

CSA계 혼화제 치환율 변화에 따른 콘크리트의 물리적 성질

Physical Properties of Concrete with the Contents of CSA Expansive Admixture

裴長春^{*}
Pei, Chang Chun

박영신^{**}
Park, Young Shin

이문환^{***}
Lee, Mun Hwan

한천구^{****}
Han, Cheon Goo

ABSTRACT

This study is about physical properties of concrete with changing displacement ratio of calcium sulfa aluminates(CSA) type admixture. Firstly, test shows that as displacement ratio of CSA increases and setting properties changes, fluidity and air contents decreases. In water to binder ratio 35% and 45%, concrete using the cement replacing CSA 4% by volume shows that bleeding decreases 94.7% and 74.3% respectively, compared with plain concrete. In addition, setting time was promoted around 3 to 6 hour and 1 to 4 hour respectively. For harden concrete, increase of displacement ratio caused tendency of higher compressive strength as OPC has at early age. Replacing higher CSA admixture led to reduce of drying shrinkage.

1. 서론

콘크리트용 혼화제는 콘크리트의 성능향상, 경제성 확보 등을 목적으로 사용되어지고 있다. 더욱이 최근에는 환경문제가 사회적 이슈로 대두되고 있는 현실에 비추어 볼때, 혼화제의 사용은 환경부하 저감이라는 측면에서도 큰 의미를 가질 수 있다.

그러나 콘크리트용 혼화제는 각 종류에 따라 성능과 특성이 상이하지만, 대부분 수화열 저감, 장기강도 개선 및 내구성 향상을 가져올 수 있다고 알려져 있지만, 반면에 초기강도 저하 및 중성화촉진 등에는 취약한 단점을 가지고 있다.

그러므로, 본 연구에서는 콘크리트용 혼화제로서 고로슬래그 미분말 및 석회석 미분말을 시멘트에 치환하여 사용할 경우 예상되어지는 취약점을 보완·개선할 목적으로, 초기강도 발현 및 강도증진에 효과가 예상되어지는 칼슘설포알루미늄(이하 CSA)을 사용함으로써, 콘크리트의 품질향상 및 경제성 개선을 위한 기술적 접근과 구명자료를 제시하고자 한다. 이에 관련하여 본 보에서는 콘크리트의 기초공학적 특성을 중심으로 검토하고자 한다.

*정회원, 청주대학교 대학원 석사과정

**정회원, 한라콘크리트(주) 대리

***정회원, 한국건설기술연구원 선임연구원

****정회원, 청주대학교 건축공학부 교수

2. 실험계획 및 방법

2.1. 실험계획

CSA 치환율 변화에 따른 콘크리트의 성상 변화를 검토하기 위해 본 연구에서 이용한 콘크리트의 배합은 표 1과 같다.

W/B 35, 45%의 2수준에 대해, 결합재에 대한 질량비로, 고로슬래그 미분말 35%와 석회석 미분말 15%를 동시에 치환한 것을 플레인 배합으로 하여 CSA 혼화재 치환율을 2%, 4%, 6%의 3수준으로 설정하였다. 이때 플레인 인은 목표 슬럼프 180±

25mm, 목표 공기량은 4.5±1.5%가 되도록 AE제 및 SP제를 조절하였다.

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 공기량, 블리딩 및 응결시간을 측정하였고, 경화 콘크리트에서는 압축강도, 건조수축 길이변화율을 측정하도록 하였다.

2.2. 사용재료

본 연구의 사용재료로서, 시멘트는 국내산 H사의 보통 포틀랜드시멘트(밀도:3.15g/cm³, 분말도:3.483cm²/g)를 사용하였고, 골재로서 잔골재는 충북 옥산산 강모래(밀도:2.51g/cm³, 조립률:2.90), 굵은골재는 25mm 쇄석골재(밀도: 2.63g/cm³, 조립률: 7.04)를 사용하였다. 혼화제로서, 고로슬래그 미분말(밀도: 2.89g/cm³, 분말도: 4.650cm²/g) 및 석회석 미분말(밀도: 2.7g/cm³, 분말도: 3,629cm²/g)은 국내산 H사산을 사용하였고, CSA계 혼화재는 국내산 I사산(밀도:2.82g/cm³, 분말도:3,860cm²/g)을 사용하였다. 또한, 혼화제로서 고성능감수제는 국내산 H사의 나프탈렌계, AE제는 국내산 D사의 고급 알콜계를 사용하였다.

2.3. 실험방법

굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402, 공기량은 KS F 2421의 규정에 의거 실시하였다. 또한, 블리딩은 KS F 2414, 응결시간은 KS F 2436의 프록터 관입저항 시험방법에 의거 실시하였다.

경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 Φ10×20cm 공시체를 KS F 2403 규정에 의거 제작하여 계획된 재령에서 KS F 2405 규정에 의거 측정하였고, 건조수축의 길이변화는 KS F 2424 규정에 의거 측정하였다.

표 1. 콘크리트의 배합

기호	W/B* (%)	단위수량 (kg/m ³)	S/a (%)	AE제 (%)	SP제 (%)	단위질량 (kg/m ³)					
						C	BS	LSP	CSA	S	G
35-OPC	35	170	45	0.018	0.80	486	0	0	0	713	912
35-CSA0	35	170	45	0.018	0.80	243	170	73	0	703	900
35-CSA2	35	170	45	0.018	0.80	233	170	73	9.7	702	899
35-CSA4	35	170	45	0.018	0.80	223	170	73	19.4	702	899
35-CSA6	35	170	45	0.018	0.80	214	170	73	29.1	701	898
45-OPC	45	170	48	0.009	0.80	378	0	0	0	801	910
45-CSA0	45	170	48	0.009	0.80	189	132	57	0	793	900
45-CSA2	45	170	48	0.009	0.80	181	132	57	7.6	793	900
45-CSA4	45	170	48	0.009	0.80	174	132	57	15.1	792	900
45-CSA6	45	170	48	0.009	0.80	166	132	57	22.7	792	899

* 단, OPC의 경우는 W/C임

3. 실험결과 및 분석

3.1. 굳지 않은 콘크리트의 특성

3.1.1. 슬럼프

그림 1은 CSA 치환율별 경시변화에 따른 콘크리트의 유동성을 나타낸 것이다. 그림에서 나타난 것과 같이 W/B 35, 45%의 경우 OPC에 비해 고로슬래그 미분말과 석회석 미분말을 치환 할 경우 그 유동성이 증가하는 것을 알 수 있다. CSA 혼화재 치환율 증가에 따른 슬럼프치는 W/B 35%인 경우 큰 차이를 보이지 않는 반면, 경시변화에 따라 유동성 저하는 큰 것으로 나타났다. W/B 45%인 경우는 전체적인 유동성은 W/B 35%에 비해 증가하는 것을 알 수 있는데, CSA계 혼화재의 치환율이 증가함에 따라서도 초기 슬럼프치 및 경시변화에 따른 슬럼프 로스가 플레인에 비해 큰 것을 알 수 있었다.

3.1.2. 공기량

그림 2는 CSA 치환율별 경시변화에 따른 공기량을 나타낸 것이다. 전반적으로, 각 배치의 공기량은 W/B 35%, 45%에서 모두 목표 공기량을 만족하는 것으로 나타났고, CSA계 혼화재 치환율 변화에 따른 경시변화는 유사한 감소경향을 나타내었다.

3.1.3. 블리딩

그림 3은 CSA 치환율별 경과시간에 따른 블리딩량을 나타낸 것이다. 그림에서 나타난 것과 같이 W/B 35, 45%의 경우 OPC에 비해 플레인은 블리딩량이 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 여기에 CSA 혼화재 치환율 증가에 따른 블리딩량은 W/B 35%인 경우 플레인에 비해 크게 저하하였는데, CSA 치환율 2%, 4%, 6%에서 OPC 이상으로 저하하였다. W/B 45%인 경우도 이와 유사한 감소경향으로 나타났다. 본 실험에서 블리딩량은 CSA 혼화재 치환율 4%의 경우 W/B 35% 및 45%에 플레인에 비해 각각 94.7%, 74.3% 정도 저감하는 것으로 나타났다.

3.1.4. 응결특성

그림 4는 CSA 치환율별 경과시간에 따른 관입저항치를 나타낸 것이다. 그림에서 나타난 것과 같이 W/B 35, 45%의 경우 OPC에 비해 플레인은 응결시간

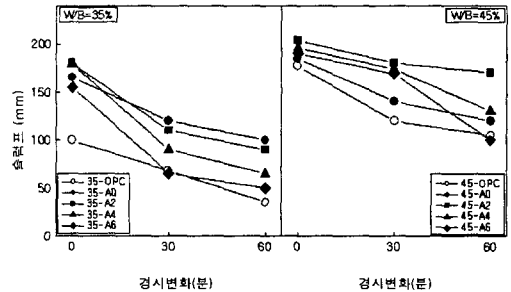


그림 1 CSA 치환율별 경시변화에 따른 슬럼프

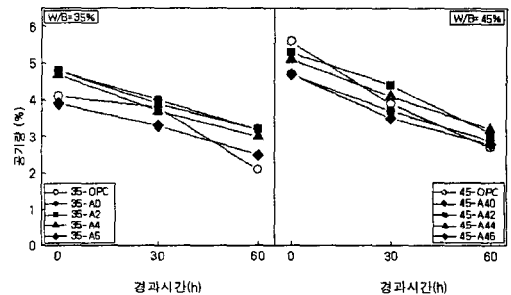


그림 2 CSA 치환율별 경과시간에 따른 공기량

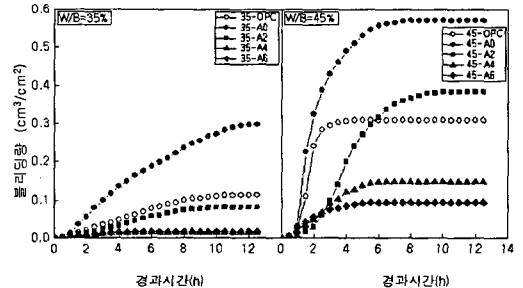


그림 3 CSA 치환율별 경과시간에 따른 블리딩량

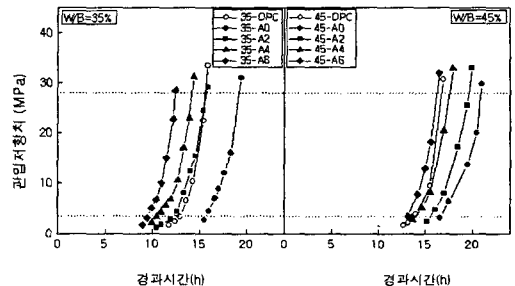


그림 4 CSA 치환율별 경과시간에 따른 관입저항

이 크게 지연되는 것을 알수 있다. CSA혼화재 치환율을 증가에 따른 응결시간은 W/B 35%인 경우에 CSA 치환율을 증가에 따라 플레인에 비하여 응결시간이 약 3~6시간정도 촉진되었고, W/B 45%인 경우에는 플레인에 비해 약 1~4시간정도 촉진되었는데, 이는 CSA사용으로 인해 콘크리트 중에서 에트링가이트가 생성되면서 수화반응이 활발해진 것에 기인한 것으로 사료된다.

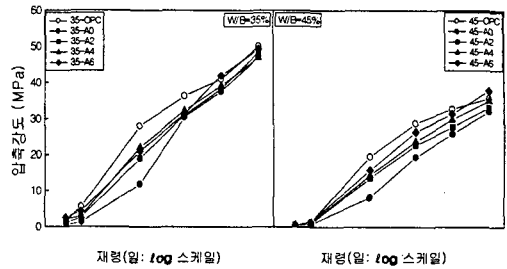


그림 5 CSA 치환율별 재령경과에 따른 압축강도

3.2 경화콘크리트의 특성

3.2.1 압축강도

그림 5는 CSA계 혼화재 치환율별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 그림에 나타난 것과 같이 W/B 35%, 45% 공히 플레인 배합은 OPC배합에 비해 초기재령에서의 압축강도가 저하하는 것으로 나타났다. 이는, BS 및 LSP의 초기강도 저하에 관련하여 나타난 결과로 분석된다. 또한, CSA계 혼화재의 치환율을 증가에 따라서는 치환율이 증가할수록 OPC에 비해 압축강도가 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 CSA계 혼화재의 수화반응에서의 에트링가이트 생성과 이에 따른 공극의 충전효과 등으로 분석된다.

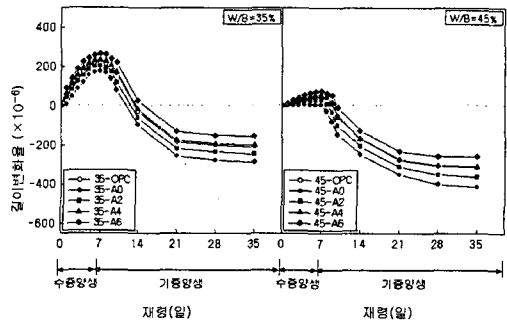


그림 6 CSA 치환율별 재령경과에 따른 건조수축

3.2.2 건조수축

그림 6은 CSA계 혼화재 치환율별 재령경과에 따른 건조수축을 나타낸 것이다. 그림과 같이 W/B 35, 45%의 OPC에 비해 플레인은 수중 양생기간에서 팽창이 감소되고 건조수축이 크게 일어난 것을 알수 있다. W/B 35%인 경우에 CSA혼화재 치환율 증가에 따른 건조수축은 플레인에 비하여 CSA계 혼화재의 팽창보상으로 인하여 수중양생기간에 팽창이 증가되었고 기름양생기간에 건조수축이 감소되었다. 치환율 4%이상에서는 플레인과 비교하여 동등이상의 저감효과를 나타내었는데, 치환율에 따라 플레인에 비해 W/B 35% 및 W/B 45%에서 각각 30%, 25.2%정도 저감되었다.

4. 결론

본 연구에서는 고로슬래그 미분말과 LSP를 치환한 콘크리트에 CSA 혼화재의 치환율을 변화시킨 콘크리트의 기초적 성상을 검토하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 슬럼프는 플레인의 경우 OPC에 비해 유동성이 증가하는 것으로 나타났고 CSA치환율 증가 및 경시변화에 따라 유동성은 저하하였다. 공기량은 모두 목표공기량을 만족하였고, 블리딩은 W/B가 작을수록, 또한 CSA치환율이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다. 응결시간은 플레인에 비해 W/B 35% 및 W/B 45%에서 각각 3~6시간, 1~4시간정도 촉진되었다.

2) 압축강도는 초기재령에서 플레인의 경우 OPC와 비교하여 크게 저하하는 것으로 나타났으나 플레인 배합에 CSA계 혼화재를 치환시켜줌으로서 초기강도 저하를 개선해 주는 것을 확인 할수 있었다.