

고황산염 시멘트를 활용한 저탄소 친환경 콘크리트 개발

Development of low-carbon eco-friendly concrete using super-sulfated cement

기전도¹ · 이상현² · 김영선^{3*} · 전현수⁴ · 석원균⁵ · 양완희⁶

Ki, Jun-Do¹ · Lee, Sang-Hyun² · Kim, Young-Sun³ · Jeon, Hyun-Soo⁴ · Seok, Won-Kyun⁵ · Yang, Wan-Hee⁶

Abstract : Eco-friendly concrete contains only 5% of cement yet achieves equal or greater strength compared to conventional concrete, reducing salt-attack impact and hydration heat by more than 30% and ensuring higher construction quality for underground structures. Furthermore, eco-friendly concrete can reduce up to 90% of carbon dioxide emissions compared to traditional concrete, enabling a reduction of approximately 6,000 tons of carbon emissions for 1,000 of apartment units construction. This is equivalent to planting around 42,000 trees

키워드 : 고황산염 시멘트, 탄소저감, 친환경 콘크리트

Keywords : super-sulfated cement, carbon dioxide reduction, Eco-friendly concrete

1. 서론

시멘트 생산 중 배출되는 이산화탄소의 양은 철강산업에 이어 두 번째로 많이 발생하고 있다. 우리나라는 이산화탄소의 배출량 증가율이 중국에 이어 세계에서 2번째로 높으며, 최근에는 미국, 유럽 등을 중심으로 환경 문제가 이슈화되어 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하지 않는 콘크리트가 개발되고 있으며, 국내에서도 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하지 않는 기술개발이 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 기존의 보통 포틀랜드시멘트(Ordinary Portland Cement)를 사용하지 않고 SSC(Super Sulfated Cement)를 사용하여 온실가스(CO₂) 배출이 거의 없고 에너지 소모가 적으며, 지하 환경 및 대형 구조물에서 필요한 내구성을 갖춘 매스콘크리트용 저탄소 친환경 콘크리트 기술 개발과 이에 따른 성능을 검증하고자 하였다.

2. 실험계획

2.1 실험계획

실험은 개발 제품과의 비교평가를 위해 OPC 100%를 사용한 배합과 국내에서 기초매스부재에 많이 사용되고 있는 (OPC50%, BF_s 30%, FA20%) 배합을 계획하였다. 시험은 압축강도, 수화열, 길이변화, 염소이온 침투저항성 평가 등으로 시험을 실시하였다.

2.2 콘크리트 배합

본 연구의 비교실험을 위한 콘크리트 배합은 표 1과 같다.

표 1. 콘크리트 배합

| 기호 | W/B ¹⁾ (%) | S/a ²⁾ (%) | 단위수량 (kg/m ³) | 단위중량 (kg/m ³) | | | | | | 고성능 감수제 (B×%) |
|----------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------|------------|--------------|-----------|-----------------|-----------------|---------------------|
| | | | | 1종보통포틀 랜드시멘트 | 친환경시멘 트 | 고로슬래그 미분말 | 플라이 애시 | S ³⁾ | G ⁴⁾ | |
| OPC100% | 45.0 | 49.0 | 162 | 360 | - | 52 | 52 | 860 | 899 | 0.8 |
| 50:30:20 | | | | 180 | - | 108 | 72 | 842 | 878 | 0.8 |
| 저탄소 | | | | - | 360 | - | - | 850 | 889 | 0.8 |

1) W/B : 물결합재비, 2) S/a : 잔골재율, 3) S : 부순잔골재, 4) G : 굵은골재

1) 롯데건설(주) 기술연구원, 책임연구원

2) 롯데건설(주) 기술연구원, 책임연구원, 공학박사

3) 롯데건설(주) 기술연구원, 수석연구원, 공학박사, 교신저자(youngsun.kim@lotte.net)

4) 롯데건설(주) 기술연구원, 건축기술연구팀, 팀장

5) 롯데건설(주) 기술연구원, 원장

6) 위드엠텍(주), 기술연구소, 소장

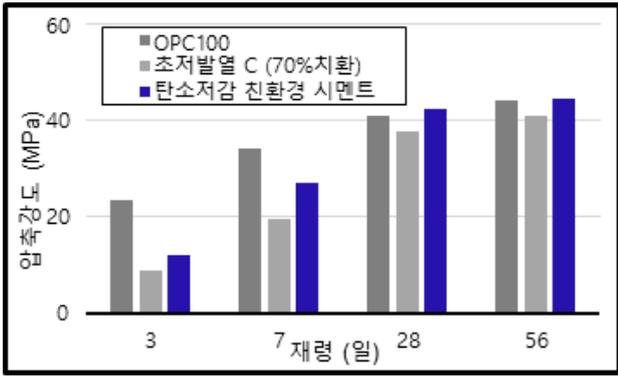


그림 1. 압축강도 시험결과

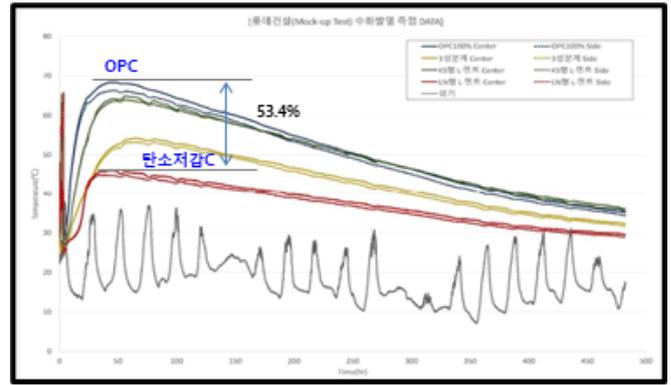


그림 2. 수화열시험결과

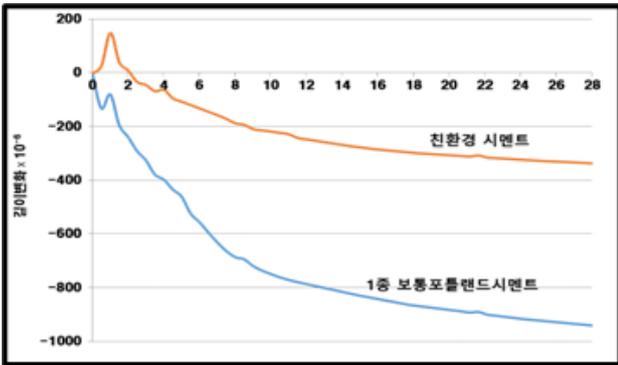


그림 3. 길이변화율 시험결과

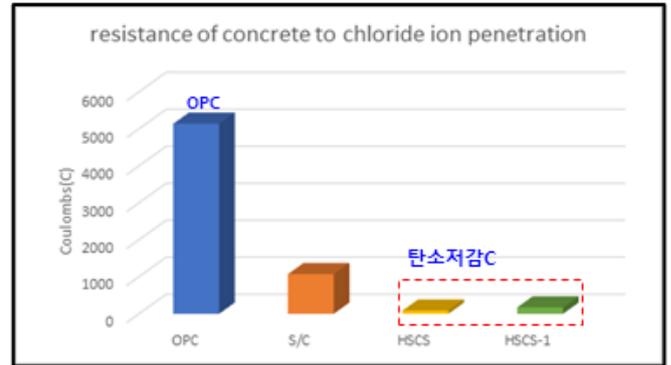


그림 4. 염소이온 침투저항성 시험결과

3. 결론

압축강도 시험결과는 그림 1에 나타났다. OPC100% 배합과 비교하여 초기재령에서는 압축강도가 낮게 나오지만 28일 이후 장기 재령에서는 OPC100% 배합과 동등이상의 강도발현을 하였다. 5:3:2저발열 배합과 비교 시 초기재령에서 장기재령까지 모두 높은 강도를 발현하였다. 수화열 시험 결과는 그림 2와 같으며 OPC배합 대비 약 50%, 5:3:2저발열 배합 약 20% 이상의 수화열을 저감할수 있는 것으로 나타났다. 길이변화시험은 OPC와 친환경 시멘트 두가지지를 비교하였으며 결과는 그림 3과 같다.

지중구조물에 필요한 내구성을 평가하기 위해 염소이온 침투저항성 시험을 실시하였으며 결과는 그림 4와 같다. ASTM C 1202(Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration)는 통과 전하량에 따른 콘크리트의 염소이온의 침투성을 구분하여 제시하고 있는데, 포틀랜드 시멘트가 6,000 ~ 8,000 Coulombs, 비해 SSC (Super Sulfated Cement)는 500 Coulombs 내외의 결과를 나타내므로 매우 우수한 수준의 염소이온 침투 저항성능을 보유하고 있다고 할 수 있다. 친환경 콘크리트는 기존 콘크리트 대비 90%의 이산화탄소 저감이 가능해 아파트 시공 시 천세대 기준 약 6,000톤의 내재탄소 저감이 가능하며, 나무 약4.2만 그루를 심는 효과가 있다.

감사의 글

본 논문은 2023년 산업통상자원부 한국산업기술평가관리원 이산화탄소반응경화시멘트 제조기술사업(과제번호:00155662)의 일항으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. ASTM C 1202. Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration.
2. 김영선. 초황산화 시멘트를 사용한 콘크리트의 수화열 평가를 위한 실험적연구. 한국콘크리트학회논문집. 2023. 제35권 1호. p. 457-458.