

단면 내의 부등수분분포를 고려한 SRC 기둥의 장기거동에 관한 연구

Study on the Long-term Behavior of SRC Columns Considering the Differential Moisture Distribution in a Section

설 현 철^{*} 김 진 근^{**} 김 윤 용^{***} 권 승 희^{****} 김 한 수^{*****}
Seol, Hyun-Cheol Kim, Jin-Keun Kim, Yun-Yong Kwon, Seung-Hee Kim, Han-Soo

ABSTRACT

It was found from the previous experimental studies that the long-term deformation of SRC columns was quite different from that of RC columns. A new approach method is needed to quantitatively predict the long-term deformation of SRC columns. In this study, the causes of the difference between the behaviors of RC and SRC columns are investigated and discussed. SRC columns exhibit a time-dependent relative humidity distribution in a cross section differently from that of RC columns due to the presence of a flange, which interferes with the moisture diffusion of concrete. This different relative humidity distribution may reduce the drying shrinkage and the drying creep in comparison with RC columns.

1. 서 론

최근 초고층 건물의 기둥으로 RC(Reinforced Concrete) 기둥과 더불어 효율적이고 복합적인 구조시스템을 위해 SRC(Steel Reinforced Concrete) 기둥이 널리 사용되고 있다. SRC 기둥은 단면 내부 콘크리트의 수분이 외기로 이동하는 경로를 H-형강과 같은 철골 부재가 차단하게 되므로, 내부 콘크리트의 수분확산으로 발생하는 건조수축 및 건조 크리프 현상이 RC 기둥과는 상이한 거동을 보이게 될 것이다. 따라서 SRC 기둥의 축소량을 보다 합리적이고 정확하게 예측하기 위해서는 이러한 특성을 추가적으로 고려할 수 있는 해석 방법이 요구된다. 이 연구에서는 SRC 기둥의 축소량을 보다 합리적으로 산정하고자 SRC 기둥 내부 콘크리트에 대해 시간에 따른 수분확산 해석을 수행함으로써 H-형강이 콘크리트의 수분확산을 차단하는 효과를 고려하였다.

* 정회원, 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 석사과정

** 정회원, 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 교수

*** 정회원, 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 연구조교수

**** 정회원, 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 박사과정

***** 정회원, 현대건설 기술연구소 차장

2. RC 기둥과 SRC 기둥의 장기거동 실험결과 및 분석

RC 기둥 및 SRC 기둥에서 발생하는 장기거동의 차이를 확인하기 위해 이전에 연구실에서 수행되었던 실험 자료[1]를 사용하였으며, 모든 실험체는 재령 10일까지 습윤 양생한 후, 재령 28일까지 외부 온도 20°C, 상대습도 60%의 외기에 노출시켰다. 재령 28일부터는 RC-1($\rho=6.14\%$) 기둥에 대해 28 tonf 그리고 RC-2($\rho=3.65\%$) 및 SRC 기둥($\rho=9.14\%$, $\rho=5.48\%$)에 대해 25 tonf의 지속 하중을 가하여 장기 거동 실험을 수행하였다. 콘크리트의 배합 및 역학적 특성, 그리고 기둥 실험체의 형상은 다음과 같다.

표 1 콘크리트 배합 및 역학적 특성

Type	Unit Weight(kg/m ³)							Compressive Strength (MPa)	Modulus of Elasticity (MPa)
	Water	Cement	Fly ash	Slag	Fine Aggregate	Coarse Aggregate	Super Plasticizer		
RC	148	273	78	39	836	923	5.46	31	19910
SRC	161	403	48	24	720	976	6.65	42	23540

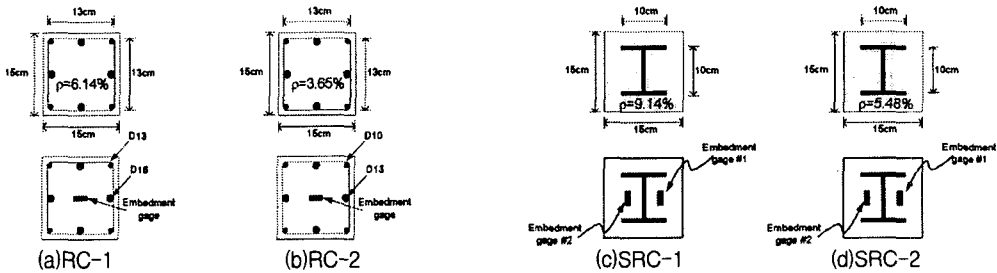


그림 1. RC 및 SRC 기둥 실험체 형상

RC 기둥과 SRC 기둥의 장기거동 특성을 비교하기 위한 목적으로 각각 두 종류의 기둥에 대해 식 (1), (2)와 같은 CEB-FIP 90 모델식을 사용하여 AEMM으로 해석을 수행하였다. 식 (1)과 (2)에서와 같은 CEB-FIP 90 모델에서 제시된 식으로부터 계산된 $\bar{\sigma} = 87.5$, $\bar{\sigma}' = 363$ 을 사용하였으며, σ_{sho}^2 , \hat{A}_o , \hat{A} 값은 RC 및 SRC 기둥제작에 사용된 콘크리트 재료의 역학적 특성과 건조수축 및 크리프 특성에 대한 실험결과들[1]을 최적으로 모사하는 $\sigma_{sho}^2 = 576$ (RC), $\sigma_{sho}^2 = 574$ (SRC), $\hat{A}_o = 1.91$ (RC), $\hat{A}_o = 2.29$ (SRC), 그리고 $\hat{A} = 0.3$ (RC & SRC)을 사용하였다.

$$\sigma_{sh}^2 = \sigma_{sho}^2 \sqrt{\frac{(t-t_o)}{- + (t-t_o)}} \quad (1)$$

$$\hat{A}(t, t_0) = \hat{A}_o \left[\frac{(t-t_0)}{- + (t-t_0)} \right]^{\hat{A}} \quad (2)$$

그림 2는 RC와 SRC 기둥에 대한 해석결과와 실험결과를 나타낸 것이다. RC 기둥의 경우 AEMM의 해석결과가 실험결과를 정확히 모사하고 있으나, SRC 기둥의 경우에는 동일한 방법으로 얻은 해석결

과가 실험결과보다 매우 크게 나타났다. 이는 SRC 기둥 내부의 수분분포가 RC 기둥과는 매우 달라 건조수축과 건조크리프의 발현이 상대적으로 작기 때문이다. 따라서 SRC 기둥의 장기거동을 정확하게 파악하기 위해서는 우선 해석 단면에 대해 수분확산 해석을 수행하고, 해석결과로 얻은 시간에 따른 수분분포변화를 바탕으로 부등건조수축 및 건조크리프(stress-induced shrinkage)를 계산하는 방법이 필요하다.

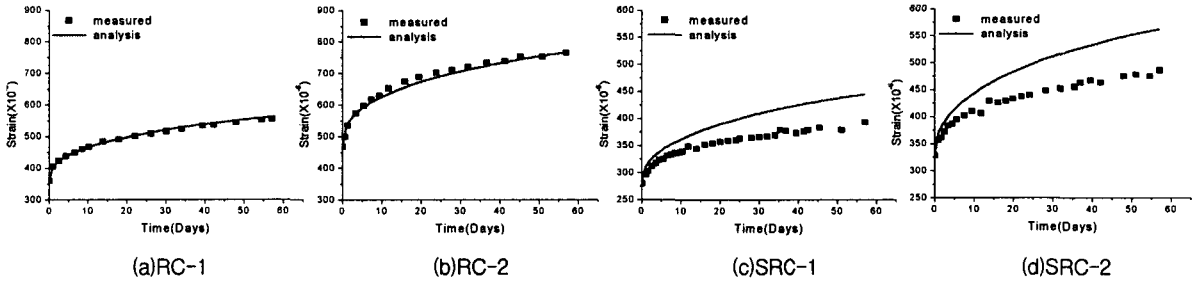


그림 2. RC와 SRC 기둥 실험체 장기거동 실험 및 해석결과

3. RC 기둥과 SRC 기둥에 대한 수분확산 해석 및 수분분포의 차이

SRC 기둥은 내부의 강재가 수분의 확산을 방지하는 역할을 하기 때문에 RC 기둥과는 매우 다른 수분분포를 보이게 된다. 이러한 수분분포의 차이는 건조수축과 건조크리프에 직접적으로 영향을 미치게 되어 RC 기둥과는 상이한 장기거동 특성이 나타나게 된다. 수분분포의 차이를 확인하기 위해 SRC 기둥 실험체와 같은 크기의 무근 콘크리트 기둥에 대해 수분분포 해석을 수행하였다. RC 기둥의 경우 철근이 수분확산에 미치는 영향을 무시하면 콘크리트의 수분확산 형태가 무근 콘크리트 기둥과 같다고 볼 수 있다. 해석에 사용된 콘크리트의 재료적 특성은 기둥 실험체 제작에 사용된 것과 동일하게 고려하였으며, 해석에 사용한 최대수분확산계수와 표면계수는 각각 $1.8 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{h}$, $1.2 \times 10^{-5} \text{ m}/\text{h}$ 이었다. 그림 3은 무근 콘크리트와 SRC 기둥을 모델링한 해석 단면에서 단면 A-A를 따라 변화하는 수분분포를 시간에 따라 나타낸 것이다.

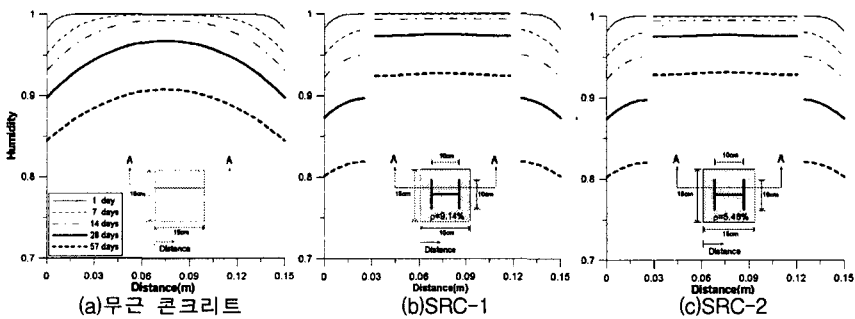


그림 3. 무근콘크리트와 SRC 기둥에 대한 수분확산 해석결과

SRC 기둥의 수분확산 해석결과인 그림 3.(b),(c)를 무근 콘크리트 기둥의 수분확산 해석결과인 그림 3.(a)와 비교하면, SRC 기둥에서 강제 외부 콘크리트의 수분 손실은 무근 콘크리트 기둥에 비해 현저히 빠르게 나타나고 있으며, 강제 내부 콘크리트의 수분손실은 무근 콘크리트에 비해 매우 느린 것으로 나타났다. 이러한 결과로 보았을 때 SRC 기둥에서 내부 콘크리트의 건조수축과 건조크리프는 무

근콘크리트에 비해 매우 작을 것으로 판단된다. 단면의 크기가 커지면 내부 콘크리트의 단면적이 외부에 비해 상대적으로 커지므로 이러한 건조수축과 건조크리프의 감소효과도 증가할 것으로 사료된다.

4. 결론

기존의 SRC 기둥 축소량 예측 방법은 H-형강에 의한 수분확산 차단 효과를 고려할 수 없다는 문제점이 있었다. 따라서 기존의 예측 방법으로 SRC 기둥의 장기거동을 예측할 경우 실제 축소량에 비해 과도한 축소량을 예측하게 될 우려가 있다. 이 연구에서는 무근 콘크리트 기둥과 SRC 기둥 단면에 대해 수분확산 해석을 수행하여 기둥 단면 내부에서 시간에 따른 수분분포를 파악하고 이를 바탕으로 RC 기둥과 SRC 기둥의 시간경과에 따른 부등 수분분포 차이를 확인할 수 있었다. SRC 기둥의 축소량을 보다 정확하게 예측하기 위해서는 건조수축 및 건조 크리프를 계산할 때 이러한 수분확산 특성을 추가적으로 고려할 필요가 있다.

감사의 글

이 연구는 (주)현대건설 “고층건물 합성기둥의 축소량 연구”의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Seung-Hee Kwon, Jin-Keun Kim and Han-Wook Jung, "Experimental Study on Long-term Behavior of RC and SRC Columns (in Korean)," Proceedings of the Korea Concrete Institute, Vol. 15, No. 1, Korea Concrete Institute, 2003. 5pp. 481486.
2. Zdenek P. Bazant and Warren J. Raftshol, "Effect of Cracking in Drying and Shrinkage Specimens," Cement and Concrete Research, Vol. 12, 1982, pp. 209226.
3. F.H. Wittmann and P.E. Roelfstra, "Total Deformation of Loaded Drying Concrete," Cement and Concrete Research, Vol. 10, 1980, pp. 601610.
4. Zdenek P. Bazant and Yunping Xi, "Drying creep of concrete: Constitutive Model and New Experiments Separating Its Mechanisms," Materials and Structures, Vol. 27, 1994, pp. 314.
5. Zdenek P. Bazant and E. Osman, "Double-power Law for Basic Creep of Concrete," Materials and Structures, Vol. 9, No. 49, 1976, pp. 311.
6. Zdenek P. Bazant, "Creep and Shrinkage Prediction Model for Analysis and Design of Concrete Structures-Model B3," Materials and Structures, Vol. 28, 1995, pp. 357365.
7. J.-K. Kim and C.-S. Lee, "Prediction of Differential Drying Shrinkage in Concrete", Cement and Concrete Research, Vol. 28, No. 7, 1998, pp. 985-99