

국내 FCM 교량 콘크리트의 건조수축과 크리프 모델의 통계적 평가

Statistical Evaluation of Shrinkage and Creep Models for Domestic FCM Bridge

이 슬 기* 이 재 성* 이 만 섭** 김 재 기*** 윤 영 수****
Lee, Seul Kee Lee, Jae Sung Lee, Man Seop Kim, Jae Ki Yoon, Young Soo

ABSTRACT

It is hard to predict shrinkage and creep that are influenced of exposure conditions, mix designs, and loading conditions etc. This paper present an evaluation of the reliability of the five shrinkage and creep prediction models using eight test data that are obtained from domestic FCM bridge concrete. For the reasonable evaluation of model and actual data, five statistical methods were used.

요 약

콘크리트의 건조수축과 크리프는 노출환경, 물성치 및 하중조건 등의 여러 변수에 따라 결정되어 그 예측이 어렵다. 본 연구에서는 국내 8개 FCM 교량 적용 고성능 콘크리트의 실험 데이터를 활용하여 대표적인 5개 건조수축 및 크리프 제안식의 신뢰성을 평가하였다. 예측 모델과 실측 데이터의 합리적인 평가를 위해 5가지 통계학적 평가방법이 이용되었다.

1. 서 론

건조수축과 크리프는 콘크리트의 시간 의존적 변형을 대표하는 인자로서, 특히 FCM 교량의 설계와 시공에 주요한 고려사항이다. 따라서 이에 대한 적절한 예측이 가능하다면 합리적인 결과를 얻을 수 있을 것이다. 본 연구에서는 건조수축과 크리프에 대한 대표적인 예측식인 ACI 209 R92와 CEB MC R99, JSCE 96, AASHTO LRFD 07, KCI 2007을 국내 8개 FCM 교량(고정교, 횡성대교, 신단양대교, 금강대교, 강동대교, 남양주대교 상/하행선, 덕포교) 적용 고성능 콘크리트의 실험값과 비교하여 그 신뢰성을 평가하였다. 그 평가방법으로는 Residual Method, B3 Coefficient of Variation Method, CEB Coefficient of Variation Method, CEB Mean Square Error Method, CEB Deviation Method를 이용하였다. 상기 분석을 통해 국내 FCM 교량 적용 고강도 콘크리트의 건조수축 및 크리프 거동에 대한 가장 신뢰성 있는 예측식을 합리적으로 선정한다.

* 정회원, 고려대학교 건축·사회환경공학부, 석사과정
** 정회원, 코비코리아(주), 대표이사
*** 정회원, 삼성물산(주) 건설부분, 대리
**** 정회원, 고려대학교 건축·사회환경공학부, 교수

2. 통계적 평가

평가 결과는 표 1, 2와 같다. 괄호 안의 수치는 평가 방법에 따른 각 모델의 순위이다. 건조수축 변형률과 비크리프 각각에 대해 Residual 값이 $\pm 100\mu\text{strain}$, $\pm 33\mu\text{strain/MPa}$ 을 초과하는 예측 값이 많을수록 신뢰도가 떨어진다고 판단하였다. 건조수축에 대한 예측 모델의 평가는 CEB MC R99가 가장 신뢰도가 높게 나타났으나 각 모델마다 일관되는 경향이 두드러지게 나타나지는 않았다. 크리프 예측 모델은 ACI와 CEB 모델이 신뢰도가 높게 나타났고, KCI 모델은 B3와 CEB 평가 방법에서는 신뢰도가 높지 않은 것으로 판단된다.

표 1. Summary of Results and Rating for Shrinkage Strain

Prediction Model		AASHTO	ACI 209	CEB R99	JSCE 96	KCI 07
Distribution of Residual	Positive	32% (4)	67% (2)	33% (2)	69% (4)	48% (1)
	Negative	68% (4)	33% (2)	67% (2)	31% (4)	52% (1)
Residual Outside	+100 μe	25% (5)	41% (1)	20% (4)	44% (2)	27% (2)
	-100 μe	44% (5)	14% (1)	43% (4)	15% (2)	32% (2)
B3 C.O.V		105% (1)	158% (5)	109% (2)	140% (4)	131% (3)
CEB C.O.V		95% (5)	72% (3)	50% (1)	72% (3)	56% (2)
CEB Mean Square Error		35% (3)	51% (5)	33% (2)	19% (1)	37% (4)
CEB Mean Deviation		1.67 (3)	2.35 (5)	1.64 (1)	1.66 (2)	1.87 (4)

표 2. Summary of Results and Rating for Specific Creep

Prediction Model		AASHTO	ACI 209	CEB R99	JSCE 96	KCI 07
Distribution of Residual	Positive	6% (4)	29% (3)	36% (2)	4% (5)	58% (1)
	Negative	94% (4)	71% (3)	64% (2)	96% (5)	42% (1)
Residual Outside	+33 $\mu\text{e/MPa}$	0% (4)	0% (1)	2% (1)	0% (5)	5% (1)
	-33 $\mu\text{e/MPa}$	10% (4)	5% (1)	3% (1)	15% (5)	0% (1)
B3 C.O.V		29% (4)	16% (1)	21% (2)	31% (5)	22% (3)
CEB C.O.V		26% (4)	15% (1)	18% (2)	27% (5)	20% (3)
CEB Mean Square Error		26% (4)	14% (1)	18% (2)	28% (5)	21% (3)
CEB Mean Deviation		0.78 (4)	0.94 (2)	0.95 (1)	0.76 (5)	1.07 (3)

3. 결 론

본 연구를 통해 다음과 같은 결과를 얻었다. 건조수축에 대하여 가장 신뢰도가 높은 예측식은 CEB MC R99로 나타났다. 건조수축에 대해서는 평가방법마다 신뢰도가 일관적이지 않게 평가되었다. 크리프에 대하여 가장 신뢰도가 높은 예측식은 ACI 209 R92와 CEB MC R99로 나타났다. KCI 2007 예측 모델은 B3와 CEB 평가방법에서는 다소 신뢰도가 떨어지는 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Al-Manaseer, A. and Lam, J.-P. "Statistical Evaluation of Creep and Shrinkage Model", *ACI Material Journal*, V. 102, No. 3, May-June 2005, pp. 170-176
2. Bažant, Z.P. and Li, G.-H. "Unbiased Statistical Comparison of Creep and Shrinkage Prediction Models", *ACI Material Journal*, V. 105, No. 6, Nov-Dec 2008, pp. 610-621
3. 권기연, 민경환, 김윤희, 윤영수, "콘크리트 크리프 예측을 위한 유변학적 접근," 대한토목학회 논문집, 제29권, 1-A호, 2009, pp. 85-93.