

# 경량 난연성 성형체의 특성에 관한 연구

강영구, 강정식\*, 조명호\*  
호서대학교 안전공학부  
한국기계연구원 장비개발그룹\*

## 1. 서론

경량 건축소재는 협소공간의 고도 이용과 건설 분야의 양적, 질적인 측면에서 급속한 성장으로 건축자재의 경량화, 고급화 및 다양화를 요구하고 있으며 이에 PE, PP, PS, PVC 등의 플라스틱 foam 및 저밀도 콘크리트 등의 경량 건축 소재에 대한 연구가 지속되고 있다. 경량 건축소재로 사용되는 플라스틱류는 대부분 난연화 및 강도유지를 위해 난연제, 섬유 및 무기충진제 등을 첨가하거나 고밀도화하여 사용하며 경량화를 위해 foaming agent를 사용하여 기포를 발생시켜 경량화하여 성형된다.

플라스틱류는 난연성에 관한 문제점과 첨가제에 의한 중량증가, 화재발생시 과다연기발생 등의 문제점을 가지고 있으며 본 연구에서는 이와 같은 단점을 개선하며 폐신문지를 활용함으로써 환경적 측면을 고려하여 화재로부터 안전성 확보를 목적으로 시멘트, 폐신문지에 저밀도, 단열, 방음, 흡음성이 우수한 우레탄을 혼합발포하는 방법으로 경량 난연성 성형체를 성형하였으며 각 성분 함량변화에 따른 UL기준에 의한 난연성, 밀도, 압축강도, morphology 등에 대한 측정을 통하여 경량 구조체로서의 사용가능 여부를 평가하였다.

## 2. 실험방법

### 1) 경량 난연성 성형체

성형체는 약 5배 발포후 경화되는 2액형 polyurethane(태원 chemical)으로 MDI(TI-302)와 Polyol(TF-300)을 1 : 1로 혼합하고 성형체의 내열성 및 강도향상을 위해 cement와 폐신문지 분쇄물(1 : 1)을 혼합하고 발포속도를 조절하기 위해 water를 일정량 투입하여 Table 1과 같은 조성으로 stirrer(SS-20D, Yhana)에 의해 1000rpm에서 혼합하여 발포 성형하였다.

성형 후 내부수분증발을 위해 drying oven내에서 60℃, 24Hr동안 건조시켜 시편편을 제작하였다.

Table 1. Composition for lightweight polyurethane-cement composite (water content : 100part)

Composition Sample No.	Polyurethane(wt%)	폐신문지(wt%)	Cement(wt%)
1	40	30	30
2	50	25	25
3	60	20	20

## 2) 밀도 측정

각 혼합비로 성형된 urethane 발포 composite를 50×50×20t로 시편을 제작하고 정량하여 밀도를 측정하였다

## 3) Morphology 측정

경량 성형체의 morphology는 각 성분의 혼합성, 발포여부, 균열 등을 판단하기 위해 2000mesh의 초정밀 필름연마재(3M Imperial<sup>TM</sup> Lapping Film)으로 시편의 표면처리 후 줌실체현미경(OSM-1, 동원)을 사용하여 800배율에서 측정하였다.

## 4) 난연성 측정

UL94V의 측정방법에 의해 5in × 0.5in × 0.5in의 시험편을 제작하고 수직상태의 실험시편 하단부에 10초간 점화하여 연소시간, 난연등급을 측정하였다.

## 3. 결과

### 1) 밀도 측정

Sample 3의 경우 2배 발포후 자체 발열에 의해 소량 수분증발과 함께 경화 되었으며 1, 2의 경우 발포가 발생하지 않았다. 이에 따라 sample 3의 밀도 0.36으로 가장 낮으며 sample 1, 2는 폐신문지, 시멘트의 첨가량이 증가함에 따른 무게 증가로 0.66, 0.78의 고밀도를 나타내어 첨가물에 함량조절에 따라 밀도를 조절할 수 있음을 나타내었다. 또한 다량의 예비 실험을 통하여 polyurethane 함량이 증가됨에 따라 저밀도의 성형체가 형성되며 60wt(%)이상의 함량에서 약 2~4배의 발포가 발생되어 polyurethane함량에 의해서도 밀도를 조절할 수 있다.

### 2) Morphology

Fig. 1에서와 같이 경량 난연성 성형체는 폐신문지로 확인되는 섬유상 입자들

과 cement 입자의 혼합형태로 Sample 1은 발포에 의한 기공이 거의 없으며 섬유상 입자와 cement가 고밀도로 유지되어 있다. Sample 2는 polyurethane 함량의 증가에 따라 미세발포되어 작은 기공이 불규칙적으로 분포되어 있고 cement와 폐신문지의 함량이 감소되어 불규칙적인 섬유상 입자와 cement 입자의 분포를 확인할 수 있다. 약 2배 발포된 sample 3의 경우 발포에 따른 다수의 기공과 섬유상 및 cement 입자가 sample 1과 같이 조밀하게 분포되어 있는 것을 알 수 있으며 발포에 의한 기공과 기공 사이에 섬유 및 cement 입자가 밀려난 것으로 생각되며 조밀한 분포를 이루고 있어 높은 강도를 유지할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 2. Density of lightweight polyurethane-cement composite sample

Sample No.	Density(g/cm <sup>3</sup> )	연소시간(sec)
1	0.78	불연소
2	0.55	불연소
3	0.36	8

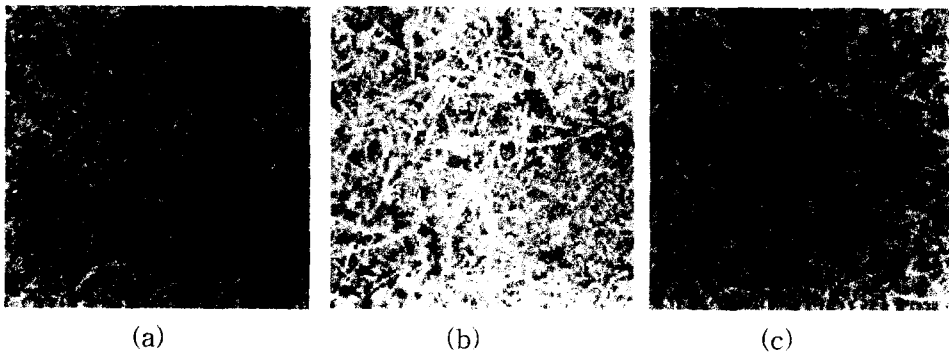


Fig. 1. Properties of morphology in lightweight flame retardant polyurethane-cement composite (a : Sample 1, b : Sample 2, c : Sample 3)

### 3) 난연성 측정

UL 94V의 방법에 의해 난연성 측정결과 발포가 발생된 sample 1은 약 8sec의 연소지속후 연소가 중단되었으며 sample 2, 3의 경우 점화후 연소가 발생되지 않

았다. 이에 따라 경량 난연성 성형체의 난연등급은 UL94V-0로 확인되었으며 가연물인 폐신문지와 polyurethane의 난연등급을 높인 고강도의 경량 성형체로 사료된다.

#### 4. 결론

폐신문지, cement, polyurethane을 혼합시켜 성형된 난연성 경량 성형체의 밀도, morphology, 난연성 측정결과 다음과 같은 결론이 도출되었다.

- 1) 경량 난연성 성형체는 폐신문지, cement 성분비 조절과 polyurethane의 발포효과에 의해 0.36~0.78의 밀도범위를 나타내었다.
- 2) Polyurethane 함량이 50wt(%) 이하인 경우 발포가 발생되지 않으며 50wt(%)에서는 육안확인이 불가능한 미세발포만이 발생된다.
- 3) Polyurethane 함량이 60wt(%)이상에서는 발포에 의한 다공성 기포들이 형성되며 발포에 의해 cement, 폐신문지의 입자가 기공과 기공사이에 밀집되어 있다.
- 4) 폐신문지, cement, polyurethane를 원료로한 경량 성형체는 2배 발포된 sample 3의 경우 약 8sec동안의 연소가 발생하였으며 sample 2,3의 경우 연소가 발생하지 않아 UL94V-0의 난연 등급을 나타내었다.

이상과 같이 난연성 경량 성형체를 성형할 수 있었으며 향후 압축강도, 인장강도 등의 측정을 통하여 성형체에 대한 구조특성 연구와 건축재료로서의 응용 가능성에 대해 연구할 계획이다.

#### 5. 참고문헌

- (1) P. Muller, "Are Polyurethane Materials Still a Challenging Field", *Angewandte Makromolekulare Chemie*, Vol. 244, pp. 121-133, 1997.
- (2) M. R. Holl, V. Kumar, M. Ma, R. R. Kwapisz, "The Effect Of Additive on PVC Solid State Microcellular Foams", *ANTEC'96 Society of Plastics Engineers*, Vol. 2, pp. 1908-1913, 1996.
- (3) A. Landrock, *Handbook of Plastics Flammability and Combustion Toxicology*, Noyes Publications, USA, 1983.
- (4) C. J. Hilado, *Flammability of Cellular Plastics*, Vol. 21, Part 3, Technomic Publishing Co. Inc., USA, 1985.