

재생시멘트의 품질향상을 위한 제조방법에 관한 연구

An Experimental Study of the Recycled Cement Manufacturing Method
for Improving the Material Quality

오 상 균*

Oh, Sang-Gyun

Abstract

The recycle of domestic waste concrete is, however, still in an early stage, and it has been only partially being used for the road fillers. As a counter-plan of activating recycled concrete, we have confirmed the hydration possibility of the waste concrete powder from the experiment on recycling the aggregate powder since 2000. Though that study, we have known that the strength is increasing when the baking time is longer, and baking temperature maintain in 700℃. Also, the quality is lowered because of the fine aggregate powder which has a bad influence on flowability & compression strength by adhesion of mortar on the aggregate face. Therefore, mortar and interfacial separation of aggregate are large in proper quality for concrete recycling is expected that affect.

The purpose of this study is to investigate effective aggregate separation and to determine the most suitable production method controlling the duration of baking time for recycled cement from the compressive strength, X-ray diffraction and ingredient analysis test.

키워드 : 재생시멘트, 폐시멘트모르터, 반복가열냉각, 소성시간, 압축강도

Keywords : Recycled Cement, Waste Cement Mortar, Bake and Cooling Cycle, Baking Time, Compressive Strength

1. 서 론

건설폐기물의 50% 이상을 차지하고 있는 폐콘크리트에 관한 재활용방안은 국내·외적으로 국가적 연구과제로 활발히 진행되고 있다.

한편, 국내의 경우 향후 건설폐기물의 발생량 예측에 의하면 2005년도에 14,953천톤의 폐콘크리트가 발생되고, 2020년도에는 이보다 6.8배가 많은 101,293천톤의 폐콘크리트가 발생할 것으로 예상하고 있다. 이에 환경부와 건설교통부에서는 1999년 7월에 발표된 자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 및 시행령에 의한 건설폐자재 배출사업자의 재활용지침을 통해 건설폐자재 중 폐콘크리트의 재활용 목표율을 2000-2001년에는 70%, 2002년 이후부터는 75%로 할 것을 규정하고 개정 고시함으로써 건축물의 철거로 발생하는 건설폐자재의 재활용을 촉진하고 있다. 그러나 국내의 폐콘크리트의 재활용은 아직 초기 단계이며, 주로 도로공사의 성토재료나 매립지의 복토재료로만 활용하고 있는 실정이다. 이에 저자 등은 폐콘크리트의 보다 효율적이고 이상적인 재활용을 위하여, 재생콘크리트 개발이라는 목표 아래 2000년부터 골재를 포함한 시멘트 경화체 부분까지의 재생을 위한 실험을 시행하였다. 그 결과, 폐콘크리트 미분말의 수화 회복가능성을 확인하였으며, 재생시멘트 제작과정에 필수적이라 할 수 있는 소성 온도 및 시간에 있어 온도는 700℃ 전후, 소성시간은 길어질

수록 높은 강도를 나타내는 것을 확인한 바 있다. 또한 그 제조과정에서 경화 시멘트 페이스트와 골재간의 원활한 분리가 이루어지지 않아 재생모르터의 유동성 및 압축강도의 저하를 초래하고, 재생시멘트의 경우도 다량으로 혼입된 골재 미분말로 인하여 품질이 저하되는 것을 확인하였다.¹⁾

본 연구는 재생시멘트 제조에 있어서 골재와 시멘트 페이스트 부분의 상이한 열적 성질을 감안하여 반복적인 가열과 냉각을 통해 효과적인 골재분리 방법을 고찰하고, 본 소성에 있어 최적의 소성시간을 찾아내어 그에 따른 미시구조 및 화학조성의 변화를 실험적으로 고찰함으로써, 고품질의 재생시멘트 제조방법을 구축하기 위한 기초적 자료를 얻는 데에 그 목적이 있다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

본 실험에서 사용한 각 재료와 물리적인 특성은 표 1과 같다. 原모르터 제조에 있어 분체로는 비표면적이 3,200cm²/g인 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다. 혼화재료는 폴리카르본산계 고성능AE감수제를 소정의 플로우를 얻기 위해 적정량 사용하였고, 잔골재로는 표준입도분포곡선을 만족하는 섬진강모래를 사용하였다. 그 기호는 다음과 같다.

* 정희원, 동의대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

표 1. 사용재료의 물성 및 기호

사용재료	물성	기호
보통포틀랜드 시멘트	비중: 3.15 비표면적(blaine): 3,200(cm ² /g)	OP
혼화제 (고성능AE감수제)	폴리카르본산계 비중: 1.07 ± 0.02	SP
잔골재 (섬진강砂)	최대치수 : 5mm 표건비중: 2.55 절건비중: 2.52 흡수율: 1.19% F.M: 2.89	S

2.2 실험인자 및 배합

본 연구는 2가지의 실험이 동시에 병행되었으므로 편의상 효과적인 골재분리방법을 위한 실험을 실험 1, 최적의 소성시간을 찾아내기 위한 실험을 실험 2로 정의한다. 실험1의 인자 및 수준은 표 2와 같으며, 실험 2의 인자 및 수준은 표 3과 같다. 실험 1의 경우, 原모르터(Original Mortar) W/C=60%, S/M=40%로 고정시켰으며, 반복가열냉각 유무에 따라 2수준으로 하고 반복가열 온도는 250℃로 하였다. 반복가열 시간을 60, 90분으로 하고 그에 따른 가열 횟수를 3, 6회로 하였다.

표 2. 실험 1의 인자 및 수준

실험인자	수준	수준수	기호
原모르터	W/C : 60% S/M : 40%	1	OM
반복가열온도(℃)	무가열, 250	2	Non-BC, BC
반복가열시간(분)	60, 90	2	BC60, BC90
반복가열 횟수	3, 6	2	-3, -6
냉각 방법	수냉식(15℃이하)	1	-
분급 (체눈크기)	0.15mm	1	-
소성온도(℃)	700	1	-
소성시간(분)	90	1	-
재생 모르터	W/C : 60% S/M : 40%	1	RM

냉각방법은 15℃이하의 냉수로 급냉하여, 골재와 경화 시멘트 페이스트와의 열팽창계수의 차를 극대화시켜 보다 효과적인 계면분리가 가능하도록 하였다. 분급은 체눈크기0.15mm의 체로 하였으며, 이전의 연구 데이터를 참고하여 소성온도는 700℃, 소성시간은 90분으로 고정시켰다.1) 기호에 있어 BC는 Bake & Cooling을 의미하고 OM과 RM은 각각 Original Mortar와 Recycled Mortar를 나타낸다.

한편, 실험 2에서는 반복가열과 냉각을 250℃, 60분으로 6회, 수화성 회복을 위한 소성온도는 700℃로 고정시키고, 소성시간과 압축강도를 비례관계에 있다는 것을 감안하여 60, 90, 120, 150분의 4수준으로 하였다.

표 3. 실험 2의 인자 및 수준

실험인자	수준	수준수	기호
原모르터	W/C : 60% S/M : 40%	1	OM
반복가열냉각	250℃ 60분 6회	1	-
소성온도(℃)	700	1	-
소성시간(분)	60, 90, 120, 150	4	T
분급(체눈크기)	0.15mm	1	-
재생모르터	W/C : 60% S/M : 40%	1	RM

실험 1과 실험 2의 原모르터 배합은 표 4와 같다. 原모르터와 재생모르터의 물결합재비(W/C)는 60%로 하고 잔골재 혼입율(S/M)은 40%로 고정하였다. 또한 실험 1과 실험 2의 재생모르터의 배합은 표 5, 표 6과 같다. 기호에 있어서 C'는 재생시멘트(Recycled Cement)를 의미하며 표 5의 Non-BC, BC60-3, BC60-6, BC90-3, BC90-6은 각각의 인자에 따른 반복가열냉각 시간과 횟수를 나타내며, 표 6의 T60, T90, T120, T150은 각각의 인자에 따른 소성시간(분)을 나타낸다. 굳지 않은 재생모르터의 유동성 확보를 위하여 고성능AE감수제(폴리카르본산계)를 적정량 첨가하였고, 原모르터와의 정량적인 비교 및 분석을 위하여 재생모르터의 물결합재비와 잔골재율은 W/C'=60%, S/M=40%로 原모르터와 동일하게 고정시켰다. 한편, 표 7은 반복가열냉각에 따른 재생시멘트의 비중을 나타낸 것이고, 표 8은 각 소성시간별 재생시멘트의 비중을 나타낸 것이다. 재생시멘트 미분의 비중이 이전의 실험1) 보다 높게 나온 것은 原모르터와 재생모르터 수준에서의 잔골재율 30%에 비해 본 실험에서는 40%가 되어 잔골재율 10% 증가에 따라 골재미분의 혼입량이 많아졌기 때문으로 사료된다.

표 4. 原시멘트를 사용한 모르터

Sample	Symbol	W/C (%)	S/M (%)	Unit Weight (g/l)		
				W	C	S
Original Mortar	OM	60	40	392	655	1020

표 5. 반복가열냉각에 따른 재생시멘트를 사용한 모르터

Sample	Symbol	W/C' (%)	S/M (%)	Unit Weight (g/l)		
				W	C'	S
Recycled Mortar	Non-BC	60	40	374	622	1020
	BC60-3			376	627	1020
	BC60-6			373	622	1020
	BC90-3			375	623	1020
	BC90-6			374	624	1020

표 6. 소성시간별 재생시멘트를 사용한 모르터

Sample	Symbol	W/C' (%)	S/M (%)	Unit Weight (g/l)		
				W	C'	S
Recycled Mortar	RM-T60	60	40	370	616	1020
	RM-T90			375	626	1020
	RM-T120			378	628	1020
	RM-T150			379	630	1020

표 7. 반복가열냉각에 따른 재생시멘트의 비중

Symbol	Non-BC	BC60-3	BC60-6	BC90-3	BC90-6
Density	2.75	2.80	2.74	2.77	2.76

표 8. 소성시간별 재생시멘트의 비중

Symbol	RM-T60	RM-T90	RM-T120	RM-T150
Density	2.68	2.78	2.83	2.85

2.3 실험 방법

그림 1은 재생시멘트의 제조방법에 관한 프로세스를 나타낸 것이다. 먼저 원모르터를 제조하여 재생시멘트의 물성과 비교를 위해 압축강도 시험을 위한 공시체(5×5×5cm)를 제작하고 7일, 28일 경과 후 각각 압축강도 시험을 하였다. 그리고 실험 1의 경우 원모르터를 조크러셔로 1차파쇄(최대 5mm크기)한 후 250℃로 시간을 60분, 90분, 횟수를 3회, 6회에 걸쳐 반복가열냉각을 하였다. 반복가열냉각이 끝난 시멘트모르터를 불밀을 이용하여 2차 미분쇄한 후 건식 세퍼레이터 통해 0.15mm이하의 미분을 공급하였다. 이때 공급되는 미분말의 수급량은 실험 정도의 차이는 있으나 잔골재를 40% 포함하고 있는 원모르터 미분말의 약 40~45%의 범위인 것으로 확인되었다.

다음은 이전의 실험 데이터¹⁾를 참고하여 700℃에서 90분에 걸쳐 전기로를 이용해 소성처리하였다. 한편, 실험 2의 경우 250℃로 60분간 6회의 반복가열냉각을 하고 불밀을 이용하여 2차 미분쇄한 후 분급기를 통해 100번체(0.15mm)이하로 통과된 미분을 700℃에서 60, 90, 120, 150분별로 구분하여 전기로에 투입하고 소성처리하여 상온에서 냉각시켰다. 실험 1과 실험 2에서 제조된 재생시멘트는 물과 급격하게 수화반응을 하게 되므로 응결지연을 위해 이수석고를 중량비의 4% 첨가하였다. 이렇게 만들어진 재생시멘트를 사용하여 원모르터의 배합비와 동일하게 재생모르터를 제조하고, 재령(7일, 28일)에 따른 압축강도를 측정하였다. 압축강도 시험이 끝난 재생모르터는 각 Sample의 소성시간에 따른 미세구조의 변화를 관찰하기 위하여 경화체 파편을 SEM촬영하였다. 또한 X선 회절분석을 통해 경화 전후의 화학조성을 비교 및 분석하였다.

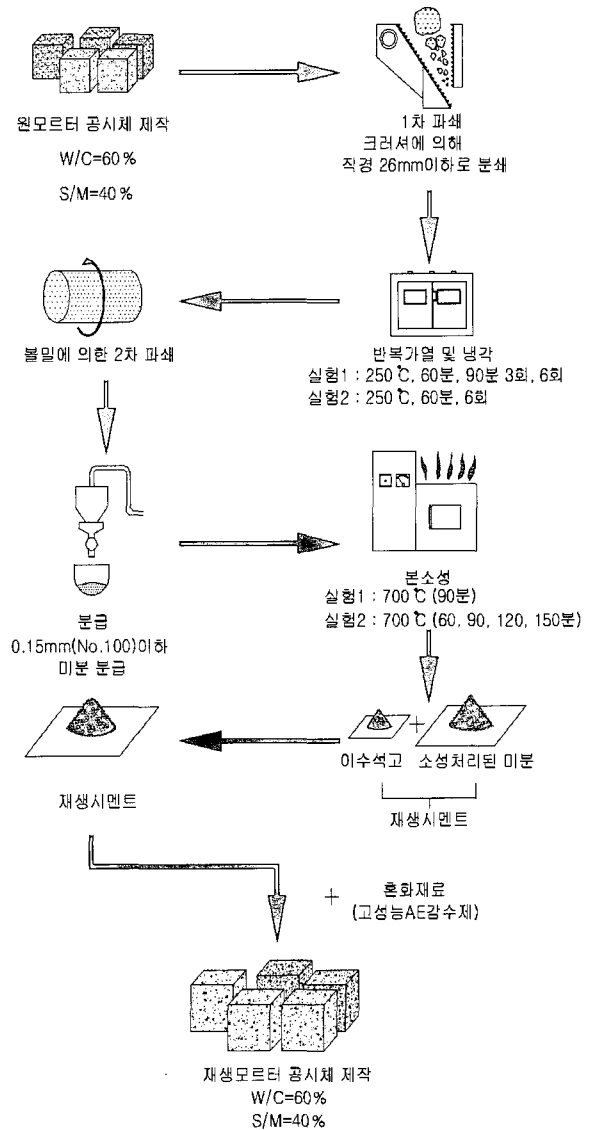


그림 1. 재생시멘트의 제조방법

3. 시멘트와 골재의 분리방법에 관한 실험결과 및 고찰

3.1 재령에 따른 재생모르터의 압축 강도

그림 2는 재령(7일, 28일)에 따른 재생모르터의 압축강도를 비교한 것이다. 7일 압축강도는 가열시간과 횟수가 늘어날수록 더욱 높은 압축강도를 발현하는 경향을 보였으며 28일 압축강도에서 BC60-3, BC60-6, BC90-3, BC90-6 모두 Non-BC에 비해 높은 강도를 나타내었다. 즉, 반복가열냉각을 한 재생모르터의 압축강도가 반복가열냉각을 하지 않은 재생모르터에 비해 높은 강도를 나타낸 것은 반복가열냉각이 골재와 시멘트 경화체와의 분리를 촉진시킨 것으로 사료되어진다.

BC60-3의 경우 반복가열냉각의 시간과 횟수에 비례하여 압축강도가 증가한 다른 재생모르터와 달리 28일 압축강도가

현격히 변화하였다. 이는 분급과정에 있어서 매쉬를 이용한 건식 세퍼레이터 사용의 한계인 것으로 판단된다.

급후, 건식 세퍼레이터를 이용한 재생시멘트 분급과정의 어려움과 한계를 보완하기 위해서는 비중 차 등으로 미세분급이 가능한 흡입식 분급기 등을 이용하여 실험오차에 관한 문제점을 명확히 할 수 있을 것으로 생각된다.

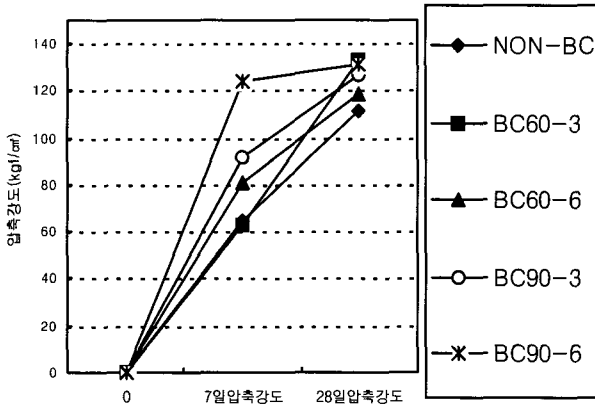


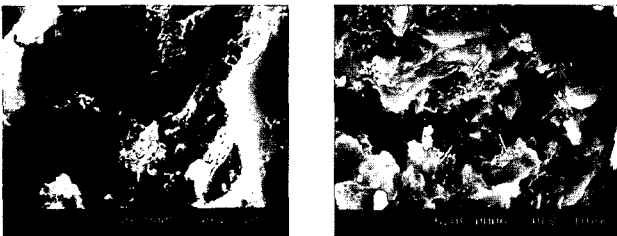
그림 2. 재령에 따른 재생모르터의 압축강도

3.2 재생모르터의 성상

1) 주사현미경 사진

그림 3은 Non-BC와 가장 높은 강도발현율을 보인 BC60-3 파편의 전자주사현미경 사진이다. 다수의 골재 미분이 포함되어 있을 것으로 판단되는 Non-BC의 경우 상대적으로 수화반응에 참여하는 시멘트가 적어 수밀한 구조를 구성하지 못하고 있다. 반면에 반복가열냉각과정을 거친 BC60-3의 경우 다량의 시멘트 미분에 의해 활발한 수화반응이 진행되어 C-S-H와 Ca(OH)₂가 다량으로 형성되어 치밀한 구조를 이루고 있다.

이는 7일과 28일의 압축강도 발현과 일치하는 부분이며 반복가열냉각이 잔골재 미분의 혼입을 저하시켜 상대적으로 수화반응에 참여하는 절대시멘트량이 늘어났기 때문으로 사료된다.

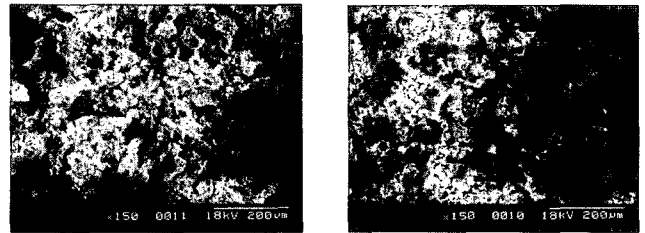


Non-BC, ×5000 BC60-3, ×5000

그림 3. 재생모르터의 주사현미경 사진

그림 4는 반복가열냉각과정을 거치지 않은 Non-BC와 25°C, 60분, 3회의 반복가열냉각을 거친 BC60-3의 재생시멘트 분말 주사현미경 사진이다. 또한 반복가열냉각이 시멘트의 화학조성 변화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 EDS(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)분석에 의해 성분조사를 하였다. 표 9에서와 같이 반복가열냉각에 의해 발화점이 가장 낮

은 황(S)만이 발화하고, 나머지 주요성분(Ca, O, Si, Fe, Al)들은 그 조성비를 유지한 것으로 보아 반복가열냉각에 의한 화학 조성변화는 경미하다고 판단할 수 있다. 한편, Non-BC의 경우 BC60-3보다 골재의 미분이 다량으로 함유되어 있어, 반복가열냉각을 하지 않은 재생모르터가 반복가열냉각과정을 거친 재생모르터의 강도발현보다 떨어지는 것은 다량으로 함유되어 있는 골재의 미분때문이라고 판단된다.

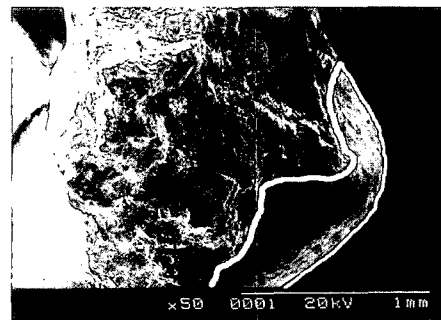


Non-BC Powder, ×150 BC60-3 Powder, ×150
사진 4. 재생시멘트 분말의 주사현미경 사진

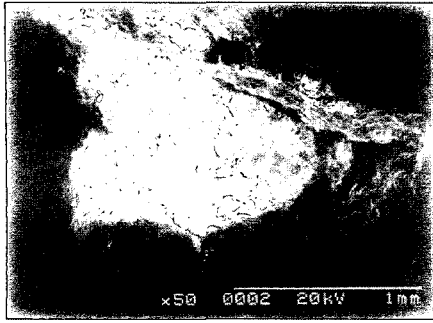
표 9. EDS 분석을 통한 화학 성분 조성비(단위:weight)

Element	Non-BC(%)	BC60-3(%)
O	37.84	40.46
Mg	1.94	1.37
Al	4.90	4.23
Si	14.06	13.52
S	2.87	1.04
Ca	34.63	35.03
Fe	3.77	4.35
Total	100	100

그림 5는 반복가열냉각 유무에 따른 골재와 수화 시멘트 페이스트의 계면분리를 확인하기 위해 미분쇄 이후에 잔골재 입자를 50배 배율로 SEM 촬영을 한 것이다. 사진에서와 같이 BC60-3의 골재표면에서는 거의 수화 시멘트 페이스트를 확인할 수 없었으나 Non-BC의 경우, 계면분리가 이루어지지 않아 선으로 표시된 것과 같이 수화 시멘트 페이스트가 일정량 부착되어있음을 확인할 수 있었다. 이는 반복가열냉각이 골재와 수화 시멘트 페이스트의 분리에 어느 정도 효과 있을 것으로 판단되는 부분이며, 콘크리트 제조에 있어 굵은골재에 적용 될 경우 천이대의 강도를 저하시켜 그 효과가 더욱 클 것으로 사료된다.



Non-BC, ×50



BC60-3, ×50

그림 5. 골재와 수화 시멘트 페이스트의 계면분리상태

2) 재생시멘트의 X선 회절분석

그림 6은 재생시멘트와 보통시멘트의 X선 회절시험에 의한 성분 분석을 나타낸 것으로 그림과 같이 보통시멘트에서는 골재의 주성분인 SiO₂의 Peak가 나타나지 않았으나, 재생시멘트 제조과정에서 다량으로 첨가된 골재로 인해 Non-BC와 BC60-3에서는 SiO₂의 Peak가 보통시멘트에 비해 높게 나타났다. 또한 높은 강도회복율을 보인 BC60-3이 Non-BC에 비해 SiO₂의 Peak가 낮게 나타났다.

이는 반복가열냉각에 의해 골재의 계면분리가 활발히 일어나 BC60-3에서 골재 미분의 혼입율이 낮아지고 상대적으로 시멘트 성분이 많아져 반복가열냉각을 하지 않은 Non-BC에 비해 압축강도가 높게 나타난 것으로 사료된다.

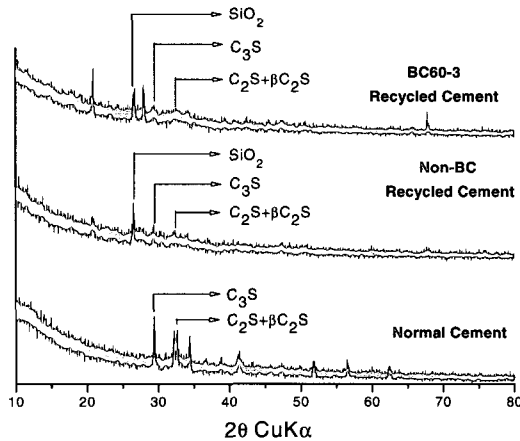


그림 6. 재생시멘트와 보통시멘트의 X선 회절분석

4. 재생시멘트 제조에 있어서 최적

소성시간에 관한 실험결과 및 고찰

4.1 압축강도

그림 7은 재생모르터의 재령에 따른 각 인자별 큐빅공시체 3개의 평균치로 7일과 28일의 압축강도를 측정하여 原모르터와 비교한 그래프이다. 그래프와 같이 재생모르터에 있어 7일 압축강도의 경우 T120과 T150에서는 거의 강도 발현을 하지

않았으며, T60에서 소정의 강도를 회복하였고, T90에서 가장 높은 강도 회복율을 나타내었다.

한편, 28일 압축강도의 경우는 T60, T90, T120의 순으로 소성시간에 비례하여 꾸준히 증가하는 경향을 보였으며, T120에서 최고치를 기록하였다. T150은 T90과 비슷한 강도 발현율을 보이며 T120의 강도에 비해 다소 감소하였으므로, 장기강도에 있어 최적의 소성시간은 120분으로 판단된다. 또한 原모르터의 강도를 기준으로 한 재생모르터의 압축강도는 7일의 경우 최고 30%(T90)까지 회복하였고, 28일의 경우 최고 46%(T120)의 압축강도 회복율을 보였다. 이러한 강도의 저하는 原모르터에 비해 다량 함유되어 있는 골재 미분의 양에 기인하는 것으로 판단되므로, 재생시멘트 제작시 잔골재 미분의 유입을 줄일 수 있는 보다 효과적인 분급방법을 고찰하고, 재생모르터의 배합에 있어 이미 유입된 골재 미분의 양을 고려하여 S/M을 낮춘다면 더욱 높은 강도를 발현할 것으로 사료된다.

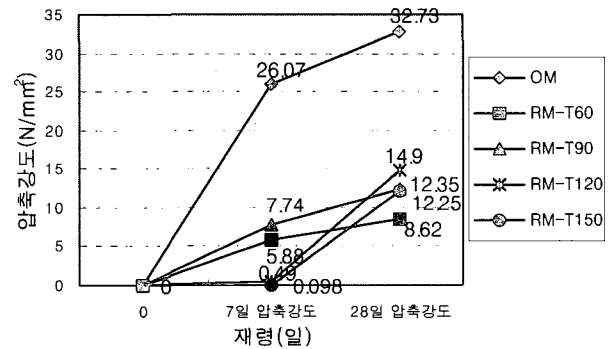


그림 7. 재령별 압축강도 비교

4.2 재생모르터의 성상

그림 8은 재령 28일의 경화한 재생시멘트모르터의 주사현미경(SEM:Scanning Electron Microscope)사진이다. 原모르터의 경우 이미 경화가 상당히 진행되어 C-S-H(규산칼슘수화물)와 Ca(OH)₂(수산화칼슘)가 다량 생성되어 있음을 알 수 있다.

한편, T60은 미수화된 C₃S 입자주위에 에트링가이트가 분포하여 초기단계의 수화반응이 진행되고 있음을 알 수 있다. 장기강도에 기여하는 C₃S와 C₂S가 다른 재생모르터 Sample에 비해 비교적 적게 분포하고 있어 28일 압축강도가 다소 떨어지는 것으로 판단된다. T90은 C-S-H와 Ca(OH)₂, 에트링가이트가 고르게 분포하여 활발한 수화반응이 진행되고 있음을 알 수 있고, 단기와 장기강도에 있어 비교적 높은 강도 발현율을 나타내는 것으로 보아 C₃S와 C₃A가 고르게 함유되어 있을 것으로 판단된다.

금후, T90에 대한 장기강도의 측정이 필요할 것으로 사료된다. T120의 경우 이미 수화반응이 상당히 진행되어 에트링가이트를 거의 찾아볼 수 없었으며, 비교적 빠른 수화반응(28일 이내)을 보이는 C₃S가 다량분포하여 가장 높은 28일강도를 나타낸 것으로 사료된다. T150은 28일에 있어 T90과 비슷한 강도 발현율을 보였으나 T90과 전체적으로 상이한 결정구조를 보이는 것으로 보아 T120과 마찬가지로 C₃S가 다량 함유

되어 있을 것으로 사료된다.

따라서 T120과 T150 은 C_3S 의 조성비가 높을 것으로 사료되며, 이미 수화반응이 상당히 진행되어 있으므로 28일 이후의 장기강도에 있어서는 강도 회복율이 떨어질 것으로 판단된다.

4.3 X선 회절분석

그림 9는 각 시멘트 및 모르터 Sample에 대한 X선 회절분석 결과를 비교한 것이다. 그림에서 Normal Cement는 수화반응 전의 보통포틀랜드시멘트(이하 原시멘트라 함)를 의미하며, Original Mortar는 原시멘트에 잔골재를 혼입하여 수화한 후 분쇄된 原모르터의 미분말을, RC(Recycled Cement)는 수화가 진행되어진 폐시멘트모르터의 미분을 이용해 제조한 재생시멘트를 나타내며, RM(Recycled Mortar)은 이 재생시멘트에 잔골재를 혼입하여 모르터를 제조한 후 다시 물을 첨가하여 수화반응을 진행시킨 경화체의 미분을 나타낸다.

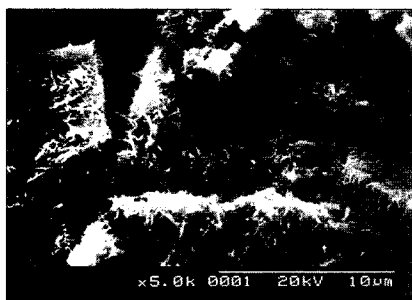
먼저, 原시멘트와 原모르터의 그림을 비교해 보면 수화반응 전에 발견되는 시멘트 주요 화합물 및 CaO의 Peak가 높게 나타났으며, 예상되던 바와 같이 수화반응이 진행된 原모르터의 미분말에서는 골재의 주성분인 SiO_2 와 시멘트의 수화생성물인 $Ca(OH)_2$ 의 Peak가 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

재생시멘트와 재생모르터의 경우는 그 제조과정에서 잔골재 미분이 재생시멘트와 재생모르터에 다량 혼입되었기 때문에 SiO_2 의 Peak가 가장 높게 나타난 것으로 사료된다.

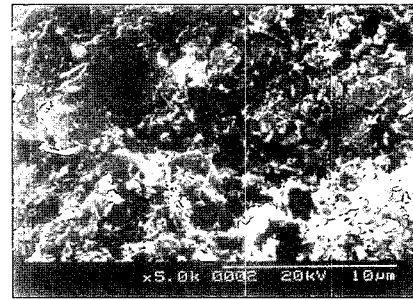
그리고 모든 재생모르터 미분에서는 原모르터 미분과 같이 수화생성물인 $Ca(OH)_2$ 의 Peak가 고르게 나타나고 있음을 그림에서 알 수 있다.



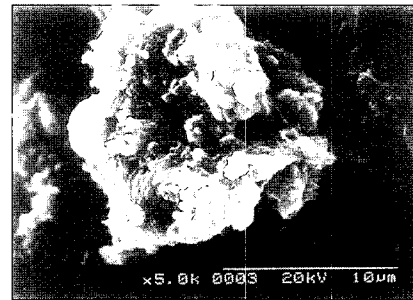
OM, ×5000



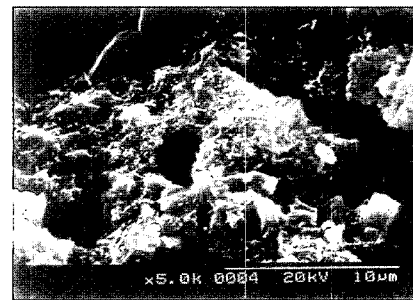
RM-T60, ×5000



RM-T90, ×5000



RM-T120, ×5000



RM-T150, ×5000

그림 8. 재생시멘트모르터의 주사현미경 사진

또 단기강도 회복율이 높게 나타난 T60과 T90에서는 초기 강도에 기여하는 C_3A 의 Peak가 비교적 높게 나타났다. 한편, 재령 28일까지 높은 강도 회복율을 보인 T120과 T150에서는 $C_3S + \beta C_2S$ 의 Peak가 높게 나타나는 것으로 보아 시멘트의 제조시에 소성시간이 길어질수록 C_3A 는 감소하고, C_3S 와 $C_3S + \beta C_2S$ 의 구성비는 많아지는 것으로 판단되어진다.

5. 결 론

본 연구에서는 얻은 결론은 아래와 같다.

- 1) Non-BC는 7일, 28일 강도에서 반복가열냉각을 한 재생모르터에 비해 압축강도가 가장 낮게 나타났다. 이는 계면분리 과정의 생략으로 인해 골재미분 함유량이 증가하였기 때문으로 사료되어진다.
- 2) 반복가열냉각을 통해 수화 시멘트 페이스트와 골재의 계면 분리상태를 파악하기 위해 SEM(×50) 촬영을 한 결과 반복가열냉각 과정을 거친 골재의 표면에서는 수화 시멘트

페이스트가 확인되지 않았다. 이는 반복가열냉각이 수화 시멘트 페이스트와 골재의 분리를 촉진시킨 것으로 사료된다.

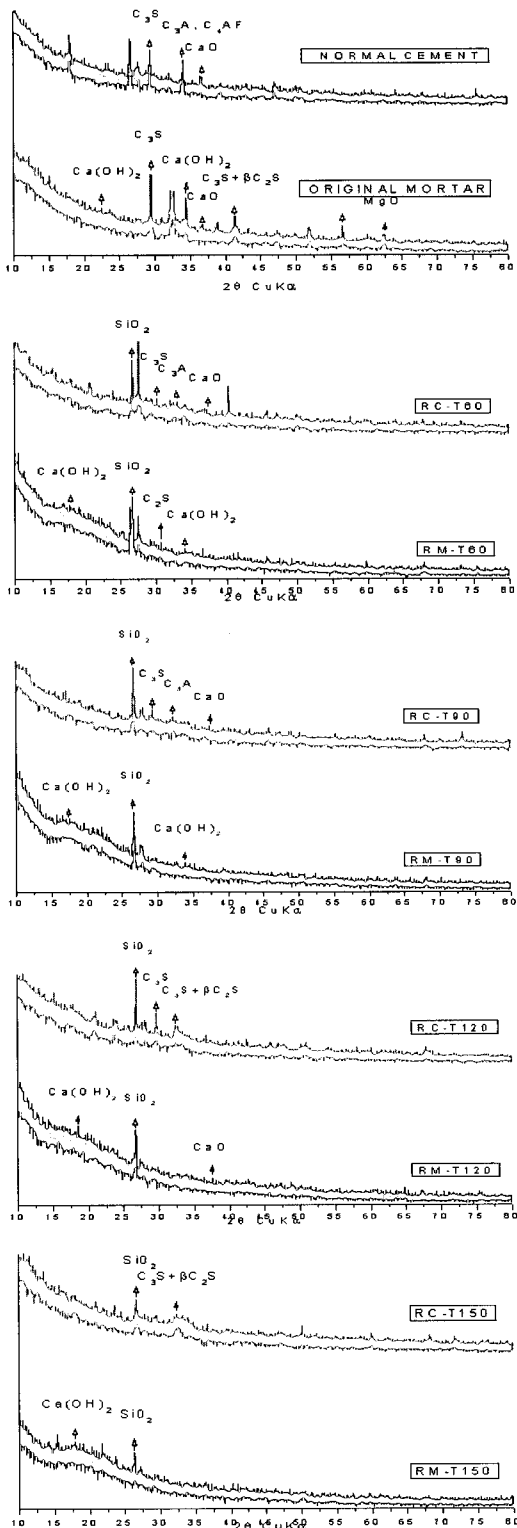


그림 9. X선 회절분석

3) 반복가열냉각에 의해 골재와 수화 시멘트 페이스트의 분리가 촉진되면서 SiO₂ 함유량이 상대적으로 줄어들고 C₃S 함유량이 증가함에 따라 강도회복에 유리한 것으로 사료되어진

다. 금후, 전식 새퍼레이터를 이용한 재생시멘트 분급과정의 어려움과 한계를 보완하기 위해서는 비중 차 등으로 미세분급이 가능한 흡입식 분급기 등을 이용하여 실험오차에 관한 문제점을 명확히 할 수 있을 것으로 생각된다.

- 4) 주사현미경 촬영을 통해 T120과 T150은 이미 수화반응이 진행되어 있는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 28일 이후의 장기강도에 있어서는 강도 회복율이 떨어질 것으로 판단된다. 반면, 여전히 수화반응이 일어나고 있는 T60과 T90은 28일 이후의 강도에서도 꾸준한 회복율을 나타낼 것으로 사료된다.
- 5) 재생시멘트의 수화 회복율에 따른 최적 소성시간은 T120으로써 소성시간별 압축강도 T60, T90, T120, T150 중 T120에서 가장 높은 강도 발현을 보이며 120분 이상의 소성시간에서는 강도가 감소함을 알 수 있었다.
- 6) 재생모르타의 제작과정에 있어 잔골재미분의 증가로 인한 SiO₂의 증가는 강도저하를 초래한다고 판단된다. 그러므로 재생시멘트 제작시 잔골재 미분의 유입을 줄일 수 있는 보다 효과적인 분급방법을 고찰하고, 재생모르타의 배합에 있어 이미 유입된 골재 미분의 양을 고려하여 모래 혼입율을 낮춘다면 더욱 높은 강도를 발현할 것으로 기대된다.
- 7) X선 회절분석을 통해 모든 재생모르타에서 原모르타와 같이 수화생성물인 Ca(OH)₂의 Peak가 고르게 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 T60과 T90에서는 단기강도 발현에 기여하는 C₃A의 Peak가 높게 나타났으며 T120과 T150에서는 장기강도에 기여하는 C₃S+βC₂S의 Peak가 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이는 재생모르타 Sample들의 초기와 28일 강도 발현 그래프의 내용과 일치하는 것이다.

참고 문헌

1. 김성원, 폐콘크리트 미분말을 이용한 재생시멘트의 개발, 석사논문, 2002. 12
2. 오상균 외 3명, 시멘트 경화체를 이용한 재생시멘트의 강도 발현, 대한건축학회학술발표논문집, 22권 1호, 2002. 4
3. 友澤史紀 外 4人, 完全リサイクルコンクリート(エココンクリート)の研究, 日本建築學會大會學術講演梗概集 A-1, pp.341-342, 1994
4. 友澤史紀, 完全リサイクルコンクリート登場, 日経アーキテクチャー, pp. 144-145, 1994
5. 友澤史紀 外 3人, 完全リサイクルコンクリートの實用化にかんする研究(その1: 全体計劃および各種完全リサイクルコンクリート), 日本建築學會大會學術講演梗概集A-1, pp.393-394, 1996
6. 友澤史紀, 完全リサイクルコンクリート登場, 日経アーキテクチャー, pp. 144-145, 1994
7. 김정길 외 3명, 건설폐기물의 재활용과 리사이클 콘크리트의 개발을 위한 고찰, 대한건축학회학술발표논문집, 22권 1호, 2002. 4
8. 金政吉 外 2人, 韓國での建設廢棄物の發生量とリサイクルに関する一考察, 日本建築學會大會學術講演梗概集A-1, pp.991-992, 2002.
9. 原田 有 外 1人, 耐熱コンクリート, 콘크리트ジャーナル, Vol.8, No.2, pp.45-49, 1970
10. 장진봉 외 3명, 폐콘크리트의 재활용을 위한 골재 계면분리에 관한 연구, 대한건축학회 부산경남지회 학술발표논문집, 제9권 제1호, 2002. 11