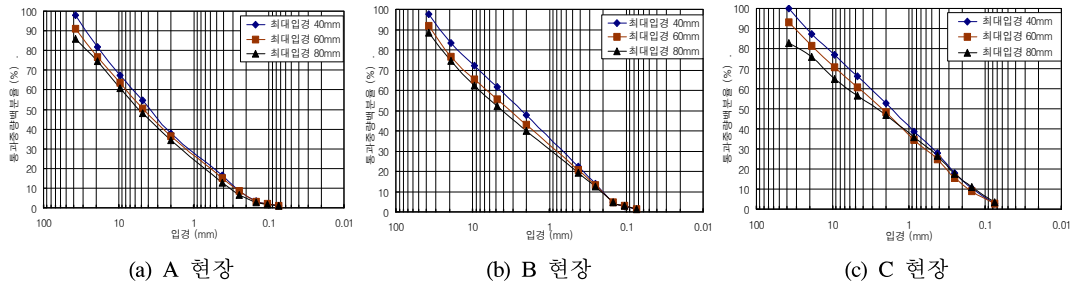


그림 5. 체가름된 성토재의 입도분포곡선.

을 수행하였다. 본 실험에 사용된 지오그리드 보강재 원시료의 인장강도 및 변형 특성을 평가하기 위하여 광폭인장강도시험(ISO 10319)을 수행하였다. 본 연구에서 사용한 지오그리드의 일반특성 및 광폭인장강도시험 결과는 표 2에 나타내었다. 표 2에서 광폭인장강도시험 결과는 시험시 사용한 20cm폭 시료의 리브수에 대한 단위 폭(1m) 당 리브수의 비율을 고려하여 단위 폭 당 인장강도로 환산한 값이다.

표 2에 나타난 바와 같이 폴리에스터(Polyester) 섬유를 격자형으로 교차시켜 제작/편직한 후 PVC로 코팅하여 결합형으로 제작한 결합형 연성 지오그리드 6종(Woven 형 3종, WIWK 형 3종), 고밀도 폴리에틸렌(High Density Polyethylene)를 열연신하여 제작한 일체형 강성 지오그리드 3종 그리고 폴리에스터 레진(resin)을 압출실린더에 통과시켜 편평한 바(bar)형태로 추출한 후 냉각/연신 공정을 통하여 스트립형태로 만들어 이를 격자형으로 교차시켜 레이저 용접한 결합형 강성 지오그리드 3종을 보강재로 선정하였다. 또한 지오그리드 인장강도가 내시공성에 미치는 영향을 평가하기 위하여, 각각의 지오그리드 종류별로 최대인장강도 크기가 다른 지오그리드 3가지씩을 실험재료로 선정하였다.

2) 성토재료

뒤채움흙의 종류 및 입도변화에 따른 지오그리드의 시공시 감소계수를 평가하기 위해 경기도 파주시 및 용인시 인근의 화강풍화토를 대상으로 최대 입자크기를 40mm, 60mm, 80mm로 변화시켜 내시공성 시험을 수행하였다.

그림 5는 현장 체가름을 통해 입도가 조정된 흙시료의 입도분포곡선이다. 그림 5에서 알 수 있듯이 세 현장의 흙시료 모두 통일분류법상 SW(입도분포가 양호한 모래)로 분류된다. 한편, 실내 다짐실험(D다짐) 결과, 가-현장의 흙시료는 최대건조밀도 2.07g/cm^3 , 최적함수비 8.2%였으며, 나-현장의 흙시료는 최대건조밀도 2.07g/cm^3 , 최적함수비 9.3%, 그리고 다-현장의 흙시료는 최대건조밀도 1.94g/cm^3 , 최적함수비 11.1%였다.

IV. 내시공성 실험 결과 및 고찰

1. 육안관찰 결과

성토재의 최대입경을 세 가지 조건(40, 60, 80mm)으로 변화시켜 수행한 현장 내시공성 시험 후, 다짐작업으로 인한 지오그리드 표면의 손상 정도를 알아보기 위해 추출된 지오그리드에 대한 육안 관찰(visual observation)을 수행하였다.

일반적으로 육안관찰시 지오그리드의 시공중 손상 정도는 벗겨짐(general abrasion), 짓눌림(bruise), 찢김(split) 혹은 절단됨(cut)으로 표현 및 기록된다(Austin, 1997). 본 내시공성시험 후 추출한 지오그리드를 물로 깨끗이 씻은 다음 육안 관찰한 결과, 대부분의 손상은 지오그리드 표면부의 벗겨짐 혹은 짓눌림인 것으로 나타났다. 다만, 상대적으로 강성이 작은 A형 및 B형 지오그리드 시료의 경우에는 리브의 일부가 절단된 상태가 다소 발견되었다. 또한 동일한 지오그리드에 대한 손상지점수는 성토재의 최대입경이 클수록 더 많은 것으로 나타났다.

육안관찰결과를 토대로 광폭인장강도시험에

표 3. 성토재 최대입경별 광폭인장강도 시험 결과.

Geogrid Type	D _{max} (mm)	가-현장			나-현장			Geogrid Type	D _{max} (mm)	다-현장		
		T _{dam} (t/m)	ε _{dam} (%)	R (%)	T _{dam} (t/m)	ε _{dam} (%)	R (%)			T _{dam} (t/m)	ε _{dam} (%)	R (%)
A-1	40	5.17	8.5	23.4	5.11	9.1	24.3	C-1	40	6.06	12.4	2.8
	60	4.85	8.1	28.1	4.37	8.9	35.2		60	5.94	11.8	4.7
	80	3.99	8.2	40.9	3.98	8.9	41.1		80	5.91	11.9	5.2
A-2	40	7.57	10.9	21.6	7.69	10.9	24.0	C-2	40	8.29	11.9	1.2
	60	6.26	9.5	35.2	6.22	9.9	35.7		60	8.18	12.2	2.5
	80	6.52	9.8	32.5	6.08	10.2	37.0		80	8.16	11.7	2.8
A-3	40	8.89	9.6	20.2	8.26	9.7	25.8	C-3	40	10.04	12.0	2.0
	60	8.47	9.2	24.0	7.46	9.2	33.0		60	9.91	11.9	3.3
	80	7.01	8.7	37.0	6.57	8.1	41.0		80	9.76	11.8	4.7
B-1	40	6.33	9.3	24.7	6.33	9.1	24.7	D-1	40	5.12	7.3	2.8
	60	5.76	9.8	31.5	5.97	9.1	29.0		60	5.01	6.4	4.9
	80	5.42	7.4	35.5	5.46	8.8	35.0		80	5.03	6.5	4.6
B-2	40	8.19	9.6	23.6	7.95	9.1	25.9	D-2	40	8.23	6.4	1.0
	60	6.92	8.5	35.5	6.90	9.2	35.6		60	7.97	6.5	4.1
	80	6.87	7.9	35.9	6.34	7.5	40.9		80	7.89	6.5	5.1
B-3	40	11.03	9.9	23.1	10.79	10.0	24.8	D-3	40	11.03	7.0	0.7
	60	9.95	9.4	30.6	9.26	8.8	35.4		60	10.97	7.2	1.3
	80	9.67	10.0	32.6	9.08	8.5	36.7		80	10.93	7.3	1.6

*T_{dam} and ε_{dam} : 내시공성시험후 손상된시료의 최대광폭인장강도 및 최대인장변형률
 R : 내시공성시험 후 지오그리드의 인장강도감소율

사용할 시편을 추출하였다. 즉, 부분적인 리브의 절단 등 손상정도가 매우 큰 경우는 보강사의 손상이 심하여 광폭인장강도시험이 사실상 어려울 뿐만 아니라 내시공성 시험에 사용된 전체 시료 중에서 차지하는 비중도 극히 미소하기 때문에 시편으로 사용하지 않았으며, 보강사의 손상정도가 미약한 경우는 광폭인장강도시험결과가 너무 안전측이 될 우려가 있을 것으로 판단되어 시편으로 사용하지 않았다. 따라서 “짓눌림”에 해당하는 부분 중 비교적 손상정도가 큰 것으로 판단되는 상태를 보이는 부분을 20cm×140cm(경사방향×위사방향) 크기로 재단하여 시편으로 사용하였다. 광폭인장강도시험시 시편의 중앙부에 손상된 부분이 위치하도록 하였다.

2. 광폭인장강도시험 결과

총 9(3 현장×3 입도조건) 사례의 내시공성 시험 후 추출한 지오그리드 시료에 대하여 광폭인장강도시험을 수행하여 분석하였다. 광폭인장강도시험은 각 시료에 대하여 7회 이상씩 수행하

였으며, 이 중 시험결과가 상이한 경우를 제외한 5회의 시험결과를 평균하였다.

내시공성 시험 후에 추출한 지오그리드 시료에 대한 광폭인장강도 시험결과를 성토재의 최대입경별로 구분하여 표 3 및 그림 6에 나타내었다. 표 3에서 광폭인장강도시험 결과는 각 지오그리드별 최대광폭인장강도(T_{dam}) 및 최대인장변형률(ε_{dam})의 평균값이고, 인장강도감소율(R)은 성토층 다짐으로 인한 지오그리드의 인장강도감소 정도를 나타낸다.

표 3 및 그림 6에서 알 수 있는 바와 같이, 성토층 다짐으로 인한 지오그리드의 인장강도감소는 최대인장변형률의 감소(표 2 참조)와 함께 발생함을 알 수 있다. 또한 인장강도의 감소 정도는 지오그리드의 제조방법과 성토흙의 최대입경에 영향을 받음을 알 수 있다. 즉, 성토층 다짐으로 인한 인장강도감소는, 비교적 강성이 작은 A 및 B 형 지오그리드의 경우 성토재의 최대입경이 클수록 인장강도감소율이 더 크고 그 값은 대략 20%~40%인 것으로 나타났고, 반면에 C 및

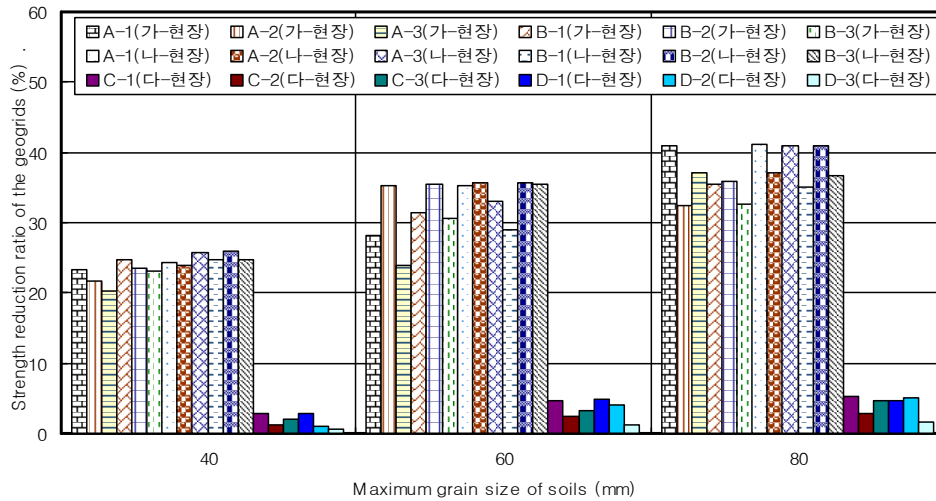


그림 6. 성토층 다짐에 의한 지오그리드의 인장강도 감소율.

D 형 지오그리드의 경우는 성토재의 최대입경에 관계없이 5.2% 이하인 것으로 나타났다. 또한 지오그리드의 재질 및 제조방법이 동일한 경우, 지오그리드의 최대인장강도는 시공중 인장강도감소에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

한편, 동일한 지오그리드를 사용하여 내시공성 시험을 수행한 가-현장과 나-현장의 시험결과를 비교해 보면, 성토재료의 자갈함유량은 유사함에도 불구하고(그림 5 참조) 대체적으로 나-현장 시료의 강도감소율이 다소 큰 것으로 나타나고 있

는데, 이는 현장 B에서 사용한 화강풍화토에는 모서리가 날카로운 부순돌이 현장 A에 비해 다소 많이 포함되어 있어서 지오그리트 보강사에 보다 큰 손상을 입혔기 때문인 것으로 판단된다.

3. 성토재 최대입경별 지오그리드의 시공성 감소계수
지오그리드의 장기설계인장강도(식 1) 계산시 요구되는 시공성 감소계수 RF_{ID} 는 식 2에 나타낸 바와 같이 보강재의 최대인장강도를 다짐시공에 의해 손상된 보강재의 인장강도로 나눔으

표 4. 지오그리드의 시공성 감소계수.

지오그리드의 상대적인 강성도	실험현장	성토재 최대입경 (mm)	지오그리트 종류					
			A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3
연 성	가	40	1.31	1.28	1.25	1.33	1.31	1.30
		60	1.39	1.54	1.31	1.46	1.55	1.44
		80	1.69	1.48	1.59	1.55	1.56	1.48
	나	40	1.32	1.26	1.35	1.33	1.35	1.33
		60	1.54	1.55	1.49	1.41	1.55	1.55
		80	1.70	1.59	1.69	1.54	1.69	1.58
지오그리드의 상대적인 강성도	실험현장	성토재 최대입경 (mm)	지오그리트 종류					
			C-1	C-2	C-3	D-1	D-2	D-3
강 성	다	40	1.03	1.01	1.02	1.03	1.01	1.01
		60	1.05	1.03	1.03	1.05	1.04	1.01
		80	1.05	1.03	1.05	1.05	1.05	1.02

로서 산정된다. 본 연구에서 수행한 내시공성시험결과로부터 평가된 성토재 최대입경별 지오그리드의 시공성 감소계수는 표 4와 같다.

표 4에서 알 수 있는 바와 같이 지오그리드의 시공성 감소계수는 추가적인 안전율을 고려하여 강성이 비교적 작은 연성 지오그리드인 경우 최대입경이 40mm, 60mm 및 80mm일 때 각각 1.35, 1.55 및 1.70로 평가할 수 있고, 강성 지오그리드인 경우에는 성토재 최대입경에 관계없이 1.05로 평가할 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 성토재의 최대입경 및 지오그리드의 종류에 따른 지오그리드의 시공중 인장강도감소를 평가하기 위하여, 국내에서 일반적으로 사용되고 있는 총 12종류의 지오그리드를 대상으로 현장 내시공성 시험을 수행하였다. 본 시험은 경기도 일대의 3개 현장에서 채취한 화강풍화토를 대상으로 성토재의 최대 입자크기를 40mm, 60mm, 80mm로 변화시켜 수행하였다.

본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 성토층 다짐으로 인한 지오그리드의 인장강도감소(내시공성)는 지오그리드의 재질 및 제조방법이 동일한 경우, 원시료의 인장강도 크기에 크게 영향을 받지 않는다.

2. 성토층 다짐으로 인한 지오그리드의 인장강도감소는 지오그리드의 제조방법과 성토재의 최대입경에 영향을 받는다. 즉, 비교적 강성이 작은 결합형 연성 지오그리드의 경우 성토재의 최대입경이 클수록 시공중 인장강도감소가 크고, 상대적으로 강성이 큰 지오그리드의 경우에는 연성 지오그리드에 비해 시공중 인장강도 감소가 작을 뿐 아니라 성토재 최대입경의 크기에 크게 영향을 받지 않는다.

3. 동일한 지오그리드를 사용하여 내시공성시험을 수행한 두 현장(가-현장 및 나-현장)의 시험결과를 비교해 보면, 성토재료의 자갈함유량은 유사함에도 불구하고 화강풍화토에 모서리가 날카로운 부순돌이 상대적으로 많이 포함되어 있는 나-현장 시료의 인장강도감소가 다소

큰 것으로 나타나, 성토재의 모난정도가 지오그리드의 내시공성에 영향을 미침을 알 수 있다.

4. 지오그리드의 장기설계인장강도 계산시 요구되는 시공성 감소계수 RF_{ID} 는 강성이 비교적 작은 결합형 연성 지오그리드인 경우 최대입경이 40mm, 60mm 및 80mm일 때 각각 1.35, 1.55 및 1.70, 상대적으로 강성이 큰 지오그리드의 경우에는 성토재 최대입경에 관계없이 1.05로 평가되었다

인 용 문 헌

- 조삼덕 · 이광우 · 오세용 · 김진만 · 이도희. 2003. 보강토 시공시 강성 지오그리드의 손상도 평가. 한국토목섬유학회. 2003 가을 토목섬유 학술발표회 논문집 : 111-118.
- ASTM D 5818. 1995. Annual book ASTM standards. Standard practices for obtaining samples of geosynthetics from a test section for assessment of installation damage.
- Austin, R. A. 1997. The Effect of Installation Activities and Fire Exposure on Geogrid Performance. Geotextiles and Geomembranes 15 : 367-376.
- BS 8006. 1995. British Standard Institution. Code of Practice for Strengthened/Reinforced Soils and other Fills.
- Cazzuffi, D., L. Mongiovi. and M. Torresendi. 2001. Laboratory and Field tests for the Evaluation of Installation Damage of Geosynthetics in Reinforced Earth Structures. 15th ICSMGE, Istanbul : 1565-1568.
- EN ISO 10319. 1993. International Organization for Standardization. Geotextiles : Wide-width tensile test.
- FHWA. 1996. FHWA Publication No. FHWA-SA-96-072. Corrosion/Degradation of Soil Reinforcements for Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes.
- GRI. 1995. Drexel University. GRI Test Methods GG4 (b) Determination of the Long-Term Design Strength of Flexible Geogrids.

Greenwood, J. H. 2002. The Effect of Installation Damage on the Long-Term Design Strength of a Reinforcing Geosynthetic. *Geosynthetics International* 9(3) : 247-258.

Watt, A. and S. H. Chew. 2002. Geosynthetic Damage - from Laboratory to Field. *Geosynthetics-7th ICG-Delmas*, 1203-1226.

接受 2004年 10月 15日