

# 폐목질을 사용한 시멘트보드의 기초적 특성에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Basic Properties of Cement Boards of Waste Wood

○ 황병준\*      김광기\*\*      박희곤\*\*      강태경\*\*      백민수\*\*\*      정상진\*\*\*\*  
Hwang, Byoung-Jun      Kim, Kwang-Ki      Park, Hee-Gon      Kang, Tae-Kyoung      Back, Min-Soo      Jung, Sang-Jin

### Abstract

Recently, as the alternatives to preserve environment such as effective usage of wastes or unusable resources are drawing attentions, researches and measures for the two tasks, which are reuse of waste wood and development of eco-friendly materials, are being examined and established in various fields. However, they are still insufficient.

Therefore, in this study, for the efficient application of waste woods and eco-friendly effects, mortar was produced using sawdust as the waste wood and mineral material cement for combination, in order to produce inorganic boards using waste woods, which were made when sawing.

The present study purposed to analyze the physical and dynamic characteristics of woody cement boards, which were made by modifying water-cement ratio for each wood inclusion rate based on a hardening-accelerator inclusion rate set in previous studies and, based on the findings, to provide basic data about the physical properties of inorganic boards made of waste wood, in order to produce woody cement boards using waste wood, which has problems in being used in the manufacturing of woody cement boards.

키워드 : 폐목질, 비중, 흡수율, 열전도율, 휨강도,

Keywords : Waste Wood, Specific Gravity, Rate of Absorption, Thermal Conductivity, Bending Strength

## 1. 서론

최근 급속한 산업화로 인한 환경오염과 천연자원의 고갈로 지속적인 환경보전 및 자원확보 문제가 대두됨에 따라 폐목재 등 폐기물의 재활용에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 우리나라의 목질 폐기물 및 폐목재는 국내에서 연간 1,100만 m<sup>3</sup> 이상 발생하고 있으며, 국내에서 사용된 목제품의 80%가량이 각종 사업현장에서 폐목재로 발생되고 있어 폐목재류의 적절한 처리가 심각한 사회문제로 나타나고 있다. 이러한 폐목질과 무기질을 결합시킨 복합체는 목재와 시멘트 양자의 결합이 보완되며, 환경적으로 인정되고, 자원확보면에서도 유리한 건축재료가 될 수 있다. 이러한 상황 속에서 폐기물이나 자원의 재활용 등, 환경보전에 대한 관심이 고조됨에 따라 폐목질의 재활용과 친환경 소재 개발이라는 두가지 과제에 대한 연구와 대책들이 여러 분야에서 검토수립되고 있는 실정이다. 그러나, 단열재, 난연재, 흡음재 등 건축용 내외장재로 사용이 가능한 목질시멘트보드의 많은 장점에도 불구하고, 목질의 리그닌 등의 성분으로 인한 시멘트와의 수화반응에 높은 장애의 장애로 인하여, 경화시간이 길어지는 문제점을 가지고 있다.

이에 본 연구에서는 아직 재활용되지 못하고 있거나 활용도가 낮은 폐목질을 사용하여 무기재료인 시멘트를 결합시켜 단열재 및 난연재 등의 내장재로 사용이 가능한 목질시멘트보드를 제조하기 위하여, 목질혼입률별 목시멘트비를 변화시켜 제작한 목질시멘트보드의 물리적, 역학적 특성을 비교·검토하여 폐목질을 사용한 목질시멘트보드의 물성에 관한 기초적 자료를 제시하고자 한다.

## 2. 실험계획

### 2.1 실험계획

선행 연구에서 목질혼입율 및 응결축진제 혼입율을 변화시킨 모르타르의 물성을 확인함으로써 적절한 응결축진제 혼입율을 확인한 바가 있다. 실험요인으로 먼저 목질시멘트판을 제작하기 위한 목질혼입율에 따른 목표 비중을 (0.8, 1.0, 1.2)의 3수준에 대하여 이에 만족할 수 있는 목질혼입율을 30, 35%와 40, 45% 및 50, 55%의 6수준으로 하였으며, 각각의 목질혼입율에 따른 적절한 W/C를 9수준으로 변화시켜 기건비중, 절건비중, 흡수율, 휨강도, 열전도율을 측정하는 것으로 실험을 계획하였다.

본 실험의 실험요인 및 수준은 표 1과 같고, 배합사항은 표 2와 같다.

\* 정회원, 단국대 대학원 석사과정  
\*\* 정회원, 단국대 대학원 박사과정  
\*\*\* 정회원, 동명정보대학교 건축공학과 겸임교수  
\*\*\*\* 정회원, 단국대 건축대학 건축공학과 교수

표 1. 실험요인 및 수준

실험요인		실험수준			
배합사항	W/C(%)	9	65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105		
	목재혼입율(%)	6	30, 35	40, 45	50, 55
	목표비중	3	1.2	1.0	0.8
실험사항	보드시험	4	비중(기건, 절건), 흡수율, 휨강도(28일), 열전도율		

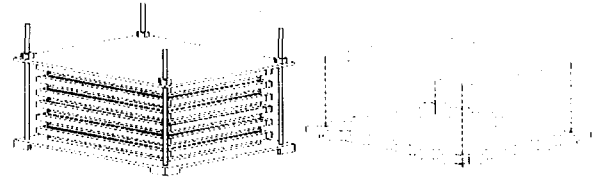
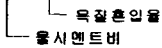


그림 1. 클램핑 압체틀과 몰드

표 2. 실험배합표

공시체 번호(NO.)	목질 혼입율 (C×%)	W/C (%)	응결촉진제 첨가율 (C×%)	단위중량배합 (kg/m <sup>3</sup> )		
				W	C	D
W65D30	30	65	4	418	643	193
W70D30		70		436	623	187
W75D30		75		453	604	181
W80D30		80		469	586	176
W85D30		85		484	569	171
W65D35	35	65		393	605	212
W70D35		70		411	587	206
W75D35		75		428	570	200
W80D35		80		444	554	194
W85D35		85		459	539	189
W65D40	40	65		371	571	228
W70D40		70		389	555	222
W75D40		75		405	540	216
W80D40		80		421	526	210
W85D40		85		436	512	205
W80D45	45	80		400	500	225
W85D45		85		415	488	219
W90D45		90		429	476	214
W95D45		95		442	465	209
W100D45		100		455	455	205
W85D50	50	85	396	466	233	
W90D50		90	410	455	228	
W95D50		95	423	445	223	
W100D50		100	435	435	218	
W105D50		105	447	426	213	
W85D55	55	85	379	445	245	
W90D55		90	392	436	240	
W95D55		95	405	426	235	
W100D55		100	418	418	230	
W105D55		105	429	409	225	

번호: W 00 D 00



## 2.2 공시체 제작 및 양생

공시체의 제작은 KS F 4720과 KS F 4030에 준하 실시하였다. 먼저, 표 2의 배합에 의하여 혼합수에 응결촉진제를 용해시키고 시멘트와 목질의 부차이 잘 되도록 프리웨팅(Prewetting) 시킨 후 시멘트를 도포하여 균일하게 혼합하였다. 그 후 300×300×30mm 보드로 성형한 다음, 클램핑 압체방식으로 제작하였다. 양생은 성형 24시간 후 탈형하여 28일간 기건양생 하였다. 본 실험에 사용한 목질보드의 성형에 사용한 클램핑 압체틀과 몰드는 다음 그림 1과 같다.

## 2.3 사용재료

본 실험에 사용한 재료의 물리적 성질은 표 3에 나타낸 바와 같이 시멘트는 S사의 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 혼화제로는 보통 목질은 물에 용출될 수 있는 당류 등의 화학성분이 시멘트의 수화반응을 경화를 저하시키는 것으로 알려져 있어 시멘트의 수화반응을 촉진시키기 위하여 D사의 CaCl<sub>2</sub> 1급 시약을 사용하였다.

폐목재는 일반적으로 활엽수에 비해 경화장애가 적은 것으로 알려져 있는 침엽수종인 미송으로, 목재 가공시 발생하는 D사의 폐목재를 사용하였다.

표 3. 사용재료의 물리적 성질

항 목	내 용	규 정
시멘트	1종 보통포틀랜드시멘트 비중: 3.15 분말도: 3,200cm <sup>3</sup> /g	KS L 5201
혼화제	응결촉진제: CaCl <sub>2</sub> 1급시약	KS M 8038
폐목재	비중: 0.51 수종: 미송	-

## 2.4 실험방법

본 연구의 실험방법으로 기건비중은 시험체를 28일 기건양생 후 측정하였으며 절건비중은 105±5℃에서 24시간 건조 후 측정하였다. 흡수율은 수중에 24시간 침지 후 측정하였으며, 열전도율의 측정은 KS L 9016에 따른 평판 열류계법으로 각 배합당 3개의 시험체에 온도 20±2℃, 상대습도 50±5%의 조건에서 실시하였다. 휨강도는 KS F 2263의 4호 시험체(300×250×30mm)로 하여 재령 28일에 각배합당 3개씩 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 비중

그림 2, 3, 4는 목질혼입율 및 W/C에 따른 보드의 재령 28일의 기건비중 및 절건비중을 나타낸 것이다. 대부분의 시험체가 목표비중을 만족하였으며, 목표비중 1.2로 설정한 D30과 D35의 시험체의 경우 물시멘트비가 낮을수록 높은 비중을 나타내고 있다. 이는 물시멘트비가 높을수록 단위수량이 많아 목질의 수분흡수 및 증발이 커 비중이 낮아짐으로 사료된다. 목표비중 1.0으로 설정한 D40과 D45의 시험체의 경우 물시멘트비가 높을수록 오히려 비중이 다소 높아지는 것으로 나타났다. 물시멘트비가 낮은 시험체가 단위시멘트량은 많지만

높은 목질함량으로 인하여 비중이 낮아지기 때문에 판단된다. 목표비중 0.8로 설정한 D50과 D55의 시험체의 경우 물시멘트비가 증가할수록 비중은 낮아지는 경향을 나타내고 있다. 이는 물시멘트비가 낮을수록 목질량과 단위시멘트량이 많지만 상대적으로 단위수량이 낮아지기 때문에 사료된다.

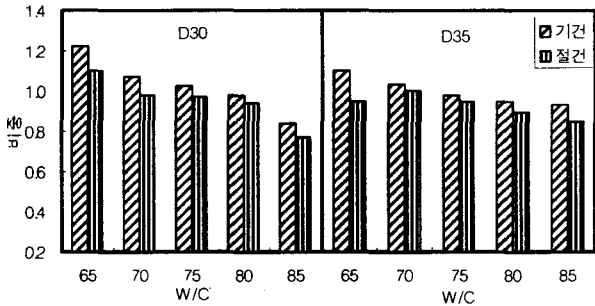


그림 2. 목질혼입율 및 W/C에 따른 비중(D30, D35)

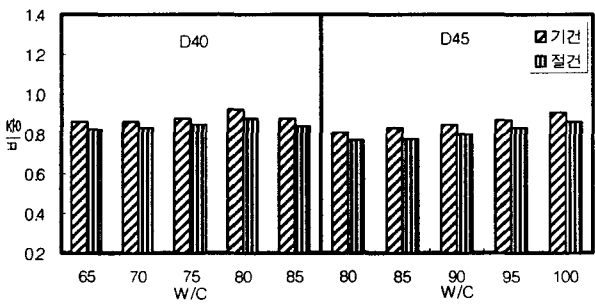


그림 3. 목질혼입율 및 W/C에 따른 비중(D40, D45)

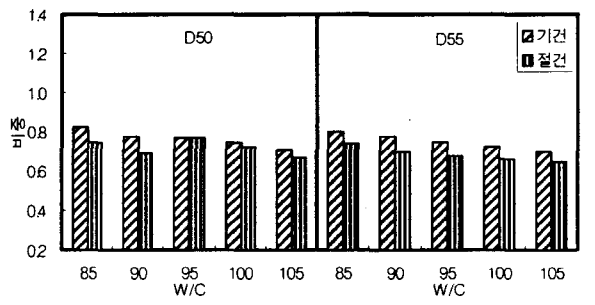


그림 4. 목질혼입율 및 W/C에 따른 비중(D50, D55)

### 3.2 휨강도특성

그림 5, 6, 7은 목질혼입율 및 W/C에 따른 휨강도를 나타낸 것으로 D30의 경우 물시멘트비가 낮을수록 강도가 높아지는 경향을 보여주고 있다. 그러나 D35, D40, D45, D50, D55의 경우 목질혼입율이 증가하고 물시멘트비가 낮을수록 강도가 낮아지는 경향을 나타내고 있다. 이는 목질혼입율이 높아지면서 단위용적당 목질의 표면적이 증가하나 단위수량과 단위시멘트량이 감소하기 때문으로 판단된다. 따라서 목질시멘트보드의 제작에 있어서 목질혼입율에 따른 단위시멘트량뿐만 아니라 목질표면의 페이스트부착과 수화에 필요한 적절 한 단위수량결정이 중요할 것으로 사료된다.

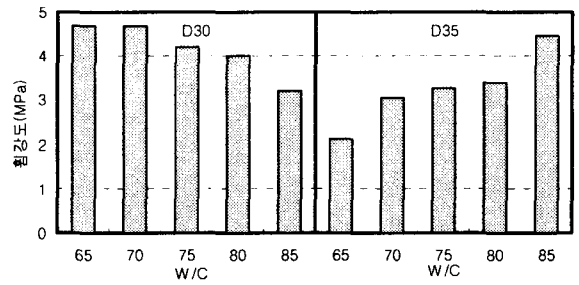


그림 5. 목질혼입율 및 W/C비에 따른 휨강도(D30, D35)

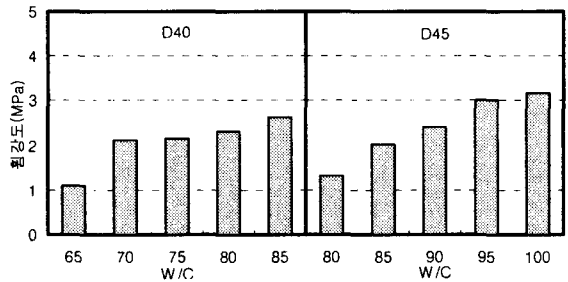


그림 6. 목질혼입율 및 W/C비에 따른 휨강도(D40, D45)

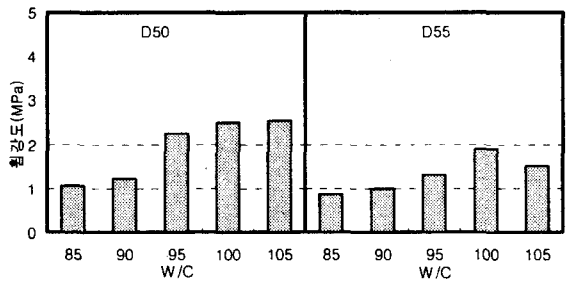


그림 7. 목질혼입율 및 W/C비에 따른 휨강도(D50, D55)

### 3.3 흡수율

그림 8, 9, 10은 목질혼입율 및 W/C에 따른 흡수율을 나타낸 것이다. 목질혼입율이 높고 물시멘트비가 낮을수록 높은 흡수율을 나타내고 있다. D50, D55의 경우 60%이상의 높은 흡수율을 보이고 있으며, D35, D40에 비해 약 15%이상 높은 흡수율을 나타내고 있다.

이는 목질혼입율이 높을수록 비중이 낮아지며 수분흡수율이 높은 목질이 많아져 이후 재령의 경과에 따라 목질내부의 수분이 증발하여 공극이 증가하는 것으로 판단된다.

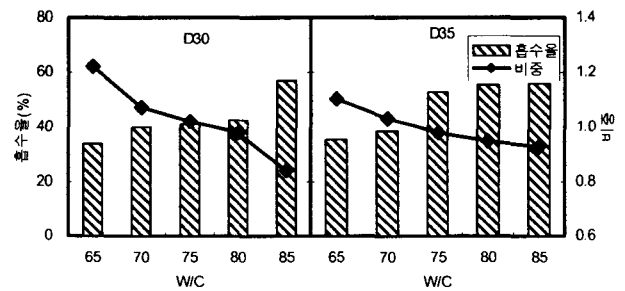


그림 8. 목질혼입율 및 W/C비에 따른 흡수율(D30, D35)

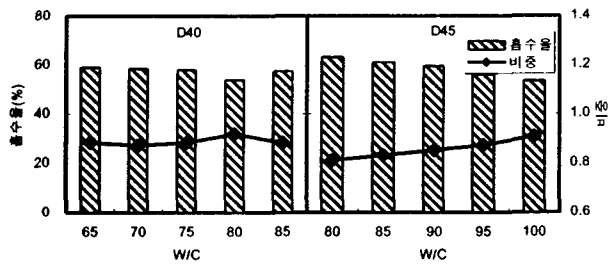


그림 9. 목질혼입율 및 W/C에 따른 흡수율(D40, D45)

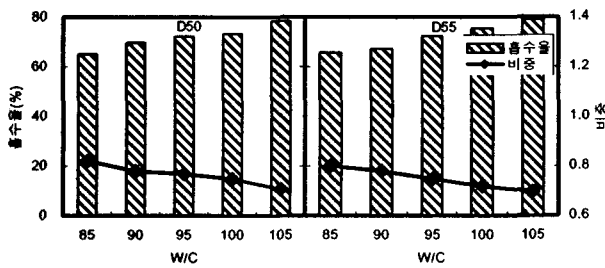


그림 10. 목질혼입율 및 W/C비에 따른 흡수율(D50, D55)

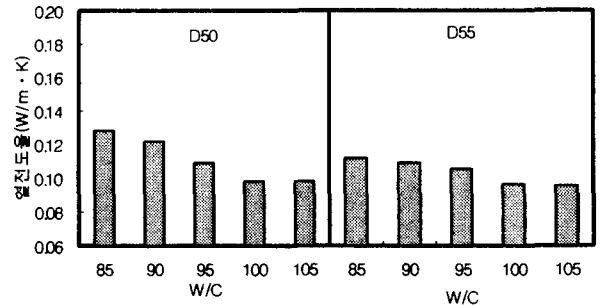


그림 13. 목질혼입율 및 W/C에 따른 열전도율(D50, D55)

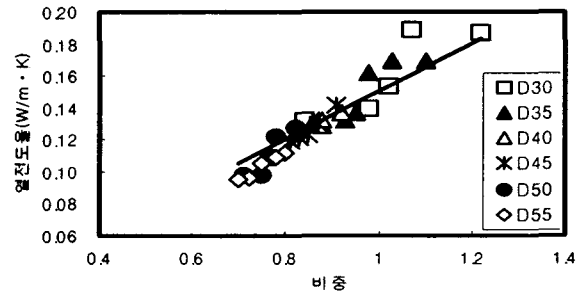


그림 14. 비중과 열전도율과의 관계

### 3.4 열전도특성

그림 11, 12, 13은 목질혼입율 및 W/C에 따른 열전도율을 나타낸 것이다. 목표비중 0.8의 D50과 D55의 경우 열전도율이 0.128에서 0.095 W/m·K 사이로 나타나 목표비중 1.2의 D30과 D35에 비하여 약 26% 낮은 것으로 나타나 비중과 마찬가지로 목질혼입율이 높을수록 물시멘트비가 높을수록 열전도율은 낮은 경향을 나타냄을 알 수 있다. 또한, 콘크리트와 석고보드의 열전도율 1.7, 0.18W/m·K 보다 상대적으로 낮은 열전도율을 나타내 단열성능이 뛰어난 것으로 나타났다.

그림 14는 비중과 열전도율의 관계를 나타낸 것이다. 전체적으로 목질의 혼입율이 높을수록 열전도율이 낮아지는 것으로 나타나고 있다. 이는 열전도율이 낮은 목질의 혼입율이 높아질수록 비중이 낮아지고 목질내부의 수분의 증발로 공극이 증가하여 열전도율이 낮아진다고 판단된다.

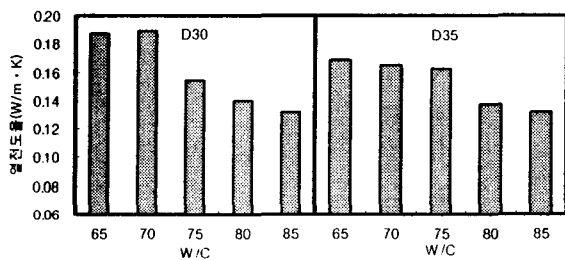


그림 11. 목질혼입율 및 W/C에 따른 열전도율(D30, D35)

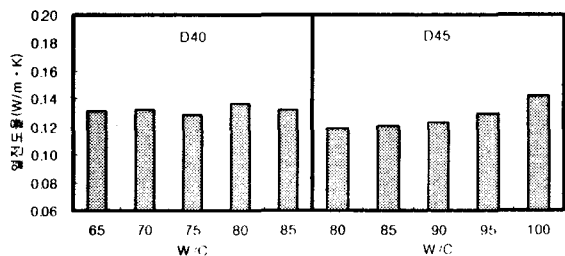


그림 12. 목질혼입율 및 W/C에 따른 열전도율(D40, D45)

## 4. 결론

본 연구에서는 폐목질을 사용한 보드의 물리적, 열적특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 목질혼입율 및 W/C에 따른 비중과 흡수율에 있어서 비중이 증가함에 따라 흡수율은 낮아지는 경향을 보였다. 이는 비중이 낮은 목질혼입율이 증가함에 따라 높은 흡수율을 나타내는 것으로 사료된다.
- 2) 목질혼입율 및 W/C에 따른 휨강도에 있어서 목질혼입율이 증가함에 따라 비중과 마찬가지로 휨강도 또한 낮아지는 경향을 나타내고 있다. 그러나 D35이상의 목질혼입율에서는 W/C비가 낮아 단위시멘트량이 증가하여도 목질표면적이 상대적으로 증가하므로 단위시멘트량과 수량이 부족하여 강도가 낮아져 목질량 증가에 따른 수량과 시멘트량이 중요한 것으로 사료된다.
- 3) 목질 혼입율 D30에서는 W/C 65%, D35, D40에서는 W/C 85%, D45, D50, D55에서는 W/C 100%가 가장 높은 휨강도를 나타냈다.
- 4) 목질혼입율 및 W/C에 따른 열전도율에 있어서 비중과 열전도율이 낮은 목질 혼입율이 증가함에 따라 열전도율은 낮아지는 것으로 나타났다.

## 참고 문헌

1. 정상진 외, "건축재료학", 보성각, 1999
2. 高橋 和雄 外(1997) 木毛セメント板の改良に関する研究(第11報 木粉ボードの研究), 日本建築學會大會學術講演梗概集, p449-450