

고로슬래그를 이용한 고강도콘크리트의

내동해성에 관한 실험적연구

An Experimental Study on the Frost Resistance of High-Strength Concrete using Blast-Furnace Slag

○ 박선규* 유재강* 강석표* 권영진** 김무한***
Park, Sun-Gyu Yoo, Jae-Kang Kang, Suk-Puo Kwon, Young-Jin Kim, Moo-Han

ABSTRACT

With increasing content of granulated blast furnace slag in cement, the content of capillary pores in the mortar matrix decreases and later age strength of the concrete. Therefore, this provides greater reserves with respect to concrete durability.

This experimental study is carried out to estimate frost resistance of high-strength concrete specimens with water cement ratios using blast-furnace slag.

Result are following,

1. Blast furnace concrete is comparatively more good frost resistance than normal concrete.
2. As the blast furnace slag increases, the quantity of pores with a radius of more than 30nanometer decreases.

1. 서론

산업부산물인 고로슬래그를 미세하게 분쇄시킨 고로슬래그미분말을 고강도콘크리트 분야에서 활용하는 연구가 콘크리트 시공의 합리화, 콘크리트 구조물의 내구성향상, 에너지 절약화라는 견지에서 주목받고 있다.¹⁾

물시멘트비가 매우 낮은 고강도콘크리트의 경우 동결온도범위에서 수분이 미동결인체로 남게되어 공기를 연행시키지 않은 콘크리트에 있어서도 동해발생 가능성은 적으며, 기존 연구에서도 공기를 연행시키지 않은 고강도콘크리트는 표준적인 동결융해시험에서 우수한 내동해성을 나타내었다.²⁾

그러나 고강도콘크리트를 2년간 옥외폭로 후에 동결융해시험을 행한 결과 내동해성이 매우 취약한 것으로 나타나고 있어, 실제 구조체에서는 일사, 건조 등의 작용을 받기 때문에 고강도콘크리트가 표준양생의 조건에서 내동해성이 우수하더라도 공기의 연행이 필요하다고 보고되어 있다.³⁾

따라서 본 연구는 고로슬래그미분말을 사용한 고강도콘크리트의 동결융해시험 및 기포조직 분석을

* 정희원, 충남대학교 건축공학과 대학원

** 정희원, 쌍용안전기술사업단 진단보수부, 부장·공박

*** 정희원, 충남대학교 건축공학과 교수·공박

통하여 고로슬래그미분말을 사용한 고강도콘크리트의 내동해성을 검토하고자 한 것이다.

2. 실험계획 및 방법

표 1 실험계획

물결합재비	목표 공기량(%)	고로슬래그 혼입율(%)	양생방법	시험항목
0.28 0.35 0.55	4.0 ± 1.0	0 40 60	수중	· 슬럼프 · 공기량 · 압축강도시험 · 동결융해시험 · 기포특성 측정

2.1 실험계획 및 콘크리트 배합

본 실험의 실험계획은 표 1에서 보는 바와 같이 물결합재비를 0.28, 0.35, 0.55로 하였으며, 고로슬래그 혼입율을 0, 40, 60의 3수준으로하여 굳지않은 콘크리트에서 슬

럼프, 공기량 시험을 하였다.

또한 경화콘크리트에서는 재령 28일의 압축강도를 측정하였고, 내동해성 시험을 위하여 동탄성계수와 질량변화 및 기포간극계수를 측정하였다.

콘크리트 배합은 소정의 공기량이 되도록 수 차례 예비 실험을 통하여 표 2와 같이 결정하였다. 또한, 고로슬래그 혼입한 콘크리트의 경우에는 고성능AE감수제의 첨가율을 고로슬래그 무혼입 콘크리트와 동일하게 하고, AE제를 첨가하여 조절하였다.

표 2 콘크리트의 배합

물결합재비	고로슬래그 혼입율(%)	목표 공기량(%)	잔골재율(%)	단위수량(kg/m ³)	고성능 AE 감수제(%)	단위중량(kg/m ³)			
						시멘트	고로슬래그	잔골재	굵은골재
0.28	0	4.0 ± 1.0	41.5	172	1.8	615	0	665	934
						368	246	659	923
						246	368	654	918
0.35	40	4.0 ± 1.0	44.7	172	1.0	492	0	764	939
						295	197	758	931
						197	295	756	926
0.55	60	4.0 ± 1.0	48.7	172	0.5	313	0	906	947
						188	125	903	942
						125	188	900	939

표 3 사용재료

사용재료	종 류
시멘트	보통포틀랜드시멘트 비중 : 3.17, 분말도 : 3230cm ² /g
고로슬래그	비중 : 2.91, 분말도 : 6180cm ² /g
잔골재	비중 : 2.69, FM : 2.38, 흡수율 : 1.45%
굵은골재	비중 : 2.66, FM : 6.68, 흡수율 : 1.99%
혼화제	폴리카르본산계 고성능AE감수제

2.2 사용재료 및 비빔방법

본 연구에 사용한 사용재료의 물리적 성질은 표 3에 나타내었다.

비빔방법은 강제식 팬타입믹서를 이용하여 모래 1/2 + 시멘트 및 고로슬래그 + 모래 1/2(30초) → 물 + 혼화제(1분 30초) → 자갈(4분)으로 총 비빔시간은 6분이 소요되었다.

2.3 실험 방법

굳지않은 콘크리트의 슬럼프 시험, 공기량 시험 및 압축강도 시험은 각 규준에 의하여 실시하였고, 시험체를 2주 표준양생 후 각 사이클 별 동결융해시험은 ASTM C 666에 준하여 실시하였다. 또한, 내동해성 지표로서 상대동탄성계수에 의한 내구성지수와 시험체의 중량감소율을 측정하였으며, 경화콘크리트의 기포조직은 ASTM C 457-71에 준하여 Liner Traverse법으로 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

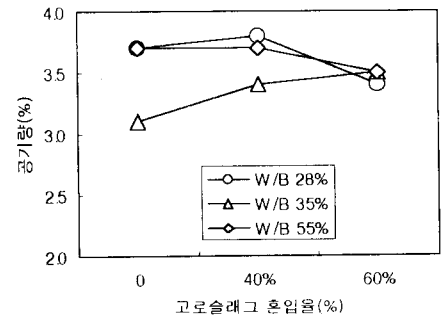


그림 1. 고로슬래그 혼입율에 따른 공기량의 변화

3.1 슬럼프 및 공기량

그림 1은 고로슬래그 혼입율에 따른 물결합재비별 공기량의 변화를 나타낸 것으로 3~4%의 수준으로 목표공기량을 만족하는 것을 알 수 있다. 또한, 고로슬래그 혼입율에 따른 슬럼프는 18cm 내외의 값을 갖는 것으로 나타났다.

3.2 압축강도

그림 2는 재령 4주에서의 고로슬래그 혼입율에 따른 물결합재비별 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 고로슬래그 혼입율이 증가함에 따라 압축강도는 다소 저하되는 것을 알 수 있다. 또한, 물결합재비 28%인 경우 4주 압축강도가 741~888kgf/cm², 물결합재비 35%에서는 4주 압축강도가 490~566kgf/cm²의 고강도 수준을 나타내고 있었으며, 물결합재비 0.55의 경우는 262~328kgf/cm²의 수준으로 나타났다.

3.3 질량감소율 및 내구성 지수

그림 3은 물결합재비별 고로슬래그 혼입율에 따른 질량감소율의 변화를 나타낸 것이다. 그림 3에서 알 수 있듯이 물결합재비에 따른 중량감소율의 차이가 크게 나타나고 있음을 알 수 있었으며, 모든 물결합재비에서 고로슬래그 미분말 혼입한 경우가 혼입하지 않은 경우보다 중량감소율이 작은 것으로 나타났다. 이는 동결융해시험 중에도 고로슬래그 미분말의 수화가 진행됨으로서 콘크리트의 성능이 향상되었기 때문으로 사료된다.

그림 4는 동결융해 300cycle시험 후의 고로슬래그 혼입율별 각 물결합재비의 내구성 지수를 나타낸 것이다. 그림 4에서 알 수 있는 바와 같이 물결합재비 28%와 35%의 경우는 우수한 내구성 지수를 나타내고 있다. 그러나, 물결합재비 55%에서 고로슬래그를 혼입하지 않은 경우에는 내구성 지수가 떨어지는 것으로 나타났으며 고로슬래그를 혼입한 경우에는 내구성 지수가 우수한 것을 알 수 있다.

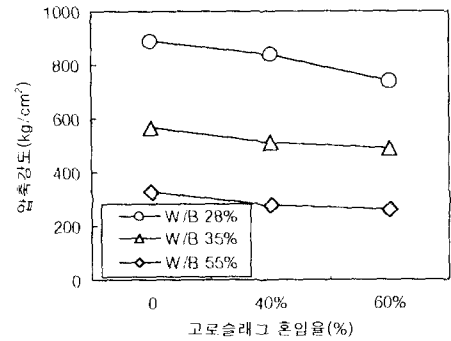


그림 2. 물결합재비별 고로슬래그 혼입율에 따른 압축강도의 변화(4주)

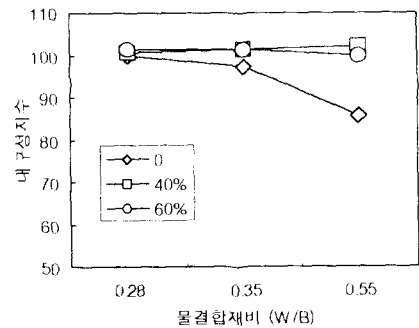


그림 4 고로슬래그 혼입율에 따른 물결합재비별 내구성지수의 변화

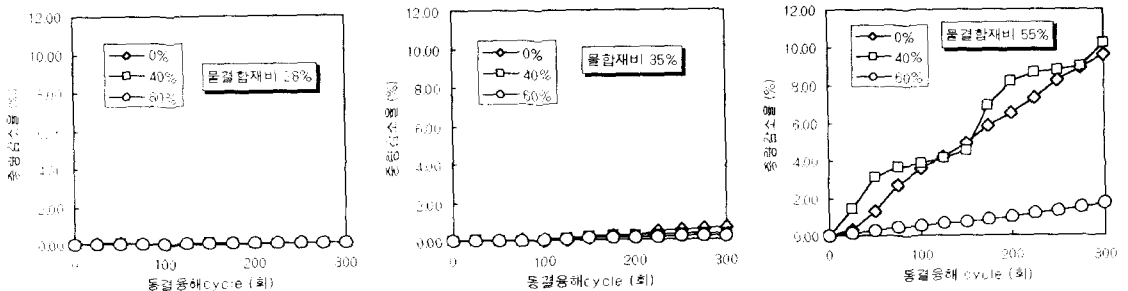


그림 3. 물결합재비별 고로슬래그 혼입율에 따른 질량감소율

3.4 콘크리트의 기포와 세공조직

그림 4에 고로슬래그미분말 치환율별 기포직경의 분포변화를 나타내었다. 고로슬래그미분말을 사용한 물결합재비 28%에서는 기포직경 0.03mm~0.1mm 범위의 기포가 고로슬래그미분말 무혼입 콘크리트에 비하여 증가하는 경향을 나타내고 있다. 또한, 물결합재비 55%의 경우 고로슬래그미분말 치환율 40%에 있어서 기포직경 0.1mm이하의 기포비율이 고로슬래그미분말 무혼입 콘크리트 보다 작게 나타나고 있어 기포직경 분포에 미치는 고로슬래그미분말의 영향은 물결합재비에 따라서 다르게 나타나고 있음을 알 수 있다. 즉 고로슬래그미분말을 혼입한 콘크리트에서는 물결합재비가 낮아질수록, 단위결합재량이 증가할수록 동일 수준의 공기량의 경우 고로슬래그미분말 무혼입 콘크리트보다 작은 직경의 기포가 증대하고 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

고로슬래그미분말을 혼입한 고강도콘크리트의 내동해성에 관한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 고로슬래그미분말의 혼입은 고강도콘크리트의 내동해성을 향상시킬 수 있는 것으로 나타났으며, 혼입율이 증가할수록 그 효과는 현저하였다.
- 2) 고로슬래그미분말을 혼입한 콘크리트의 기포조직은 물결합재비에 따라 다르게 나타나고 있으며, 특히 0.03~0.1mm정도의 미세한 기포의 비율을 증가시키는 경향을 나타내고 있어 콘크리트의 내동해성을 향상시키는 것으로 나타났다.

<參考文獻>

- 1) 加藤ら、高強度コンクリート用混和剤に関する研究、日本建築学会講演梗概集、1991、pp.753~754
- 2) 島崎ら、高炉スラグを用いた高強度コンクリートの諸性質について、コンクリート工学年次論文報告集 Vol.13, No.1, 1991, pp.275~280
- 3) M.Nili 桂, 浜, 鎌田, 高強度コンクリートの凍害に及ぼす養生条件の影響, 日本コンクリート工学協会・自然環境とコンクリートの性質に関するシンポジウム論文集,1993, pp 73~76
- 4) 鎌田英治, 콘크리트의 동해, 철근 콘크리트 구조물의 내구성 향상에 관한 심포지엄 논문집. 대한 건축학회, 1995,
- 5) 콘크리트構造物の耐久性シリーズ 凍害, 技報堂出版 1988

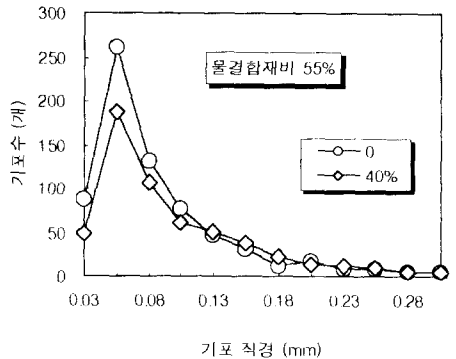
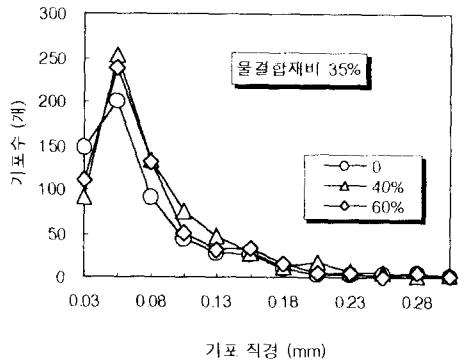
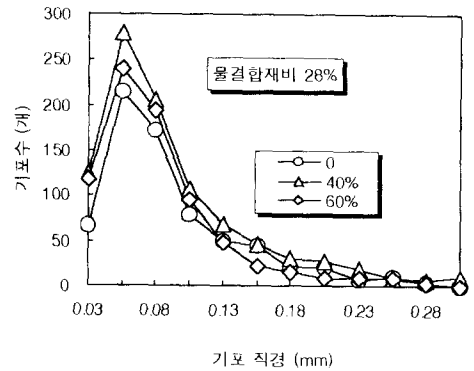


그림 4. 고로슬래그 혼입율별 물결합재비에 따른 기포 직경의 변화