

# 고품질 현장 유동화 콘크리트 제조를 위한 유동화제 성능 개선에 관한 기초적 연구

## A Fundamental Study on the Improvement of Superplasticizer for Manufacturing the High Quality Flowing Concrete in the Field

강 의 영\*   한 민 철\*\*   오 선 교\*\*   한 천 구\*\*   반 호 용\*\*

Jiang, Yi Rong   Han, Min Cheol   Oh, Seon Kyo   Han, Cheon Goo   Bahn, Ho Yong

### ABSTRACT

Generally, the base concrete for manufacturing the flowing concrete has to increase the fine aggregate content or adjust the fines content to prevent the concrete from segration. However, it may not only increase the cost, but cause the inconvenience in production of base concrete. In this paper, the experiments is performed on the superplasticizer which is used for base concrete by mixing viscosity agents and AE admixtures. According to the results, it shows that it is possible to manufacture a flowing, non segregation, high durability and economical concrete in the field without increasing the fine aggregate content of base concrete, when the superplasticizer are mixed with viscosity agents and AE admixtures in an appropriate proportion.

### 1. 서 론

최근 국내의 일부 건설공사에서는 된비빔 콘크리트의 품질을 그대로 발휘하면서 유동화제를 이용하여 시공능률을 향상시키고, 또한 경제성을 성취하는 유동화 콘크리트공법이 가끔 채택되고 있다.

그러나 이러한 유동화 콘크리트공법을 현장에 적용하는 경우, 베이스 콘크리트의 제조는 일반적인 레미콘과 다른 배합조건으로 결정되어야 하는데, 이를 고려하지 않고 유동화 콘크리트공법을 적용하는 경우는 유동화과정에서 재료분리가 발생하여 콘크리트의 품질에 악영향을 미칠 수 있다. 따라서 실무에서는 시공자가 레미콘 생산자에게 잔골재율의 증가 등 배합을 조정한 베이스 콘크리트를 주문하여 현장에서 유동화시키게 되는데, 이러한 경우 레미콘회사는 배합을 변경해야만 하는 번거로움이 있고, 또한 시공자는 잔골재율 증가 등 배합조정에 의한 원가상승 등 경제적인 문제점도 있어 양자간의 협조를 필요로 하게 된다.

그러므로 본 연구에서는 레미콘회사의 생산성 및 시공자의 현장 유동화작업에 대한 편의성 등을 고려하여 일반 레미콘 조건하에서 베이스 콘크리트를 출하하고, 유동화제에 의한 유동화과정에서 발생하는 재료분리를 유동화제에 첨가된 증점제 등 첨가물로 방지할 수 있는 고품질 유동화제를 개발하므로써 궁극적으로는 고품질 현장 유동화 콘크리트제조에 한 참고자료를 제시하고자 한다.

\* 정희원, 청주대학교 대학원 석사과정

\*\* 정희원, 청주대학교 대학원 박사과정

\*\*\* 정희원, 청주대학교 교수, 공학박사

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 먼저, 베이스 콘크리트의 물시멘트비는 일반강도 범위인 50%로 하고, 목표 슬럼프는  $8 \pm 1$ cm, 목표 공기량은  $4.5 \pm 1.5\%$ 로 한다. 표 2는 본 연구에서 채택한 베이스 콘크리트의 배합설계로서 단위수량 및 잔골재율은 래미콘회사의 배합을

참고하여 될수 있는 한 낮게 정하고, AE감수제를 사용하는 것으로 한다.

배합사항은 유동화제, 증점제 및 AE제의 첨가량을 변수로 하여 3개의 시리즈로 구성하는데, 최종적인 유동화 목표를  $18 \pm 1$ cm로 정하고 각 실험변수는 예비실험에 의하여 결정한다. 실험사항로서 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 공기량, 블리딩량 및 응결시간을 측정하고, 경화 콘크리트에서는 28일 재령의 압축강도를 측정하는 것으로 한다.

### 2.2 사용재료

본 실험의 사용재료로서 시멘트는 국내산 1종 보통 포틀랜드 시멘트(비중: 3.15)를 사용하고, 골재로서 굵은골재는 충북 옥산산 20mm부순돌(비중: 2.79, 조립율: 6.7)을 사용하며, 잔골재는 충남 병천산 강모래(비중: 2.57, 조립율: 2.93)를 사용하는 것으로 한다. 혼화제로서 AE감수제는 나프탈린계, 유동화제는 멜라민계, 증점제는 에틸렌 옥사이드, AE제는 나트륨 로릴 황산염을 사용하며 그 물리적 성질은 표 3과 같다.

### 2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로, 먼저, 콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하여, 첨가한 혼화제가 충분히 혼합할 수 있도록 그림 1의 순서에 따라 실시한다.

굳지않은 콘크리트의 실험, 압축강도 시험용 공시체의 제작 및 압축강도 시험은 KS의 표준적인 방법에 의하여 실시하는 것으로 한다.

표 1. 실험계획

| 시리즈 | 배합 사항   |  |                        |  |             | 실험 사항  |          |
|-----|---------|--|------------------------|--|-------------|--|----------|
|     | W/C (%) | 슬럼프 (cm)                               | 유동화제 첨가량 (%)           | 증점제 첨가량 (%)                              | AE제 첨가량 (%) | 굳지않은 상태  | 경화상태     |
| I   | 50      | 베이스 : $8 \pm 1$<br>(유동화 : $18 \pm 1$ ) | 0<br>0.2<br>0.4<br>0.6 | 0  | 0           | · 슬럼프<br>· 공기량<br>· 블리딩량<br>· 응결시간<br>· 육안으로 재료분리 판정 | 28일 압축강도 |
| II  |         |  | 0.4                    | 0<br>0.004<br>0.008<br>0.012<br>0.016    | 0           |  |          |
| III |         |  | 0.4                    | 0<br>0.0006<br>0.0012<br>0.0025<br>0.005 | 0           |  |          |

표 2. 베이스콘크리트의 배합설계

| W/C (%) | W (kg/m <sup>3</sup> ) | S/A (%) | AE/C (%) | 용적배합 (ℓ/m <sup>3</sup> ) |     |     | 중량배합 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |      |
|---------|------------------------|---------|----------|--------------------------|-----|-----|---------------------------|-----|------|
|         |                        |         |          | C                        | S   | G   | C                         | S   | G    |
| 50      | 167                    | 40      | 1        | 106                      | 273 | 409 | 334                       | 702 | 1141 |

표 3. 혼화제의 물리적 성질

| 혼화제종류  | 주 성분                  | 색상 및 형태 | 밀도 (g/100cm <sup>3</sup> ) | 표준사용량 (%)<br>(시멘트중량에 대함) |
|--------|-----------------------|---------|----------------------------|--------------------------|
| AE 감수제 | Naphthalene           | 갈색 액체   | 65~75                      | 0.5~0.7                  |
| 유동화제   | Melamine              | 흰색 분말   | 45~65                      | 0.3~0.5                  |
| 증점제    | Ethylene Oxide        | 흰색 분말   | 50~70                      | 0.01~0.03                |
| AE제    | Sodium Lauryl Sulfate | 흰색 분말   | —                          | 0.001~0.004              |

### 2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로, 먼저, 콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하여, 첨가한 혼화제가 충분히 혼합할 수 있도록 그림 1의 순서에 따라 실시한다.

굳지않은 콘크리트의 실험, 압축강도 시험용 공시체의 제작 및 압축강도 시험은 KS의 표준적인 방법에 의하여 실시하는 것으로 한다.

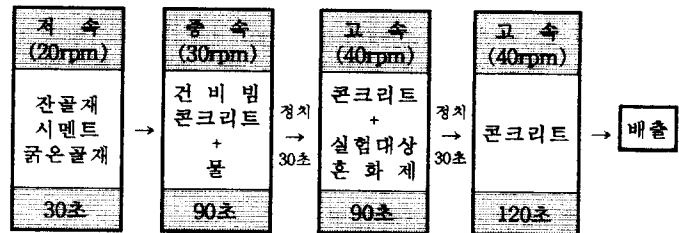


그림 1. 콘크리트의 혼합

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

그림 2는 실험계획된 각종 혼화제 첨가량에 따른 슬럼프, 공기량, 블리딩량 및 응결시간을 나타낸 것이다. 시리즈 I의 경우는 베이스 콘크리트에서의 유동화제첨가량, 시리즈 II는 시리즈 I에서 결정된 적정 유동화제첨가량에서의 증점제 첨가량, 시리즈 III은 시리즈 I, II에서 결정된 적정 유동화제 및 증점제 첨가량에 AE제 첨가량을 변수로 한 것이다.

먼저, 슬럼프는 유동화제를 첨가할수록 증가하는 것으로 나타났는데, 0.6%의 과량첨가한 경우는 점성 부족에 의한 재료분리현상으로 중앙부에 굽은골재가 쌓여 슬럼프는 반대로 감소하는 것으로 나타났다. 따라서, 시리즈 II에서 증점제 첨가에 의한 슬럼프 감소를 감안할 때 슬럼프가 21cm인 유동화제 0.4%를 첨가한 배합을 유동화 콘크리트를 제조하기 위한 것으로 결정한다.

시리즈 II는 유동화제를 0.4% 첨가한 배합에서 증점제 첨가량을 증가시킬수록 점성증가에 의하여 슬럼프는 감소하는 경향으로 나타났는데, 재료분리가 없는 범위에서 유동성이 양호한 배합은 증점제 첨가량 0.012%로 나타났다. 또한, 시리즈 I, II에서 결정된 유동화제 0.4% 및 증점제 0.012% 첨가한 배합에서 AE제를 증가시킬수록 슬럼프는 약간 증가하는 경향이, AE제 0.0012%, 0.0025% 및 0.005%를 첨가한 경우는 슬럼프가 18~19cm로서 실험계획중 목표한 18±1cm 범위에는 포함되는 것으로 나타났다.

공기량은 유동화제가 증가할수록 감소하였으나, 증점제의 첨가에 의해 약간 증가하였고, AE제의 첨가에 따라 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 특히 AE제 0.0006%를 첨가한 경우는 슬럼프가 17.2cm로 목표에 만족하게 나타났고, 공기량도 3.5%로서 베이스 콘크리트의 공기량과 유사해지는 것으로 나타났다.

재료분리측면에서는 육안으로 재료분리를 판정한 결과 시리즈 I의 각 배합은 재료분리가 발생하였으나 시리즈 II 및 III에서는 발생하지 않은 것으로 나타났다. 재료분리의 판정에 또하나의 기준이 되는 블리딩율은 베이스 콘크리트와 유동화제를 0.6% 첨가한 것이 각 0.286cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> 및 0.51cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>인 비교적 높은 값으로 나타났으나, 기타의 경우는 모두 0.1cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>이하로 시방서의 규정에 충분히 만족하는 것으로 나타났다.

응결시간의 경우는 베이스 콘크리트에 사용한 AE감수제의 지연효과에 기인하여 전반적으로 응결시간이 길게 나타났는데, 베이스 콘크리트와 비교하여 유동화제 및 증점제를 첨가한 것은 더욱 길게 나타났다. AE제의 첨가에 따라서는 줄어드는 경향으로 나타났다. 이는 AE제가 다소 응결촉진효과를 갖고 있는 이유로 판단된다.

#### 3.2 경화 콘크리트의 특성

전반적으로 베이스콘크리트와 비교한 경우 콘크리트의 압축강도는 그림 3에서 나타난 것과 같이 유동화제는 0.4%일 때 제일 큰 것으로 나타났고, 증점제 및 AE제의 첨가에 따라서는 점차 저하하는 것

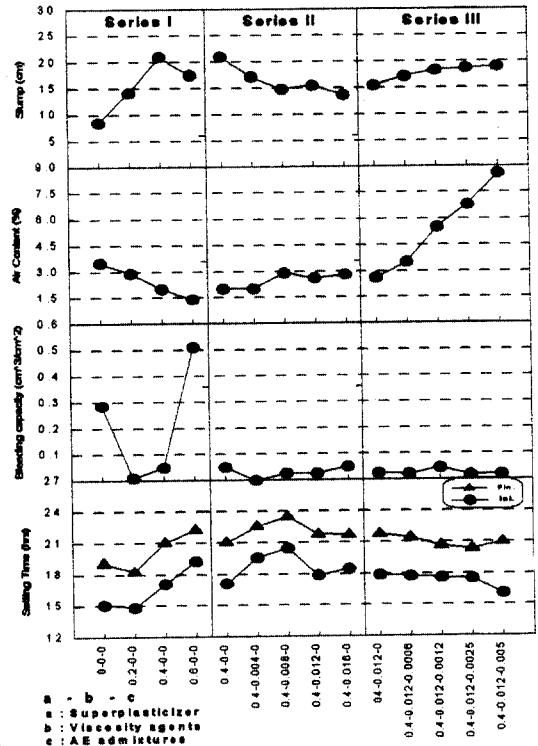


그림 2 혼화제 첨가량에 따른 굳지않은 콘크리트의 특성

으로 나타났다.

한편, 유동화제 0.4%를 첨가한 경우의 압축강도는 베이스콘크리트보다 약 30%정도 증가하여 가장 높은 강도를 나타냈고, AE제 0.005%를 첨가한 경우는 과대한 공기량에 의하여 강도가 약 10%정도 감소하는 것으로 나타났다. 또한 시리즈 II에서의 압축강도는 모두 베이스콘크리트보다 높은 것으로 나타났는데, 이는 증점제의 첨가에 의하여 재료분리가 발생하지 않아 강도가 향상된 것으로 분석된다.

종합적으로 본 실험의 범위에서는 슬럼프 8.5cm, 공기량 3.5%인 베이스콘크리트에 표 4와 같이 유동화제 0.4%에, 증점제 0.012% 및 AE제 0.0006%를 첨가한 유동화제를 개발하므로써 표 5와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 즉, 슬럼프를 17.2cm로 유동화시키고 공기량도 3.5%로 규정에 만족하며 재료분리도 발생하지 않았다. 강도측면에서는 약 10% 정도 증가하는 것으로 나타나, 전반적으로 워커빌리티를 향

상시키고, 재료분리저항성 및 내구성 등 품질을 확보할 수 있으며 경제성도 성취할 수 있는 고품질 현장 유동화 콘크리트의 제조가 가능한 것으로 사료된다.

표 5. 베이스 및 유동화 콘크리트의 실험결과 (혼화제 최적량 첨가)

| 종 류     | 슬럼프 (cm) | 공기량 (%) | 블리딩량 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> ) | 응결시간(시간) |       | 압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------|----------|---------|--|----------|-------|----------------------------|
|         |          |         |  | 초결       | 종결    |                            |
| 베이스콘크리트 | 8.5      | 3.5     | 0.286                                    | 15.08    | 19.07 | 315                        |
| 유동화콘크리트 | 17.2     | 3.5     | 0.022                                    | 17.75    | 21.45 | 346                        |

#### 4. 결 론

유동화제에 증점제 및 AE제를 혼합 사용하므로써 고품질 현장 유동화 콘크리트의 개발을 목적으로 실험 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 슬럼프는 유동화제의 첨가에 따라 증가하고, 증점제의 첨가에 따라 감소하며 또한, AE제의 첨가에 따라 약간 증가하는 경향으로 나타났다. 공기량은 유동화제 첨가에 인하여 감소하고, 증점제의 첨가에 의해 약간 증가하며 AE제의 첨가에 따라 급격히 증가하는 것으로 나타났다.

2) 블리딩율은 베이스콘크리트와 유동화제 0.6%를 첨가한 것 이외의 기타의 경우는 모두 0.1cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> 이하로 매우 작게 나타났고, 응결시간은 베이스 콘크리트보다 유동화제 및 증점제를 첨가한 것이 비교적 길게 나타났으나 AE제의 첨가에 따라 약간 줄어드는 경향으로 나타났다.

3) 유동화 콘크리트의 압축강도는 베이스 콘크리트보다 10% 정도 증가하는 것으로 나타났다.

종합적으로 증점제와 AE제를 유동화제에 혼합하여 개발한 고품질 유동화제를 베이스 콘크리트에 사용하면 워커빌리티를 향상시키고, 잔골재율의 증가없이도 재료분리를 막을 수 있으며 기타 내구성 등의 품질을 확보할 수 있는 고품질 현장 유동화 콘크리트가 성취될 수 있음이 연구되었다.

끝으로 본 연구는 중소기업청 주관 「'97 유망선진기술기업 기술지도」에 따라 충북도내 중부실업(대표이사 박재호)과의 공동연구로 이루어졌음에 위 기관에 감사한다.

#### 참 고 문 헌

- 1) 韓千求, 尹起源, 金鍾錫, 流動化 콘크리트의 現場 實驗 研究, 大韓建築學會論文集, Vol. 13, No. 9, 1997, pp.297~304

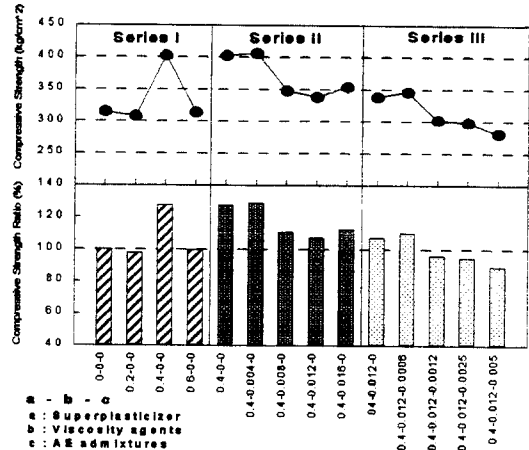


그림 3. 혼화제 첨가량에 따른 압축강도

표 4. 최적 혼화제 첨가량

| 구 분                     | 유동화제 | 증점제   | AE 제   |
|-------------------------|------|-------|--------|
| 첨가비율 (%)                | 0.4  | 0.012 | 0.0006 |
| 첨가량 (g/m <sup>3</sup> ) | 1336 | 40    | 2      |