마그네시아 인산염 시멘트를 사용한 보수용 초속경 모르타르의 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Properties of Ultra Rapid Hardening Mortar Using Magnesia-Phosphate Cement

안 무 영* 정 상 진**
Ahn, Moo-Young Jung, Sang-Jin

Abstract

Building structures are generally large in size and have a long life, and the construction of such structures requires the investment of a huge amount of money and social infrastructure. Furthermore, building structures are closely related to people's life.

Recently, however, the rapid development of society has been worsening air pollution, which is in turn accelerating the degradation of building structures. Thus, the safety of building structure is emerging as a critical issue.

To cope with this problem, the government enacted "The Special Act on Safety Control for Infrastructure" but we need engineers' higher concern over the maintenance and reinforcement of existing structures. Recently researches are being made actively on repair mortar using ultra rapid hardening cement for recovering the performance of structures.

The present study conducted an experiment on the basic physical properties of ultra rapid hardening mortar for repairing and reinforcing building structures using magnesia cement and mono-ammonium phosphate. In the experiment, we changed the water-cement ratio and carried out replacement at different ratio of MAP/MgO(%). We used retarder to have working life, and made comparative analysis through evaluating working life and fluidity and measuring strength by age.

키워드 : 초속경 보수용 모르타르, 마그네시아 시멘트, 제1인산암모늄
Keywords : Ultra rapid hardening mortar, Magnesia cement, Mono-ammonium phosphate

1 서 론

건축구조물은 내구수명이 길어야 하며, 막대한 공사비와 사회간접자본의 투자가 수반되는 경우가 많으므로, 국민생활과는 밀접한 관계를 가지고 있다. 급속한 사회발전으로 인한 대기환경오염이 심화되고 있어 이에 따른 건축구조물의 열화의 속도가 증가하여, 안전성에 대한 관심이 증폭되고 있다.

최근 들어 건축물이 열화할 경우 보수를 실시하여 장기 수명화를 꾀하는 움직임이 증가하고 있다. 그 때에 건축물로부터 박락(剝落)·낙하의 위험성이 수반되면 사람이 위험에 처할 수 있는 경우가 발생되며, 이런 장소에서 보수를 필요로 하는 건축물이 증가하고 있다. 보수 범위는 부분적인 곳도 있고 광범위에 걸쳐 전면보수를 요구하는 곳도 있으나, 모든 경우에서 보수공사 기간에는 업무를 일시적으로 중지하여야 하며, 공공장소에서의 보수는 단시간에 완료해야 할 필요성이 매우 크다. 따라서 보수 공사기간이 짧을수록 경제적이고 안전성도 증가한다.

초속경시멘트는 이런 요구조건을 만족시킬 수 있는 시멘트 재료이다. 그러나 초기수화열이 보통 콘크리트에 비하여 크기 때문에 비교적 대형 구조물의 시공 시 발열에 의한 온도균열의 발생에 주의를 할 필요가 있다. 또한 양호한 작업성(workability)을 유지하면서 비빔 후 단시간에 소요강도를 얻기 힘들다는 단점 때문에 토목 재료로만 제한적으로 사용되고 있으며, 건축용 보수 재료로 사용되는 초속경 시멘트는 전무한 실정이다.

최근 들어 외국에서 연구 및 판매 되고 있는 마그네시아 인산염 시멘트는 초속경성 및 양호한 시공성, 모체 콘크리트와 부착 안정성 등의 장점을 가지고 있어 다양한 활용성을 지닌 보수재료로 인식되고 있다. 그러나 국내의 경우 마그네시아 인산염 시멘트에 대한 연구 또한 전무한 실정이다.

이에 따라 본 연구에서는 마그네시아 시멘트와 제1인산암모늄(Mono-ammonium phosphate, 이후 MAP)을 이용하여 콘크리트 구조물의 보수를 위한 초속경 모르타르의 개발을 위하여 기초적 물성에 대한 실험이다.

작업성을 위하여 유동성의 경우 180mm, 건축구조물의 긴급공사 시를 고려하여 재령 3시간에서 15MPa 이상의 압축강도와 최소한의 작업시간을 확보하기 위하여 12분 이상의 작업시

* 단국대학교 대학원 박사과정
** 단국대학교, 건축대학 건축공학과 교수, 공학박사

간을 목표로 설정하여 배합설계를 실시하고 실험을 실시 후 고찰을 통하여 마그네시아 인산염 시멘트의 보수용 초속경 모르타르의 활용성을 높이는데 필요한 자료를 제시하는 것을 목적으로 한다.

2 실험계획 및 재료

2.1 실험 계획

마그네시아 인산염 시멘트를 사용한 초속경 보수 모르타르의 특성 연구를 위한 실험 계획은 표 1과 같다.

적정 혼화제(이후 지연제로 칭함) 선정을 위한 실험의 경우 시멘트와 잔골재의 비를 1 : 2로 고정하였고, W/B비는 40%, 45%, 50%, 제1인산암모늄은 MAP/MgO비로 표기하며, MgO의 60%, 70%, 80%, 90%로 중량 치환한 배합을 선정하여 지연제 종류별(글루콘산 나트륨 S.G, 주석산 T.T, 무수 구연산 C.A)로 각각 시멘트 량에 3%를 첨가하여 적정 지연제 선정 실험을 실시하였다. 지연제량을 3%로 설정한 것은 예비실험 결과 지연제의 양을 0~2% 첨가할 경우 작업시간의 부족현상이 발생하였기 때문이다.(시리즈 1)

초속경시멘트의 페이스트에서 발생하는 다량의 수화열을 저감시키고, 유동성의 증가를 위하여 적정 혼화재(Fly Ash) 치환율 도출실험을 실시하였다. 시리즈 1 실험에서 도출된 배합의 결합재량에 각각 4%, 8%, 12%, 16%, 20%의 5종류로 치환하여 검토하였다.(시리즈 2)

총 41배합에서 목표 강도와 유동성 및 가사 시간을 평가하여 적합한 배합을 도출하도록 계획하였다.

표 1. 실험계획

실험명	W/B (%)	C:S 비	MAP/MgO 치환율 (%)	FA 치환율 (%)	지연제 첨가량(%)	실험사항
지연제 선정 실험	40 45 50	1 : 2	60 70 80 90	- - - -	S.G(3.0%) T.T(3.0%) C.A(3.0%)	플로우 실험 작업시간평가 휨강도 실험 압축강도실험 흡수율 실험
혼화재 도출 실험	45		70	4 8 12 16 20	C.A(3.0%)	플로우 실험 플로우 경시변화 작업시간평가 휨강도 실험 압축강도실험

SMC : 소결마그네시아시멘트　　MAP : 제1인산암모늄
C.A : 무수구연산　　T.T : 주석산
S.G : 글루콘산 나트륨　　FA : 플라이애시

2.2 사용 재료

소결 마그네시아시멘트는 분말도 2,603 ㎠/g의 국내산 P사의 제품을 사용하였으며, 제1인산암모늄은 국내산으로 순도 98%이상으로 JIS K 9006의 규정에 적합한 재료를 사용하였다. 잔골재는 KS L 5100의 규정에 적합한 주문진산 표준사를 사용하였다. 지연제는 소듐 글루네이트(국내산), 주석산(스페인산), 무수 구연산(중국산)을 사용하였다. 플라이애시는 보령산으로 KS L 5405 규정에 적합한 것으로 사용하였다.

사용재료의 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 2. 사용재료

구 분	품 질	
SMC (소결 MgO)	기공율 : 0.51, 분말도(㎠/g) : 2,603	밀도 : 3.50g/㎤
MAP (제1인산암모늄)	순도 : 98% 이상, 밀도 : 1.803 최대	pH : 4.5~5.0 형태 : 백색결정
주문진 표준사	표건밀도: 2.6, 흡수율(%) : 1.02	실적율(%) : 61.2 조립율(F.M) : 2.87
S.G (소듐 글루네이트)	중금속 : 3ppm 이하 재료감소율 : 0.15~0.25%	형태 : 백색결정분말
T.T (주석산)	중금속 : 0.001% 이하 철 : 0.001%	비소 : 0.001% 형태 : 백색결정분말
C.A (무수 구연산)	건조 손실 : 0.5%이하 중금속 : 10ppm 이하	형태 : 백색결정분말
FA (플라이애시)	보령산 밀도 : 2.20g/㎤	강열감량 : 4% SiO_2 : 45.4%

2.3 배 합

본 실험의 배합은 표 1과 같이 시리즈 1, 2로 실험계획을 하였다.

시리즈1에서의 단위수량은 시멘트의 중량을 동일하게 만들기 위하여 W/B 40%에서는 257kg/㎥으로 고정하였고 45%의 경우 280kg/㎥, 50%는 302kg/㎥으로 하여 지연제 종류별로의 압축강도와 작업시간 그리고 유동성을 평가하여 36배합 중에 목표치에 적합한 배합을 도출하였다. 이에 따른 배합은 표 2와 같다.

시리즈 1에서 도출된 실험결과를 이용하여 FA를 치환한 배합을 시리즈 2 라 명칭하고 표 3과 같이 계획하였다.

표 2. 시리즈 1의 지연제 종류별 배합

구분	W/B (%)	W (kg/㎥)	시멘트(kg/㎥)		S	지연제 (%)
			SMC	MAP		
SMC40M60	40	257	397	247	1286	T.T C.A S.G (3%)
SMC40M70	40	257	378	265	1286	
SMC40M80	40	257	359	284	1286	
SMC40M90	40	257	340	303	1286	
SMC45M60	45	280	389	233	1243	
SMC45M70	45	280	365	257	1243	
SMC45M80	45	280	345	276	1243	
SMC45M90	45	280	328	294	1243	
SMC50M60	50	302	377	227	1209	
SMC50M70	50	302	355	250	1209	
SMC50M80	50	302	335	269	1209	
SMC50M90	50	302	318	286	1209	

표 3. 시리즈 2의 플라이애시를 치환한 배합

구분	W/B (%)	W (kg/㎥)	결합재(kg/㎥)			S	지연제 (%)
			SMC	MAP	FA		
SMC45M70FA4	45	280	351	246	25	1243	C.A (3%)
SMC45M70FA8	45	280	336	235	50	1243	
SMC45M70FA12	45	280	322	225	75	1243	
SMC45M70FA16	45	280	307	215	99	1243	
SMC45M70FA20	45	280	293	205	124	1243	

* FA : 플라이애시

2.4 실험방법

2.4.1 플로우 실험

모르타르 제조 후 유동성 측정은 KS L 5111에 준하여 플로우 실험을 하였다.

2.4.2 작업시간 측정실험

작업시간의 경우 작업 성형이 가능한 시간으로 지촉건조에 의한 예비실험을 통하여 KS F 2436의 프록터 침에 의한 소정의 관입 저항값을 작업시간으로 설정하여 측정하였다.

2.4.3 휨강도 실험

마그네시아 시멘트에 제1인산암모늄을 치환한 휨강도 시험은 KS F 2476에 준하여 40×40×160mm의 크기로 시험체를 제작하였다. 양생의 경우 현장대기양생을 실시하여 재령 3시간, 1, 3, 7, 28일에 측정하였다.

2.3.3 압축강도 실험

KS F 2476에 준하여 모르타르를 40×40×160mm의 규격으로 제작하였다. 휨강도 실험을 행한 3개 공시체의 파단 된 시험편 6개로 압축강도를 평가하였다. 양생의 경우 현장대기양생을 실시하여 재령 3시간, 1, 3, 7, 28일에 측정하였다.

2.4.4 흡수율 실험

KS F 2476에 준하여 각 배합 당 시험체를 3개씩 건조로에서 105±5℃로 24시간 항량 건조하여 절건 상태로 한 후 상온까지 냉각하여 무게를 측정한 다음 15~25℃의 물에 24시간 침지시켜 포수 상태로 한 후 무게를 측정하여 흡수율을 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 적정 지연제 선정 실험

시리즈 1의 실험에서는 유동성, 작업시간 평가, 압축강도, 휨강도, 흡수율 실험을 실시하였으며 그 결과는 다음과 같이 나타났다.

3.1.1 모르타르의 유동특성

유동 특성의 경우 그림 1에 지연제 종류별 모르타르 시험체의 플로우 결과를 나타내었다.

W/B가 감소할수록 지연제 종류에 관계없이 플로우 값이 저하하였다.

실험결과 플로우 범위는 지연제 T.T의 경우 140~240mm, 지연제 C.A는 135~230mm, 지연제 S.G는 140~230mm로써 유동성의 경우 지연제의 종류에 상관없이 거의 유사한 것으로 나타났다.

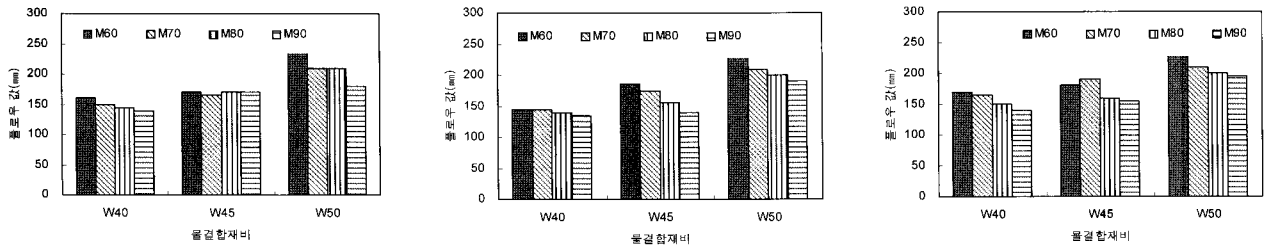
MAP의 경우 치환량이 증가할수록 MAP의 배합수 흡수량이 증가하여 유동성을 저하시키는 것으로 나타났다.

3.1.2 모르타르의 작업시간 평가

지연제 종류에 따른 작업시간 결과는 그림 2에 나타내었다. 작업시간의 범위는 지연제 T.T의 경우 약8분~13분, 지연제 C.A는 약10~17분, 지연제 S.G는 약5분~12분으로 나타났다.

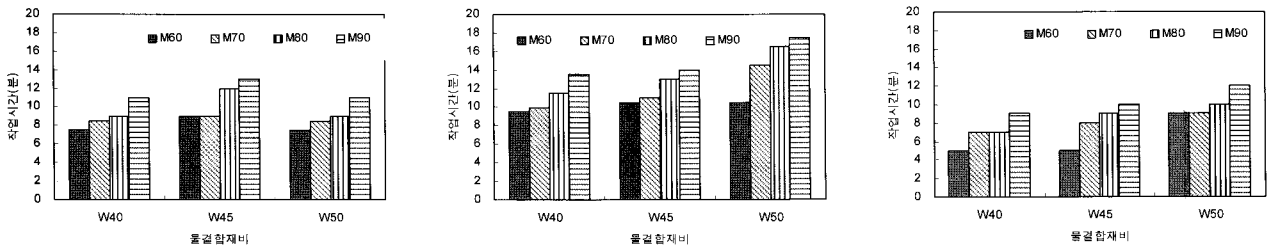
지연제 종류별 작업시간은 C.A가 가장 우수하며 T.T, S.G 순으로 작업시간이 감소하는 것으로 나타났다.

지연제 종류별 W/B 증가 시 작업시간은 W/B가 증가함에 따라 증가하였으며, MAP/MgO비에 따른 작업시간을 검토한 결과 MAP/MgO비 증가할 경우 미반응 인산염의 잔존으로 인한



a. T.T 플로우 실험 결과 b. C.A 플로우 실험 결과 c. S.G 플로우 실험 결과

그림 1. 지연제 종류별 플로우 실험 결과



a. T.T 작업시간 실험 결과 b. C.A 작업시간 실험 결과 c. S.G 작업시간 실험 결과

그림 2. 지연제 종류별 작업시간 결과

산성 분위기 조성으로 인하여 마그네시아 염이 산성 분위기에서 역수용성이 됨에 따라 미 반응된 마그네시아를 잔존시킴으로서 반응속도가 저하하여 작업시간이 증가하는 것으로 판단된다.

3.1.3 모르타르의 압축강도 특성

지연제 T.T를 사용한 경우 압축강도 특성 결과를 그림 3에 나타내었다. MAP/MgO비가 낮아질수록 3hr의 초기재령에서는 높은 압축강도를 나타내고 있으며, 재령 3hr~1일 사이에서 강도발현이 크게 증가하는 것으로 나타났다. 또한 MAP/MgO비 60, 70, 80%는 초기재령 3hr에서 대부분의 시험체가 목표압축강도인 15MPa와 유사한 것으로 나타났다. 재령 28일의 경우 W/B비 40%, MAP /MgO비 70% 시험체가 33.4MPa로 압축강도가 가장 높은 것으로 나타났다.

W/B비 50%에 MAP/MgO비 90%는 22.6MPa로 강도가 가장 낮은 것으로 나타났고, W/B비 40%의 재령 28일 에서의 평균 압축강도는 31.4MPa이었으며, W/B비 45%는 27.0MPa, W/B비 50%의 경우 25.8MPa로 나타났다. 전체적으로 W/B비가 낮을수록 압축강도가 높게 나타나고 있는 경향을 보이며 대부분의 시험체가 유사한 강도 증진특성을 나타내고 있으며 MAP/MgO비가 저하할수록 압축강도가 증가하는 경향을 나타내고 있다.

지연제 C.A를 사용한 경우의 압축강도는 그림 4와 같다

MAP/MgO비 및 W/B비가 증가할수록 강도가 저하하는 경향을 나타내었다. 이러한 경향은 지연제 T.T와 매우 유사한 결과를 나타내고 있다. 지연제 S.G의 압축강도 특성은 그림 5와 같다. MAP/MgO비가 증가할수록 압축강도가 증가하는 경향을 나타내고 있다. MAP/MgO 비가 80%이상의 시험체에서 재령 3hr의 압축강도가 15MPa를 상회하는 것으로 나타났으며 재령 7일에서의 최고 약 25MPa로 나타났다.

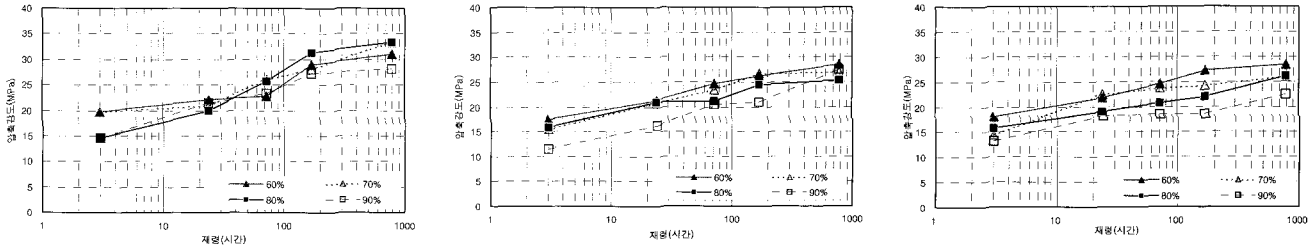
그러나 재령 28일에서는 재령 7일 강도와 유사한 압축강도 값을 보였다. 이는 초속경시멘트의 특징인 초기 재령에 급격한 압축강도의 발현으로 인하여 7일부터는 수화가 둔화되고 재령 28일에서의 강도증진이 매우둔화된 것으로 판단된다.

압축강도는 W/B비 및 재령과 관계없이 지연제 T.T가 높은 강도를 나타내고 있으며, C.A, S.G순으로 강도가 감소하였다.

총 36배합 중에 17개의 배합이 목표압축강도인 재령 3hr에서 15MPa를 상회하는 것으로 나타났다.

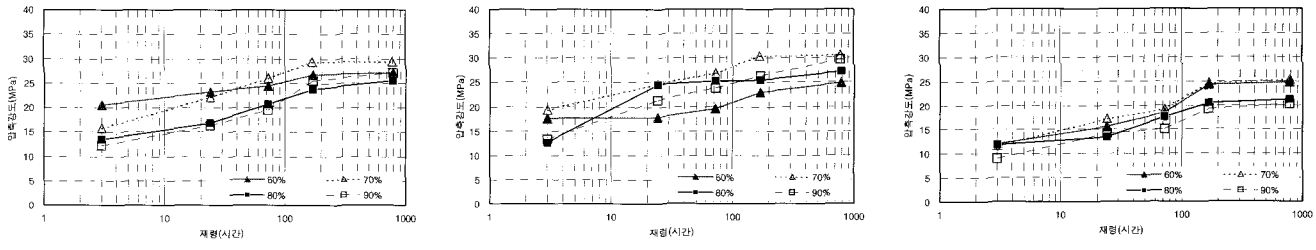
3.1.4 모르타르의 휨강도 특성

휨강도는 압축강도 발현과 유사한 경향을 나타내고 있다. 지



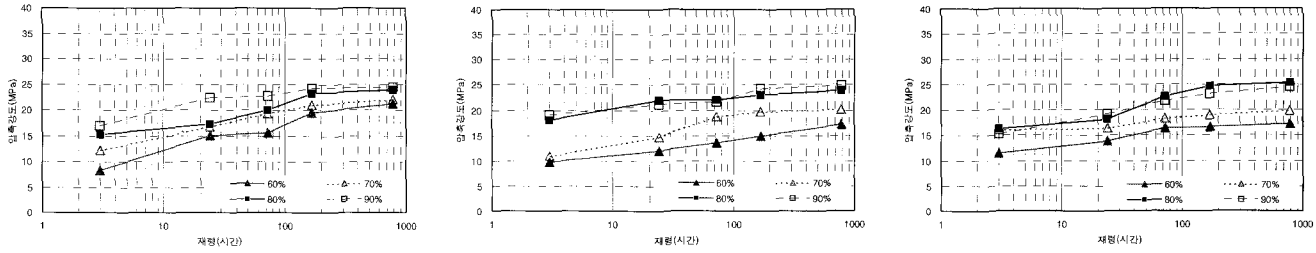
a. W/B 40%(T.T) b. W/B 45%(T.T) c. W/B 50%(T.T)

그림 3. 지연제 T.T를 사용한 압축강도



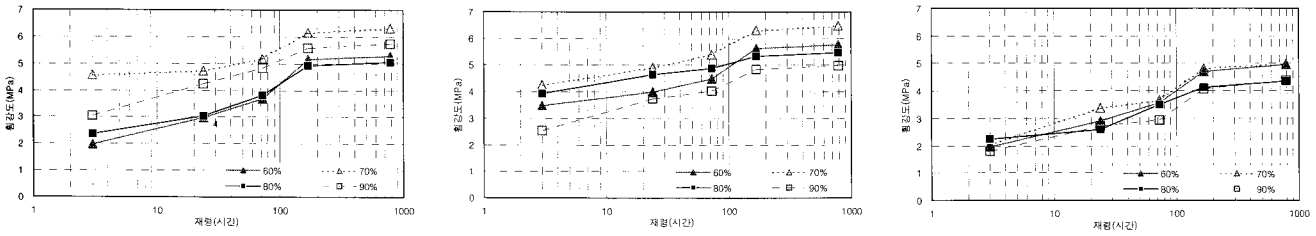
a. W/B 40%(C.A) b. W/B 45%(C.A) c. W/B 50%(C.A)

그림 4. 지연제 C.A를 사용한 압축강도



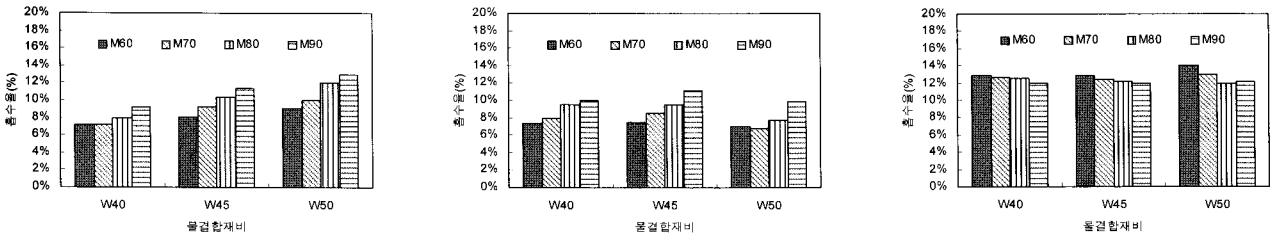
a. W/B 40%(S.G) b. W/B 45%(S.G) c. W/B 50%(S.G)

그림 5. 지연제 S.G를 사용한 압축강도



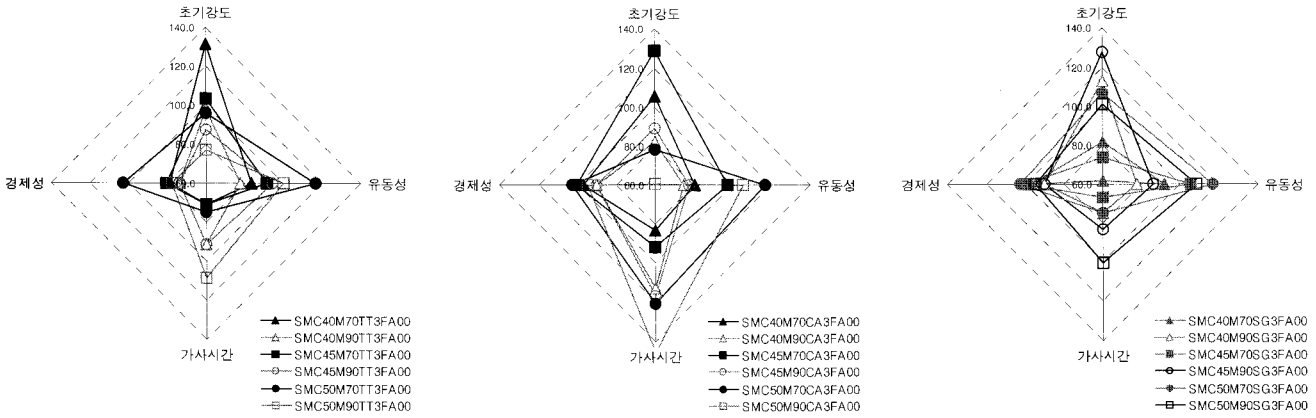
a. W/B 40%(C.A) b. W/B 45%(C.A) c. W/B 50%(C.A)

그림 6. 지연제 C.A를 사용한 휨강도



a. 지연제 T.T를 사용한 흡수율 결과 b. 지연제 C.A를 사용한 흡수율 결과 c. 지연제 S.G를 사용한 흡수율 결과

그림 7. 지연제 종류별 흡수율 실험



a. 지연제 T.T 배합에 따른 특성 평가 b. 지연제 C.A 배합에 따른 특성 평가 c. 지연제 S.G 배합에 따른 특성 평가

그림 8. 지연제별 배합에 따른 특성 평가

연제 C.A를 사용한 시험체의 휨강도를 측정한 결과는 그림 6과 같다. 그림에 의하면 MAP/MgO비의 치환량이 감소할수록 강도발현이 증가하는 경향을 나타내고 있다.

특히, 치환량 MAP/MgO비 60%, 70%는 초기재령에서의 강도 발현이 큰 것으로 나타났으며, 재령경과에 따른 강도증진은 매우 저하하는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 압축강도 발현특성과 유사한 경향을 보이고 있으며, 대부분의 시험체가 압축강도의 1/5~1/6정도의 값으로 일반 시멘트 재료와 유사한 것으로 나타났다.

3.1.5 모르타르의 흡수율 실험

흡수율 실험의 결과는 그림 7과 같이 나타났다.

지연제 T.T와 C.A을 사용한 경우가 대체로 흡수율이낮은 것으로 나타났으며 지연제 S.G는 다른 지연제와 비교한 결과 흡수율이 큰 것으로 나타났다. T.T의 경우는 MAP/MgO비가 증가할수록 흡수율이 증가하는 경향을 나타내었고, 이러한 경향은 C.A에서도 동일한 결과를 나타내었다. 그러나 S.G의 경우는 MAP/MgO가 증가할수록 흡수율이 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 다른 지연제와 역경향성을 나타내고 있다. 본 연구는 초속경 마그네시아 시멘트 개발과 제조에 대한 기초자료 및 최적 배합을 제시하는데 목적이 있다. 따라서 지연제 S.G와 마그네시아 인산염 시멘트의 반응은 추후에 심도 있는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

마그네시아 시멘트의 흡수율은 일반 콘크리트의 흡수율보다 높게 나타났다. 이러한 결과는 초기수화반응이 급격하게 진행될 경우 다수의 공극을 포함한 불안정적인 물리구조를 생성하게 되어 다공성이 되고 이에 따라 내부에 많은 공극이 채워지지 않은 상태로 존재하게 되어 흡수율이 증가되는 것으로 판단된다.

3.1.6 지연제별 특성 비교 평가

각 지연제별 배합에 따른 특성에 대한 결과를 그림 8에 나타내었다.

우수한 특성을 갖는 배합을 살펴보면 지연제 T.T의 경우 초기강도비 77~130%, 유동성비 78~100%, 작업시간 비 71~108%로 나타났으나, 초기강도 15MPa/3hr을 만족하는 배합의 경우 작업시간 및 경제성이 다른 지연제와 비교시 약 20~30% 저하하는 것으로 나타났다.

지연제 S.G는 초기강도비, 유동성비, 작업시간비가 각각 74~127%, 78~117%, 59~100%를 나타내고 있으며, 초기강도 15MPa/3hr을 만족하는 배합의 경우 작업시간이 최대 17% 저하하는 것으로 나타났다. 그러나 본 지연제의 경우 배합 변화에 따른 특성 변화가 광범위하여 사용하는데 어려움이 있을 것으로 판단된다.

지연제 C.A는 초기강도비, 유동성비, 작업시간비가 각각 60~129%, 78~117%, 83~146%를 나타내고 있다. 초기강도 15MPa/3hr을 만족하는 배합의 경우 작업시간 83~92%, 유동성 81~97%로 나타나 부수용 인산마그네시아 모르타르 제작을 목표로 첨가할 지연제로 가장 적당한 것으로 나타났으며, 특히 SMC40M70CA3의 경우 초기강도, 유동성, 작업시간, 경제성비가 초기강도 19.4MPa/3hr에서 유동성 97.2%, 작업시간 91.7% 경제성 100%로 나타나 시리즈 2 시험을 위한 대표 배합으로 선정하였다.

3.2 유동성 증가를 위한 혼화재 치환율 실험

유동성에 대한 개선을 위하여 SMC45M70에 무수 구연산 3%를 적정배합으로 선택 후 도출된 SMC45M70C3에 구상 입자에 따른 볼베어링 효과로 인한 유동성 증가 및 응결시간 증진 효과를 가진 플라이애시(FA)를 4%, 8%, 12%, 16%, 20% 치환하여 사용함으로써 강도의 저하를 최소화 시키며 유동성 증가 및 가사한계시간 증가 그리고 최고의 작업성을 갖는 유지시간의 증가를 목표로 하여 작업시간 평가 및 경시변화, 압축강도, 휨강도, 흡수율 실험을 실시하였다.

3.2.1 모르타르의 유동성

플라이애시를 치환한 마그네시아 인산염 모르타르의 유동성에 관한 결과는 그림 9와 같다.

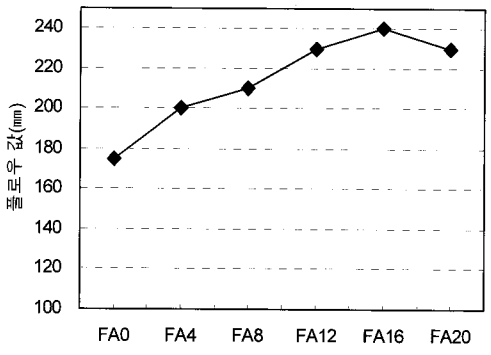


그림 9. 플라이애시 치환에 따른 플로우 값

플라이애시의 볼베어링 작용에 의한 유동성 증가를 평가하기 위하여 플라이애시를 4%씩 증가시켜 플로우를 평가하였다. 치환율 증가에 따라 유동성이 증가하여 치환율 16%에서 240mm로 가장 큰 플로우를 나타내었으나 24%에서는 오히려 플로우 값이 감소하는 경향을 나타내었다

3.2.2 모르타르의 경시변화

플라이애시 치환율에 따른 경시변화를 측정한 결과는 그림 10과 같다.

치환율이 증가할수록 유동성이 증가 하였으나, 플라이애시를 16%이상 치환시에 유동성이 저하하는 경향을 나타내고 있다. 그러나 치환량에 관계없이 1~3분 사이에는 유동성이 증가하는 경향을 나타내고 있으며 3~5분부터는 점차 유동성이 저하하기 시작하여 3분~7분까지의 유동성 저하는 매우 높은 것으로 나타났다.

그러나 플라이애시 치환율 20%에서는 4%~16%의 치환율과 비교 시 시간 경과시간에 따른 유동성의 저하가 감소하는 것으로 나타났다.

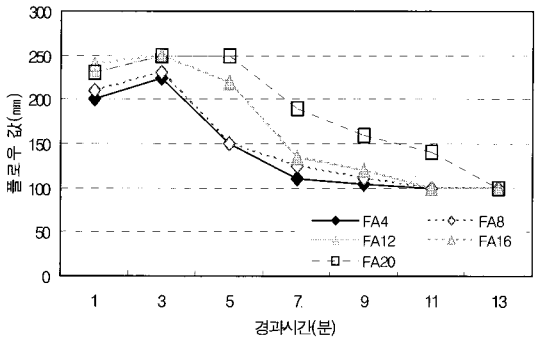


그림 10. 플라이애시 치환율에 따른 경시변화

3.2.3 모르타르의 작업시간 평가

플라이애시의 치환율에 따른 작업시간 평가 결과는 그림 11과 같다. 플라이애시의 치환율이 4%~20%증가할 경우 작업시간이 12분~14분 증가하는 것으로 나타났다. 이는 플라이애시가 모르타르의 응결시간 지연에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

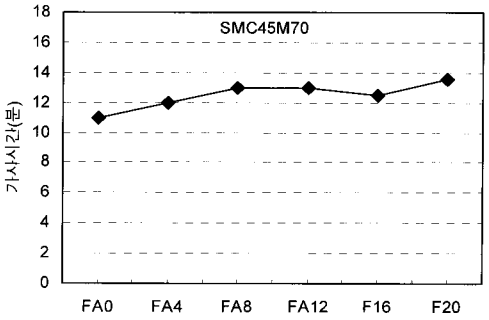


그림 11. 플라이애시 치환율에 따른 작업시간

3.2.4 모르타르의 휨강도 및 압축강도 특성

휨강도와 압축강도의 관계를 그림 12에 나타내었다.

물시멘트비 45%에 MAP=70%, 지연제 C.A=3%에 대하여 플라이애시를 4%~20%까지 치환시킨 시험체의 휨강도 및 압축강

도를 측정한 결과, 압축강도가 증가할수록 휨강도 또한 증가하는 것으로 나타났으며, 두 강도 값을 회귀분석한 결과 Y=0.1008X + 1.8294의 상관식과 R2 = 0.8678의 결정계수를 얻을 수 있다.

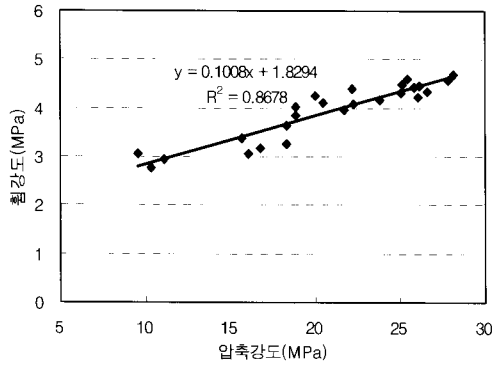


그림 12. 압축강도와 휨강도의 관계

3.2.5 MgO/MAP 시멘트 제조를 위한 최적의 배합평가

최적의 배합을 도출하기 위한 배합별 특성 평가 결과를 그림 13에 나타내었다.

마그네시아 인산염 시멘트의 최적의 배합을 도출하기 위하여 시리즈 1, 2에서 우수한 물성을 나타낸 배합들의 초기강도, 유동성, 작업시간, 경제성의 비(%)를 종합 평가한 결과 W/B45%, MAP/MgO비 70%에 지연제 C.A 3%, 플라이애시 4%를 치환 배합이 초기강도 111%, 유동성 111%, 작업시간 100%, 경제성 104%로 나타나 모든 초기 목표조건을 만족하여 본 연구에서 목표로 하였던 건축 보수용 마그네시아 시멘트 모르타르 제작에 가장 적합할 것으로 판단된다.

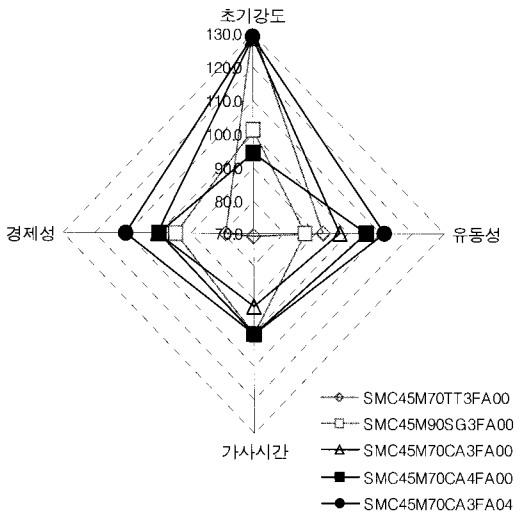


그림 13. 도출된 배합에 따른 특성 평가

4. 결 론

본 연구는 초속경 마그네시아 인산염 시멘트를 사용한 보수 모르타르에 대한 기초적 특성 분석에 관한 연구로 서 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 지연제 종류별 특성을 살펴본 결과 유동성은 물시멘트비와 MAP/MgO비(%)가 높아질수록 유동성이 감소하는 것으로 나타났다. MAP의 경우 치환량이 증가할수록 MAP의 배합수 흡수량이 증가하여 유동성을 저하시키는 것으로 나타났다.

2) 압축강도는 모든 시험체에서 지연제 주석산(T.T)가 높은 강도를 나타내고 있으며, 무수구연산(C.A), 글루콘산 나트륨(S.G) 순으로 강도가 감소하였다.

3) 휨강도는 MAP/MgO비 60%, 70%는 초기재령에서의 강도 발현이 큰 것으로 나타났으며, 재령경과에 따른 강도증진은 매우 저하하는 것으로 나타났다.

4) 작업시간과 압축강도 그리고 휨강도 및 경제적인 배합을 위해서는 W/B 45%, MAP/MgO비 70%, 지연제 C.A를 사용하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

5) 마그네시아 시멘트의 흡수율은 일반 콘크리트의 흡수율보다 높게 나타났다. 이러한 결과는 초기수화반응이 급격하게 진행될 경우 다수의 공극을 포함한 불안정적인 물리구조를 생성하게 되어 다공성이 되고 이에 따라 내부에 많은 공극이 채워지지 않은 상태로 존재하게 되어 흡수율이 증가되는 것으로 판단된다.

6) 플라이애시를 치환한 결과 치환을 16%까지는 유동성이 증가였으나, 그 이상 첨가 시에는 유동성이 감소하는 것으로 나타났다.

7) 플라이애시를 4%~20%까지 치환율 시험체의 압축강도 및 휨강도의 강도발현 특성은 유사한 것으로 나타났으며, 전 시험체에서 Y=0.1008X + 1.8294의 상관식과 R2 = 0.8678의 결정계수를 얻어 매우 높은 신뢰도를 가지는 것으로 판단된다.

8) 마그네시아 인산염 시멘트를 사용한 보수용 모르타르로서 목표압축강도 및 플로우 그리고 작업시간을 만족하는 배합은 물시멘트비 45% MAP/MgO비 70% 및 지연제 종류 C.A 3%에 플라이애시 4% 치환하는 것이 연구목적에 가장 적합한 최적의 배합으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 권오성 - 건설기술 쌍용 : 2005. 겨울호 v.37, 2005. 12
2. 김경진 외, 소포제가 초속경 라텍스개질 콘크리트에 미치는 영향, 한국콘크리트학회 2002년도 봄 학술발표회 논문집 : Vol.14 No.1
3. 소양섭 외, 초미립자 복합 시멘트계 내유동성 포장용 초속경형 주입재의 물리적 특성, 대한건축학회 학술발표논문집, 제26권 제1호 (통권 50집), p26~27, 2006. 10.

4. 이종열 외, 응결 조정제를 첨가한 초속경 시멘트 페이스트의 유동성 특성, 한국콘크리트학회 2005년도 봄 학술발표회 논문집 : Vol.17 No.1
5. 정상진 외, 분말 혼화제을 사용한 콘크리트 포장화에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집(구조계) : v.24 n.2, 2004, 10
6. 플라이애시 콘크리트의 특성 및 적용성에 관한연구, 대한주택공사 주택연구소, 1999. 04
7. 한천구 외, CSA에 의한 콘크리트의 초기품질향상에 관한연구, 대한건축학회 논문계 : v.22 n.4, 2006. 04.
8. B. El-Jazairi, 'The properties of hardened MPC mortar and concrete relevant to the requirements of rapid of concrete pavement, Concrete Repair9, 1987. p25~31
9. David A. Hall, "Effect of Water Conent on the Structure and Mechanical Properties of Magnesia-Phosphate Cement Mortar", Journal of American Ceramic Society-Hall et al, June 1998
10. Quanbing Yang, Beirong Zhu, Shuqing Zhang, Xueli Wu, "Properties and applications of magnesia-phosphate cement mortar for rapid repair of concrete", 29 August 2000(China)
11. 高官場一 : マグネツア, セラヌミッ, 17(10), p823~828, 1982