

폐목재의 활용을 위한 기술동향 분석 및 경량잔골재로서의 활용방안에 관한 연구

A Study on Trend for Recycling Technology of Waste Wood and Its Utilization as Lightweight Fine Aggregate

(Received August 13, 2012 / Revised August 20, 2012 / Accepted August 20, 2012)

최재진^{1)*}, 문승권¹⁾

¹⁾공주대학교 건설환경공학부

Jae-Jin Choi¹⁾, Seung-Kwon Moon¹⁾

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

Abstract

Patents in Korea, Japan and the U.S. were searched at the Korea Intellectual Property Rights Information Service (KIPRIS) of Korea Institute of Patent Information using related keywords in order to analyze the trend of patents on the usage of waste wood. Materials on a total of 77 patents in Korea, 317 patents in Japan, and 316 patents in the U.S. that had been registered as patents as of Dec. 31, 2011 were collected. Among the collected materials, the patents rejected, expired, annulled, withdrawn and waived as well as those which had little relationship with waste wood were excluded and the 71 patents in Korea, 227 patents in Japan and 216 patents in the U.S. were finally selected for analysis. In addition, the properties of the mortar which used waste wood as an alternative for a part of the fine aggregate were tested as a basic study for the usage of waste wood as a lightweight aggregate for concrete. For the test, the waste wood of the pine tree was crushed, sifted through No. 8(2.4 mm) sieve, and then dried for 24 hours at 100±5°C. As it is known that some kinds of tree prevent the hardening of cement when the wood is mixed with cement, the crushed waste wood in this study was dipped in the water of 20°C, 50°C, 80°C and 100°C and then dried up before testing the properties of the mortar to examine the effect of the preliminary treatment of crushed waste wood.

키워드 : 폐목재, 특허동향, 경량골재, 모르타르

Keywords : Waste Wood, Trend of Patent, Lightweight Aggregate, Mortar

1. 서 론

환경부의 '2010 환경통계연감'에 따르면 2009년 목재 원료를 국내에 들여오기 위해 무려 약 20억 달러(약 2조2000억원)가 소요되었으며, 이 때문에 폐목재도 쓰레기가 아닌 자원으로서의 활용방안을 강구할 필요가 크게 증가하였다. 한편 2008년 12월 31일 기준으로 사업장 배출시설계 폐기물 중 폐목재류는 하루 1652톤이었으며, 건설폐목재 발생

량은 하루 923만톤으로 추산되었다.¹⁾ 또한 임목폐기물에 속하는 간벌재는 우리나라 숲 가꾸기 사업에서 연간 400만톤 정도 발생하는 것으로 추산되고 있다.²⁾ 이러한 폐목재 중 임지잔재는 목재펠릿의 제조에 활용되는 경우가 있고 건설폐기물, 사업장 폐기물 등의 폐목재는 연료로 활용되는 경우가 많은데 이들은 페인트 및 기름 등 이물질이나 유해물질이 함유되지 않도록 처리되어야 한다.³⁾

본 연구에서는 폐목재의 재활용 기술을 파악하고 고부가가치로 활용할 수 있는 기술개발을 위한 기초 자료로서 활용하기 위하여 폐목재의 활용에 대한 한국, 미국, 일본 등 국내외 특허동향을 분석하였다. 또한 폐목재를 콘크리

* Corresponding author
E-mail: jjchoi@kongju.ac.kr

트용 경량골재로 활용하기 위한 기초 연구로서 파쇄폐목재를 잔골재로서 대체 사용한 모르타르의 물성 실험을 실시하였다. 이때 사용한 파쇄폐목재는 소나무 임목부산물로서 이를 파쇄하였을 때 발생된 No. 8체(2.4 mm) 통과분을 대상으로 하였다. 외국에서는 가공 처리한 목재와 시멘트를 결합시킨 다양한 형태의 제품이 개발되고 있다. 국내에서도 목모 보드(Wood wool board)가 생산되고 있는데 이는 KS규격(KS F 4720)에 적합하도록 소나무 원목을 길이 0.25~0.5 m, 폭 1~3 mm, 두께 0.1~0.5 mm의 섬유질 형태의 목모(木毛)로 가공하여 시멘트, 물, 경화제를 혼합한 후 가압하여 성형한 판재 형태의 것이다.⁴⁾ 한편 목재와 시멘트를 혼합하는 경우 목재의 수종과 부위에 따라서는 시멘트의 경화를 저해하는 것으로 알려져 있으며⁵⁻⁷⁾ 콘크리트 표면의 경화불량현상에 대한 연구에서는⁸⁻¹⁰⁾ 목재 거푸집 중의 리그닌 등이 시멘트의 알칼리 성분에게 의해 용출되어 시멘트의 수화를 저해하는 것으로 보고되고 있다. 따라서 콘크리트에서 파쇄폐목재를 잔골재의 일부로서 대체 사용하기 위해서는 파쇄폐목재의 전처리방법에 대한 연구가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 파쇄폐목재를 20°C, 50°C, 80°C 및 100°C의 수중에 침지시킨 후 건조시켜 잔골재의 일부로서 대체 사용한 모르타르의 플로값과 재령 7일의 압축강도 등에 대한 비교시험을 실시함으로써 파쇄폐목재의 전처리 효과를 고찰하였다.

2. 기술분석 및 실험방법

2.1 기술분석방법

폐목재를 이용한 한국, 미국 및 일본의 특허동향 분석을 위해 특허 검색 사이트인 한국특허정보원 특허정보검색서비스(Korea Intellectual Property Right Information Service)에서 Table 1과 같이 발명의 명칭에 포함된 키워드로 검색을 실시하였으며 2011년 12월 31일까지 한국 77건, 미국 316건 및 일본 317건의 특허데이터를 수집하였다. 수집된 데이터 중 거질, 소멸, 무효, 취하, 포기의 특허 및 폐목재와 관련이 적은 내용의 특허를 제외시켜 한국 71건, 미국 216건, 일본 227건의 유효 데이터를 추출하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 사용재료

시멘트는 밀도 3.15 g/cm³, 분말도 3300 cm²/g의 1종 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 잔골재는 KS L ISO 679 규격의 시멘트강도 실험용 표준사를 사용하였다. 파쇄폐목재는 소나무 임목부산물을 파쇄한 것으로 No. 8체(2.4 mm)를 통과시킨 것을 사용하였다.

Table 1 Search keywords and effective patent number on the usage of waste wood

Classification	Search keyword list	Collected patent number	Effective patent number
Korea	폐목재, 임목폐기물, 톱밥, 목재칩, 우드칩	77	71
U.S.	Wood waste, Forest wood, Saw dust, Wood chip,	316	216
Japan	Tree waste, Forest waste	317	227

파쇄폐목재의 전처리방법으로는 폐목재와 물의 질량비를 1:10으로 하고 각각 수온 20°C에서 48시간, 수온 50°C에서 24시간, 수온 80°C에서 6시간 및 수온 100°C에서 30분 동안 물에 침지시킨 후 바로 꺼내어 100±5°C에서 24시간 동안 건조시켰다.

2.2.2 배합 및 실험방법

모르타르 배합은 Table 2에 나타난 바와 같이 물-시멘트 비 50%, 시멘트와 잔골재의 질량 비 1:2로 정하고, 파쇄폐목재의 사용량은 잔골재 질량에 대한 대체율 0, 2, 4, 6, 8, 10%의 6수준으로 하였다.

모르타르 물성 실험으로 플로시험과 단위질량 및 압축강도실험을 실시하였다. 이때 플로시험은 KS L 5111규격에 따라 실시하였으며, 강도실험은 50×50×50 mm의 공시체를 제작한 다음 24시간 지나 탈형하고, 23±2°C에서 수중양생을 실시한 후 재령 7일의 압축강도를 측정하였다.

Table 2 Mixture proportions of mortar

No.	Waste wood replacement (wt. %)	W/C (%)	Sand/Cement wt. ratio
1	0	50	2.0
2	2		
3	4		
4	6		
5	8		
6	10		

3. 기술동향 분석 및 실험결과

3.1 국내외 특허 등록 현황

Fig. 1과 Fig. 2는 폐목재에 관한 국내외 연도별 특허등록건수 및 누적건수를 나타낸 것이다. 또한 Fig. 3, Fig. 4 및 Fig. 5는 연도별로 폐목재의 활용분야를 구분하여 한국, 미국 및 일본의 특허등록건수를 나타낸 것이다. 폐목재에 관한 한국, 미국 및 일본의 특허등록현황을 보면 1974년부터 특허등록이 시작되었으며, 2000년 이후 활발한 특허등록이 이루어졌다. 특히 1999년부터 2007년까지 총 특허등록건수의 약 61%에 해당하는 특허활동이 진행된 것으로 나타났는데 이는 세계적으로 환경문제에 관한 관심이 높아지면서 단순히 매립 및 소각으로 처리되었던 폐목재의 활용에 관한 사회적 관심이 반영된 것으로 판단된다. 우리나라에서는 조사대상 3개국의 특허등록건수 중 14%를 차지한 것으로 나타났으며 2005년 이후 본격적인 특허등록이 이루어졌다.

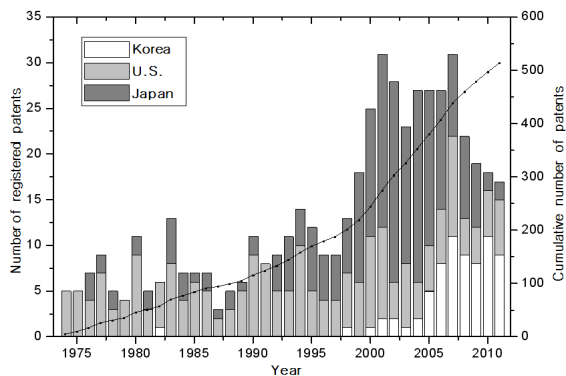


Fig. 1 Number of registered patents by year(1).

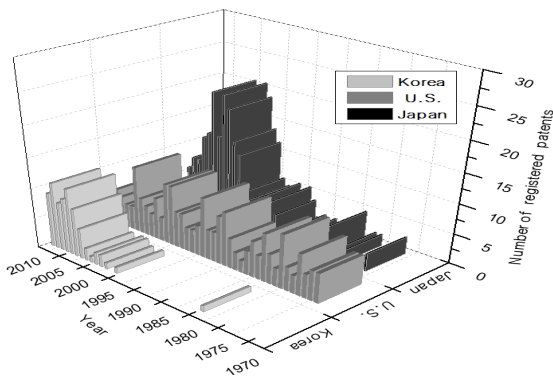


Fig. 2 Number of registered patents by year(2).

미국에서는 특허등록이 시작된 1974년부터 현재까지 꾸준한 특허등록을 보여주고 있다. 그리고 일본에서는 1990년대 초반부터 2009년까지 많은 수의 특허등록이 이루어졌으며 2010년 이후는 그 수가 다소 감소되고 있는 상황이다.

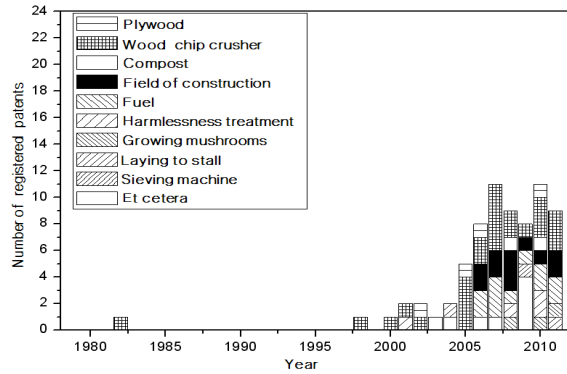


Fig. 3 Contents of patents registered in Korea

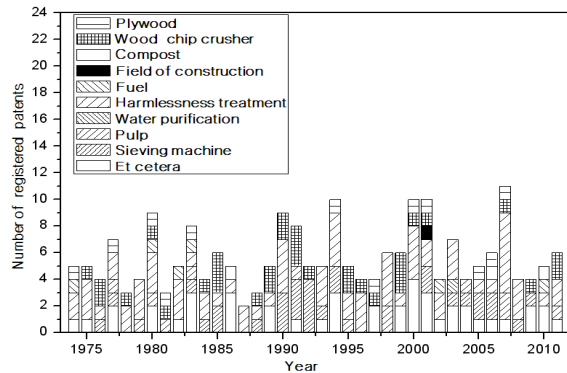


Fig. 4 Contents of patents registered in U.S.

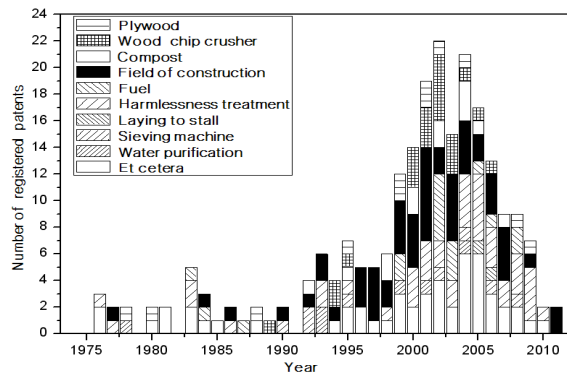


Fig. 5 Contents of patents registered in Japan

3.2 특허 내용 분석

Fig. 6, Fig. 7 및 Fig. 8은 한국, 미국 및 일본의 폐목재

에 관한 특허내용에 따른 등록건수를 나타낸 것이며, 그림 속의 항목 중 “Harmlessness treatment”는 폐목재를 소각 및 매립 또는 재료로 사용하여 제품을 생산할 때 유해한 요소가 배출되지 않도록 하는 화학처리를 의미하는 것이며, “Water purification”은 오염된 수질을 정화하기 위한 여재를 의미한다. 우리나라에서는 발생하는 폐목재의 저장 및 처리를 용이하게 하도록 하는 분쇄장치에 관한 특허등록내용이 전체 71건 중 25건으로 가장 많았으며 연료 및 건설 분야에 이용되는 특허 내용이 각각 11건으로 그 뒤를 이었다. 기타사항 8건 가운데는 “칼라목재칩 제조 방법”, “목재칩 운송장치” 등이 포함되어 있다.

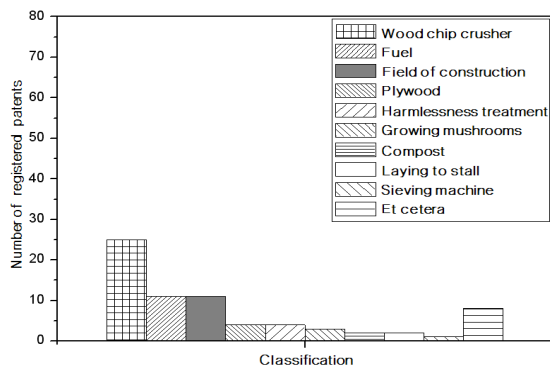


Fig. 6 Classification of Korea patents

미국의 폐목재에 관한 특허등록현황은 무해처리, 분쇄장치, 크기분류장치 순으로 전체 216건 중 각각 74건, 32건, 30건으로 나타났다. 기타사항은 총 44건으로 “목재칩 수분함량 분석법”, “목재칩 수집장치” 등에 관한 것이 포함된다.

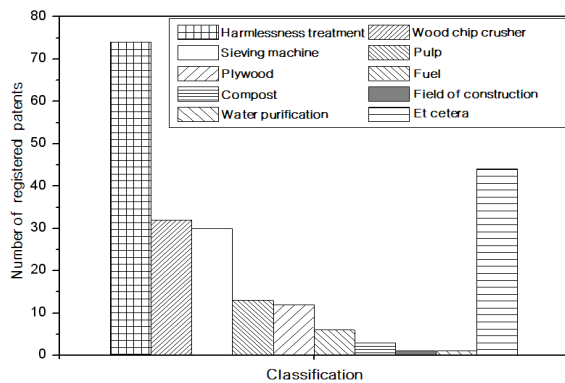


Fig. 7 Classification of U.S. patents

일본에서의 폐목재에 관한 특허등록건수는 총 217건 중 건설분야가 55건, 무해처리가 41건, 분쇄장치 21건의 순으로

로 나타났으며 기타사항으로는 “목재칩 수분측정장치”, “폐목재를 재료로 한 용기”, “쓰레기 분해용 목재칩”, “폐목재 기름 흡수제” 등 총 51건으로 폐목재에 대한 다양한 방면의 연구가 진행되었음을 보여준다.

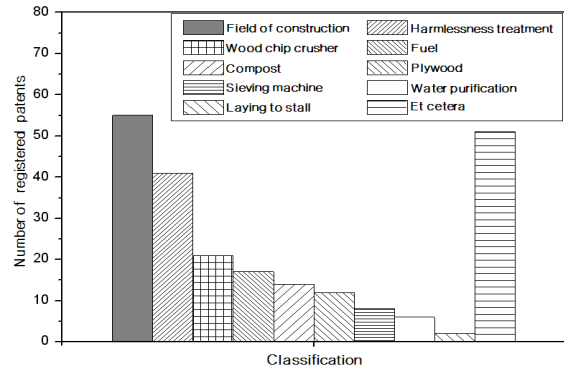


Fig. 8 Classification of Japan patents

한편 Fig. 9와 Fig. 10은 한국과 일본의 건설 분야에서 폐목재 이용에 관한 특허등록건수를 나타낸 것이다. 국내의 경우 건설 분야에서의 폐목재 이용에 관한 특허는 2006년 이후부터 등록이 시작되었으며, 등록건수는 총 11건으로 전체 등록건수의 약 15%를 차지하고 있다. 특허내용으로는 포장재에 관한 내용이 6건으로 가장 많았으며 건축 내장재의 재료로 사용하기 위한 특허가 2건으로 그 뒤를 이었다. 일본의 건설 분야에서의 폐목재 활용에 관한 특허는 전체 등록건수 227건 중 55건으로 특히 “목판 시멘트 판” 등 건축 내장재에 관한 특허가 24건으로 가장 많았으며, 그 다음으로 포장재 11건, 피복재 4건의 순으로 나타났다. 반면 미국의 경우 건설 분야에서의 폐목재에 관한 특허는 Fig. 3에서 보이는 바와 같이 전체 등록건수 216건 중 단 1건으로 나타나 국내와 일본과는 대조적인 양상을 보여준다.

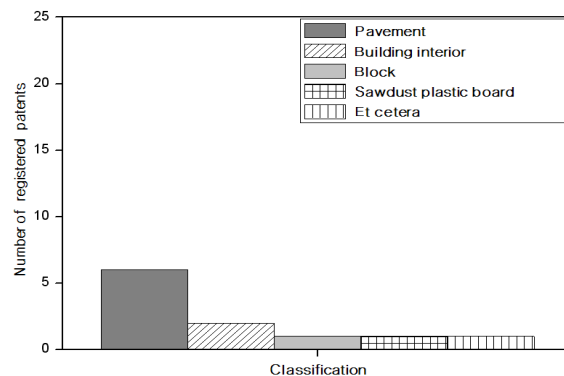


Fig. 9 Patents for construction materials (Korea)

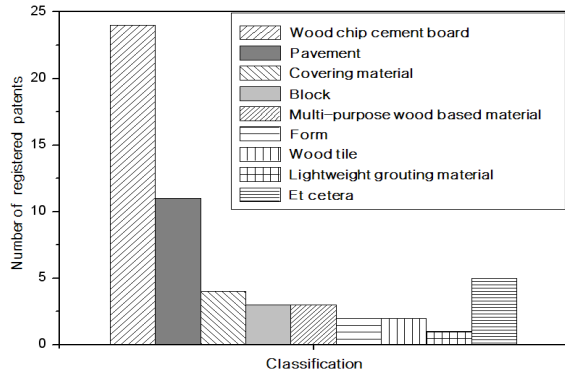


Fig. 10 Patents for construction materials (Japan)

3.3 잔골재의 일부를 파쇄 폐목재로 대체 사용한 모르타르의 특성

Fig. 11은 파쇄폐목재를 잔골재의 일부로서 대체 사용하였을 때 그 대체율에 따른 모르타르 플로값을 나타낸 것이다. 이 그림에서 파쇄폐목재의 대체 사용 비율이 증가하는데 따라 플로값은 일정하게 감소한 것을 알 수 있다. 또한 파쇄폐목재의 전처리방법에 따른 모르타르 플로값의 변화는 거의 나타나지 않았으며, 평균적으로 볼 때 파쇄폐목재의 잔골재 질량에 대한 대체율 2~8%의 범위에서 그 대체율이 1% 증가하는데 따른 플로값 감소는 약 20 mm 정도로 나타났다. 파쇄폐목재의 대체 사용 비율이 증가하는데 따른 플로값의 변화는 건조 상태의 파쇄폐목재가 모르타르의 재료 혼합 과정에서 물을 흡수하게 되었으며 또 파쇄폐목재가 상대적으로 다른 재료보다 밀도가 낮아 기인한 것으로 판단된다.

Fig. 12는 파쇄폐목재의 대체율에 따른 모르타르의 단위용적질량 변화를 나타낸 것이다.

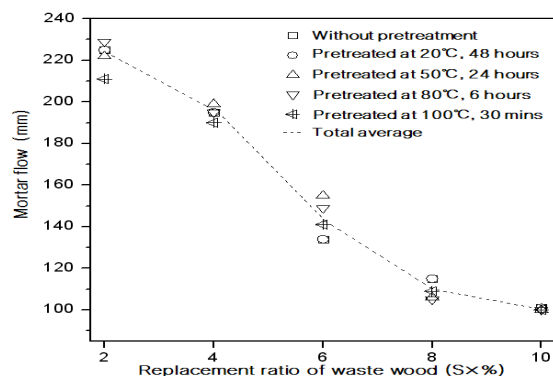


Fig. 11 Change of mortar flow according to replacement ratio of waste wood

잔골재를 파쇄폐목재로 대체하여 사용하였을 경우 단위용적질량은 감소하였으며, 잔골재에 대한 파쇄폐목재의 질량 대체율이 2~10%인 경우 단위용적질량은 약 1860~2000 kg/m³ 정도로서 파쇄폐목재를 사용하지 않은 경우에 비하여 200~340 kg/m³ 정도의 단위용적질량 감소를 나타냈다.

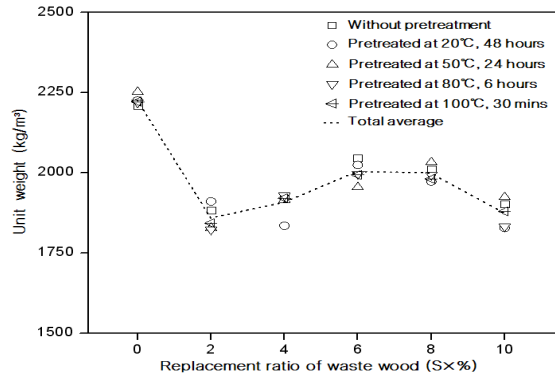


Fig. 12 Change of Unit weight according to replacement ratio of waste wood

Fig. 13은 파쇄폐목재의 물에 의한 전처리방법에 따라 이들 파쇄폐목재를 잔골재로 대체 사용하였을 때의 그 대체율에 따른 모르타르의 재령 7일 압축강도를 비교하여 나타낸 것이다. 대체로 파쇄폐목재를 잔골재로 대체 사용한 경우 압축강도는 크게 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 파쇄폐목재의 대체율이 많을수록 비례적으로 강도가 저하하지는 않았으며 대체율 6% 정도에서 강도가 다소 상승하는 경향을 보였다. 이와 같이 어느 일정 대체율에서 모르타르의 압축강도가 크게 나타난 원인은 모르타르의 혼합과정에서 파쇄폐목재가 물을 흡수하여 발생하는 모르타르의 물-시멘트비 감소와 더불어 본 연구에서의 모르타르 배합결정방법과 관련이 있는 것으로 추정된다.

또한 Fig. 13에서 파쇄폐목재의 물에 의한 전처리방법에 따른 모르타르의 압축강도 변화를 비교해 보면 온도 20°C의 수중에서 48시간 동안 침지시킨 파쇄폐목재를 사용한 모르타르의 경우는 물에 의해 전처리를 하지 않은 파쇄폐목재를 사용하였을 때와 비교하여 거의 강도변화가 나타나지 않았다. 그러나 온수로 처리한 파쇄폐목재를 사용한 경우는 전처리를 하지 않은 파쇄폐목재를 사용하였을 때와 비교하여 압축강도가 상승하는 경향을 나타냈다. 이러한 온수처리에 의한 강도증가현상은 온수의 온도가 높을수록 크게 되는 경향이 있으며, 온도 100°C로 30분간 침지 처리한 파쇄폐목재를 사용한 모르타르에서 강도가 가장 높게 나타났다.

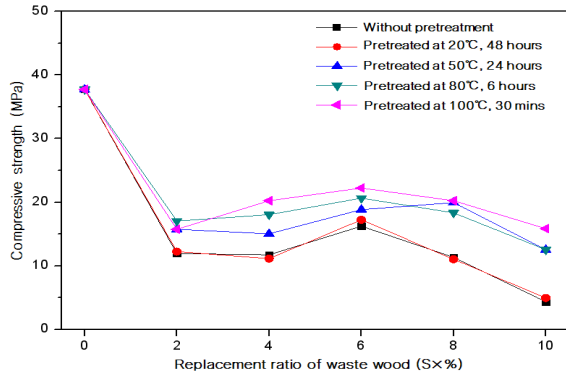


Fig. 13 Change of 7 day compressive strength according to pretreatment and replacement ratio of waste wood

Fig. 14는 모르타르의 단위용적질량과 모르타르 압축강도의 관계를 나타낸 것이다. 모르타르의 단위용적질량에 따른 압축강도의 경향은 온도 20°C의 수중에서 침지시킨 파쇄폐목재를 사용한 모르타르의 경우와 물로 전처리를 하지 않은 파쇄폐목재를 사용하였을 때의 강도 변화는 거의 같으나 온수로 처리한 파쇄폐목재를 사용한 경우는 같은 단위용적질량에서 압축강도가 상승하는 경향을 나타냈으며 이러한 경향은 온수의 온도가 높을수록 크게 되는 경향이였다.

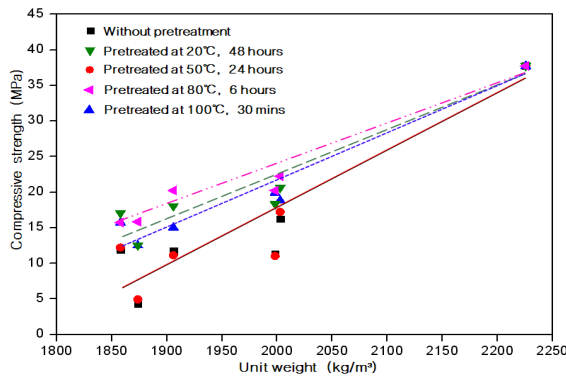


Fig. 14 Relationship between 7 day compressive strength and unit weight of mortar

그러나 이러한 전처리 효과는 반드시 만족스럽다고는 볼 수 없기 때문에 앞으로 파쇄폐목재의 다양한 용액에 의한 침지 효과와 더불어 시멘트 수화 저해성분의 추출 방법 등에 대한 다양한 연구 검토에 의해 파쇄폐목재를 사용한 모르타르와 콘크리트의 강도를 상승시키기 위한 꾸준한 연구검토가 필요할 것으로 생각된다.

4. 결론

1) 폐목재에 관한 한국, 미국 및 일본의 특허등록현황을 보면 2000년 이후 활발한 특허등록이 이루어졌으며, 이는 세계적으로 환경문제에 관한 관심이 높아지면서 단순히 매립 및 소각으로 처리되었던 폐목재의 활용에 관한 사회적 관심이 반영된 것으로 추정된다.

2) 한국과 일본에서는 폐목재를 새로운 고부가가치 재료로 활용하기 위한 기술개발이 활발히 이루어진데 반해, 미국에서는 폐목재의 무해처리에 관한 특허등록이 가장 많았던 것으로 나타났다.

3) 모르타르 실험에서 파쇄폐목재의 잔골재 질량에 대한 대체율이 1% 증가하는데 따라 플로값은 약 20 mm 정도 저하하였으며, 파쇄폐목재의 수처리 온도에 따른 플로값의 변화는 거의 나타나지 않았다.

4) 파쇄폐목재를 잔골재로 대체 사용한 경우 압축강도는 크게 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 파쇄폐목재의 대체율이 많을수록 비례적으로 강도가 저하하지는 않았다.

5) 온도 20°C의 수중에서 48시간 동안 침지시킨 파쇄폐목재를 사용한 경우는 전처리를 하지 않은 파쇄폐목재를 사용하였을 때와 비교하여 모르타르의 강도변화가 거의 나타나지 않았다. 그러나 온수로 처리한 파쇄폐목재를 사용한 경우는 전처리를 하지 않은 파쇄폐목재를 사용하였을 때보다 모르타르의 압축강도가 상승하였으며, 이러한 효과는 온수의 온도가 높을수록 크게 되는 경향을 나타냈다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 환경부, 환경통계연감 제23호, 2010. 12
2. 김외정, “폐목재 수집 및 건설산업의 활용과 전망”, 한국건설순환자원학회지, Vol.1, No.1, pp.47~51, 2002.
3. 환경부, “폐목재 재활용 활성화 대책”, 2007
4. (주)디엠 홈페이지, <http://www.lcmkorea.com/>
5. 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.

6. 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.
7. 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.
8. 문한영, 최재진, “목재 거푸집 사용으로 콘크리트 표면에 발생하는 표면경화불량에 대한 연구”, 대한토목학회논문집, 제3권 제2호, pp.73~85, 1983.
9. M. K. Hurd, “Dusting of Formed Concrete Surfaces”, ACI Jour., Vol. 65, 1968.
10. 정재동, 김원기, 김남호, 이양수, “외국산시멘트 사용 콘크리트의 경화불량 원인에 대한 사례연구”, 레미콘 32, 한국레미콘공업협회, 1992.

폐목재의 활용을 위한 기술동향 분석 및 경량잔골재로서의 활용방안에 관한 연구

폐목재의 활용에 관한 특허동향 분석을 위해 한국특허정보원의 특허정보검색서비스(KIPRIS)에서 관련 키워드로 한국, 미국 및 일본의 특허 검색을 실시하여 2011년 12월 31일까지 특허 등록된 한국 77건, 미국 316건 및 일본 317건의 특허 자료를 수집하였다. 수집된 자료 중 거절, 소멸, 무효, 취하, 포기 및 폐목재와 관련이 적은 내용의 특허를 제외시키고 얻은 한국특허 71건, 미국특허 216건, 일본특허 227건에 대한 분석을 실시하였다. 또한 폐목재를 콘크리트용 경량골재로 활용하기 위한 기초 연구로서 파쇄시킨 소나무 임목부산물 No. 8(2.4 mm)체로 쳐서 이를 통과시킨 것을 100±5℃에서 24시간 동안 건조시킨 다음 잔골재의 일부로서 대체 사용한 모르타르 물성 실험을 실시하였다. 목재와 시멘트를 혼합하는 경우 목재의 수증과 부위에 따라서는 시멘트의 경화를 저해하는 것으로 알려져 있기 때문에 본 연구에서는 파쇄폐목재를 20℃, 50℃, 80℃ 및 100℃의 수증에서 일정 시간 동안 침지시킨 후 건조시킨 다음 이를 사용한 모르타르의 물성실험을 실시하여 파쇄폐목재의 전처리 효과를 함께 고찰하였다.