

각국 설계 기준에 따른 프리캐스트 모듈러 교량 장기처짐 예측

Long term deflection of a precast modular bridge by different creep codes

지광습*
Zi, Goangseup

김나영**
Kim, Na Young

임재영***
Lim, Jae Young

송재준****
Song, Jae Jun

Abstract

Time dependent material characteristics of concrete affects serviceability and safety due to long term deformation of concrete. Thus, in this paper, the long term behavior of a precast modular bridge by using ACI 209R-92, B3, CEB MC90-99, considering the most influenced factors: creep and shrinkage.

1. 서론

프리캐스트 모듈러 교량은 사전 제작된 표준 부재들을 조합하여 전체 시스템을 구성하는 모듈러 기술을 교량 건설 분야에 접목시킨 교량 형식이다. 하지만 콘크리트의 시간의존적인 재료특성 때문에 장기적인 이차변형은 콘크리트 구조의 사용성 뿐만 아니라 안전성에도 직접적인 영향을 미친다. 따라서 본 논문에서는 ACI 209R-92, B3, CEB MC90-99 모델식을 사용하여 시간의존적 거동에 큰 영향을 미치는 크리프와 건조수축을 고려한 프리캐스트 모듈러 교량의 장기 거동을 예측하였다.

2. 해석모델

장기거동 해석을 위한 대상구조물은 Fig. 1(a)와 같이 교폭 10.55m, 지간장 30m를 가지는 단순지지용 거더형 프리캐스트 모듈러 교량을 선정하였으며 교량의 단면은 Fig.1(b)와 같다. 해석에 사용되는 재료의 물성은 콘크리트의 강도는 50MPa, 철근의 항복강도는 400MPa, 항복강도가 1830MPa인 긴장재용 강재를 3개를 모델에 적용하였다.

3. 각국 설계 기준

3.1 ACI 209R-92

공시체가 시간 t_0 부터 공기 중에 노출되었을 때, 시간 t 에서 건조수축량은 아래 식(1)에 의해 구한다.

* 고려대학교 건축사회환경공학과 부교수
** 고려대학교 건축사회환경공학과 석사과정
*** 고려대학교 건축사회환경공학과 석사과정
**** 한국건설기술연구원 연구위원

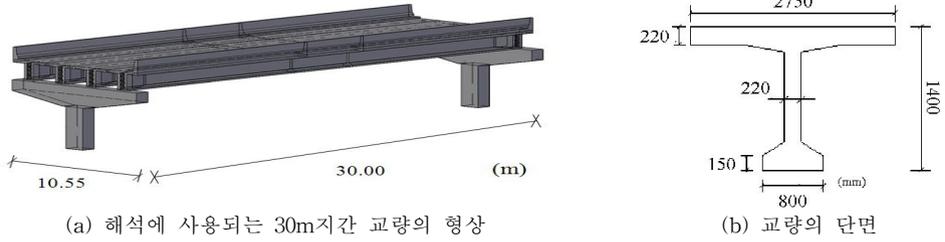


Fig. 1 장기거동 해석에 사용되는 교량의 형상

$$\varepsilon_{sh}(t, t_0) = \frac{(t - t_0)^\alpha}{f + (t - t_0)^\alpha} \varepsilon_{shu} \quad \text{식(1)}$$

여기서, f 는 다음 식 (3.4.5)과 같이 부재크기 (V/S)에 따른 함수이고, 일반적으로 α 는 1을 사용한다. 그리고 ε_{shu} 는 시간이 무한히 지났을 때의 궁극적인 최종 건조수축량을 나타낸다. 또한 크리프 함수는 식(2)와 같다.

$$J(t, t') = \frac{1}{E_{cnt0}} [1 + \phi(t, t')] \quad \text{식(2)}$$

여기서, E_{cnt0} 는 시간 t' (일)에서 콘크리트의 활선탄성계수이며, $\phi(t, t')$ 은 크리프계수이다.

3.2 B3

B3 모델식에서 건조수축량은 다음 식(3)과 같다.

$$\varepsilon_{sh}(t, t_c) = -\varepsilon_{sh\infty} k_h S(t - t_c) \quad \text{식(3)}$$

여기서, $\varepsilon_{sh\infty}$ 는 극한건조수축변형률이며 k_h 는 상대습도에 대한 변수이다. 또한 $S(t - t_c)$ 는 초기 양생이 끝난 시점부터의 시간함수이다. t_0 에서 하중이 가해졌을 때, 크리프 함수 $J(t, t_0)$ 는 순간변형률 q_1 과 기본크리프 $C_0(t, t_0)$, 건조크리프 $C_d(t, t_0, t_c)$ 의 합으로 구성되며 식 (4)와 같다.

$$J(t, t_0) = q_1 + C_0(t, t_0) + C_d(t, t_0, t_c) \quad \text{식(4)}$$

3.3 CEB MC90-99

건조가 t_0 에 시작하여 현재 시간 t 에서의 건조수축 즉, $(t - t_0)$ 동안에 일어나는 건조수축에 의한 변형도는 다음 식 (5)와 같다.

$$\varepsilon_{sh}(t, t_c) = -\varepsilon_{cs0} \beta_s(t - t_c) \quad \text{식(5)}$$

ε_{cs0} 는 개념수축계수, $\beta_s(t - t_c)$ 는 수축이 시작된 후의 시간에 따른 수축변형도의 변화를 나타내는 함수이다. 또한 크리프 함수는 하중이 가해졌을 때 시간 t_0 의 탄성계수, 재령 28일의 탄성계수와 크리프 함수로 구성되며 다음 식(6)과 같다.

$$J(t, t') = \frac{1}{E_{cmto}} + \frac{\phi_{28}(t, t_0)}{E_{cm28}} \quad \text{식(6)}$$

4. 해석결과

교량의 장기거동 해석을 각국 설계 기준에 따라 수행한 결과는 다음과 같다.

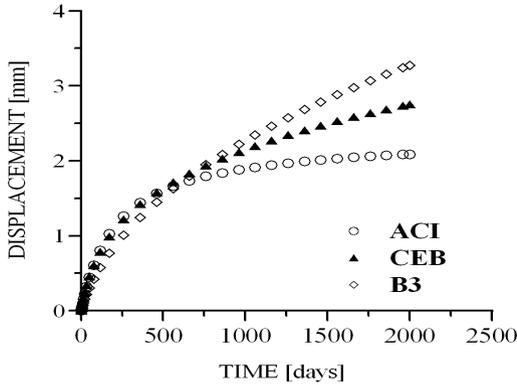


Fig. 2(a). 교량의 중앙부 처짐값(건조수축+크리프)

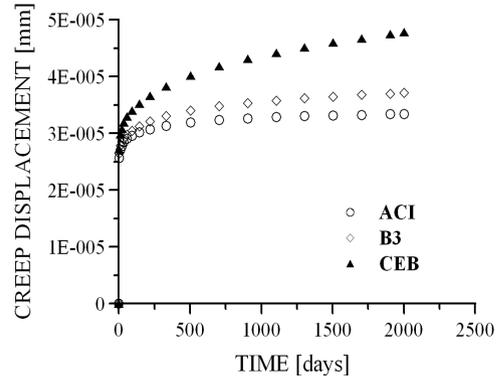


Fig. 2(b). 교량의 중앙부 처짐값(크리프)

5. 결론

각국의 설계기준으로 건조수축 및 크리프를 고려한 프리캐스트 모듈러 교량의 장기거동을 해석한 결과 B3 모델을 적용한 경우 교량의 처짐 값이 가장 크게 나옴을 알 수 있었다. 건조수축과 크리프를 각각 고려하여 해석한 결과 거더 자중에 의한 크리프 처짐보다 건조수축에 의한 처짐이 더 크음을 확인 할 수 있었다. 또한 예측에 있어 모델식 간의 차이를 보이고 있으므로, 각 영향인자에 대한 정확한 연구가 필요하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비 지원(10기술혁신B01-모듈러교량 기술개발 및 실용화 연구단)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Bažant, Z.P, "Excessive deflections of record-span prestressed box girder: Lessons learned from the collapse of the Koror-Babeldaob Bridge in Palau." ACI Concrete International 32 (6), June, pp44-52.