

동결융해 작용을 받은 콘크리트의 촉진중성화 특성

Accelerated Carbonation of Concrete Deteriorated by Freezing and Thawing

손유신*
Sohn, Yu Shin

김규용**
Kim, Gyu Yong

김한준***
Kim, Han June

박찬규****
Park, Chan Gyu

이승훈*****
Lee, Seung Hoon

ABSTRACT

Several factors of concrete durability decline factor are acted as complex deterioration and is happened not that happen by simplicity deterioration. Specially, in case of sea construction, as complex salt damage, carbonation and freezing & thawing, concrete surface and pore structure is deteriorated.

Therefore, analyzing concrete carbonation and pore structure after freezing and thawing test by fresh water and sea water in this research, we wish to study about acceleration of decline of durability and complex deterioration by concrete surface deterioration in sea environment.

1. 서론

콘크리트의 내구성 저하 현상은 단순 열화요인에 의한 표준적인 환경하에서 일어나는 경우는 매우 드물고, 여러 가지 열화요인이 복합적으로 작용되어 일어난다. 그림 1은 중성화를 중심으로 한 열화요인의 복합적인 관계를 나타낸 것이며, 이 중 동결융해작용과 관련된 사항을 고려해 보면, 동해에 의해서 콘크리트는 균열이 발생하게 되고, 균열이 발생되면 물질의 이동성이 증대하게 되므로 중성화의 진행이 촉진될 가능성이 있다. 물론 동해는 콘크리트가 포화상태에 가까울 경우에만 일어나기 때문에 동해로 피해 받는 환경조건에서 중성화가 진행될 가능성이 적으나, 해안지역의 경우는 동해, 건습반복, 염해가 복합적으로 작용하여 콘크리트 표면의 열화와 내부의 미세균열이 유발시켜 중성화를 촉진시킬 가능성은 높다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 수도수 및 해수에 의한 동결융해 작용 후 콘크리트의 촉진중성화 및 세공구조를 분석함으로써 해양환경하에서 콘크리트 표면열화로 인한 내구성 저하의 가속화 및 복합열화에 관하여 연구하고자 하였다.

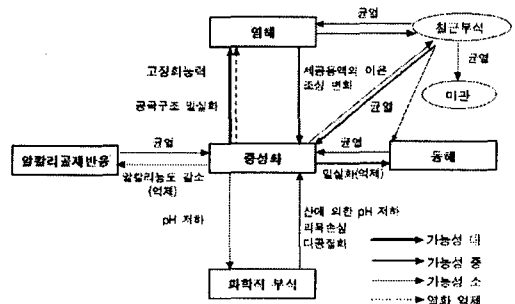


그림 1 열화요인의 복합관계

* 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 전임연구원
 ** 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 선임연구원
 *** 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 전임연구원
 **** 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 선임연구원
 ***** 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 수석연구원

2. 연구의 개요 및 방법

본 연구를 위한 배합변수 및 시험항목은 표 1에 나타난 바와 같이 물-결합재비(W/B)는 42.0%와 47.0%로 설정하였으며, 결합재는 염해저항성이 우수하여 해양환경에 위치한 구조물에 주로 적용되는 슬래그 미분말과 슬래그 미분말과 플라이애쉬를 적정 치환한 3성분계 결합재를 사용하였다. 시험항목으로는 수도수와 해수에 의한 동결융해 작용 후 세공구조의 분석과 일정기간 기건상태에서 건조한 후 촉진중성화를 실시하여 그림 2와 같이 중성화 깊이를 측정하여 각 결합재별 콘크리트의 세공구조 및 중성화 특성을 평가하였다.

표 1 연구 프로세스

배합변수	시험항목	평가항목	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 물-결합재비 -42.0% -47.0% ○ 결합재의 종류 -OPC -S/G50 -S/G35+F/A15 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동결융해 시험 -동결수의 종류 수도수 해수수 (3.5% NaCl) -사이클수 : 300cycle ○ 중성화 촉진 ○ 세공구조 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동결융해 시험 상대동탄성계수(%), ○ 중성화 평가항목 -중성화 촉진깊이 -중성화 속도 	

그림 2 중성화 깊이 측정

3. 실험 결과

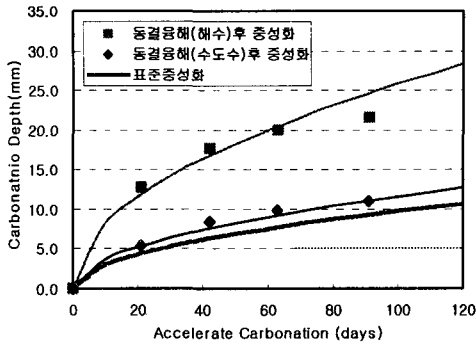
각 콘크리트의 물성시험 결과는 표 2와 같으며, 내구성 지수는 OPC 콘크리트 수도수 동결의 경우 75%를 제외하고, 95%이상의 양호한 수준으로 평가되었다. 또한, OPC콘크리트 해수 동결의 경우 표면의 열화가 극심하여 동탄성계수의 측정이 불가능한 경우도 있었으나, 동결융해 작용이 종료된 후 열화된 표면을 절단하여 콘크리트의 동탄성계수를 측정한 결과 거의 저하되지 않았음을 확인하였다.

표 2 콘크리트 배합표 및 물성시험 결과

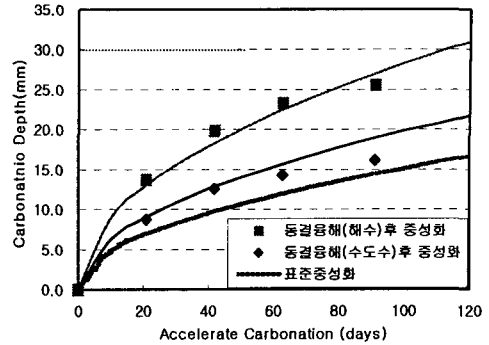
구분	W/B (%)	S/a (%)	단위재료량(kg/m ³)							S.P (B×%)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	f ₂₈ (MPa)	비고		
			W	B	C	F/A	S/G	S	G							
No 1	42	45	168	400	400	-	-	784	973	0.70	19.0	4.7	451	수도수		
No 2					200	-	200	780	969	0.50	20.0	4.2	445	해수수		
No 3					200	60	140	773	959	0.45	18.0	3.5	439	해수수		
No 4					357	-	-	835	956	0.60	18.5	4.7	408	수도수		
No 5	47	47	168	357	179	-	178	832	953	0.40	20.0	4.9	391	해수수		
No 6					179	54	125	825	945	0.40	20.0	4.5	396	수도수		
No 7																
No 8																

* B : Binder, C : Cement, F/A : Flyash, S/G : Slag, S : Fine Aggregate, G : Coarse Aggregate, S.P : Superplasticizer

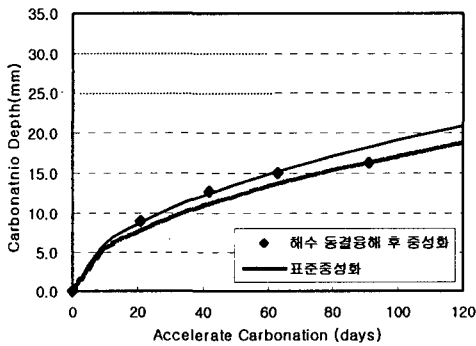
이처럼 동결융해작용의 종료 후에도 내구성지수가 95% 이상 확보된 것은 적절한 AE제의 혼입에 따른 내동해성의 확보와, 결합재의 사용에 따른 콘크리트 내부조직의 치밀화에 기인한 것으로 사료된다.



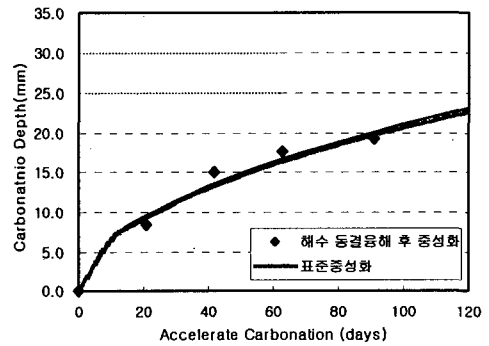
(a) W/B 42% OPC



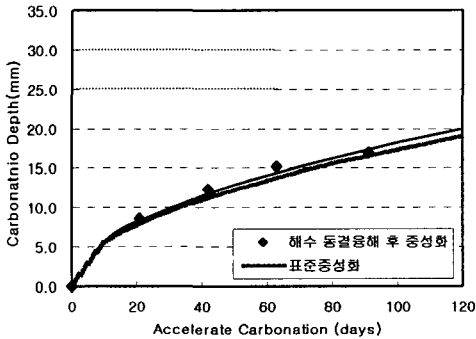
(d) W/B 47% OPC



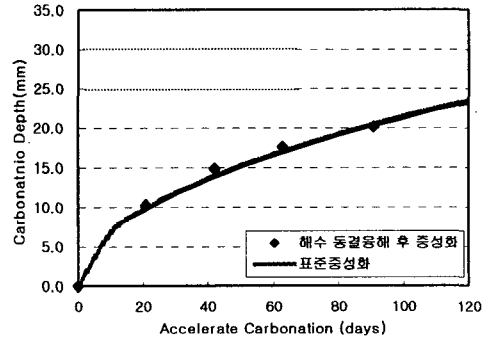
(b) W/B 42% S/G50



(e) W/B 47% S/G50



(c) W/B 42% F/A15+S/G35

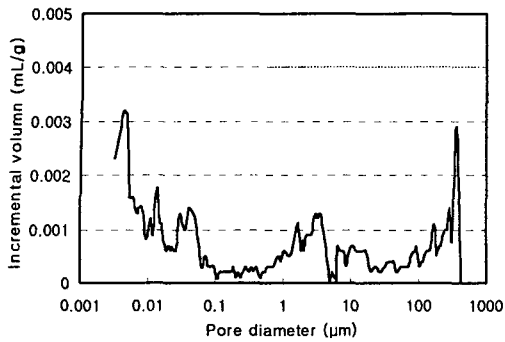


(f) W/B 47% F/A15+S/G35

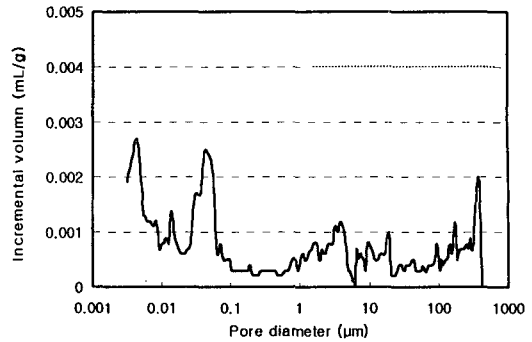
※ 중성화 깊이는 동결융해에 의한 표면스케일링 깊이를 제외한 값으로 순수하게 중성화된 깊이임. (그림 2 참고)

그림 3 동결융해 후의 촉진 중성화

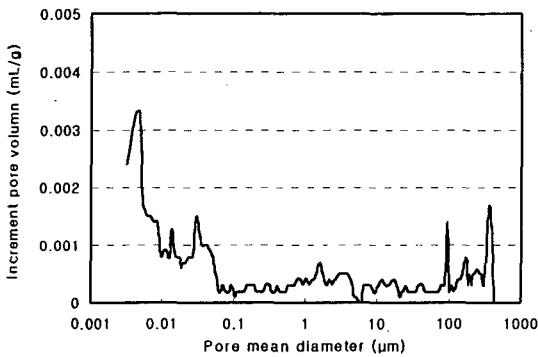
그림 3에 나타난 바와 같이 단순중성화 실험에서는 OPC콘크리트의 경우가 중성화 저항성이 가장 크고, S/G, 3성분계(F/A15+S/G35)의 순으로 중성화 저항성이 작게 나타났으나, 해수동결융해의 작용 후에는 결합재의 구성에 의한 콘크리트보다 중성화가 크게 촉진되었다. 즉, 그림 4와 같이 수도수 및 해수에 의한 동결융해 작용에 대하여 일반 OPC콘크리트의 경우 세공구조가 현저히 파괴됨을 보이고 있어 투기성능이 저하된 때문으로 판단된다.



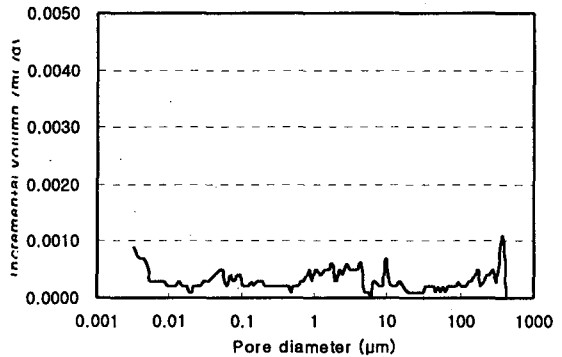
(a) W/C 47 수도수 동결 후 내부세공구조



(b) W/C 47 수도수 동결 후 외부세공구조



(c) W/C 47 해수 동결 후 내부세공구조



(d) W/C 47 해수 동결 후 외부세공구조

그림 4 수도수 및 해수에 의한 동결융해 후 콘크리트의 세공구조

4. 결론

각 배합의 수준과 결합재의 구성에 따른 콘크리트의 단독 중성화와 염화물 및 해수 동결융해 작용 후의 촉진중성화 특성에 대하여 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 단순 중성화 실험에서는 일반 OPC콘크리트의 중성화 저항성이 가장 큰 것으로 평가되었지만, 해수동결을 받은 복합 중성화 실험에서는 해수에 의한 표면열화가 심하게 발생되어 OPC 콘크리트가 가장 빠르게 중성화 되는 경향을 나타내었다.

2) 해양환경하에서 OPC 콘크리트는 해수작용에 의한 건습의 반복 및 동결융해의 작용에 대하여는 매우 불리할 것으로 평가되므로 적절한 결합재의 혼합구성에 의해 배합설계를 구축해야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 竹田宣典, 十河茂幸: 凍害と塩害の複合劣化作用がコンクリートの耐久性に及ぼす影響, 콘크리트工学年次論文集, Vol.23, No.2, pp.427~432, 2001.
2. 김규용, 박주헌, 김규동, 이승훈: 해수동결융해작용에 의한 콘크리트표면 열화에 관한 연구, 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 제 15권 2호, pp.54~57, 2003년 11월