

슬래그 콘크리트의 미세 공극구조 변화에 따른 해수 동결융해 저항성능 평가

Evaluation of Freezing-thawing Resistance by Sea water with Variation of micropores of slag concrete

송 권 용*

김 규 용**

이 보 경***

김 래 환*

김 흥 섭***

한 상 휴*

Song, Gwon-Yong Kim, Gyu-Yong Lee, Bo-Kyeong Kim, Rae-Hwan Kim, Hong-Seop Han, Sang-Hyu

Abstract

In the case of concrete structures which have been recently exposed to the marine environment, durability is greatly reduced by the freezing-thawing action. When it is used by appropriately replacing the ground granulated blast-furnace slag(GGBS) that is a industrial by-product, the concrete structure of marine environment is known to have a durability to freezing-thawing resistance. In this experiment, micropore in accordance with a replacement ratio of GGBS was confirmed to show different results respectively. The freeze-thaw resistance was showed different aspects respectively because it is different the amount of water in the pore due to the difference of micropore. Therefore, in this study, the freezing-thawing resistance of sea water by variation of micropores of slag concrete had been evaluated.

키 워 드 : 슬래그 콘크리트, 공극구조, 해수, 동결융해

Keywords : slag concrete, micropore, sea water, freezing-thawing

1. 서 론

해양환경에 노출되어 있는 콘크리트 구조물은 동결융해 반복작용으로 인하여 내구성이 크게 저하된다. 이러한 환경에서의 콘크리트 구조물은 산업부산물인 슬래그를 적정치환하여 사용할 경우 동결융해 저항에 대한 내구성을 확보할 수 있다.¹⁾ 이는 고로슬래그 치환율에 따라 콘크리트 내부의 공극구조가 변화하게 되어 동결융해 반복작용에 의한 내구성이 향상되는 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 슬래그 치환율을 변수로 하여 슬래그 콘크리트의 미세 공극구조 변화에 따른 해수 동결융해 저항성능을 검토하였다.

2. 실험계획

표 1은 실험계획 및 콘크리트 배합을 나타낸 것으로 보통포틀랜드시멘트 콘크리트와, 슬래그를 40, 70% 치환한 콘크리트, 그리고 슬래그 100% 콘크리트를 제조하였다. 또한 동결융해 저항성능은 일반적으로 연행공기량과 압축강도에 따른 영향이 크지만 본 연구에서는 유사한 연행 공기 및 압축강도 조건으로 실험을 계획하여 슬래그 치환율에 따른 미세 공극구조 변화가 해수 동결융해 저항성능을 평가하고자 하였다.

표 1. 실험계획 및 콘크리트 배합

시험체	f _{ck}	Slump (mm)	Air (%)	W/B (%)	S/a (%)	단위 중량(kg/m ³)						평가항목	
						W	C	GGBS ¹⁾	PS ²⁾	AG ³⁾	S		G
C100	24	180 ± 30	4.0 ± 1.0	60	49	202	337	0.00	-	-	816.4	879.6	<ul style="list-style-type: none"> • 압축강도 (MPa) • 상대동탄성계수 (%) • 질량감소율 (%) • 공극률 (%)
GGBS40				60		202	202	128	7	-	811.5	874.4	
GGBS70				53		179	101	225	11	-	837.5	902.4	
GGBS100				45		180	-	312	60	28	803.6	865.8	

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

* 충남대학교 건축공학과 석사과정

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

*** 충남대학교 건축공학과 박사과정

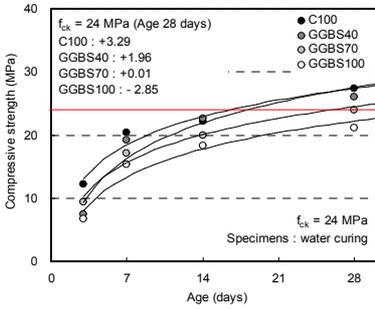


그림 1. 압축강도 측정결과

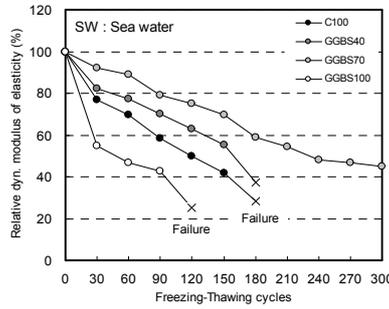


그림 2. 상대동탄성계수 측정결과

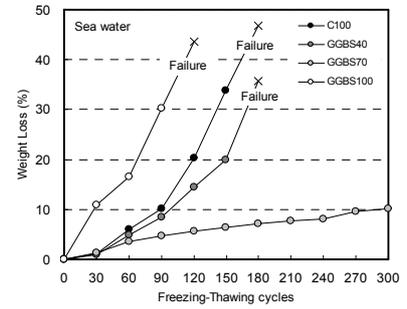
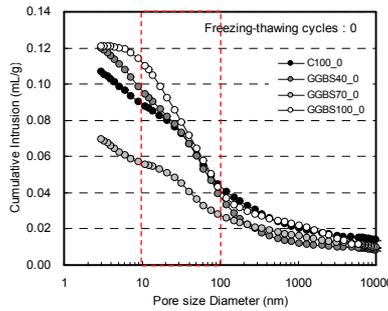
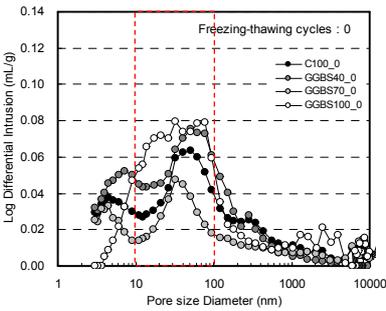


그림 3. 질량감소율



(a) Log Differential Intrusion

(b) Cumulative Intrusion

그림 4. 공극률 측정결과

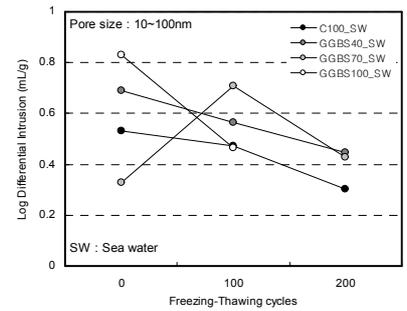


그림 5. 10~100nm 크기의 공극량

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 압축강도 측정결과를 나타낸 것이다. 슬래그 치환율이 증가함에 따라 재령 28일에서의 압축강도가 각각 27.29, 25.96, 24.01, 21.15MPa로 측정되었으며, 설계기준강도 24MPa와 유사한 압축강도 범위를 나타냈다. 그림 2는 동결수 해수조건에서의 동결융해 작용에 의한 상대동탄성계수 측정결과를 나타낸 것으로, GGBS70 시험체가 가장 높은 상대동탄성계수를 나타냈으며 우수한 동결융해 저항성능을 나타냈다. GGBS100 시험체는 30사이클에서 상대동탄성계수가 60%미만으로 측정되어 동결융해 저항성능이 가장 취약한 것으로 나타났다. 그림 3은 동결융해 작용에 의한 동결수 해수조건에서의 질량감소율을 나타낸 것으로 동결융해 작용이 진행될수록 질량감소율이 증가하는 것을 확인할 수 있으며 GGBS70 시험체는 가장 작은 질량감소율을 나타냈다. 그림 4는 동결융해를 받지 않은 각 시험체의 공극률 측정결과를 나타낸 것이다. 슬래그의 치환율에 따라 10~100nm 사이의 미세공극 분포가 서로 다르게 나타난 것을 확인할 수 있다. 또한 GGBS70 시험체는 10~100nm 크기의 공극량이 가장 적게 나타났으나 GGBS100 시험체의 공극량은 가장 크게 나타난 것을 확인하였다. 그림 5는 10~100nm 크기의 공극량을 나타낸 것으로 GGBS70 시험체는 0사이클에서 공극량이 가장 적고 최대한 팽창할 수 있는 공극량이 많아 100사이클까지 증가하였다가 공극의 파괴로 인하여 200사이클에서 감소하였다. 반면에 GGBS100시험체는 0사이클에서 가장 많은 공극량을 나타냈으며 공극의 파괴에 의해 100사이클까지 가장 급격하게 공극량이 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

슬래그의 치환율에 따라 미세공극분포가 서로 다르게 나타난 것을 확인했으며, GGBS100 시험체는 10~100nm 크기의 공극량이 가장 많아 물의 동결 팽창압에 가장 크기 때문에 동결융해 저항성능이 가장 취약한 것으로 판단된다.

감사의 글

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

참 고 문 헌

1. Tehmina Ayub, Durability of Concrete with Different Mineral Admixtures: A Review, International Journal of Civil, Vol.7 No.8, 2013