

산 및 황산염 저항성에 미치는 시멘트 종류의 영향

Influence of Cement types on the Resistance to Acid and Sulfate

박재임* 배수호** 유경근*** 이광명**** 차수원***** 최성*****
Park, Jae Im Bae, Su Ho Yu, Kyung Geun Lee, Kwang Myong Cha, Soo Won Chol, Sung

ABSTRACT

The purpose of this experimental research is to investigate the influence of cement types on the resistance to acid and sulfate. For this purpose, concrete specimens with three types of cement such as ordinary portland cement(OPC), binary blended cement(BBC), and ternary blended cement(TBC) were made for water-binder(W/B) ratios of 32% and 43%, and then according to JSTM C 7401, the appearance change and ratio of mass change of them were estimated through the immersion tests by 5% sulfuric acid, 10% sodium sulfate, and 10% magnesium sulfate solution, respectively. It was observed from the test result that the resistance against acid and sulfate increased with decreasing W/B ratio and those of BBC and TBC concretes were better than the case of OPC concrete from immersion tests of 91 days.

요약

본 연구에서는 산 및 황산염 저항성에 미치는 시멘트 종류의 영향을 평가하기 위하여 물-결합재비 32% 및 43%에 대해서 보통 포틀랜드 시멘트(OPC), 2성분계 시멘트(BBC), 및 3성분계 시멘트(TBC)와 같은 3종류의 시멘트를 사용한 콘크리트 공시체를 제작하였다. 제작된 콘크리트 공시체에 대해서 JSTM C 7401에 따라 5% 황산, 10% 황산나트륨 나트륨 및 10% 황산마그네슘 용액에 의한 침지실험을 통하여 재령에 따른 외관 변화 및 질량 감소율을 평가하였다. 재령 91동안의 침지실험 결과로부터, 콘크리트의 산 및 황산염에 대한 저항성은 물-결합재비가 감소할수록 증가하고, BBC와 TBC 콘크리트가 OPC 콘크리트보다 우수한 것으로 나타났다.

* 정회원, 안동대학교 토목공학과 박사과정

** 정회원, 안동대학교 토목공학과 교수

*** 정회원, 안동대학교 토목공학과 석사과정

**** 정회원, 성균관대학교 사회환경시스템공학과 교수

***** 정회원, 울산대학교 토목공학과 조교수

***** 정회원, 성균관대학교 사회환경시스템공학과 석사과정

1. 서론

화학적 침식에 의해 야기되는 콘크리트의 성능저하는 토양속이나 지하수 및 해수에 포함된 산과 황산염 등 화학적으로 여러 형태의 유해한 환경에 노출됨으로써 발생된다. 이 같이 유해한 이온에 의한 화학적 침식작용으로, 가혹한 환경조건의 영향을 받는 콘크리트는 공극을 통하여 침투된 유해이온과 시멘트 수화물과의 반응으로 콘크리트 조직에 유해한 반응생성물의 팽창 및 연화작용으로 인하여 콘크리트의 내구성능을 크게 저하시킬 뿐만 아니라 심한 경우 균열 발생 및 조직 붕괴를 유발하게 된다. 한편, 콘크리트의 화학적 침식에 대한 연구는 오래 전부터 수행되어 왔으나, 아직까지도 이에 대한 메커니즘 구명 및 개선 대책이 확립되어 있지 않은 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 콘크리트의 산 및 황산염 저항성을 평가하여 이에 대한 고저항성 콘크리트를 제시하기 위하여 시멘트 종류로서 보통 포틀랜드 시멘트, 2성분계 시멘트 및 2종류의 3성분계 시멘트를, 산 및 황산염 저항성 평가를 위한 용액으로서 5% 황산, 10% 황산나트륨 및 10% 황산마그네슘을 선정하였다. 산 및 황산염 저항성 평가는 콘크리트의 용액 침지에 의한 내약품성 시험인 JSTM C 7401 방법에 의하여 물-결합재비 32% 및 43% 각각에 대해 시멘트 종류에 따라 수행되었다.

2. 실험 개요

2.1 사용 재료

본 연구에 사용된 시멘트는 비중이 3.14인 S사 제품의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 잔골재 및 굵은골재는 각각 낙동강산(경북 안동시) 하천사 및 안동산 부순돌을 이용하였다. 2성분계 시멘트(BBC)를 사용한 콘크리트를 제조하기 위하여 비중이 2.89, 분말도가 4,893 cm²/g인 고로슬래그 미분말을 이용하였고, 2종류의 3성분계 시멘트(TBC1, TBC2)를 사용한 콘크리트를 제조하기 위하여 OPC, 고로슬래그 미분말 및 플라이 애쉬와 OPC, 고로슬래그 미분말 및 실리카 폼을 각각 이용하였다. 혼화제는 고강도 및 유동화 콘크리트용으로 사용되고 있는 폴리카르본산계의 고성능 AE감수제(표준형, S사)를 사용하였다.

2.2 실험 방법

2.2.1 공시체 제작

산 및 황산염 저항성에 미치는 시멘트 종류의 영향을 평가하기 위하여 콘크리트 배합실험을 하였는데, 목표 슬럼프는 18±2.5 cm, 목표 공기량은 5.0±0.5%로 설정하여, 물-결합재비 32% 및 43% 대해서 KS F 2403(콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작 방법)에 따라 원주형 공시체(ø10×20 cm)를 제작하였다. 제작된 공시체는 성형 후 24시간 경과하여 몰드를 제거한 후 JSTM C 7401(콘크리트의 용액침지에 의한 내약품성 시험 방법)에 따라 전처리 양생을 시행한 후 산 및 황산염 용액에 침지시켰다.

2.2.2 산 및 황산염 저항성 실험

콘크리트의 내약품성 실험방법은 미국 ASTM C 1012에도 명시되어 있으나, 이는 모르타르에 의한 실험방법이므로, 본 연구에서는 JSTM C 7401의 “콘크리트의 용액침지에 의한 내약품성 시험 방법”에 의하여 산 및 황산염 저항성 실험을 수행하였다. 실험방법은 산 또는 염류 등의 용액에 공시체를 소정의 기간동안 침지시켜 측정치의 변화를 표준양생시킨 공시체와 비교하여 내약품성을 평가하는 방법으로, 이 방법에 제시된 약품 중, 산 종류인 5% 황산과 황산염인 10% 황산나트륨과 10% 황산마그네슘 용액을 선정하여 실험을 수행하였다.

콘크리트의 산 및 황산염 저항성을 평가하기 위하여 각 용액에서의 침지재령에 따라 외관 변화 관찰 및 질량변화율을 구하였고, 질량변화율은 전처리 양생을 거친 공시체의 침지 재령 28, 56, 및 91일에 대해서 시멘트 종류별로 식 (1)과 같이 구하였다.

$$\text{질량변화율(\%)} = \frac{W_{ci} - W_i}{W_{ci}} \times 100 \quad (1)$$

여기서, W_i : 시험용액에 침지한 콘크리트의 측정재령에서의 질량(g)

W_{ci} : 시험용액에 침지하기 전의 콘크리트의 질량(g)

3. 실험결과 및 고찰

3.1 외관 변화

그림 1은 물-결합재비 32% 및 43%에 대해서 산 및 황산염 용액에 91일동안 침지시킨 콘크리트 공시체의 시멘트 종류에 따른 외관변화를 나타낸 것으로, 5% 황산용액에 침지시킨 콘크리트 공시체의 경우 초기재령부터 외관상의 침식이 가장 뚜렷하게 나타났는데, 특히, OPC 콘크리트의 표면은 침식으로 인해 골재 표면이 노출된 상태로 나타났다. 또한 10% 황산나트륨용액에 침지한 콘크리트 공시체는 아직까지 외관상 변화가 거의 없는 것으로 나타났으며, 10% 황산마그네슘용액에 침지한 공시체는 침식작용으로 인하여 시멘트 종류에 관계없이 표면부에 약간의 손상이 나타났다.

W/B (%)	침지재령	5% 황산	10% 황산나트륨	10% 황산마그네슘
32	91일	OPC BBC TBC1 TBC2	OPC BBC TBC1 TBC2	OPC BBC TBC1 TBC2
43	91일	OPC BBC TBC1 TBC2	OPC BBC TBC1 TBC2	OPC BBC TBC1 TBC2

그림 1. 산 및 황산염 용액 침지 후 외관변화

3.2 질량변화율

그림 2는 물-결합재비 32% 및 43%에 대해서 산 및 황산염 용액에 28, 56 및 91일동안 침지시킨 콘크리트 공시체의 시멘트 종류별 질량변화율을 나타낸 것이다. 5% 황산 용액에 침지시킨 콘크리트의 경우 물-결합재비에 관계없이 OPC 콘크리트의 경우만 침지재령이 증가할수록 계속적으로 질량이 감소되었으며, BBC, TBC1 및 TBC2 콘크리트의 경우 시멘트 종류에 따라 재령의 차이는 있으나, 대체적으로 초기에 팽창에 따른 질량 증가를 나타내다가 침지재령이 증가함에 따라 점차적으로 질량이 감소하는 것으로 나타났다. 10% 황산나트륨 용액에 침지시킨 콘크리트의 경우 시멘트 종류에 따라 재령의 차이는 있으나, 초기에 비교적 큰 질량감소율을 보이다가 침지재령이 증가함에 따라 팽창으로 인한 질량 증가가 있는 것으로 나타났다. 10% 황산마그네슘 용액에 침지시킨 콘크리트의 경우 OPC 콘크리트는 침지재령이 증가함에 따라 팽창이 지속적으로 진행되어 질량이 증가하는 것으로 나타났으며, BBC, TBC1 및 TBC2 콘크리트는 초기 침지재령에서 가장 큰 팽창을 나타내다가 침지재령이 증가할

수록 팽창의 감소로 인해 초기 재령보다 질량이 감소하는 것으로 나타났으며, 특히 물-결합재비 43% 일 때 BBC, TBC1 및 TBC2 콘크리트의 경우 재령의 증가와 함께 빠르게 질량 증가에서 감소로 전환 되는 것으로 나타났다. 한편, 재령 91일까지의 침지실험 결과로부터 산 및 황산염 용액에 대한 저항성은 물-결합재비가 작을수록 증가하였고, OPC 콘크리트보다 BBC나 TBC 콘크리트가 보다 우수한 것으로 나타났다. 그러나 이는 재령 91일까지의 실험결과이므로, 급후 재령 1년까지 침지재령에 따른 외관변화 및 질량변화율을 구함으로써 장기 침지재령에서의 시멘트 종류에 따른 산 및 황산염 저항성을 평가할 계획이다.

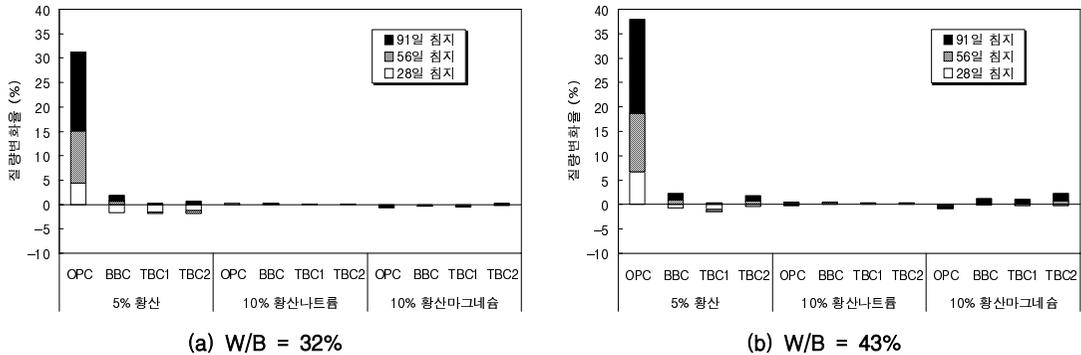


그림 2. 시멘트 종류에 따른 질량변화율

4. 결 론

산 및 황산염 저항성에 미치는 시멘트 종류의 영향을 평가하기 위하여 물-결합재비별로 5% 황산, 10% 황산나트륨 및 10% 황산마그네슘 용액에 재령 91일까지 침지시킨 결과, 산 및 황산염 용액에 대한 저항성은 물-결합재비가 작을수록 증가하였으며, OPC 콘크리트보다 2성분계 시멘트나 3성분계 시멘트를 사용한 콘크리트가 보다 우수한 것으로 나타났다. 그러나 이는 재령 91일까지의 실험결과이므로, 급후 재령 1년까지 침지재령에 따른 외관변화 및 질량변화율을 구함으로써 장기 침지재령에서의 시멘트 종류에 따른 산 및 황산염 저항성을 평가할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 2008년도 건설교통부의 지원사업인 콘크리트코리아연구단의 “고성능·다기능 콘크리트의 개발 및 활용기술” 과제에 의해 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 배수호 이준구, “3성분계 시멘트를 사용한 콘크리트의 내구성 평가”, 대한토목학회 논문집, 제27권, 2A호, 2007, pp. 271-276
2. 박영식, 서진국, 이재훈, 신영식, “황산염의 침해를 받는 고강도 콘크리트의 강도특성과 물성변화”, 콘크리트학회지, 제10권, 5호, 1998, pp. 117-128
3. JSTM C 7401, 콘크리트의溶液浸せきによる耐薬品性試験方法, Japanese Industrial Standard, 1999
4. P. S. Mangat and J. M. Khatib, “Influence of Fly ash, Silica Fume, and Slag on Sulfate Resistance of concrete”, ACI, Vol 92, No. 5, 1993, pp. 542-552