



## 열압 성형법에 의한 폐목재-플라스틱 복합패널의 기초적 성질

최낙운\*, 문경주\*\*, 최산호\*\*\*

삼성정밀화학\*, 전북대학교\*\*, 호원대학교\*\*\*

(2004년 10월 1일 접수, 2004년 12월 3일 채택)

## Basic Properties of Waste Wood-Plastic Composite Panels by Hot Press Molding Method

Nak-Woon Choi\*, Kyoung-Ju Mun\*\*, San-Ho Choi\*\*\*

Samsung Fine Chemicals\*, Chonbuk National University\*\*, Howon University\*\*\*

### ABSTRACT

A styrene solution of waste expanded polystyrene with a crosslinking agent and an initiator was used as a binder for waste wood-plastic composite panels. The waste wood-plastic composite panels are prepared with various binder contents and filler-binder ratios by using a hot press molding method. The apparent density of the composite panels is increased with increasing binder content and filler-binder ratio, while their water absorption and expansion in thickness are decreased with increasing binder content and filler-binder ratio. The maximum flexural strength and wet flexural strength of the composite panels are obtained at a binder content of 35% and a filler-binder ratio of 0.8. Decreases in the flexural strengths of the composite panels due to water immersion at 20 and 100°C are hardly recognized at binder contents of 30% or more.

Keywords: Waste expanded polystyrene, Waste wood, Composite panels, Hot press, Mix-proportioning factors, Flexural strength, Recycling

### 초 록

본 연구에서는 가연성 건설폐기물 재활용의 일환으로, 폐발포폴리스티렌의 스티렌 용액에 가교제 및 개시제를 첨가하여 제조한 결합재와, 폐목재 칩을 이용하여, 폐목재-플라스틱 복합패널을 제조하였다. 전열 프레스를 이용하여 다양한 결합재량 및 충전재-결합재 비를 갖는 복합패널 공시체를 제조하였으며, 그 겉보기 밀도, 흡수율, 흡수에 의한 팽창률, 휨강도, 내수성 등에 관한 일련의 실험을 행하였다. 폐목재-플라스틱 복합패널의 겉보기밀도는 결합재량 및 충전재-결합재비의 증가에 따라 증대하며, 그 휨강도 및 습윤 휨강도는, 결합재량 35%, 충전재-결합재비 0.8에 있어서 최대치에 이른다. 흡수율 및 흡수에 의한 두께 팽창

물은, 결합재량 및 충전재-결합재비의 증가에 따라 현저하게 감소한다. 결합재량 30%이상의 경우, 충전재-결합재비에 관계없이, 복합패널의 24h 상온 수중(20℃) 침지 및 2h 끓는 물중(100℃) + 1h 상온 수중(20℃) 침지에 의한 휨강도의 감소는 거의 발생하지 않으며, 높은 내수성을 발현한다.

핵심용어 : 페스치로폼, 폐목재, 복합패널, 열압, 배합 인자, 휨강도, 재활용

## 1. 서론

공업화 사회에 있어서의 폐기물 배출량의 증대는, 최종 처분장의 확보난이나 불법 투기 등의 심각한 지역 환경 문제의 주원인이고, 폐기물의 배출 억제, 폐기물의 처리·리사이클 제도의 확립, 폐기물의 적정 처리 및 리사이클 기술의 개발이 요구되고 있다. 건설 산업은, 그 규모의 크기로부터 자원 소비량 및 폐기물 배출량이 가장 많은 산업으로서 앞으로의 건설 재료의 연구 개발에는, 고성능화 및 다기능화 뿐만이 아니고, 「자원 순환형 사회의 구축」이라고 하는 사회의 요구에 응할 수 있도록, 자원 절약 및 에너지절약에 배려함과 동시에, 각종 폐기물을 적극적, 효율적으로 활용하는 것이 강하게 요구되고 있다.

종래부터, 연료로서의 사용이나 매립에 의한 처리가 큰 비율을 차지하고 있던 폐발포폴리스티렌, 폐목재 등의 폐기물 처리 대책마련이 요구되고 있다.<sup>1, 2)</sup> 발포폴리스티렌은 경량으로, 단열성, 내충격성 등에 뛰어나며, 더욱이 염가이기 때문에, 포장재, 보온재료, 완충재, 건축 재료 등에 대량으로 이용되어 있다. 그러나 발포 폴리스티렌은 대부분이 단 1회 사용된 후 부풀려진 상태로 폐기되기 때문에, 그 처리 문제가 심각한 상황에 있다.<sup>3, 4)</sup> 본 연구는 산업 폐기물인 폐발포폴리스티렌 및 폐목재의 건축재료로서의 유효 이용 방법의 개발을 목적으로 해, 폐발포폴리스티렌을 스티렌에 용해한

용액을 결합재로서 이용하고, 여기에 폐목재 칩을 가해 혼합해 전열프레스에 의해 성형하는 폐목재-플라스틱 복합패널의 제조법을 개발하고 있다. 사전 실험을 통해 폐목재-플라스틱 복합패널의 기초적 성질에 미치는 성형 조건의 영향을 검토한 결과, 그 최적 성형 조건은, 성형 압력 25MPa, 성형 온도 120℃ 및 성형 시간 15min인 것으로 나타났다. 본 연구에서는, 그 최적 성형 조건을 채용해 제조한 폐목재-플라스틱 복합패널의 겉보기밀도, 휨강도, 흡수율 및 흡수에 의한 물성 변화에 미치는 결합재량 및 충전재-결합재비의 영향에 대해서 검토하고 있다.

## 2. 사용 재료

### 2.1 결합재용 재료

폐발포폴리스티렌(EPS)은, 실험의 편차를 줄이기 위하여 모조품으로서 KS M 3808(발포 폴리스티렌 보온재)에 규정하는 비즈법 발포폴리스티렌의 「보온판 4호」(밀도, 17kg/m<sup>3</sup>)을 사용하였다. 용제겸 결합재용 모노머로서는, KS M 3349(스티렌)에 규정하는 공업용 스티렌(ST)을, 가교제로서는, 3관능성 모노머인 트리메틸로프로판 트리메타크릴레이트(TMPTMA)를 사용하였다. 개시제로서는, 과산화벤조일을 50%포함한 프탈산디시클로헥실(BPO)을 사용하였다. 결합재용 모노머의 성질은 [Table 1]과 같다.

[Table 1] Properties of Monomers for Binders

Type of Monomer	Molecular Weight	Density(20℃, g/cm <sup>3</sup> )	Purity (%)
ST	104.1	0.91	99.8
TMPTMA	338.4	1.06	97.3

### 2.2 충전재

결합재의 증량(증량제라는 말도 있듯이 일반적 용어임) 및 폐목재-플라스틱 복합패널의 성형성, 강도, 내열성 등의 성능 향상을 목적으로, 중질탄산칼슘을 충전재로서 사용하였다. 중질탄산칼슘의 성질을 [Table 2]에 나타낸다. 여기서 중질탄산칼슘에 대해서는, 48h 105°C로 건조해, 그 함수율을 0.1%이하로 하여 사용하였다.

### 2.3 건설 발생 폐목재

건설 발생 폐목재로서는, 목조 가옥 해체 시에 발생하는 해체 목재를 분쇄기로 칩화한 것(이하, 목재 칩이라 약칭)을 사용하였다. 덧붙여 목재 칩에 대해서는, 48h 105°C로 건조해, 그 함수율을 0.1%이하로서 사용하였다. 목재 칩의 입경 분포 및 성질을, 각각, [Fig. 1] 및 [Table 3]에 나타낸다. 목재 칩의 단위 용적 질량은, 500 ml의 실린

더(내경, 13.6mm)에 100 g의 목재 칩을 10회로 나누어 넣어 30회 충격다짐 한 후의 체적과 질량으로부터 산출하였다.

## 3. 실험 방법

### 3.1 결합재의 제조

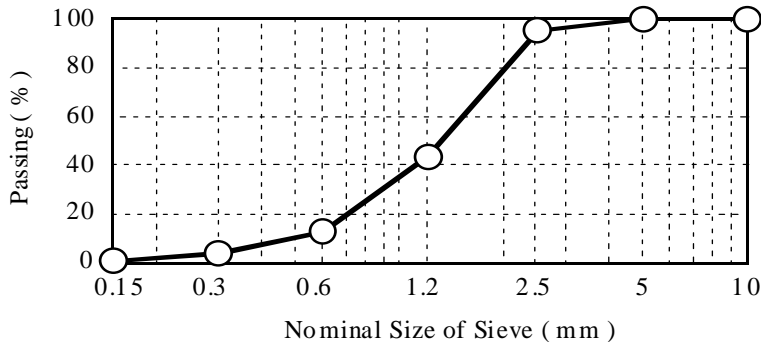
용제 겸 결합재용 모노머인 스티렌에 EPS를 용해시킨 후 그 용액에, 가교제를 첨가 혼합해, 액상 레진으로서의 가교제첨가 EPS 용액을 제조하였다. 다음으로, 그 액상 레진에 개시제를 첨가해 잘 교반한 것을 결합재로 하였다. [Table 4] 및 [Table 5]에는, 각각, 페발포폴리스티렌을 이용한 액상 레진의 성질 및 결합재의 배합을 나타낸다.

### 3.2 공시체의 제작

[Table 6]에는, 폐목재-플라스틱 복합패널의

[Table2] Properties of Ground Calcium Carbonate

Size (μ m)	Density(g/cm <sup>3</sup> )	Water Content (%)	Organic Impurities
< 2.5	2.70	0.08	Nil



[Fig. 1] Particle size distribution curve for wood chips.

[Table3] Properties of Waste Wood Chips

Maximum Size(mm)	Bulk Density(g/cm <sup>3</sup> )	Water Content(%)	Aspect Ratio
2.5	0.31	0.09	<5.0

[Table4] Properties of Liquid Resin

Density(20℃, g/cm <sup>3</sup> )	Viscosity(20℃, mPa · s)	TMPTMA Content(%)
0.99	8860	20

[Table5] Formulations of Binder

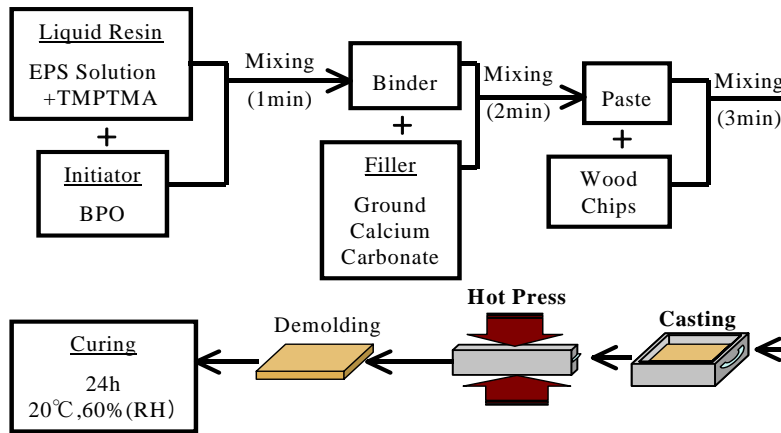
Formulations(%)			
Liquid Resin			BPO(phr*)
EPS	ST	TMPTMA	
32	48	20	2.0

[Table6] Mix Proportions of Waste-Plastic Composite Panels

Mix Proportions(%)			
Filler-Binder Ratio(by mass)	Binder	Filler	Wood Chips
0.6		15	60
0.8		20	55
1.0		25	50
1.2	25	30	45
1.4		35	40
1.6		40	35
1.8		45	30
0.6		18	52
0.8		24	46
1.0	30	30	40
1.2		36	34
1.4		42	28
0.4		14	51
0.6		21	44
0.8		28	37
1.0	35	35	30
1.2		42	23
1.4		49	16
0.2		8	52
0.4		16	44
0.6		24	36
0.8	40	32	28
1.0		40	20
1.2		48	12

배합을 나타낸다. 우선, 호바트 믹서를 이용해, 페발포폴리스티렌을 이용한 결합재와 충전재를 2min간 혼합해 페이스트를 제조하고, 다음에, 목재 칩을 혼입해 3min 간 혼합한 후, 치수

200×200×30mm의 거푸집에 채웠다. 그 거푸집을 유압 실린더 방식의 열압프레스에 세트 해, 120℃, 25MPa로 15min 가열 가압을 행한 후, 24h 건조 { 20℃, 60%(RH) } 양생 해, 판 모양의 폐목



[Fig.2] Process for making specimens from waste wood-plastic composite panels.



[Fig.3] Setup of hot press.

재-플라스틱 복합패널을 제작하였다. 또한, 폐목재-플라스틱 복합패널을 다이아몬드 커터를 이용해, 치수  $40 \times 160 \times 13 \pm 2$  mm로 절단 한 것을 공시체로 하였다. [Fig. 2] 및 [Fig. 3]에는, 각각, 열압프레스 성형법에 의한 폐목재-플라스틱 복합패널의 제조 공정 및 열압프레스의 외관을 나타낸다.

### 3.3 겉보기밀도 측정

KS F 3104 (파티클 보드)에 준해, 두께 0.05mm, 길이 및 폭은 0.1mm, 질량은 0.1g까지 측정해, 공시체의 겉보기밀도(0.01 g/cm<sup>3</sup>까지)를 산출하였다.

### 3.4 휨강도 시험

KS F 3104에 준해, 인스트롱 만능 시험기를 이용해, 크로스헤드 속도 0.5mm/min로 중앙집중재 하법에 의한 공시체의 휨강도 시험을 하였다.

### 3.5 흡수율 및 흡수에 의한 두께 팽창률 시험

KS F 3104에 준해, 공시체의 흡수율 및 흡수에 의한 두께 팽창률 시험을 하였다. 공시체의 흡수율 및 흡수에 의한 두께 팽창률은, 수중 침지전과 24h 수중(20°C) 침지 후의 공시체의 질량 및 두께를 측정해 산출하였다.

### 3.6 습윤 휨강도 시험

KS F 3104에 준해, 공시체를 24h상온 수중(20°C) 및 2h 끓는 물중(100°C) + 1h상온 수중(20°C)에 침지한 후, 젖은 채로 상태로 휨강도 시험을 하였다. 또한 습윤 휨강도를 산출할 때의 공시체의 치수는 침지전의 공시체의 치수를 이용하였다.

본연구의 폐목재-플라스틱 복합패널은, 그 시험 방법을 KS F 3104에 준해 행하고 있지만, 그 사용 재료, 성형 조건, 물성 등이 범용의 파티클 보드와 크게 달라, 파티클 보드의 개발을 목적으로 하고 있지 않다. 덧붙여 어느 시험에 있어서도 공시체수는 5개이고, 변동 계수는, 모두 5%이하였다.

### 4. 실험 결과 및 고찰

#### 4.1 겉보기밀도

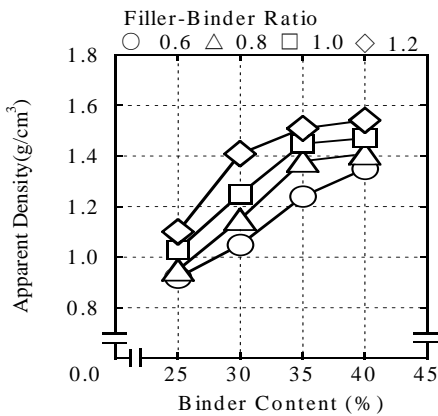
[Fig. 4]는 폐목재-플라스틱 복합패널의 겉보기밀도와 결합재량의 관계를 나타낸다. 충전재-결합재비에 관계없이, 폐목재-플라스틱 복합패널의 겉보기밀도는, 결합재량의 증가에 따라 증대한다. 이것은, 결합재량의 증가에 의해, 목재칩량이 감소하며, 게다가, 유동성 개선되어 그 조직이 치밀하게 되었기 때문이라 생각된다.

[Fig. 5]는 폐목재-플라스틱 복합패널의 겉보기밀도와 충전재-결합재비의 관계를 나타낸다. 결합재량에 관계없이, 폐목재-플라스틱 복합패널의 겉보기밀도는, 충전재-결합재비의 증가에 따라 증대한다. 이것은, 밀도가 낮은 목재 칩이 밀도가 높은 충전재에 의해 치환됨으로써(전혀 문제없는 표현이며 이해의 부족임, 배합표를 보면 알수 있음) 충전재에 의한 공극의 충전에 기인하는 것으로 생각된다. 폐목재-플라스틱 복합패널의 겉보기밀도는, 0.92-1.54 g/cm<sup>3</sup>이고, 시판의 파티클 보드나 섬유 보드의 약 2배가 된다.

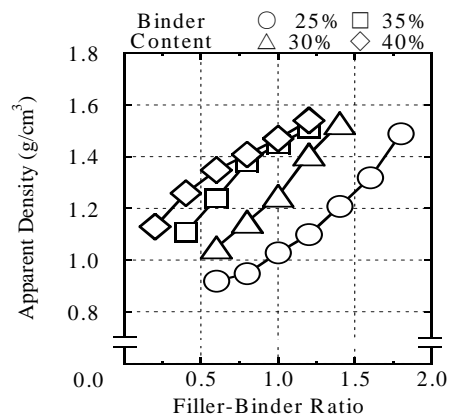
#### 4.2 힘강도

[Fig. 6]은 폐목재-플라스틱 복합패널의 힘강

도와 결합재량의 관계를 나타낸다. 폐목재-플라스틱 복합패널의 힘강도는, 충전재-결합재비에 관계없이, 결합재량의 증가에 따라 증대해, 결합재량 35%에서 최대치에 이르는 경향에 있다. 폐목재-플라스틱 복합패널의 경화는, 스티렌 및 TMPTMA의 중합 반응에 의하는 것이고, 모노머 중에 용해되어 있는 폴리스티렌은, 용제형 도료의 건조 또는 경화 기구와 같이, 모노머의 소비에 따라 탄성이 회복된다.<sup>5)</sup> 이 때, 모노머인 스티렌 및 TMPTMA는, 목재 칩의 세포벽 내부까지 함침되고, 이어서 중합·고분자화하기 때문에, 폐목재-플라스틱 복합패널의 매트릭스는, 목재의 세포벽 표면만이 아니라, 세포벽 내부에서도 목재와 상호작용을 가지게 된다.<sup>6, 7)</sup> 결합재량 25%에서는, 그 접착력이 부족해, 대부분의 경우에 목재 칩과 매트릭스의 계면에 있어서의 접착 파괴가 일어난다. 결합재량의 증가에 따라, 유동성이 개선되고, 조직이 치밀해지며, 더욱이, 목재의 세포벽 내부에의 모노머 함침율이 증가하기 때문에, 목재 칩의 응집 파괴가 일어나게 되며, 힘강도는 증가한다. 그러나, 결합재량이 35%를 넘으면, 목재 칩량이 감소해, 목재 칩에 의한 반응열의 흡수나 모노머 증기의 흡착 효과가 적게 되기 때문에, 중합 반응은 격렬하게 진행해 저분자량의 폴리머가 형성되게 되고, 매



[Fig. 4] Binder content vs. apparent density of waste wood-waste EPS composites with various filler-binder ratios.



[Fig. 5] Filler-binder ratio vs. apparent density of waste wood-waste EPS composites with various binder contents.

트릭스 내부에는 미세 공극이 발생하게 되므로, 그 휨강도는 감소하는 것으로 생각된다.

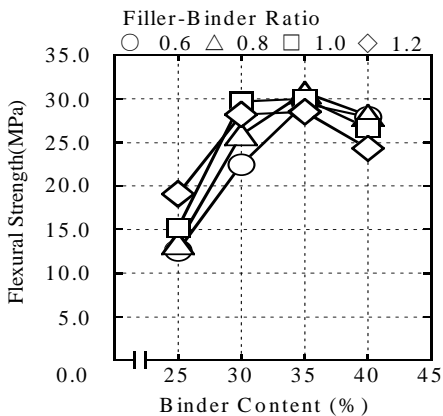
[Fig. 6]은 폐목재-플라스틱 복합패널의 휨강도와 충전재-결합재비의 관계를 나타낸다. 결합재량 25%의 폐목재-플라스틱 복합패널의 휨강도는, 충전재-결합재비의 증가에 따라 증대하는 경향에 있다. 결합재량 30, 35 및 40%의 휨강도는, 충전재-결합재비의 증가에 따라 증대해, 각각, 충전재-결합재비 1.0, 0.8 및 0.8에서(문제없는 표현, 30%는 1.0, 35%는 0.8, 40%는 0.8에서 라는 뜻) 최대치에 이른다. 충전재-결합재비의 증가에 의한 휨강도의 증가 비율은 결합재량이 작을수록 크다. 폐목재-플라스틱 복합패널의 절단면 및 파괴 단면을 관찰해 보면, 최대 휨강도를 갖는 충전재-결합재비에서의 복합패널의 조직은, 목재 칩들 사이에 중질탄산칼슘이 조밀하게 충전되어 있는 상태가 되어, 목재 칩과 결합재가 일체화된 균일한 파괴를 볼 수 있다. 그러나, 최대 휨강도를 나타내는 충전재-결합재비 이상의 복합패널의 조직은, 충전재를 포함한 결합재 안에 목재 칩이 랜덤하게 분산하고 있는 상태가 되기 때문에, 그 휨강도는 감소하는 것으로 생각된다.

이상의 결과로부터 보면, 폐목재-플라스틱 복합패널의 최대 휨강도 발현에는, 결합재량 및 충전재

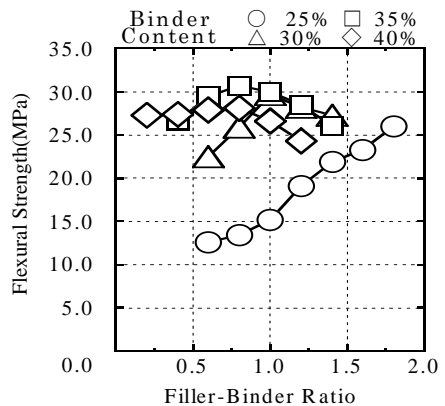
-결합재비의 제어에 의한 최밀충전 상태가 달성되도록 하는 배합 설계가 유효하다고 생각된다.

### 4.3 흡수율 및 흡수에 의한 두께 팽창률

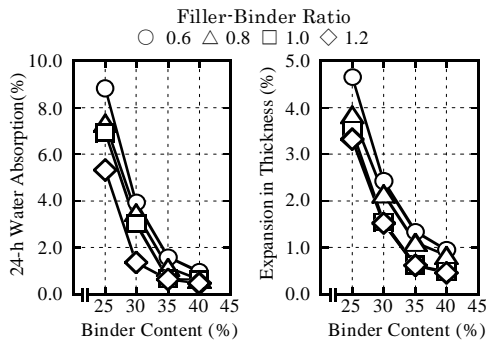
[Fig. 8] 및 [Fig. 9]는 폐목재-플라스틱 복합패널의 흡수율 및 흡수에 의한 두께 팽창률에 미치는 결합재량 및 충전재-결합재비의 영향을 나타낸다. 폐목재-플라스틱 복합패널의 흡수율 및 흡수에 의한 두께 팽창률은, 결합재량 및 충전재-결합재비의 증가에 따라 현저하게 감소한다. 폐목재-플라스틱 복합패널의 흡수는, 구성 재료간의 틈 및 연속 공극의 다공체인 폐목재 칩에의 흡수에 의한 것이고, 그 두께 팽창은, 주로, 건조, 또는, 높은 압력으로 압축된 상태의 목재 칩의 흡수에 의한 것이라고 생각된다. 결합재량 및 충전재-결합재비가 증가하면, 그 밀도가 증가하며, 목재 칩 표면의 폴리머의 흡착<sup>6)</sup>에 의해 수밀성이 향상되어 외부로부터의 물이 침투하기 어려워지기 때문에, 그 흡수율 및 흡수에 의한 두께 팽창률이 감소하는 것이라고 추측된다. 폐목재-플라스틱 복합패널의 흡수에 의한 두께 팽창률은, KS F 3104의 파티클 보드의 품질 기준(소지 파티클 보드 24-10 타입의 흡수에 의한 두께 팽창률 25%이하) 및 KS F 3200(섬유판)의 섬유 보드의 품질 기준{MDF30 타입



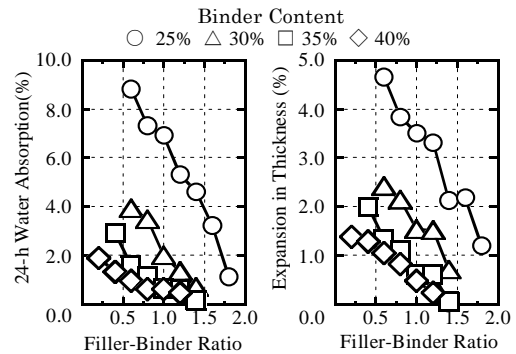
[Fig. 6] binder content vs. flexural strength of waste wood-waste EPS composites with various filler-binder ratios.



[Fig. 7] Filler-binder ratio vs. flexural strength of waste wood-waste EPS composites with various binder contents.



[Fig. 8] Binder content vs. 24-h water absorption and expansion in thickness after water immersion of waste wood-waste EPS composites with various filler-binder ratios.



[Fig. 9] Filler-binder ratio vs. 24-h water absorption and expansion in thickness of waste wood-waste EPS composites with various Binder contents.

(7-15mm)의 흡수에 의한 두께 팽창률 12%이하}를 만족하고 있다.<sup>8,9)</sup>

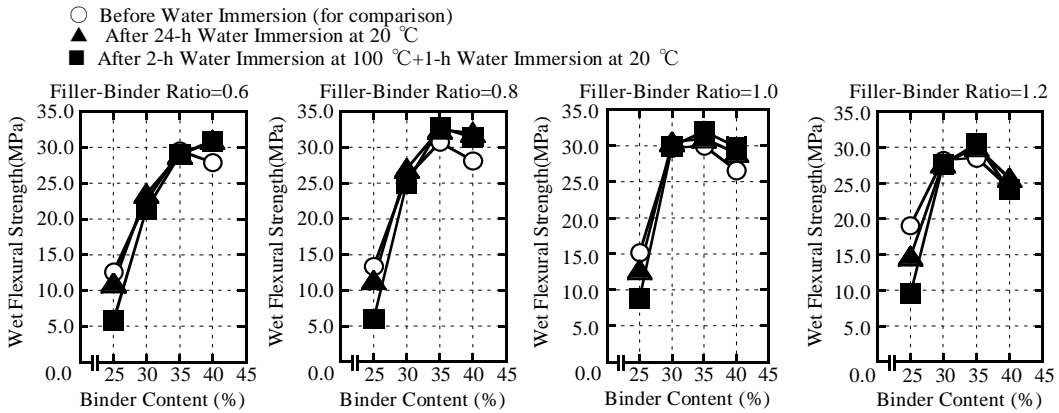
#### 4.4 습윤 휨강도

[Fig. 10]은 24h 상온 수중(20℃) 및 2h끓는 물중(100℃) + 1h상온 수중(20℃)에 침지한 폐목재-플라스틱 복합패널의 습윤 휨강도와 결합재량의 관계를 나타낸다. 충전재-결합재비 및 수중 침지 조건에 관계없이, 폐목재-플라스틱 복합패널의 습윤 휨강도는, 결합재량의 증가에 따라 증대해, 결합재량 35%에서 최대치에 이르는 경향에 있다. 상온 수중 및 끓는 물중 침지에 의한 휨강도의 감소는, 충전재-결합재비에 관계없이, 결합재량 25%에서는, 각각, 4-22%, 15-56%이지만, 결합재량 30%이상에서는, 거의 발생하지 않으며, 그 복합체의 습윤 휨강도는, KS F 3104의 파티클 보드의 품질 기준(소지 파티클 보드 24-10 타입의 습윤 휨강도 12.0 MPa 이상) 및 KS F 3200(섬유판)의 섬유 보드의 품질 기준(MDF30 타입의 습윤 휨강도 15.0 MPa 이상)을 만족하고 있다.<sup>8,9)</sup>

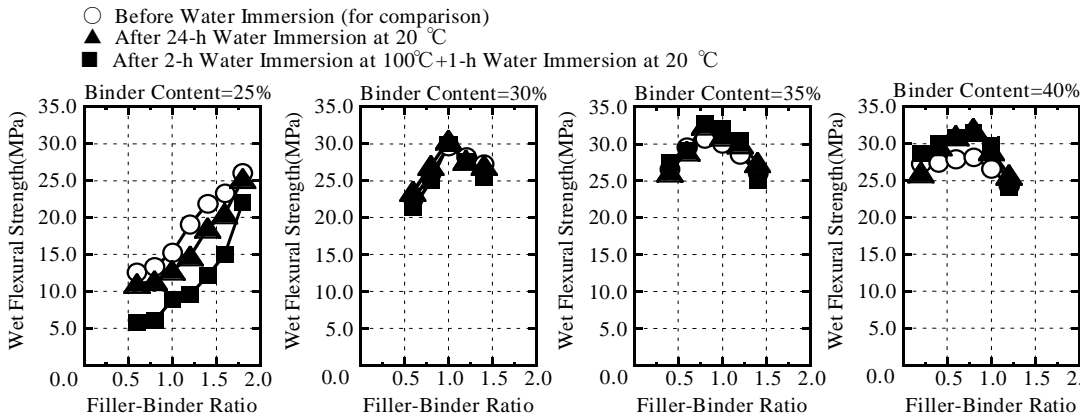
[Fig. 11]은 24h 상온 수중(20℃) 및 2h 끓는 물중(100℃) + 1h상온 수중(20℃)에 침지한 폐목재-플라스틱 복합패널의 습윤 휨강도와 충전재-결합재비의 관계를 나타낸다. 결합재량 25%의 습윤 휨강도는, 수중 침지 조건에 관계없이, 충전재-

결합재비의 증가에 따라 증대한다. 상온 수중 및 끓는 물중 침지 후의 휨강도는, 침지전의 것에 비해 현저하게 감소하며, 그 감소 비율은, 상온 수중보다 끓는 물중 침지 후의 편이 크고, 충전재-결합재비가 작을수록 커지는 경향에 있다. 결합재량 25%에서는, 목재 칩의 표면에 폴리머에 의한 방수층이 충분히 형성되지 않아, 목재 칩 표면으로부터의 흡수에 의한 팽창압이 생겨, 매트릭스와 목재 칩의 계면에서 균열이 발생해, 최종적으로는, 열화 상태에 이르는 것으로 생각된다. 결합재량 30%의 폐목재-플라스틱 복합패널의 습윤 휨강도는, 수중 침지 조건에 관계없이, 침지전의 그것과 같이, 충전재-결합재비 1.0에서 최대치에 이르며, 상온 수중 침지에 의한 휨강도의 감소는, 거의 발생하지 않지만, 끓는 물중 침지에 의한 약간의 휨강도 감소가 인정된다. 결합재량 35 및 40%의 폐목재-플라스틱 복합패널의 습윤 휨강도는, 수중 침지 조건에 관계없이, 침지전의 휨강도와 같이, 충전재-결합재비의 증가에 따라 증대해, 각각, 충전재-결합재비 0.8 및 1.0에서 최대치에 이르는 경향에 있다. 상온 수중 및 끓는 물중 침지에 의한 휨강도의 감소는, 거의 발생하지 않으며, 오히려 침지전의 휨강도보다 증가하는 경향을 볼 수 있다. 전술한 흡수율의 결과와 함께 고찰해보면, 결합재량 35 및 40%의 폐목재-플라스틱 복합패널에 있어서, 약





[Fig. 10] Binder content vs. wet flexural strength of waste wood-waste EPS composites with various filler-binder ratios.



[Fig. 11] Filler-binder ratio vs. wet flexural strength of waste wood-waste EPS composites with various binder contents.

1.5%이하의 흡수율에서는, 매트릭스에 높은 팽창압이 생기는 일 없이, 그 휨강도에 나쁜 영향을 주지 않는 것으로 생각된다.

### 5. 결론

본 연구에서는, 폐발포폴리스티렌 및 폐목재의 건축재료에의 리사이클을 목적으로, 열압프레스 성형법에 의한 폐목재-플라스틱 복합패널을 제조해, 그 기초적 성질에 미치는 배합 요인의 영향에

대해서 검토하였다. 본연구로 얻은 시험 결과를 결론지으면 다음과 같다.

1. 폐목재-플라스틱 복합패널의 겉보기밀도는 결합재량 및 충전재-결합재비의 증가에 따라 증대한다.
2. 폐목재-플라스틱 복합패널의 휨강도 및 습윤 휨강도는, 결합재량 35%, 충전재-결합재비 0.8에 있어서 최대치에 이른다
3. 폐목재-플라스틱 복합패널의 흡수율 및 흡수율에 의한 두께 팽창률은, 결합재량 및 충전재-

결합재비의 증가에 따라 현저하게 감소한다

4. 결합재량 30%이상의 경우, 충전재-결합재비에 관계없이, 폐목재-플라스틱 복합패널의 24h상온 수중(20℃) 침지 및 2h끓는 물중(100℃)+1h상온 수중(20℃) 침지에 의한 휨강도의 감소는 거의 발생하지 않으며 높은 내수성을 발현한다
5. 폐목재-플라스틱 복합패널은 높은 휨강도 및 내수성을 가지고 있으므로, 철근 콘크리트용 거푸집, 범용 내벽재, 목조 주택용 바닥재나 산자판 등의 각종 건축재료로의 이용이 기대된다

### 참고문헌

1. 徳元眞一 “建設リサイクル法の政省令について”, 建設リサイクル, 18(冬号), pp 14-19 (2002).
2. 土居敬和 “容器包装リサイクル法の施行状況”, 廃棄物學會誌, 13(2), pp 81-90 (2002).
3. 長山敏樹 “発泡スチロール(EPS)断熱材のリサイクル”, 建築設備と配管工事, 39(6), pp 78-82 (2001).
4. ECO Industry編集部 “発泡スチロールのリサイクル技術と市場展開”, ECO Industry, 7(2), pp 42-47 (2002).
5. 石塚末豊, 中道敏彦 “塗装ハンドブック”, 朝倉書店, (1996).
6. 複合材料技術集成編集委員会 “複合材料技術集成”, 産業技術センター, (1976).
7. 木質新素材ハンドブック編集委員会編 “木質新素材ハンドブック”, 技報堂出版, (1996).
8. KS F 3104(파티클 보드), (2002).
9. KS F 3200(섬유판), (2002). 