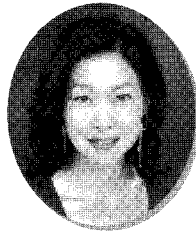


지오신세틱스 품질 및 신뢰성 인증 시스템



구 현 진
FITI시험연구원 신뢰성평가센터
(koojh@fiti.re.kr)

I. 서론

지오신세틱스(Geosynthetics)의 주요기능¹⁾은 보호(Protection), 분리(separation), 여과(filtration), 배수(drainage), 보강(reinforcement) 등으로 구분할 수 있으며 건설공사에 사용된 지오신세틱스는 최소한 한가지 이상의 기능을 장기간 수행하게 된다. 또한, 지오신세틱스는 사용 환경 조건하에서 언제나 안정된 상태를 유지해야 하므로 (1) 용도에 적합한 강신도 및 투습성 (2) 크리프성 (3) 내화학성 및 내구성, (4) 내시공성 및 경제성 등의 기본특성이 요구된다. 즉, 지오신세틱스는 시공이 용이해야 하고 내구성이 강하고 박테리아 등 미생물에 의한 물성의 변화가 없어야 하며 지반강화용 약품 등에 견디면서 내광성이 있어야 한다. 이러한 특성들은 지오신세틱

스에 사용되는 섬유고분자재료에 의하여 좌우되므로, 그 특성을 분석하여 지오신세틱스를 설계하고 용도를 결정하는 것이 매우 바람직하다.

지금까지 널리 사용되고 있는 합성섬유 고분자재료로는 폴리올레핀 계(polyolefin), 폴리에스테르계(polyester) 등이 대부분이며, 특수한 용도와 기능을 부여하기 위하여 폴리우레탄계(polyurethane), 유리섬유(glass fiber), 탄소계(carbon) 고분자들이 매우 제한된 분야에 적용되기도 한다. 지오신세틱스의 평가방법은 사용되는 고분자의 재료별로 분류되며 제품자체의 내구성이 지오신세틱스의 수명을 결정하므로 이에 영향을 미치는 인자들을 중요한 시험방법으로 채택하고 있다. 또한 지오신세틱스는 매우 광범위하고 다양한 기능과 용도로 사용되므로 성능평가의 중요성은 실제로 설계에 반영될 뿐만 아니라

토목구조물의 안정성 평가와도 밀접한 관계가 있다.

본 고에서는 지오신세틱스의 표준화된 품질시험 방법, 제품의 품질 및 신뢰성을 보증하기 위한 국내 외 인증 시스템에 관해 논해보고자 한다.

II. 지오신세틱스의 품질시험방법

지오신세틱스의 표준화 된 시험방법은 국가나 단체별로 다양하게 규정되어 있으며, 국내에서는 한국 산업규격인 KS와, 국제규격인 ISO(International Standard Organization), 미국재료시험협회 규격인 ASTM(American Society for Testing and Materials), 미국 토목섬유연구소 규격인 GRI(Geosynthetic Research Institute) 시험방법 등이 주로 사용되고 있다. 1990년대까지의 지오신세틱스의 시험방법은 기존의 섬유에 적용하던 시험방법을 적용하여 시험하였으나, 1990년대 이후 미국의 지오신세틱스 분야의 연구기관인 GSI(Geosynthetic Institute)에서 개발한 GRI(Geosynthetic Research Institute) 시험방법을 적용하였고, 미국의 단체규격

인 ASTM이 ASTM International로 국제규격화 되면서 GRI 시험방법이 ASTM D35(Geosyntheics)에 의하여 ASTM으로 국제규격화 되었다. 또한, ASTM International의 경우 GRI 시험방법을 채택, 보완하여 규격화를 수행하고 있으므로 ISO 시험방법의 3배가 넘는 규격을 보유하고 있다.

최근 KS규격의 경우 지오신세틱스 관련 시험법이 ISO 규격과의 부합화 및 신규제정을 통하여 그림 1과 같이 KS K(섬유)에 기본물성, 역학특성(mechanical properties), 수리특성(hydraulic properties), 내구특성(durability) 등에 대한 60여종의 규격이 규격화 되어 있으며, 제품의 형태 및 설계의 중요도에 따라서 선택적으로 적용되고 있다.

III. 지오신세틱스 품질 및 신뢰성 인증 시스템

제품의 품질인증은 국가나 지역 공동체별로 안전, 건강, 환경과 관련된 상품에 대해 기술기준을 정하고, 이에 적합한 상품에만 인증마크를 부여해 자국

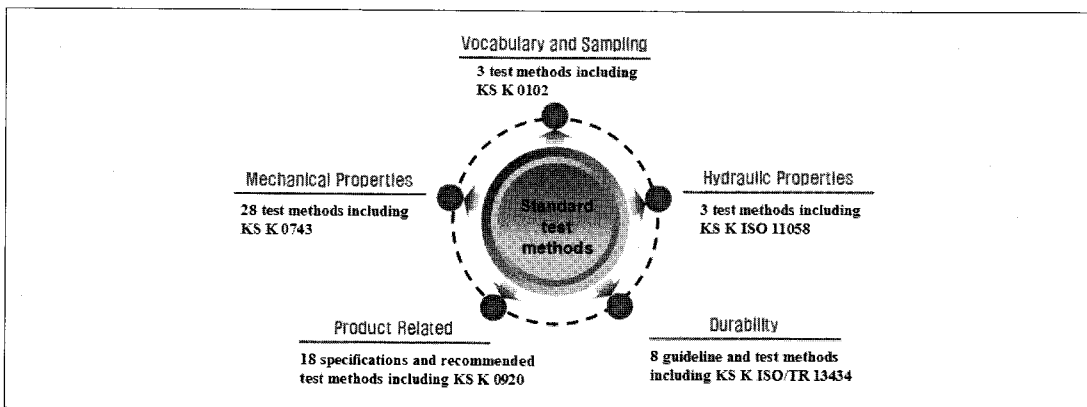


그림 1. 지오신세틱스의 KS 품질시험규격

내에서 유통·판매하도록 하는 사실상 비관세 무역 기술장벽(TBT)을 말한다 할 수 있다.

인증제도는 그 성격에 따라 강제 규제(인증)와 자율 규제(인증)로 나눌 수 있다. 예를 들면 미국의 UL (underwriters laboratories) 마크는 미국으로 수출하고자 하는 거의 모든 제품에 부착되는 것으로 사용자의 신체장애, 인명 및 재산피해를 최소화할 목적으로 규제되고 있는 자율 규제이며, EU의 CE 마크는 제품의 안전과 사용자의 건강, 환경 및 소비자 보호와 관련한 유럽통합 규격의 요구사항을 모두 만족한다는 표시로서 유럽연합 내에서 유통되는 모든 제품에는 인증기관의 승인을 받거나, 자체선언에 의해 반드시 CE 마크를 부착해야 하는 강제규제이다.

각국별로 제각기 상이한 기술규격과 국가표준에 따라 시행되어 온 품질 인증제도는 최근 들어 세계 시장의 단일화 추세에 따라 국제적으로 표준화가 진행되고 있으며, 인증 대상이 그림 2와 같이 품질 (quality)에서 신뢰성(reliability)으로 확대되어 가고 있다.

영구적인 토목구조물에 적용되는 지오신세틱스는 국내외 토목시공업체로부터 제품에 대한 품질 뿐만 아니라, 내구성 및 수명의 개념을 포함하는 신뢰성에 대한 보장을 요구받고 있다. 즉, 미국시장에진

출하기 위해서는 GSI에서 운영하는 GCI-PCP (Geosynthetic Certification Institute-Product Certification Program)나 TRI(Texas Research International)의 품질 및 내구성에 대한 성적서가 요구되고, 유럽에 진출하기 위해서는 CE 마크 인증서를 필요로 하고 있다. 그러나 GCI-PCP 및 CE 마크는 품질보증에 대한 시험항목은 포함하고 있으나, 내구성 또는 장기 수명에 대한 항목은 일부 또는 전무한 상태이므로 품질에 대한 보증 마크를 획득하더라도 내구성 또는 장기수명에 대한 평가를 추가로 수행하여야 한다. 또한, 국내에서는 이러한 국제적인 추세에 대응하기 위하여 지오신세틱스에 대한 품질 뿐만 아니라 내구성 항목을 포함한 신뢰성 인증(R-마크)을 산업자원부 기술표준원에서 수행하고 있다.

3.1. 제품 품질 인증 시스템(Product Quality Certification System)

미국의 GSI에서는 지오신세틱스의 품질을 보증하기 위한 프로그램인 GCI-PCP를 운영하고 있는데, 주로 위생매립장 라이너 시스템용 지오멤브레인 과 보강용 지오그리드에 대한 평가가 이루어지고 있으며, 평가규격으로는 GRI 규격과 ASTM 규격이 주로 적용되고 있다. GCI-PCP 인증을 획득하기 위해서는 GAI-LAP(Geosynthetic Accreditation Institute-Laboratory Accreditation Program)로부터 시험실 인정을 받은 시험평가기관에서 시험을 수행하여야 하며, 지오그리드의 GCI-PCP 인증을 위한 시험항목은 표 1에 보여준다.

유럽시장에 진출하기 위하여 거쳐야 할 필수 코스인 CE 마크 인증을 위한 시험평가는 영국의 BTIG

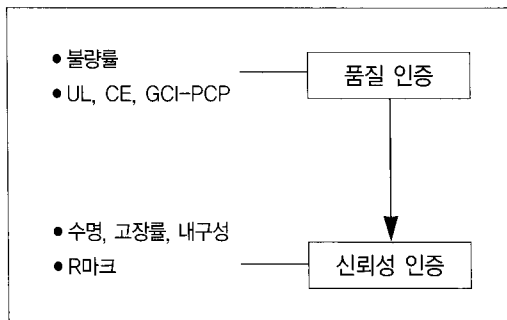


그림 2. 품질 인증 환경의 변화

표 1. 지오그리드 인증을 위한 GCI-PCP 프로그램

Property	Test Method
Allowable Tensile Strength(min.) least strength requirements highest strength requirements	ASTM D6637
Coating Adhesion	GGX
Junction Efficiency	GG*1/GG2
Interaction Coef.	GG5
Direct Shear	ASTM D5321
Default Reduction Factors - creep - installation damage - chem/bio degradation - seams	GG4 GG4 GG4 ASTM D6637 mod.
Durability - oven aging(% str. ret.) - carbon black(range) - uv stability(500 hrs.) - mol. weight(min.) - ceg(max.)	ASTM D5721/GG1 ASTM D4218 ASTM D4355 GG7 GG8

*GG: GRI Standard for Geogrids

주로 EN규격 또는 EN ISO규격을 적용한 항목들을 중심으로 설계되며, 인장강신도 등과 같은 기본 품질 특성과 내후성, 가수분해 저항성, 미생물 저항성, 액체 저항성, 내시공성 등과 같은 내구성 시험을 포함하고 있으며, 이러한 내구시험에 합격할 경우 25년의 내구성을 보증한다. 그림 3은 보강용 지오그리드에 대한 CE 마크 인증 프로세스를 보여주며, 보강용 지오그리드의 경우 100년 이상의 수명에서 크리프 감소계수의 산출이 요구되므로, 크리프 감소계수에 대한 시험은 포함하지 않으므로 추가로 수행하게 설계되어 있는 것을 알 수 있다.

3.2. 신뢰성 인증 시스템(Product Reliability Certification System)

신뢰성(reliability)이란 내구성(durability)의 정량화된 개념으로 제품의 최종품질을 목표수명기간 동안 만족스럽게 유지할 수 있는 특성으로 “시간에 따른 기본품질”을 의미하며, 학술적인 정의는 “어떤 제품이 규정된 조건에서 정해진 기간 동안 의도한 기능을 수행할 가능성”²⁾으로 규정하고 있다. 결국, 언제 무엇 때문에 고장이 발생할 것인가를 사전에 예측하여 개선하는 등 하나의 제품을 얼마나 오랫동안 안심하고 사용할 수 있는가를 정량적인 수치로 나타낸 것이라 할 수 있다. 또한 신뢰성 평가(reliability assessment)는 제품의 내환경성을 평가하고 내구수명 또는 고장율을 사전에 예측·검증하는 핵심기술이다.

이미 설명한 바와 같이, GCI-PCP나 CE 마크와 같은 해외의 품질 인증 시스템은 내구수명 등 제품의 신뢰성에 대한 보증을 포함하고 있지 않다. 국내에서는 2000년도부터 산업자원부 기술표준원에서

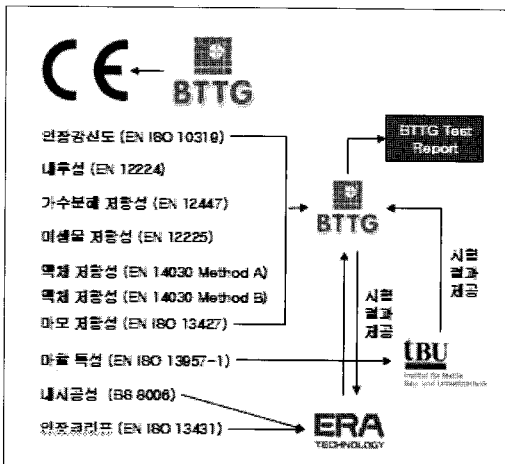


그림 3. 보강용 지오그리드의 CE 마크 인증 프로세스

(The British Textile Technology Group), 독일의 SKZ 등 CE의 지정평가시험기관에서 수행되는데,

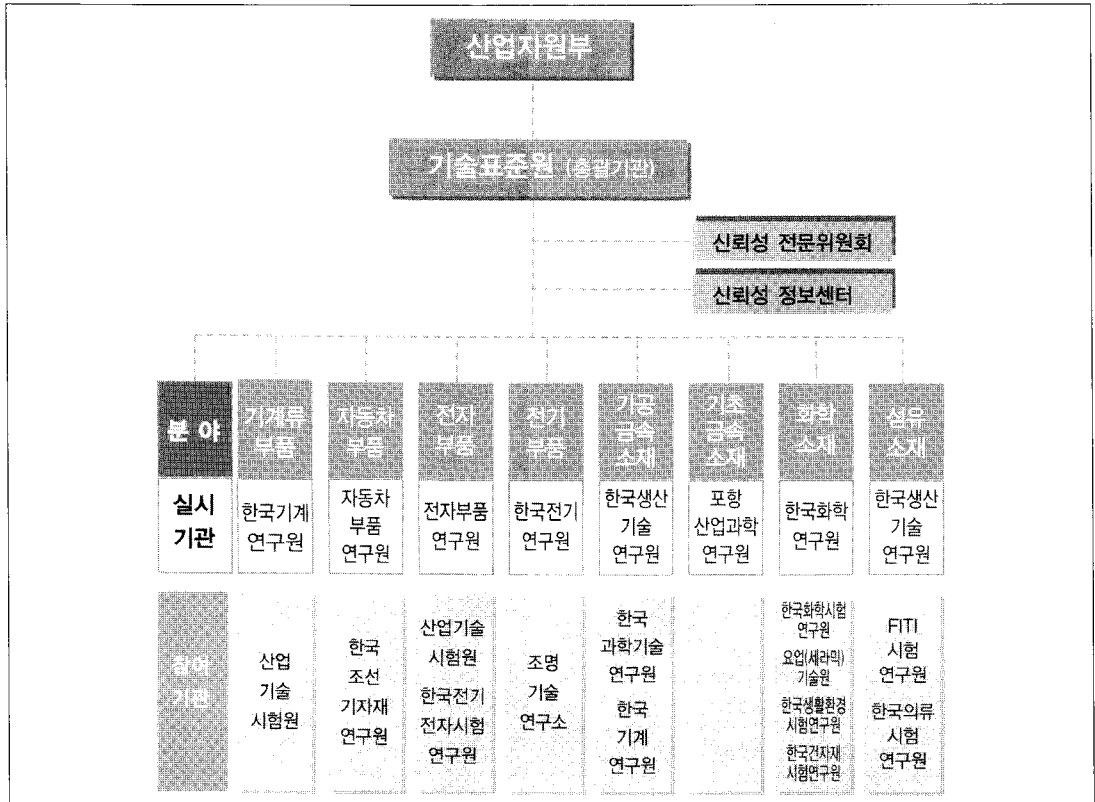


그림 4. 신뢰성 지정평가기관

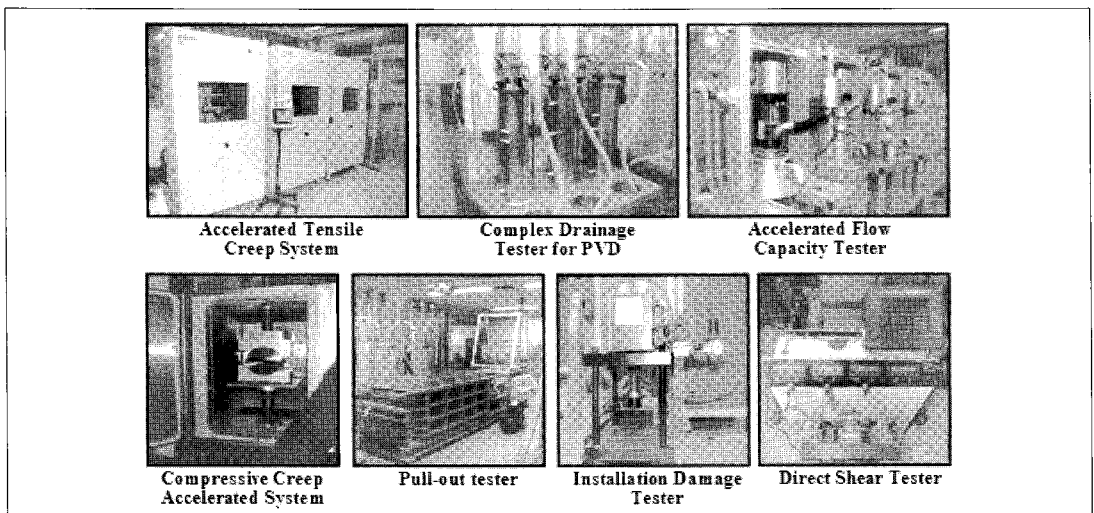


그림 5. 지오신세틱스 내구수명 장비 및 성능평가장비



표 2. 지오신세틱스 분야의 신뢰성 평가기준 요약

기준번호	기준명	주요품질시험항목	고장시점	내구수명보증등급
RS K 0008	위생매립장 라이너시스템용 부직포-인장강신도	- 꿰뚫림강도 - 공극특성 - 소재저항성 외	투수 계수 1.0×10 ⁻³ CM/S 미만	신뢰수준 90% B ₁₀ 수명*의 하한선이 50년 이상
RS K 0009	성토보강용 지오그리드	- 인장강신도 - 내시공성 - 직접전단마찰성 - 소재저항성 외	크리프변형률 10%에 도달하는 시점	신뢰수준 90% B ₁₀ 수명 100년 (876,000시간)
RS K 0019	위생매립장 라이너시스템용 지오멤브레인	- 인장강신도 - 꿰뚫림강도 - 산화유도시간 - 카본블랙함량 외	산화유도시간 유지율이 10%가 되는 시점	신뢰수준 90% B ₁₀ 수명 50년 이상
RS K 0021	연약지반 개량용 토목섬유 배수재 - 플라스틱 연직배수재	- 인장강신도 - 배수성능 - 수직투수계수 - 유효구멍크기 외	배수성능 q _w (cm ² /s)가 5cm ² /s 미만이 되는 시점	신뢰수준 90% B ₁₀ 수명 3년 (36개월)
RS K 0022	지오신세틱스의 가속인장크리프 수명평가방법(A) - 시간·온도 중첩원리	- 인장강신도	지오신세틱스에서 정의된 고장	신뢰수준 90% B _{100P} 수명
RS K 0023	지오신세틱스의 가속인장크리프 수명평가방법(B) - 단계등온법	- 인장강신도 - 램프 앤 홀드	지오신세틱스에서 정의된 고장	신뢰수준 90% B _{100P} 수명**
RS K 0024	보강토옹벽용 띠형 섬유보강재	- 인장강신도 - 내시공성 - 소재저항성 - 인발계수 외	크리프 변형 증가가 1%에 도달하는 시점	신뢰수준 90% B ₁₀ 수명 100년 (1200개월) 만족
RS K 0029	배수용 지오신세틱스의 가속 압축 크리프 수명 평가 방법 : 단계 등온법	- 압축 응력 - 램프 앤 홀드	현장에서 요구하는 RF _{CR} 에서의 고장시간	신뢰수준 90% B _{100P} 수명
RS K 0030	옹벽 및 터널용 돌기형 일면 배수재	- 재질, 밀도 - 두께, 중량 - 압축강도 - 수평투수량	압축 크리프 감소계수 - 돌기형 : 1.8 - 터널용 : 2.0	신뢰수준 90% B ₁₀ 수명 100년 (876,000시간) 만족

* B₁₀ 수명 : 누적고장확률이 10%(B_{100P} 수명에서 P=0.1)인 시간 즉, 전체 아이템 중 10%가 고장나는 시간이 B₁₀ 수명임

** B_{100P} 수명 : 누적고장확률이 100%가 되는 시점을 B_{100P} 수명이라고 함

기계, 전자, 자동차, 금속소재, 화학소재, 섬유소재 등 국산 부품·소재의 국제 경쟁력을 확보하기 위하

여, 부품소재 특별법 제정 등 관련제도를 정비하고 신뢰성향상사업을 추진하고 있으며, 그림 4³와 같이

8개 분야에 18개 기관을 신뢰성평가·인증을 위한 지정평가기관으로 지정하여 신뢰성 평가를 수행하게 하고 이 평가기준에 적합한 품목을 생산하는 업체에 대해서는 정부가 세계 최초로 신뢰성 인증을 부여함으로써, 평가의 신인도를 확보해 나가고 있다. 신뢰성 인증제도는 현재의 품질을 보증하는 CE 나 GCI-PCP 등 기존의 품질 인증과는 달리 미래품질(내구수명)을 예측하여 보증하는 세계최초의 인증 제도이다.

지금까지 개발한 토목섬유분야의 신뢰성평가기준(Reliability Standard: RS)은 성토보강용 지오그리드(RS K 0009)⁴⁾ 등 9종³⁾을 개발·제정하였으며, 각 품목별로 신뢰성평가에 착수하여 지오그리드, 연약지반 개량용 배수재 등 13개 지오신세틱스 제품에 대하여 신뢰성 인증을 이미 수여한 바 있다. 지오신세틱스 분야의 신뢰성 평가 기준의 주요내용은 표 2에 요약되어 있다. 또한, 국내에서는 그림 5와 같은 내구수명시험을 수행할 수 있는 장비를 집중 구축 중에 있다.

IV. 향후 전망 및 고찰

선진국의 품질 인증은 기업과 전문협회에서 수명, 신뢰성을 내포한 품질 인증의 기준을 정하고, 각국 정부에서 품질 인증기관으로 인정한 기업 또는 전문 협회가 이를 기준으로 개별적인 시험평가와 인증을 발급하는 형태가 많아지고 있으며, 국가는 해당 제품의 인증획득여부를 기준으로 자국 내의 사용과 유통을 규제하는 방법이 적용되는 예가 대부분이다. 또한, WTO(World Trade Organization) 출범 이후, 각국이 인증제도를 자국의 산업육성과 수출촉진차

원으로 전환하여, 기술장벽으로 작용하고 있다.

이에 대응하기 위하여, 산업자원부 기술표준원은 시험실 인정 시스템으로 KOLAS(Korea Laboratory Accreditation Scheme)를 운영하고 있고, KOLAS는 국제시험소인정기구인 ILAC(International Laboratory Accreditation Cooperation)과의 국제 공인 인정마크 사용에 관한 협약을 통하여 적합성 평가결과(시험, 교정, 검사 및 제품인증서 등)에 대하여 미국, 일본, 독일 영국 등 ILAC에 가입한 37개국 간에는 상호 인정하는 협정을 체결하여 운영하고 있다. 하지만 ILAC과 같은 다자간 협력은 실제적인 효력을 기대하기 어려우므로, 지오신세틱스 분야의 신뢰성 인증을 포함한 국내 제품 인증의 해외인지도 제고와 국내 신뢰성평가능력 제고를 위하여, 주요 수출상대국에서 시행되고 있는 각종 제품 인증제도의 구체적인 내용과 절차 등을 벤치마킹 하고, 해외 지오신세틱스 분야 시험연구기관인 TRI, GSI, SKZ 등과의 상호인정시스템 구축 및 CE, GCI-PCP 등 해외 유명인증마크와의 상호인증을 적극 추진하는 것이 시급히 요구된다.

참고 문헌

1. Robert M. Koerner, Designing with Geosynthetics, 5th Edition, Prentice Hall, p.4, 2005
2. 신뢰성용어 해설서, 산업자원부, 기술표준원, p.10, p.99, pp.36~37, 2003
3. 신뢰성평가기준 총람, 산업자원부, 기술표준원, p.14, pp.67~69, 2006
4. RS K0009 성토보강용 지오그리드, 2007