

# 바닥용 모르타르의 균열방지를 위한 실험적 연구

## An Experimental Study for Crack Prevention of Floor Mortar

정제동\*                      김진근\*\*                      최응규\*\*\*  
Jung, Jae-Dong   Kim, Jin-Keun   Choi, Eung-Kyoo  
이철성\*\*\*\*                      이상순\*\*\*\*  
Lee, Chil-Sung                      Lee, Sang-Soon

### Abstract

Recently, the mortar crack on floor is very serious in construction field, e.g. the crack due to plastic shrinkage and the crack due to drying shrinkage. To prevent this kind of crack, optimum mix proportions not only satisfying the required workability but also minimizing the unit water content were selected. And the expansion admixtures were used to compensate the shrinkage of mortar. This study shows that water/cement ratio used in construction field is about 64%. Even if we reduce water/cement ratio of mortar by the appropriate use the fine aggregate with high fineness modulus and superplastizer, floor mortar can have the required workability. The equations between mortar flow and water/cement ratio, sand/cement ratio, fineness modulus of fine aggregate were proposed in this study. And this equation may provide available mix proportions of floor mortar.

## 1. 서 론

최근 건축공사에서는 공기 단축, 인건비 절감 등의 이유로 미장용 모르타르의 기계화 시공이 크게 파급되고 있다. 기존의 레미콘에 의한 콘크리트 공사와 마찬가지로 레미콘 공장에서 모르타르를 제조한 후 현장에서 압송, 타설하거나 현장에서 모르타르를 혼합한 후 압송, 타설 후 마무리를 한다. 특히 넓은 면적을 단시간에 타설함으로써 종래의 손비빔 또는 부위별 기계비빔에 의한 타설보다 몇 배로 시공효율이 높아 공기단축 등이 이루어지고 있다. 그러나 이러한 장점의 이면에는 급속 시공, 대량 타설에 따른 많은 문제점도 야기되고 있다. 특히 타설 후 24시간 이내 발생하는 초기균열과 타설 후 장기간에 걸쳐 발생하는 건

조수축균열의 발생은 가장 큰 문제로 대두되고 있으며 이는 바닥용 모르타르 시공 후 하자 발생의 대부분을 차지하고 있다.

바닥용 모르타르는 현장 작업자들이 시공 편의상 다량의 물을 사용하고 있어 수축 및 균열이 많이 발생할 뿐만 아니라, 시판 중의 수축저감제를 넣어도 균열억제 효과가 충분히 발휘되지 못하고 있다. 물을 많이 사용하는 이유는 펌프압송성과 작업성의 증진 때문이므로, 근본적으로 이 부분을 개선하지 않고서는 건조수축과 이로 인한 균열을 방지하기가 힘들 것으로 판단된다. 따라서 필요한 작업성을 유지하면서 단위수량을 최소화하는 재료적 요인과 배합적 요인을 검토하여 최적배합을 선정하여 시멘트페이스트의 체적변화 유발의 원인이 되는 잉여수분을 억제하도록 하였으며, 또한 팽창제를 사용하여 수축을 보상하는 방법을 통하여 균열발생 위험성을 최소화하도록 하였다.

## 2. 실험계획

\* 정회원, 대구대학교 건축공학과, 전임강사  
\*\* 정회원, 한국과학기술원 토목공학과, 교수  
\*\*\* 정회원, 삼성물산(주) 건설부문, 수석연구원  
\*\*\*\* 정회원, 한국과학기술원 토목공학과, 박사과정

## 2.1 실험개요

이 연구는 물시멘트비(w/c), 잔골재시멘트비(s/c)가 바닥용 모르타르에 미치는 영향을 파악하기 위하여 단위수량을 최소화하면서 작업성이 최대가 되는 기본배합조건 선정시험과 골재입도의 영향을 고려한 배합시험을 실시하였다. 그리고 팽창제를 사용하여 수축량을 감소시키는 수축억제시험을 하였다.

바닥용 모르타르의 배합설계에 앞서 목표로 하는 바닥용 모르타르의 물성값으로서, 압축강도는 KS L 5220에서 규정한 재령 7일에서  $140 \text{ kg/cm}^2$ , 28일에서  $210 \text{ kg/cm}^2$ 을 만족하도록 하였다. 그리고 모르타르의 작업성은 현장에서 양호한 타설 작업이 가능한 상태에서 측정된 슬럼프 플로우(slump flow)  $53 \pm 2 \text{ cm}$ , 혹은 플로우(flow)값  $220 \pm 5 \text{ mm}$ 를 작업이 가능한 최소 목표값으로 설정하였다.

## 2.2 최적배합 선정 실험

최적배합 선정 실험에서는 건조수축 억제율을 위해 단위수량을 최소화하도록 하였다. 단위수량을 억제할 경우 문제가 되는 작업성능의 저하는 적절한 배합조건의 선정과 잔골재의 조립율(F.M.)의 조절, 고성능감수제의 사용등을 통하여 작업성이 최대로 되는 조건을 선정함으로써 해결하고자 하였다.

### 2.2.1 사용재료

시멘트는 1995년 6월에 생산된 T사의 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 그리고 사용한 잔골재는 낙동강산 하천사를 이용하였으며, 비중은 2.6, 흡수율은 0.9%이다.

### 2.2.2 물시멘트비(w/c), 잔골재시멘트비(s/c)

#### (1) 실험수준

이 실험에서는 28일 압축강도가  $210 \text{ kg/cm}^2$ 을 만족하면서 작업성이 최대로 나오는 점을 찾기 위하여 물시멘트비(w/c)와 잔골재시멘트비(s/c)를 변화시키면서 물성의 변화를 검토하였다.

실험수준은 물시멘트비를 0.36, 0.40, 0.44,

0.48, 0.52의 5수준으로 변화시키고, 잔골재시멘트비를 1.75, 2.00, 2.25, 2.50, 2.75, 3.00, 3.25의 7수준으로 변화시켜 전체 35종류의 모르타르 배합에 대하여 작업성의 변화를 파악하였다.

#### (2) 실험방법

작업성 측정은 KS L 5105의 시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법의 모르타르 플로우(flow) 시험방법에 준하여 시험하였다.

## 2.2.3 잔골재의 조립율(F.M.)

골재의 물성중에서 작업성에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 잔골재의 입도분포이다. 그러나 골재의 입도분포는 골재 산지에 따라 차이가 크기 때문에 해당 현장에서 사용 중인 잔골재 입도분포에 따라서 배합의 조정이 필요하다. 따라서 잔골재의 조립율을 변수로 선정하였다.

#### (1) 실험수준

물시멘트비를 0.48로 고정하고, 골재의 조립율(F.M.)을 2.15, 2.46, 2.77, 3.07, 3.38로 변화시키면서 잔골재의 입도분포 변화가 작업성에 미치는 영향을 파악하였다. 그리고 잔골재시멘트비는 현장에서 가장 많이 사용되고 있는 2.50, 2.75, 3.00으로 하였다.

#### (2) 잔골재 조립율(F.M.) 조정

입도 조정을 통하여 잔골재의 조립율을 2.15, 2.47, 2.77, 3.07, 3.38로 하였다. 그리고 1종류의 배합에 대해 각 2개의 공시체를 제작하였다.

## 2.3.3 실험방법

공시체는 KS F 2424의 모르타르 길이변화 시험방법에 준하여  $25.4 \times 25.4 \times 285.7 \text{ mm}$  크기의 2연형 모듈드를 사용하여 제작하였다. 모듈드에 타설된 공시체는 온도  $20^\circ\text{C}$ , 상대습도 95%의 항온항습기에 넣어 24시간 양생한 후 탈형하여 길이변화 측정기를 이용하여 초기길이를 측정하였다. 측정 후에는 다시 온도  $20^\circ\text{C}$ , 상대습도 60%의 항온항습기에 넣어 양생시키면서 실험데이터를 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 최적배합 선정 실험 결과 및 고찰

##### (1) 배합조건 선정 실험

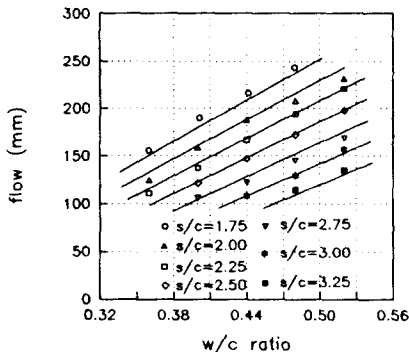
Fig. 1(a)는 물시멘트비(w/c)의 변화가 모르타르의 플로우값에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 물시멘트비의 증가에 따라 플로우값은 증가하며, 그 경향은 잔골재시멘트비(s/c)에 따라 거의 일정한 간격으로 직선적으로 증가하고 있다. 따라서 모르타르의 플로우값은 잔골재시멘트비(s/c)와 물시멘트비(w/c)의 함수로 나타내면 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$flow = (-132.7 (s/c) + 955.2)(w/c) + (-21.5(s/c) - 72.2) \quad (1)$$

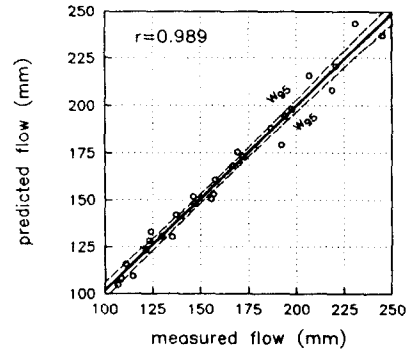
여기서, flow는 모르타르의 플로우값(mm)이다.

Fig. 1(b)는 실험결과와 예측결과를 서로 비교하였으며, 식 (1)은 실험결과와 거의 일치하고 있음을 알 수 있다.

이 실험에서는 동일한 잔골재시멘트비(s/c)에서 물시멘트비가 0.36~0.52로 커짐에 따라 플로우값은 약 130mm 정도가 증가하여 개략적으로 물시멘트비가 1% 증가함에 따라 플로우값은 약 8mm 증가하고 있다. 이와 같은 물시멘트비의 증가로 인한 플로우값의 증가는 다음과 같이 설명할 수 있다. 즉 물시멘트비의 증가를 증가시키면 시멘트페이스트의 체적이 증가하게 된다. 따라서 잔골재와 잔골재사이의 간격이 멀어져 골재입자의 마찰저항이 작아지며 또한 증가된 단위수량에 의해 시멘트페이스트의 점성이 낮아지므로 플로우값이 증가하는 것으로 설명할 수 있다.



(a) Test results



(b) Comparison of measured flow and predicted flow  
Fig. 1 Effect of w/c ratio on mortar flow

한편 Fig. 2는 잔골재시멘트비(s/c)에 따른 플로우값의 변화를 나타낸 것이다. 잔골재시멘트비가 증가함에 따라 플로우값이 감소하며, 물시멘트비의 증가에 따라 거의 일정한 간격으로 직선적으로 감소하고 있다. Fig. 2에서는 실험결과와 식 (2)에 의한 결과를 나타내고 있다.

이 실험에서는 각각의 물시멘트비에서 잔골재시멘트비(s/c)를 1.75에서 3.25까지 0.25씩 증가시켰다. 잔골재량이 증가하면 시멘트페이스트의 체적은 감소하고 이에 따라 플로우값이 감소한다. 즉 동일한 물시멘트비에서의 잔골재량을 증가시키면 시멘트페이스트의 점성의 변화는 없고 골재량만이 플로우값에 영향을 준다. 따라서 골재 입자간의 마찰 혹은 모르타르의 흐름시 골재입자의 회전저항으로 인한 유동성의 저하가 플로우값의 감소로 나타난 것으로 사료된다.

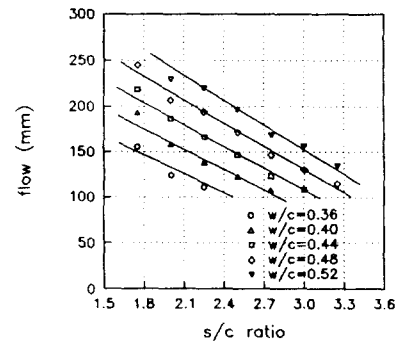


Fig. 2 Effect of s/c ratio on mortar flow

또한 식 (1)을 이용하면 현장에서 작업에

필요한 모르타르의 목표 플로우값을 얻기 위한 물시멘트비나 잔골재시멘트비를 정확하게 예측할 수가 있다.

현장에서 바닥용 모르타르의 배합으로 많이 사용되고 있는 잔골재시멘트비(s/c) 2.0, 2.5, 3.0인 경우에, 타설작업이 가능한 플로우값은 220mm 이다. 따라서 식 (1)에 flow=220mm를 대입하여 물시멘트비를 구하면 s/c가 2.0에서 0.49, s/c가 2.5에서 0.55 그리고 s/c가 3.0에서는 0.64로 나타났다.

이것으로 현장에서 가장 일반적으로 사용하고 있는 잔골재시멘트비(s/c) 3.0에서 바닥용 모르타르를 배합할 때에는 물시멘트비를 0.64 이상으로 사용하고 있는 것으로 추정할 수 있으며, 물시멘트비를 0.64 이상으로 조정해야 압송상의 문제없이 그리고 작업자가 순조롭게 작업할 수 있을 것으로 사료된다.

또한 현장에서 일반적으로 사용되는 잔골재시멘트비 3, 물시멘트비 0.64의 기본배합에 나프탈렌계의 고성능감수제(액상, Mighty-150)를 첨가하여 감수율에 대한 실험을 하였다. 플로우 220mm를 얻는데 고성능감수제를 시멘트중량의 2.1% 첨가하면 물시멘트비가 약 20% 감소되었고, 1.2% 첨가하면 물시멘트비가 12%가 감소되었다. 그러나 고성능감수제를 2.0%이상 다량으로 첨가할 경우에는 감수율이 둔화되고 경제성 등의 면에서 바람직하지 않으므로 고성능감수제 1.2% 첨가에 의한 물시멘트비가 0.55 부근에서 플로우값 즉 220mm를 유지하는 것이 적당한 것으로 판단할 수 있다.

## (2) 잔골재의 조립율(F.M.) 변화에 따른 작업성의 변화

Fig. 3(a)는 잔골재의 조립율 변화에 따른 플로우값의 변화 실험결과를 나타낸 것으로, 잔골재의 입도가 2.15, 2.46, 2.77, 3.07, 3.38로 커지면 모르타르의 플로우값이 증가하는 것으로 나타났으며 잔골재시멘트비(s/c)의 증감에 따라 거의 등간격으로 증가하고 있다.

따라서 모르타르의 플로우값은 잔골재시멘트비(s/c)와 잔골재의 조립율(w/c)의 함수로 나타내면 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$flow = (21.7 (s/c) - 34.5)(F.M.) + (-161.2(s/c) + 550) \quad (2)$$

여기서, flow는 모르타르의 플로우값(mm) 이다. 이식을 이용하면 잔골재의 조립율이 플로우값에 미치는 영향을 정확히 추정할 수 있을 것으로 사료된다.

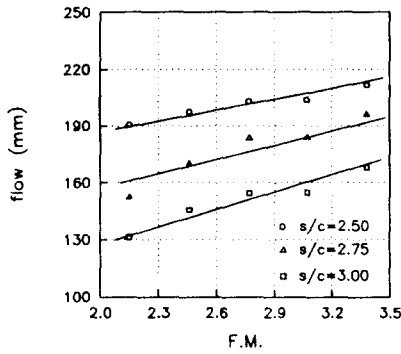
Fig. 3(b)에서 실험결과와 예측결과를 서로 비교하였으며, 식 (3)은 실험결과와 거의 일치하고 있음을 알 수 있다.

또한 현장에서 가장 일반적으로 사용하고 있는 잔골재시멘트비(s/c) 3.0의 배합에서 잔골재의 조립율이 2.15에서 3.38로 증가함에 따라 플로우값이 37mm 증가하여, 잔골재의 조립율이 0.1 증가하면 약 3.1mm 정도의 플로우값 증가효과가 있다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 잔골재의 조립율 증가에 따라 플로우값이 증가하는 이유는, Table 3의 잔골재 입도 조정내역에 나타난 것과 같이 잔골재의 조립율(F.M.)이 커질수록 2.5, 1.2mm의 굵은입자가 잔골재에 많이 포함되어지고, 조립율이 작을수록 0.3mm이하의 잔입자가 증가하기 때문이다. 0.3mm이하의 잔입자가 많으면 골재의 표면적이 커져 시멘트페이스트의 점착력이 증가하므로 조립율(F.M.)이 작은 골재를 사용한 모르타르는 플로우값이 작고 입도가 큰 골재를 사용한 모르타르는 플로우값이 커진다.

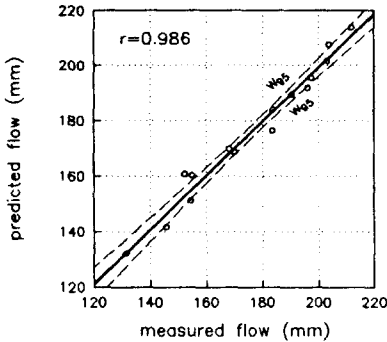
또한 모르타르의 소요 작업성(플로우값)이 일정할 때 잔골재의 조립율이 큰 골재를 사용하는 것이 단위수량을 줄일 수 있으므로 건조수축에 따른 균열의 위험성을 줄일 수 있고 강도나 전반적인 모르타르의 품질면에서 유리하게 된다.

## (3) 압축강도 및 작업성의 검토

바닥용 모르타르의 압축강도는 KS L 5220의 건조모르타르의 규정에 7일 강도 140 kg/cm<sup>2</sup>, 28일 강도 210 kg/cm<sup>2</sup>를 만족하도록 규정되어 있다. 이 연구에서 잔골재시멘트비 3, 물시멘트비 0.60인 모르타르에 대하여 압축강도 실험을 실시하였다. 실험결과에 의하면 3일 강도가 171 kg/cm<sup>2</sup>, 7일 강도가 222 kg/cm<sup>2</sup> 그리고 28일 강도가 256 kg/cm<sup>2</sup>으로 나타나 상술한 KS L 5220의 건조모르타르 규정을 충분히 만족하였다.



(a) Test results



(b) Comparison of measured flow and predicted flow

Fig. 3 Effect of fineness modulus (F.M.) on mortar flow

### 3.2 팽창제 사용 수축억제 실험 결과 및 고찰

Fig. 4는 모르타르 공시체의 물시멘트비 변화에 따른 길이변화율을 나타낸 것이다. 재령의 증가에 따라 포물선상으로 공시체의 길이가 줄어드는 경향을 나타내고 있다. 건조의 초기부터 재령 7일까지는 길이변화가 급격히 발생하며 이 기간 동안에 전체 건조수축량의 약 50%가 발생되고 있다. 7일 이후 재령 14일까지는 점차적으로 길이변화율이 둔화되고 재령 17일 이후에는 완만히 변화되면서 장기적으로는 일정한 값으로 수렴되는 듯한 경향을 보이고 있다. 그리고 공시체의 물시멘트비에 따른 길이변화 추이는 초기 재령에서는 약간의 역전이 있으나 전체적으로는 물시멘트비가 0.45, 0.55, 0.65로 커짐에 따라 공시체의 수축도 커지는 경향이 명확하다.

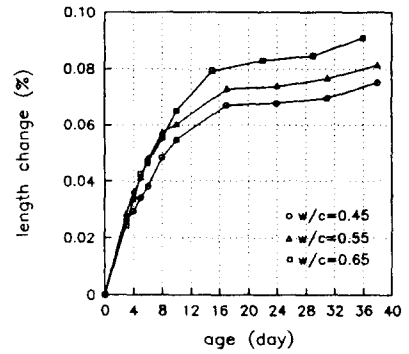


Fig. 4 Effect of w/c ratio on length change

28일 재령에 있어서 길이변화율은 물시멘트비가 0.45인 경우 0.069%, 물시멘트비가 0.55인 경우 0.076%, 그리고 물시멘트비가 0.65인 경우 0.085%의 수축률을 각각 나타내고 있다. 물시멘트비가 0.45에서 0.65로 증가함에 따라 수축률은 약 0.016% 증가하여 물시멘트비 5%의 증가에 따라 수축율이 0.004% 증가함을 알 수 있다.

Fig. 5는 물시멘트비 0.55이고, 팽창제로서 생석회(CaO)를 첨가한 모르타르 공시체의 재령별 길이변화율을 나타낸 것이다. 생석회의 첨가율이 증가함에 따라 수축율은 확실하게 작아지고 있으며, 28일 재령에서의 길이변화율은 생석회의 첨가량이 0, 2, 4, 6%로 증가함에 따라 각각 0.076, 0.057, 0.044, 0.043%로 수축율이 감소되었다. 여기서 생석회의 첨가량 4%와 6%에서는 그 차이가 나타나지 않는 것으로 미루어 첨가량 4%정도가 적정 첨가량이 되는 것으로 판단된다.

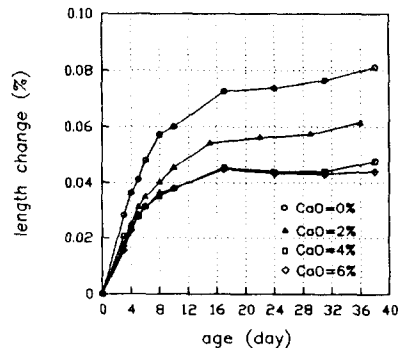


Fig. 5 Length change in using CaO as expansion admixture (w/c=0.55)

Fig. 6은 물시멘트비 0.55이고, 팽창제로서 칼슘알루미늄네이트계 조성물인 CSA를 첨가한 모르타르 공시체의 재령별 길이변화율을 나타낸 것이다. CSA의 첨가에 따라 수축율은 확실하게 작아지고 있으나, 첨가량의 변화에 따른 수축율의 증감은 확실하게 나타나지 않았다. 따라서 이 실험의 범위 내에서는 28일 재령에서의 길이변화율이 CSA의 첨가량이 5, 10, 15%로 증가하여도 0.045% 정도의 비슷한 수축율을 나타내어 CSA의 최적 첨가량은 5%가 적당한 것으로 판단된다.

따라서 이 실험의 범위 내에서는 생석회(CaO)의 첨가율이 CSA의 첨가량보다 적기 때문에 모르타르의 작업성에도 큰 영향이 없다. 또한 생석회(CaO)는 가격이 저렴하고 시중에서 구하기 쉽기 때문에 CSA보다 모르타르용 팽창제로서는 적당한 것으로 판단할 수 있다.

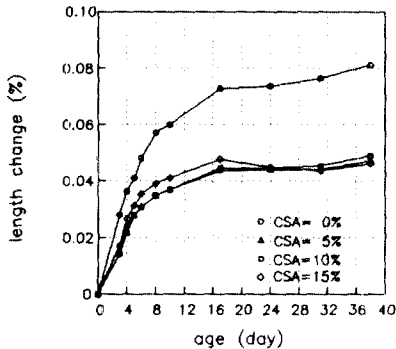


Fig. 6 Length change in using CSA as expansion admixture (w/c=0.55)

#### 4. 결 론

이 연구에서는 바닥용 모르타르의 균열을 방지하기 위하여, 시멘트페이스트의 체적변화 유발과 균열의 원인이 되는 잉여수분을 억제하도록 하였다. 따라서 필요한 작업성을 유지하면서 단위수량을 최소화하는 재료적요인과 배합적요인을 검토하여 최적배합을 선정하였다. 또한 팽창제를 사용하여 수축을 보상하는 방법을 통하여 균열 발생의 위험성을 최소화하도록 하였다. 이 연구의 결론은 다음과 같다.

1) 물시멘트비(w/c)가 증가함에 따라 모르타

르의 플로우값은 증가하며 이러한 경향은 잔골재시멘트비(s/c)의 증감에 따라 거의 일정한 간격으로 직선적으로 증가하였다. 그리고 동일한 잔골재시멘트비에서 물시멘트비가 1% 증가함에 따라 플로우값은 약 8mm 증가하는 것으로 나타났다.

- 2) 현장에서 일반적으로 가장 많이 사용하고 있는 잔골재시멘트비(s/c)는 3.0이었다. 또한 이 연구 결과로 현장의 물시멘트비를 추정하였을 때 약 0.64 인 것으로 나타났다.
- 3) 잔골재의 조립율(F.M.)은 모르타르의 작업성에 크게 영향을 미치며, 잔골재의 조립율이 증가할수록 모르타르의 플로우값은 증가하는 것으로 나타났다. 또한 잔골재 조립율이 0.1 증가할 때 모르타르의 플로우는 약 3.1mm 증가하였다.
- 4) 모르타르의 체적에서 시멘트페이스트부분이 차지하는 체적이 증가하게 되면 플로우값이 증가하며 균열발생의 위험성이 커진다.
- 5) 이 실험에서 사용한 생석회(CaO)와 CSA는 명확한 수축억제효과를 나타내었으며, 그 결과로서 생석회(CaO)가 CSA보다 모르타르용 팽창제로서 양호하며 생석회(CaO)의 적정 첨가량은 4%인 것으로 나타났다.

#### 참 고 문 헌

1. ACI Committee 209 Subcommittee 2, "Prediction of Creep, Shrinkage, and Temperature Effects in Concrete Structures," ACI SP-27, 1971, pp.51-93.
2. ACI Committee 223, "Standard Practice for the Use of Shrinkage-compensating Concrete (ACI 223-83)," American Concrete Institute, Detroit, 1994, 29pp.
3. Neville, A. M., "Properties of Concrete," Pitman, 1981, pp.374-391.
4. Mehta, P., K., "Concrete," Prentice-Hall, 1986, pp.322-324.
5. Bazant, Z. P. and Wittmann, F. H., "Creep and Shrinkage in Concrete Structures," John Wiley & Sons, 1982.