

전단벽의 장기거동 특성에 관한 실험적 연구

Experimental Study for the Long-term Behavior of Shear Wall

권 승 희*
Kwon, Seung-Hee

김 진 근**
Kim, Jin-Keun

ABSTRACT

It is necessary to investigate long-term behavior of vertical members such as column and shear wall because the long-term behavior induces the serviceability problem of reinforce-concrete structures. However, the long-term behavior on shear wall has not been fully studied.

Experimental works are performed to understand the time dependent behavior of shear wall, especially the effect of loading area in this research. Three different types of cross sections are adopted, i.e., 10×10 cm, 10×30 cm, and 10×50 cm with the same loading area of 10×10 cm.

The creep strains were different from point to point in the section of the shear wall specimen because of the nonlinear stress distribution. The effect of the nonlinear stress distribution was larger in the specimen with the larger width.

1. 서론

철근콘크리트 구조물에 사용되는 부재 중 전단벽과 기둥은 매우 큰 수직하중을 받게 된다. 잘 알려진 바와 같이 콘크리트는 건조수축과 크리프 특성을 갖으며, 이로 인해 장기간에 걸친 변형이 발생한다. 특히 전단벽과 기둥과 같은 수직부재의 시간의존적 거동은 상호 상이한 축변형을 유발할 수 있다. 이로 인해 구조물의 사용성에 문제를 초래하거나 과도한 응력을 발생시켜 심각한 손상을 줄 수도 있다. 따라서 이들 부재의 시간의존적 거동 특성을 파악하는 것이 필요하다¹⁾²⁾.

지금까지 콘크리트의 크리프와 건조수축에 관한 많은 연구에서 기둥의 장기거동에 대한 해석법 개발과 실험적인 특성 파악은 많은 성과가 있었다³⁾. 하지만 전단벽에 관한 연구는 부족한 실정이다.

본 연구에서는 전단벽에 지속하중을 가하는 실험을 실시하였다. 실험변수는 세 가지로 하중이 가해지는 폭은 일정하고 벽체 단면의 폭을 변화시켜 단면 내 비선형 응력분포로 인한 크리프 특성을 파악하고자 하였다.

2. 실험 변수 및 방법

벽체에 대한 장기거동 실험의 변수는 다음과 같다. .

- ① SW-10 : 하중이 가해지는 폭은 10 cm이고 벽체의 폭은 10 cm인 경우
- ② SW-30 : 하중이 가해지는 폭은 10 cm이고 벽체의 폭은 30 cm인 경우
- ③ SW-50 : 하중이 가해지는 폭은 10 cm이고 벽체의 폭은 50 cm인 경우

* 정회원, 한국과학기술원 토목공학과 박사과정

** 정회원, 한국과학기술원 토목공학과 교수

하중이 가해지는 폭은 일정하게 하고 단면의 폭을 변화시켜 응력의 흐름에 따른 장기거동 특성을 파악하고자 하였다. 세 가지 변수 모두 단면의 두께는 10 cm로 하였다. 실험변수에 대한 실험체의 구체적인 형상은 그림 1 과 같다.

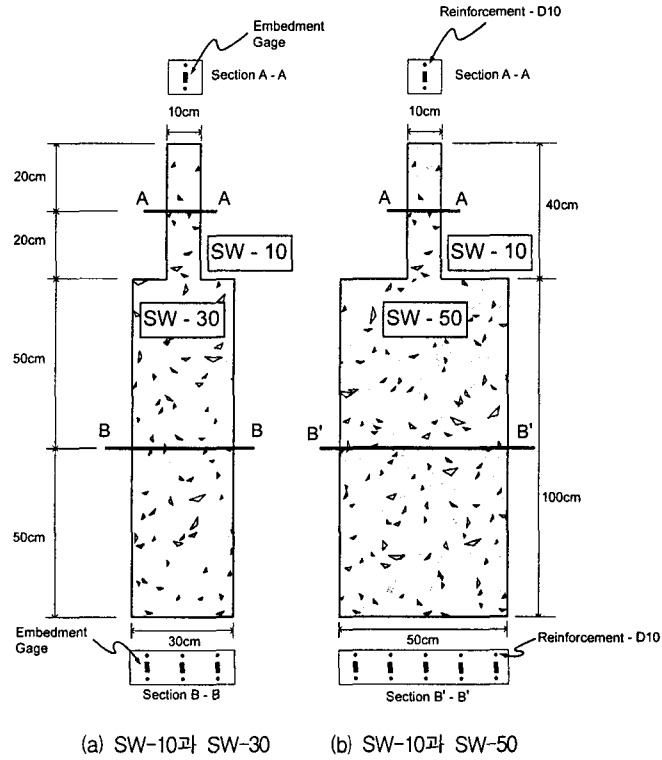


그림 1 벽체 실험체의 형상

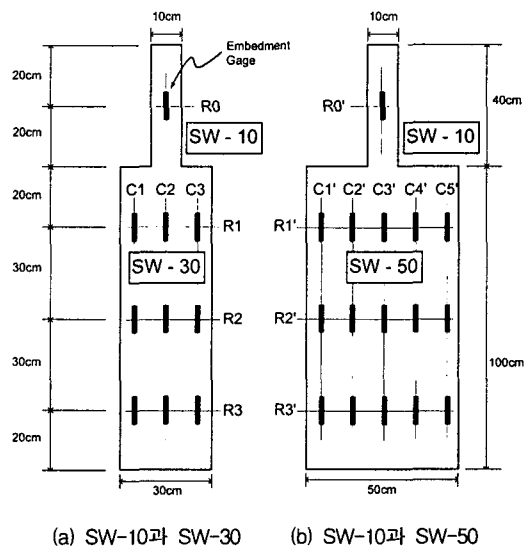


그림 2 매립게이지의 위치 및 명칭

SW-10에 대해서는 4개, SW-30과 SW-50에 대해서는 2개의 실험체를 만들어 크리프 실험을 수행하였다. 각 실험체에 설치된 콘크리트 매립게이지의 위치 및 명칭은 그림 2와 같다. SW-10의 경우 게이지 위치는 R0, R0'과 같고, SW-30 실험체의 경우 횡방향 게이지 위치는 R1, R2, R3로 정하였고, 종방향으로는 C1, C2, C3 정하여, 각 게이지 위치에 따른 명칭은 횡방향과 종방향 명칭의 조합으로 정하였다. SW-50 실험체의 경우도 그림 2에 나타난 바와 같이 정하였다.

시간에 따라 일정한 하중을 유지하기 위해 50 tonf 용량의 크리프 실험기를 사용하여 가압하였다. 3 가지 변수 모두 10 tonf의 하중을 가하였다. 건조수축에 따른 효과를 없애기 위해 모든 실험체에 파라핀을 도포하여 외부 대기와 차단시켰으며, 온도에 따른 효과를 억제하기 위해 20℃를 유지하는 항온실에서 실험하였다.

실험에 사용된 콘크리트의 배합은 표 1과 같다. 콘크리트 재령이 28일일 때 실험을 시작하였고, 이 때의 콘크리트 강도와 탄성계수는 각각 230 kgf/cm²과 220,000 kgf/cm²이었다.

표 1 콘크리트 배합

water-cement ratio(%)	fine aggregate ratio (%)	unit weight(kgf/cm ³)				
		water	cement	fine aggregate	coarse aggregate	plasticizer
58	43	187	320	776	1036	1.6

3. 실험결과 및 분석

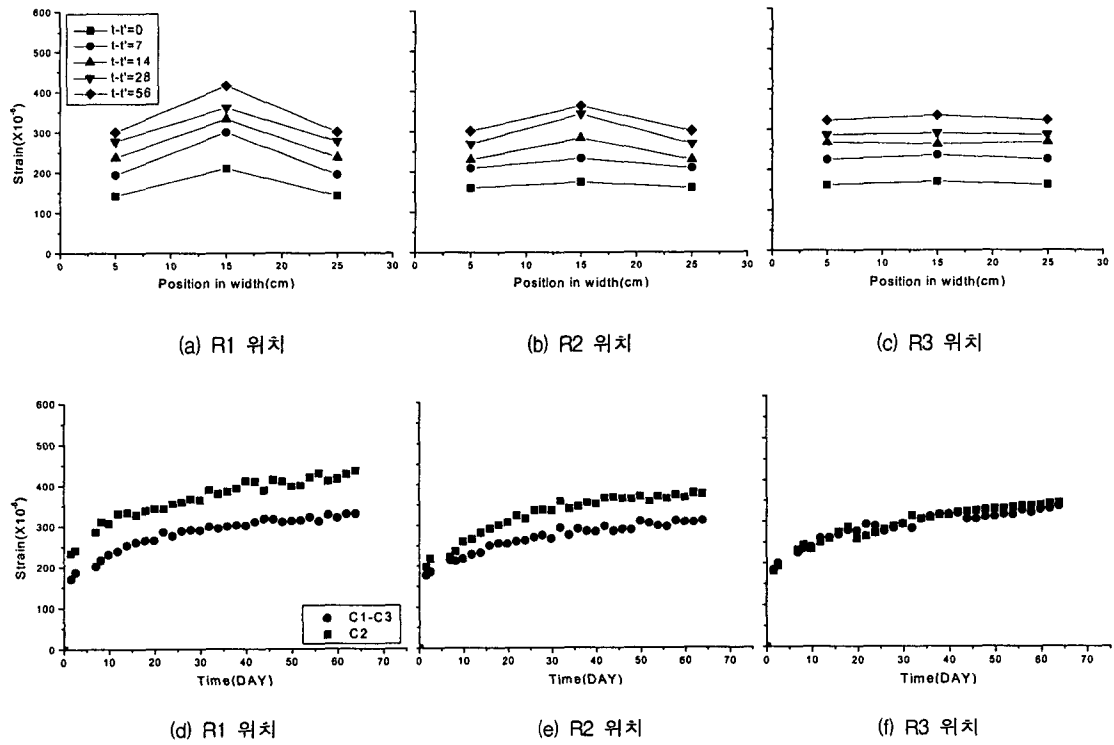


그림 3 C1, C2, C3의 시간에 따른 변형률 분포(SW-30)

벽체의 폭이 30 cm인 SW-30에 대해 횡방향 각 위치에서의 시간에 따른 변형률 변화를 알아보기 위해

R1, R2, R3 위치에서 각각 C1, C2, C3 위치의 변형률을 나타내면 다음과 같다. 그림 3(a)는 R1 위치에서 C1, C2, C3의 시간에 따른 변형률 분포를 나타낸 것이다. C1과 C3 위치는 서로 대칭이므로 평균하여 같은 값으로 나타내었다. 그림에서 $t-t'$ 은 하중이 가해지는 시점부터의 하중 재하시간을 의미한다. 여기서 t 는 현재의 콘크리트 재령이고 t' 은 가압시점의 재령이다. 가압시점부터 중심부인 C2 위치의 변형률은 C1과 C3 위치에서보다 높은 변형률 값을 나타내며, 시간에 따른 변형률 증가의 경향도 중심부가 크게 나타났다. 이는 R1 위치에서 벽체 폭의 변화로 인해 발생하는 비선형 응력분포 때문인 것으로 판단된다.

그림 3(b)는 R2 위치에서 C1, C2, C3의 시간에 따른 변형률 분포를 나타낸 것이다. 가압시점에서 위치에 따른 변형률 차이는 R1 위치에 비해 크지 않으며, 시간이 증가함에 따라 중심부(C2)에서의 변형률이 상대적으로 크게 나타나지만, R1 위치에서보다 위치에 따른 변형률 차이는 크게 감소한 것으로 나타났다. 이는 R1 위치에 비해 R2 위치의 횡방향 응력분포의 차이가 크지 않기 때문인 것으로 판단된다.

그림 3(c)는 R3 위치에서 C1, C2, C3의 시간에 따른 변형률 분포를 나타낸 것이다. 가압시점에서 위치에 따른 변형률 차이가 거의 나타나지 않으며, 시간의 증가에 따라라도 위치에 따른 변형률 차이가 나타나지 않는다. R3 위치에서의 단면내 작용 응력이 일정한 것으로 판단된다. 이상의 결과에서 단면의 폭이 변화하는 위치에서 가장 가까운 R1에서 각 위치별 응력과 변형률 분포의 차이가 크게 나타났고, R2와 R3의 순으로 단면내 응력 및 변형률 분포가 일정하게 변화하는 것으로 나타났다. 따라서 벽체폭이 재하폭의 3배인 이 SW-30의 경우 재하 적에서 벽체폭의 약 2배가량 하부부터는 응력이 일정하게 분포된다는 것을 알 수 있다.

그림 3(d), (e), (f)는 R1, R2, R3 위치에서 C1, C3 위치의 변형률 평균값과 C2 위치의 변형률을 시간에 따라 나타낸 것이다. 비선형 응력분포로 인해 R1 위치에서 변형률의 차이는 크게 나타나고 R3 위치에서 변형률의 차이는 거의 없었다. 하중이 가해지는 위치에서 멀어질수록 비선형적인 응력분포가 균등한 분포로 변화했음을 알 수 있다.

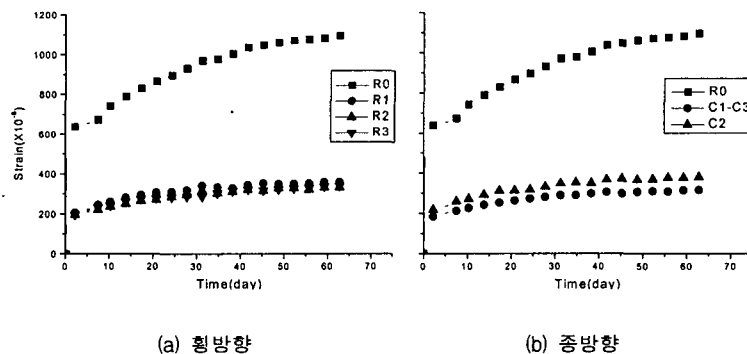


그림 4 각 위치에서의 시간에 따른 변형률 변화(SW-30)

횡방향 위치별 시간에 따른 단면의 평균적인 변형률 변화는 그림 4(a)와 같다. 그림 4(a)는 SW-10의 R0과 SW-30의 R1, R2, R3 위치에서 측정된 C1, C2, C3의 변형률을 평균하여 나타낸 것이다. R0 위치는 다른 위치에 비해 단면의 크기가 1/3로 응력의 크기가 상대적으로 크기 때문에 초기부터 변형률의 크기가 크게 나타난다. R1, R2, R3을 비교했을 때 R1 위치의 변형률 발생이 R2, R3에 비해 다소 크게 나타났고, R2와 R3의 경우 거의 같은 변형률 발생을 보이고 있다. 위치마다 단면내의 응력분포가 다른 데도 평균적인 변형률은 비슷한 크기와 양상을 나타내고 있다. 이는 각 단면에서 평균응력이 모두 동일하기 때문이며, R1 위치에서 다소 크게 나타나는 것은 R1 위치에서 단면의 응력분포가 비선형적으로 나타나기 때문인 것으로 판단된다.

종방향 위치별 시간에 따른 단면의 평균적인 변형률 변화는 그림 4(b)와 같다. 그림 4(b)는 SW-10의 R0 위치와 SW-30의 C1, C2, C3 위치에서의 시간에 따른 변형률 변화를 나타낸 것이다. C1, C2, C3 각각에 대해 종방향으로 3개의 게이지에서 측정된 값을 평균하여 나타내었다. C1과 C3는 대칭인 위치이기 때문에 평균값으로 나타내었다. R0의 경우는 가해지는 응력이 크기 때문에 상대적으로 큰 변형률을 나타내

었다. C1, C3 위치는 C2 위치와 비교했을 때, 가압시점에서와 시간에 따른 변형률발생이 작은 것으로 나타났다. 이는 단면의 폭이 변하여 나타나는 비선형 응력분포 때문이다. 특히 R0 위치는 R2와 R3 위치에서 보다 응력분포의 구배가 크기 때문에 종방향 위치에서 중심부(C2)의 변형률 발생이 C1과 C3에 비해 크게 나타나는 데 가장 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

다음으로 벽체의 폭이 50 cm인 SW-50에 대한 실험결과를 살펴보겠다. 횡방향 각 위치에서의 시간에 따른 변형률 변화를 알아보기 위해 R1', R2', R3' 위치에서 각각 C1', C2', C3', C4', C5' 위치의 변형률 변화를 나타내면 다음과 같다.

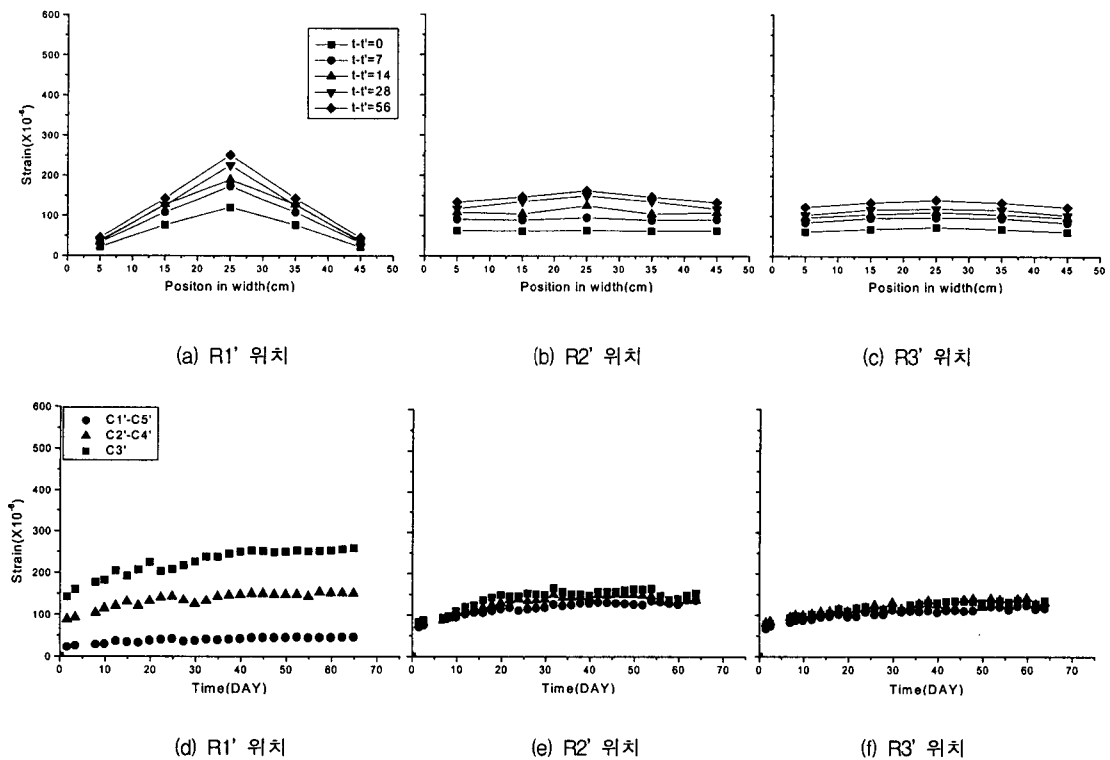


그림 5 C1', C2', C3', C4', C5'의 시간에 따른 변형률 분포(SW-50)

그림 5(a)는 R1' 위치에서 C1', C2', C3', C4', C5'의 시간에 따른 변형률 분포를 나타낸 것이다. C1'과 C5', C2'과 C4' 위치는 서로 대칭이므로 평균하여 같은 값으로 나타내었다. 가압시점부터 중심부가 가장 큰 변형률을 발생하며, 그림 3(a)와 비교했을 때 각 위치에서의 변형률 분포 차이가 더 크게 나타났다. 이는 폭이 넓은 SW-50의 경우가 SW-30보다 횡방향으로 같은 위치에서의 응력분포의 구배가 더 크기 때문인 것으로 판단된다. 하지만 SW-50의 경우는 단면이 크기 때문에 단면내에 가해지는 평균적인 응력이 작아서, 전체적인 변형률의 크기는 SW-30의 경우가 더 크게 나타났다.

그림 5(b)는 R2' 위치에서 C1', C2', C3', C4', C5'의 시간에 따른 변형률 분포를 나타낸 것이다. 가압시점에서 각 위치의 변형률의 크기는 거의 같으며, 시간이 지남에 따라 중심부의 변형률이 다소 크게 발생하였다. 그림 5(a)와 비교했을 때 단면내 응력의 분포가 거의 균일한 것으로 판단된다.

그림 5(c)는 R3' 위치에서 C1', C2', C3', C4', C5'의 시간에 따른 변형률 분포를 나타낸 것이다. R1', R2'의 경우와 비교했을 때 각 위치에서의 변형률 크기의 차이가 작으며, 시간에 따른 변형률 발생도 각 위치에서 거의 동일하게 나타난다. 단면의 폭이 변하는 데서 기인하는 비선형 응력분포의 영향은 R1'에서 가장 크게 나타났으며, R3'에서 가장 작게 나타났다. 비선형적인 응력의 분포는 단면의 폭이 변하는 위치에서 아래로 내려오면서 일정한 크기의 응력분포 상태로 변화하기 때문이다.

그림 5(d), (e), (f)는 R1', R2', R3' 위치에서 C1', C5' 위치의 평균변형률, C2'과 C4' 위치의 평균변형률, C3' 위치의 변형률을 시간에 따라 나타낸 것이다. 그림 5(d)와 그림3(d)을 비교했을 때 단면의 폭이 클수록 비선형 응력분포에 따른 각 위치별 변형률의 차이가 크게 나타났다.

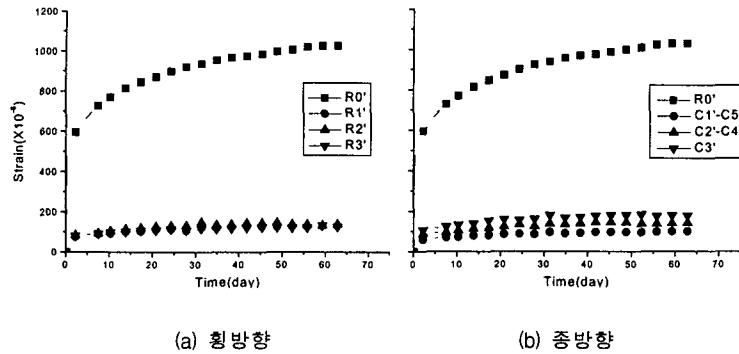


그림 6 각 위치에서의 시간에 따른 변형률 변화(SW-50)

횡방향 위치별 시간에 따른 단면의 평균적인 변형률 변화는 그림 6(a)와 같다. 그림 6(a)는 R0' 과 R1', R2', R3' 위치에서 측정된 C1', C2', C3', C4', C5'의 변형률을 평균하여 나타낸 것이다. R0' 위치는 다른 위치에 비해 단면의 크기가 1/5로 응력이 상대적으로 크다. 따라서 초기부터 변형률의 크기가 크게 나타난다. R1', R2', R3'의 평균적인 변형률은 가압시점과 시간에 따른 변형률 증가에서 모두 거의 같은 크기와 경향을 나타내고 있다. 위치마다 단면내의 응력분포가 다름에도 평균적인 변형률이 비슷한 크기와 양상을 나타내고 있는 것은 각 단면에서 평균응력이 모두 동일하기 때문이다. 그림 4(a)와 비교해 보았을 때 SW-30에 비해 폭이 넓기 때문에 비선형 응력의 분포에 따른 효과가 크게 나타나지 않은 것으로 판단된다.

종방향 위치별 시간에 따른 단면의 평균적인 변형률 변화는 그림 6(b)와 같다. 그림 6(b)는 R0' 위치와 C1', C2', C3', C4', C5' 위치에서의 시간에 따른 변형률 변화를 나타낸 것이다. C1'과 C5', C2'와 C4'는 대칭인 위치이기 때문에 평균값으로 나타내었다. 그림 4(b)와 비교했을 때 같은 경향을 보이며, 단면적의 차이로 인해 변형률은 값은 작게 나타났다.

4. 결론

본 연구에서 수행한 실험으로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 벽체의 일부분에 하중이 가해지는 경우 벽체 내의 일정 범위에서 비선형적인 응력분포가 나타난다.
- 2) 이러한 비선형적인 응력 분포로 인해 단면내의 크리프 발생량은 차이를 보이게 된다.
- 3) 각 단면에서 평균응력은 모두 동일하며 횡방향 변형률의 평균값은 거의 동일하게 나타났다.
- 4) 벽체의 폭이 증가함에 따라 비선형적 응력 분포에 의한 단면내 시간에 따른 변형률 발생의 차이가 더 커지는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Neville, A. M., Dilger, W. H., and Brooks, J. J., "Creep of Plain and Structural Concrete." Construction Press, 1983, London.
2. Fintel, M., Ghosh, S. K., and Iyenger, H., "Column Shortening in Tall Structures - Prediction and Compensation," PCA, 1987.
3. Gilbert R. I., "Time Effects in Concrete Structures". Elsevier, 1988.