

팽창재와 수축저감제 사용 고성능 콘크리트의 내구성 평가

Evaluation on the Durability of High Performance Concrete Used Expansive Additive and Shrinkage Reducing Agent

고 경 태* 박정준** 강수태** 이종석* 김도겸* 김성욱***
Koh, Kyoung-Taek Park, Jung-Jun Kang, Su-Tae Lee, Jong-Suk Kim, Do-Gyeong Kim, Sung-Wook

ABSTRACT

Generally, the high performance concrete of drying cracking and autogenous shrinkage are tend to be increased. In the previous study, it was found that the using method in combination with expansive additive and shrinkage reducing agent was more effective than the separately using method of that. This study is to investigated the durability of high performance concrete using expansive additive and shrinkage reducing agent. Test results showed that the high performance concrete using expansive additive and shrinkage reducing agent had very good not only the durability performance such as salt injury, carbonation, resistance to freezing-thawing and permeability but also the resistance to shrinkage.

1. 서론

최근 고강도와 고유동성을 가진 고성능 콘크리트에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 사용 실적도 차츰 증가하는 추세에 있다. 그러나, 고성능 콘크리트는 물-결합재비를 작게하고, 단위 결합재량을 다량으로 사용해야 하므로 수화열, 건조수축 및 자기수축 등에 의한 균열 발생이 문제되고 있다. 저자들은 선행연구에서 고성능 콘크리트의 수축을 저감시키고자 팽창재와 수축저감제의 사용을 검토한 결과, 팽창재와 수축저감제를 조합하여 사용하는 방법이 단독으로 사용하는 방법보다는 수축저감 효과가 상승되는 것으로 분석되었다.

따라서, 본 연구에서는 팽창재와 수축저감제를 조합 사용한 고성능 콘크리트의 내구성을 평가하였다. 내구성은 중성화, 염해, 동결융해 및 수밀성에 대해 검토하였고, 수축저감재료를 사용한 고성능 콘크리트와 비교를 위해 동일한 물-결합재비를 갖고 수축저감재료를 사용하지 않은 고강도 콘크리트와 보통강도 콘크리트에 대해서도 시험을 실시하였다.

2. 실험개요

- * 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 선임연구원
- ** 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구원
- *** 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 수석연구원

2.1 사용재료

Table 1에 본 연구에 사용된 재료의 특성을 나타내었다. 결합재로서 보통포틀랜드시멘트, 플라이애쉬 및 실리카폼을 사용하였고, 수축저감재로서 CSA(Calcium Sulfate Aluminate)계 팽창재와 분말형 글리콜즈계 수축저감제를 사용하였다.

2.2 콘크리트 배합

콘크리트 배합은 팽창재 5%와 수축저감제 1%를 조합한 물-결

합재비 30%의 콘크리트(LSC), LSC와 동일한 물-결합재비에서 팽창재와 수축저감제를 사용하지 않은 콘크리트(HSC) 및 물-시멘트비 50%인 보통 콘크리트(OPC)를 사용하였다. 목표 슬럼프 플로우인 60 ± 5 cm, 목표 공기량인 $4.5 \pm 1.5\%$ 를 얻기 위해 고성능감수제 첨가량 및 AE제량 등을 조절하였다.

Table 1 사용재료의 물성

재료	기호	특성
시멘트	C	보통포틀랜드시멘트, 밀도 3.15g/cm ³ , 분말도 3,413cm ² /g
플라이애쉬	FA	밀도 2.13g/cm ³ , 분말도 3,850cm ² /g, SiO ₂ 65.3%, Al ₂ O ₃ 16.6%, Fe ₂ O ₃ 5.58%
실리카폼	SF	밀도 2.10g/cm ³ , 분말도 240,000cm ² /g, SiO ₂ 96%
팽창재	EA	CSA계, 밀도 2.93g/cm ³ , 분말도 3,100cm ² /g, CaO 70.2%, SiO ₂ 0.4%, Al ₂ O ₃ 2.8%, Fe ₂ O ₃ 4.7%
수축저감제	SR	글리콜즈계, 밀도 3.18g/cm ³ , 백색, 가용성 분말
굵은골재	G	부순돌, 밀도 2.63g/cm ³ , 조립율 6.87, G _{max} 20mm
잔골재	S	강모래, 밀도 2.67g/cm ³ , 조립율 2.60
고성능감수제	SP	폴리카르본산계
AE제	AE	리그닌 설펜산계

Table 2 콘크리트의 배합

Types of Concrete	W/B (%)	S/a (%)	Unit content(kg/m ³)								SP (B×wt. %)	AE (B×wt. %)
			W	B			EA	SR	S	G		
				C	FA	SF						
OPC	50	42	175	350	0	0	0	0	643	1118	-	0.008
HSC	30	45	175	410	113	56.7	0	0	658	810	0.5	0.004
LSC	30	45	175	375	113	56.7	30.1	5.72	658	810	0.6	0.002

2.3 실험방법

Table 3은 본 연구에서 실시한 실험방법에 대해 정리한 것이다. 시험은 소경크기의 시험체를 14일간 표준양생을 실시한 다음, 내구성을 평가하거나 평가 전에 건조 또는 에폭시 수지로 실링하였다.

Table 3 실험방법

시험항목	시험체 크기	양생 및 전처리	시험방법	측정
압축강도	ø100×200mm	표준양생 14일	KS F 2405	압축강도
염소이온저항성	ø100×50mm	표준양생 14일-> 측면 에폭시 실링-> 18시간 증류수 수침	ASTM C 1202	전압
중성화	ø100×100mm	표준양생 14일-> 3일 기건	CO ₂ 10%, 온도30℃, 습도60%RH	중성화 깊이
동결융해	100×100×400mm	표준양생 14일	KS F 2456 B법	상대동탄성계수
투기성	200×200×100mm	표준양생 14일-> 5개면 에폭시 실링-> 7일 기건	직접가압방식 (Torrent)	투기계수
투수성	200×200×100mm	표준양생 14일-> 7일 기건	직접가압방식 (GWT-4000kit)	투수계수
공극분포	25mm ² 이하	표준양생 14일-> 아세톤 1일침지-> 40℃2일	수은압입법	공극분포, 총공극률

3. 실험결과 및 고찰

3.1 염소이온 저항성

Fig. 1은 콘크리트 종류별 염소이온 저항성 시험결과이다. LSC 콘크리트는 OPC 콘크리트에 비해 염소이온 저항성이 17배 정도 우수한 것으로 나타났다. 이처럼 LSC 콘크리트가 OPC 콘크리트에 비해 염소이온 저항성이 탁월한 것은 시멘트 경화체의 치밀함이 반영한 결과가 기인한 것으로 분석된다. 그리고 LSC콘크리트는 HSC 콘크리트에 비해도 염해 저항성이 1.3배 정도 우수한 것으로 나타났는데, 이는 수축에 의한 균열을 저감함으로써 LSC 경화체 조직이 보다 치밀해졌기 때문으로 사료된다.

3.2 중성화

Fig. 2는 콘크리트 종류별 중성화 촉진 시험결과이다. 현재 시험재령 56일까지 측정된 결과에 의하면, OPC 콘크리트는 10mm, HSC 콘크리트는 2mm이고 LSC 콘크리트는 중성화가 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다. 이처럼 LSC 콘크리트가 HSC 콘크리트와 OPC 콘크리트에 비해 중성화에 대한 저항성이 뛰어난 것은 시멘트 경화체가 고강도화가 된 것과 수축에 의한 균열되어 저감됨으로써 시멘트 경화체의 조직이 치밀하게 되어 이산화탄소 가스가 콘크리트 내부로 침입하기 어려워졌기 때문으로 사료된다.

3.3 동결융해 저항성

Fig. 3은 콘크리트 종류별 동결융해 저항성 시험결과이다. 동결융해 종료 300 사이클에서 콘크리트 종류에 상관없이 상대동탄성계수가 90% 이상으로 매우 우수한 것으로 나타났다. 이처럼 콘크리트 종류에 따라 동결융해 저항성이 우수한 것은 모든 콘크리트에서 AE제를 사용하여 공기량을 4.5% 이상 연행시켰기 때문이다. 300 사이클에서 동결융해 저항성은 LSC > HSC > OPC 순으로 뛰어난 것으로 나타났으며, LSC 콘크리트의 동결융해에 대한 내구성 지수는 거의 100으로 매우 우수한 것 나타났다.

3.4 수밀성

Fig. 4와 Fig. 5는 콘크리트 종류별 투기성과 투수성을 측정한 결과이다. 콘크리트의 수밀성은 투기성과 투수성에 상관없이 LSC > HSC > OPC 순으로 뛰어난 것으로 나타났다. LSC의 투기계수는 OPC의 18%, HSC의 53% 정도이며, 투수계수는 OPC의 47%, HSC의 65% 정도였다. 이상과 같이, 투기성 및 투수성을 측정하여 콘크리트 종류별 수밀성을 분석한 결과, LSC 콘크리트는 HSC와 OPC 콘크리트보다 수밀성능이 뛰어났다.

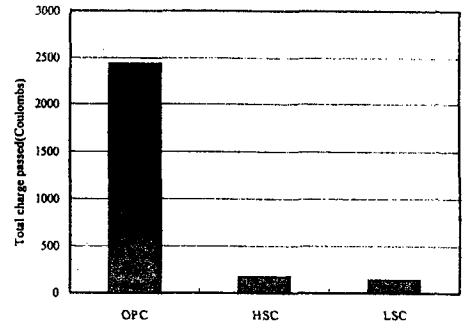


Fig. 1 염소이온 저항성 결과

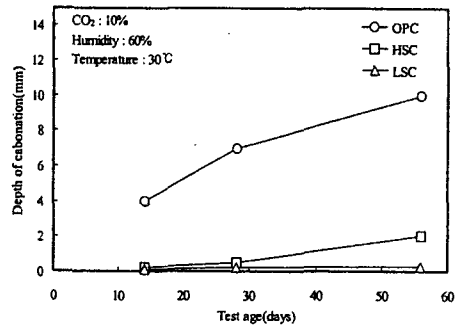


Fig. 2 중성화 시험결과

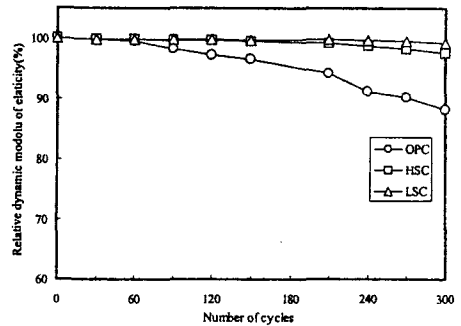


Fig. 3 동결융해 저항성 결과

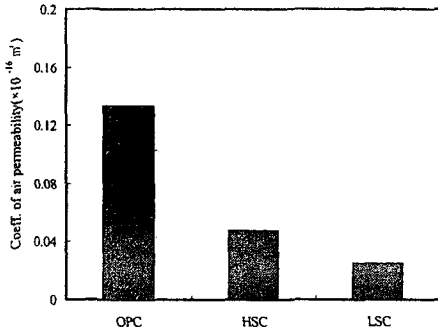


Fig. 4 투기성 시험결과

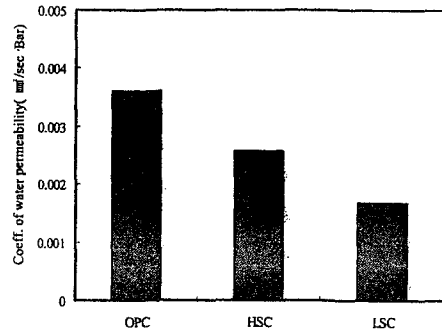


Fig. 5 투수성 시험결과

3.5 공극분포

Fig. 6은 콘크리트 종류별 총 공극량의 결과이다. 총 공극량은 LSC > HSC > OPC 순으로 적은 것으로 나타났다. 콘크리트 내부에 공극량은 적다는 것은 콘크리트 내부가 그만큼 치밀하다는 것을 의미한다. Fig. 7은 콘크리트 종류별 공극분포 결과이다. LSC와 HSC 콘크리트는 OPC 콘크리트에 비해 시멘트 경화체 조직이 치밀하다. LSC와 HSC 콘크리트의 공극분포는 10~50nm의 공극과 10nm 이하의 공극에서 피크점이 보이고 있으나, 그 피크점 크기는 LSC가 HSC에 비해 크게 나타났으므로 LSC가 HSC에 비해 시멘트 경화체 조직이 치밀한 결과로 사료된다. 이상과 같이, 콘크리트 종류별 총 공극량과 공극분포를 분석한 결과, LSC 콘크리트는 HSC 또는 OPC 콘크리트에 비해 시멘트 경화체 조직이 치밀한 것으로 나타났다.

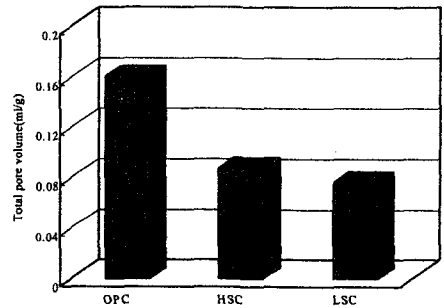


Fig. 6 총 공극량 측정결과

4. 결 론

팽창재와 수축저감제를 조합 사용한 고성능 콘크리트의 내구성에 대해 평가한 결과, 동일한 물-결합재비를 가진 고강도 콘크리트 또는 일반 콘크리트에 비해 염해저항성, 중성화, 동결융해 저항성 및 수밀성 등 내구성이 우수한 것으로 분석되었다. 따라서 팽창재와 수축저감제를 조합 사용한 고성능 콘크리트를 구조물에 적용할 경우, 수축을 저감시킬 수 있을 뿐만 아니라 내구성능이 향상되는 결과를 얻을 수 있을 것이다.

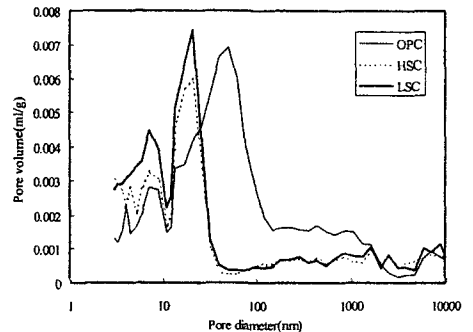


Fig. 7 공극분포 측정결과

참고문헌

1. 한국건설기술연구원, "콘크리트 교량의 내구성 향상 기술 개발", 2003. 12
2. 한천구, 김성욱, 고경택, 배정렬, "팽창재 및 수축저감제를 이용한 고성능 콘크리트의 수축특성", 한국콘크리트학회 논문집 Vol. 15, No. 6, pp. 785-793, 2003. 12