

매개변수에 따른 기둥축소량 변화에 관한 연구

Variations of Column Shortening with Parameters



정은호*
Jeong, Eun-Ho



김형래**
Kim, Hyeong-Rae

ABSTRACT

With increased height of structure, the effect of column shortening need special consideration in the design and construction of high-rise buildings. The shortening of each column affects nonstructural members such as partitions, cladding, and M/E systems, which are not designed to carry gravity forces. The slabs and beams will tilt due to the cumulative differential shortening of adjacent vertical members. The main purpose of estimating the total shortening of vertical structural member is to compensate the differential shortening between adjacent members.

This paper presents effect of parameters for phenomenon of column shortening in vertical members. The conclusions obtained from this study are follow as : Strength of concrete and steel ratio effected on column shortening caused by elastic and inelastic shortening. Also, it is known that Ultimate-Shrinkage-Value, Specific-Creep-Value, and volume to surface ratio effected on inelastic shortening only. Particularly, Ultimate-Shrinkage-Value and Specific-Creep-Value effected considerably on the amount of total column shortening.

Keywords : column shortening, parameters, elastic shortening, inelastic shortening

* 정회원, 극동정보대 건축과 전임강사, 공학박사
** 정회원, 충북대 박사과정 수료, 극동정보대 건축과
겸임교수

· 본 논문에 대한 토의를 2000년 12월 31일까지 학회로 보
내 주시면 2001년 2월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서론

초고층 구조물에서 발생하는 기동축소 현상 (column-shortening)에 대한 연구는 1960년대 후반부터 미국을 중심으로 연구되고 있다. 또한 기동축소에 대한 측정방법이 관련 연구분야의 협력으로 발전되고 있다. 일반적으로 기동축소량은 탄성축소량과 비탄성축소량으로 크게 나눌 수 있으며 축소량은 슬래브 타설 시점까지 발생한 축소량과 슬래브 타설 후 발생하는 축소량으로 나누어 계산하고, 슬래브 타설 시점까지 발생한 축소량은 거푸집 설치시 수평을 유지하므로 문제가 되지 않으나, 슬래브 타설 후 발생하는 축소량에 대해서는 거푸집을 치켜올림으로써 축소량 발생 후 제 위치를 확보할 수 있도록 하는 방법이 사용되고 있다. 한편 철골 구조물의 경우는 탄성 축소량 만이 발생하게 되므로 계산된 축소량 차이에 대하여 현장 시공시 캠버를 두는 방법으로써 보정을 실시하는 것이 일반적으로 사용되는 방법이다. 기동축소현상에 영향을 미치는 매개변수는 Ultimate-Shrinkage-Value, 시간종속 탄성계수, 콘크리트의 강도, 적용하중, 보강재율, 체적대표면적비, Specific-Creep-Value, 온도와 습도, 시공기간 등을 들 수 있다.⁽⁸⁾ 이들 매개변수는 상호간에 밀접한 관계를 유지하고 있을 뿐만 아니라 특히, Ultimate-Shrinkage-Value와 Specific-Creep-Value의 경우는 온도 및 습도와 같은 주변환경에 매우 민감하고 실측하는 데 있어 장기간이 요구되며, 측정에 있어서도 많은 불편이 따르므로 축소량 계산시 임의적으로 선택하여 적용하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 이들 변수의 변화에 따른 축소량 변화를 계산해 봄으로써 매개변수의 민감도를 파악하고 향후 축소량을 계산하는데 있어서 민감한 변수에 대해서는 보다 정확한 자료를 사용토록 하여 보다 정확한 축소량을 계산하기 위한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다. 더 나아가 본 연구 결과의 활용에 대한 일부를 소개하면, 우선 축소량에 민감한 영향을 미치는 것으로 나타난 매개변수의 경우, 초기 설계시에 보다 적은 축소량을 일으키는 범위의 재료를 선택하도록 유도함으로써 기동축소현상으로 인한 문제를 줄일 수 있도록 하는

데 활용될 수 있을 것이다.

2. 전산 해석

2.1 해석모델

기동축소량에 영향을 미치는 매개변수를 평가하기 위하여 선정된 검증모델은 태국에 위치한 'Rangsan Silom Precious Tower'로 선정하였다. Fig. 1은 해석모델에 대한 평면을 나타낸 것이다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 해석모델의 평면은 Tower Block A와 Tower Block B 그리고 중앙에 Podium Block로 구성되어 있으며 Tower Block A의 기둥A에 대하여 축소량을 계산하였다. Table 1은 해석모델의 기둥A에서 사용된 재료 및 단면, 그리고 적용하중 및 제반 입력 값을 나타낸 것이다.

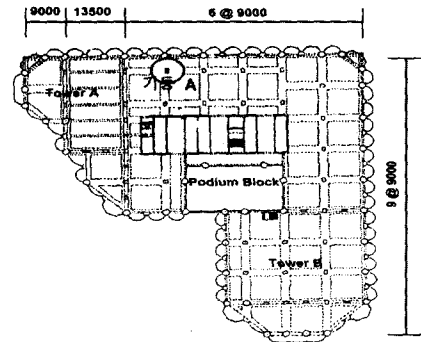


Fig. 1 Plan of analysis model

2.2 매개변수

콘크리트의 강도, 서로 다른 시공시간, 체적에 대한 표면적비, Specific-Creep-Value, 철근비 그리고 Ultimate-Shrinkage-Value가 기동축소량 결정에 미치는 영향을 알아보기 위해 사용된 해석도구 및 입력 변수는 다음과 같다.

1) 일반적으로 축소량을 계산하기 위한 이론식으로는 ACI 코드에 의한 식(6)과 CEB-FIP 코드에 의한 식(7)이 가장 널리 사용되고 있다. 이

Table 1 Material and load of analysis model.

Step	Strength of concrete (kgf/cm ²)	Section area of column (cm ²)	Section area of steel (cm ²)	Load (ton)	Steel ratio (%)
1-3	400	15394	781	75	5.07
4	400	15394	781	80.8	5.07
5	400	15394	781	74	5.07
6-11	400	15394	590	74	3.84
12	400	15394	590	85.8	3.84
13	400	15394	590	169	3.84
14	400	15394	590	70	3.84
15-18	400	12000	222	31.7	1.85
19-38	400	12000	222	60	1.85
39-66	400	7200	159	60	2.21

에 대한 정밀도를 검토하기 위하여 ACI 코드 식과 CEB-FIP 코드 식에 의한 결과와 실측값을 비교·검토한 바, ACI 코드 식과, CEB-FIP 코드 식의 경우는 탄성축소량과 건조수축에 의한 축소량의 경우 서로 비슷한 결과를 보였으나, 크리프에 의한 축소량의 경우, ACI 코드 식에 의한 모델이 CEB-FIP에 의한 모델에 비해 다소 큰 값을 나타내는 것으로 알려져 있다.⁽⁴⁾ 한편 실측 결과와 ACI 코드 식을 토대로 구성한 프로그램의 결과가 다소 근사한 결과를 나타낸 것을 고려해 볼 때, 현재까지의 연구 상황에서 ACI 코드 식은 그 정밀도를 단정지을 수는 없으나 다소 신뢰성이 있는 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서 축소량을 계산하기 위해 사용된 프로그램은 CSCP⁽¹⁾로써 ACI 코드식을 토대로 구성하여 S. K Ghosh가 개발한 프로그램⁽⁸⁾과의 비교를 통해 정확성 평가가 실시된 바 있는 프로그램을 사용하였다.

2) 시간종속 탄성계수는 콘크리트의 강도와 밀접한 관계를 가지고 있으므로 본 연구에서는 아래 4가지 CASE의 서로 다른 콘크리트 강도를 변수로 적용함으로써 시간종속 탄성계수의 영향을 고려하였다. 또한 콘크리트의 강도와 밀접한 관계를 갖는 Specific-Creep-Value와 Ultimate-Shrinkage-Value는 각각의 CASE 별 ACI 코드⁽⁶⁾에서 제안하고 있는 식을 이용한 최대값과 최소값 중 중간값을 취하여 적용하였으며, 기타 제반 입력값은 Table 1에서 나타낸 바와 같이 실제 구조설계 결과 및 시공시 측정된 값을 적용하였다.

- ㉠ CASE I : $f_{ck}=210\text{kgf/cm}^2$
- ㉡ CASE II : $f_{ck}=420\text{kgf/cm}^2$
- ㉢ CASE III : $f_{ck}=630\text{kgf/cm}^2$
- ㉣ CASE IV : $f_{ck}=840\text{kgf/cm}^2$

3) Ultimate-Shrinkage-Value는 현장에서 타설한 콘크리트에 대하여 실질적인 조사를 통한 값을 사용하여야 하나, 본 연구에서는 일반적으로 많이 적용되는 $500 \times 10^{-6}\text{cm/cm} \sim 800 \times 10^{-6}\text{cm/cm}$ 범위에서 최대값, 최소값 그리고 중간값을 각각 취하여 다음 4가지 CASE의 서로 다른 Ultimate-Shrinkage-Value를 선택하였다.

- ㉠ CASE I : $500 \times 10^{-6}\text{cm/cm}$
- ㉡ CASE II : $600 \times 10^{-6}\text{cm/cm}$
- ㉢ CASE III : $700 \times 10^{-6}\text{cm/cm}$
- ㉣ CASE IV : $800 \times 10^{-6}\text{cm/cm}$

4) Specific-Creep-Value는 일반적으로 $3/f_{ck} \sim 5/f_{ck}$ 의 값을 적용하도록 ACI 코드⁽⁶⁾에서 제안하고 있다. 따라서 본 연구에서는 콘크리트 강도를 420kgf/cm^2 로 고정하고 ACI 코드에서 제안한 식에 따른 최소값과 최대값 그리고 중간값을 각각 취하여 아래 4가지 CASE의 서로 다른 Specific-Creep-Value를 적용하였다. 또한 Specific-Creep-Value에 밀접한 영향을 미치는 체적대표면적비 및 철근비 그리고 제반 입력값은 실제 구조설계 결과를 적용하였다.

- ㉠ CASE I : $0.0714 \times 10^{-6}\text{cm/cm/Pascal}$
- ㉡ CASE II : $0.0873 \times 10^{-6}\text{cm/cm/Pascal}$
- ㉢ CASE III : $0.1031 \times 10^{-6}\text{cm/cm/Pascal}$
- ㉣ CASE IV : $0.1191 \times 10^{-6}\text{cm/cm/Pascal}$

5) 해석모델의 적용 시공시간은 다음 3가지 CASE의 서로 다른 시공시간을 적용하여 그 축소량을 각각 계산하였다.

- ㉠ CASE I : 7일/ 1층-66층 슬래브
- ㉡ CASE II : 15일/ 1층-33층 슬래브
10일/34층-66층 슬래브
- ㉢ CASE III : 7일/ 1층-22층 슬래브
10일/23층-44층 슬래브
15일/45층-66층 슬래브

6) 체적에 대한 표면적비가 축소량에 미치는 영향을 파악하기 위하여 본 연구에서는 해석모델에서 실제 사용된 기둥 A의 단면적을 고정하고 이에 대하여 단면형상을 정방형에서 장방형으로 변화시키에 따른 체적에 대한 표면적 비를 적용하였다. 우선 CASE I은 해석모델에서 사용된 기둥 A의 가장 큰 체적에 대한 표면적 비를 나타낸 것이며, CASE III는 가장 작은 체적에 대한 표면적비 그리고 CASE II는 CASE I과 CASE III의 중간값을 나타낸 것이다. 또한 건조수축에 의한 축소량에 밀접한 관계가 있는 철근비 및 Ultimate-Shrinkage-Value 그리고 제반 입력값은 실제 구조설계 결과 및 시공시 측정된 값을 적용하였다.

- ㉠ CASE I : 31cm (1층-14층)
27cm (15층-38층)
21cm (39층-66층)
- ㉡ CASE II : 21cm (1층-14층)
19cm (15층-38층)
16cm (39층-66층)
- ㉢ CASE III : 12cm (1층-14층)
11cm (15층-66층)

7) 일반적으로 철근콘크리트 기둥에서 최대철근비 및 최소철근비는 0.8%와 8%로 제한⁶⁾하고 있다. 따라서 철근비가 축소량 결정에 미치는 영향을 파악하기 위하여 해석모델 기둥 A의 단면적에 대해 최대철근비 및 최소철근비 그리고 평균값을 각각 취하여 적용하였다.

- ㉠ CASE I : 1231cm² (1층-14층)
960cm² (15층-38층)
576cm² (39층-66층)
- ㉡ CASE II : 781cm² (1층-5층)
590cm² (6층-14층)
222cm² (15층-38층)
159cm² (39층-66층)
- ㉢ CASE III : 123cm² (1층-14층)
96cm² (15층-38층)
57cm² (39층-66층)

3. 축소량 계산 및 고찰

3.1 콘크리트 강도의 영향

3.1.1 탄성축소량 및 비탄성 축소량

콘크리트의 강도가 210kgf/cm²인 경우 최상층에서 전체 탄성축소량은 14.8cm로 나타났다. 콘크리트의 강도가 420kgf/cm²일 때 최상층에서 탄성축소량은 콘크리트의 강도가 210kgf/cm²인 경우에 비해 3.75cm (25.3%)의 감소를 보였으며, 콘크리트 강도가 630kgf/cm², 840kgf/cm²인 경우, 각각 5.53 cm(37.4%), 6.65 cm(45%)의 축소량 감소를 나타냈다. 일반강도의 범위(420kgf/cm² 미만)에서는 콘크리트 강도가 증가함에 따라 최상층에서의 전체 탄성축소량은 급격한 감소를 나타냈으나, 고강도의 범위(630kgf/cm²~840kgf/cm²)에서는 매우 작은 축소량 감소를 나타냄을 알 수 있었다. 한편, 콘크리트 강도의 증가에 따른 비탄성축소량은 탄성축소량과 반대의 현상을 나타냈다. 건조수축에 의한 축소량의 경우, 콘크리트의 강도가 증가함에 따라 축소량이 대체적으로 매우 작은 증가폭을 나타냈고, 고강도의 범위(630kgf/cm²~840kgf/cm²)에서 보다 일반강도의 범위(420kgf/cm² 미만)에서 축소량의 변화가 심하게 나타났다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 크리프에 의한 축소량의 경우는 건조수축에 의한 축소량의 변화와는 다르게 콘크리트의 강도가 증가함에 따라 축소량이 대체적으로 큰 증가폭을 나타냈고, 고강도의 범위(630kgf/cm²~840kgf/cm²)에서 보다 일반강도의 범위(420kgf/cm² 미만)에서 축소량의 변화가 심하게 나타났다. 따라서 크리프로 인한 축소량은 콘크리트의 강도에 대한 효과가 크게 작용함을 알 수 있다.

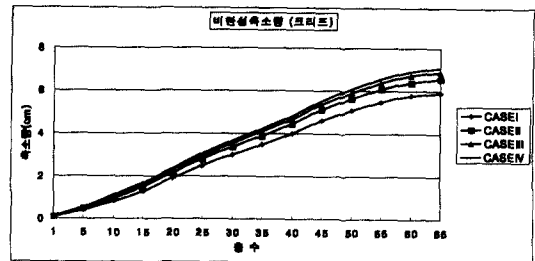


Fig. 2 Inelastic (Creep) shortening for concrete strength

콘크리트의 강도가 210kgf/cm²인 경우 최상층에서의 비탄성축소량은 12.62cm로 나타났다. 콘크

리트의 강도가 420kgf/cm²인 경우, 최상층에서의 전체 비탄성 축소량은 13.60 cm로써 콘크리트의 강도가 210kgf/cm²인 경우 보다 0.98 cm(7.8%)의 축소량 증가를 보였으며, 콘크리트 강도가 630kgf/cm², 840kgf/cm²인 경우 최상층에서의 전체 비탄성축소량은 각각 14.08cm, 14.39cm로 콘크리트의 강도가 210kgf/cm²인 경우에 대해 각각 1.46 cm (11.5%), 1.77 cm (14%)의 축소량 증가를 나타냈다. 일반강도의 범위에서는 콘크리트 강도가 증가할수록 전체 비탄성축소량은 큰 폭의 축소량 증가를 나타냈으나, 고강도의 범위(630kgf/cm²~840kgf/cm²)에서는 매우 작은 폭의 축소량의 증가를 나타냈다.

3.1.2 전체 축소량

Fig. 3에서 나타낸 바와 같이 콘크리트의 강도가 증가함에 따라 전체 축소량은 감소하였다. 콘크리트의 강도가 210kgf/cm²일 때 최상층에서의 전체 축소량 27.5cm를 기준으로한 경우, 콘크리트 강도 420kgf/cm²에서는 최상층에서의 전체 축소량이 24.6cm로써 10%정도의 급격한 감소를 나타냈다.

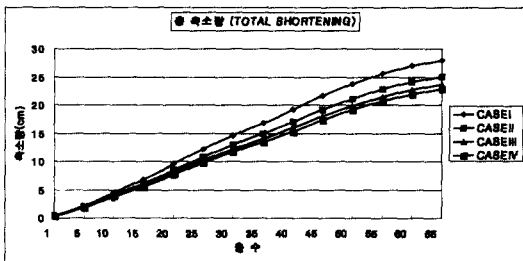


Fig. 3 Total shortening for concrete strength

또한 콘크리트의 강도 630 kgf/cm²와 840 kgf/cm²에서는 각각 23.3 cm, 22.5 cm로써 콘크리트의 강도 210 kgf/cm²일 때와 비교하여 14.8%와 17.7%의 축소량이 감소하는 것으로 나타났다. 콘크리트의 강도가 전체 축소량 결정에 미치는 영향을 고찰한 결과, 콘크리트의 강도가 4배이상 큰 경우에 대해 전체 축소량은 18% 가량의 감소를 나타냈다.

3.2 Ultimate-Shrinkage-Value의 영향

3.2.1 탄성축소량 및 비탄성축소량

Ultimate-Shrinkage-Value가 $500 \times 10^{-6} \text{cm/cm}$ ~ $800 \times 10^{-6} \text{cm/cm}$ 로 변화할 때 각각의 경우에 대한 최상층에서의 전체 탄성축소량은 11.3cm로 나타났다. 따라서 Ultimate-Shrinkage-Value는 탄성축소량에 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 한편, Ultimate-Shrinkage-Value의 변화에 따라 비탄성축소량은 일정한 비율로 증가하는 것으로 나타났으며, Ultimate-Shrinkage-Value이 $500 \times 10^{-6} \text{cm/cm}$ 인 경우 최상층에서의 비탄성축소량은 11.9cm로 나타났다. 건조수축으로 인한 축소량은 Ultimate-Shrinkage-Value가 $500 \times 10^{-6} \text{cm/cm}$ 에서 $800 \times 10^{-6} \text{cm/cm}$ 의 범위로 변화함에 따라, 최상층에서의 축소량이 5.4cm에서 8.63 cm까지 1.07cm(8%)의 차이를 두고 일정하게 증가하는 선형 비례적인 변화를 보였다. 이것은 Ultimate-Shrinkage-Value가 축소량을 결정하는 다른 매개변수에 영향을 미치지 않고 독립적으로 작용하는 변수임을 의미한다. 크리프에 의한 축소량은 Ultimate-Shrinkage-Value와는 무관하게 일정한 값을 나타냈으며, 탄성축소량에서와 마찬가지로 크리프에 의한 축소량에 아무런 영향을 주지 않음을 알 수 있다.

3.2.2 전체 축소량

Fig. 4에 나타낸 바와 같이 전체 축소량은 Ultimate-Shrinkage-Value가 $500 \times 10^{-6} \text{cm/cm}$ 일 때의 최상층에서의 축소량 23.2cm를 기준으로 하여 고려한 바, Ultimate-Shrinkage-Value가 증가함에 따라 4.5% 내외의 매우 작은 차이를 나타냈으며 이는 건조수축으로 인한 축소량의 변화 때문인 것으로 나타났다.

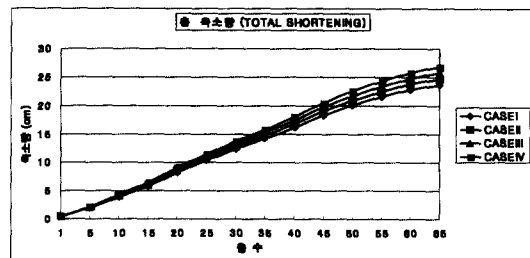


Fig. 4 Total shortening for Ultimate-Shrinkage-Value

3.3 Specific-Creep-Value의 영향

3.3.1 탄성축소량 및 비탄성축소량

일반적으로 Specific-Creep-Value는 콘크리트의 강도에 따라 $3/f_c$ 에서 $5/f_c$ 의 범위의 값을 나타내므로 Specific-Creep-Value 영향을 파악하기 위하여 콘크리트의 강도를 420kgf/cm^2 로 고정하여 Specific-Creep-Value가 비탄성축소량에 미치는 영향을 파악하였다.

Specific-Creep-Value가 $0.0714 \times 10^{-6} \text{cm/cm/Pascal}$ 에서 $0.1191 \times 10^{-6} \text{cm/cm/Pascal}$ 까지 변화함에 따라 최상층에서의 탄성축소량은 11.05cm 로 일정하게 나타났다. 건조수축에 의한 축소량의 경우 Specific-Creep-Value가 $0.0714 \times 10^{-6} \text{cm/cm/Pascal}$ 일 때 최상층에서 6.72cm 로 나타났으며, Specific-Creep-Value가 $0.1191 \times 10^{-6} \text{cm/cm/Pascal}$ 까지 증가함에 따라 각각의 경우에 대한 건조수축에 의한 축소량은 0.11cm (1.6%) 내외의 매우 작은 축소량 감소를 나타냈다. 그러나 크리프에 의한 축소량의 경우는 Specific-Creep-Value가 $0.0714 \times 10^{-6} \text{cm/cm/Pascal}$ 일 때 최상층에서 12.53cm 로 나타났으며, Specific-Creep-Value가 $0.1191 \times 10^{-6} \text{cm/cm/Pascal}$ 까지 증가함에 따라 각각의 경우에 대한 축소량은 2.1cm (16%)의 일정한 증가를 나타냈다. 비탄성축소량의 경우는 $0.0714 \times 10^{-6} \text{cm/cm/Pascal}$ 에서 $0.1191 \times 10^{-6} \text{cm/cm/Pascal}$ 까지 변화함에 따라 최상층에서의 축소량은 19.2cm 에서 25.4cm 까지 약 2cm (10.4%) 정도의 일정한 증가량을 나타냈으며, 이러한 축소량의 변화는 크리프에 의한 축소량의 영향이 크게 작용한다는 것을 알 수 있다.

3.3.2 전체 축소량

Fig. 5에서 보는 바와 같이 전체 축소량은 Specific-Creep-Value가 $0.0714 \times 10^{-6} \text{cm/cm/Pascal}$ 일 때의 최상층에서의 축소량 30.29cm 를 기준으로 하여 Specific-Creep-Value가 증가함에 따라 각각 6% 정도의 일정한 증가를 나타냈으며, 이는 크리프에 의한 축소량의 영향이 크게 나타난 것을 알 수 있다. Specific-Creep-Value가 전체 축소량 결정에 미치는 영향을 고찰한 결과, Specific-Creep-Value가 다른 것에 비해 1.5배 이상 큰 경우 전체 축소량은 20%의 증가량을 나타냈다.

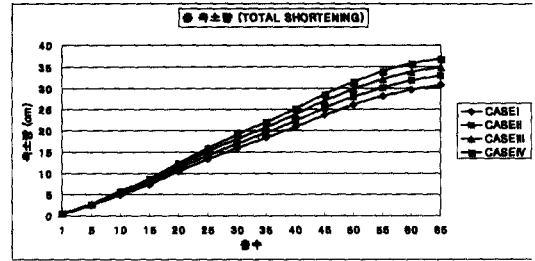


Fig. 5 Total shortening for Specific-Creep-Value

3.4 서로 다른 시공시간의 영향

3.4.1 탄성축소량 및 비탄성축소량

매 층 공사가 7일마다 진행되는 경우, 최상층에서의 전체탄성축소량은 11.29cm 로 나타났으며, 나머지 두 가지의 서로 다른 시공시간에 대한 최상층에서의 전체 축소량은 각각 11.17cm , 11.18cm 로써 매우 작은 축소량의 차이를 나타냈다. 또한 최상층에서 슬래브 설치 후 탄성축소량이 발견되지 않은 것은 최상층 위에 작용하는 추가적인 하중이 없기 때문에 탄성축소현상이 발생하지 않은 것으로 판단된다. 한편, 건조수축에 의한 축소량의 경우, 서로 다른 시공시간에 대해 최상층에서의 축소량은 7cm 로 일정하게 나타났다. 따라서 서로 다른 시공시간은 건조수축에 의한 축소량에 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다. 크리프에 의한 축소량의 경우, 매 층 7일마다 슬래브 설치시 최상층에서의 축소량은 6.5cm 로 나타났으며, 나머지 두 가지의 서로 다른 시공시간에 대한 최상층에서의 축소량은 각각 5.91cm , 5.98cm 로써 약간의 축소량의 차이를 나타냈다. 서로 다른 시공시간에 대한 최상층에서의 전체 비탄성축소량은 매 층 공사가 7일마다 진행되는 경우, 최상층에서 13.5cm 로 나타났으며, 나머지 두 가지의 서로 다른 시공시간에 대한 최상층에서의 축소량은 각각 12.9cm , 13cm 로써 매우 작은 축소량의 차이를 나타냈다. 이러한 미소한 축소량의 차이는 서로 다른 시공시간이 크리프에 의한 축소현상에만 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

3.4.2 전체 축소량

Fig. 6에서 나타낸 바와 같이 전체 축소량은 매 층 공사가 7일마다 진행되는 경우 최상층에서

24.8cm로 나타났으며, 나머지 두 가지의 서로 다른 시공시간에 대한 최상층에서의 전체 축소량은 각각 24.1cm, 24.2cm로써 시공시간이 다른 것에 비해 2배 이상 걸리는 경우 단지 2.8%의 매우 작은 축소량의 차이를 나타냈다. 따라서 서로 다른 시공시간은 전체 축소량을 결정하는데 있어서 중요한 매개변수가 될 수 없다

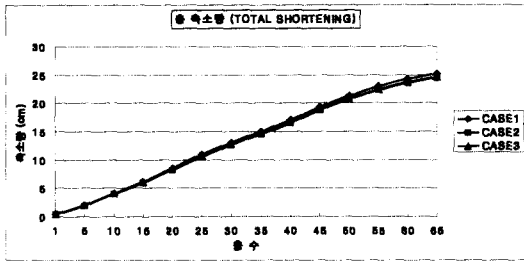


Fig. 6 Total shortening for construction time

3.5 체적에 대한 표면적 비의 영향

3.5.1 탄성축소량 및 비탄성축소량

Fig. 7에서 보는바와 같이 체적에 대한 표면적 비가 CASE I에서 CASE III까지 감소함에 따라 최상층에서의 탄성축소량은 11.7cm로 일정하게 나타났다. 따라서 체적에 대한 표면적 비는 탄성 축소량에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

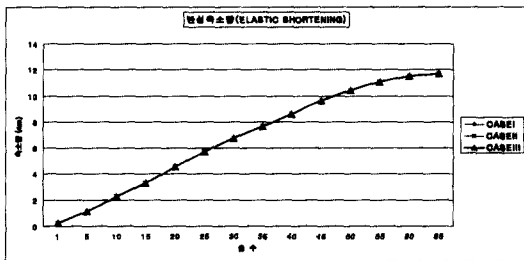


Fig. 7 Elastic shortening for volume to surface ratio

한편, 체적에 대한 표면적비가 감소함에 따른 비탄성축소량은 점차 증가하는 현상을 나타냈다. 건조수축에 의한 축소량의 경우, 체적에 대한 표면적비가 CASE I일 때 최상층에서 7.04 cm를 나타냈으며, 체적에 대한 표면적비가 CASE III까지 감소함에 따라 최상층에서의 축소량은 9.65cm까지 2.6 cm(37%)의 큰 증가폭을 나타냈다. 이러한 축소량의 변화는 체적에 대한 표면적비가

건조수축에 의한 축소량 결정에 영향을 크게 미치는 매개변수임을 의미하는 것이다. 체적에 대한 표면적비가 감소함에 따른 크리프에 의한 축소량의 경우는 건조수축에 의한 축소량의 경우와 마찬가지로의 현상을 나타냈다. 그러나 건조수축에 의한 축소량 보다는 작은 폭의 증가를 나타냈다. 체적에 대한 표면적비가 CASE I일 때 최상층에서 6.5 cm를 나타냈으며, 체적에 대한 표면적비가 CASE III까지 감소함에 따라 최상층에서의 축소량은 7.6 cm까지 1.1cm(16%)의 증가폭을 나타냈다.

3.5.2 전체 축소량

Fig. 8에서 나타낸 바와 같이 체적에 대한 표면적 비가 감소함에 따라 전체 축소량은 증가하는 현상을 나타냈다. 체적에 대한 표면적비가 CASE I일 때 최상층에서의 전체 축소량 25.3 cm를 기준으로 한 경우, CASE III에서는 최상층에서의 전체 축소량이 28.9 cm로써 3.7 cm(14.6%) 정도의 증가를 나타냈다.

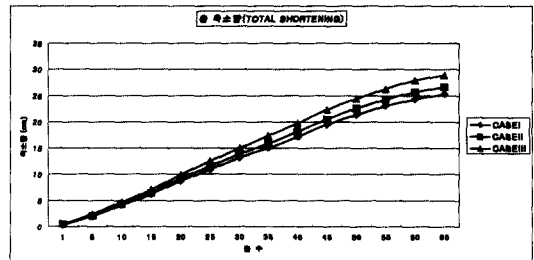


Fig. 8 Total shortening for volume to surface ratio

3.6 철근비의 영향

3.6.1 탄성축소량 및 비탄성축소량

철근비가 최대 철근비인 CASE I의 경우, 최상층에서 탄성축소량은 9.48 cm로 나타났다. 철근비가 실제 시공시에 적용된 값인 CASE II의 경우는 최상층에서 전체 탄성축소량은 11.7 cm로써, CASE I의 경우에 비해 2.3cm(24%)의 증가를 보였다. 또한 철근비가 CASE III인 경우는 최상층에서 전체 탄성축소량은 12.8 cm로써, CASE I의 경우에 비해 3.4 cm(36%)의 증가를 보였다. 따라서 철근비가 감소함에 따라 탄성 축소량은 증가하는 것을 알 수 있다. 건조수축에

의한 축소량의 경우, 철근비가 CASE I 일 때 최상층에서 5cm를 나타냈으며, 철근비가 CASE III 까지 감소함에 따라 최상층에서의 축소량은 7.9 cm까지 2.9 cm(58%)의 큰 증가폭을 나타냈다. 이러한 축소량의 변화는 철근비가 건조수축에 의한 축소량 결정에 영향을 크게 미치는 매개변수임을 의미하는 것이다. 철근비가 감소함에 따른 크리프에 의한 축소량의 경우는 건조수축에 의한 축소량의 경우와 마찬가지로의 현상을 나타냈다. 최대 철근비를 적용한 (CASE I의 경우, 최상층에서 3.7 cm를 나타냈으며, 최소 철근비를 적용한 CASE III의 경우 최상층에서의 축소량은 8cm로써 4.3cm(117%)의 매우 큰 증가폭을 나타냈다.

3.6.2 전체 축소량

Fig. 9에 나타난 바와 같이 철근비가 감소함에 따라 전체 축소량은 증가하는 것으로 나타났다. 철근비가 CASE I 일 때 최상층에서의 전체 축소량 18cm를 기준으로 한 경우, CASE III에서는 최상층에서의 전체 축소량이 28.7cm로써 10.6(58%) 정도의 증가를 나타냈다. 그러나 본 연구에서 적용한 철근비의 변화량이 매우 큰 범위(10배)임을 감안할 때 철근비에 따른 전체 축소량의 증가량은 큰 값이라 할 수 없다.

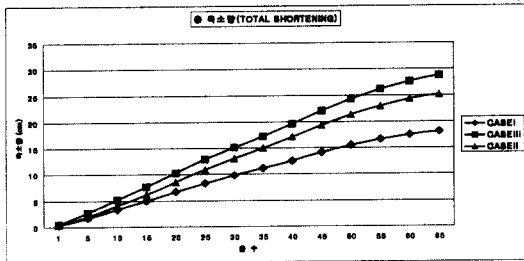


Fig. 9 Total shrinkage for Steel ratio

4. 결 론

수직구조부재의 축소량 결정에 영향을 미치는 매개변수를 평가하기 위하여 각각의 매개변수에 대해 축소량을 계산하고 비교·분석한 연구 결과는 다음과 같다.

- 1) 콘크리트의 강도가 증가함에 따라 전체 축소량은 점차 감소하는 경향을 나타냈다. 또한 콘크리트의 강도는 탄성축소량 및 크리프에 의한 축소량 결정에 크게 영향을 미치

는 것으로 나타났다.

- 2) Ultimate-Shrinkage-Value가 증가함에 따라 전체 축소량은 일정한 비율로써 증가하였다. 또한 Ultimate-Shrinkage-Value는 축소량을 결정하는 다른 매개변수에 영향을 미치지 않고 독립적으로 작용하는 변수로 나타났다.
- 3) Specific-Creep-Value는 탄성축소량 및 건조수축에 의한 축소량에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.
- 4) 서로 다른 시공시간은 전체 축소량 결정에 대해 중요한 매개변수라 할 수 없다. 시공시간이 다른 것(7일/1층-66층 슬래브)에 비해 2배 이상 걸리는 경우 단지 3%의 작은 축소량 차이를 나타냈다.
- 5) 체적에 대한 표면적 비는 탄성축소량에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 체적에 대한 표면적비가 다른 것에 비해 2배 이상 작은 경우, 전체 축소량은 14% 정도의 차이를 나타냈다.
- 6) 철근비는 탄성축소량 및 비탄성축소량 모두에 대해 영향을 미치는 것으로 나타났다. 철근비가 최대 철근비에서 최소 철근비로 감소함에 따라 전체 축소량의 경우 58%의 축소량 차이를 나타냈다. 그러나 본 연구에서 적용한 철근비의 변화량이 매우 큰 범위(10배)임을 감안할 때 철근비에 따른 전체 축소량의 차이는 큰 값이라 할 수 없다.

본 연구에서는 해석모델을 선정하고 특정 기둥에 대해 매개변수의 영향을 고려하여 결론을 도출하였으나 다른 위치의 다른 기둥 또는 다른 모델의 경우에서도 축소량의 크기가 다를 뿐 매개변수가 축소량에 미치는 영향(비율)은 유사한 결과를 나타내는 것을 알 수 있었다. 또한, 본 연구는 수직, 수평 골조간의 구속효과 등으로 인한 거동이 축소량에 미치는 영향을 고려하지 않고, 단지 특정 기둥에 대해서 매개변수가 기둥축소에 미치는 영향을 평가로 한정하였으므로 실제 구조물의 경우 상황에 따라 다소 차이가 있을 수 있다. 한편 수직, 수평 골조간의 구속효과 등이 고려된 축소량 예측에 관한 연구는 약산식에 의한 축소량 결과가 다소 과대 평가되는 것으로 나타

나 있으나 이러한 연구결과는 다소 미흡한 점이 있는 것으로 판단되는 바 수직, 수평 골조간의 구속효과 등이 고려된 축소량 예측에 관한 엄밀한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 정은호, 김희철 "초고층 구조물 기둥축소량 계산을 위한 프로그램 개발에 관한 연구," 대한건축학회논문집 제13권 제11월호, 1997. 12.
2. 정은호, 김희철 "초고층 구조물의 수직구조부재 축소량에 영향을 미치는 요소에 관한 연구," 대한건축학회논문집, 제14권 제1월호, 1998.
3. 정은호, 김희철 "지진하중에 의한 초고층 건물의 기둥축소효과와 구조적 영향," 한국지진공학학회논문집 제1권 제3호, 1997. 12.
4. 송진규, "실례를 통한 초고층 건물 기둥의 부등축소량 예측 및 시공오차 보정," 한국전산구조공학회 제10권 제1호, 1997.3
5. ACI Committee 363, State-of-the-Art Report on High-Strength Concrete, ACI Journal, Proceedings, Vol. 81, NO.4, American Concrete Institute, Detroit, Mich., July-August 1984, Pages 364-411.
6. Building Code Requirements for Reinforced Concrete, ACI 318-83, American Concrete Institute, Detroit, Mich., 1983
7. "CEB-FIP-MODEL CODE", Comite Euro-International Du Beton, Tomas Telford, 1991
8. Fintel, M., Ghosh, S. K. and Iyanger, H., Column Shortening in Tall Structures, Portland Cement Association 1987. 6.

요 약

건물의 높이가 높아짐에 따라 기둥은 수직 및 횡하중의 증가로 인하여 큰 압축력을 받게된다. 따라서 기둥 또는 벽과 같은 수직구조부재는 축소현상으로 인한 변위차를 유발시키고, 이는 구조물의 사용성을 감소시킬 뿐만 아니라 2차 응력의 발생으로 인하여 구조물 자체의 안전에도 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 기둥축소량은 정확히 예측되어 시공 전·후에 반드시 보정되어야 할 것이다.

따라서 본 연구는 이들 매개변수의 변화에 따른 축소량 변화를 계산해 봄으로써 매개변수의 민감도를 파악하고 향후 축소량을 계산하는데 있어서 민감한 변수에 대해서는 보다 정확한 자료를 사용토록 하여 보다 정확한 축소량을 계산하기 위한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다. 본 연구는 해석모델을 선정하고 축소량 결정에 영향을 미치는 매개변수에 대해 축소량을 계산하고 그 결과를 비교·분석하였다. 그 결과, 기둥축소량 결정에 영향을 미치는 매개변수 중, 콘크리트의 강도와 보강재의 비율은 탄성 및 비탄성축소량 전반에 걸쳐 영향을 미치는 매개변수임을 알 수 있었다. 또한 Ultimate-Shrinkage-Value, 체적에 대한 표면적 비, 그리고 Specific-Creep-Value는 비탄성축소량에만 영향을 미치는 매개변수임을 알 수 있었다. 특히 Ultimate-Shrinkage-Value와 Specific-Creep-Value가 전체 축소량 결정에 미치는 영향은 결코 작다고 할 수 없다.

(접수일자 : 2000. 4. 8)