

## GF/PE 복합재료의 충격파괴거동에 관한 연구

엄운성 · 김형진<sup>\*</sup> · 양병춘<sup>\*\*</sup> · 고성위

부경대학교 · <sup>\*</sup>경상대학교 · <sup>\*\*</sup>부경대학교 대학원 · 부경대학교

### 서론

열경화성 복합재료는 고가이며, 성형시간이 길고, 파손시 수리가 불리한 점이 있으므로 열경화성 복합재료의 특징인 경량, 고강도와 고강성의 특성을 가지고 있으면서 성형시간이 짧고, 저가이며, 재활용과 수리 또한 유리한 잇점이 있는 열가소성 복합재료가 지난 10년동안 열경화성 복합재료를 대신하여 서서히 대체되고 있으나, 열가소성 복합재료는 환경적인 요인, 즉 수분과 온도에 대해 매우 민감한 것으로 알려져 있다. 그러므로 열가소성 복합재료가 실제 구조물에 주하중을 받는 기본 구조물로서 사용될 때 이들 요인들의 영향으로 인한 강도저하나 파괴거동에 대한 예측은 필수적이며, 이러한 예측을 하기 위한 기초자료의 축적을 위해 짧은 시간동안 국소부위에 큰 힘이 작용하여 탄소성변형과 파괴를 일으키는 충격시험이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 열가소성 복합재료의 기계적 특성과 파괴거동에 관한 종합적인 연구의 일환으로 섬유함유율이 10%인 GF/PP 복합재료의 충격시험을 통하여 스펠길이를 20, 30 그리고 40mm로 변화하여 스펠길이의 영향을 고찰하고 50℃에서 60℃사이의 온도범위에서 각각의 스펠길이에 대한 임계 파괴에너지의 거동을 고찰하여 온도변화에 따른 스펠의 길이에 대한 영향을 규명하고자 한다.

### 재료 및 실험방법

실험에 사용한 복합재료의 매트릭스는 PE수지, 강화섬유로는 유리단섬유(2~4mm)를 사용하였으며, 용융된 PE수지에 유리섬유를 혼합하여 인 라인 스크류(in-line screw)식의 사출기를 사용하여 3mm의 두께로 성형하였다.

충격시험은 하중 2.82~25J 그리고 충격속도 3.46m/s인 샬피 충격시험기(Tinius Olsen Model 92T)를 이용하여 20J의 하중과 3.46m/s의 충격속도로 실험을 행하였다. 충격시험편은 시험편 폭 10mm, 시험편 길이가 55mm 그리고 스펠길이 40mm이며, 원재료에서 다이아몬드 커터를 이용하여 절단하였고 이 표면을 밀링에 의하여 가공하였다. 노치는 시험편의 중심에 두께 1mm인 톱으로 일차 가공한 후, 노치팁이 더욱 날카롭게 하기 위해 신폴의 면도날을 이용하여 총 크랙길이가 1~

2.25mm의 범위가 되도록 이차 가공하였다. 시험편 길이가 35mm(스팬길이 20mm)와 45mm(스팬길이 30mm)인 시험편도 동일한 방법으로 가공하였다.

임계파괴에너지  $G_{IC}$ 의 평가는 충격시험에서 얻은 파괴에너지  $U$ 와 시험편 두께와 시험편 폭 그리고 무차원 계수의 곱  $BW\phi$ 를 이용하여 최소자승법에 의하여 기울기를 구하여 이 기울기를 임계파괴에너지  $G_{IC}$ 로 한 Williams 등이 제안한 방법으로 계산한 것이다.

$$U = U_k + G_{IC} BW\phi \quad (1)$$

여기서  $U$ 는 총 충격에너지이고,  $U_k$ 는 운동에너지,  $B$ 는 시험편 두께,  $W$ 는 시험편 폭 그리고  $\phi$ 는 무차원형상계수이다.

파괴에너지  $U$ 와  $BW\phi$ 를 도시화하여 최소자승법으로 그 기울기를 구하면 이것이 임계파괴에너지  $G_{IC}$ 가 된다.

## 결과 및 고찰

Fig. 1은 동일한 스펠길이의 조건에서 온도의 변화에 대한 임계파괴에너지  $G_{IC}$ 를 나타낸 것이다. 임계파괴에너지  $G_{IC}$ 는 식(1)의 총 파괴에너지와 무차원계수인  $BW\phi$ 의 기울기로서 산출하였다. 스펠길이가 20mm인 경우 임계파괴에너지  $G_{IC}$ 의 값은 온도가 실온, 60, -15, -50°C로 변화함에 따라 0.075, 0.063, 0.059, 0.048J/mm<sup>2</sup>을 나타내었다. 이러한 경향은 스펠길이가 20, 30mm인 경우에도 유사한 경향을 보였다. 온도조건이 실온일 경우의 임계파괴에너지  $G_{IC}$ 는 스펠길이의 변화에 따라 거의 선형으로 감소하고 있으나 온도조건이 60, -15 그리고 -50°C로 변화할 때의 임계파괴에너지  $G_{IC}$ 는 비선형적으로 감소하며, 저온으로 변화할수록 비선형이 증가하고 있다. 따라서 임계파괴에너지  $G_{IC}$ 는 온도를 고온으로 변화시킨 경우보다 온도를 저온으로 변화하였을 때 불안정성이 증가하므로 고온의 영향보다는 저온의 영향을 더 많이 받고 있음을 알 수 있다.

Fig. 2는 동일한 온도조건에서의 스펠길이의 변화에 대한 임계파괴에너지  $G_{IC}$ 를 나타낸 것이다. 실온에서 임계파괴에너지  $G_{IC}$ 의 값은 스펠길이가 20, 30, 40mm로 변화함에 따라 0.075, 0.036, 0.007J/mm<sup>2</sup>로 나타났다. 이러한 경향은 -15°C, -50°C 그리고 60°C에서도 값의 차이는 다소 있지만 유사한 경향을 보였다. 그러나 동일한 온도조건에서 스펠길이가 20mm인 경우가 임계파괴에너지  $G_{IC}$ 의 값이 가장 높게 나타나고 있지만, 스펠길이가 증가할수록 수치의 변화폭이 감소하고 수치가 안정된 양상을 보이고 있다. 따라서 스펠길이가 20mm인 경우에는 수치의 변화폭과 불안정성이 가장 크며, 스펠길이가 증가할수록 변화의 폭과 불안정성이 감소하므로 스펠길이가 40mm일 때가 본 연구에서는 적절한 조건이라 판단된다.

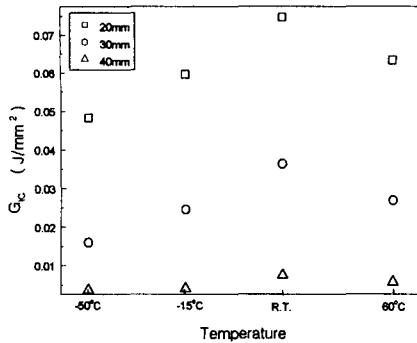


Fig. 1.  $G_{IC}$  vs span for various temperature.

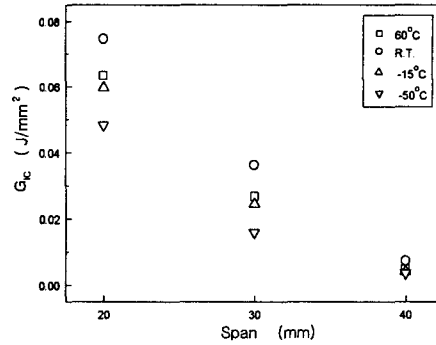


Fig. 2.  $G_{IC}$  vs temperature for span.

## 결론

본 연구에서는 충격시험을 통해 열가소성 복합재료의 파괴거동에 영향을 미치는 인자에 대해 검토하였다. 특히 스패길이의 변화 그리고 온도의 변화가 충격파괴강도에 미치는 영향에 대해 고찰하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) GF/PE 복합재료의 온도의 변화에 따른 임계파괴에너지  $G_{IC}$ 의 값은 실온에서의 결과가 가장 높게 나타나고, 60, -15 그리고 -50°C 순으로 낮게 나타났다.

2) GF/PE 복합재료의 스패길이의 변화에 따른 임계파괴에너지  $G_{IC}$ 의 값은 동일한 온도조건하에서는 스패길이가 20mm인 경우가 가장 높게 나타났으나 불안정한 경향을 보였으며, 스패길이가 40mm인 경우 임계파괴에너지  $G_{IC}$ 의 값은 낮게 나타났으나 안정된 경향을 나타내므로 스패길이가 40mm인 경우의 충격시험편이 본 연구에서는 적절한 조건이라 생각된다.

3) GF/PE 복합재료의 파괴기구에는 온도의 변화에 따라 매트릭스의 변형이 나타났으며 섬유와 매트릭스 사이의 디본딩을 관찰할 수 있었으며, 이와 같은 파괴기구가 종합적으로 상호작용한다고 생각된다.

## 참고문헌 생략