

반전지-전위 측정방법을 활용한 슬래그 콘크리트의 철근 부식 저항성능 평가

Evaluation of Steel Corrosion of Slag Concrete by Half-cell Potential Method

이 보 경* 김 규 용** 김 래 환*** 윤 민 호* 이 영 욱*** 최 경 철*

Lee, Bo-Kyeong Kim, Gyu-Yong Kim, Rae-Hwan Yoon, Min-Ho Lee, Young-Wook Choe, Gyeong-Cheol

Abstract

There is high probability of steel corrosion on the reinforced concrete exposed to marine environment by penetration of chloride ion. When making concrete structure with slag as admixture in marine environment, salt damage can be prevented. Therefore, this paper presents experimental results of steel corrosion resistance of slag concrete considering marine environment through half-cell potential method which is one of the nondestructive test. As a result of half-cell potential experiment, it was assumed that every specimen exposed to marine environment was not corroded, and as a result of destroying specimens, it was confirmed that there was no corrosion in specimens.

키 워 드 : 슬래그 콘크리트, 염화물 확산계수, 반전지-전위, 철근 부식

Keywords : slag concrete, chloride diffusion coefficient, half-cell potential, steel corrosion

1. 서 론

철근 콘크리트 구조물에서 콘크리트는 강한 알칼리성이기 때문에 내부 철근이 부식되는 것을 방지하는 것으로 알려져 있으나 알칼리성이 저하되고 콘크리트 중에 각종 유해성분이 혼입되면 철근은 활성 상태로 되어 쉽게 부식 된다.¹⁾ 특히 해양환경에 노출된 철근 콘크리트 구조물은 염화물 이온의 침투에 의해 철근 부식이 발생할 가능성이 높다.

한편, 해양환경에 노출된 콘크리트는 슬래그를 결합재로 활용할 경우 콘크리트에 침투되는 염화물 이온을 고착화하여 염해 저항성이 향상되고 슬래그 치환율을 70~80%까지 활용할 경우 그 효과를 극대화 시킬 수 있다고 보고되고 있지만 실무에서는 재령 초기 압축강도 저하의 이유로 활용성이 낮은 실정이다. 이에 본 연구에서는 슬래그 치환율에 따른 콘크리트의 철근 부식 저항성능을 검토하고자 하였으며, 해양환경에 노출된 콘크리트에 슬래그 활용성을 높이는 데 그 목적이 있다.

2. 실험계획 및 방법

표 1은 본 연구의 실험계획 및 콘크리트 배합을 나타낸 것이다. 슬래그 치환율에 따른 콘크리트의 철근 부식 저항성능을 검토하기 위해 W/B 및 단위결합재량을 조절하여 설계기준강도를 24MPa로 동일하게 설정하였다. 평가항목으로써, 슬래그 치환율에 따른 콘크리트의 염화물 침투 저항성을 검토하기 위해 염화물 확산계수를 측정하고, 실제 해양환경에 폭로 시험 후 반전지-전위 측정방법으로 철근 부식 여부를 평가하였으며, 시험체를 직접 파괴하여 철근의 부식 여부를 확인하였다.

표 1. 실험계획 및 콘크리트 배합

시험체 ¹⁾	슬래그 치환율 (%)	f _{ck} (MPa)	목표 슬럼프 (mm)	목표 공기량 (%)	W/B (%)	S/a (%)	단위량 (kg/m ³)						평가항목	
							W	C	GGBS ²⁾	PS ³⁾	AG ⁴⁾	S		G
CC100	-	24	180 ± 30	4.0 ± 1.0	60	49	202	337	-	-	-	816	880	<ul style="list-style-type: none"> ■ 슬럼프 (mm) ■ 공기량 (%) ■ 압축강도 (MPa) ■ 염화물 확산계수 (10⁻¹²m²/sec) ■ 반전지-전위(mV CSE)
SC40	40				60	49	202	202	128	7	-	812	874	
SC70	70				53	49	179	101	225	11	-	838	902	
SC100	100				45	49	180	-	312	60	28	804	866	

1) CC: cement concrete, SC: slag concrete 2) GGBS: ground granulated blast-furnace slag, 3) PS: pig iron preliminary treatment slag, 4) AG: anhydrous gypsum

* 충남대학교 건축공학과 박사과정

** 충남대학교 건축공학과 부교수, 공학박사, 교신저자(gyuyongkim@cnu.ac.kr)

*** 충남대학교 건축공학과 석사과정

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 압축강도 측정결과를 나타낸 것으로, 재령 28일의 압축강도는 CC100, SC40, SC70, SC100 시험체 각각 27.29, 25.96, 24.01, 21.15MPa로 측정되어 설계기준강도 대비 0.88~1.14배의 강도발현 나타내었다.

그림 2는 염화물 확산계수와 슬래그 치환율과의 상관관계를 나타낸 것이다. 슬래그의 혼입과 치환율 증가에 따라 수중 양생한 콘크리트 시험체의 염화물 확산계수가 현저하게 낮아졌으며, 특히 SC100 시험체에서 염화물 확산계수는 보통포틀랜드시멘트 콘크리트에 비해 약 3% 수준으로 고로슬래그 미분말 경화체만으로도 염화물이온 확산 억제 효과가 명확히 확인되었다. 다만, 재령이 지남에 따른 염화물 확산계수의 차이는 크지 않았다.

그림 3은 재령 365일에서 시멘트 콘크리트 대비 슬래그 콘크리트의 염화물 침투깊이 비를 나타낸 것이다. 수중 양생한 시험체를 NT-BUILD 492 방법에 의해 침투된 염화물 깊이를 측정된 결과에 비해 해양 침지대 조건에 노출된 시험체의 경우 SC40 시험체가 해양환경의 복합적인 열화작용에 의해 염화물 침투 저항성능이 저하되었으나, 전체적으로 슬래그 치환율이 증가할수록 침투 깊이가 감소하는 경향은 유사하게 나타났다.

그림 4는 해양환경에 침지된 시험체의 반전지-전위 값 측정결과를 나타낸 것이다. 재령에 관계없이 SC70 시험체는 철근 부식이 발생하지 않고, SC100 시험체는 철근 부식이 명확하지 않은 것으로 반전지-전위 값이 측정되었으며, 이를 바탕으로 시험체 내부 철근의 부식 여부를 판단하기 위해 시험체를 직접 파괴하여 부식 여부를 확인하였다. 그 결과, 그림 5에 나타난 바와 같이 모든 시험체에서 철근의 부식이 발생하지 않았다.

4. 결 론

슬래그 치환율 증가에 따라 염화물 이온 침투 깊이가 현저히 저감되며 특히 슬래그 100% 경화체의 경우 압축강도가 유사한 범위에서는 염화물 침투 저항성능이 크게 개선되는 것을 확인하였다. 해양환경에 노출된 슬래그 콘크리트의 철근 부식 여부를 반전지-전위 측정방법을 활용하여 검토한 결과 부식이 발생하지 않거나 명확하지 않은 범위의 전위 값으로 측정되었으며, 장기적인 데이터 확보를 통해 염화물 확산계수 시험결과와의 관계성을 검토할 필요가 있을 것으로 사료된다.

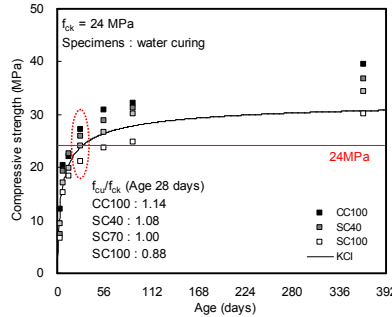


그림 1. 압축강도 측정결과

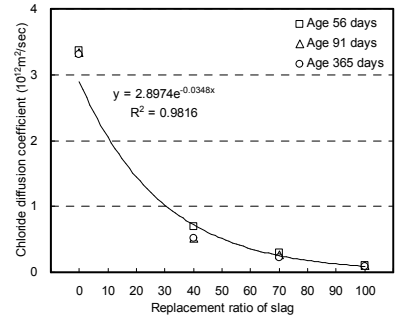


그림 2. 염화물 확산계수와 슬래그 치환율과의 관계

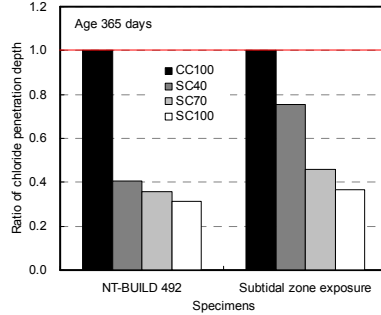


그림 3. 시멘트 콘크리트 대비 슬래그 콘크리트의 염화물 침투깊이 비

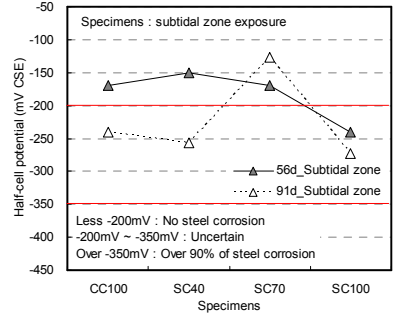


그림 4. 반전지 전위 측정결과

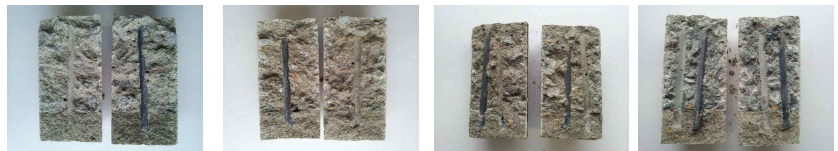


그림 5. 해양환경에 노출된 시험체의 철근 부식 평가

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업(2012H1B8A2025606)으로 수행된 연구결과임. 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. Omar Saeed Baghabra Al-Amoudi and Mohammed Maslehuddin, The Effect of Chloride and Sulfate ions on Reinforcement Corrosion, Cement and Concrete Research, Vol.23, No.1, pp.139~146, 1993,1