

기건양생에 따른 고강도 콘크리트의 크리프 평가 및 모델 검토

Creep Evaluation and Model Review of High-Strength Concrete According to Dry Curing

황 의 철* 김 규 용*** 손 민 재* 서 동 균** 이 예 찬** 남 정 수****
 Hwang, Eui-Chul Kim, Guy-Yong Son, Min-Jae Suh, Dong-Kyun Lee, Yae-Chan Nam, Jeong-Soo

Abstract

In this study, creep deformation characteristics of high strength concrete under dry curing conditions were investigated. It was confirmed that the creep coefficient decreases as the compressive strength of concrete increases. In addition, a modified proposal for calculating the ultimate creep factor of the ACI 209 model can be derived using the measured values.

키 워 드 : 크리프, 수축, 탄성계수, 압축강도, 고강도 콘크리트
 Keywords : creep, shrinkage, elastic modulus, compressive strength, high-strength concrete

1. 서 론

콘크리트는 지속하중을 받는 부재에서 탄성변형이 발생한 이후 추가하중의 작용 없이 시간이 경과함에 따라 변형률이 증가하는 물리적 현상으로 크리프가 발생할 수 있다. 이는 비균질재료인 콘크리트는 여러가지 요소에 영향을 받아 다양한 크리프 변형 특성을 나타낸다.

최근 건축물은 고층·대형화가 이루어지고 있으며 이에 따라 고강도 콘크리트의 사용이 많아지는 실정이다. 콘크리트의 압축강도 또한 크리프 변형 특성에 영향을 미치는 중요한 요소로써, 건축물의 구조 안정성을 확보하기 위해서는 콘크리트 크리프의 정확한 예측이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 고강도 콘크리트를 대상으로 실측 크리프 변형과 ACI 209 모델을 이용한 크리프 변형을 비교 및 검토하였으며, 이에 따라 ACI 209 모델을 수정 및 제안하였다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구에서는 70, 80, 90 MPa급 고강도 콘크리트를 대상으로 압축강도, 탄성계수, 자기수축, 건조수축, 크리프 변형을 평가하였으며, ACI 209 모델의 크리프 계수 식(1) 및 (2)를 이용한 예측값과 비교하였고, 식 (2)의 보정계수 2.35를 수정하여 제안하였다.

$$v_t = \frac{t^{0.6}}{10 + t^{0.6}} v_u \quad \text{----- (1)}$$

$$v_u = 2.35 \cdot \gamma_c \quad \text{----- (2)}$$

여기서, t : 하중 재하 이후 시간 (day)
 v_u : 극한 크리프 계수 (Ultimate Creep coefficient)
 γ_c : 상대습도, 슬럼프, 공기량 등 영향요인 계수
 v_t : 시간 재령에 따른 크리프 계수

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

표 1. 실험계획 및 콘크리트 배합

F _{ck}	W/B	슬래브 두께 모우 (mm)	공기량 (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)						평가항목
					W	C	FA	SF	S	G	
80	23.8	630 ± 25	1.8	45.1	155	481	130	39	697	874	- 압축강도 - 탄성계수 - 자기수축 - 건조수축 - 크리프
70	27.2	660 ± 25	1.7	47.9	158	443	114	23	768	863	
60	29.1	650 ± 25	1.8	48.0	163	418	110	22	776	868	

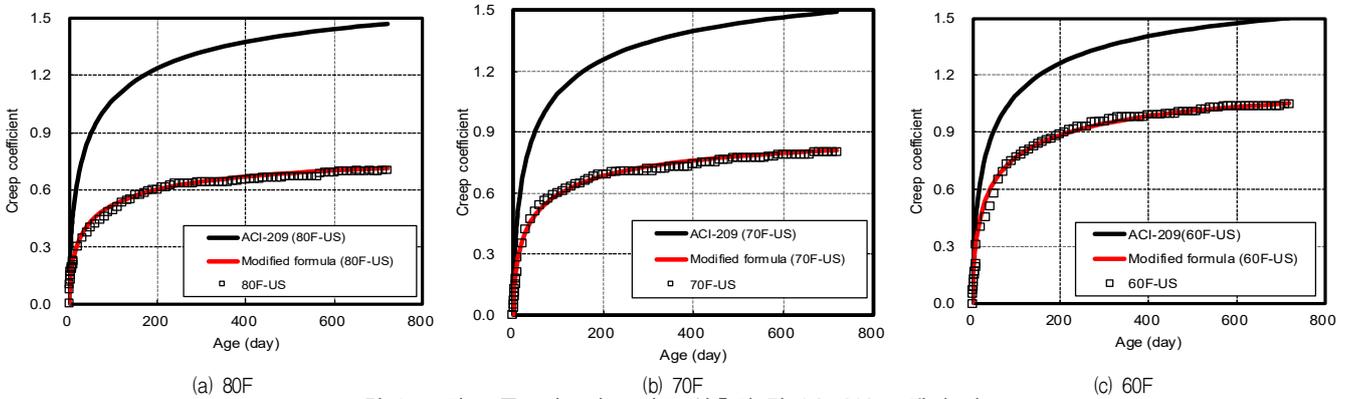


그림 1. 고강도 콘크리트의 크리프 실측값 및 ACI 209 모델의 비교

3. 실험결과 및 고찰

자기수축 및 건조수축의 경우, 콘크리트의 압축강도가 높아질수록 자기수축이 크게 나타났으며 건조수축은 작아지는 경향을 나타냈다.

그림 1에 고강도 콘크리트의 크리프 실측값 및 ACI 209 모델의 비교를 나타냈다. 기건양생에 따른 고강도 콘크리트의 크리프 계수는 압축강도가 높아질수록 작아지는 경향을 나타냈으며, ACI 209 모델 분석결과 실측값에 비해 약 2.2~2.6배 높게 평가되는 것을 확인했다. 분석값과 실측값의 차이를 통해 파악된 것과 같이 기존 ACI 209 모델을 기동축소량 해석에 그대로 적용하기는 고강도 콘크리트에 대한 특성을 제대로 반영하는 것이 한계가 있다고 생각된다.

이에 본 연구에서는 ACI 209 모델의 기존 극한크리프계수의 상수값인 2.35에 대해 실측결과를 통해 압축강도에 따른 수정값을 도출하였으며, 수정 상수값을 도출하기 위한 식을 제안하고자 한다. 이를 그림 2 및 식 (3)에 나타냈다.

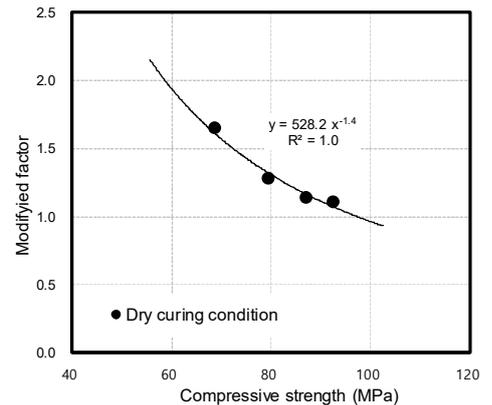


그림 2. 압축강도에 따른 크리프 계수의 수정 상수

$$v_{u'} = \alpha \cdot \gamma_c \quad \text{----- (3)}$$

$$\alpha = 528.2(f_{28})^{-1.4} \quad \text{----- (4)}$$

여기서, $v_{u'}$: 수정제안된 극한 크리프 계수(예측 제안 모델)

α : 수정된 상수(압축강도 반영)

f_{28} : 28일 압축강도(MPa)

4. 결 론

콘크리트의 압축강도에 따라 크리프 변형 특성이 달라지는 것을 확인할 수 있었으며, 실측값을 기반으로 ACI 209 모델의 극한 크리프계수의 상수값을 도출하는 수정식을 제안할 수 있었다.

Acknowledgement

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2019R1A2C2085867)

참 고 문 헌

1. ACI Committee 209, Prediction of creep, shrinkage, and temperature effects in concrete structures, ACI manual of concrete practice, American Concrete Institute, Detroit, 1999