

GF/PP 복합재료의 충격치에 대한 시험편 길이의 효과

고성위 · 엄운성 · 양병춘 · 최영근
부경대학교

서론

복합재료는 경량성, 내식성, 절연성 등이 우수한 기계적 특성을 가지고 있으므로 자원, 에너지 고갈 그리고 환경오염과 같은 문제를 해결하는데 기여할 수 있는 재료이다. 복합재료 중에서 열가소성 복합재료가 각광을 받고 있으므로 열가소성 복합재료의 파괴거동을 예측하기 위한 기초자료로서 열가소성복합재료의 충격시험을 통하여 복합재료의 파괴거동에 영향을 미치는 인자에 대한 연구가 필요하다.

Schneider 등¹⁾은 다양한 구형 고무상 입자를 첨가한 열가소성 복합재료의 충격 실험을 통해 입자들이 기계적 특성에 대해 연구하였다. Galeski 등²⁾은 열가소성수지인 PP를 사용하여 성형한 복합재료는 탄산 칼슘입자(chalk)로 강화하였을 때 개선된 충격강도를 보인다고 하였다. Tam 등³⁾은 저온과 고하중비에서 취성파괴되는 PP복합재료의 파괴인성치를 개선하기 위한 연구를 하였다. Schultz 등⁴⁾은 GF/PET복합재료는 저온과 고변형률에서는 매트릭스가 취성파괴되고 섬유가 풀아웃되는 현상을 보이며 실온에서 보다 기계적 특성이 좋아진다고 하였다. Korinek 등⁵⁾은 충격시험을 통해 폴리마이드와 탄소 단섬유를 사용해 만든 복합재료의 수분흡수의 영향에 대해 연구하였다. 이처럼 충격강도에 영향을 미치는 인자에 대한 연구결과는 많지만 지지길이(스팬길이)의 변화에 따른 충격파괴기구에 대한 고찰은 아직 희박한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 열가소성 복합재료의 기계적 특성과 파괴거동에 관한 종합적인 연구⁶⁾의 일환으로 상온에서 섬유함유율이 10%와 30%인 GF/PP 복합재료를 충격시험을 통하여 지지길이를 20~40mm의 범위에서 변화시켜 지지길이의 변화에 대한 임계파괴에너지의 거동을 고찰하고 파단면을 SEM사진을 통해 비교 검토하였다.

재료 및 실험방법

Fig. 1은 시험편 폭 10mm, 시험편 길이가 55mm 그리고 스패ん길이 40mm인 시험편을 나타낸 것으로 원재료에서 다이아몬드 커터를 이용하여 절단하였고 이 표면을 밀링에 의하여 가공하였다. 노치는 시험편의 중심에 두께 1mm인

톱으로 일차 가공한 후, 노치탑이 더욱 날카롭게 하기 위해 신품의 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.

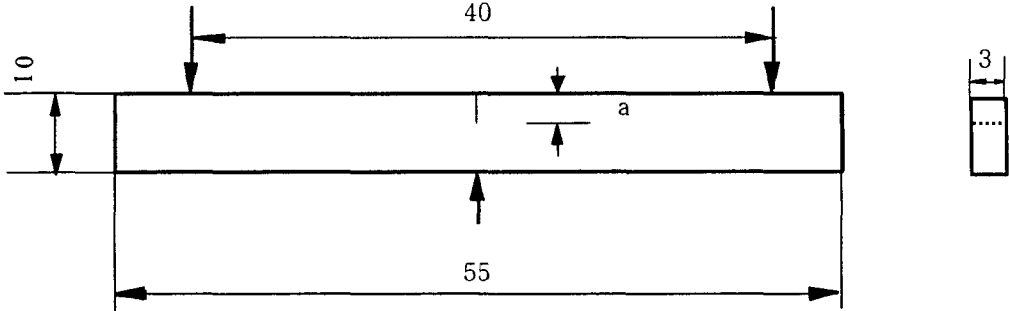


Fig. 1. Specimen geometries for Charpy impact (mm).

임계파괴에너지 G_{IC} 의 평가는 식 (1)와 같이 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 등⁷⁾이 제안한 방법으로 계산하였다.

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

여기서 U 는 총 충격에너지이고, U_k 는 운동에너지, B 는 시험편 두께, W 는 시험편 폭 그리고 ϕ 는 무차원형상계수로서 다음과 같다.

$$\phi = \frac{C}{dC/d(a/W)} \quad (2)$$

여기서 C 는 컴플라이언스(compliance)이고 a 는 크랙길이이다.

무차원계수 ϕ 를 다른 방법으로 나타내면 다음과 같다.

$$\phi = \frac{1}{2} \cdot \frac{a}{W} + \frac{1}{18\pi} \cdot \frac{S}{W} \cdot \frac{1}{a/W} \quad (3)$$

여기서 S 는 스패ん길이이다.

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

결과 및 고찰

1. 충격치

Fig. 2는 실온에서 섬유함유율이 10%에서 $BW\phi$ 의 변화에 대한 총 파괴에너지 U 를 나타낸 것이다. □는 스패ん길이 20mm, ○는 30mm, △는 40mm를 나타내고

있다. 그림에서 알 수 있듯이 총 파괴에너지 U 는 스펠길이가 20mm일 때가 가장 높고 스펠길이가 40mm가 가장 낮게 나타났다. 그리고 스펠길이가 가장 짧은 20mm인 경우의 총 파괴에너지 U 의 값이 높게 나타나고 있으나 수치의 흠어짐이 가장 많고 불안정한 경향을 보이며, 스펠길이가 30, 40mm로 증가할수록 그러한 흠어짐이 감소하고 안정된 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

Fig. 3은 실온에서 섬유함유율이 10%와 30%인 복합재료의 스펠길이의 변화에 대한 임계파괴에너지 G_{IC} 를 나타낸 것으로 재료 및 실험방법의 식(1)로 산출한 것이다. □는 섬유함유율이 10% 그리고 ○는 30%를 나타내고 있다. 재료의 특성을 결정짓는 임계파괴에너지 G_{IC} 의 값은 섬유함유율이 10%인 경우 스펠길이가 20, 30, 40mm로 증가함에 따라 0.0827, 0.0466, 0.014J/mm²으로 나타나고 있으며, 섬유함유율이 30%인 경우 스펠길이가 20, 30 그리고 40mm로 증가함에 따라 임계파괴에너지 G_{IC} 의 값은 0.0889, 0.0497, 0.0161kJ/mm²의 값들을 나타내고 있다. 따라서 수치의 분산과 불안정성은 스펠길이의 의존성을 보이고 있으므로 스펠길이가 40mm일 때가 본 연구에서는 적절한 조건이라고 생각되며, 스펠길이가 40mm 이상일 때의 비교 검토가 앞으로의 연구과제라고 생각된다.

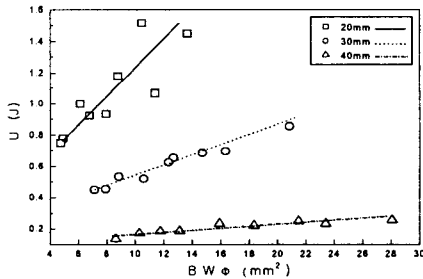


Fig. 2 U vs BWφ for various span with 10% fiber volume fraction at room temperature.

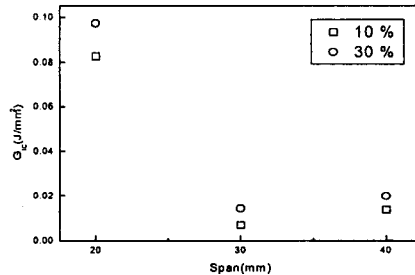


Fig. 3 G_{IC} vs span for room temperature at various fiber volume fraction.

2. 파면해석

Fig. 4는 실온에서 섬유함유율이 10%인 복합재료의 스펠길이의 변화에 대한 파단면을 나타낸 것으로 (a)는 스펠길이가 20mm, (b)는 30mm, (c)는 40mm의 파단면을 나타내고 있다. 그림에서 각각의 스펠길이의 변화에 대하여 풀아웃과 디본딩이 동시에 나타나고 있으나 그림(c)의 경우가 풀아웃과 디본딩이 많이 일어나고, 스펠길이가 감소할수록 수지의 파단면이 매끈하게 파단되며, 섬유에 남아있는 수지의 양도 작고 수지의 변형도 적게 됨을 알 수 있다. 이러한 양상은 섬유함유율이 30%인 경우에서도 유사한 경향을 보였다. 따라서 충격 파단면은 총 충격에너지 U 와 임계파괴에너지 G_{IC} 의 거동과 밀접한 관계를 나타내고 있으며 스펠길이가 감소할

수록 수치의 흠어짐과 불안정성이 증가하는 스패길이의 영향은 수지의 변형과 섬유와 수지의 디본딩 그리고 풀아웃과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다.

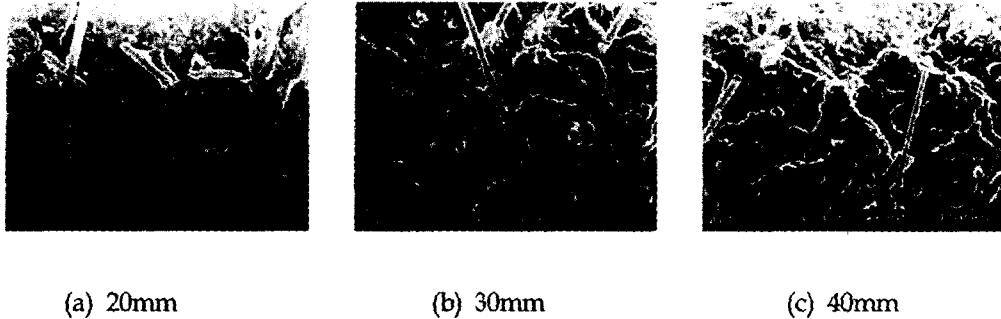


Fig. 4 SEM photographs of impact fracture surfaces for various span with 10% volume fraction at room temperature.

결론

1) GF/PP 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 더 적절한 조건이라 생각된다.

2) GF/PP 복합재료의 파괴기구는 온도의 변화에 따라 매트릭스의 변형이 나타났으며 섬유의 풀아웃, 섬유와 매트릭스 사이의 디본딩을 관찰할 수 있었으며, 이와 같은 파괴기구가 종합적으로 상호작용 한다고 생각된다.

참고문헌

- 1) Schneider, M., Pith, T. and Lambla, M., "Toughening of Polystyrene by Natural Rubber-Based Composite Particles", J. Mat. Sci., 32, 1997, pp.6331~6342.
- 2) Galleski, A. and Kalinski, R., "Polymer Blends", Plenum Press, 1980, P.431.
- 3) Tam, W. Y., Cheung, T. Y. H. and Li, R. K. Y., "Impact Properties of Glass Fiber/Impact Modifier/Polypropylene Hybrid Composites", J. Mat. Sci., 35, 2000, pp.1525~1533.
- 4) Schultz, J. M. and Friedrichi, K., "Effect of Temperature and Strain Rate on the Strength of a PET/glass Fibre Composite", J. Mat. Sci., 19, 1984, pp.2246~2258.
- 5) Korinek, Z. and Steidl, J., "Impact Properties of Short Fiber Reinforced Polyamide after Different Treatments", J. Mat. Sci., 19, 2000, pp.729~731.
- 6) 엄윤성 · 최영근 · 양병춘 · 김형진 · 고성위(2003) "GF/PE 복합재료의 충격파괴거동에 관한 연구", 한국어업기술학회지 39(3), 167~173.
- 7) Plati, E. and Williams, J.G.(1975): "The determination of the fracture parameters of polymers in Impact", Polym. Eng. Sce. 15, 470~477.