

철근 콘크리트 플랫 플레이트 처짐의 변동성 평가

김민숙¹ · 조은선¹ · 이영학^{1*}

¹경희대학교 건축공학과

Variability of Deflections for Reinforced Concrete Flat Plate

Min Sook Kim¹, Eunsun Jo¹ and Young Hak Lee^{1*}

¹Department of Architectural Engineering, Kyung Hee University, Yongin, 446-701, Korea

Abstract

The deflection of reinforced concrete members can be highly variable, due to uncertainties in the characteristics of the concrete. However, current standards do not take this problem into account, instead recommending only the minimum thickness and maximum allowable deflections based on empirical data. This paper is aimed at evaluation deflection variabilities by applying a probabilistic analysis model to a finite element analysis model. To evaluate the variabilities of deflections, a Monte Carlo simulation, which incorporated the eight parameters related to concrete, reinforcement, member size, and tension stiffening. The results showed that larger spans were more sensitive to the deflection due to loads and that as the applied live loads were increases and the slab thickness were decreased, the deflection variability increased.

Keywords : reinforced concrete, flat plate, deflection, serviceability, variability

1. 서 론

철근 콘크리트 부재의 처짐은 주로 변동성이 높은 변수를 포함한 콘크리트에 의해 좌우되기 때문에 이를 정확히 예측하기가 무척 어렵다. 따라서 구조설계 시, 보다 간편하게 처짐 제한의 만족 여부를 판단하기 위해서 국내 콘크리트 구조설계기준(KCI, 2012) 및 ACI Building Code(ACI 318-11)에서는 보를 포함한 일방향 슬래브 및 이방향 슬래브의 처짐 제어를 위한 두 가지 방법을 제시하고 있다. 첫 번째는 부재의 최소두께를 제시하는 것이다. 설계하고자 하는 부재의 두께가 최소두께 기준과 같거나 이보다 클 경우 별도의 처짐 계산은 하지 않아도 된다. 두 번째는 최대 허용 처짐에 대한 한계값을 제시하는 것이다. 이는 구조 설계자가 보다 쉽게 처짐을 고려할 수 있는 방법이지만 선택한 부재의 두께에 대한 예상 처짐을 알 수 없다는 점과 이를 적용할 수 있는 구체적인 조건들, 예를 들면 하중의 크기 또는 스펠 길이의 한계 등에 대한 명시가 되어 있지 않다. 따라서 현재 처짐 제한을 위한 최소 두께 및 최대 허용

처짐에 대한 기준은 더 많은 설계조건을 고려할 수 있도록 개선되어야 한다는 의견이 지속적으로 논의되고 있다(Scanlon *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2007; Gardner, 2011).

처짐에 영향을 미치는 설계인자들의 변동성에 대한 중요성은 기존 연구(Scanlon *et al.*, 1999)를 통해 확인되었음에도 부재치수, 재료특성 등으로 인해 발생하는 불확실성을 고려하기 보다는 처짐에 영향을 주는 변수들을 상수로 사용하는 결정론적 방법이 주로 적용되고 있다. 특히, 이방향 슬래브는 보 또는 일방향 슬래브에 비해 거동이 복잡하다는 이유로 이에 대한 처짐의 변동성을 연구한 사례는 전무하다. 철근 콘크리트 수평부재의 설계과정에 필요한 설계변수들은 변동성을 가지고 있기 때문에 이를 확률변수로 정의하는 해석적 접근이 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 기존 연구(Kim *et al.*, 2011)를 통해 이방향 슬래브 처짐 예측의 정확성이 검증된 유한요소해석 모델에 확률해석을 적용하여 이방향 슬래브 중, 플랫 플레이트의 처짐의 변동성에 대해 평가하고자 하였다.

* Corresponding author:

Tel: +82-31-201-3815; E-mail: leeyh@khu.ac.kr

Received November 7 2014; Revised November 17 2014

Accepted November 18 2014

©2014 by Computational Structural Engineering Institute of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

2. 유한요소해석 모델

본 논문의 유한요소해석은 기존 논문(Kim *et al.*, 2011)에서 제시한 유한요소해석 모델을 사용하였다. 철근 콘크리트 플랫 플레이트의 처짐을 예측하기 위한 유한요소해석 모델 수립을 위해 8절점 등매개 감절점 요소(Hinton *et al.*, 1984)를 선택하였다. 또한 철근 배근으로 인해 두께 방향으로 다른 물성치를 가지는 철근 콘크리트 부재의 거동을 고려하기 위해 적층 요소를 적용하였다. 콘크리트의 압축거동을 나타내기 위해서 Thorenfeldt 등(1987)이 제안하고 Collins 등(1989)이 수정한 Fig.1의 모델을 적용하였다.

또한, 콘크리트의 인장강성 효과(tension stiffening effect)를 고려할 수 있는 Fig. 2의 모델(Hinton *et al.*, 1984)을 적용하였다. 균열이 발생한 콘크리트의 거동을 탄성계수를 사용하여 고려하였으며, 이 때의 탄성계수 E_i 는 다음과 같이 표현된다.

$$E_i = \alpha_1 f'_t (1 - \epsilon_i / \epsilon_m) / \epsilon_i \tag{1}$$

$$\epsilon_t \leq \epsilon_i \leq \epsilon_m \tag{2}$$

$$\sigma_1 = \alpha f'_t (1 - \epsilon_1 / \epsilon_m) \tag{3}$$

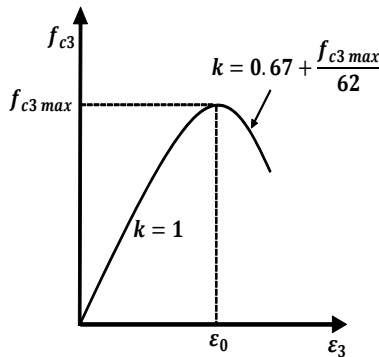


Fig. 1 Stress-strain relationship for concrete in compression(Collins *et al.* 1989)

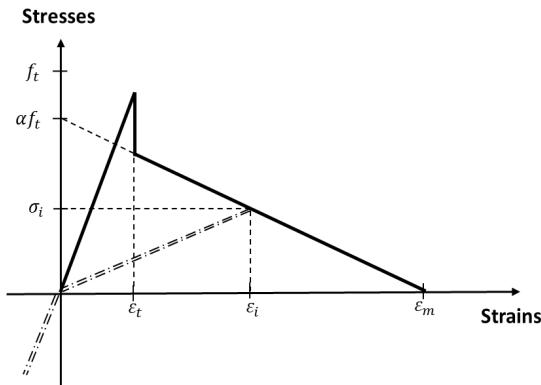


Fig. 2 Stress-strain relationship for concrete in tension

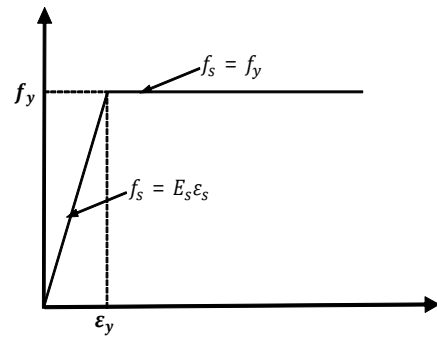


Fig. 3 Stress-strain relationship for reinforcement

$$\sigma_1 = \alpha_1 (\epsilon_1 / \epsilon_i) \tag{4}$$

여기서, α 는 tension stiffening parameter이며 f'_t 은 콘크리트 인장응력, ϵ_i 는 콘크리트 인장축 탄성계수, ϵ_t 는 균열발생으로 인해 감소된 탄성계수, ϵ_m 은 평균 탄성계수이다.

콘크리트에 보강되는 철근은 요소 전체의 강성에 기여하기 때문에 전체 재료 강성행렬은 콘크리트와 철근의 합으로 이루어진다. 각 철근은 각 층(layer)에 모델링되며 철근의 응력-변형률 관계는 Fig. 3과 같이 항복점까지 선형 탄성거동한 후 그 이후 완전 소성하는 것으로 고려하였다. 철근의 응력은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$f_s = E_s \cdot \epsilon_s \leq f_y \tag{5}$$

모든 해석 모델의 요소 크기는 100mm로 하였으며 두께 방향으로 10개의 층으로 나누어 콘크리트와 철근의 물성 특성을 입력하였다. 철근은 2번째 층에 위치하도록 하였다. 해석 모델의 경계조건은 단순지지로 설정하였으며 해석 모델의 상부의 모든 노드에 하중이 재하되도록 하였다.

3. 확률론적 모델

3.1 확률변수

철근 콘크리트 플랫 플레이트에 대한 처짐의 변동성을 평가하기 위해 2장에 제시된 유한요소해석 모델에 몬테카를로 시뮬레이션(monte carlo simulation) 기법을 적용하여 확률해석을 수행하였다. 몬테카를로 시뮬레이션은 시뮬레이션을 수행할 때마다 각 변수들의 확률분포를 바탕으로 얻을 수 있는 무작위변수들의 집합을 사용하여 이루어지는 반복과정으로, 확률분포를 가지는 무작위변수와 관련된 문제에 대하여 효과적으로 사용되는 방법이다. 처짐에 대한 확률적 접근을 위해서는 처짐에 영향을 미치는 필수적인 인자들에 대한

Table 1 Random variables for Monte Carlo simulation

Variables		Mean	COV	Standards deviation	Distribution
Concrete	f'_c	$0.1147f'_c + 7.58 \leq 0.0079f'_c$ (MPa)	0.176	-	Normal
	f_r	$0.688 \sqrt{f'_c}$ (MPa)	0.218	-	Normal
	E_c	$5314 \sqrt{f'_c}$ (MPa)	0.119		Normal
Reinforcement	A_s	$0.99A_{sn}$ (mm ²)	0.024		Truncated normal
	E_s	200,000 (MPa)	0.045		Normal
Dimension	b	$4 + b_n$ (mm)	0.68/hn		Normal
	d_{st}	$d_{sn} + 1.6$ (mm)			Normal
	d_{sb}				Normal
Tension stiffening parameter	β	3	0.11	0.33	Normal

통계적 특성 파악이 우선적으로 고려되어야 한다. 본 논문에서 확률변수로 고려된 수치 데이터는 기존 연구자들의 연구 (Mirza, 1979; Choi *et al.* 2004)를 통해 도출된 데이터를 바탕으로 결정되었으며 Table 1에 각 변수에 대한 확률 분포와 특성에 대해 정리하였다.

본 논문에서는 콘크리트, 철근, 부재의 치수에 관한 변수를 확률변수로 선정하였다. 이러한 무작위 변수들은 독립변수로 가정하였으나 콘크리트 파괴계수와 탄성계수는 콘크리트 압축 강도와 종속적인 관계에 있기 때문에 콘크리트 압축강도를 무작위로 추출하고 이 값을 콘크리트의 파괴계수와 탄성계수의 평균값을 계산하는데 사용하였다. 각 변수에 주어진 변동계수를 사용하여 확률밀도함수(probability density function)를 생성하고 이로부터 무작위 표본추출이 이루어진다.

3.2 하중-시간 모델

비구조 요소의 시공으로 인한 즉시처짐을 계산하기 위해서는 시공순서와 하중이력에 대해 고려해야 한다. 일반적으로 여러 층으로 시공되는 구조물의 슬래브에서는 Fig. 4와 같이 시간에 따른 하중의 변화가 발생한다(Graham *et al.*, 1985). 초기 재령 콘크리트의 특성으로 설계강도를 발휘할 수 없기 때문에 시공 중 설치되는 요소 또는 자중으로 인한 하중은 하부 층으로 전달되어 재하되는 하중이 증가하게 된다. 시공 종료 후 하중은 다시 지속하중(sustained load)

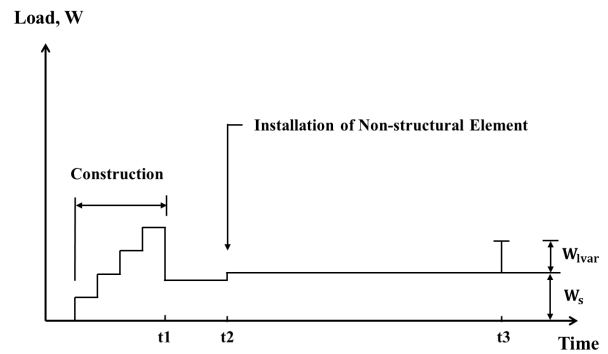


Fig. 4 Schematic load-time history(Graham *et al.*, 1985)

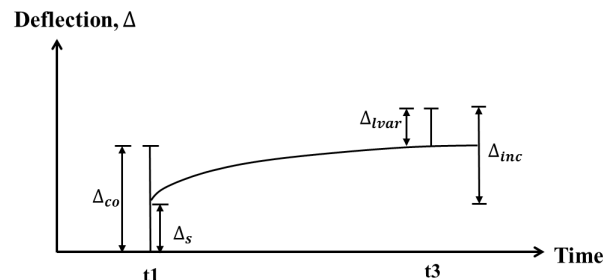


Fig. 5 Simplified load-time history(Lee, 2004)

수준으로 감소하게 된다. 지속하중은 비구조요소를 설치할 경우 증가하고 활하중의 경우에는 구조물의 생애에 걸쳐 간헐적으로 발생한다. 이를 단순화하여 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 t_1 시점에 시공하중 W_{co} 가 일시적으로 작용한다. 시공하중은 사용하중과 같은 크기의 하중으로 간주한다. 이 하중은 다시 지속하중 수준으로 감소하고 그 이후에는 일정하게 유지된다. 이후 시간 t_3 의 시점에서 일시적인 하중이 작용한다. 본 논문에서는 Lee(2004)의 연구에서와 같이 하중의 전체 작용 시간 t_3 는 8년으로 정하였다.

4. 시뮬레이션의 실행 및 결과

4.1 시뮬레이션의 실행

철근 콘크리트 플랫 플레이트의 처짐에 대한 변동성을 평가하기 위해 스펠, 슬래브 두께, 활하중의 크기를 변수로 정하였으며, Table 2와 Table 3에 정리하여 나타내었다. 다음의 파라미터는 모든 경우에 대해 동일한 값을 사용하였다.

- 콘크리트의 압축강도 : 35MPa
- 철근의 항복강도 : 420MPa
- 적재하중 : 0.73kPa
- 활하중 : 3.4kPa, 4.9kPa 경우의 지속하중 : 0.97kPa
- 활하중 : 9.7kPa 경우의 지속하중 : 2.4kPa
- 장기처짐계수 λ :2

몬테카를로 시뮬레이션의 타당한 반복횟수 결정을 위해 T35F38A 모델에 대하여 반복횟수를 300, 500, 1000, 2000회로 하여 시뮬레이션을 수행하였다. 각 반복횟수에 따른 즉시처짐 결과는 Fig. 6과 같다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 반복횟수 1000번부터 비교적 일정한 처짐과 변동계수

Table 2 Details of model for analysis

Mark	Type	l_1 (m)	l_2 (m)	h (mm)	f'_c (MPa)	l/h
T35F38A	Flat plate	3	3	80	35	38
T35F33A	Flat plate	3	3	90	35	33
T35F38B	Flat plate	5	5	130	35	38
T35F33B	Flat plate	5	5	150	35	33
T35F38C	Flat plate	7	7	185	35	38
T35F33C	Flat plate	7	7	210	35	33

Table 3 Details of loads

Mark	w_d (kPa)	w_{sus} (kPa)	w_l (kPa)	w_{var} (kPa)	w_s (kPa)	w_{co} (kPa)	ρ_x (%)	ρ_y (%)
T35F38A	2.6	0.96	3.4	2.43	3.6	6.0	0.24	0.24
	2.6	0.96	4.9	3.93	3.6	7.5	0.25	0.25
	2.6	2.4	9.7	7.3	5.0	12.3	0.49	0.49
T35F33A	2.9	0.96	3.4	2.43	3.9	6.3	0.23	0.23
	2.9	0.96	4.9	3.93	3.9	7.8	0.23	0.23
	2.9	2.4	9.7	7.3	5.3	12.6	0.34	0.34
T35F38B	3.8	0.96	3.4	2.43	4.8	7.2	0.21	0.21
	3.8	0.96	4.9	3.93	4.8	8.7	0.22	0.22
	3.8	2.4	9.7	7.3	6.2	13.5	0.42	0.42
T35F33B	4.3	0.96	3.4	2.43	5.3	7.7	0.21	0.21
	4.3	0.96	4.9	3.93	5.3	9.2	0.21	0.21
	4.3	2.4	9.7	7.3	6.7	14.0	0.30	0.30
T35F38C	5.1	0.96	3.4	2.43	6.1	8.5	0.20	0.20
	5.1	0.96	4.9	3.93	6.1	10.0	0.20	0.20
	5.1	2.4	9.7	7.3	7.5	14.8	0.39	0.39
T35F33C	5.7	0.96	3.4	2.43	6.7	9.1	0.20	0.20
	5.7	0.96	4.9	3.93	6.7	10.6	0.20	0.20
	5.7	2.4	9.7	7.3	8.1	15.4	0.29	0.29

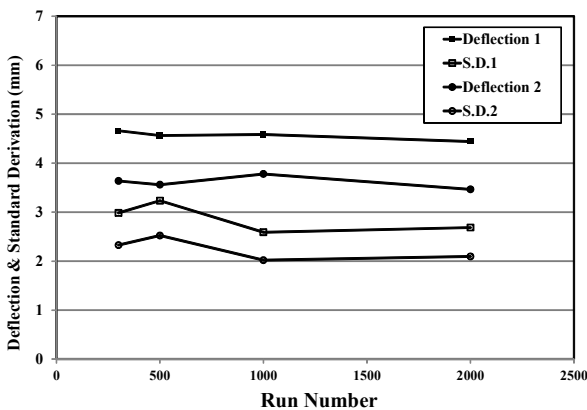


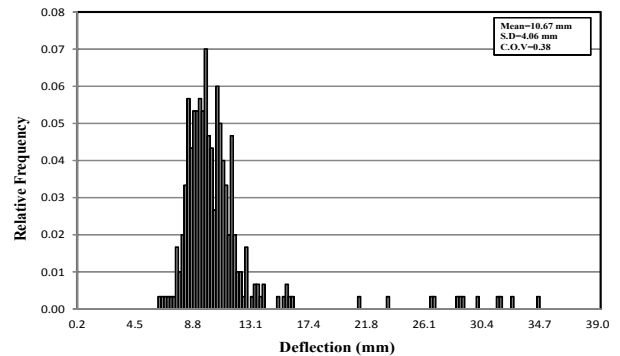
Fig. 6 Deflection and standard derivation depending on run number

가 나타나는 것을 볼 수 있다. 따라서 본 해석에 있어 몬테카를로 시뮬레이션의 반복횟수는 1,000번으로 결정하였다.

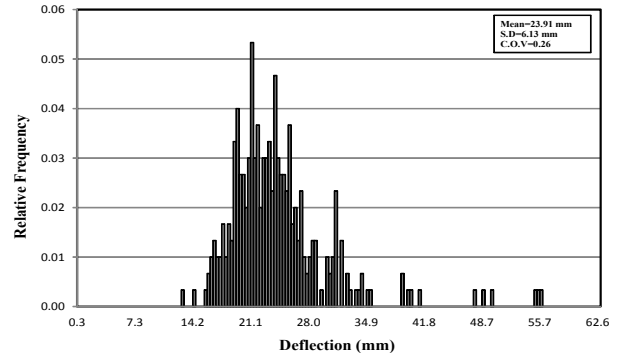
4.2 시뮬레이션 결과 분석

시공하중이 고려된 즉시처짐과 장기처짐에 따른 변동성을 파악하기 위해 스펠 7m의 경우를 비교하여 Fig. 7에 나타내었다. 즉시처짐의 경우 처짐의 평균값 근처에 처짐이 집중된 것과 달리 장기처짐의 경우 평균값보다 더 높은 처짐을 보이는 빈도가 크게 발생하였다. 이는 하중 재하 초기에는 균열이 발생하지 않았지만 지속적인 하중이 재하되고 시간이 지속됨에 따라 균열이 발생하여 큰 처짐이 발생한 것으로 판단된다.

스펠에 따라 처짐에 대한 확률분포가 어떻게 달라지는지 평가하기 위하여 스펠 3m의 경우와 스펠 7m의 경우에 대해 시공하중 및 지속하중에 의한 즉시처짐을 비교하여 Fig. 8과 Fig. 9에 나타내었다. 스펠의 증가와 관계없이 분포의 형태는 유사하게 나타났으나 시공하중을 고려한 즉시처짐은 지속하중만 고려한 즉시처짐에 비하여 큰 처짐을 나타냈다. 스펠 3m의 경우 시공하중을 고려한 처짐의 평균값은 1.73mm, 지속하중을 고려한 처짐의 평균값은 1.07mm로 나타났다. 스펠 3m 경우에는 시공하중을 고려한 처짐이 고려하지 않은 처짐에 비해 약 60% 증가한 것으로 나타났으나 스펠 7mm

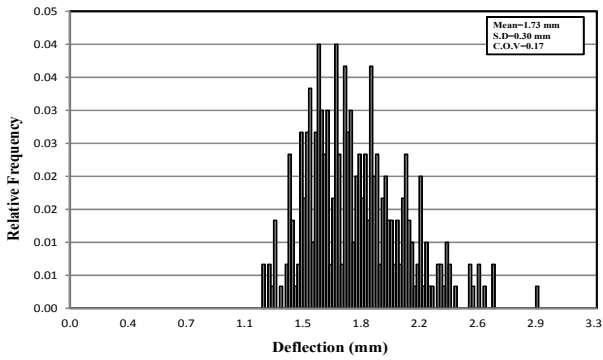


(a) Instantaneous deflection

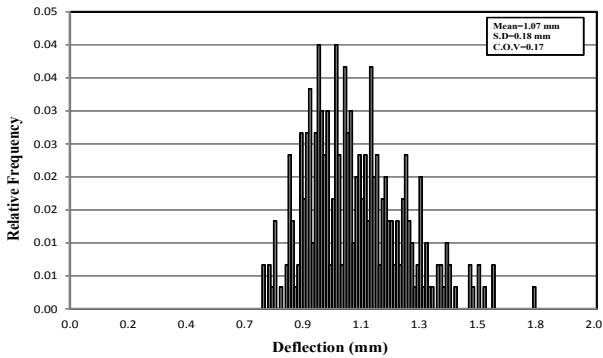


(b) Long-time deflection

Fig. 7 Histogram of T35F33C

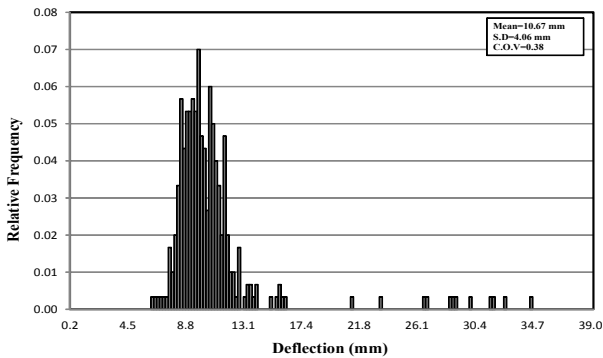


(a) Construction load

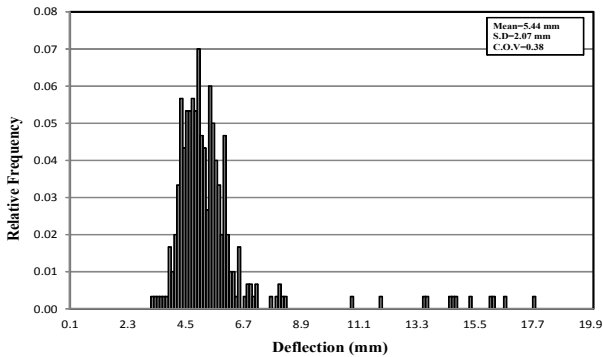


(b) Sustained load

Fig. 8 Histogram of T35F38A



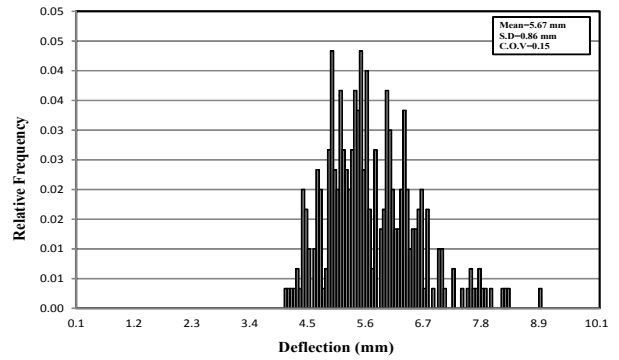
(a) Construction load



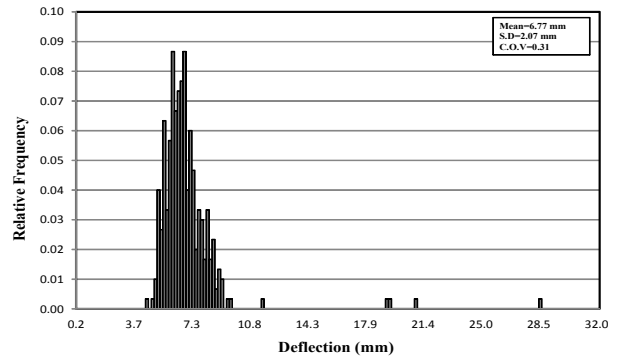
(b) Sustained load

Fig. 9 Histogram of T35F38C

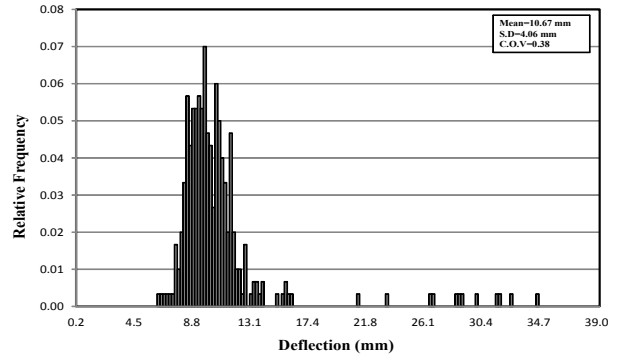
의 경우는 약 96% 증가하는 것으로 나타나 스펀이 증가할수록 활하중으로 인한 처짐에 더 민감하게 반응한다는 것을 알



(a) Live load for 3.4kPa



(b) Live load for 4.9kPa



(c) Live load for 9.7kPa

Fig. 10 Histogram of T35F38C

수 있었다.

하중에 따른 확률분포가 어떻게 달라지는지 평가하기 위해 스펀 7m를 가지는 슬래브 T35F38C에 대하여 활하중을 3.4kPa, 4.9kPa, 9.7kPa로 다르게 하여 해석을 수행하였으며 해석결과는 Fig. 10과 같다. 활하중이 3.4kPa인 경우 평균값 근처에 처짐이 집중된 반면, 활하중이 4.9kPa인 경우 평균값보다 높은 처짐값을 보이는 경우가 발생하는 것으로 나타났다. 변동계수 역시 15%에서 31%로 약 2배 가량 증가한 것으로 나타났다.

활하중이 3.4kPa일 경우와 활하중이 9.7kPa인 경우 처짐 분포가 다소 다른 양상을 나타냈다. 활하중이 큰 9.7kPa의 경우 평균치를 상회하는 큰 처짐이 다른 경우에 비해 높은 빈도수로 발생하였다. 이는 큰 활하중 재하로 인해 단

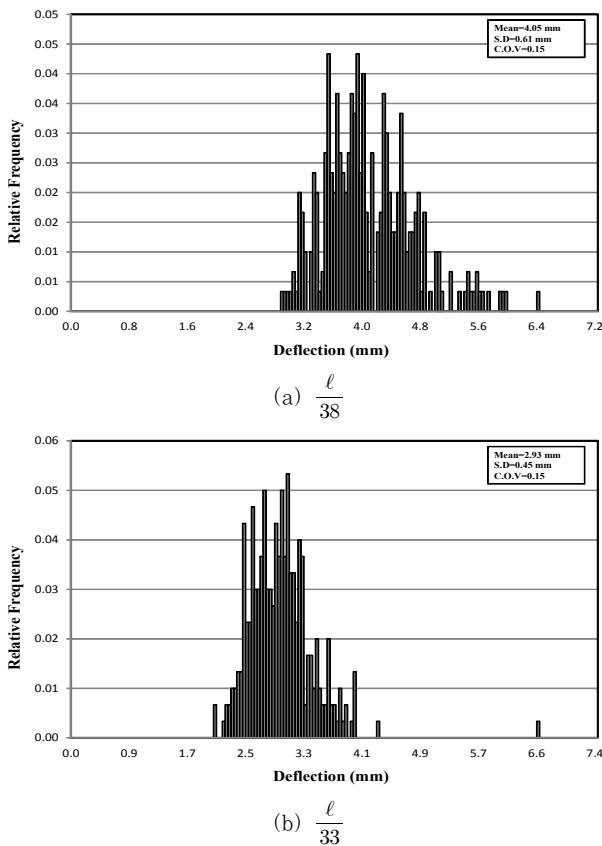


Fig. 11 Histogram of T35F38C

면에 균열이 발생하면서 처짐값이 증가한 것으로 볼 수 있다. 또한 활하중의 증가에 따라 처짐의 평균 및 표준편차, 분산이 모두 증가하는 것으로 나타났다. 즉, 슬래브의 즉시처짐은 활하중의 변화에 매우 민감하게 반응한다는 것이다.

콘크리트설계기준 및 ACI code에서는 스패에 따른 플랫 플레이트의 최소두께 값을 제시하고 있다. 현행 설계기준에서 제안하고 있는 최소두께 값과 이보다 작은 부재 두께를 선택했을 경우 처짐의 변동성에 어떤 변화가 있는지 평가하기 위해 ACI code에서 제시하고 있는 최소두께 기준인 $l/33$ 과 이보다 작은 값인 $l/38$ 의 슬래브 두께에 대하여 해석을 수행하였다. 해석결과는 Fig. 11과 같다. 슬래브 두께가 얇은 경우, 슬래브 두께가 두꺼운 경우에 비하여 처짐 및 표준편차는 다소 크게 발생하였으나 변동계수는 유사한 값을 보였다. 슬래브의 두께가 얇은 경우 큰 처짐이 발생하므로 이는 평균 처짐값의 증가로 이어지고 결과적으로 변동계수의 감소 원인이 된 것으로 판단된다. 또한 ACI code에서 제한하고 있는 최대허용 처짐 한계를 기준으로 평가하면, 과도한 처짐에 의해 손상되기 쉬운 비구조 요소를 지지 또는 부착한 지붕 및 바닥구조의 경우 $l/480$ 로 처짐한계를 제시하고 있다. 기준에 의한 처짐한계는 14.6mm로, 해석결과를 보면 ACI code에서 제시하고 있는 최소두께보다 작은 슬래브 두

께를 선택하더라도 처짐제한을 충분히 만족하고 있는 것으로 나타났다.

5. 결 론

철근 콘크리트 슬래브의 처짐은 높은 변동성을 가지는 거동을 보임에도 불구하고 현행 규준은 이를 반영하기 보다는 용이한 접근을 위해 결정론적인 값을 제시하고 있다. 본 논문에서는 불확실성이 고려된 확률론적 해석을 통해 처짐의 변동성을 평가하고자 하였으며 향후 합리적인 처짐 제어를 위한 설계기준의 보정 및 보완에 있어 그 기초자료를 제공하고자 하였다.

철근 콘크리트 이방향 슬래브 중, 플랫 플레이트를 해석대상으로 선정하고 이에 대한 처짐의 변동성을 평가하기 위해 기존 연구를 통해 그 타당성이 검증된 유한요소해석 모델에 몬테카를로 기법을 적용하여 확률해석을 수행하였다. 콘크리트, 철근, 부재치수를 확률변수로 고려하여 스패, 활하중의 크기에 대하여 처짐의 변동성을 평가하여 다음의 결과를 도출하였다.

- (1) 즉시처짐 및 장기처짐의 확률분포를 비교한 결과, 장기처짐의 평균값이 즉시처짐보다 약 2.2배 크게 발생하는 것으로 나타났으며 표준편차 또한 1.5배 증가한 것으로 나타났다. 또한 장기처짐에서 평균값을 상회하는 처짐이 발생하는 것으로 나타나 지속적인 하중이 재하되면, 부재에 균열이 발생하여 처짐의 증가를 야기하기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 처짐 안정시, 장기처짐에 대한 고려는 반드시 이루어져야 한다고 판단된다.
- (2) 스패에 따른 처짐의 변동성을 평가한 결과, 스패 7m의 경우 스패 3m인 경우에 비하여 시공하중으로 인한 처짐이 더 크게 발생하는 것으로 나타났다. 즉, 스패의 길이가 길어질수록 시공하중에 의한 영향을 더 많이 받는 것으로 생각되며, 장스패를 사용할 경우 시공하중에 대한 고려가 필요하다고 판단된다.
- (3) 활하중의 크기에 따른 처짐의 변동성을 평가한 결과, 활하중이 증가할수록 처짐에 대한 변동성이 큰 것으로 나타났다. 확률분포 역시 활하중이 작은 경우보다 큰 경우에 평균치를 상회하는 높은 처짐을 보이는 경우가 발생하였다. 따라서 처짐 안정시 활하중의 크기에 대한 고려는 필수적이라고 판단된다.
- (4) 슬래브 두께에 따른 처짐의 변동성을 평가한 결과, 슬래브 두께가 얇을 경우 처짐 역시 증가하였으며, 현행

설계기준에서 제시하고 있는 최소두께보다 작은 슬래브 두께를 선택하더라도 최대 허용처짐을 만족하는 결과를 보였다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2013R1A1A2060436).

참고 문헌

- ACI Committee 318-11** (2011) *Building Code Requirements for Reinforced Concrete and Commentary (ACI 318-11)*, American Concrete Institute, Farmington Hills, p.115.
- Choi, B.S., Scanlon, A., Johnson, P.A.** (2004) Monte Carlo Simulation of Immediate and Time-Dependent Deflections of Reinforced Concrete Beams and Slabs, *ACI Struct. J.*, 101, pp.633~641.
- Collins, M.P., Porasa, A.** (1989) Shear Strength of High Strength Concrete, Bulletin D' Information Design Aspects of High Strength Concrete, CEB 193, pp.77~83.
- Gardner, N.J.** (2011) Span/Thickness Limits for Deflection Control, *ACI Struct. J.*, 108, pp.453~460.
- Graham, C.J., Scanlon, A.** (1985) Deflection of Concrete Slabs Under Construction Loading, *ACI Struct. J.*, 86, pp.167~184.
- Hinton, E., Owen, D.R.J.** (1984) *Finite Element Software for Plate and Shells*, Pineridge Press, U.K.
- Kim, M.S., Kim, H., Ahn, N.S., Lee, Y.H.** (2011) Deflection Analysis of Reinforced Concrete Flat Plates Considering Tension Stiffening, *AIK Struct. J.*, 276, pp.105~112.
- Korea Concrete Institute** (2012) *KCI Concrete Structure Design Code 2011*, Seoul, p.66.
- Lee, Y.H.** (2004) Serviceability Criteria of Reinforced Concrete Floor Members, PhD thesis, Dept. of Civ. and Envir. Engrg., The Pennsylvania State University, USA.
- Lee, Y.H., Choi, J.H.** (2007) Comparison of Minimum Thickness Provisions for One-way Slabs in Building Codes and Standards, *AIK Struct. J.*, 227, pp.65~72.
- Mirza, S.A., Hatzinikolas, M., MacGregor, J.G.** (1979) Statistical Descriptions of the Strength of Concrete, *J. Struct. Div., ASCE*, 105, pp.1021~1037.
- Scanlon, A., Lee, Y.H.** (2006) Unified Span-to-Depth Ratio Equation for Nonprestressed Concrete Beams and Slabs, *ACI Struct. J.*, 103, pp.142~148.
- Thorenfeldt, E., Tomaszewicz, A., Jensen, J.J.** (1987) Mechanical Properties of High Strength Concrete and Application in Design, *Proceedings of the Symposium Utilization of High Strength Concrete*, Norway, Tapir Trondheim.

요 지

불확실성을 가지는 콘크리트의 특성으로 인해 철근 콘크리트 부재의 처짐에는 높은 변동성이 발생할 수 있다. 그러나 현행 설계기준은 이를 고려하지 않고 경험적인 데이터에 바탕을 두고 있으며, 부재의 최소 두께 또는 최대 허용 처짐만을 제시하고 있다. 본 논문에서는 철근 콘크리트 플랫 플레이트의 처짐 예측이 가능한 유한요소해석 모델에 확률해석 모델을 적용하여 철근 콘크리트 플랫 플레이트 처짐의 변동성을 평가하고자 하였다. 이를 위해 콘크리트, 철근, 부재치수, 인장강성에 관련된 8개 요소를 변수로 한 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하였다. 해석결과, 스패의 크기가 증가할수록 하중으로 인한 처짐에 더 민감하게 반응하는 것으로 나타났으며, 재하되는 활하중의 크기가 클수록, 슬래브의 두께가 작을수록 처짐의 변동성이 큰 것으로 나타났다.

핵심용어 : 철근콘크리트, 플랫 플레이트, 처짐, 사용성, 변동성