

## 폐지를 활용한 재생 플라스틱

윤승원\*(한국생산기술연구원), 이장용(한국생산기술연구원), 김윤식(주한국리텍)

### Composite Material made of Recycling Paper and Plastics

S. W. Youn(Korea Institute of Industrial Technology), J. Y. Lee(Korea Institute of Industrial Technology),  
Y. S. Kim(Retech Korea Co., Ltd.)

#### ABSTRACT

Composite material made of recycling paper and plastics was developed. The tension and bending testing result of developed composite material shows that the cellulose contained in paper contributes much to get high flexural rigidity. As an application example, the raised access floor for office automation purpose was developed by making use of developed composite material. Manufacturing process together with the extrusion die and the compression die for to manufacture the access floor have been developed.

**Key Words :** Composite Material (복합재료), Recycling Paper (폐지), Recycling Plastics (폐플라스틱), Access Floor (이중바닥재), Extrusion Die(압출 금형), Compression Die (압축 금형)

#### 1. 서론

##### 1.1 복합재료 개발 배경

폐자원 재활용 기술은 환경 보존 및 원가절감을 통한 생산성 향상이라는 측면에서 많은 응용연구가 필요한 분야이다. 국내에서 지난 1996년부터 시행된 쓰레기 분리수거와 더불어 각종 폐자원의 재활용과 관련된 연구 개발이 활발하게 수행되어 폐자원 재활용이 점차 증가하고 있다.

본 연구는 재생용 폐지(recycling paper) 중 다른 종이류에 비해 목화 섬유 함유량이 많아 지질이 질긴 폐지폐와 폴리에틸렌계(polyethylene) 폐플라스틱(recycling plastics)을 혼합 성형하여 기존의 재료를 대체하는 복합재료(composite material)를 개발하는 것에 관한 것이다. 폐지와 폐플라스틱을 활용한 복합재료는 세계적으로도 활용 사례가 거의 없어 개발하는 복합재료와 관련된 혼합 생산 방법, 가공 방법 및 재질의 기계적 성질 등과 관련된 기술 자료를 찾아 보기가 쉽지 않다. 본 연구와 연관된 유사한 분야의 국내 기술현황으로는 목재 분말을 이용한 인조목재의 연속 제조, 폐플라스틱과 목재 분말을 이용한 복합소재의 파티클보드 생산, 제지 슬러지와 폐플라스틱을 이용한 플라스틱 합판 생산

등 주로 목재 분말과 플라스틱을 이용한 복합재료 성형기술이 있으며, 응용 범위도 인조목재 및 합판 등의 범위에서 활용되고 있다. 그러나 이러한 복합재료의 재질에 대한 성능 및 제조방법과 관련된 데이터는 적용대상에 대한 부분적인 자료만 있거나 경험 데이터에 의존하는 경우가 많아, 다른 성분의 복합재료 제조시 응용에 제한이 있다.

개발 대상인 복합재료는 플라스틱 특유의 방수성, 탄력성 및 성형성과 종이 섬유질의 고강도 및 고강성의 기계적 성질 등의 장점을 함께 활용함으로써 (1)플라스틱의 높은 탄력성과 폐지로부터 보강된 강도로 많은 분야에 적용될 수 있는 재질상의 특성이 있으며, (2)압출기와 프레스 성형으로 완제품을 생산함으로써 후가공 공정이 필요 없어 생산원가를 낮출 수 있고, (3)폐지 및 폐플라스틱을 재활용함으로써 원자재 조달이 용이하고 가격이 저렴하며, (4)비슷한 기계적 강도를 보유한 다른 재료와 비교할 때 재료의 비중이 낮아 상대적으로 무게가 가벼운 장점 등이 있다. 기존의 목재, 합판류 및 플라스틱으로 생산되는 제품의 대체 재료로 활용 분야가 광범위하고 높은 생산성이 기대되는 재료로 향후 국내에서는 물론 국외 시장에서의 잠재적 수요가 크게 전망되는 재생 플라스틱 복합재료이다.

본 연구를 통하여 폐지와 폐플라스틱을 활용한 복합재료의 구성 성분 배합 비율, 배합 방법, 성형 공정 및 냉각 방법 등이 개발되었으며, 성형된 복합재료의 재료시험을 통하여 인장강도와 압축강도 등의 기계적 성질이 측정되었다. 폐지와 폐플라스틱의 발생은 전세계적으로 계속해서 증가 추세에 있으며 이를 활용하는 재생 플라스틱의 개발기술은 국내의 폐자원 재활용을 통한 에너지 자원의 재활용 및 환경 보호는 물론, 향후 응용 제품의 개발과 더불어 경제성이 높을 것으로 기대된다.

## 1.2 적용 사례

폐지폐와 폐플라스틱을 활용한 재생 플라스틱 복합재료로 현재의 철판, 시멘트, 알루미늄 다이캐스팅 등을 주 재료를 사용하고 있는 이중바닥재 재질의 단점을 보완 대체하는 이중바닥재(raised access floor)를 개발하였다.

컴퓨터와 통신기술 보급의 일반화는 업무 효율의 향상과 사용의 편리성으로 사무용 공간의 자동화를 촉진하고 있다. 사무용 공간에 퍼스컴 시스템과 보조 장비, LAN의 구축, 전자화 전화 및 팩시밀리 시스템 등을 도입 설치할 때에는 케이블류의 대량 증가가 필수적으로 수반되며, 공간적·구조적·실내 환경적인 조건에서 종래의 사무공간에서와 같은 케이블류 배선 방법과는 다른 자유롭고 대용량을 수용할 수 있는 새로운 형태의 배선 시스템이 요구된다. 일부 특수 환경의 전산실용으로 사용되는 이중바닥재를 주거성과 보행감이 높게 요구되는 LAN 대응 사무실 공간의 이중바닥재로 그대로 사용할 경우에는 이중바닥재 자체 높이로 내부의 활용 공간을 충분하게 확보하는 데 문제가 있으며, 경제성 등의 실용성에도 제한이 있다. 이러한 필요성과 이유에서 오피스 시스템용 이중바닥재(office system floor 또는 OA access floor 또는 double deck floor)와 같은 저층 구조의 저가형이며 실용적인 이중바닥재가 필연적으로 요구되고 있다<sup>[1]</sup>.

전산실용 이중바닥재는 1960년대부터 일부 특수 환경의 전산실에서 사용되기 시작하였다. 일본의 경우 1970년대 중반부터 내진형 이중바닥재, 1980년대 중반부터 오피스 시스템용 이중바닥재가 보급되기 시작하였다. 국내의 경우에는 1990년대 중반 이후 오피스 시스템용 이중바닥재의 수요가 급속히 증가하고 있는 추세이며, 1997년도에 이중바닥재의 하중 성능 시험 등을 포함하는 품질 관리를 위한 한국산업규격 KS F 4760 이중바닥재(Raised Access Floor)<sup>[2]</sup>이 제정되어 시행되고 있다.

폐지와 폐플라스틱을 활용한 이중바닥재는 기존의 시멘트 충전 이중 철판이나 PFRC 재질의 이중바닥재와 비교할 때 (1)재료의 비중이 낮아 상대적

으로 무게가 가볍고, (2)플라스틱 특유의 높은 탄력성으로 보행에너지가 잘 흡수되어 피로감과 반향음이 작아 보행감과 주거성을 함께 향상시켜 주는 재질상의 특성이 있으며, (3)신축 건물에는 물론 기존의 사무용 공간에도 설치하기가 용이한 장점이 있다. 폐지와 폐플라스틱을 활용한 복합재료는 도어 프레임 등의 건축자재나 합판류 등 기존의 목재 또는 플라스틱으로 생산하는 제품의 대체 재료로서도 활용이 가능한 재료로, 사무용 공간의 자동화 확산과 더불어 향후 국내에서는 물론 국외 시장에서의 잠재적 수요가 크게 전망되는 복합재료이다.

새로 개발된 복합재료를 이용하여 이중바닥재를 개발하는 과정에서, 재료시험을 통하여 측정된 복합재료의 기계적 성질값을 적용하여, 유한요소법으로 이중바닥재 패널에 가해지는 정하중에 대한 변형과 응력 분포 등을 해석 예측하여 한국산업규격 KS F 4760에서 요구하는 하중 성능 시험을 만족시키는 오피스 시스템용 이중바닥재를 설계하였으며, 이중바닥재의 생산 공정 개발, 3차원 모델링에 의한 이중바닥재의 제품 설계, 제품의 대량 생산에 필요한 압출 금형(extrusion die), 제품 성형용 압축 금형(compression die) 및 냉각 과정에서 이중바닥재가 뒤틀리는 것을 방지해 주는 클램핑장치 개발 등도 함께 수행되었다.

## 2. 복합재료 성형과 재료시험

### 2.1 복합재료 성형

폐지와 폐플라스틱을 활용한 이중바닥재 재료의 인장강도 및 굽힘강도 시험용 시험편을 제작하기 위하여, ISO 293: 1986(E)<sup>[3]</sup>과 ISO 1872-2: 1989(E)<sup>[4]</sup>에 따라, 분쇄된 폐지폐와 폐 HDPE를 혼합·압출·압축 성형하여 시험편 제작용 패널을 제작하였다. 패널 성형용 금형은 Fig. 1에서와 같은 포지티브형(positive type) 압축 금형으로, 폐지와 폐플라스틱의 구성 비율, 가압시의 금형 온도, 가압력의 크기와 가압 시간 등을 여러가지 경우로 설정해 가면서 패널을 성형하였다.

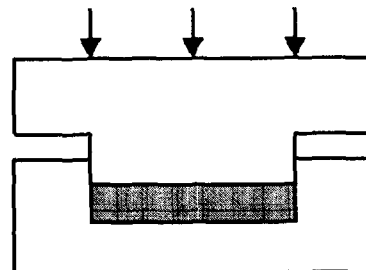


Fig. 1 Positive type compression die

압축 금형에서 성형품을 꺼낸 후에는 별도의 냉각 방법을 사용하지 않고 작업장에 방치하여 자연 냉각시켰다. 페지와 페플라스틱의 중량 비율이 6:4 인 경우 성형된 패널의 비중은 1.20, 압출 방향으로의 수축률은 약 1.0%, 압출 방향과 직교되는 방향으로의 수축률은 약 0.7% 이다.

## 2.2 인장강도 시험

페지와 페플라스틱으로 성형된 재료의 인장강도 시험은 재료의 파단 인장강도( $\sigma_u$ )를 측정하기 위한 것으로 구조물에 가해지는 허용 하중의 크기와 설계 안전계수를 결정하기 위한 것이다. ISO R527: 1966(E)<sup>[5]</sup> 에 따라 Fig. 2 와 같은 형상과 크기로 시험편을 가공하여 인장강도를 측정하였다.

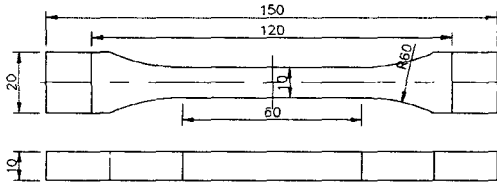


Fig. 2 Specimen for the tensile test

성형된 패널 3 장으로, 각각의 패널에서 4~5 개씩의 시험편을 가공한 후 파단 인장강도를 측정하여 평균값을 구하여 아래의 Table 1 에 정리하였다.

Table 1 Measured tensile stress(MPa)

Panel #	Moulding pressure	11.29MPa	15.05MPa
	1	24.7	-
2	26.0	-	-
3	-	-	26.1

인장강도 측정에 사용된 만능시험기의 최대 하중 용량은 10ton 으로, 시험편이 파단될 때까지 1분 에 1mm 의 속도로 인장 변위를 증가시켜가면서 가해지는 하중을 0.001mm 변위마다 자동으로 기록하여 변위-하중 곡선을 구하였다. 파단 인장강도는 시험편이 파단될 때의 인장 하중을 파단면의 초기 단면적으로 나눈 값이다. 측정된 파단 인장강도의 평균값은 최소 24.7MPa 이다.

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_0} \quad (1)$$

인장강도 시험시, 표점 거리간의 길이 변화와 단

면의 치수 변화를 측정하지 않은 관계로 신장율, 탄성계수 및 포아송비는 구하지 못하였다.

## 2.3 굽힘강도 시험

페지페와 페플라스틱으로 성형된 재료의 굽힘강도 시험은 재료의 파단 굽힘강도( $\sigma_f$ ) 및 굽힘 탄성계수(Young's modulus:  $E_b$ )를 측정하기 위한 것으로, ISO 178: 1975(E)<sup>[6]</sup> 에 따라 Fig. 3 과 같은 형상과 크기로 시험편을 가공하여 측정하였다.

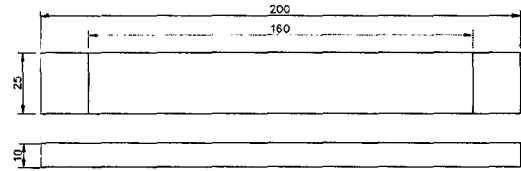


Fig. 3 Specimen for the bending test

굽힘강도 시험에 사용된 시험편은 성형된 패널 10 개에서 모두 52 개의 시험편을 가공하여 사용하였다. ISO 178: 1975 (E), 5.2 항, 6.3 항, 및 7 항에 의거하여 3 점 굽힘강도 시험(3-points bending test)을 실시하였다. 측정에 사용된 만능시험기는 인장강도 시험에 사용된 것과 같은 장비로 시험편이 파단될 때까지 1분 에 5mm 의 속도로 변위를 증가시켜가면서 가해지는 하중을 변위 0.001mm 마다 자동으로 기록하여 변위-하중 곡선을 구하였다.

Fig. 4 는 굽힘강도 측정시 가해진 보 중앙 부위에 가해진 처짐량 대 가해진 하중 곡선으로, 측정된 평균 파단 굽힘강도를 Table 2 에 정리하였다.

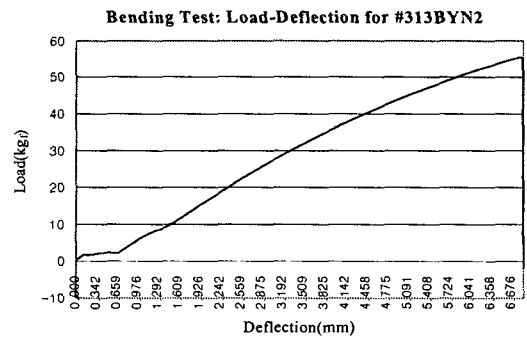


Fig. 4 Load-deflection curve for bending test

넓이  $b$ , 높이  $h$ , 및 길이가  $L$ 인 사각형 단면 보 중앙에 하중  $F$  가 가해진 경우, 보 중앙에서의 굽힘 변위가  $d$  인 경우의 굽힘응력( $\sigma_f$ )은 다음의 식 (2)로 표현된다.

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^3} \left( 1 + \frac{4d^2}{L^2} \right) \quad (2)$$

또한, 굽힘 변위  $d$  가 발생되는 보 중앙에서의 굽힘 모멘트 수평 성분을 고려하여 굽힘응력을 보정하면, 탄성계수( $E_b$ )를 식 (3)으로부터 구할 수 있다

$$E_b = \frac{L^3}{4bh^3} \times \frac{F}{d} \quad (3)$$

Table 2 Measured bending stress(Young's modulus:  $E_b$  (MPa), bending stress:  $\sigma_f$ (MPa))

Moulding pressure time(min.)		11.0MPa	14.5MPa	17.5MPa	21.0MPa
		1	$E_b$	-	-
	$\sigma_f$	-	-	33.4	48.8
2	$E_b$	-	-	-	3,096.8
	$\sigma_f$	-	-	-	45.5
3	$E_b$	3,128.2	3,447.6	-	3,149.7
	$\sigma_f$	40.3	51.8	-	47.5
5	$E_b$	2,822.4	2,634.2	3,077.2	3,177.2
	$\sigma_f$	49.6	43.8	48.4	48.0

측정된 복합재료의 비중은 1.20, 굽힘탄성율은 3,100~ 3,400MPa 의 범위에 있다. 이 값들은 상용 HDPE 의 비중이 0.95 내, 굽힘탄성율의 범위가 700~1,200 MPa<sup>[7]</sup>인 것에 비해 상당히 큰 값을 알 수가 있다. 이러한 특성값은 재생 플라스틱 복합재료에 함유된 폐지의 섬유질에 의하여 비중 및 강성과 강도가 증가한 것으로 판단된다.

#### 2.4 토론

플라스틱과 같은 연성 재료의 변위-하중 특성도는 일반적으로 Fig. 4 에서 처럼 위로 볼록한 곡선 형상을 하고 있다. Fig. 4 에서, 초기의 0.6~0.7mm 까지의 변위는 굽힘시험편의 중앙 부위가 작용 하중에 의하여 휘어져서 생긴 변위라기보다는 시험편 지지 부위가 아래로 이동한 강체 이동 변위이다. 또한, 변위-하중 곡선은 작은 변위 구간에서의 접선 기울기가 큰 변위 구간에 비하여 상대적으로 크며, 이것은 작은 변위 구간에서의 탄성계수가 상대적으로 큰 것을 의미한다. 가해진 하중에 의하여 시험편이 실제 변형된 50~400N(약 5~40 kg)의 하중 범위를 고려할 때의 유효 탄성계수는 3,500~4,300MPa 의 범위에 있다(Table 2). 이러한 결과에서 볼 때, 복합재료의 측정된 기계적 성질의 최소값은 파단 인장강도 24.5MPa, 파단 굽힘강도 46.1MPa, 탄성계수 3,528MPa 로 종합된다.

### 3. 이중바닥재 개발

#### 3.1 오피스 시스템용 이중바닥재

오피스 시스템용 이중바닥재는 주거성이 중요하여 높은 보행성과 경제적인 것이 요구된다. 이중바닥재 밑에는 네트워크기가 설치되기도 하며, 레이아웃 변경이나 시스템 확장에 따른 자유로운 배선의 편리성이 있어야 한다. 오피스 빌딩의 엘리베이터 적재 능력으로 사무실용품 하나의 무게가 일반적으로 2,940N 미만으로, 컴퓨터 또는 컴퓨터용 책상다리 하나가 이중바닥재에 가하는 국부 집중하중은 최대 735N 이내이다. 사무기기의 국부 하중에 대한 이중바닥재의 변형 저항 기준은 KS F 4760(7.4 항 하중 성능 시험)에 규정되어 있으며, R형인 500mm x 500mm 크기의 오피스 시스템용 이중바닥재 패널의 경우 Fig. 5 에서와 같은 지점에 직경 50mm 인 원봉으로 2,940N 의 하중을 각각 가한 상태에서 측정하여 최대 처짐량이 4.0mm 이내일 것이 요구되고 있다(Fig. 5, <sup>[2]</sup>의 5.2 항, 표 3).

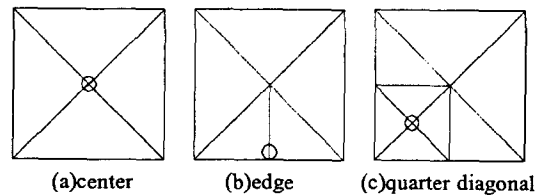


Fig. 5 Raised access floor load applying position

#### 3.2 이중바닥재 설계

Fig. 6 은 3 차원 설계용 프로그램 SolidWorks<sup>[8]</sup> 를 사용하여 설계한 이중바닥재 모델링 모습이다.

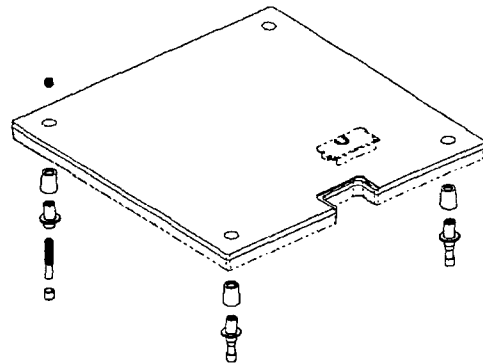


Fig. 6 Raised access floor

KS F 4760 에 규정된, 정사각형 한 변의 길이가 500mm 이며, 패널 설치 후 패널을 지지하는 지지대를 포함하는 마무리 높이의 기준 치수가 100mm,

최대 허용 하중의 크기가 2,940N 인 오피스 시스템 용 이중바닥재 패널을 설계한 후 페지와 페플라스 틱을 사용한 재생 복합재료로 성형 제작하였다. 패널의 한 변에는 Fig. 6 에서와 같이 홈이 마련되어 있어 설치시 손을 넣어 패널을 잡거나 통신선 등의 인출구로 사용할 수 있는 구조이다.

패널의 하중-변위 특성을 예측하기 위한 유한요소 해석은 패널의 두께가 26mm 에서 32mm 까지 1mm 씩 증가시킨 여러가지 경우 및, 패널을 지지하는 4 개의 지지볼트의 위치가 각 변에서 35mm 에서 55mm 까지 5mm 단위로 떨어져 있는 구조에 대하여 실시하였다. 하중-변형 해석시에 적용한 재료의 기계적 성질값은 앞의 재료시험을 통하여 측정된 탄성계수 3,528MPa 를 적용하였고, 포아송비는 0.38, 재료의 비중은 1.20 을 적용하였다. 유한요소 해석에 사용한 하드웨어는 Pentium PC, 유한요소 해석용 소프트웨어는 미국 ALGOR 사의 ALGOR Software 의 Linear Elastic Analysis Module 이다.

해석 결과인 응력값은 변형에너지 이론에 근거한 파괴 이론인 폰미시스 응력 표준값(von Mises stress criterion)으로, 재료시험시 측정된 파단 인장강도 24.5MPa, 파단 굽힘강도 46.1MPa 에 기준하여 안전계수를 산출하였다. 복합 응력이 작용하는 구조물에 대한 폰미시스 응력 표준은 아래의 식 (4)로 표현되는 응력값으로 철강 구조물과 같은 연성 재질에 있어서 해석값과 실험 결과가 잘 일치하는 판정 기준이다. 여기서  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ , 및  $\sigma_3$  는 3 축 응력 상태의 주응력을 나타낸다<sup>[9]</sup>.

$$\sigma_f \leq \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \quad (4)$$

설계된 이중바닥재에 대하여 Fig. 5(a), (b), (c) 에서와 같이 직경 50mm 인 원봉으로 2,940N 의 하중을 각각 가한 상태에서 계산된 수직 밀 방향으로의 처짐량은 KS F 4760 7.4 항에 규정된 4.0mm 보다 작은 값인가로 판정하였다. 이중바닥재의 두께가 29mm, 지지볼트 4 개가 변에서 45mm 에 각각 위치한 경우에 대한 해석 결과를 Table 3 에 정리하였다.

Table 3 Maximum stresses and displacement of access floor

Ø50, 2,940N applied position	Stress or Displ.	Value
At panel edge middle	Von Mises stress	12.81MPa
	z-displacement	3.88mm
At panel center	Von Mises stress	6.76MPa
	z-displacement	2.07mm

### 3.3 금형 설계

이중바닥재 생산을 위한 금형은 3 차원 모델링 작업과 2 차원 도면 생성을 일관적으로 처리할 수 있는 SolidWorks 프로그램을 사용하여 설계하였다.

#### 3.3.1 압출 금형 설계

목화 섬유가 다량 함유된 폐지폐와 수축률이 큰 HDPE 를 혼합한 재질은 압출 압력이 제거되고 냉각됨에 따라 분자 구조의 위치 회복성에 따라 계속적인 변형이 뒤따르게 된다. 이러한 상황을 고려하여 압출시 출구에서 압출 방향과 직교하는 임의 단면에서의 재료 토출 속도가 균일하게 되도록 금형 내부 단면 형상을 변화시켜 압출량을 조절해 주는 형상으로 압출 금형 내부를 설계하였다. 금형 외부에는 열선을 배치하여 온도를 조절할 수 있도록 하였다. Fig. 7(a), (b)는 압출 금형의 내·외부 모습이다.

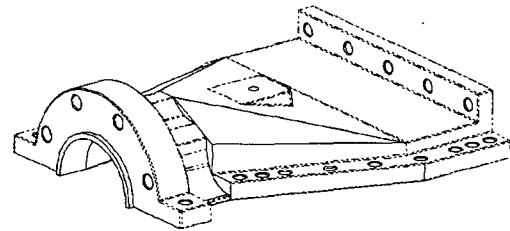


Fig. 7(a) Outer shape of the extrusion die

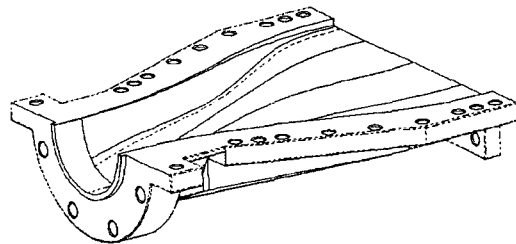


Fig. 7(b) Inner shape of the extrusion die

#### 3.3.2 압축 금형 설계

압출 금형을 통과하여 판 형상으로 가성형된 플라스틱 복합재료는 절단기에 의하여 적당한 크기로 절단된 후 이중바닥재에 요구되는 강도와 강성을 갖도록 압축 성형되어 제품이 완성된다(ISO 293: 1986(E)<sup>[3]</sup> 및 ISO 1872-2: 1989(E)<sup>[4]</sup>). 압축 금형 설계에 요구되는 주요 변수는 성형에 요구되는 압력으로 일정한 밀도를 유지하면서 제품의 두께 치수를 만족시키는 것이다. Fig. 8 은 재료의 수축율을 고려하여 설계 제작된 압축 금형의 열려 있는 모습이다.

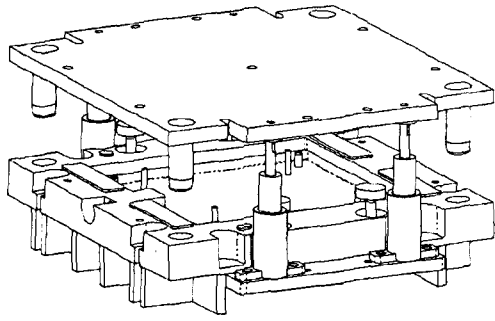


Fig. 8 Compression die

#### 4. 토론 및 결론

폐지와 폐플라스틱을 활용하여 압축 금형으로 성형 가능한 새로운 재생 플라스틱을 개발하였다. 개발된 복합재료는 플라스틱 성형품에서 일반적으로 나타나는 단점인 휨 강성을 종이의 섬유질로 강도와 강성을 보강하고, 플라스틱 특유의 탄력성과 성형성을 조화시킨 복합재료이다. 개발 복합재료에 대한 인장시험 및 굽힘시험 결과 재료의 기계적 성질값은 굽힘 탄성계수 3,528MPa, 파단 굽힘강도 46.1MPa 및 파단 인장강도 24.5MPa였으며, 재료의 수축율은 압출 방향으로 1%, 압출과 직교하는 방향으로 0.7%, 비중은 1.20이다. 폐지의 섬유질 함유로 재생 플라스틱의 비중과 강성 및 강도가 증가된 것으로 판단된다.

개발 복합재료를 사용하여 성형한 이중바닥재는 크기 500mm x 500mm x 29mm, 패널을 지지하는 지지대를 포함하는 마무리 기준 높이가 100mm, 패널 밑에 수용될 것으로 예상되는 네트워크기기 한 변의 최대 크기가 385mm, 담당 하중의 크기가 2,940N인 오피스 시스템용 이중바닥재이다.

3 차원 모델링 프로그램 SolidWorks 로, 이중바닥재를 대량 생산하기 위한 압출 금형 및 압축 금형을 설계하였으며, 모델링 데이터를 CNC 가공기에 연결하여 가공 제작하여 생산 현장에서 사용되고 있다. 개발된 이중바닥재 패널의 한 변에는 홈이 마련되어 있어 손을 넣어 패널을 잡거나 통신선 등의 인출구로 사용할 수 있는 구조이며, 패널 한 장의 무게는 82.3N이다. 유한요소 해석 결과에 의하면 하중이 이중바닥재의 변 중앙에 가해지는 제일 가혹한 조건에 대한 최대 처짐량은 3.88mm로 KS F 4760 7.4 항에 규정된 패널의 시험 조건인 4mm 이내의 값이다. 폰미시스 최대 응력은 12.8MPa로 재료시험에서 측정된 파단 인장강도 24.5MPa을 기준할 때 설계 안전계수는 1.9이다.

개발한 이중바닥재는 플라스틱 섬유 강화 재료 및 이중 철판 재질의 이중바닥재와 비교할 때 재료

의 비중이 작아 무게가 가볍고, 신축 건물에는 물론 기존의 사무용 공간에도 설치하기가 용이하며, 사무용 공간의 자동화 확산과 더불어 향후 국내에서는 물론 국외 시장에서의 잠재적 수요가 크게 예상되는 제품이다.

본 연구 수행으로 개발된 재생 플라스틱 복합재료는 플라스틱 특유의 방수성, 탄력성 및 성형성과 종이 섬유질의 고강도 및 고강성의 기계적인 성질 등의 장점을 함께 활용한 재질상의 특성이 있다. 압출기와 성형 프레스를 사용하여 완제품 생산이 가능하여, 후 가공 공정이 필요 없어 생산원가를 낮출 수 있으며, 폐지와 폐플라스틱을 재활용함으로써 원재료 조달이 용이하고 가격이 저렴하며, 비슷한 기계적 강도를 보유한 다른 재료와 비교할 때 재료의 비중이 낮아 상대적으로 무게가 가벼운 장점이 있어, 기존의 목재, 합판류 및 플라스틱으로 생산되는 제품의 대체 재료로 활용 분야가 광범위하고 또한 높은 생산성이 기대되는 재활용 복합재료이다.

#### 참고문헌

1. 建設資料研究會, 高度情報化時代の OA 빌딩·OA 오피스 設計 實務便覽, 도서출판 효성, pp. 138-155, 1992. 5.
2. KS F 4760, 이중바닥재(Raised Access Floor), 1997.
3. ISO 293: 1986(E), Plastics - Compression Moulding Test Specimens of Thermoplastics Materials.
4. ISO 1872-2: 1989(E), Plastics - Polyethylene(PE) and Ethylene Copolymer Thermoplastics, Part 2: Preparation of Test Specimens and Determination of Properties.
5. ISO R527: 1966(E), Plastics - Determination of Tensile Properties.
6. ISO 178: 1975(E), Plastics - Determination of Flexural Properties of Rigid Plastics.
7. 플라스틱 해설과 특성집, 한국플라스틱기술정보센터, pp. 125~146, 2001. 4.
8. SolidWorks 2001, SolidWorks Corporation. 2001.
9. Collins, Jack A., Failure of Materials in Mechanical Design, John Wiley & Sons, pp. 151-156, 1993.