

마감용 건조모르타르의 물성에 미치는 각 요인의 영향

Factors on the Physical Properties of Dry Ready Mixed Cement Mortar for Finishing

정재동* 김원기** 이영진** 송용순** 황재현**

Jaung, Jae Dong Kim, Won Ki Lee, Young Jin Song, Yong Soon Hwang, Jae Hyun

Abstract

The objective of this report is to investigate the effect of factors like the fineness modulus of sand, content of fly ash and slaked lime, binder/sand ratio, admixture dosage on the physical properties of mortar for finishing. The analysis was performed with design of experiment and air content, water retention and compressive strength were measured.

1. 서론

모르타르는 미장이나 바닥 마감, 조적 공사에 주로 사용되는 재료로서 건축공사표준시방서에 이에 대한 시공 지침과 사용 재료에 대한 규격이 마련되어 있다. 모르타르는 건축물의 마감용으로 시공되는 것이므로 건축물의 미관과 내구성에 중요한 역할을 하고 있으나 대부분의 공사에서는 정확한 품질 관리가 없이 현장에 시멘트와 모래를 각각 운반하여 모래를 체로 친 후 직접 물과 섞어가며 만들어 사용하는 현장 비빔 모르타르가 주로 사용되어 왔다. 그러나, 최근들어 모르타르 시공에 있어서도 시공의 정밀성과 품질의 확보가 요구되고 있으며 숙련공의 부족과 인건비의 상승이라는 문제점에 직면하고 있다. 이러한 점을 해결하기 위한 방법으로 모래, 결합재, 혼화재료 등을 용도에 맞게 배합하여 분체 상태에서 혼합

한 공장 제조 건조 모르타르 (Pre-blended Mortar, Dry Ready Mixed Mortar) 를 사용하고 시공 자체도 기계화하는 방법이 검토되고 있으며 일부 실용화되고 있다^{1),2)}.

건조 모르타르는 모래를 완전히 건조시켜 분급하여 재혼합한 모래 70-75%와 시멘트를 주성분으로 한 결합재를 25-30% 정도 혼합하여 제조한다. 결합재로는 시멘트(보통 포틀랜드 시멘트, 고로슬랙 시멘트, 초속경 시멘트 등)와 소석회, 석고, 시멘트 원료 분말, 석분, 플라이 애쉬, 슬랙 미분말 등이 쓰이며, 작업성, 보수성, 경화후 내구성을 위한 혼화제로 분말 형태의 감수제, 공기연행제, 증점제, 고분자 등을 용도에 따라 첨가한다. 건조수축에 의한 균열방지나 부착성의 증대를 위하여 섬유를 첨가하는 경우도 있다^{3),4)}.

최근 제정된 KS L 5220 건조 시멘트 모르타르 (표1. 참조)에 규정된 모르타르의 물성에는 보수성, 공기량, 압축강도가 있다. 보수성은 흡수성이 있는 콘크리트 벽이나 벽돌에 모르타르를 시공할때 일정 시간 작업성을 유지하기 위하여 수분을 함유하는 능력을 말하는 것으로 한편으로는

* 正會員, 東洋中央研究所, 2次製品研究室長, 工博

** 團體會員, 同, 研究員

벽면에 대한 반죽의 부착성, 재료의 분리 저항성 과도 밀접한 관계가 있다. 보수성을 증진시켜 주는 재료로는 증점제, 공기연행제, 각종 광물질 미분말 등이 알려져 있다. 공기량은 모르타르의 작업성과 시공성, 경화후 동결융해저항성 등을 증진시키는데 필요하나 투기성, 압축강도 감소등의 원인이 되므로 제한이 되어 있다. 압축강도는 비구조용인 미장용에서는 크게 중요하지 않으나 바닥용에는 하부 콘크리트의 강도와 비슷한 값을 갖도록 규정되어 있다⁵⁾.

본 연구는 혼화재료로서 플라이애쉬와 소석회, 공기연행제를 사용한 모르타르의 제조시 이들이 모르타르의 보수성과 공기량, 압축강도 등의 물성에 미치는 각 요인의 영향을 분석하여 배합변동 요인을 추적한 실험적 연구이다.

2. 실험 계획 및 재료

2-1. 실험계획

본 실험에서 선정한 요인은 모래의 조립율, 플라이 애쉬 첨가량, 소석회 첨가량, 모래에 대한

결합재의 비와 혼화제 첨가량의 5가지였다. 수준은 예비 실험을 통하여 얻은 기본 배합을 기준으로 3수준으로 변화시켰으며 $L_{27}(3^{13})$ 의 직교배열표 상에 각 요인을 배치한 실험계획법에 따라서 27회의 실험을 실시하고 그 결과를 통계적으로 분석하였다. 표 2는 본 실험에서 선정한 요인들과 수준을 나타낸 것이다. 각 인자끼리 상호 영향을 준다고 생각되는 요인으로 모래의 조립율과 혼화제 첨가량, 플라이애쉬와 혼화제 첨가량, 소석회와 혼화제 첨가량을 선정하여 아울러 분석하였다. 각각의 배치에서 플로우값 $100 \pm 5\%$ 를 만족하는 혼합수량으로 모르타르의 공기량, 보수성, 압축강도를 측정하였다.

2-2. 사용재료와 실험 방법

실험에 사용한 재료를 표 3에 나타내었다. 결건 상태의 모래를 체가름하여 입도별로 분급한 후 원하는 조립율로 맞추어 재혼합하여 사용하였다. 혼화제는 분말형을 사용하였으며 실험전에 모든 재료를 계량하여 균일하게 건배합한 건조 모르타르를 제조하였다.

표1. 건조 모르타르의 물리적 성능(KS L 5220)

항 목	종 류				
		뽀칠미장용	일반미장용	조적용	바닥용
압축강도 (kgf/cm ²)	7일	60 이상	70 이상	80 이상	140 이상
	28일	90 이상	100 이상	110 이상	210 이상
보 수 성 (Wtx)		75 이상	70 이상	70 이상	65 이상
공 기 량 (Volx)		-	27 이하	27 이하	27 이하
모래의 함량 (Wtx) (0.15mm 체 잔분)		75 이하	78 이하	82 이하	78 이하
모래의 최대크기 (mm) (표준체)	95Wtx이상 통과	4.0	4.0	4.75	5.6
	100Wtx 통과	4.75	4.75	5.6	6.7

비고. 모래의 최대크기는 0.15mm체 잔분을 100(Wtx)으로 한 것임.

표 2. 실험요인 및 수준

요 인	수 준			비 고
	0	1	2	
모래입도(A)	2.36	2.45	2.56	F.M.
플라이애쉬(B)	0	10x	20x	결합재내비 wt. x
소석회(C)	0	5 x	10x	결합재내비 wt. x
결합재:모래(D)	1 : 3.5	1 : 3	1 : 2.5	결합재(시멘트, 플라이애쉬, 소석회)
혼화제(F)	0.03x	0.05x	0.07x	결합재내비 wt. x

표 3. 실험 재료

종 류	품 질
시 멘 트	보통포틀랜드시멘트 (브레인 비표면적 3126cm ² /g, 비중 3.15, 28일 압축강도 380kgf/cm ²)
플라이애쉬	보령 화력 (브레인 비표면적 3650cm ² /g, 비중 2.25)
소 석 회	브레인 비표면적 8376cm ² /g, 비중 2.33
모 래	경남 남지산 하천사 (F.M:2.1, 비중 2.61)
혼 화 제	감수제(분말)

실험방법은 KS L 5220 시멘트계 건조모르타르의 규정에 준하여 모르타르 믹서에서 1속으로 총 1분간 혼합한 후 즉시 플로우, 공기량, 보수성을 측정하였다. 각각의 실험에서 플로우값 100±5%를 만족하는 혼합수량과 이때의 모르타르의 공기량, 보수성, 압축강도를 데이터로 취하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 보수성

각 요인이 보수성에 미치는 영향을 그림 1에 나타내었다. 통계적인 분석 결과 모래의 조립율이 높아질수록 보수성은 높아지는 경향을 보였다. 그러나 플라이애쉬 및 소석회, 결합재 대 모래의 비와 같은 요인은 독립적으로 보수성에 영향을 주기 보다는 오히려 혼화제 첨가량과 상호작용으로 영향을 끼친다는 것을 나타내고 있다.

그림 2는 이러한 상호작용중 혼화제 첨가량과 플라이 애쉬 첨가량 사이의 상호작용을 분석한 결과를 나타낸 것이다. 플라이 애쉬를 사용하지 않을 때에는 혼화제 첨가량 0.05x에서 보수성이 가장 큰 경향을 보였으나 플라이 애쉬를 사용하는 경우에는 혼화제 첨가량을 0.03이나 0.07x로 변경해야 함을 나타내고 있다.

한편 실험상의 배합 요인만으로는 KS에 규정된 70% 이상의 보수성을 확보할 수 없는 것으로 나타나 보수성을 확보하기 위해서는 본 실험에서 취급하지 않은 요인인 증점제를 사용해야 할 것으로 생각되었다.

3.2 공기량

각 요인이 공기량에 미치는 영향을 그림 3에 나타내었다. 공기량은 혼화제의 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내고 결합재와 모래의 비가 높을수록 낮아지는 경향을 나타내고 있었다. 플라이 애쉬나 소석회의 첨가량 변화, 모래의 조립율은 공기량에 큰 영향을 미치지 않았다. 사용한 혼화제의 성격상 공기량은 전반적으로 16% 이하의 값을 나타내었다.

3.3 압축강도

모르타르의 재령 7일 압축강도에 미치는 각 요인의 영향을 그림 4에 나타내었다. 실험 결과 현재의 배합 조건에서 7일 압축강도는 전반적으로 KS L 5220의 규정을 만족하고 있다. 압축강도는

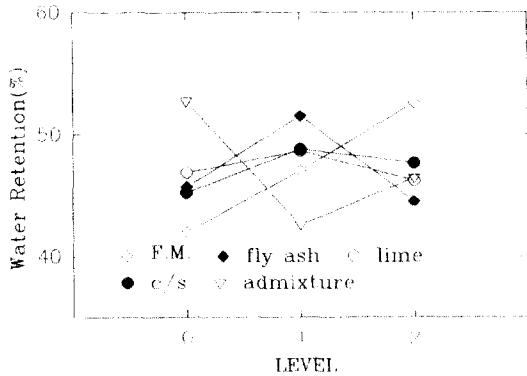


그림1. 모르타르의 보수성에 미치는 각 요인의 영향

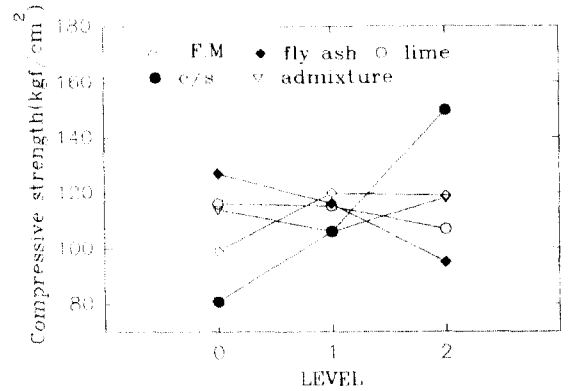


그림4. 모르타르의 7일 압축강도에 미치는 각 요인의 영향

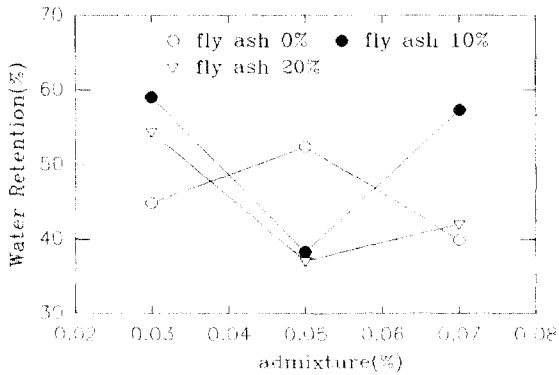


그림2. 각 혼화제의 첨가량에서 플라이애쉬 첨가량 변화가 보수성에 미치는 영향

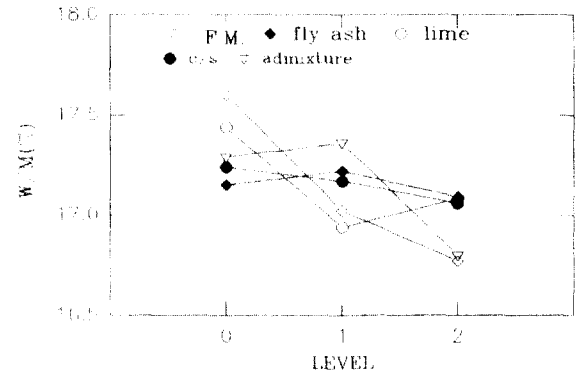


그림5. 혼합수량에 미치는 각 요인의 영향

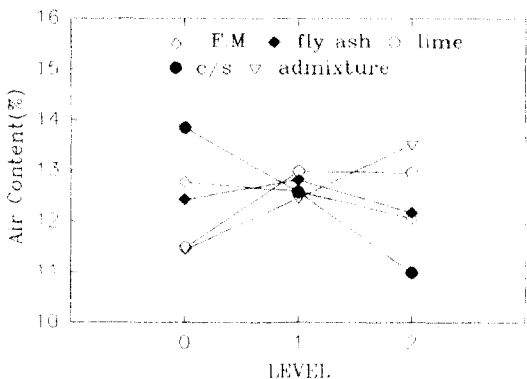


그림3. 모르타르의 공기량에 미치는 각 요인의 영향

모래에 대한 결합재의 비가 증가할수록 증가하며 플라이 애쉬의 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 소석회와 혼화제의 첨가량 변화는 압축강도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타나고 있다.

3.4 혼합수량

플로우 값 $100 \pm 5x$ 를 얻는데 필요한 혼합수량에 미치는 각 요인의 영향을 분석한 결과를 그림 5에 나타내었다. 혼합수량은 최대 18%, 최소 16%를 나타내어 본 실험에서 사용한 배합 조건들의 변화가 혼합수량에 큰 변동 요인은 아닌 것으로

생각되나 모래의 조립율이 커질수록, 혼화제 첨가량이 0.05%에서 0.07%로 증가할수록 혼합수량이 감소하는 경향을 나타내었으며 플라이 애쉬의 첨가량이나 결합재와 모래의 비는 혼합수량에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 소석회 경우는 첨가량 5%에서 혼합수량이 가장 낮은 경향을 나타내었다.

3.5 각 요인별 분석

가. 모래의 조립율

모래의 조립율 변화에 따른 영향을 분석한 결과 조립율이 높아질수록 혼합수량과 공기량이 감소하고 보수성, 압축강도는 증가하는 경향을 나타내고 있다. 따라서 모래 산지의 변화에 따른 원재료의 입도 문제, 혹은 소비자의 요구에 의해 조립율이 낮은 모래를 사용하여 모르타르를 제조하는 경우 혼합수량의 증가와 보수성, 압축강도의 감소가 예상된다. 따라서, 이러한 경우 혼화제 첨가량을 증가시키거나 모래에 대한 결합재의 비를 높일 필요가 있다고 생각되었다.

나. 플라이 애쉬의 첨가량

플라이 애쉬의 경우 20% 첨가할 때 압축강도 및 공기량, 보수성의 감소가 관찰되어 플라이 애쉬의 첨가량은 10%가 적정 첨가량인 것으로 보이거나 플라이 애쉬와 혼화제의 상호 작용을 고려할 때 플라이 애쉬 사용 여부에 따라 혼화제 첨가량의 조정이 필요하다고 생각되었다.

다. 소석회의 첨가량

소석회는 첨가량 5%에서 보수성이 높고 혼합수량도 낮은 것으로 분석되었으며 공기량 및 압축강도는 5% 이상 첨가시 더 이상 증가되지 않는 것으로 나타났다. 그러나 전반적으로 모르타르의 물성에 뚜렷한 영향을 끼치지 않는 것으로 나타나고 있다.

라. 결합재와 모래의 비

결합재와 모래의 비는 압축강도와 공기량에 대하여 본 실험의 요인중 가장 뚜렷한 영향을 미치고 있다. 따라서 압축강도만을 고려할 때 품종별로 KS 규정에 적합한 압축강도를 얻을 수 있는 결합재와 모래의 비는 미장, 조적용은 1:3.5에서 1:3 사이이며 바닥용은 1:2.5 부근으로 생각된다.

마. 혼화제의 첨가량

혼화제 첨가량이 증가할수록 공기량이 증가하는 것으로 나타나고 있다. 그러나, 첨가량 0.05%에서 보수성과 압축강도가 오히려 감소하며 혼합수량은 증가하는 결과를 나타내어 KS에서 요구하는 보수성을 만족하기 위해서는 적당한 증점제의 사용이 요구되고 있다.

3.6 증점제를 사용한 보수성의 확보

KS에 규정된 보수성을 만족하기 위하여 증점제(메틸 셀룰로오스계, 2% 수용액 점도 4,000cps)를 일정량 첨가하여 보수성을 측정하였다. 그 결과 결합재 무게비로 0.10-0.12% 첨가시 70% 이상의 보수성을 확보할 수 있었으며 공기량은 20-24%로 증점제를 첨가하지 않은 경우보다 증가하여 압축강도가 약 20-40 kgf/cm² 정도 감소하는 경향을 나타내었으나 KS 규정을 전체적으로 만족하였다.

4. 결론

모르타르의 물성에 미치는 배합 요인들의 영향을 알아보기 위하여 L₂₇(3¹³)의 직교배열법을 사용하여 27회의 실험을 실시하고 그 결과를 통계적으로 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 모래의 조립율이 커질수록 모르타르의 물성에 양호한 효과를 얻을 수 있으나 조립율이 낮은 모래를 사용하여 건조모르타르를 제조하는 경우에는 압축강도 및 보수성의 확보를 위하여 결합재의 비를 높이거나 플라이 애쉬의 첨가량을 감소시키고 이에 따라 혼화제 첨가량을 조정할 필요가 있다.

2) 혼합재 중 플라이 애쉬가 소석회보다 상대적으로 모르타르의 물성에 더 큰 영향을 끼치는 것으로 분석되었다. 플라이 애쉬의 적정 첨가량은 10% 부근이며 혼화제와 상호작용이 관찰되었다. 소석회는 전반적으로 모르타르의 물성에 큰 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났다.

3) 모래에 대한 결합재의 비는 높아질수록 압축강도가 증가하고 공기량은 감소하는 것으로 나타났다. 특히 바닥용의 경우 KS의 압축강도를 만족하기 위한 결합재와 모래의 비는 1:2.5 부근으로 분석되었다.

4) 본 실험의 배합 요인만으로는 KS에 규정된 보수성을 얻을 수 없는 것으로 나타나 이를 위해서 증점제를 사용한 결과 70% 이상의 보수성을 얻을 수 있었으며 공기량 증가로 인한 압축강도의 감소가 관찰되었으나 KS 규정을 만족하는 배합이 가능하였다.

5. 참고문헌

- 1) U.Dilger, Neuenburg, ZKG No.8/90, pp.395-398 (1990)
- 2) Beall, MORTAR, pp.13, Aberdeen Group 1990
- 3) Walker et al., *ibid*, pp.10-12
- 4) Beall, *ibid*, pp.36-38
- 5) KS L 5220-1993