

염화물 함유에 의한 콘크리트의 내동해성 및 표면열화에 관한 연구

A Study on the Scaling Deterioration and Resistance to Freezing of Concrete by Containing Chlorides

박 주현^{*}
Park, Joo Houn

김 규용^{**}
Kim, Gyu Yong

김 한준^{**}
Kim, Han Jun

권 영호^{***}
Kwon, Yeong Ho

ABSTRACT

Scaling deterioration and resistance to freezing of port concrete structures due to the combined effects of chemical actions by containing chlorides and the freeze-thaw action is also a problem which has not yet been fundamentally solved. Furthermore, deterioration of concrete surface was considered as accelerate factor of concrete durability tended to decrease.

Therefore, we considered the scaling measuring method and decreasing influence of durability of concrete according to kind of binders, such as OPC, Slag, Slag+Fa, due to freeze and thaw of concrete by containing chlorides. As a results of this study, it was effective method of scaling deterioration and resistance freewing of concrete, and confirmed the salt deterioration resistance effect to use slag binder against to containing chlorides.

1. 서론

해양환경하에서의 철근콘크리트, 프리스트래스콘크리트 부재는 해수중에 포함되어 있는 각종 염류가 조수의 간만과 비말에 의한 건습의 작용 등으로 염화물의 침투가 가속화되어 경과년수에 따라 재료의 열화, 강재의 부식 등 구조내력저하의 가능성이 높다. 또한, 해양콘크리트 구조물은 장기에 걸쳐 해수에 의한 염화물 이온의 침투와 해수의 동결융해 및 건습반복작용 등의 복합열화 작용에 의해 열해와 동해의 복합열화에 의한 내구성 저하가 가속되는 열악한 환경조건에 있다고 할 수 있다. 그러나, 해양환경과 같은 복합열화조건의 열악한 환경에서의 복합열화에 대한 내구성을 평가하는 것은 매우 어려우며, 염분침투확산속도, 동결융해저항성 등 표준적이고 단편적인 평가방법에 의존하고 있다고 할 수 있다. 즉, 해양콘크리트 구조물의 염분침투에 의한 내구성 저하의 일반적 현상에 대하여는 그의 연구실적이 많이 보고되고 있지만, 염화물의 침투와 비말의 건습작용, 동결융해 작용 등과 같은 해수에 의한 콘크리트의 표면열화(Scaling Deterioration)로부터 내구성 저하가 가속화 되는 복합열화 환경요인에 대한 연구 그의 평가방법과 연구의실적이 거의 없는 실정이라고 할 수 있다.

이에 대하여 본 연구에서는 해양환경에서와 같이 염화물의 침투와 비말의 건습작용, 동결융해 작용등과 같이 복합환경하에서 콘크리트의 내구성저하 및 표면열화에 대한 연구의 일환으로 결합재 종류별 콘크리트에 대하여 염화물침투량에 의한 콘크리트의 내동해성과 표면열화성상을 평가한 것이다.

* 정회원, 삼성건설 기술연구소 연구원

** 정회원, 삼성건설 기술연구소 선임연구원

*** 정회원, 삼성건설 기술연구소 전임연구원

**** 정회원, 동양대학교 건축환경디자인학부 교수

2. 연구의 내용 및 방법

본 연구의 내용은 해양콘크리트 구조물의 해양환경조건하에 의한 내구성평가 연구의 일환으로 염화물 침투와 동결융해 작용에 의한 내동해성과 표면열화성상에 미치는 영향을 검토하고자 하였다. 이를 위한 실험요인으로서 결합재를 OPC, Slag, 3성분계(슬래그+플라이애시)로 구성된 콘크리트 시험체에 대하여 각각 염화물을 0.3, 0.6, 1.2kg/m³ 적용하여 내동해성과 표면열화 성상을 평가하였다.

본 연구에서 사용한 재료서는 시멘트는 1종 보통시멘트, 결합재로서는 슬래그와 플라이애시, 골재는 갠자갈로서 비중2.62, 흡수율 0.82, 세척사로서 비중2.58의 것을 사용하였으며, 혼화제는 나프탈렌계의 고성능감수제와 AE제를 사용하였다. 또한, 콘크리트의 동결융해 작용에 의한 내동해성 평가를 위한 시험방법은 KS F 2456(급속동결융해에 대한 콘크리트의 저항성 시험법)에 준하여 실시하고, 각각의 콘크리트에 대하여 염화물을 0.3, 0.6, 1.2kg/m³를 적용하였다. 여기에서 염화물은 염화나트륨(NaCl)분말을 각 콘크리트의 배합시 비빔수에 희석하여 투여한 것이다.

콘크리트의 배합과 성상은 표1에 나타낸 바와 같이, 물결합재비 42에서 결합재의 종류별로 OPC, 슬래그 50%, 슬래그35% 및 플라이애시 15%에 의한 콘크리트 배합을 구성하였다. 각 콘크리트의 초기물성치로서는 슬럼프 18~20cm, 공기량 3.5~5.0%의 범위에서 확보하고, 재령 28일의 압축강도는 결합재의 종류별로 OPC>슬래그>3성분계의 순으로 약간 차이를 보이고 있지만, 430~450kg/cm²로 유사한 수준의 강도 발현수준이다.

표 1 콘크리트의 배합과 성상

배합구분	W/B (%)	s/a (%)	단위수량 (kg/m ³)	단위질량(kg/m ³)						혼화제 (B×%)		슬럼프 (cm)	공기량 (%)	28일 강도 (kg/cm ²)	염화물 (kg/m ³)
				B	C	Fa	S	F·A	C·A	SP	AE				
42OPC	42	45	168	400	400	-	-	784	973	0.70	0.015	19.0	4.7	451	0.3
0.6															
1.2															
42Slag50					200	-	200	780	969	0.50	0.014	20.0	4.2	445	0.3
0.6															
1.2															
42S135Fa15					200	60	140	773	959	0.45	0.014	18.0	3.5	439	0.6
0.6															
1.2															

B:Binder, C:Cement, Fa:Flyash, S:Slag, F·A: Fine Aggregate, C·A: Coarse Aggregate
 SP:High Water Reducing Agent, AE: Air Entrainnig Agent

3. 실험결과

그림1은 일반OPC콘크리트와 염화물이 함유된 OPC콘크리트의 내동해성을 나타낸 것이다. 일반 OPC콘크리트의 경우 300사이클 후 상대동탄성계수가 75%까지 떨어졌으나 염화물이 함유된 OPC콘크리트의 경우 120사이클을 전후 하여 상대동탄성계수가 75% 이하로 떨어 짐을 알 수 있었다.

그림2는 일반OPC콘크리트와 염화물이 함유된 OPC콘크리트의 스케일링량을 나타낸 것이다. 일반 OPC의 경우 스케일링량이 거의 없는 반면 염화물이 함유된 OPC콘크리트의 경우 초기에는 스케일링량이 거의 없었으나 120사이클을 전후 하여 스케일링량이 급격히 증가함을 알 수 있었다.

이는 염화물의 흡수으로인한 콘크리트의 포화도 증가, 공극 속의 과냉각수가 동결할 때 파괴 효과의 증대, 염화물의 농도 물매에 따라 콘크리트가 층마다 동결함으로써 생기는 응력차의 증가 등으로 사료 된다.

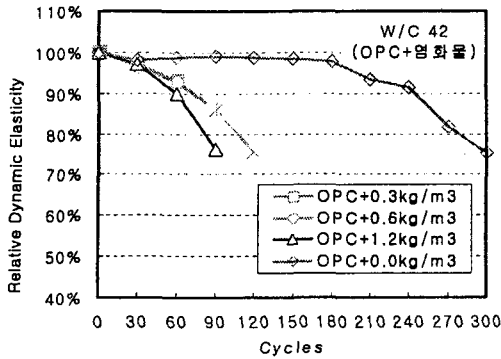


그림 1 염화물+OPC콘크리트의 내동해성

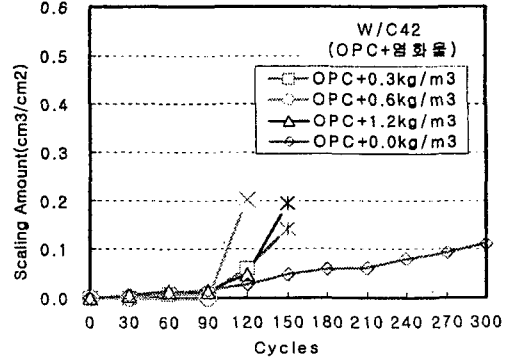


그림 2 염화물+OPC콘크리트의 표면열화

그림3은 각 결합재의 종류에 대하여 상대동탄 성계수의 변화를 나타낸 것이다. 슬래그를 혼입한 콘크리트는 염화물의 작용을 억제하는 효과에 의해 콘크리트에 염화물이 내재되어 있어도 OPC콘크리트의 급격한 열화현상과는 대조적으로 내구성 저하가 거의 나타나지 않았다. 한편, 3성분계 콘크리트의 경우 슬래그 50%치환 콘크리트 보다 내구성저하가 뚜렷하게 나타나지만, OPC콘크리트 보다는 내구성저하의 억제효과가 있는 것으로 평가 된다.

그림4는 각 결합재의 종류에 대하여 스케일링량을 나타낸 것이다. 콘크리트의 결합재에 따른 스케일링량은 염화물이 함유된 콘크리트의 경우도 슬래그<3성분계<OPC의 순으로 나타나, 슬래그와 3성분계 콘크리트가 OPC콘크리트에 비해 상대적으로 스케일링열화 저항성이 크다고 평가된다.

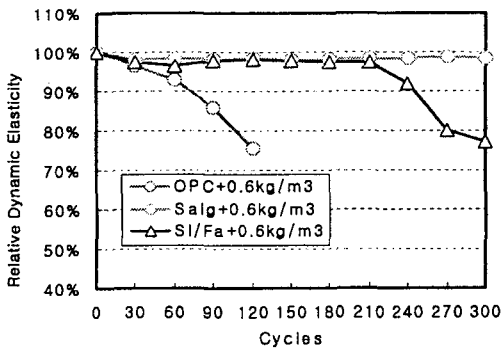


그림 3 결합재 종류에 따른 콘크리트의 내동해성

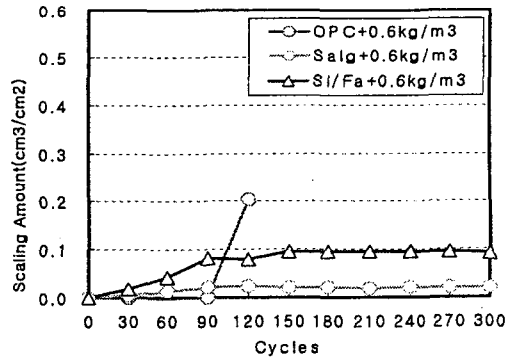


그림 4 결합재 종류에 따른 콘크리트의 표면열화

한편, OPC콘크리트와 3성분계 콘크리트의 경우 상대동탄성계수 값이 급격히 저하 되면서 시험체의 파단이 발생 함을 보였다. 이는 콘크리트 시험체의 내부 조직이 파괴되면서 발생한 것으로 사료되며, 보다 심도 깊은 미세구조에 대한 연구가 필요한 것으로 사료 된다.

표 2에서는 OPC콘크리트와 염화물이 함유된 OPC콘크리트의 스케일링량을 정량적으로 측정할 결과를 단계적으로 분류하였다. 콘크리트의 표면열화 성상은 OPC콘크리트의 경우 모르타부분만 약간의 스케일링이 나타났으나, 염화물이 함유된 OPC콘크리트는 급격한 단면파손 까지 심하게 열화 되었다.

표2 염화물이 내재된 OPC콘크리트의 열화성상

Cycle	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
W/B4.2 OPC 수도수 염화물 0.0kg/m ³											
W/B4.2 OPC 수도수 염화물 1.2kg/m ³							-	-	-	-	-

이와 같이 염화물이 함유된 콘크리트의 경우 급격한 상대동탄성계수의 저하와 함께 표면 열화는 일반적인 모르타르표면Scaling<골재노출<골재과다노출<단면결손<파손의 순서와는 달리 급격한 단면파손을 보이는 것으로 나타났으며, 이는 염화물로 인한 내부 조직의 파괴때로 인한 것으로 사료된다.

4. 결 론

- 1) 콘크리트의 염화물은 철근의 부식을 일으키는 근본적인 원인이 되기도 하지만, 동결융해작용이 적용되는 환경에서는 철근부식에 의한 구조안정성의 저하 뿐만이 아니라 동해저항성의 저하 또한 나타날 수 있음이 확인 되었다.
- 2) 슬래그 치환율 50%의 콘크리트에서는 내동해성과 표면열화 성상에서 거의 동해를 받지 않은 것으로 평가 되었다.
- 3) 동결융해 작용이 적용되지 않는 환경조건이라 할지라도 건습의 반복작용이 일어나는 비말대 등의 환경조건에서도 유사한 내구성저하가 일어날 것으로 사료되며 이에 관한 지속적 연구가 요구된다.

참고문헌

1. 湯淺 昇 外3人: 若材齡から乾燥を受けたコンクリートの耐凍結融解性, 日本建築学会 構造系論文集, 第526号, pp.9~16, 1999年12月
2. 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.
3. 김규용, 박주현, 김규동, 이승훈: 해수동결융해작용에 의한 콘크리트표면 열화에 관한 연구, 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 제 15권 2호, pp.54~57, 2003년 11월