

보강토 옹벽공사용 지오그리드의 제조 및 물성

전한용, 김정효, 김홍택*, 이은수**

전남대학교 섬유공학과, *홍익대학교 토목공학과, **한국건설구조안전연구원

1. 서론

지반 보강에 주로 이용되는 지오그리드(geogrids)는 1980년대에 개발되어 다양한 제품으로 발달하여 왔으며, 지오그리드의 높은 인장강도에 의해 기존에 지오텍스타일(geotextiles)이 적용되었던 분야의 대체재로써 그 용도가 확장되고 있다[1,2]. 독립형 보강토 조립식 옹벽의 보강재로써 사용되는 지오그리드는 높은 인장강도, 높은 전단강도와 인발저항을 가져야 한다. 일반적으로 시트형 지오그리드에 비해 직포형 지오그리드가 높은 전단강도를 가진다고 알려져 있으며, 시트형 지오그리드가 휨 강성이 커서 전면 블록과의 마찰에 의한 연결이 불안한 단점을 가지기 때문에 독립형 보강토 조립식 옹벽에는 직포형 지오그리드가 적합하다[3-5]. 한편, 지오그리드의 내구성은 사용기간동안 지오그리드가 가지는 초기 물성을 유지해야 하며 이와 관련된 지오그리드의 내구성은 레진코팅에 의한 연결점의 결합력에 의존하게 된다. 이러한 점을 고려하여 본 연구에서는 고강력 섬유인 폴리에스테르 섬유로 제작된 raw grid에 폴리에틸렌 수지를 이용하여 raw grid를 코팅한 후 그 특성을 고찰하였다.

2. 실험

2.1 지오그리드의 제조

2.1.1 수지 및 용제

Raw grid 코팅에 사용할 수지로 카아본블랙이 첨가된 저밀도폴리에틸렌(LDPE) 수지를 사용하였고 이를 용해시킬 수 있는 적정용제로 에틸벤젠(ethylbenzene)을 선택하였다.

2.1.2 코팅수지액의 제조

Raw grid의 교락점에서의 강도를 부여하기 위하여 LDPE : Ethylbenzene의 비율을 1 : 5 ~ 1 : 10까지 선정하였다.

2.1.3 지오그리드의 제조

인발실험을 고려 MD 방향으로 30×130cm의 크기로 시료를 제조하였으며 코팅효율 증가를 위하여 raw grid를 직접 침지 후, raw grid 구조체 사이로 코팅수지액의 유동이 원활하도록 3분간 코팅수지액 속에 방치하였다. 3분간 방치후 일정한 장력이 가해질 수 있도록 제작된 열풍건조기에 120℃의 온도에서 20분간 건조하였으며, 건조 후 형태안정성을 부여하기 위해 온도조절과 속도 조절이 가능한 apron-calender를 이용하였다.

2.2 물성 평가

2.2.1 중량증가

Raw grid에 부가된 코팅수지액에 따른 중량증가는 각 시료를 기준으로 10회 측정후후 평균값을 구하였다.

2.2.2 역학적 성질

지오그리드의 역학적 성질은 단일 리브의 인장강도, 교락점의 강도, 광폭인장 강도, 인발 저항성의 단기 물성과 크리프나 화학적 내구성, UV 저항성과 같은 장기 물성으로 평가 되는데 그중 단기간에 평가가 가능한 성질중 지오그리드의 특성 중 매우 중요하게 취급되는 단일 리브의 인장강도와 토양인발 실험을 행하였다.

(1) 인장 강도의 평가

단일 리브의 강도를 측정하여 지오그리드의 인장강도를 평가하였으며 측정방법으로 GRI standard Test Method GG1에 제시하는 시험 방법을 택했고, 시험속도는 50mm/min, 초기 시료길이는 100mm로 설정하였다.

(2) 인발 저항의 평가

인발시험에 관한 국제적인 표준규격은 아직 없는 실정으로 현재까지의 연구결과들을 바탕으로 인발상자의 크기를 정하였으며 인발상자의 크기는 기본적으로 벽면의 마찰 등을 고려하여 여유 있게 확보하는 것이 좋으나 내부크기를 60×60×130cm로 하였으며 외부로부터의 인발상자 내부의 흡입자 거동과 다짐 상태의 관찰을 위하여 두께 2cm의 아크릴 판을 측면에 설치하였다. 상재하중은 고무 멤브레인을 이용하여 최대 20 ton/m²까지 재하할 수 있도록 하였고 인발장치는 최대 10 tf 용량의 모터와 정압기를 이용하여 인발 시 일정한 변위속도를 유지할 수 있도록 하였다. 인발 시험조건은 인발속도 1mm/min이며 계측간격은 1min, 변위측정점은 clamp로부터 각각 10, 30, 50, 70, 90cm의 지점으로 하였으며 수직하중은 3, 6, 9tf/m²이며 계측항목은 변위 7개와 인발력 및 상재하중이다. 또한, 시제품(Grid M)과 raw grid(Grid R)의 인발시험도 병행하여 제조된 지오그리드(Grid E)와 비교, 검토하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 중량증가

Raw grid는 1000데니어의 필라멘트사로 구성 되어있고 공극의 크기는 위사방향(Cross Direction, CD) 25cm, 경사방향(Machine Direction, MD) 30cm이다. Raw grid의 중량은 163 ±3g 이며 코팅 후 지오그리드의 중량은 260±5g으로 97±3%의 중량 증가를 보였다. 이는 raw grid 자체중량에 비하여 약 60% 증가됨으로서 표면에 충분히 코팅이 잘 이루어졌다는 것을 알 수 있다.

3.2 역학적 성질

3.2.1 인장 강도

Figure 1은 각 방향에서의 raw grid의 인장강도를 나타낸 것이며 Figure 2는 코팅 후 지오그리드의 각 방향에서의 인장강도를 나타낸 것이다.

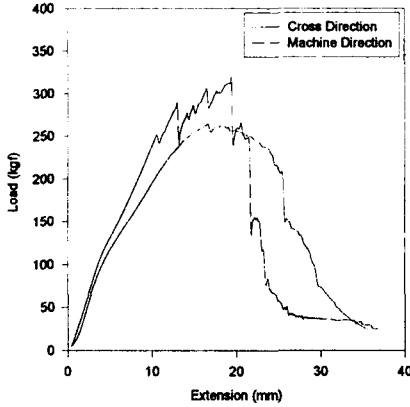


Figure 1. Load vs. extension curve of raw grid(Grid R)

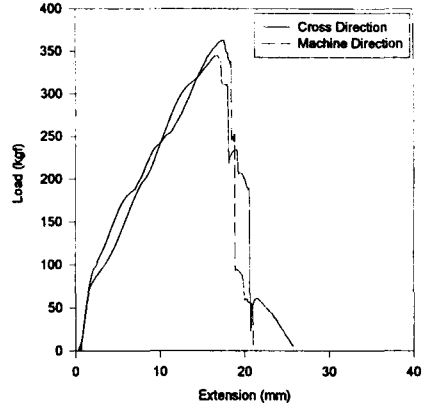


Figure 2. Load vs. extension curve of geogrid (Grid E)

단일 리브 인장실험에 의해 코팅에 의한 지오그리드 인장강도가 MD 방향으로 약 $16 \pm 2\%$, CD 방향으로 약 33% 상승했는데 이런 경향이 나타나는 이유는 CD 방향의 필라멘트가 단순 평행 배열의 형태를 취하고 있다가 코팅에 의한 상호 교락효과가 나타나기 때문으로 보며 MD 방향의 경우 필라멘트가 코팅 전에도 치밀한 편물구조를 취하고 있어 코팅에 의한 필라멘트의 교락효과가 CD 방향의 단순한 평행배열의 경우보다 상향되지 않기 때문이다. 코팅에 의한 MD 방향 인장강도의 상향은 $16 \pm 2\%$ 로 인장강도의 상향에 크게 기여하지는 않는 것으로 보여지고 적절한 강도를 갖는 지오그리드의 생산은 지오그리드 리브를 구성하는 필라멘트의 수를 조절함으로써 다양한 강도를 갖는 지오그리드의 생산이 가능한 것으로 보여진다.

3.2.1 인발 저항

지오그리드의 최대 인발력은 단일 리브만을 대상으로 수행한 지오그리드의 인장 시험 결과와 유사한 경향을 나타냈으며 최대 인발력의 크기는 상재하중에 관계없이 Grid M이 가장 큰 값을 또한 Grid E와 R은 각각 유사한 값을 나타냈다. 최대 인발 상태에서 지오그리드 선단 및 내부에서 유발된 변위를 보면 최대 인발 상태에서 Grid E가 가장 큰 유발변위를 나타내었으며 인발 시험의 결과를 토대로 최대 경사법 및 전체 면적법에 의해 주변 흙과의 마찰강도정수 및 보정계수 값을 산정하였다. 지오그리드에 따른 마찰강도 정수값을 보면 마찰 저항각은 Grid M이 가장 크고, Grid E 및 R에서는 유사한 값을 보이며, 부착력 값은 Grid E가 가장 크고, Grid M 및 R에서는 유사한 값을 나타냈다. Figure 3은 상재하중 $6t/m^2$ 일 때의 grid의 인발력-선단인발변위 관계곡선이고 Figure 4는 최대 인발 상태에서의 grid 내부의 유발변위 분포도이다.

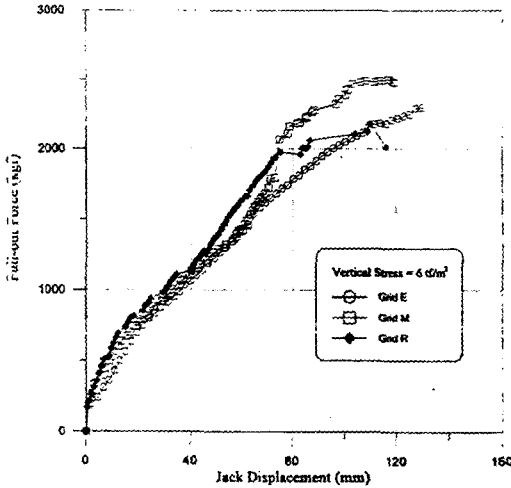


Figure 3. Pull-out force vs. jack displacement of geogrids

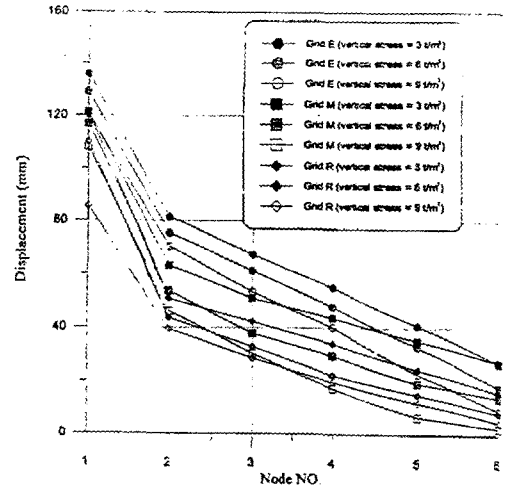


Figure 4. Distribution curves of induced displacement of geogrids

4. 결론

- (1) 단일 리브당 인장강도는 시제품의 경우 2~3 kN인데 반해 Grid E의 경우 약 3~4 kN의 값을 보이며 이는 raw grid의 조직 및 형태, 그리고 코팅 수지액에 영향을 받는다.
- (2) 인발력-선단인발변위 관계곡선은 단일 리브의 경우와 다소차이를 보이며 그 원인은 인발 마찰특성이 지오그리드에 의해 지지되는 인발마찰 외에 코팅재료에 따른 인발저항의 차이에도 기인한다.
- (3) 최대 인발상태에서 Grid E가 가장 큰 유발변위를 나타내는 것은 자체신장이 비교적 크기 때문이며 Grid E의 부착력이 가장 큰 이유는 CD방향에서 Grid E의 경우 두께 변화가 불규칙하여 인발 시 지지 저항이 크게 유발되기 때문이다.

향후 수지용해용 용제의 경제성, 회수가능성, 재활용성, raw grid의 조직, UV 및 일광에 의한 내후성, 화학저항성, 크라이프 특성 등이 연구, 보완되어야 할 것으로 생각된다.

감사의 글 : 본 연구 수행에 도움을 준 보강기술(주)에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. R.M. Koerner, "Designing with geosynthetics", pp. 328~393, Prentice Hall Co., 1994.
2. M. S. Theisen, "The Role of Geosynthetic in Erosion and Sediment Control : An Overview", *Journal of Geotextiles and Geomembranes*, 11, pp199-214(1992).
3. F. B. Mercer, K. Z. Andrawes, A. McGown and N. Hytiris, "A New Method of Soil Stabilization", Polymer Grid Reinforcement, pp244-249, London, Thomas Telford, 1985.
4. "Geosynthetic Research Institute Standard Test Method", Drexel University, 1988.
5. M. C. Alfro, N. Miura and D. T. Bergado, "Soil-Geogrid Reinforcement Interaction by Pullout and Direct Shear Tests", *Geotechnical Testing Journal*, Vol.18, No.2., 157~167(1995).