

팽창재 및 수축저감제가 초고성능 시멘트 모르타르의 수축특성에 미치는 영향

Effect of Expanding Admixture and Shrinkage Reducing Agent on the Shrinkage Reducing Properties of Ultra High Performance Cement Mortar

한동엽* 유명열** 이현수***
Han, Dong-Yeop Yu, Myoung-Youl Lee, Hyun-Soo

ABSTRACT

Comparing with traditional high performance concrete, ultra high performance concrete (UHPC) has the property of high-tenacity. However, drying shrinkage and autogenous shrinkage can be arisen as the major defect to UHPC. In this study, therefore, it was tested to reduce drying shrinkage and autogeneous shrinkage by adding expanding admixture (EA) and shrinkage reducing agent (SRA). As a result, for a case drying shrinkage, the shrinkage was decreased by 94% when EA was exchanged, and it was decreased by 64% when SRA was added. For the case of autogenous shrinkage, the mortar was expanded at early age and the shrinkage was decreased by 87% when EA was exchanged, and the shrinkage was decreased by 70% when SRA was added.

1. 서론

초고성능콘크리트는 고유동, 고강도와 고내구성을 발휘하는 종래의 고성능콘크리트에 강섬유 등을 복합하여 고인성의 특징을 부여한 콘크리트를 지칭한다. 이러한 고성능 섬유보강 시멘트 복합체(HPF RCC ; High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites)는 그 매트릭스 구성에서 적은 공극률에 섬유를 이용하여 높은 인성을 발휘하도록 되어 있다.

그런데 이와 같은 강섬유 등의 섬유복합물질은 인성을 확보하여 인장력에 강한 저항성을 나타내지만, 낮은 W/B에서 발생하는 자기수축을 제어할 수 있을 지에 대해서는 의문이 제기된다.

그러므로 본 연구에서는 초고성능콘크리트를 실무에 적용하였을 때 발생할 수 있는 건조 및 자기수축을 저감하는 방법으로서 팽창재와 수축저감제를 사용하여 건조 및 자기수축 저감효과를 확인함으로써, 차후 초고성능콘크리트에서 발생 할 수 있는 건조 및 자기수축에 의한 균열발생을 저감하는 데에 기여하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, 강섬유와 팽창재, 수축저감제를 사용하지 않은 W/B 21%인

* 정회원, 서울대학교 석사과정
** 정회원, 서울대학교 박사과정
*** 정회원, 서울대학교 건축학과 교수

Plain 1수준에 대하여 강섬유의 영향을 분석하기 위해 모르타르 전체 체적의 1, 2% 함유하는 2수준을 실험조건으로 택하였다. 그리고 이중에서 강섬유 2%를 함유한 1수준을 기준배합으로 하고, 팽창재와 수축저감제가 건조 및 자기수축 저감에 미치는 영향을 분석하기 위하여 팽창재 10% 치환 및 수축저감제 2%를 첨가한 각 1수준씩을 실험 계획하였다. 목표 플로우 및 공기량은 기준배합에 대해 200±50 mm, 4.5±1.5%로 배합설계한 다음 다른 배합에도 동일하게 적용하였다.

실험사항으로는 굳지 않은 모르타르에 대하여는 플로우, 단위용적질량, 공기량과 응결시간을 측정하였고, 경화 모르타르에 대하여는 재령 3일, 7일, 28일의 압축강도와 휨강도 및 28일 인장강도를 측정하도록 하였다. 또한 길이변화율은 계획된 재령에 있어서 건조 및 자기수축을 측정하도록 실험 계획하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용된 재료로서, 시멘트는 국내산 A사의 보통포틀랜드시멘트(밀도 : 3.15g/cm³, 분말도 : 3.244cm²/g)를 사용하였으며, 골재는 페이스트 내 공극을 최소화하기 위해 세립 석영모래골재(Fine Quartz Sand Aggregate)를 사용하는데, 본 실험에서는 호주산 석영사(밀도 : 2.65g/cm³)를 사용하였다. 강섬유는 국내산의 길이가 짧은 강섬유(길이 : 13mm, 직경 : 0.2mm)를 사용하였다. 혼화재료로서 충전재는 국내산 석영분말로 입자크기 10µm인 것을 사용하였고, 팽창재는 일본산 CSA계, 수축저감제는 독일산 글루콜계, 고성능감수제는 국내산 폴카본산계를 사용하였다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 모르타르의 혼합은 KS L 5109 규격에 의거 7ℓ용량의 전동혼합기를 사용하여 혼합하였다. 굳지 않은 모르타르의 실험항목으로 플로우치, 단위용적질량, 공기량, 응결시간은 각각의 해당 KS 규격에 의거하여 실시하였고, 경화 모르타르의 경우에는 압축강도, 인장강도, 휨강도, 건조수축 길이변화율도 역시 KS의 표준적인 실험방법에 의거하여 실시하였다. 단, 자기수축 길이변화율은 일본콘크리트학회(JCI)에서 제안한 방법에 의거하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 모르타르의 특성

표 2는 실험인자별 굳지 않은 모르타르의 실험결과를 나타낸 것이다.

먼저, 플로우치는 Plain과 비교하여 1%의 강섬유가 함유되었을 때 점성이 저하하여 유동성이 증가하다가 일정 수준 이상(2% 이상)에서는 다시 유동성이 저하하는 특성을 보였으며, 팽창재를 10% 함유한 경우에는 유동성이 저하하는 경향을, 수축저감제 2%를 함유한 경우에는 점성저하작용에 기인하

표 1. 실험계획

기호	실험조합			배합사항			실험사항	
	강섬유 (%)	EA (%)	SRA (%)	W/B (%)	목표 플로우 (mm)	목표 공기량 (%)	굳지 않은 모르타르	경화 모르타르
F0-E0-S0 (Plain)	0	0	0	21	200±50*	4.5±1.5*	· 플로우	· 압축강도 재령(3, 7, 28일)
F1-E0-S0	1	0	0				· 단위용적질량	· 휨강도 재령(3, 7, 28일)
F2-E0-S0 (기준배합)	2	0	0				· 공기량	· 인장강도 (28일)
F2-E10-S0	2	10	0				· 응결시간	· 건조수축길이변화율
F2-E0-S2	2	0	2				· 자기수축길이변화율	

* 기준배합에 대하여 배합설계 한 후 모든 배합에 대해 동일하게 적용함.

표 2. 굳지 않은 모르타르의 실험결과

기호	실험인자			플로우치(mm)		공기량(%)	단위용적 질량(kg/m ³)	응결시간(시간)	
	강섬유 (%)	EA (%)	SRA (%)	타격 전	타격 후			초결	종결
F0-E0-S0 (Plain)	0	0	0	165	186	4.1	3,470	13.2	15.6
F1-E0-S0	1	0	0	226	245	3.2	2,484	13.8	16.8
F2-E0-S0 (기준배합)	2	0	0	185	203	3.9	3,520	13.3	15.8
F2-E10-S0	2	10	0	163	183	4.0	3,520	8.2	12.0
F2-E0-S2	2	0	2	245	250	2.6		19.6	23.25

여 유동성이 증가하는 경향을 나타냈다. 공기량의 경우도 유동성의 경우와 유사하게 강섬유 1%에서는 Plain보다 공기량이 감소하는 형태로 나타났다가 강섬유 2%에서는 공기량이 증가한 것으로 나타났다. 팽창재의 영향은 기준배합과 비교하여 공기량이 유사한 수준으로 유지되었으나, 수축저감제의 경우에는 저하하는 경향을 나타내었다. 응결특성은 강섬유 1%의 경우는 Plain과 비교하여 다소 저하되는 경향을 나타냈으나, 강섬유 2%가 함유된 경우에는 별다른 차이를 나타내지 않았다. 팽창재 10%를 치환한 경우에는 기준배합과 비교하여 응결이 촉진된 것을 알 수 있었고, 수축저감제 2%를 첨가한 경우는 반대로, 응결 지연이 큰 것을 알 수 있었다.

3.2 경화 모르타르의 특성

그림 1 ~ 3은 각 실험인자별 압축강도, 휨강도, 인장강도의 특성을 나타낸 것이다.

먼저, 압축강도 특성은 Plain과 비교하여 강섬유 함유량이 증가할수록 강도가 증가하는 모습을 보였고, 팽창재 10%를 치환한 경우에는 기준배합과 비교하여 에트린자이트 생성에 의한 조직치밀화에 의해 강도가 증가된 것을 알 수 있었다. 단, 수축저감제의 경우는 기준배합에 비해 모세관장력완화에 기인하여 강도가 저하하는 특성을 나타내었다. 휨강도특성은 압축강도와 매우 유사한 경향을 나타내었으며, 인장강도 특성은 강섬유를 함유한 것이 단연 높은 인장강도 특성을 나타내었고, 팽창재를 10% 함유한 경우와 수축저감제 2%를 함유한 경우에는 모두 기준배합과 비교하여 다소 저하하는 특성을 나타내었다.

그림 4는 재령경과에 따른 각 실험인자별 건조수축

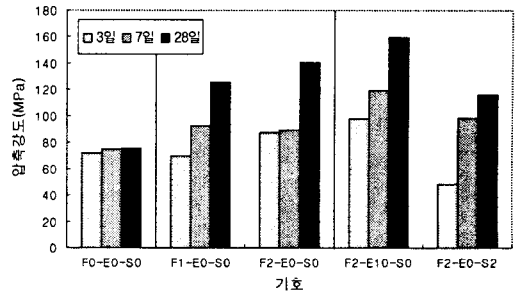


그림 1. 각 실험인자별 재령별 압축강도

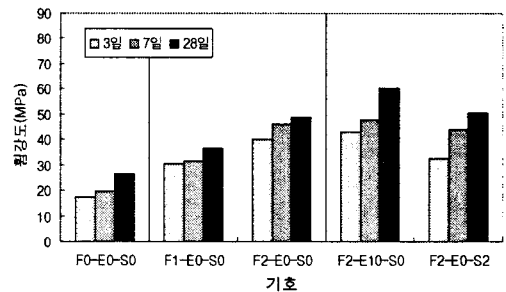


그림 2. 각 실험인자별 재령별 휨강도

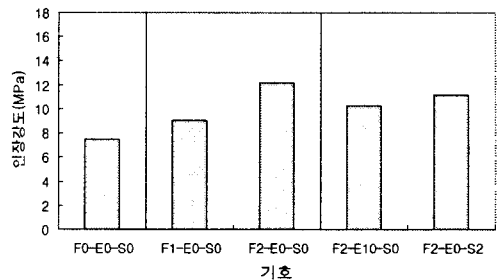


그림 3. 각 실험인자별 재령28일 인장강도

길이변화율의 추이를 나타낸 것이다. 건조수축은 강섬유를 1%에서 2%로 증가할수록 Plain과 비교하여 증가하는 모습을 나타내었고, 팽창재 10%를 혼입한 경우에는 초기에 팽창하여 수축이 보상되는 형태를 보였으며, 수축저감제 2%를 첨가한 경우에는 기준배합에 비교하여 약 64%의 수축저감효과를 나타내었다. 그림 5는 91일의 최종 건조수축량을 나타낸다.

그림 6은 재령경과에 따른 각 실험인자별 자기수축길이 변화율의 추이를 나타낸 것이다. 자기수축도 건조수축과 마찬가지로 강섬유양이 증가할수록 수축이 증가하는 것을 볼 수 있었으며, 기준배합과 비교하여 팽창재 10%를 함유한 경우에는 초기 팽창과 함께, 약 87%의 수축저감효과를 나타내었으며, 수축저감제 2%를 함유한 경우에는 약 70%의 수축저감효과를 나타내었다. 그림 7은 91일의 최종 자기수축량을 나타낸다.

4. 결론

초고성능콘크리트의 건조 및 자기수축을 저감하기 위한 방안으로 팽창재와 수축저감제를 혼입한 실험 결과에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 초고성능콘크리트에서 강섬유를 2%까지 혼입은 유동성, 공기량, 응결시간에 큰 변화가 없었고, 팽창재는 유동성은 작고, 공기량은 많고, 응결시간은 촉진된 반면, 수축저감제는 팽창재와 반대경향을 나타내었다.
- 2) 압축, 휨 및 인장강도는 전반적으로 강섬유 혼입량이 증가할수록 증가하였고, 팽창재는 기준배합과 비교하여 압축 및 휨강도는 증가한 반면 인장강도는 저하하였으며, 수축저감제는 모세관 장력완화에 기인하여 모든 강도가 감소하였다.
- 3) 건조수축은 강섬유를 혼입하는 경우 오히려 증가하는 경향이었고, 팽창재는 초기 팽창과 함께 약 94%의 저감효과를, 수축저감제는 약 64%의 저감효과를 나타내었다. 자기수축은 강섬유 혼입의 경우 오히려 증가하는 경향이었고, 팽창재는 초기 팽창과 함께 약 87%의 수축저감효과를, 수축저감제는 초기 팽창 없이 약 70%의 수축저감효과를 나타내었다.

참고문헌

1. 한국콘크리트학회, 특수콘크리트공학, 2004. 12
2. 日本コンクリート工學協會; 自己收縮研究委員會報告書, 1996

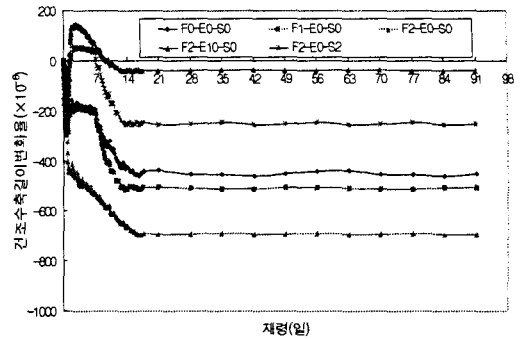


그림 4. 재령경과에 따른 건조수축길이변화율

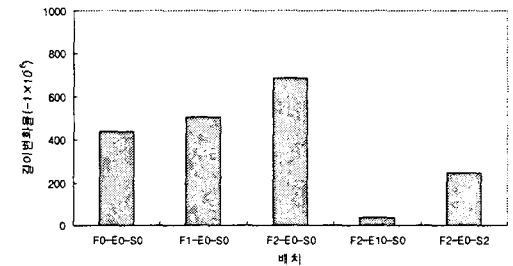


그림 5. 각 실험인자별 건조수축길이변화율(91일)

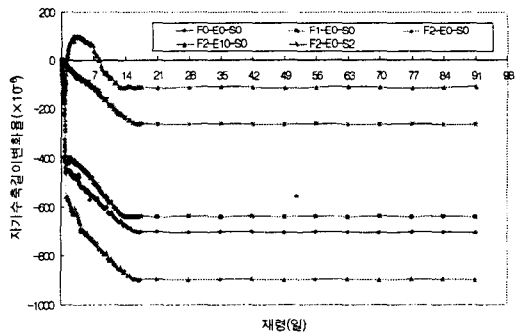


그림 6. 재령경과에 따른 자기수축길이변화율

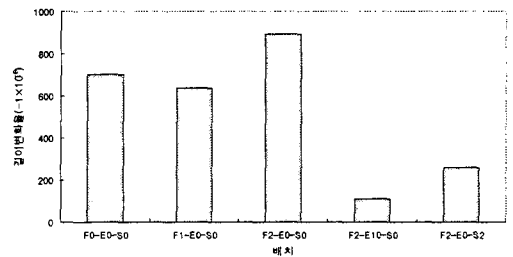


그림 7. 각 실험인자별 자기수축길이변화율