

Wall Retaining Geosynthetic의 크리이프 특성평가

전한용, 김정효, 조성호*, 차동환*

전남대학교 섬유공학과, *삼양그룹연구소 섬유연구실

1. 서론

토목 및 건설용으로 사용되는 토목섬유증 지오그리드는 경사와 위사 방향으로 10~100mm 크기의 aperture가 형성된 격자 구조를 갖는 것을 지칭하며 1980년대에 개발되어 토목공사에 적용되어 왔으며, 강도가 요구되는 방향으로 높은 인장강도를 지님으로써 도로의 기초 지반과 포장층의 보강, 제방과 사면의 보강 및 보강토 옹벽공사용 등에 사용되고 있다. 지오그리드의 물성은 그 용도가 보강재로 국한되는 특성을 지님으로써 인장강도와 토양과의 마찰특성인 인발특성을 주요특성으로 하며, 그 외 재료의 내화학적, 내미생물성 등에 대해 주로 안정성 측면에서 검토가 이루어지고 있다. 이와 더불어 지오그리드의 용도가 영구 구조물의 보강용임에 따라 지오그리드의 장기물성이 매우 중요시되는데 이의 해석을 위해 정하중을 이용하여 시간변화에 따른 변형률의 해석에 의한 방법인 크리이프 시험이 사용된다. 본 연구에서는 현재 국내에서 생산되는 보강용 지오그리드의 실시간 크리이프 특성을 속성조건에서 평가 후 시간-온도 중첩원리를 이용하여 장기간 변형을 예측하였다.

2. 이론적 배경

지오그리드의 장기물성은 통상 10,000시간까지의 예측을 요하고 있으며 본 연구에서는 실시간 시험을 통한 결과 값의 외삽에 의한 재료의 장기물성변화 예측을 위해 Boltzman이 제시한 시간-온도 중첩원리를 이용 하였으며 시간과 온도의 함수로 주어지는 크리이프 변형률의 관계는 (1)식과 같다.

$$E(T_0, t) = E(T, \frac{t}{a_T}) \text{-----} (1)$$

(1)식에 나타난 shift factor, a_T 는 식(2)의 WLF방정식을 통해 그 값을 얻을 수 있으며 이때 변수 C_1, C_2 는 시간축의 외삽을 위한 기준온도를 T_g 로 설정할 경우 각각 17.4와 51.6의 값을 지니는데 T_g 와 다른 온도를 외삽의 기준온도로 설정할 경우 적용할 C_1, C_2 값은 Takaku에 의해 실험적으로 제시된 보정식으로써 (3)식을 적용하였다.

$$\text{Log } a_T = \frac{-C_1(T-T_0)}{(C_2 + T-T_0)} \text{-----} (2)$$

$$C_1^g = \frac{C_1 C_2}{(C_2 + T_g - T_0)},$$

$$C_2^g = C_2 + T_g - T_0 \text{ -----(3)}$$

3. 실험

3.1. 시료의 준비

본 연구에 사용된 지오그리드는 고강도 폴리에스터 필라멘트사를 경, 위 양방으로 배열 후 경사방향의 필라멘트에 knitting을 이용해 필라멘트간의 결속을 부여하여 raw grid를 형성하고 raw grid의 형태안정성과 필라멘트의 보호를 위해 PVC 수지로 코팅 처리하여 제조되었으며 UV에 대한 안정성을 위해 코팅 수지 내에는 카아본 블랙이 함유되어있다.

3.2. 인장실험

지오그리드의 크리이프 변형률과 단기 물성치와의 비교를 위해 단일 리브의 강도 및 변형률 측정법으로써 GRI Standard Test Method GG1에 제시하는 시험 방법을 택했고 시험속도는 50mm/min, 초기시료길이는 100mm로 설정하였다.

3.3. 크리이프 실험

크리이프 시험에 관한 시험법으로는 ASTM D 5262의 토목섬유의 제한되지 않은 장력 크리이프 거동의 평가에 대한 규정을 적용하였으며 GRI Standard GG4(a)의 지오그리드의 장기 설계 강도의 설정에 관한 시험법을 참조하였다. 본 연구에 사용된 하중구간은 재료의 설계 강도 40, 50, 60%의 세구간으로 적용하였으며 실험에 적용된 하중은 Table 1에 표기하였다. 실험시간은 500시간의 실험을 행하였으며 온도적용 구간은 20, 35, 50℃의 세구간을 설정하여 온도제어가 가능한 조건에서 실험을 행하였다. 재료의 변형은 시료 파지장치에 직접 부착된 10⁻³mm의 정확도를 가지는 LVDT(Linear Variable Displacement Transducer : 선형변위계)를 이용하여 측정하였고 정확성의 검증을 위해 dial gage를 시료에 직접 부착하여 시료파지 부분에서 발생할 수 있는 편차를 확인하였다. 실험에 사용된 장치의 모식도는 Figure 1에 제시되어 있다.

Table 1. Creep test loads with geogrid types.

	8T	15T
Loading level		
T _{design} 40% Load (kg)	320/4ribs	350/2ribs
T _{design} 50% Load (kg)	400/4ribs	440/2ribs
T _{design} 60% Load (kg)	480/4ribs	570/2ribs

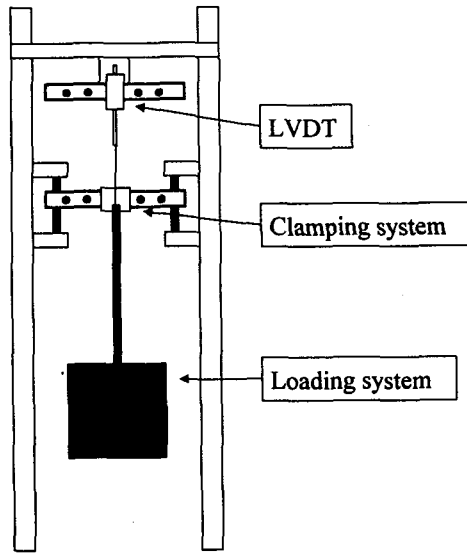


Figure 1. Schematic diagram of creep test apparatus

4. 결과 및 고찰

지오그리드의 단일리브 실험에 의한 단기 물성치를 Figure 2에 나타내었으며 단일 리브에 대한 실험에 의해 각 시료의 특성은 8T의 경우 강도는 219kg/rib, 변형률은 13.3% 이고 15T의 경우 강도는 485kg/rib, 변형률은 12.78%의 값을 나타내었다. (2)~(3)식을 통해 본 연구에 적용한 shift factor의 분석적인 값을 Figure 3에 나타내었다. 크리이프 실험의 하중에 따른 변형의 차는 단일 리브의 실험에 의한 등시간 상대응력과 유사한 경향을 나타내며 상대적으로 고하중이 부가된 경우 크리이프 곡선의 기울기 즉, strain rate가 증가하는 경향을 나타내었으며 60% 하중의 경우 40%, 50% 적용하중의 경우 보다 크리이

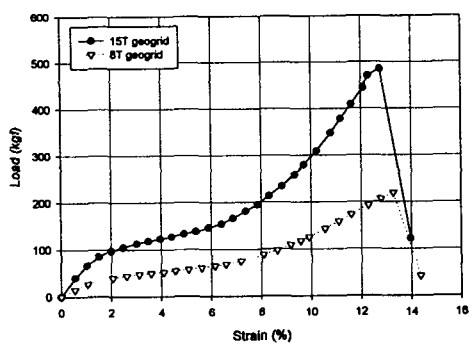


Figure 2. Single rib tensile strength of Samyang geogrid.

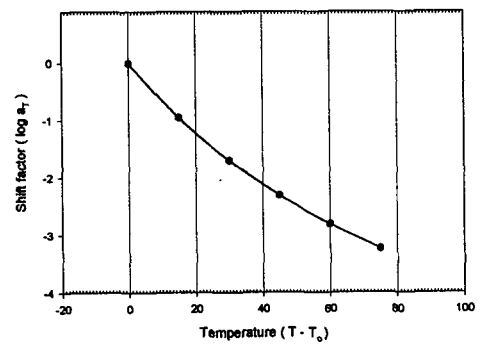


Figure 3. Analytical values of shift factor for polyester geogrid.

프 변형의 기울기의 크기가 큼을 알 수 있다. 각각의 온도 구간에 따른 변형률의 차는 미소한 경향을 보였으며 이것은 폴리에스터의 유리전이온도가 일반적으로 80℃ 이상임에 대해 실험이 이러한 유리전이 온도보다 낮은 조건에서 수행된 것 때문으로 보인다. (2)~(3)식을 통해 산출한 shift factor의 결과 값을 온도에 따른 시간의 로그 값과 합산하여 이동된 시간축의 값을 나타낼 수 있으며 온도변화에 대한 크리이프 실험 결과치로부터 shift factor를 이용하여 시간 축으로 외삽한 결과치를 얻을 수 있었으며 이러한 결과치로부터 얻은 합성곡선의 1차 선형 회귀분석에 의해 보다 긴 시간에서의 각 적용하중에 따른 크리이프 변형률의 예측치를 구하여 Figure 4, 5에 나타내었다.

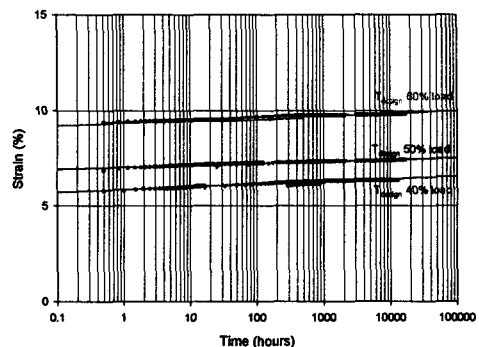
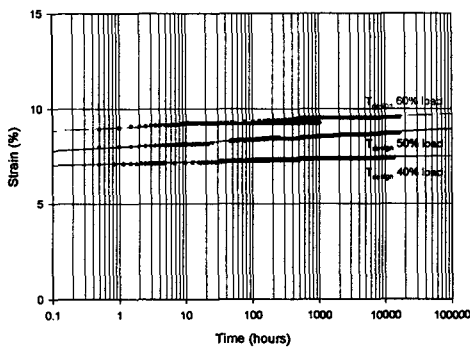


Figure 4. Master curves of Samyang 8T geogrid with various loading level. Figure 5. Master curves of Samyang 15T geogrid with various loading level.

5. 결론

크리이프 적용 하중에 따른 변형률과 인장시험에 의한 변형률의 값은 유사성을 지니며 고하중이 적용될 경우 시간변화에 따라 단기물성의 변형률과의 편차가 더욱 커짐을 알 수 있다. 고하중에 따라 크리이프 변형률이 증가하는 이유는 인장 방향 변형의 크기가 그 한계점에 근사할 경우 나타나는 축 방향 변형이 나타남에 따라 재료에 가해지는 응력의 크기가 커지기 때문이다. 합성곡선의 선형회귀분석에 의한 예측치와 실시간 시험에 의한 결과치의 비교, 검토가 이루어 져야 할 것으로 보인다.

참고 문헌

1. R. M. Koerner, "Designing with Geosynthetics", pp.315~386, Prentice Hall Co., 1998.
2. D. Leshchinsky, M. Dechasakulsom, V. N. Kaliakin and H. I. Ling, "Creep and Stress Relaxation of Geogrids", *Geosynthetics International*, Vol. 4, No. 5, 463(1997)
3. M. L. Williams, R. F. Landel and J. D. Ferry, *Journal of American Chemical Society*, **77**, 3701(1955)
4. A. Takaku, "Effect of Temperature on Creep Fracture of Polypropylene Fibers", *Journal of Applied polymer Science*, **25**, 1861(1980).