

크리프가 초기재령 콘크리트의 순간 변형에 미치는 영향

Effect of Creep on Quasi-Instantaneous Deformation of Early-Age Concrete

오 병 환* 최 성 철** 박 호** 신 용 석***
Byung-Hwan Oh Seong-Cheol Choi Ho Park Yong-Seok Shin

ABSTRACT

Quasi-instantaneously performed creep loading is probably one way to separate the viscous and the plastic creep from the elastic deformation. For mature concrete no differences seem to exist depending on whether the loading is rapidly applied or not. At early age the plastic deformations probably dominate the deformation. A series of test have been done to measure the quasi-instantaneous deformation in concrete specimens according to loading durations and concrete ages. The present study indicates that even very short-term loading contains creep deformation. As concrete is younger and load duration is longer, the proportion of creep deformation in quasi-instantaneous deformation is increased.

1. 서론

초기재령 콘크리트의 온도 및 수분의 수화반응 및 양생조건에 따라 변화하며 이러한 변화는 구속된 변형과 함께 응력을 유발한다. 초기재령 콘크리트의 온도와 수분상태는 시간에 따라 변화하므로 온도 응력과 건조 수축 응력을 해석하는 데 있어 크리프 모델을 필요로 한다. 순간 변형의 정확한 측정은 콘크리트의 크리프 해석에서 탄성 변형과 크리프 변형을 구분지을 수 있는 기준으로 초기 재령 콘크리트에서 응력 해석의 정확성을 높일 수 있다. 탄성 변형의 측정에 대한 기존의 규정은 경화된 콘크리트를 기준으로 하여 만들어졌으므로 강도의 발현이 적은 초기재령 콘크리트의 순간 변형의 측정에 적용하기 힘들다. 또한 규정된 하중재하속도(Loading rate)는 크리프 변형이 탄성계수의 계산에 포함될 수 있으므로 초기 재령 콘크리트에 적용하는 것은 적절하지 못하다.

* 정회원, 서울대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 정회원, 서울대학교 공과대학 토목공학과 대학원

*** 정회원, 현대산업개발 토목설계팀

본 연구에서는 초기 재령 콘크리트의 순간 변형에 크리프가 미치는 영향을 실험적으로 측정하기 위하여 MTS 시스템(Hydraulic closed loop servo control system)을 이용하여 다양한 재하 재령 및 하중도달시간에 대하여 발생하는 순간 변형을 측정하였다.

2. 실험방법

2.1 실험 방법 및 공시체

ASTM C 512 에 따라 150×300mm 실린더 시편을 표 1과 같은 배합으로 제작하고 20℃에서 양생한 뒤, 재령 0.7일부터 실험을 시작하였다. 재령별로 압축강도를 측정하여 압축강도의 20%에 해당하는 하중을 MTS로 시편에 가하였다. 실험 변수는 콘크리트의 재령(days)과 하중도달시간(sec)으로 각 재령별로 3~5개의 시편을 사용하여 한 시편에 대해 0.05 sec부터 50 sec까지 차례로 하중을 가했다가 제거하는 방법으로 실험하였다. 공시체의 변형은 컴프레소미터 양쪽에 40hz LVDT 2개를 설치하여 측정하였다.

표 1. 콘크리트 배합

W/C (%)	S/a (%)	Unit Weight(kg/m ³)			
		W	C	S	G
45.2	46.3	175	387	815	989

표 2. 실험변수

재령(days)	0.7	3.22	5.27	28.25	
하중도달시간(sec)	0.05	0.1	1	10	50

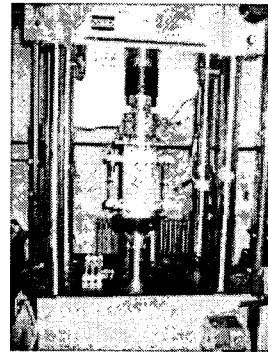


그림 4. MTS

2.2 응력이력

하나의 시편에 그림 2와 같은 응력 이력을 가하였다. 목표하중까지 도달하는 시간(Load duration)을 0.05 sec부터 50 sec까지 다르게 하여 총 5번의 하중을 가하였다. 하중유지시간은 50 sec, 하중제거 후 다시 하중을 가하기까지의 시간은 충분한 크리프 회복이 일어날 수 있도록 200 sec로 하였다.

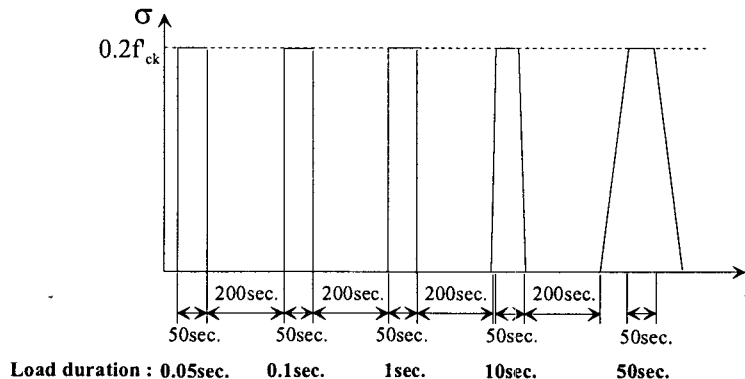


그림 5. 응력 이력

3. 실험결과 및 분석

하중도달시간이 증가할수록 측정된 순간 변형의 값은 예상한 바와 같이 크리프의 영향으로 약간씩 증가하는 경향을 보였다. 하중도달시간에 따른 순간 변형값을 재령별로 그림 3에서 그림 6까지 나타내었다. 시편에 따라 하중도달시간 0.05 sec에서의 변형보다 0.1 sec에서의 변형이 더 큰 경우가 있는데, 이것은 0.05 sec와 0.1 sec의 시간적 차이가 크지 않고 플로우 변형이 발생한 것에 기인하는 것으로 추측된다.

한편, 재령이 증가할수록 순간 변형값의 증가폭은 줄어들었다. 이와 같은 경향을 그림 7에서 확인할 수 있는데, 그림 7은 각 재령에서 하중도달시간 0.05 sec일 때의 변형을 기준으로 하중도달시간이 증가함에 따라 순간 변형이 증가하는 정도를 비로 나타낸 그래프이다. 초기 재령에서 하중도달시간이 커질수록 순간 변형의 증가폭은 커지며, 재령이 커지면서 증가폭이 줄어들음을 알 수 있다. 재령 28.25일에서 하중도달시간 0.05 sec에서의 변형에 대한 50 sec에서의 변형의 비는 1.045로 4.5%증가한 것에 비해 재령 0.7일에서는 하중도달시간 0.05 sec에서의 변형에 비해 50 sec에서의 변형이 14% 더 크게 측정되었다. 재령 3.22일과 5.27일에는 각각 7.15%, 5.39% 증가한 것으로 나타났다.

재령 (days)	압축강도 (kgf/cm ²)	하중크기 (tonf)
0.7	84	2
3	202.89	6
5	238.64	8
28	322.32	11.4

표 3 재령에 따른 압축강도

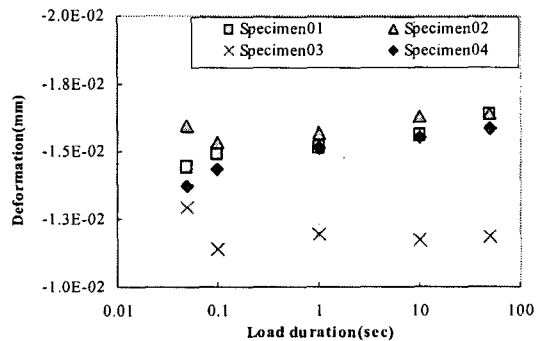


그림 3. 순간 변형 측정값(0.7day)

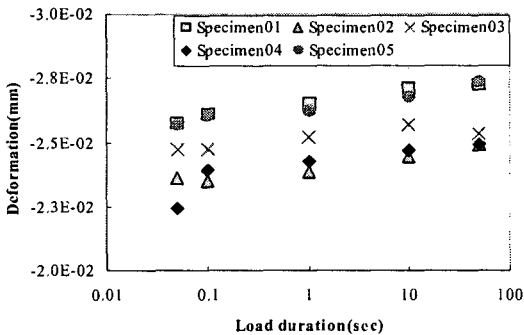


그림 4. 순간 변형 측정값(3.22days)

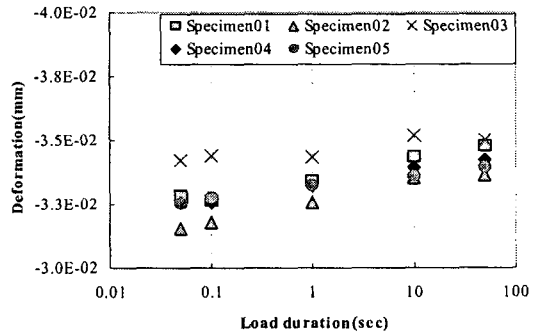


그림 5. 순간 변형 측정값(5.27days)

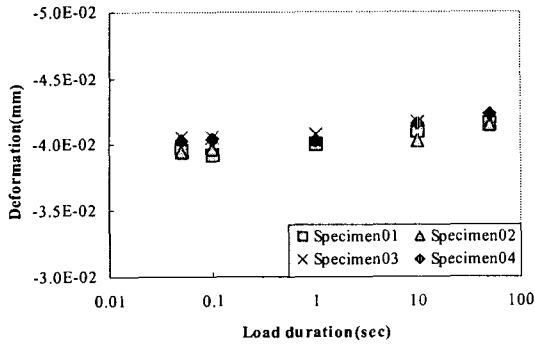


그림 6. 순간 변형 측정값(28.25days)

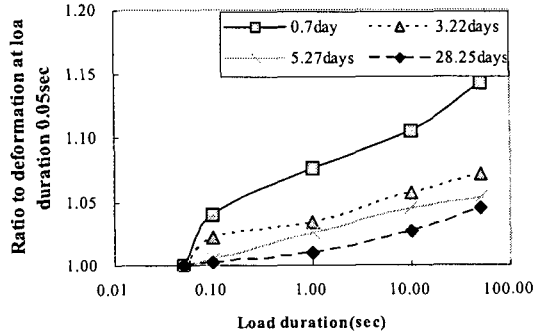


그림 7. 하중도달시간에 따른 순간 변형 증가량

4. 결론

본 연구는 순간 변형의 측정에 크리프가 미치는 영향을 실험적으로 알아보았다. 콘크리트가 초기 재령일수록 하중도달시간이 증가할수록 순간 변형에 크리프가 미치는 영향을 크게 나타냈다. 특히 재령 1일 미만의 콘크리트에서 하중도달시간이 증가할수록 순간 변형은 크게 증가하는 모습을 보였다. 이 연구는 앞으로 초기 재령 콘크리트에서 정확한 탄성계수를 측정하는데 기초자료로 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. ASTM C 512-87 (1994) Standard Test Method for Creep of Concrete in Compression, American Society of Testing and Material.
2. Bazant, Z. P., "Mathematical Modeling of Creep and Shrinkage of Concrete," John Wiley and Sons, 1988.
3. Bertil Persson, "Quasi-instantaneous and Long-term Deformations of High-Performance Concrete", Doctorial Thesis, Lund, Sweden, 1998.