

원전 시설용 콘크리트의 압축강도 및 건조밀도 특성 평가

Evaluation for Mechanical Properties of Compress Strength and Dry Density of Concrete at NPP

이 영 대* 김 규 용**** 신 경 수*** 남 정 수*** 이 태 규*** 최 경 철**
 Lee, Young-Dae Kim, Gyu-Yong Shin, Kyoung-Su Nam, Jeong-Soo Lee, Tae-Gyu Choe, Gyeong-Choel

Abstract

The facilities producing the nuclear energy chosen for resolving the recent global energy problem have been increasingly constructed, and hence more frequent durability tests on radiation shielding concrete are required due to NPP(Nuclear Power Plant) life extension and increase of radioactive waste repositories. Bulk dry density is one of the critical factors ensuring the durability and performance of the radiation shielding concrete because the design of the radiation shielding reinforced concrete structures for NPPs is based on the bulk dry density of the concrete. Bulk density of unconsolidated shielding concrete can be calculated utilizing a test assuring to satisfy the bulk dry density, or existing credible data set. This study evaluated correlation between bulk density and bulk dry density of the concrete used for Korean NPPs ($y=1.0913X-0.2458$) and developed a correlation expression considering standard deviation of bulk dry density ($y=1.0913X-0.3358$).

키 워 드 : 원자력 발전소, 재료계량질량, 단위용적질량, 건조단위용적질량
 Keywords : nuclear power plant, material density, fresh bulk density, dry bulk density

1. 서 론

우리나라의 원자력발전소는 1978년 4월 29일 고리 1호기의 상업운전을 시작으로 운전 중인 원전 수는 꾸준히 증가하였다. 2005년 4월 기준으로 20기의 원자력 발전소가 가동중이며, 우리나라 전체 발전량의 40%를 원자력이 담당하고 있다. 원자력 발전소 수의 증가에 따라 안전규제의 합리화 및 효율화와 안전규제 수요의 다양화 등에 능동적으로 대처하기 위하여 선진화되고 효율적인 원자력 안전규제체계의 새로운 정립이 요구되고 있다.¹⁾

지난 30여년 동안 우리나라는 한국표준형원자력발전소, 신형 경수로의 설계건설과 운영을 위한 삼검가 체제와 규제행정체계를 확립하였으며, 전문 기술력 확보, 독자적 안전기술 확립, 안전성 연구를 위한 투자확대 등 안전규제의 선진화를 위해 지속적으로 노력해 왔다.²⁾

이러한 원자력 관련시설 및 저장시설은 대부분 철근 콘크리트 구조로 건설되고 있으며, 이와 같은 시설들은 방사선 안전성 확인 평가를 위하여 콘크리트의 방사선 차폐성능 평가가 중요하다.

이에 본 연구에서는 신월성, 신고리 지역의 원자력 발전소 건

설에서 사용되고 있는 콘크리트의 단위용적질량과 건조단위용적 질량을 평가하여 방사선차폐 콘크리트 건조단위용적질량에 대해 평가하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

표 1은 본 연구에 사용된 실험계획을 나타낸 것으로, 신월성, 신고리 지역의 원자력발전소 건설에 사용되고 있는 콘크리트 배합을 대상으로 하였다.

표 1. 실험계획 및 배합

구분	W/B (%)	단위량 (kg/m³)						평가항목
		W	C	FA	G1 ¹⁾	G2 ¹⁾	S	
K-1 ²⁾	40	163	326	82	-	944	753	■ 압축강도 ■ 재료계량질량 (g/cm³) ■ 단위용적질량 (g/cm³) ■ 건조단위용적질량 (g/cm³)
K-2	40	157	314	79	429	645	671	
W-1	45	169	300	75	-	1,004	729	
W-2	45	162	289	72	455	683	647	

주¹⁾ G1 : 40mm, G2 : 19mm

주²⁾ K-1 : 신고리 W-1 : 신월성

* 충남대학교 산업대학원 건축공학과, 석사과정
 ** 충남대학교 일반대학원 건축공학과, 석사과정
 *** 충남대학교 일반대학원 건축공학과, 박사과정
 **** 충남대학교 건축공학과, 교수, 공학박사, 교신저자 (gyuyongkim@cnu.ac.kr)

신월성 원자력 발전소에서 사용되는 두 종류의 콘크리트 배합과 신고리 원자력 발전소에서 사용되는 두 종류의 콘크리트 배합을 대상으로 하였으며, 굳지 않은 콘크리트의 단위용적질량 시험은 ASTM C 138(Standard Test Method for Density(Unit Weight), Yield, and Air Content(Gravimetric) of Concrete), 건조단위용적질량 시험은 ASTM C 642(Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete)에 준하여 실시하였다.³⁾

표 2. 사용재료의 물리적 성질

사용 재료	물리적 성질
시멘트	1종 보통포틀랜드시멘트(OPC), 밀도 3.15g/cm ³
플라이애시	삼천포 화력발전소, 밀도 2.29g/cm ³
혼화제	감수제, AE제
잔골재	밀도 2.59g/cm ³ , 흡수율 : 1.40%
굵은골재	40mm : 밀도 2.66g/cm ³ , 흡수율 : 0.71% 19mm : 밀도 2.67g/cm ³ , 흡수율 : 0.74%

3. 실험결과 및 고찰

3.1 압축강도와 건조밀도와의 상관관계

그림 1은 압축강도와 건조밀도와의 상관관계를 나타낸 것으로 건조단위용적질량이 낮을수록 압축강도는 증가하는 경향을 나타냈으며, 신고리 지역에 사용된 압축강도가 약 30 MPa 로 가장 높게 나타났다.

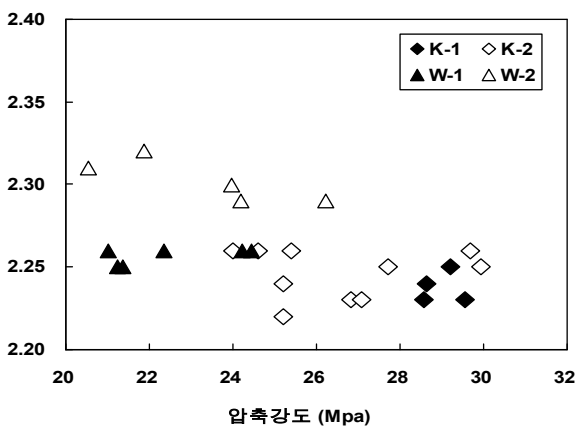


그림 1. 압축강도와 건조밀도와의 상관관계

3.2 단위용적질량과 건조단위용적질량의 상관관계

그림 2는 단위용적질량과 건조단위용적질량의 상관관계를 나타낸 것으로, 모든 배합에 있어서 단위용적질량과 건조단위용적질량을 측정할 결과 데이터의 관계는 $y=1.0913x-0.2458$ 로 나

타났으며, 안전율을 고려하여 건조단위용적질량의 표준편차 0.029에 3배를 적용한 0.087을 적용하면 $y=1.0913x-0.3358$ 의 관계로 나타났다.

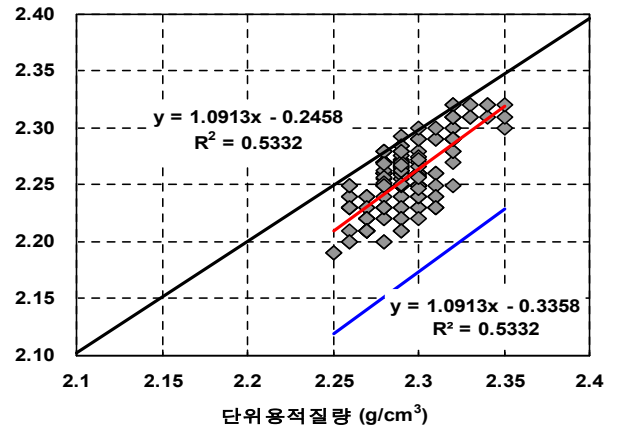


그림 2. 단위용적질량과 건조단위용적질량의 상관관계

4. 결 론

원자력발전소의 방사선차폐 콘크리트의 차폐성능을 확보하기 위해 단위용적질량 평가를 통하여 건조단위용적질량을 확보하기 위한 연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 압축강도와 건조밀도와의 관계는 건조단위용적질량이 낮을수록 압축강도는 증가하는 경향을 나타냈다.
- 2) 단위용적질량과 건조단위용적질량의 관계는 $y=1.0913x-0.2458$ 로 나타났으며, 건조단위용적질량의 표준편차를 적용하면 $y=1.0913x-0.3358$ 의 관계로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 한국원자력안전기술원의 지원으로 수행되었으며, 논문에 참여한 연구자의 일부는 2단계 BK21사업의 지원을 받았습니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 최원식 원자력발전소 현장 안전규제체계에 관한 연구, 삼척대학교 산업대학원 학위논문집, 2006.2
2. 최영환 원자력발전소의 안전규제, 기계지널, 제50권 제3호, pp.24~27, 2010.3
3. ANSI/ANS-6.4, guidelines on the nuclear analysis and design of concrete radiation shielding for nuclear power plants.