폐목질을 사용한 모르터의 강도특성에 관한 실험적 연구

A Experimental Study on Strength Properties of Mortar using Waste Wood

○ 황 병 준* 공 민 호** 정 근 호** 김 성 식*** 이 영 도**** 정 상 진*****
Hwang, Byoung-Jun Gong, Min-Ho Jung, Keun-Ho Kim, Sung-Sik Lee, Young-Do 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.

This study attempted to suggest a basic material about the physical properties of mortar, which used waste woods, after examining the features of wood mixture rate, water-cement rate, congelation according to the mixture rate of the setting accelerator, specific gravity, compression intensity, and bending intensity as experiment factors.

키워드 : 폐목질, 비중, 응결시간, 압축강도, 휨강도
Keywords : Waste Wood, Specific Gravity, Setting Time, Compressive Strength, Bending Strength

1. 서 론

최근 급속한 산업화로 인한 환경오염과 천연자원의 고갈로 지속적인 환경보전 및 자원확보 문제가 대두됨에 따라 폐목재등의 폐기물의 재활용에 관한 연구가 활발하게 이루어 지고 있다. 폐목재는 산림의 간벌, 목재가공, 건설, 생활 등에서 발생하는 폐기물로서 국내에서 연간 1600천㎥이상 발생하고 있으며, 국내에서 사용된 목제품의 80%가량이 각종 사업현장에서 폐목재로 발생되고 있어 폐목재류의 적절한 처리는 심각한 사회문제로 인식되고 있다. 이러한 상황 속에서 최근 폐기물이나 미 이용자원의 유효이용 등, 환경보전에 대한 대처가 고조됨에 따라 폐목질의 재활용과 친환경 소재 개발이라는 두가지 과제에 대한 연구와 대책들이 여러 분야에서 검토 수립 되고 있으나, 아직 미흡한 실정에 있다.

폐목질과 무기질을 결합시킨 복합체는 목재와 시멘트 양자의 결함이 보완되며, 환경적으로 인정되고, 자원확보면에서도 유리한 건축재료가 될 수 있다. 또한, 단열재, 흡음재, 영구거푸집 등 건축용 내외장재로 사용이 가능한 목질시멘트보드의 많은 장점에도 불구하고, 사용수종에 따라 시멘트와의 수화반응에 높은 장해를 일으켜 사용수종이 한정되어 있으며, 경화시간이 길어 제조시간이 많이 걸린다는 문제점을 가지고 있다.

이에 본 연구에서는 폐목재의 유효한 활용과 친환경적인 효과를 위하여 목재 가공시에 발생되는 폐목질을 사용하여 단열재 및 영구거푸집으로 사용이 가능한 무기질보드를 제작하기 위해서, 톱밥과 무기재료인 시멘트를 결합재로 사용하여 응결 및 비중, 강도를 측정하여 그 특성을 검토하여 폐목질를 사용한 모르터의 물성에 관한 기초적 자료를 제시하고자 하였다.

* 정회원, 단국대 대학원 석사과정
** 정회원, 단국대 대학원 박사과정
*** 정회원, 대흥ENC 이사
**** 정회원, 경동대 환경건축공학부 교수
***** 정회원, 단국대 건축대학 건축공학과 교수

2. 실험계획 및 재료

2.1 실험계획

먼저, 실험요인으로 시리즈 Ⅰ에서는 물시멘트비 및 목질혼입율에 따른 응결, 비중, 압축강도, 휨강도의 물성변화를 알아보기 위하여 물시멘트비를 32.5, 37.5. 42.5%와 40, 45, 50% 6수준으로 하였고, 목재혼입율을 5, 10%의 2수준으로 실험을 계획하였다. 또한 시리즈 Ⅱ에서는 응결촉진제의 혼입율에 따른 응결촉진 정도와 압축강도, 휨강도특성을 알아보기 위하여 목재혼입율 25%에 물시멘트비를 60, 65, 70%의 3수준으로 하고 응결촉진제 첨가율을 0, 3, 4, 5%의 4수준으로 변화시켜 실험을 계획하였다.

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

표 1. 실험요인 및 수준

실험요인			실험수준		
배합사항	I	W/C (%)	6	32.5, 37.5, 42.5	40, 45, 50
		목재혼입율(%)	2	5	10
	II	W/C (%)	3	60, 65, 70	
		목재혼입율(%)	1	25	
		응결촉진제첨가율(%)	4	0, 3, 4, 5	

표 2. 실험배합표

공시체 번호 (NO.)	W/C (%)	목질혼입율 (%)	응결촉진제 첨가율 (C×%)	단위중량배합 (kg/㎥)		
				W	C	D
W32.5D05	32.5	5	-	436	1342	67
W37.5D05	37.5		-	471	1256	63
W42.5D05	42.5		-	502	1181	59
W40D10	40	10	-	435	1087	109
W45D10	45		-	464	1031	103
W50D10	50		-	490	980	98
W60D25-C0	60	25	0	423	705	176
W60D25-C3			3			
W60D25-C4			4			
W60D25-C5			5			
W65D25-C0	65		0	443	682	170
W65D25-C3			3			
W65D25-C4			4			
W65D25-C5			5			
W70D25-C0	70		0	461	659	165
W70D25-C3			3			
W70D25-C4			4			
W70D25-C5			5			

범례: W00 D 00 - C 0
- 응결촉진제 혼입율
- 목질혼입율
- 물시멘트비

2.2 실험방법

본 연구의 실험방법으로는 목재가 시멘트의 응결지연에 미치는 정도를 알아보기 위하여 응결시험을 실시하였다. 비중시험은 시험체를 28일 기건 양생 후 측정하였으며, 압축강도는 재령 7, 14, 28일로 하였으며 휨강도는 재령 28일에 측정하였다.

표 3. 시험항목 및 방법

시험항목	관련규정
응결시험	KS F 2436
비중시험	KS F 2459
압축강도	JIS 5201
휨강도	JIS 5201

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 CaCl2 1급 시약을 사용하였다.

폐목재는 일반적으로 활엽수에 비해 경화장애가 적은 것으로 알려져 있는 침엽수인 미송으로, 목재 가공시 발생되는 D사의 톱밥을 5㎜체로 선별하여 사용하였다.

표 4. 사용재료의 물리적 성질

항 목	내 용	규 정
시멘트	1종 보통포틀랜드시멘트 비중: 3.15 분말도 : 3,200㎠/g	KS L 5201
혼화제	응결촉진제 : CaCl2 1급시약	KS M 8038
폐목재	비중 : 0.51 수종 : 미송	-

2.4 공시체 제작 및 양생

공시체의 제작은 KS F 4720과 KS F 4030에 준하였으며, 표 2의 배합에 의하여 혼합수에 응결촉진제를 녹여 시멘트와 목질의 부착이 잘되도록 프리웨팅(Prewetting) 시킨 후 시멘트를 도포 하여 고루 섞은 다음 4×4×16㎝ 몰드를 사용하여 제작하였으며, 양생은 제작 후 24시간이 지난 뒤 탈형 하여 28일간 기건양생 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 응결시험

그림 1은 물시멘트비 및 목재혼입율에 따른 응결시간을 나타낸 것으로, 목재혼입율과 물시멘트비가 가장 높은 W50D10의 경우 초결은 약 7시간이 경과한 후 일어났으며 12시간 후 종결되어 W40D10에 비해 약 3시간이나 늦게 응결되는 것으로 나타났다. 전체적으로 동일한 목재혼입률에서 물시멘트비가 높을수록 초결 및 종결 시간은 지연되는 것으로 나타났다. 이는 물시멘트비가 높아짐에 따라 단위시멘트량이 감소함하여 응결시간이 지연되는 것으로 사료된다.

그림 2, 3, 4는 응결촉진제의 혼입율 변화에 따른 초결 및 종결 시간을 물시멘트비별로 구분하여 나타낸 것이다.

전반적으로 물시멘트비별 응결촉진제의 첨가율이 증가할수록 응결지연시간이 짧아지는 경향이 나타났다. W60 D25-C0의 경우 초결이 10시간을 전후하여 일어났으며, 종결시간은 28시간이후로 나타나 응결이 매우 지연됨을 알 수 있었다. 이는 목재의 성분중에 존재하는 당류가 시멘트의 수화반응을 지연시킨 것으로 판단된다. 응결촉진제를 첨가한 시험체는 첨가하지 않은 C0 시험체보다 최대 14시간에서 최소 6시간까지 응결이 촉진됨을 알 수 있었다. 또한, 응결촉진제 첨가율이 증가함에 따라 응결시간이 촉진되는 것으로 나타났다. 이는 응결촉진제가 시멘트와의 수화반응을 촉진시켜 목재의 성분중 헤미셀룰로스등의 당류가 수화반응을 지연시키는 것을 방지하는 작용을 하기 때문으로 사료된다. 따라서, 향후 보드를 제작하기 위해서는 적절한 응결촉진제량을 결정하는 것이 중요할 것으로 사료된다.

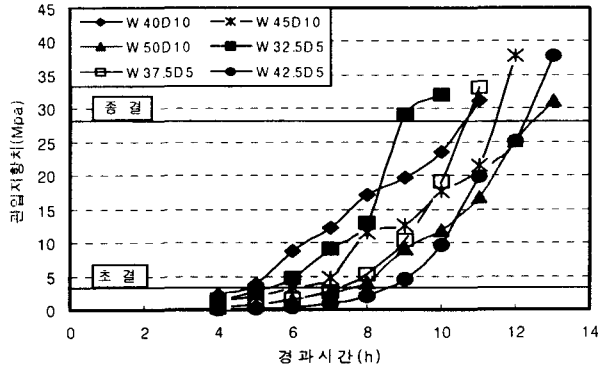

그림 1. W/C 및 목재혼입율에 따른 응결시간

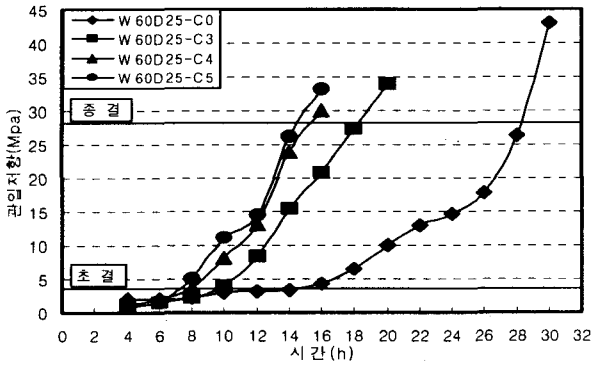

그림 2. 응결촉진제 첨가율에 따른 응결시간(W/C 60%)

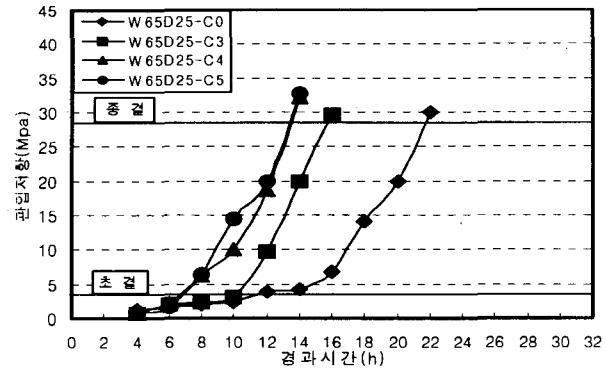

그림 3. 응결촉진제 첨가율에 따른 응결시간(W/C 65%)

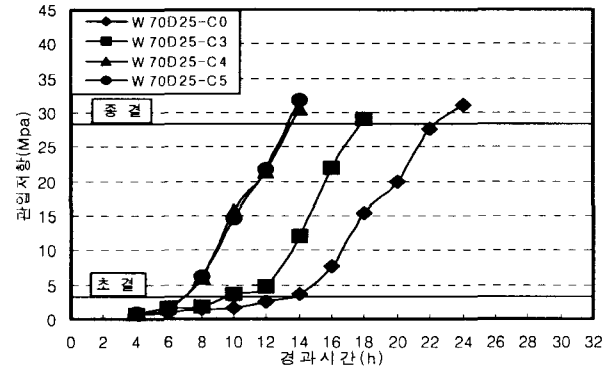

그림 4. 응결촉진제 첨가율에 따른 응결시간(W/C 70%)

3.2 강도시험

1) 휨강도

그림 5는 물시멘트비별 목질혼입율에 따른 비중과 강도를 나타낸 그림이다. 비중이 낮은 목질의 혼입율이 증가함에 따라 무기질 복합체의 물성을 결정하는 인자중 단위시멘트량이 감소하여 비중이 감소되고 휨강도 또한 감소하는 경향을 나타냈다.

그림 6은 물시멘트비별 응결촉진제 혼입율에 따른 휨강도를 나타낸 것이다. 재령 28일에서의 휨강도는 압축강도 특성과 마찬가지로 물시멘트비가 낮을수록 응결촉진제 혼입율이 증가할수록 강도는 증가하는 경향을 나타내었다.

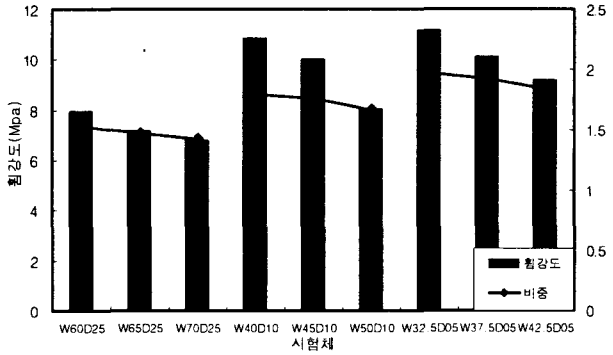

그림 5. W/C 및 목재혼입율에 따른 비중과 휨강도

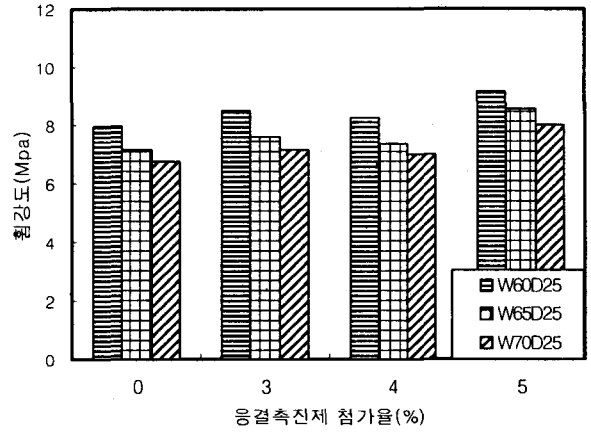

그림 6. 응결촉진제 첨가율에 따른 휨강도

2) 압축강도

그림 7은 목질혼입율별 물시멘트비 변화에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 동일한 목질혼입율에 물시멘트비의 증가에 따른 강도는 감소하는 경향을 나타내었다. 이는, 시멘트량의 감소로 인하여 강도에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

그림 8, 9, 10은 물시멘트비 및 응결촉진제 첨가율에 따른 강도변화를 나타낸 것이다. 응결촉진제 첨가시 무혼입에 비해 강도가 현저히 증가하는 것으로 나타났다. W/C 60, 65, 70%에 응결촉진제 5% 첨가시 28일 강도는 무첨가에 비해 각각 약 35%, 31%, 28% 정도가 증가하였다. 이는 응결촉진제가 목질중의 수화장애 성분을 중화시키고 수화반응이 지연되지 않도록 하기 때문으로 판단된다.

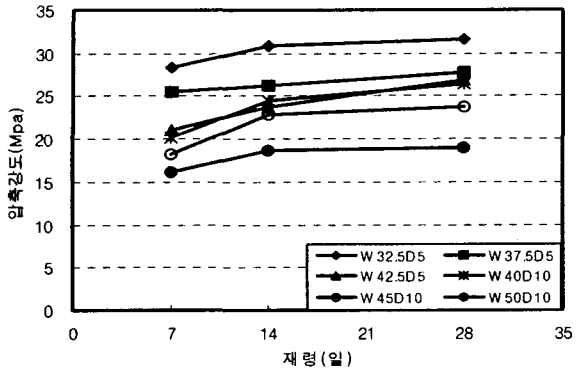

그림 7. W/C 및 목질혼입율에 따른 압축강도

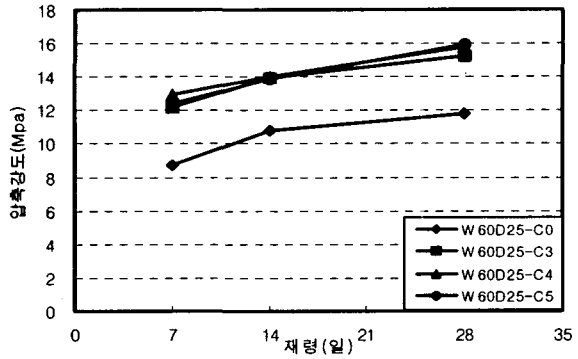

그림 8. 응결촉진제 첨가율에 따른 압축강도(W/C 60%)

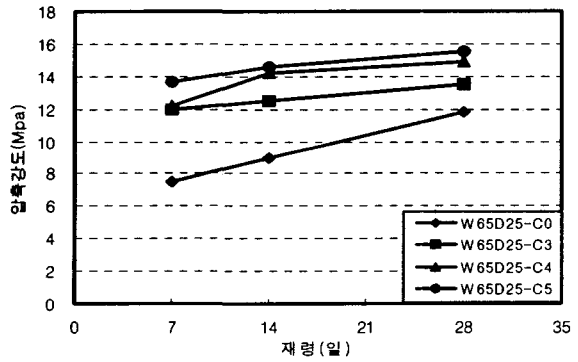

그림 9. 응결촉진제 첨가율에 따른 압축강도(W/C 65%)

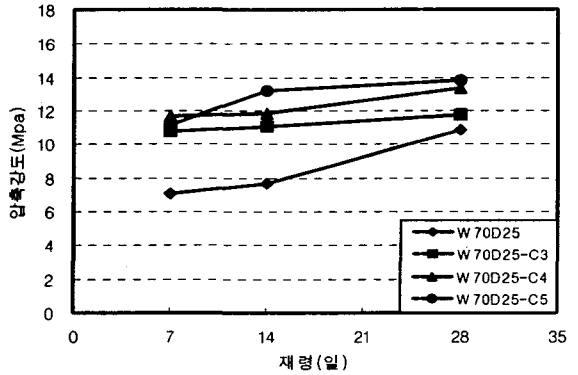

그림 10. 응결촉진제 첨가율에 따른 압축강도(W/C 70%)

4. 결 론

본 연구에서는 폐목질을 사용한 모르터의 실험을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 목질혼입율에 따른 응결시험결과 혼입율의 증가에 따른 응결지연시간은 현저히 증가하는 것으로 나타났으며, 응결촉진제 첨가율이 증가함에 따라 응결지연시간이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 목재중에 용출되는 탄닌등의 물질이 알칼리에 녹아 경화에 장해를 일으키는 것을 응결촉진제가 불용화 및 수화반응을 촉진시켜 수화반응이 지연되지 않도록 하기 때문으로 사료된다.

2) 휨강도에 있어서 목질 혼입율 및 물시멘트비가 증가 할수록 비중과 휨강도는 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 응결촉진제 첨가시 휨강도는 증가하여 압축강도와 유사한 경향을 보였다.

3) 압축강도에 있어서 목질 혼입율 및 물시멘트비가 증가할수록 강도는 저하하는 경향을 보였다. 응결촉진제 첨가시 압축강도가 증가하는 것으로 나타나 압축강도와 응결경화에 있어 상관성이 있을 것으로 판단된다.

이상의 실험 결과를 통하여 폐목질을 사용한 모르터의 기초적 물성을 확인하였으며, 금후 다양한 폐목질을 이용한 무기질보드의 개발을 위하여 많은 연구 검토를 진행 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 정상진 외, "건축재료학", 보성각, 1999
2. 한천구 외, "건축재료실험", 기문당, 2003
3. 高橋 和雄 外(1997) 木毛セメント板の改良に關する研究(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
4. 重倉 祐光 外(1997) 木毛セメント板の改良に關する研究(第13報 エコセメントを使用したボードに関する研究研究)
5. 重倉 祐光 外(1997) 木毛セメント板の改良に關する研究(第12報 流し込み成型法及びコーンカロリー試驗)
6. Kate Semple & Philip D, Evanst. Advers Effects of Heartwood on The Mechanical Properties of Wood-Wool Cement Boards Manrfactured From Radiata Pine Wood, Wood and Fiber Science, 32(1), 2000, pp.37-43