

혼화제를 사용한 콘크리트의 응결 시간에 미치는 초지연제의 영향

Super Retarding Agent Affecting Setting Time of Concrete Using Mineral Admixture

전충근* 김종** 한민철*** 신동안**** 오선교***** 한천구*****
Jeon, Chung Keun Kim, Jong Han, Min Cheol Shin, Dong-An Oh, Seon Kyo Han, Cheon Goo

ABSTRACT

This paper reports the influence of super retarding agent(SRA) on the setting time of concrete incorporating mineral admixture including fly ash(FA), expansive additive(EA), silica fume(SF), blast furnace slag(BS) and blast furnace slag along with fly ash(BS+FA). An increase in SRA resulted in retarding the setting time of control concrete, while the use of mineral admixture led to a delay of setting time markedly, compared with that of control concrete under no SRA content. Meanwhile, An increase in SRA in concrete with mineral admixture exhibited comparable setting delay with control concrete. Furthermore, in case of the use of BS and SF, acceleration of setting time was observed with increase of SRA content. It is considered that proper dosage of SRA of concrete with SF and BS to secure similar setting delay with control concrete require rather larger than that of control concrete. Accordingly, For concrete with mineral admixture, in order to decide the proper dosage of SRA, application of correction factors is needed.

1. 서론

최근 건설구조물이 점점 초고층화, 대형화되어감에 따라 건축구조물의 기초구조는 매스콘크리트로의 시공이 증가되고 있는 상황이다. 이러한 매스콘크리트는 시멘트의 수화발열로 인한 온도상승과 온도균열을 충분히 제어 할 수 있는 효율적인 공법이 요구되어지고 있는데, 본 연구팀에서는 선행연구로 초지연제에 의한 응결시간차 공법을 개발하여 건설교통부 신기술로 지정받아 많은 보급을 이루고 있다.

그런데, 현재 실무조건에서 매스콘크리트 배합시 대부분의 레미콘 공장에서는 콘크리트의 성능향상, 경제성 확보 등의 측면에서 플라이애시 및 고로슬래그 등의 혼화제를 치환하여 사용하고 있는데, 이 경우 본 공법의 적용시 혼화제의 치환에 따른 예상 목표 응결지연시간의 변동이 발생할 수 있어 자칫 수화열 균열을 유발할 가능성이 존재한다.

따라서, 본 연구에서는 혼화제종류 및 치환율 변화에 따른 콘크리트의 응결시간에 미치는 초지연제의 영향에 대하여 분석하고자 한다.

* 정회원, (주)선엔지니어링 건설기술연구소 책임연구원, 공학박사

** 정회원, (주)선엔지니어링 건설기술연구소 연구원, 청주대 석사과정

*** 정회원, 청주대학교 산업과학연구소 전임연구원, 공학박사

**** 정회원, (주)선엔지니어링 건설기술연구소 소장, 청주대 박사과정

***** 정회원, (주)선엔지니어링 대표이사, 공학박사

***** 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 및 배합사항은 표 1과 같다.

먼저, 플레인 콘크리트는 W/B 50% 1수준에 대하여 목표슬럼프 150±25mm, 목표공기량 4.5±1.5%를 만족하도록 하였고, 혼화재치환 및 초지연제 혼입률을 조합한 총 44배치에 대하여 AE감수제 사용량을 변화시켜 배합설계 하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 A사의 보통포틀랜드시멘트(밀도 : 3.15g/cm³, 분말도 : 3,265cm²/g)를

사용하였고, 잔골재(표건밀도 : 2.55g /cm³, FM : 2.95)는 충북 청원군 옥산산 강모래를 사용하였으며, 굵은골재(표건밀도 : 2.67g/cm³, FM : 6.9)는 충북 청원군 옥산산 25mm 부순굵은골재를 사용하였다. 또한, 혼화재로 플라이애시는 분급 정제된 보령화력산(밀도 : 2.3g/cm³, 강열감량 : 4.2%), 고로슬래그 미분말은 국내산(밀도 : 2.91g/cm³, 분말도 : 4,463cm²/g), 실리카 폼은 노르웨이산(밀도 : 2.2g/cm³, 분말도 : 240,000cm²/g), 팽창제는 일본산(밀도 : 2.98g/cm³, 분말도 : 2,200cm²/g) CSA계를 사용하였다. 혼화제로 AE감수제는 나프탈렌계를 사용하였으며, 초지연제는 당류계를 사용하였다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입믹서를 사용하여 실시하였다. 굳지않은 콘크리트의 슬럼프는 KS F 2402, 슬럼프플로우는 슬럼프 측정이 끝난 후 최대직경과 이에 직교하는 직경의 평균치로 하였고, 공기량은 KS F 2421, 단위용적질량은 KS F 2409의 규정에 따라 실시하였으며, 응결시간은 KS F 2436의 프록터 관입저항 시험방법으로 실시하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 기초적 특성

초지연제와 혼화재의 조합사용에 따른 슬럼프 및 공기량은 배합설계를 실시하였음에 따라 모두 목표 슬럼프 150±25mm 및 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하는 것으로 나타났다.

3.2 응결 특성

그림 1은 혼화재 치환 콘크리트의 초지연제 혼입률 변화에 따른 관입저항치를 나타낸 것이다. 먼저, 플레인 콘크리트의 응결시간은 초지연제 혼입률을 0.1%씩 증가시키기에 따라 등간격으로 지연되는 것으로 나타났고, 종결시간은 무혼입일 때 8.6시간, 0.1%일 때 16.3시간, 0.2%일 때 24.8시간, 0.3%일 때 36.7시간으로 대략 초지연제 첨가량 0.1%증가에 따라 10시간 전후로 지연되는 것으로 나타났다. EA치환 콘크리트의 응결시간은 초지연제 혼입률의 증가에 따라 플레인 콘크리트의 경우와 비교하였을 때,

표 1. 실험계획 및 배합사항

W/B (%)	단위량 (kg/m ³)	S/a (%)	혼화재 치환율 (C×%)		초지연제 혼입률 (C×%)	AE감수제 (%)	질량배합 (kg/m ³)						
							C	S	G	EA	SF	FA	BS
50	185	48	Plain		0 0.1 0.2 0.3	0.2	371	798	905	-	-	-	-
			EA	2.5		0.1	362	798	905	9	-	-	-
				5		0.1	353	798	905	18	-	-	-
			SF	5		0.3	353	796	902	-	18	-	-
				10		0.35	334	793	900	-	35	-	-
			FA	10		0.1	334	793	900	-	-	37	-
				20		0.08	296	788	895	-	-	74	-
			BS	20		0.08	296	796	903	-	-	-	76
				40		0.06	224	793	900	-	-	-	151
			FA + BS	5+10		0.07	315	796	903	-	-	18	38
				10+20		0.05	268	790	897	-	-	37	76

* EA:팽창제 SF:실리카 폼 FA:플라이애시 BS:고로슬래그 미분말

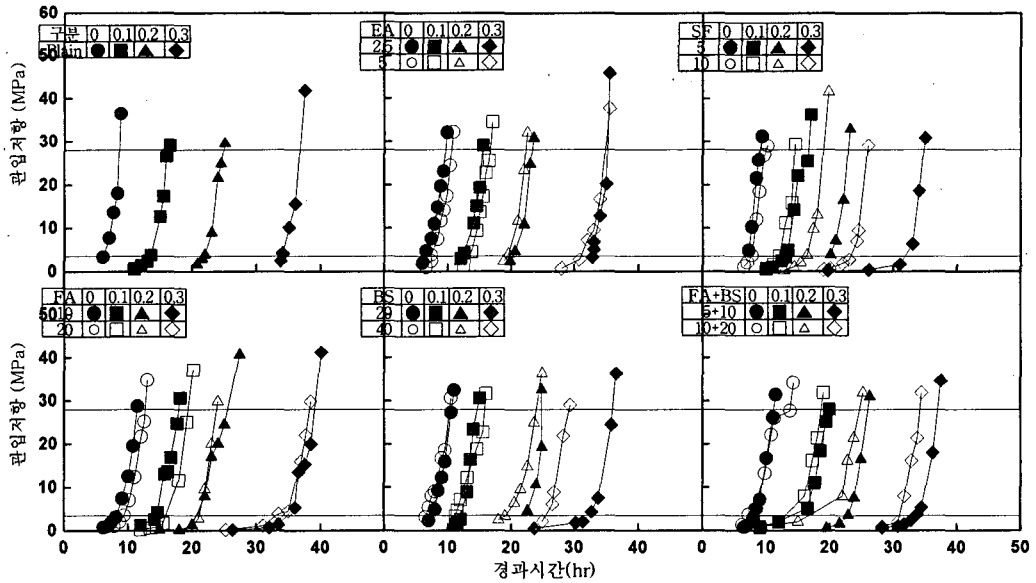


그림 1. 초지연제 및 혼화제 혼입률 변화에 따른 관입저항

거의 변동이 없는 것으로 나타났고, SF치환 콘크리트의 응결시간은 5%치환의 경우 동일한 초지연제 사용량에서 플레인 콘크리트와 유사한 수준의 응결지연을 보였으나, 10%치환에서는 초지연제 첨가량 0.2%일 때 오히려 플레인의 동일첨가량에 비해 5.5시간, 초지연제 0.3%일 때 10.5시간 단축되는 것으로 나타났다. FA 10, 20%치환 콘크리트의 응결시간은 초지연제 0, 0.1% 첨가에서 플레인의 동일첨가량 보다 약 1.5~4시간 정도 지연되는 것으로 나타났으나, 초지연제 0.2, 0.3% 첨가에서는 플레인과 거의 비슷한 것으로 나타났다. 한편 BS치환 콘크리트의 응결시간은 초지연제 0%일 때 플레인보다 약 2시간 정도 지연되고, BS 20%치환에서는 플레인과 비슷하나, BS 40%의 경우 초지연제 혼입률이 증가할수록 플레인의 동일 혼입률과 비교하면 오히려 단축되는 것을 알 수 있었다. FA+BS 치환 콘크리트의 경우는 초지연제 0~0.2%에서 플레인의 동일 첨가량에 비해 1~5시간까지 지연되는 것으로 나타났으나, 0.3%에서는 5+10%치환의 경우 플레인과 비슷하게 나타났고, 10+20%치환은 오히려 단축된 것으로 나타났다. 이는 혼화제가 시멘트의 일부를 치환하므로 혼화제 치환율이 증가할수록 시멘트량이 감소하고 그에 따른 초지연제 절대량이 감소한 결과로 판단된다.

그림 2는 플레인 콘크리트의 종결시간에 대한 혼화제 치환 콘크리트의 종결시간비를 나타낸 것이다. 먼저, 초지연제 무혼입의 경우 혼화제

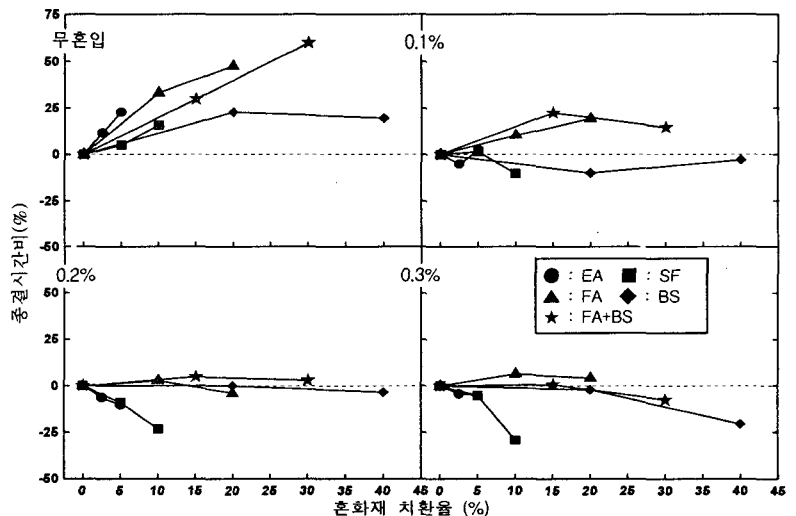


그림 2. 플레인 종결시간에 대한 혼화제 치환 콘크리트의 종결시간비(%)

종류에 관계없이 플레인에 비하여 지연되는 것으로 나타나고 있으며, 특히 FA 및 FA+BS를 치환한 경우 플레인 배합에 비하여 대략 20%이상의 응결지연이 나타나고 있다. 초지연제를 0.1% 혼입한 경우도 혼화재를 치환한 배합에서 플레인에 비하여 응결시간이 지연되는 것으로 나타났으나 무혼입일 경우보다는 지연이 덜하고 BS 및 SF를 치환한 경우는 오히려 응결이 플레인보다 촉진되는 경향을 나타내었다. 초지연제 혼입을 0.2%와 0.3%의 경우는 혼화재치환 배합과 플레인배합간의 응결시간차이가 크지않은 것으로 나타났으며, 특히, SF와 BS를 치환한 경우 플레인보다 응결촉진현상이 나타나고 있는데, SF 10%와 BS 40%에서는 플레인 보다 약 20% 이상의 촉진현상이 나타나고 있어 이에 대한 주의가 필요할 것으로 사료된다.

그림 3은 그림 2를 또 다른 각도에서 분석한 것으로써 동일 종결시간을 확보하기 위한 플레인과 혼화재 치환 배합의 초지연제 혼입량은 그림에서 보듯이 일부 차이를 나타내고 있는데, 초지연제 사용량이 적어 목표응결시간이 작은 경우는 혼화재를 치환한 경우가 플레인과 비교하여 초지연제 사용량이 적게 나타나고 있으며, 사용량이 증가할수록 오히려 혼화재를 치환한 경우 플레인과 동일한 응결시간을 확보하기 위하여는 보다 많은 초지연제량이 필요한 것으로 판단된다. 특히 SF와 BS의 경우 목표종결시간을 확보하기 위한 초지연제 혼입률이 비교적 많이 필요할 것으로 분석된다.

따라서 보다 정확한 응결시간을 얻기 위하여는 혼화재 치환 콘크리트에 초지연제를 사용할 경우 혼화재 치환율 및 종류에 따라 보정계수를 도입할 필요가 있을 것으로 분석된다.

4. 결론

혼화재를 사용한 콘크리트의 응결 시간에 미치는 초지연제의 영향에 대하여 검토한 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 응결특성으로 플레인배합의 경우 초지연제 혼입율이 증가할수록 응결시간은 지연되는 것으로 나타났고, 혼화재를 치환한 경우 초지연제 무혼입에서는 플레인배합에 비하여 응결지연 현상이 크게 나타났으나, 오히려 초지연제 혼입율이 증가할수록 응결시간은 플레인배합보다 약간 지연되거나 일부 BS 및 SF를 치환한 경우는 촉진되는 것을 알 수 있었다.
- 2) 동일목표응결시간을 확보하기위한 초지연제량은 EA, FA, FA +BS의 경우 플레인과 큰차이를 보이지는 않았으나, SF 및 BS의 경우 플레인보다 많은 량의 초지연제를 혼입해야 플레인과 비슷한 응결시간을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

종합적으로 혼화재를 치환한 배합에 있어 플레인 배합과 동일한 수준의 응결시간확보를 위하여는 플레인 배합의 초지연제량에 별도의 보정을 해야 할 것으로 사료된다.

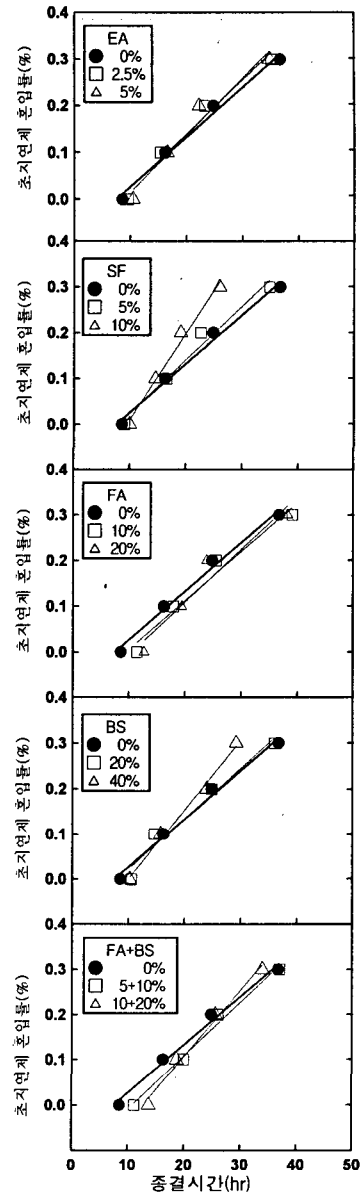


그림 3. 종결시간에 따른 초지연제 혼입률