

팽창 모르터의 구속효과에 따른 강도특성

The Strength Property with Restrained Effects of the Expansive Mortar

박 민 수*
Park, Min-Soo,

김 현 수*
Kim, Hyun-Soo,

박 춘 영**
Park, Chun-Young,

강 병 희***
Kang, Byung-Hee

Abstract

The objection of this study is to investigate the properties of cement mortar with the kinds and addition of expansive additives. 3 kinds of expansive additives produced in our country and 0, 5, 10, 15, 20% of ratio of addition rate are selected for this experiment. According to experimental results, flow of cement mortar with expansive additives is nearly same with flow of plain mortar and compressive strength, tensile strength, bend strength of cement mortar with expansive additives at 28 days is higher than that of plain mortar.

키워드 : 시멘트 모르터, 강도, 팽창재

Keywords : Cement Mortar, Strength, Expansive additives

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

팽창재란 시멘트 및 물을 함께 혼합하였을 경우 수화반응에 의하여 에트링가이트 또는 수산화칼슘 등을 생성하고, 모르터 또는 콘크리트를 팽창시키는 작용을 하는 혼화재료를 말한다. 특히, 팽창을 일으키는 성분 중에서 칼슘실퍼알루미네이트 수화물은 시멘트의 유해물질로 불리우기도 하는데, 이는 콘크리트의 팽창파괴의 원인으로 작용하여 그동안 시멘트 수화생성 물로써는 별로 환영받지 못하는 것이었지만, 예전부터 많은 연구가 이루어져 최근에는 이와 같은 칼슘실퍼알루미네이트의 팽창력을 인위적으로 조절하여 무수축 혼화재, 팽창재 및 팽창 시멘트 등을 개발하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히, 최근 건설현장에서는 콘크리트의 수축균열을 제어할 목적 외에 팽창력을 구속하여 콘크리트의 인성을 증가시키는 케미컬 프리스트레스 콘크리트 개발에 관한 연구가 시도되고 있다.

케미컬 프리스트레스 콘크리트(이하 CPSC)는 팽창재의 팽창력을 구속하여 콘크리트 내에 자기응력을 내재시킴으로서 콘크리트의 인장강도 및 휨강도를 개선한 콘크리트로서 팽창재의 종류 및 사용량은 케미컬 프리스트레스 콘크리트의 물성에 지대한 영향을 미치게 된다. 현재 우리나라에서는 외국 사례를 통하여 이의 활용이 제시되고 있으나, CPSC의 개발 및 실용화를 위한 연구는 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 팽창재의 종류 및 치환율을 변화하여 제작한 모르터를 대상으로 구속환경 하에서의 강도특성을 검토하여 CPSC의 개발 및 실용화에 관한 기초 자료를 제시하고

자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 팽창 모르터의 팽창력을 구속함으로써 발휘 되는 자기응력이 시멘트 경화체에 미치는 영향을 검토하기 위하여, 가장 사용량이 많고 팽창특성이 우수한 CSA계 팽창재를 대상으로 연구를 진행하였다.

팽창재는 국내 K사의 제품으로서 A, B, C 3종을 사용하였으며, 이의 치환율은 시멘트 중량에 대하여 각각 0~20%의 범위에서 5% 구간으로 변화하였다.

팽창 모르터의 구속은 5면이 고정된 강재 몰드를 이용하여 개방된 1면의 상부에 팽창에 의한 모르터의 체적변화가 발생하지 않도록 중량물을 가하여 실시하였다. 시험체의 양생은 추후 공장생산 여건을 고려하여 표준조건하에서 소요 재령동안 기중 양생하였다.

실험은 굳지 않은 모르터의 플로우와 경화 모르터의 재령별 압축강도, 휨강도 및 인장강도 시험을 실시하였다.

이상의 결과를 비교검토하여 구속조건 하에서 발휘되는 팽창 모르터의 팽창재 종류 및 치환율에 따른 물성을 검토하고, CPSC의 제조 및 개발을 위한 적정 팽창재 및 치환율을 도출하는 것까지를 본 연구의 범위로 하였다.

2. 실 험

2.1 실험인자 및 수준

실험인자 및 수준은 표 1과 같다.

* 동아대학교 대학원 석사과정, 정희원

** 동아대학교 대학원 박사과정, 정희원

*** 동아대학교 건축학부 교수, 정희원

표 1. 시험인자 및 수준

| 시험인자 | | | 수준 수 |
|------|-------------|---------------|------|
| 배합 | B : S (중량비) | 1 : 2.5 | 1 |
| | W/B (%) | 50 | 1 |
| 팽창재 | 종류 | A-K, B-K, C-K | 3 |
| | 치환율(%) | 5, 10, 15, 20 | 4 |

2.2 사용재료

본 실험에서는 국내 S사의 1종 보통 포틀랜드 시멘트와 경남 하동산 강도래를 이용하였으며, 팽창재는 국내 K사의 A-K, B-K, C-K의 3종을 이용하였다.

표 2. 시멘트의 물리적 성질

| 비중 | 분말도 (㎎/g) | 안정도 (%) | 응결시간(분) | | 압축강도(Mpa) | | |
|------|-----------|---------|---------|-----|-----------|------|------|
| | | | 초결 | 종결 | 3일 | 7일 | 28일 |
| 3.15 | 3,200 | 0.02 | 220 | 400 | 20±2 | 30±3 | 38±0 |

표 3. 잔골재의 물성

| 종류 | 최대입경 (mm) | 조립율 | 비중 | 흡수율(%) | 단위용적중량 (kg/m ³) |
|-----|-----------|------|------|--------|-----------------------------|
| 잔골재 | 5 | 2.71 | 2.59 | 1.13 | 1,620 |

표 4. 팽창재의 물성

| 성질 종류 | 비중 | 합량 (%) | | | | | |
|----------|------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|-------|-------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | SO ₃ | CaO | f-CaO |
| A-K | 2.93 | 1.5 | 16.1 | 0.5 | 27.5 | 52.8 | 19.0 |
| B-K | 3.12 | 1.0 | 7.2 | 0.8 | 18.5 | 70.6 | 48.8 |
| C-K | 2.97 | 1~2 | 12~15 | 0.5~1.0 | 15~25 | 50~60 | - |

2.3 배합

모르터의 배합은 표 5와 같다.

표 5. 모르터의 배합

| C:S | W/B (%) | W (kg/m ³) | 팽창재 종류 | 치환율 (%) | B (kg/m ³) | | S (kg/m ³) |
|----------------|---------|------------------------|---------|---------|------------------------|--------|------------------------|
| | | | | | C | E | |
| 1:2.5 (중량비) | 50 | 280.47 | A-K | 0 | 560.94 | 0 | 1402.35 |
| | | | | 5 | 532.89 | 28.05 | 1400.63 |
| | | | | 10 | 504.85 | 56.09 | 1398.90 |
| | | | | 15 | 476.80 | 84.14 | 1397.17 |
| | | | B-K | 20 | 448.75 | 112.19 | 1395.44 |
| | | | | 5 | 532.89 | 28.15 | 1402.14 |
| | | | | 10 | 504.85 | 56.05 | 1402.92 |
| | | | | 15 | 476.80 | 84.14 | 1401.70 |
| | | | C-K | 20 | 448.75 | 112.19 | 1401.48 |
| | | | | 5 | 532.89 | 28.05 | 1400.97 |
| | | | | 10 | 504.85 | 56.09 | 1399.57 |
| | | | | 15 | 476.80 | 84.14 | 1398.17 |
| 20 | 448.75 | 112.19 | 1396.77 | | | | |

※ W:배합수, B:결합재, C:시멘트, E:팽창재, S:잔골재

2.4 실험방법 및 측정

2.4.1 시험체 제작

모르터의 배합은 KS 5105에 준하여 실시하였으며, 제작된 모르터는 압축강도 및 휨강도 시험체와 인장강도 시험체로 구분하여 각각 4×4×16cm과 Ø5×10cm 크기의 몰드를 이용하여 제작하였다. 시험체의 구속은 몰드 내부에 모르터를 충전한 후

그림 1과 같은 장치를 이용하여 팽창으로 인한 체적변화가 발생되지 않도록 소요 재령 동안 실시하였다. 시험체의 양생은 추후 CPSC의 공장생산 조건을 감안하여 표준조건 하에서 기중 양생하였다.

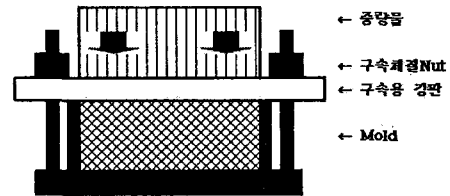


그림 1. 모르터 구속방법

2.4.2 실험항목 및 적용규준

본 연구의 실험항목 및 적용규준은 표 6과 같다.

표 6. 실험항목 및 적용규준

| 실험항목 | 플로우 | 압축강도 | 휨강도 | 인장강도 |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 적용규준 | KS L 5105 | KS L 2413 | KS L 2407 | KS L 2423 |

3. 실험결과 및 분석

3.1 플로우

팽창재 종류 및 치환율의 변화에 따른 팽창 모르터의 플로우 시험결과는 그림 2와 같다.

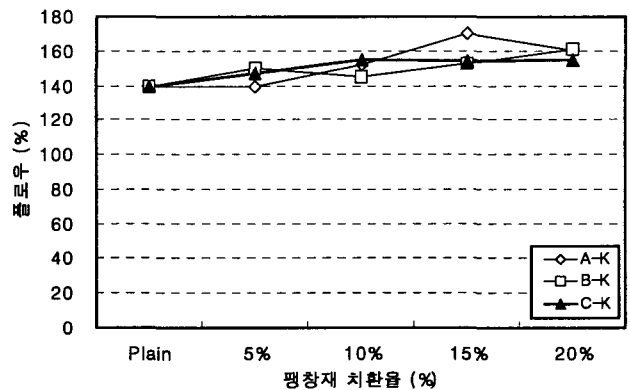


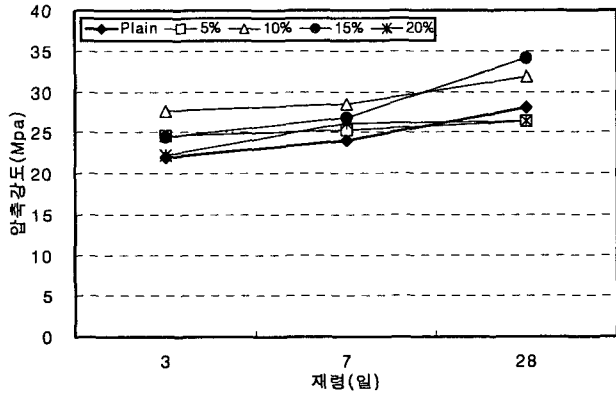
그림 2. 플로우

팽창재를 치환한 모르터의 플로우는 플레인 모르터에 비하여 다소 증가하는 것으로 나타났으나, 플레인에 비하여 큰 차이를 나타내지 않았다. 또한 팽창재의 종류가 변화함에 따른 차이도 적었으나, 대체적으로 팽창재의 치환율이 증가할수록 모르터의 유동성은 향상되는 것으로 측정되었다. 이는 시멘트에 비하여 비중이 작은 팽창재를 중량 치환하여 모르터를 제작함으로써 시멘트 페이스트량이 상대적으로 증가하여 나타나는 현상으로 판단된다.

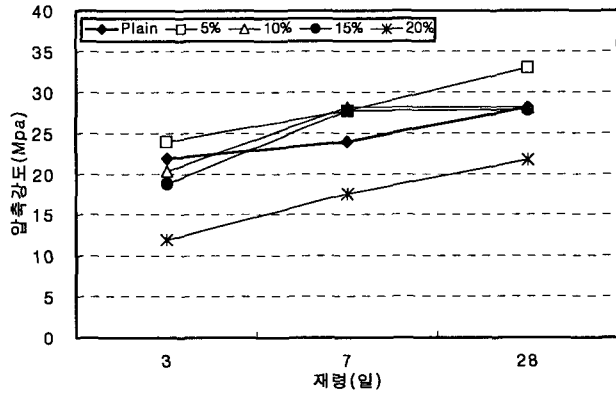
이상과 같이 팽창재는 모르터의 유동성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타나, 콘크리트 적용 시에도 이와 유사한 결과가 나타날 것으로 예상된다.

3.2 압축강도

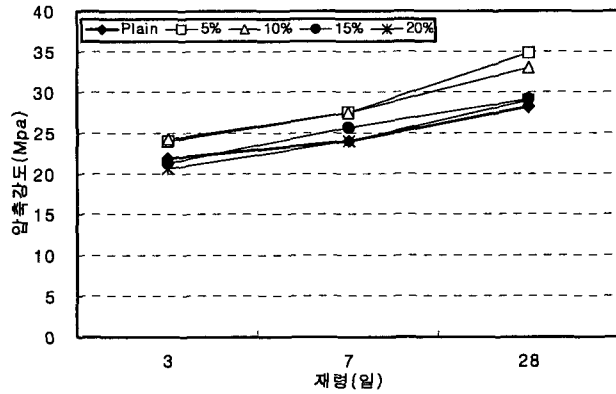
구속환경 하에서 설정한 재령에 따라 양생한 모르터의 팽창재 종류에 따른 압축강도 시험결과는 그림 3과 같다.



a) A-K



b) B-K



c) C-K

그림 3. 압축강도

A-K 팽창재를 사용한 모르터의 재령 3,7일 압축강도는 모든 치환율에서 플레인 모르터의 압축강도를 상회하는 것으로 나타났다. 그러나 재령 7일 이후의 압축강도는 치환율 10%, 15% 조건에서만 플레인 모르터보다 높게 측정되었다. B-K 팽창재를 사용한 모르터의 재령 3일 압축강도의 경우 팽창재 치환율 5%만이 높게 나타났지만, 그 이후 점차 증가하여 플레인 모르터보다 높은 압축강도를 나타내는 것으로 나타났다. 단 치환율 20%경우 모든 재령에서 플레인 모르터의 압축강도에는 크

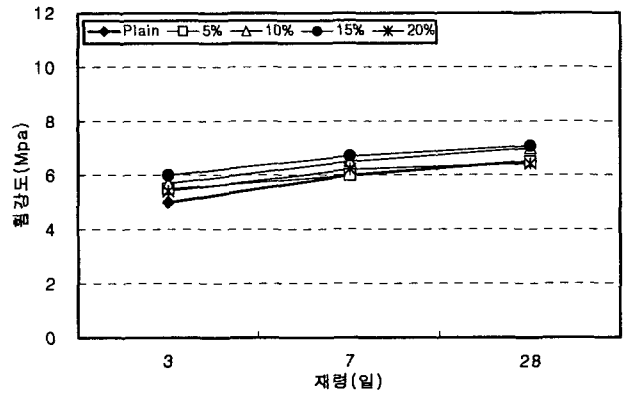
게 못 미치는 것으로 측정되었다. C-K 팽창재를 사용한 모르터는 재령 3일 압축강도에서 치환율 15%와 20%가 플레인 모르터의 압축강도보다 낮게 측정되었지만 재령 7일 이후에는 플레인 모르터에 비해 높은 것으로 측정되었다.

팽창재를 치환한 모르터의 압축강도가 증가하는 현상은 팽창모르터의 팽창력을 구속함으로써 내부에 자기응력이 발생하여 나타나는 것으로 판단된다. 또한 치환율 20%에서 구속환경 하임에도 불구하고 압축강도가 감소하는 현상은 구속환경 하에서 발생한 자기응력보다 팽창에 따른 시멘트 경화체의 조직이완 현상이 큼으로 발생하는 것으로 보인다.

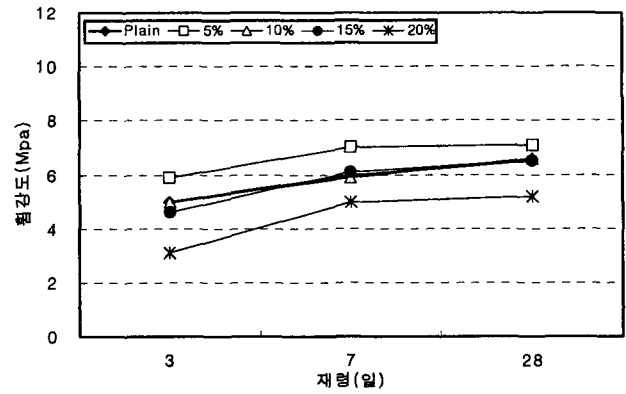
이상의 결과에서 팽창재를 사용한 모르터의 팽창력을 구속함으로써 모르터의 압축강도는 증가하거나 플레인과 유사한 양상을 나타내어 시멘트 경화체 내부에는 케미컬 프리스트레스가 도입되는 것을 파악할 수 있었다. 또한 팽창재의 종류에 따라 다소 차이를 나타내었으나, 압축강도 발현측면에서 케미컬 프리스트레스를 도입하기 위해서 팽창재를 사용한다면 치환율 15% 이내의 범위에서 활용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

3.3 휨강도

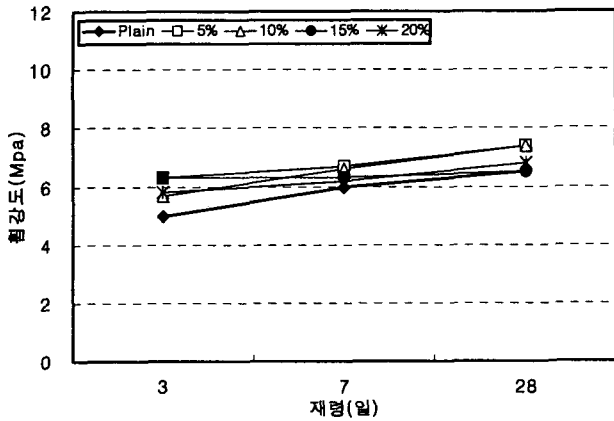
구속환경 하에서 설정한 재령에 따라 양생한 모르터의 팽창재 종류에 따른 휨강도 시험결과는 그림 4와 같다.



a) A-K



b) B-K



c) C-K
그림 4. 휨강도

A-K 팽창재를 사용한 모르터의 휨강도는 전 재령에서 플레인 모르터와 유사한 것으로 나타났으며, 치환율의 변화에 따른 차이는 적은 것으로 나타났다. B-K의 경우, 치환율 15% 이하의 조건에서는 플레인 모르터의 휨강도를 상회하거나 유사한 것으로 측정되었으나, 치환율 20%에서는 플레인 모르터의 휨강도에 비하여 낮았다. 팽창재 C-K를 사용한 경우는 전 재령에서 플레인 모르터의 휨강도를 상회하는 것으로 측정되었다.

따라서 구속환경 하에서 팽창재의 사용은 모르터의 휨강도를 개선하는 효과를 발휘하는 것으로 나타났다.

3.4 인장강도

구속환경 하에서 양생한 팽창 모르터의 팽창재 종류 및 치환율의 변화에 따른 재령 28일의 인장강도 시험결과는 그림 5와 같다.

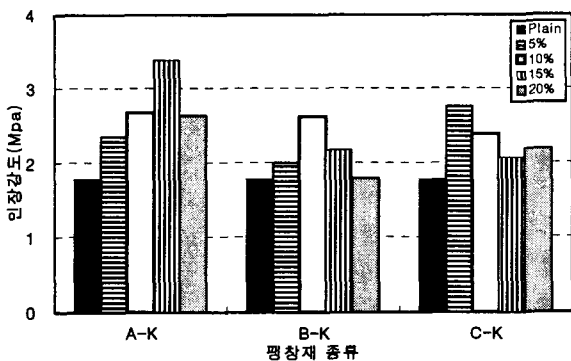


그림 5. 인장강도

팽창재를 사용한 모르터의 구속환경 하에서의 인장강도는 모든 팽창재에서 플레인 인장강도를 상회하는 것으로 나타났으나, 치환율의 변화에 따른 규칙적인 변화양상은 나타나지 않았다.

A-K를 사용한 경우 전 치환율에서 플레인 모르터의 인장강도를 상회하였으나, 20%에서는 15%에 비하여 다소 감소하는 양상을 나타내었다. B-K의 경우 팽창재 치환율 10%에서 인장강도가 가장 높았으며, 치환율 20%의 경우는 플레인과 유사하였다. C-K 팽창재를 사용한 모르터의 인장강도는 치환율이 중

가함에 따라 비교적 인장강도는 감소하는 양상을 나타내었으나, 전 치환율에서 플레인 모르터의 인장강도를 상회하였다.

이상의 결과에서 팽창력의 구속에 의하여 도입되는 케미컬 프리스트레스에 의한 자기응력은 플레인에 비하여 압축강도 향상 및 인장휨강도를 개선하는 효과를 발휘하는 것으로 나타났다.

4. 결 론

CPSC의 개발 및 실용화를 위한 기초 자료를 제시하기 위하여 팽창재의 종류 및 치환율에 따른 모르터의 플로우 시험과 구속 환경 하에서 양생한 시험체의 재령별 압축강도, 휨강도 및 인장강도 시험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 팽창재를 사용함에 따라 모르터의 플로우는 다소 증가하였으며, 이는 상대적으로 비중이 작은 팽창재를 치환함에 따라 페이스트 량이 증가하여 나타나는 현상으로 판단된다.
- 2) 팽창재를 사용한 모르터의 압축강도는 구속환경 하에서 플레인 모르터에 비하여 상회하거나 유사한 수준으로 모르터의 팽창력을 구속함으로써 시멘트 경화체 내부에 케미컬 프리스트레스가 도입되는 것을 파악할 수 있었다.
- 3) 휨강도 시험결과에서 B-K 팽창재를 제외한 모든 조건에서 플레인 모르터의 휨강도를 전 재령에서 상회하는 것으로 나타났다.
- 4) 팽창력을 구속하여 제작한 모르터는 모든 조건에서 플레인 모르터의 인장강도 보다 높게 측정되었으며, 인장강도 개선효과는 A-K 팽창재가 가장 우수하였다.

이상의 결과에서 모르터 제조 시 팽창재를 사용하고 또한 이의 팽창력을 구속하는 경우, 팽창재를 단위시멘트량에 대하여 치환하였음에도 불구하고 압축강도, 휨강도 및 인장강도 발현 비율이 플레인 모르터를 상회하는 것으로 나타났다. 이는 팽창력의 구속에 따라 케미컬 프리스트레스에 의한 자기 응력이 발휘된 현상으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 한천구, "팽창재 종류 및 혼입률 변화에 따른 시멘트 모르터의 특성에 관한 연구", 대한건축학회논문집 제14권 1호, 1998
2. 홍상희, "CSA계 팽창재를 이용한 고성능 콘크리트의 건조수축 및 자기수축 저감에 관한 실험 연구", 대한건축학회논문집 제18권 2호, 1998
3. 김정진, "단위팽창재량 변화에 따른 팽창콘크리트의 특성 분석", 대한건축학회논문집 제 19권 2호, 1999
4. 신재경, "수축저감제와 팽창재를 병용치환한 콘크리트의 건조 수축 저감방안", 대한건축학회 우수졸업논문 수상논문개요집, 2005