

# 초기재령 콘크리트 슬래브의 처짐 예측

## Mechanical Properties of Reinforced Concrete Slabs at Early Ages

신성우<sup>\*</sup>                      유석형<sup>\*\*</sup>                      오성진<sup>\*\*\*</sup>  
Sung-Woo Shin              Suk-Hyung Yoo              Sung-Jin Oh  
                                 황동규<sup>\*\*\*\*</sup>                      박기홍<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
                                 Dong-Gyu Hwang              Gi-Hong Park

### Abstract

The mechanical properties of concrete such as modulus of elasticity, bond strength and shear strength are proportional to square root of compressive strength. And compressive strength of concrete is developed rapidly at early ages. Thus the relationship between compressive strength and its mechanical properties should be verified because the mechanical properties of early age concrete and hardened concrete are different.

In this study, to predict the concrete slab deflection at early ages, modulus of elasticity and effective moment of inertia(I<sub>e</sub>) are observed and compared with experimental results.

### 1. 서론

철근 콘크리트 공사에 있어서 거푸집은 구조물의 콘크리트가 자중 및 시공하중을 견디기에 충분한 강도를 확보할 때까지 존치 시켜야 한다. 1999년 제·개정된 「콘크리트 표준시방서」에서는 이전에 획일적으로 정하여진 거푸집 존치기간을 콘크리트 설계기준강도에 따라서 거푸집을 제거하도록 함으로써 보다 합리적이고 융통성 있는 시방기준을 제시하고 있다. 슬래브 및 보의 밑면, 아치내면의 경우 설계기준강도의 2/3(단, 140 kgf/cm<sup>2</sup> 이상)가 확보되면 거푸집을 제거할 수 있도록 하고 있어 고강도 콘크리트의 활용으로 거푸집 존치기간을 단축시키는 사례가 늘어나고 있다.

콘크리트의 탄성계수, 부착력 및 전단강도 등과 같은 역학적 성질은 압축강도의 제곱근에 비례하는 것으로 규명되었으며, 콘크리트의 압축강도발현 속도는 타설 초기에 급속하게 진전된다. 따라서 초기재령 콘크리트의 역학적 성질은 굳은 콘크리트와는 다른 특성을 지니고 있으므로 슬래브 거푸집의 제거시 발현된 압축강도와 이들 역학적 특성들을 규명할 필요가 있다.

\* 한양대학교 교수, 정회원  
\*\* 한양대학교 박사과정, 학생회원  
\*\*\* 한양대학교 석사과정

\*\*\*\* 두산건설(주) 기술연구소 차장  
\*\*\*\*\* 두산건설(주) 기술연구소 과장

본 연구에서는 초기재령 콘크리트 슬래브의 처짐을 예측하기 위하여 탄성계수 및 유효단면 2차모멘트를 고찰하고 이를 실험결과와 비교하였다.

## 2. 실험

실험체는 일반 아파트의 거실부분을 대상으로 그림 1과 같이 제작하였으며, 사용된 콘크리트 배합비는 표1과 같다. 슬래브 거푸집은 코아 콘크리트의 강도가  $2/3f_{ck}$ 에 도달하는 시기에 시공하중인  $150\text{kgf/m}^2$ 을 물을 채워 등분포 가력한 후 동바리와 함께 제거하였다. 코아 콘크리트의 압축강도 실험결과 및 5m스팬의 중앙에서의 처짐 측정 결과는 그림 2와 그림3과 같다.

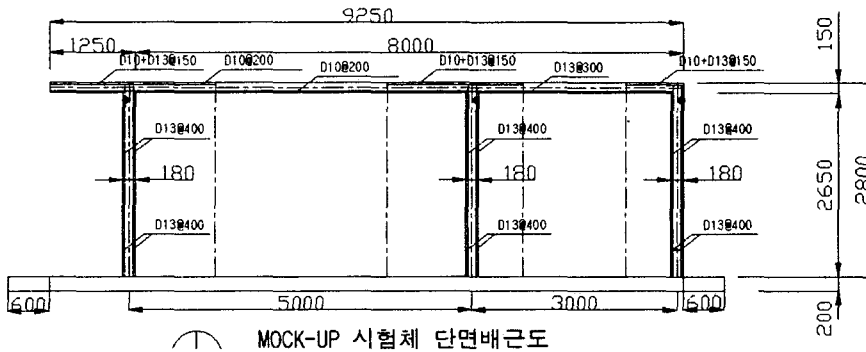


그림 4 Mock up 실험체 상세도

표 1 콘크리트 배합비

단위 : kg

규격	굵은골재	잔골재	시멘트	F/A	사용수	AD
25-350-15	880	844	381	67	138	2.24

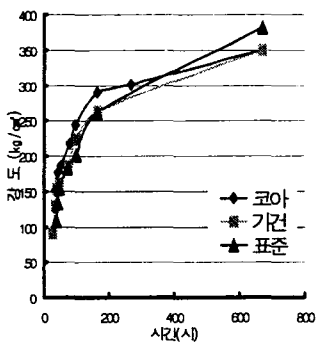


그림 2 재령별 압축강도 측정결과

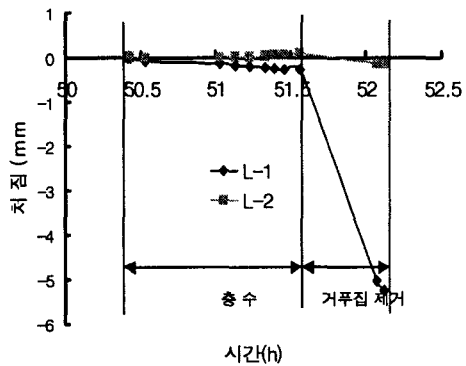


그림 3 거푸집 제거시 처짐

### 3. 처짐 예측식

#### 3.1 탄성계수

초기재령 콘크리트의 탄성계수는 코아 공시체의 응력-변형을 곡선에서  $0.45f_{ck}$ 의 할선탄성계수를 구하고 회귀분석을 통하여 식 1과 같이 산정하였다. 이는 기존의 연구에서 제시하는 초기재령 콘크리트의 탄성계수범위 내에서 변화하였다.

$$E_C = 0.0797f_{CK}^{0.6012} \times 10^5 (\text{kgf/cm}^2) \quad (1)$$

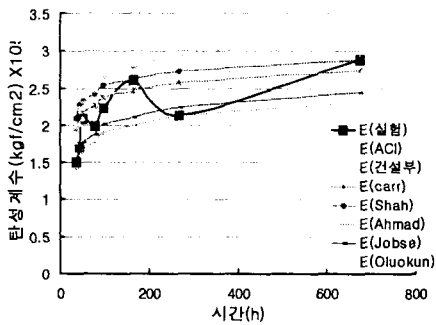


그림 4 시간에 따른 탄성계수의 변화

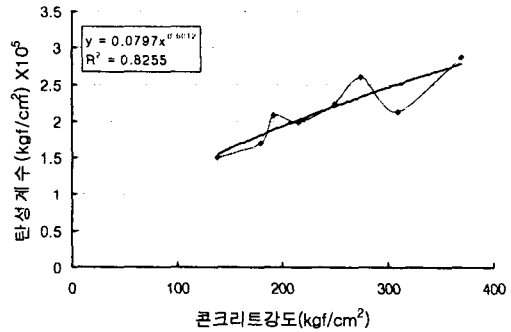


그림 8 압축강도와 탄성계수

#### 3.2 유효단면 2차모멘트

양단 연속 휨부재의 유효단면 2차모멘트( $I_e$ )를 구하는 식 2는 철근과 콘크리트사이의 부착력이 작은 초기재령 콘크리트에서는 작아질 것으로 판단된다. 따라서 초기재령 콘크리트 부재의 유효단면 2차 모멘트비  $1.79I_w/I_s$ 를  $I$ 로 치환한 후 처짐각법을 이용하여 식 3, 4, 5, 6과 같이 미지수를 구하고 식 7, 8, 9와 같이 부재 내력을 구하였다. 탄성곡선법을 이용하여 식 10과 같이  $I$ 만을 미지수로 하는 스펠 중앙에서의 처짐식을 실험결과와 일치하도록 하고  $I_w$ 는 벽체의 비균열단면 2차모멘트( $I_g$ )를 대입함으로써  $I_s$ 를 구할 수 있다.

$$I_e = 0.7I_{em} + 0.15(I_{e1} + I_{e2}) \quad (2)$$

$$\phi_B = (0.64I^2 + 23.24I + 27.82)/(3I^3 + 40I^2 + 78I + 40) \quad (3)$$

$$\phi_D = (-2.59I^2 - 12.28I - 13.13)/(3I^3 + 40I^2 + 78I + 40) \quad (4)$$

$$\phi_F = (1.87I^2 - 5.63I - 0.78)/(3I^3 + 40I^2 + 78I + 40) \quad (5)$$

$$\psi = (0.64I + 1.74)/(I^2 + 12I + 10) \quad (6)$$

$$M_{bd} = (-1.31I^2 + 34.2I + 42.5)/(3I^3 + 40I^2 + 78I + 40) - 17/10 \quad (7)$$

$$M_{db} = (-4.54I^2 - 1.33I + 1.55)/(3I^3 + 40I^2 + 78I + 40) + 17/10 \quad (8)$$

$$V_b = (1.17I^2 - 6.57I - 8.8)/(3I^3 + 40I^2 + 78I + 40) + 51/25 \quad (9)$$

$$y = (3.12M_{bd} - 13.02V_b + 11.95)/EI = 0.0524 \quad (10)$$

위와 같이 실험결과와 처짐과 비교하여 구한 초기재령 콘크리트 슬래브의 유효단면 2차모멘트( $I_e$ )는 0.0004142로서 식 2에서 구한  $I_e$ 값 0.00045와 비교하여 다소 작게 나타났는데 이는 철근과 콘크리트의

부착이 제대로 확보되지 않았기 때문인 것으로 판단된다.

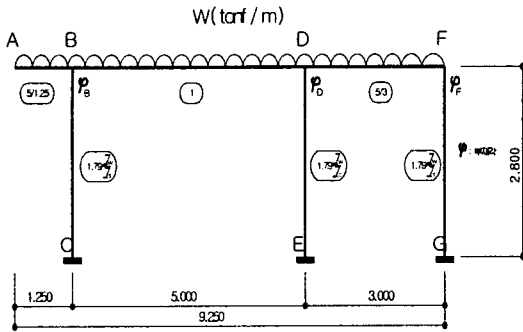


그림 6 처짐각법 해석 모델

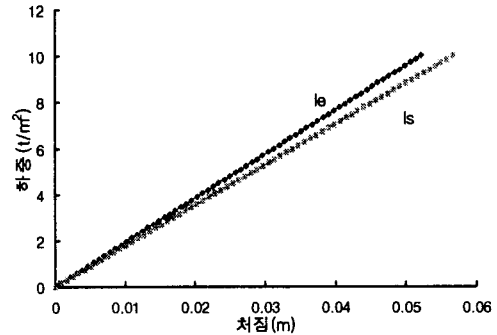


그림 7 하중-침짐 관계

### 결론

1. 본 연구에서 구한 초기재령 콘크리트의 탄성계수는 콘크리트 압축강도의 0.6012승에 비례하는 것으로 나타났다.
2. 실험결과를 바탕으로 구한 초기재령 콘크리트의 유효단면 2차모멘트는 굳은 콘크리트에 적용할 수 있는 유효단면 2차모멘트보다 작게 나타났으며, 이는 철근과 콘크리트 사이의 부착력이 충분히 확보되지 않았기 때문인 것으로 판단된다.
3. 향후 초기재령 콘크리트의 부착력에 대한 실험을 수행하고 이를 초기재령 콘크리트의 단면 2차모멘트 산정시 반영할 수 있는 방안이 강구되어야 할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 두산건설(주) 기술연구소의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. H. S. LEW and T. W. REICHRD, "Mechanical Properties of Concrete at Early Ages", ACI journal Proceedings No. 75, 1975, pp 533-542.
2. Francis A. Oluokun, Edwin G. Burdette, and J. Harold Deatherage, "Elastic Modulus, Poisson's Ratio, and Compressive Strength Relationships at Early Ages", ACI Materials journal No. 88, 1991, pp 3-10.
3. Arshad A. Khan, William D. Cook, and Denis Mitchell, "Early Age Compressive Stress-Strain Properties of Low-, Medium, and High-Strength Concrete", ACI Materials journal No. 92, 1995, pp 617-624.
4. Habib A. Mesbah, Mohamed Lachemi, and Pierre-Claude Aitcin, "Determination of Elastic Properties of High-Performance Concrete at Early Ages", ACI Materials journal No. 99, 2002, pp 37-41.