

# 수처리한 목편을 사용한 경량모르타르의 응결 및 강도특성

## The Setting and Strength Characteristics of Lightweight Mortar Using Wood Chips Treated with Water

(Received October 23, 2012 / Revised October 31, 2012 / Accepted October 31, 2012)

최재진<sup>1)\*</sup>, 문승권<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>공주대학교 건설환경공학부

Jae-Jin Choi<sup>1)</sup>, Seung-Kwon Moon<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Civil & Environmental Engineering, Kongju National University, Cheonan, 330-717, Korea

### Abstract

It is known that some components of wood obstruct the hydration of cement when wood is mixed with cement. In order to examine the effect of pretreatment of wood chips in hot water, this study conducted the experiments for the setting and compressive strength of mortar by sieving pine wood chips with a 2.4mm sieve, dipping them in waters of different temperatures, and then using them as a part of the fine aggregate. For the experiments, water-cement ratio of the mortar was 0.50 and the amount of the fine aggregate substituted by wood chips was set at 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, and 10% of the mass of the fine aggregate. As a result of the test, it was found out that when wood chips were used to substitute fine aggregate for the production of mortar, more usage of wood chips postponed setting more, and the treatment of wood chips with water improved the problem of the delay in setting time. Especially, the final setting time of the mortar which used 2~6% of wood chips treated in 100°C water for 30 minutes was almost the same as the final setting time of the mortar which used no wood chips. Also, the compressive strength of the mortar which used the wood chips treated with water was compared to that of the mortar which used the wood chips not treated with water. The result showed that the strength improved for age of 7 days and 28 days, while there was little change in strength for age of 3 days.

**키워드 :** 폐목재, 목편, 경량모르타르, 응결시간, 압축강도

**Keywords :** Waste Wood, Wood Chip, Lightweight Mortar, Setting Time, Compressive Strength

## 1. 서론

오늘날 폐기물의 재활용은 자연자원의 절약효과, 매립과 소각의 대체로 인한 처리비용 절감효과, 처리 시 발생하는 2차 환경오염 감소효과 등을 가져오는 환경보존을 위한 근본 대책으로 강조되고 있다.<sup>1)</sup> 한편 정부 관계기관의 2007년 합동 회의 자료<sup>2)</sup>에 따르면 2005년 기준으로 전국 폐목재 발생량은 약 5,115천톤이고, 이중 임목부산물<sup>3)</sup>이 48%, 건설폐목재 등 사업장 폐목재 36%, 생활폐목재 16%이며, 전

체 폐목재 재활용율은 36%로 나타났다. 또한 임목부산물은 주로 숲 가꾸기 사업을 통하여 발생되며, 사업장 폐목재는 건설폐목재가 80% 정도를 차지하고, 생활 폐목재는 대부분 가정에서 가구류 형태로 배출되고 있다. 따라서 목재 폐기물의 처리문제와 폐목재로 인한 환경오염 문제를 해결하기 위한 일환으로 실용 가능한 건설재료로서 폐목재를 활용하는 방안이 필요하다. 다만 폐목재의 재활용에 있어서의 문제점은 생활 폐목재의 경우 페인트, 합성수지, 접착제 등 유해성 물질이 함유되어 있는 점, 사업장 폐목재의 경우는 혼합폐기물 형태로 처리되는 점과 소규모로 분산되어 발생하기 때문에 수거상의 어려움이 있는 점 그리고 임목부산물은 수집비용 과다 등이 문제점으로 지적되고 있다. 그러

\* Corresponding author

E-mail: jjchoi@kongju.ac.kr

나 폐목재를 활용하기 위한 기술개발이 활발히 진행되고 있고<sup>3-7)</sup> 또한 복잡한 처리과정 없이 폐목재를 재활용할 수 있는 방법으로 목재 칩 등과 시멘트를 혼합한 건설재의 개발도 기대되고 있다. 그러나 목재와 시멘트를 혼합하는 경우 목재의 수종과 부위에 따라서는 시멘트의 수화를 방해하는 것으로 알려져 있기 때문에 모르타르나 콘크리트에서 파쇄폐목재를 골재로서 대체 사용하기 위해서는 파쇄폐목재의 전처리가 요구되며 약품처리나 열처리 또는 응결촉진제의 사용 등의 대책이 필요하다.<sup>8)</sup>

본 연구에서는 파쇄한 소나무 목편을 온도가 각각 다른 수중에 일정시간 침지시킨 후 건조시켜 잔골재의 일부로서 대체 사용한 모르타르의 응결 및 압축강도 등의 물성실험을 통하여 물에 의한 목편의 전처리 효과를 고찰하였다.

## 2. 실험계획

### 2.1 사용재료

시멘트는 국내에서 생산된 밀도  $3.15 \text{ g/cm}^3$ , 비표면적  $3,300 \text{ cm}^2/\text{g}$ 의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 잔골재는 KS L ISO 679(시멘트 강도 시험방법) 규격의 시멘트 강도 실험용 표준사를 사용하였으며, 잔골재의 부분 대체재로서 사용한 목편은 소나무 임목부산물을 파쇄한 것 중 2.4 mm체를 통과한 것을 사용하였다.

목편의 수처리 방법으로는 각각 수온 20°C, 50°C, 80°C 및 100°C의 물속에 질량비로 0.1만큼의 목편을 일정 시간 침지시킨 후 꺼내어 건조로에서  $100 \pm 5^\circ\text{C}$ 로 24시간 동안 건조시킨 후 모르타르 실험에 사용하였다.



Fig. 1 Water treatment of wood chip in oven

이때 물속에서의 침지시간은 실용적인 면을 고려하여 물의 온도에 따라 그 시간을 다르게 정하였다. 즉, 수온 20°C의 물에서는 12, 24 및 48시간 동안 침지시키고, 50°C

의 물에서는 6, 12 및 24시간 동안 침지시켰다. 그리고 80°C의 물에서는 2, 4 및 6시간 동안 침지시켰고, 100°C의 물에서는 10, 20 및 30분 동안 침지시켰다. Fig. 1은 건조로 안에서의 목편의 수처리 모습을 나타낸 것이다.

### 2.2 모르타르 배합 및 실험방법

모르타르의 배합은 Table 1과 같이 물-시멘트비 50%로 하고 시멘트 및 잔골재의 질량비를 1:2로 정하였다. 목편의 사용량은 잔골재 질량의 0, 2, 4, 6, 8, 10%의 6수준으로 잔골재를 부분 대체하여 사용하였으며, KS L 5109(수경성 시멘트 페이스트 및 모르타르의 기계적 혼합 방법) 규격에 따라 혼합한 후 제 실험을 실시하였다.

모르타르 실험은 KS L 5111(시멘트 시험용 플로 테이블) 규격에 준하여 플로시험과 단위용적질량을 측정하였으며 압축강도용 공시체는  $50 \times 50 \times 50 \text{ mm}$  크기의 공시체를 제작하여  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 수중양생을 실시한 후 3, 7 및 28일 강도를 측정하였다. (Fig. 2) 모르타르의 응결시간 시험은 각각 수온 20°C에서 48시간, 50°C에서 24시간, 80°C에서 6시간 및 100°C에서 30분 동안 수처리한 목편을 사용한 모르타르에 대하여 KS F 2436 규격에 따라 실시하였다. (Fig. 3)

Table 1 Experiment plan and mix proportion

No.	Wood chip ratio (wt. %)	W/C (%)	S/C wt. ratio	Test items
1	0	50	2.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flow</li> <li>Setting time</li> <li>Unit weight</li> <li>Comp. strength (3, 7, 28 days)</li> </ul>
2	2			
3	4			
4	6			
5	8			
6	10			

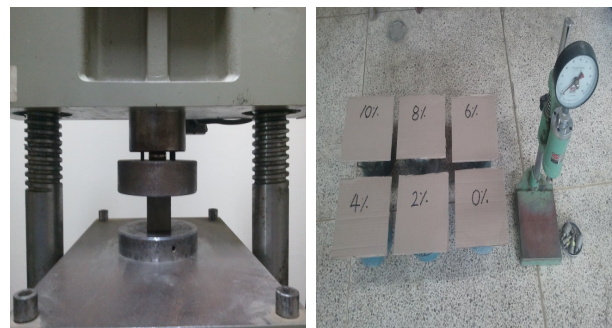


Fig. 2 Compressive strength Fig. 3 Setting time test test

### 3. 실험결과

#### 3.1 모르타르의 응결시간

Table 2는 수처리 방법 및 잔골재를 부분 대체한 목편의 사용량에 따른 모르타르의 응결시간을 나타낸 것이다.

Table 2 Penetration resistance of mortar

water treatment method	Wood chip ratio (S×%)	initial set (hr)	final set (hr)
without water treatment	0	5.9	7.6
	2	7.4	10.6
	4	11.2	16.8
	6	13.1	19.0
	8	6.7	20.4
	10	10.9	-
20°C 48 hrs	2	6.2	10.0
	4	7.6	13.4
	6	6.4	13.3
	8	8.6	19.0
	10	16.3	-
50°C 6 hrs	2	7.4	11.3
	4	8.5	12.5
	6	8.5	14.8
	8	10.3	20.1
	10	16.0	-
80°C 2 hrs	2	5.2	11.1
	4	8.1	13.8
	6	8.7	13.1
	8	10.6	19.7
	10	12.8	-
100°C 30 mins	2	6.2	8.8
	4	6.7	9.2
	6	5.1	9.3
	8	7.2	19.3
	10	10.6	-

Fig. 4는 반입상태 그대로의 목편으로서 물에 의한 처리를 하지 않은 것을 사용하였을 때 그 사용량에 따른 프록터 관입저항값을 나타낸 것이다. 이 그림에서 목편의 사용량이 증가하는데 따라 모르타르의 응결은 현저히 지연되며 특히 목편의 대체율이 10%인 경우는 목편을 사용하지 않은 모르타르에 비하여 초결시간이 2배 이상으로 크게 증가하였으며, 믹싱 후 20시간이 경과하였을 때에도 관입저항값이 10MPa 이하에 불과한 저조한 응결진행을 나타냈다.

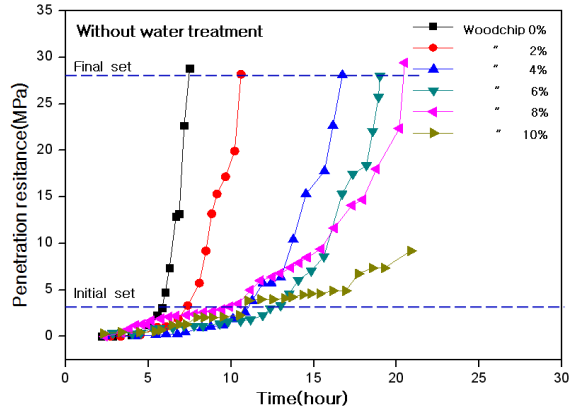


Fig. 4 Penetration resistance of mortar which used wood chips not treated with water

Fig. 5~8은 각각 수온 20°C에서 48시간, 50°C에서 24시간, 80°C에서 2시간 및 100°C에서 30분 동안 수처리한 목편을 사용한 모르타르의 프록터 관입저항값을 나타낸 것이다.

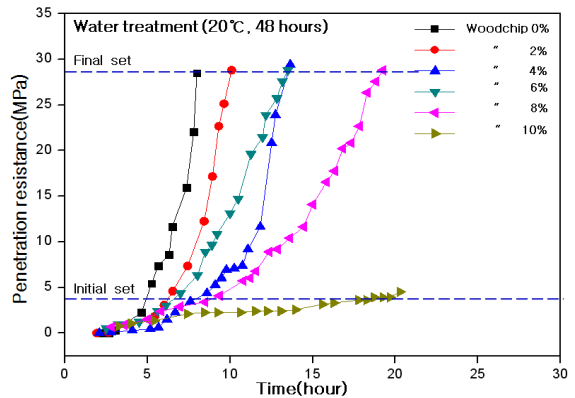


Fig. 5 Penetration resistance of mortar which used wood chips treated with water (20°C, 48hrs)

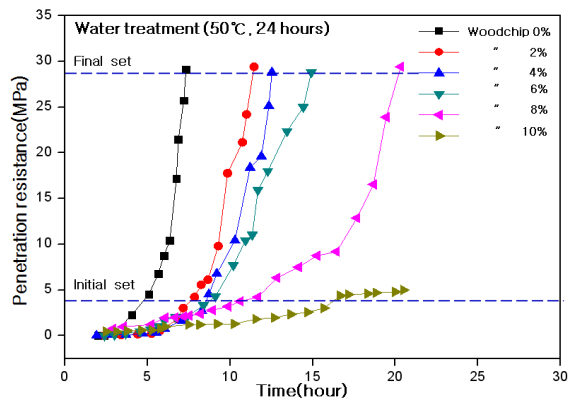


Fig. 6 Penetration resistance of mortar which used wood chips treated with water (50°C, 24hrs)

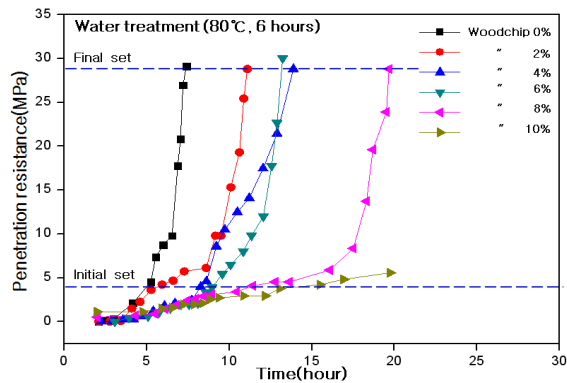


Fig. 7 Penetration resistance of mortar which used wood chips treated with water (80°C, 6hrs)

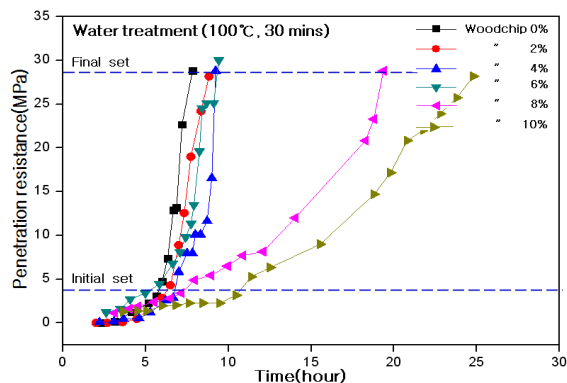


Fig. 8 Penetration resistance of mortar which used wood chips treated with water (100°C, 30mins)

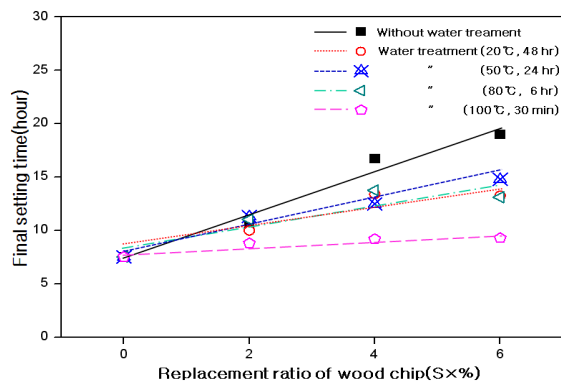


Fig. 9 Changes in the final setting time of mortar according to the substitution rate of wood chips

목편의 사용량에 따른 응결시간을 보면 종결시간은 Fig. 9에 나타난 바와 같이 높은 온도의 물에서 수처리한 목편을 사용할 경우 응결지연 문제의 개선효과가 나타났다. 특히 100°C에서 30분 동안 수처리한 목편을 사용한 경우는

모르타르의 초결시간과 종결시간이 모두 개선되었으며, 목편의 사용량 6% 이내에서는 목편을 사용하지 않은 경우와 비교하여 1시간 정도 이내의 종결시간 차를 보여 목편의 사용에 따른 응결지연문제가 거의 해소된 것으로 나타났다. 그러나 목편 대체율 8% 및 10%의 경우는 수처리 온도에 따른 응결지연 개선효과가 명확히 나타나지 않았다.

목재와 시멘트 혼합물의 응결지연에 대해서는 많은 연구보고가 발표되고 있다.<sup>9,10)</sup> Weatherwax 등은 목재 중의 시멘트수화 방해물질로서 헤미셀룰로스, 전분, 당, 페놀 및 히드록실화된 칼본산 등을 보고하였고,<sup>11)</sup> 이들 시멘트 수화 방해물질들은 시멘트 수화 초기에 미수화 시멘트 입자 주위에 막을 형성시켜 시멘트의 수화진행을 방해 또는 지연시키는 것으로 보고되고 있다.<sup>12-14)</sup> 또 Kühne 등에 따르면 헤미셀룰로스가 주된 응결 저해요인이며, 시멘트에 의한 알칼리 환경 때문에 헤미셀룰로스가 분해되어 시멘트 응결 방해물질로 변화한다고 보고하였다.<sup>15)</sup>

목재는 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스 및 리그닌의 주성분 외에 벤젠, 에테르, 알코올, 물 등에 의해 녹아 나오는 부성분으로 구성되며, 추출성분에는 수지, 정유, 타닌 등 미량의 화합물들이 다양하게 함유되어 있는 것으로 알려져 있다.<sup>16)</sup> 본 실험에서 높은 온도의 물로 전처리한 목편을 사용할 경우 모르타르의 응결지연현상이 감소된 것은 수처리에 의해 이러한 시멘트 수화 방해물질이 일부 용출되어 제거되는데 따른 결과로 추정되고 있다.

### 3.2 모르타르의 압축강도

Table 3은 목편을 잔골재의 부분 대체하여 사용한 모르타르의 압축강도 결과를 나타낸 것이다. Fig. 10, 11, 12 및 13은 수처리를 하지 않은 목편을 사용한 모르타르의 압축강도와 함께 각각의 수처리 온도 즉, 20°C, 50°C, 80°C 및 100°C에서의 수처리 시간 및 목편 사용량에 따른 재령 3일, 7일 및 28일의 압축강도를 비교하여 나타낸 것이다.

이들 그림에서 잔골재의 일부를 목편으로 대체 사용한 모르타르의 재령 3일 압축강도를 보면 수처리 여부에 따른 강도변화가 거의 나타나지 않았다. 반면에 재령 7일과 28일의 압축강도는 수처리한 목편을 사용하는 경우는 모르타르의 압축강도가 무처리한 목편을 사용한 경우의 압축강도와 비교하여 높게 되는 경향을 나타냄으로써 목편의 수처리는 강도의 개선효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 목편을 사용하지 않은 모르타르와 비교할 때 목편을 사용한 모르타르의 강도는 크게 저하되었기 때문에 물 이외의 다른 효율적인 방법으로서 화학약품에 의한 처리 또는 첨가제의 사용 등을 검토할 필요가 있다고 생각된다.

Table 3 Test results of compressive strength

water treatment method	Wood chip ratio (wt. %)	Compressive strength (MPa)			water treatment method	Wood chip ratio (wt. %)	Compressive strength (MPa)		
		3 days	7 days	28 days			3 days	7 days	28 days
Without water treatment	0	29	40	48	80°C, 2 hours	-	-	-	-
	2	14	13	20		2	12	19	21
	4	13	16	18		4	13	22	24
	6	15	18	22		6	15	23	24
	8	13	13	19		8	11	19	19
	10	5	6	11		10	8	14	15
20°C, 12 hours	2	13	17	19	80°C, 4 hours	2	13	20	21
	4	12	18	19		4	14	22	21
	6	15	17	24		6	16	23	25
	8	10	17	18		8	15	22	20
	10	5	10	11		10	9	15	14
20°C, 24 hours	2	11	17	20	80°C, 6 hours	2	12	20	22
	4	11	17	22		4	13	21	22
	6	14	21	23		6	15	23	27
	8	8	18	19		8	13	21	23
	10	3	10	11		10	8	15	16
20°C, 48 hours	2	12	19	19	100°C, 10 mins	2	10	16	22
	4	11	18	21		4	10	17	22
	6	15	23	27		6	12	21	25
	8	11	19	20		8	11	19	21
	10	5	11	13		10	8	15	18
50°C, 6 hours	2	13	20	23	100°C, 20 mins	2	11	18	20
	4	13	20	21		4	11	18	20
	6	14	20	23		6	13	21	26
	8	13	20	23		8	12	19	22
	10	7	14	14		10	6	14	14
50°C, 12 hours	2	11	17	20	100°C, 30 mins	2	14	18	20
	4	13	18	20		4	14	23	23
	6	15	21	23		6	16	25	25
	8	15	19	20		8	15	22	23
	10	8	13	14		10	11	18	18
50°C, 24 hours	2	11	19	23	-	-	-	-	-
	4	11	19	20		-	-	-	-
	6	14	23	23		-	-	-	-
	8	14	22	25		-	-	-	-
	10	8	15	17		-	-	-	-

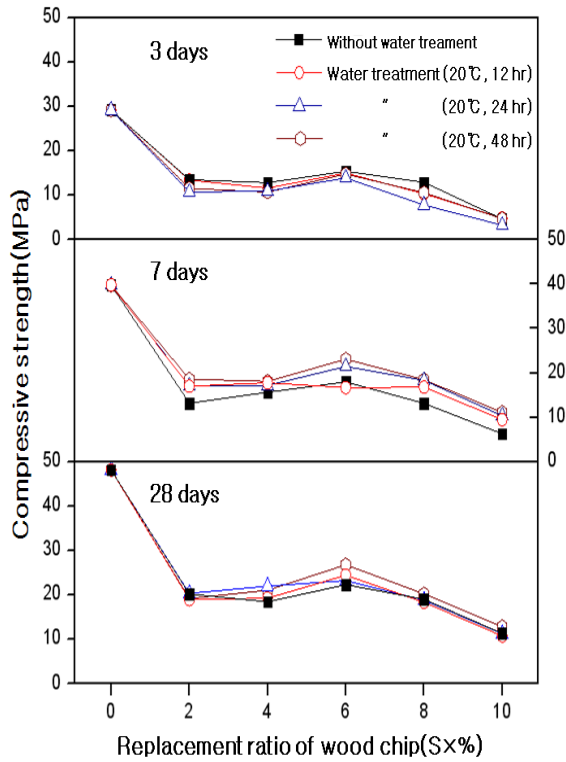


Fig. 10 Compressive strength of mortar which used wood chips treated in 20°C water

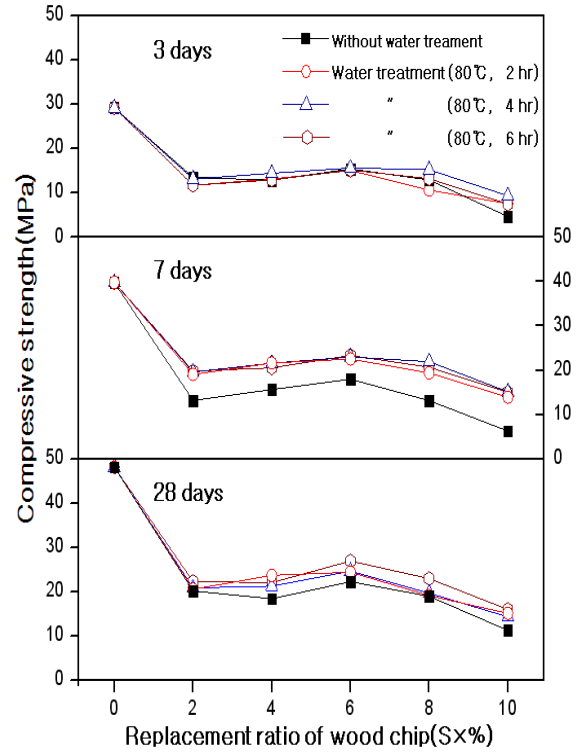


Fig. 12 Compressive strength of mortar which used wood chips treated in 80°C water

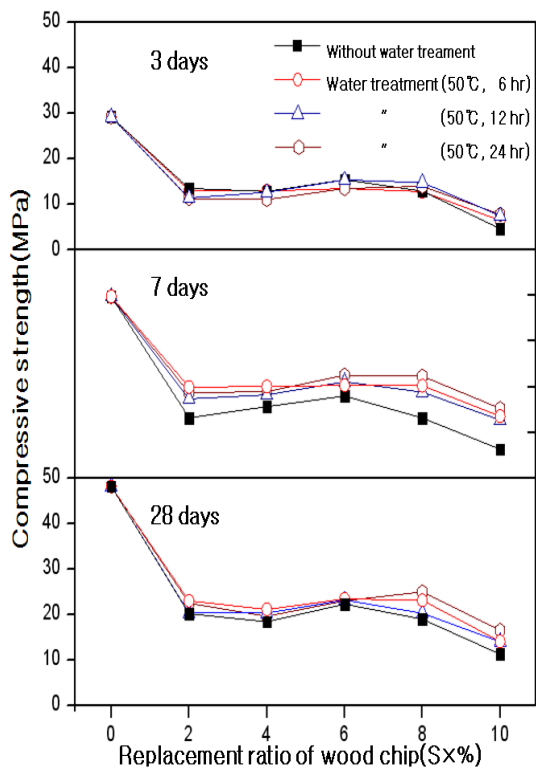


Fig. 11 Compressive strength of mortar which used wood chips treated in 50°C water

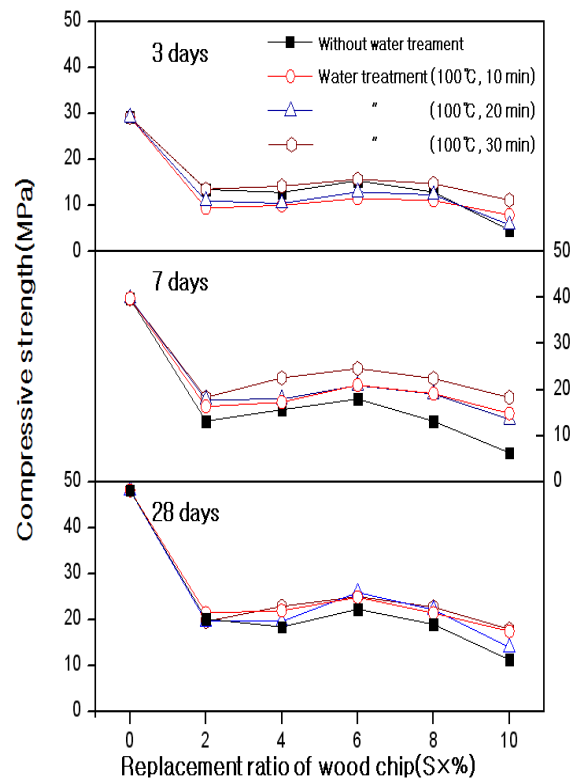


Fig. 13 Compressive strength of mortar which used wood chips treated in 100°C water

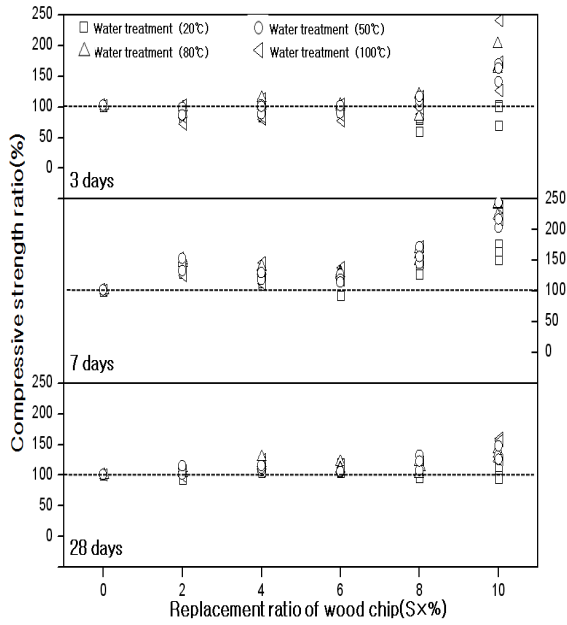


Fig. 14 Compressive strength ratio of mortar

본 실험에서 목편을 사용한 모르타르의 단위용적질량은 1,840~1,950 kg/m<sup>3</sup> 범위로 측정되었다.

콘크리트표준시방서에서는 경량골재 콘크리트에 대하여 규정하고 있다.<sup>17)</sup> 여기서 경량골재 콘크리트는 골재의 전부 또는 일부를 인공경량골재에 의해 만든 콘크리트로서 기건 단위용적질량이 1,400~2,000 kg/m<sup>3</sup>의 범위에 있는 것을 대상으로 한다고 규정하고 있다. 따라서 목편을 잔골재량의 2~10% 범위에서 대체 사용한 모르타르는 경량모르타르의 범주에 있다고 말할 수 있다.

Fig. 15와 Fig. 16은 모르타르의 단위용적질량과 재령 28일의 압축강도의 관계를 나타낸 것이다.

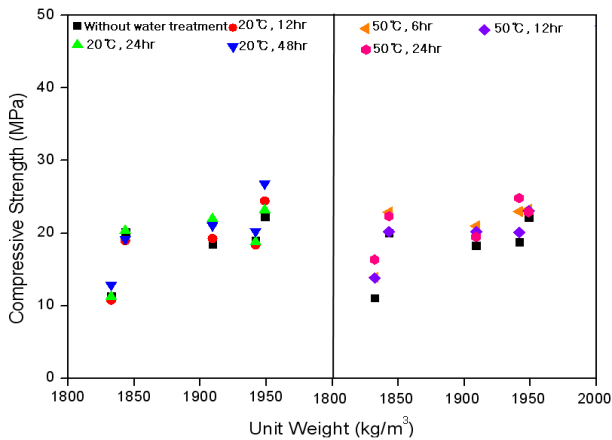


Fig. 15 Unit weight vs. compressive strength of mortar (temp. of water : 20°C & 50°C)

대체적인 경향으로 모르타르의 단위용적질량이 큰 경우 그 압축강도는 크게 되는 경향임을 알 수 있다.

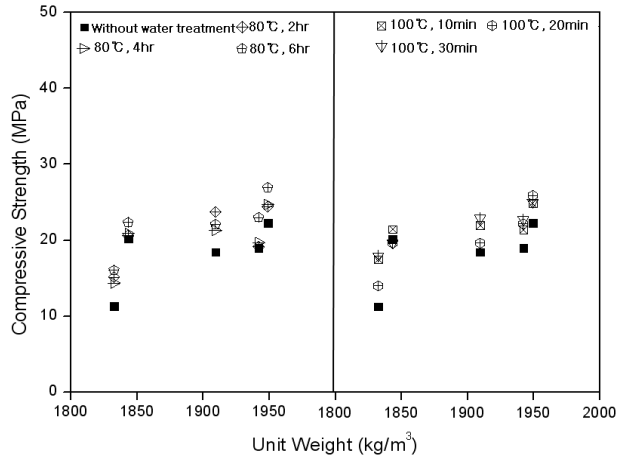


Fig. 16 Unit weight vs. compressive strength of mortar (temp. of water : 80°C & 100°C)

#### 4. 결론

1) 목편을 잔골재 질량의 2~10% 사용한 모르타르의 단위용적질량은 1,840~1,950 kg/m<sup>3</sup>의 범위를 나타냈다.

2) 목편을 잔골재의 일부로 대체 사용한 모르타르의 경우, 목편의 사용량이 많을수록 응결이 지연되며, 특히 종결이 크게 지연되는 것으로 나타났다.

3) 목편의 수처리리는 모르타르의 응결지연문제를 개선시키는 효과가 있으며, 그 처리에 사용된 물의 온도가 높을수록 효과가 크게 나타났다. 특히 수온 100°C에서 30분간 수처리한 목편을 2~6%의 범위에서 사용한 모르타르의 종결시간은 목편을 사용하지 않은 모르타르의 종결시간과 거의 비슷한 수준을 나타냈다.

4) 수처리한 목편을 사용한 모르타르의 강도는 무처리한 목편을 사용한 모르타르의 강도와 비교하였을 때, 재령 3일 강도는 거의 같은 값이었으나, 재령 7일 및 28일의 강도는 증가하는 경향을 나타냈다.

#### 감사의 글

본 연구는 국토해양부 지역기술혁신사업의 연구비 지원 (과제번호 # '09지역기술혁신 B-01)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. 손상진, 資源循環社會 구축을 위한 廢棄物關聯法制 개선방안에 관한 연구, 서울시립대학교 박사학위청구논문, 2009.
2. 정부 관계기관 합동 회의 자료, 폐목재 재활용 활성화 대책, 2007. 9.
3. 최재진, 문승권, “폐목재의 활용을 위한 기술동향분석 및 경량잔골재로서의 활용방안에 관한 연구”, 한국건설순환자원학회 논문집, 제7권 제2호, pp.84~90, 2012. 8.
4. 최재진, 송진우, “장방형 임목부산물 칩을 우레탄 수지와 결합시킨 보도포장의 물성 연구”, 한국폐기물자원순환학회지, 제29권 제4호, pp.391~397, 2012. 6
5. 최재진, 송진우, “폐목재 칩을 활용한 목질계 보도포장재의 특성에 대한 기초연구”, 대한토목학회논문집, 제31권 제3D호, pp.413~420, 2012. 8.
6. Pascale Coatanlem, Raoul Jauberthie and Frank Rendell, “Lightweight Wood Chipping Concrete Durability,” Construction and Building Materials 20, pp.776-781, 2006.
7. 김세환, 오세출, “건설폐목을 이용한 목질계 보드의 시멘트 응결특성에 관한 실험적 연구”, 제3권 제1호, 2007. 6.
8. 久保光, 三田村文寛, 米村豊志, 小形信男, “廃プラスチックと廃木材チップを利用した舗装の性能評価”, 土木学会第62回年次学術講演会, V-132, 2007.
9. Stephan Frybort, Raimund Mauritz, Alfred Teischinger, Ulrich Müller, “Cement Bonded Composites-A Mechanical Review”, BioResources 3(2), pp.602-626, 2008.
10. 新藤健太, 平松靖, 宮武敦, “細片化した木材を混合したコンクリートの基礎的性状”, 콘크리트工学年次論文集, Vol.29, No.2, pp.523~528, 2007.
11. Weatherwax, R. C., Tarkow, H., “Effect of Wood on Setting of Portland Cement”, Forest Prod. J. 14, pp.567-570, 1964.
12. Sauvat, N., Sell, R., Mougel, E., Zoulalian A., “A Study of Ordinary Portland Cement Hydration with Wood by Isothermal Calorimetry”, Holzforschung 53, pp.103-108, 1999.
13. 安田征市, 松下泰幸, “木材のセメント硬化阻害成分とその対応策”, 木材工業, Vol.58, No.6, pp.252~257, 2003.
14. 山岸宏一, 葛西章, 駒沢克己, 布村昭夫, “硬化不良樹種による木質セメント板の製造(第1報-カラマツ小片の油類等による前処理効果-”, 林産試月報, 1980. 7.
15. Kühne, G., Meier, W., “Ursachen und Möglichkeiten zur Beeinflussung der Chemischen Wechselwirkungen in Holzfaserstoff-Zement- und Holzfaserstoff-Gips-Gemischen,” Holz Roh Werkst. 48, pp.153-158, 1990.
16. 산림청 자료, 산림과 임업기술-목재의 성질과 용도-, <http://ibook.forest.go.kr/>
17. 국토해양부, 콘크리트표준시방서, 2009.

### 수처리한 목편을 사용한 경량모르타르의 응결 및 강도특성

목재와 시멘트를 혼합하였을 때 목재의 어느 성분은 시멘트의 수화를 방해하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 온수에 의한 목편의 전처리 효과를 검토하기 위하여 2.4 mm 체를 통과시킨 소나무 목편을 온도가 각기 다른 수중에 일정시간 침지시킨 것을 잔골재의 일부로서 대체 사용한 모르타르의 응결 및 압축강도실험을 실시하였다. 이때 모르타르의 배합은 물-시멘트비 50%로 하고 목편의 잔골재에 대한 대체 사용량은 잔골재 질량의 0, 2, 4, 6, 8, 10%의 6수준으로 하였다. 그 결과 목편을 잔골재의 일부로서 대체 사용한 모르타르의 경우, 목편의 사용량이 많을수록 응결이 지연되었으며, 목편의 수처리는 모르타르의 응결지연문제를 개선시키는 효과가 있었다. 특히 수온 10 0℃의 물에서 30분간 수처리한 목편을 2~6%의 범위에서 사용한 모르타르의 종결시간은 목편을 사용하지 않은 모르타르의 종결시간과 거의 비슷한 수준을 나타냈다. 또한 수처리한 목편을 사용한 모르타르의 강도는 수처리하지 않은 목편을 사용한 모르타르의 강도와 비교하였을 때, 재령 3일 강도는 거의 같았으나, 7일 및 28일의 강도는 보다 크게 되는 경향을 나타냈다.