

# 미장용 Mortar에 있어서 공기연행제가 미치는 물리적 특성 연구

김경덕·성길모\*·정민철

〈한일시멘트(주) 중앙연구소〉

## 1. 서 론

국내 건축 시공기술은 유럽에 비해 뒤 떨어져 있는 상황으로 '90년대 들어서 유럽의 dry mortar 수입이 활성화되고, 그에 따른 시공기술까지 도입되고 있는 추세이다. 각 제품의 종류, 시공 방법 및 용도 등에 따라 다양한 형태로 등장하고 있는데 그동안 국내의 dry mortar 제품은 현장 시공자의 기호에 따라 변화되어 왔으며 그런 변화과정은 시멘트가 가지고 있는 특성을 고려한 것이기 보다는 작업자의 편리성 및 시공량 등을 고려했기 때문에 발전의 한계성이 있었다. 그러나 최근 혼화재료의 사용이 필수화되어 있는 현실에서 시공방법 및 용도에 따른 혼화재료의 사용을 신중히 해야 하며 본 연구에서는 미장용 mortar에서 공기연행제가 미치는 제반 물리적 특성(Flow, 단위수량, 공기량, 단위용적중량, 압축강도, 부착강도, 응결시간, 보수성, 동결융해 저항성)을 연구, 향후 dry mortar에 공기연행제 사용시, 시공방법 및 물리적 특성 등에 따른 공기연행제의 사용에 관한 기초자료로 활용하고자 본 연구를 하였다.

## 2. 이 론

### 1) AE제의 종류

AE제(air entraining agents)는 계면활성제의 일종으로 콘크리트 및 모르타르속에서 독립된 미세 공기포를 연행시켜 workability와 동결융해에 대한 저항성을 향상시키기 위해 사용하는 혼화제

이다. AE제는 수용액중의 친수기 종류(전기적 성질)에 따라 음이온, 양이온, 비이온 및 양성이온 계면활성제로 아래와 같이 분류된다.

- ① 음이온계 AE제 : 수용액중에 해리되어 계면활성을 발휘하는 기가 음이온 전하를 띠는 것으로 시멘트 2차제에 쓰이는 AE제의 대부분을 이루고 있다.
  - 천연수지의 염류
  - 지방산과 수지 및 그의 염류
  - 리그닌술폰산의 염류
  - 술폰산 탄화수소의 유기염류
  - 합성세제
  - 석탄산의 염류
  - 단백질 물질의 염류
- ② 양이온계 AE제 : 시멘트가 갖고 있는 전기적 성질상 양이온계의 AE제와는 적합하지 않기 때문에 시멘트 2차제에 활용되고 있지 않다.
- ③ 비이온계 AE제 : 수용액중에 이온으로 해리되지 않고 친수기를 갖는다. ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{O}^-$ )
  - 에테르계                      - 에스테르계
- ④ 양성이온계 AE제 : 음이온과 양이온의 전하를 모두 띠는 것이지만 현재 AE제로 상품화되어 있지 않다.

### 2) AE제의 공기연행 원리

AE제는 물에 해리, 표면장력을 저하시켜 액체 내부에 공기포를 연행시키게 되는데 AE제 품질 성능을 좌우하는 것이 표면장력 저하능력이 어느 정도인가에 달려 있다. 따라서 AE제의 품질성능 시험은 공기포 연행시험, 표면장력 시험 및 비표

면장력 시험을 통하여 확인할 수 있다.

3) 공기량 감소에 영향을 주는 인자

공기량에 영향을 주는 인자중 콘크리트와 모르타르에서의 경향성이 약간 다르게 나타나는 부분도 있지만 아래 명시된 예들은 일상적으로 나타나는 경향에 대하여 명시하였다.

- ① 시멘트 : 분말도가 증가될 경우
- ② Fly ash : 미연소 카본량이 많을 경우
- ③ 골재 : 0.15mm 이하의 잔골재가 많거나 굵은 골재의 최대 치수가 클 경우
- ④ 물 : pH가 낮거나 불순물을 많이 함유했을 경우
- ⑤ 온도 : 시료온도가 높을 경우
- ⑥ 혼련 : 혼련시 믹서의 성능이 떨어질 경우
- ⑦ 반죽질기 : 반죽질기가 너무 작거나 재료분리가 났을 경우

3. 실험

1) 사용재료

- ① 시멘트 : 1종 보통포틀랜드시멘트
- ② 모래 : 금강사(2.5mm 이하)
- ③ 충전제 : 정제 fly ash
- ④ 증점제 : methyl hydroxy ethyl cellulose (이하 MC라 칭함)  
점도 2,500~5,000cP (2% sol.)
- ⑤ 공기 연행제(이하 AE제라 칭함) : olefin sulfonate, natriumsalt

2) 적용시험항목 및 방법

시험항목 및 관련 규격

<표 1>

시험항목	시험규격	비고
단위수량	KS L 5220	
Flow	"	
공기량	KS L 3136	1ℓ 공기량 시험용기 이용
단위용적증량	"	
혼련시간 및 속도변화에 따른 공기량	-	KS L 5220에 명시된 믹서사용

시험항목	시험규격	비고
굳지 않은 상태의 점도	-	Brookfield 점도계 이용
보수성	KS L 5219	
응결시간	KS F 2436	
압축강도	KS L 5220	
부착강도	KS L 1593 JIS A 6909	건연식 시험방법
길이변화	KS F 2424	
동결융해저항성	KS F 2456	

3) 시험 배합비

<표 2>의 배합을 근간으로 증점제 사용량을 증가(0~0.005wt%)해 가면서 나타나는 제반 물리적특성을 확인하였으며, 이때 각 시험항목별 flow = 100±5%를 기준으로 시험하였다.

일반 미장용 Mortar (1 : 3 Mortar) 배합비

<표 2>

Cement	Sand	Filler	증점제
23	73	4	0.005

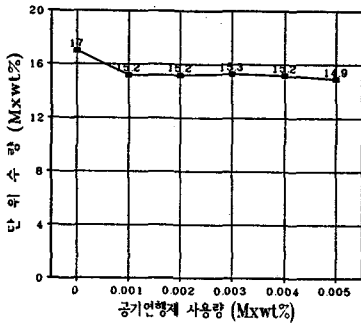
4. 시험결과

1) 단위수량

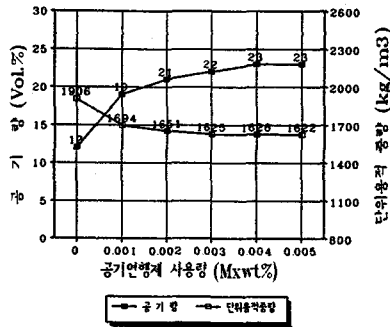
본 시험에서는 미장용 mortar에 공기연행제(AE제)를 0.001~0.005wt%까지 첨가해 가면서 시험한 결과, <그림 1>에서 보는 바와 같이 AE제가 첨가되지 않은 것보다 첨가한 경우에 약 2wt% 정도의 단위수량이 감소되는 것으로 나타났다.

2) 공기량과 단위용적증량

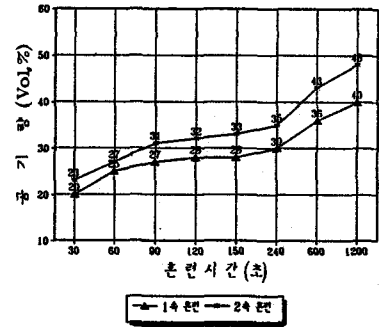
<그림 2>에서 보는 바와 같이 AE제 사용량이 증가할수록 사용하지 않는 것에 비해 약 7~11Vol.% 정도의 공기량이 증가하는 것으로 나타나 AE제 사용시 예비시험을 통한 적정사용량 선정이 중요하다. 본 시험에서는 AE제 사용에 따른 단위용적증량이 감소되었고 공기량 1Vol.%에



<그림 1> AE제 사용량에 따른 단위 수량 변화특성 (Flow=Constant)



<그림 2> AE제 사용량에 따른 공기량과 단위용적중량과의 관계 (Flow=Constant)



<그림 3> 혼련시간 및 속도변화에 따른 공기량 변화 (Flow=Constant)

단위용적중량이 약  $25 \pm 2 \text{ kg/m}^3$ 가 감소하는 것으로 나타났다.

약 20Vol. % 이상 공기연행이 더 일어났고, 1속 보다는 2속 혼련시 공기연행이 많이 일어나는 것으로 나타났다.

3) 혼련시간 및 속도변화에 따른 공기량

4) 균지않은 상태의 점도

혼련시간 및 속도변화에 따른 공기량 시험시 배합비

<표 3>

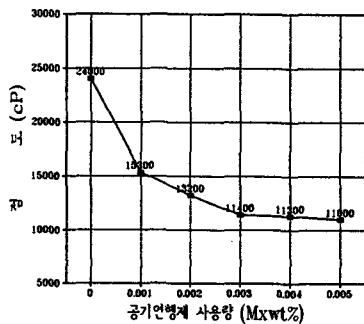
Cement	Sand	Filler	증점제	AE제
23	73	4	0.005	0.005

공기연행에 영향을 주는 인자는 AE제 품질성능, 배합방법, 시료온도, 외기온도, 습도 및 혼련방법 등 여러 요소가 있지만 본 시험에서는 KS L 5220에 명시된 혼합기를 이용하여 혼련속도 및 시간을 달리해 가면서 공기량 변화를 측정 한 결과 <그림 3>에서 보는 바와 같이 1속 및 2속 혼련시 30초 혼련된 것에 비해 20분 혼련시

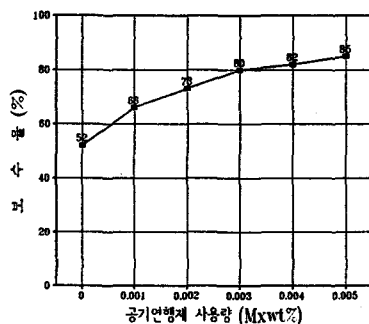
<그림 4>에서 보는 바와 같이 AE제를 사용했을 경우 사용량이 증가함으로 인해 연행된 공기입자가 많아지고 따라서 불베어링 역할로 인해 균지않은 상태의 mortar 점도는 감소하는 것으로 나타나 작업성이 향상되는 것으로 나타났다.

5) 보수성

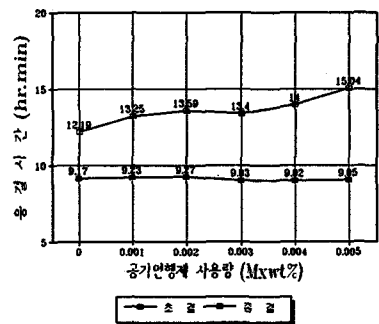
<그림 5>에서 보는 바와 같이 AE제 사용량 증가에 따른 미장용 mortar의 보수성은 증가하며 이는 연행된 공기입자가 물을 갖고 존재하기 때



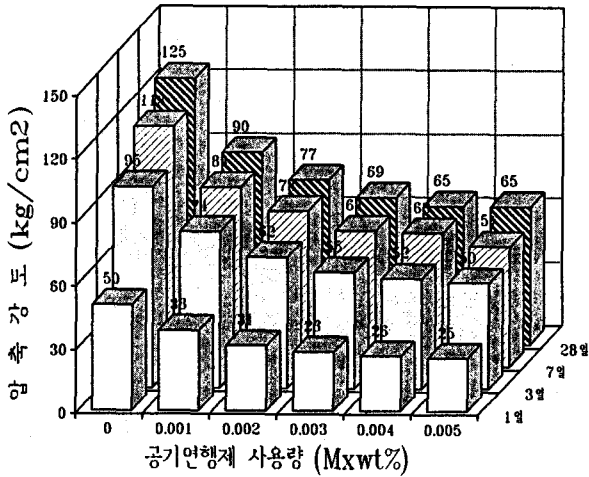
<그림 4> AE제 사용량에 따른 균지않은 상태의 Mortar 점도 (Flow=Constant)



<그림 5> AE제 사용량에 따른 보수성 경향 (Flow=Constant)



<그림 6> AE제 사용량에 따른 응결 시간에 미치는 영향 (Flow=Constant)



〈그림 7〉 AE제 사용량에 따른 압축강도 발현 경향 (Flow=Constant)

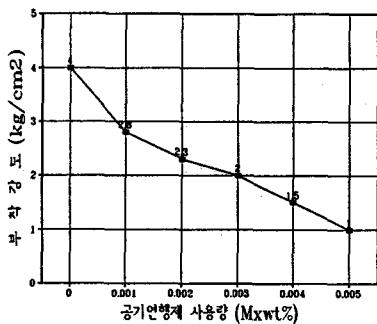
문이며 AE제를 사용하지 않은 경우보다 0.005wt% 사용할 경우 보수성이 약 30% 정도 향상되는 것으로 나타났다.

6) 응결시간

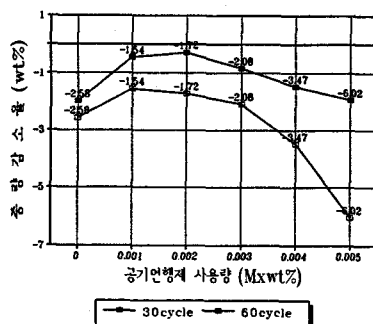
〈그림 6〉에서 보는 바와 같이 AE제 사용량이 증가될수록 초결에는 영향을 미치지 않았고, 종결에서는 사용하지 않은 경우보다 사용량 0.005wt%에서 약 3시간 정도 응결이 지연되는 것으로 나타났다.

7) 압축강도

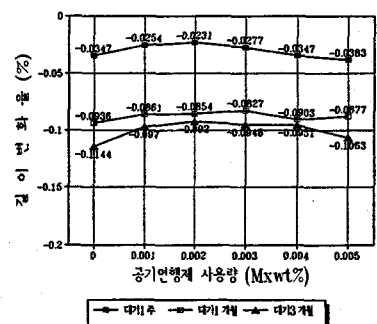
AE제 사용시 사용량 증가에 따른 공기량이 증



〈그림 8〉 AE제 사용량에 따른 부차 강도 발현 경향 (Flow=Constant)



〈그림 9〉 AE제 사용량에 따른 동결 융해 저항성 경향 (Flow=Constant)



〈그림 10〉 AE제 사용량에 따른 길이변화 경향 (Flow=Constant)

가하여 압축강도가 떨어지는 것은 필연적 현상이나 본 시험에서는 사용량 증가에 따른 압축강도 발현 정도를 확인하고자 하였으며 〈그림 7〉에서 보는 바와 같이 AE제를 사용하지 않은 경우보다 0.005wt% 사용했을 경우에 약 50% 정도의 강도 저하를 보였다. 따라서 AE제 사용시에는 적정 사용량 선정을 위한 예비 검증시험을 필수적으로 행하여야 할 것으로 판단된다.

8) 부차강도

〈그림 8〉에서 보는 바와 같이 부차강도의 경우 연행된 공기량이 증가할수록 부차강도는 하락하는 경향으로 나타났으며 특히 AE제를 사용하지 않은 것에 비해 0.005wt% 사용했을 경우 압축강도 보다 더 큰 약 75%의 부차강도 저하를 보였다. 따라서 미장용 mortar는 부차강도가 가장 중요한 물성이므로 AE제의 과량사용은 바람직하지 않을 것이다.

9) 동결융해 저항성

〈그림 9〉에서 보는 바와 같이 AE제 사용량 증가에 따른 30, 60 cycle의 동결융해 시험결과, 시편의 중량감소율은 0.001~0.002wt% 정도가 가장 적은 중량감소를 보였으며 AE제를 과량 사용시에는 오히려 낮은 강도발현으로 인해 중량 감소가 큰 것으로 나타났다.

10) 길이변화

AE제 사용량 증가에 따른 시편의 길이변화율은 <그림 10>에서 보는 바와 같이 사용량 0.001~0.002wt% 정도일 때 길이변화율이 작았으며 과량 사용시 즉 공기연행이 과다할 경우 길이변화율이 큰 것으로 나타났다.

## 5. 결 론

일반 미장용 mortar(1:3 mortar)에 AE제 사용량을 증가해 가면서 나타나는 제반 물리적 특성 시험결과는 다음과 같다.

- 1) 단위수량 : AE제가 첨가되지 않은 것보다 0.001~0.005wt%까지 첨가한 경우에 약 2wt% 정도의 단위수량이 감소되는 것으로 나타났다.
- 2) 공기량과 단위용적중량 : AE제 사용량이 증가할수록 사용하지 않은 것에 비해 약 7~11Vol. % 정도의 공기량이 증가하는 것으로 나타났고, 단위용적중량 또한 감소되었으며 공기량 1Vol. % 에 단위용적중량이 약  $25 \pm 2 \text{kg/m}^3$  정도 감소하는 것으로 나타났다.
- 3) 혼련시간 및 속도변화에 따른 공기량 : 1속 및 2속 혼련시 30초 혼련된 것에 비해 20분 혼련시 약 20Vol. % 이상, 공기연행이 더 일어났고, 1속보다는 2속 혼련시 공기연행이 많은 것으로 나타났다.
- 4) 굳지않은 상태의 점도 : AE제를 사용했을 경우 사용량이 증가함으로 인해 연행된 공기입자가 많아지고 따라서 불 베어링 역할로 인해 굳지않은 상태의 mortar 점도는 감소하는 것으로 나타나 작업성이 향상되는 것으로 나타났다.
- 5) 보수성 : AE제를 사용하지 않은 경우보다 0.005wt% 사용할 경우 보수성이 약 30% 정도 향상되는 것으로 나타났다.
- 6) 응결시간 : AE제 사용량이 증가될수록 초결

에는 영향을 미치지 않았고, 종결에서는 사용하지 않은 경우보다 사용량 0.005wt%에서 약 3시간 정도 응결이 지연되는 것으로 나타났다.

7) 압축강도 : AE제를 사용하지 않은 경우보다 0.005wt% 사용했을 때 약 50% 정도의 강도저하를 보였다.

8) 부착강도 : 연행된 공기량이 증가할수록 부착강도는 하락하는 경향으로 나타났으며 특히 AE제를 사용하지 않는 것에 비해 0.005wt% 사용했을 경우의 압축강도보다 더 큰 약 75%의 부착강도 저하를 보였다.

9) 동결융해 저항성 : 30, 60 cycle의 동결융해 시험결과, 시편의 중량감소율은 0.001~0.002wt % 정도가 가장 적은 중량감소를 보였으며 AE제를 과량 사용시에는 오히려 낮은 강도발현으로 인해 중량감소가 큰 것으로 나타났다.

10) 길이변화 : AE제 사용량 0.001~0.002wt% 정도일 때 길이변화율이 작았으며 과량 사용시 즉 공기연행이 과다할 경우 길이변화율이 큰 것으로 나타났다.

이상의 시험 결과를 기초로 향후 AE제 사용시 각 제품특성 및 품질수준을 고려, AE제의 특성을 충분히 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

## <참 고 문 헌>

1. B. H. Introduction to Colloid and Surface Chemistry. Fourth edition.
2. Edited by M. H. Gutcho. Cement and Mortar Technology and Additives. Developments since 1977.
3. 新 界面活性劑의 機能作用의 解明と その 應用製品의 開發. 經營開發センター出版部.
4. "콘크리트 혼화재료" 한국콘크리트학회 (1997).