평균을 이용한 고층건물의 부등 축소량 보정기법

Average Correction for Differential Column Shortening

박 성 우* • 최 세 운** • 박 효 선***

Park, Sung-Woo • Choi, Se-Woon • Park, Hyo-Sun

요 약

건물의 수직부재는 시공 후 시간이 지남에 따라 수축하게 된다. 이러한 현상을 기둥축소 현상이라고 부르며 원인으로는 탄성, 비탄성, 환경적 요인 등 여러 가지가 있다. 각 수직 부재에 걸리는 하중의 종류와 크기, 그리고 처한 환경 등이 다르므로 부재별로 축소량에 차이가 있게 된다. 이로 인하여 건물은 여러 가지 피해를 입게 된다. 이에 따라 수직부재인 기둥과 전단벽의 축소량을 예측하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 예측된 축소량을 보정하는 기법에 관한 연구는 그리 많지 않다. 따라서 본 논문에서는 선행 연구되었던 기존의 부등 축소량 보정 기법의 한계에 대하여 지적하고 새로운 보정기법인 평균을 이용한 부등축소량 보정기법을 제시하였다. 본 논문에서 제시한 보정기법의 효용성을 입증하기 위하여 같은 예제에 대하여 기존의 방법과 본 논문에서 제시한 방법을 이용한 결과들을 비교, 정리하였다.

keywords : 평균 보정, 보정기법, 부등 축소

1. 서 론

고층 건물의 기둥은 여러 요인에 의하여 수축하게 된다. 요인으로는 크게 하중에 의해 발생하는 탄성 처짐과 크리프, 건조수축 등에 의해 발생하는 비탄성 처짐으로 나눌 수 있다. 각 기둥마다 걸리는 하중이 다르고 처한 환경의 차이로 인하여 수축되는 양이 달라지는데 이로 인하여 건물은 피해를 입게 된다. 이러한 부등축소량의 피해를 최소화 하고자 수직 부재의 축소량을 정확히 예측하기위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

이렇게 수직부재의 탄성, 비탄성 축소량 예측에 관한 많은 연구들이 활발하게 이루어짐으로써 예측량에 대한 신뢰가 높아지고 있으나 이에 대한 보정 기법을 기술한 연구는 부족한 현실이다. 시공의 한계 때문에 구해진 예측량에 대하여 매 층마다 정확히 보정을 할 수는 없다. 따라서 건물 전 층을 대략적으로 몇 개의 그룹으로 나누어 그룹에 속한 층에 대해서는 같은 양 만큼 보정을 하게 되는데 보정량과 예측량에는 항상 오차가 존재하게 된다. 보정하면서 생긴 오차는 건물에 추가 응력을 발생시키기 때문에 어느 제한치를 두고 이를 넘지 못하도록 하고 있다.

결과적으로 본 논문에서는 시공성 향상을 위해 보정 그룹의 개수를 최소화 하면서 시공 오차가 제한 범위를 넘지 않도록 하는 평균값을 이용한 최적의 보정기법을 제시하고자 한다.

* 학생회원 • 연세대학교 건축공학부 • 석사과정 paksungwoo@naver.com
** 학생회원 • 연세대학교 토목공학과 • 박사과정 watercloud@yonsei.ac.kr
*** 정회원 • 연세대학교 건축공학부 • 교수 hspark@yonsei.ac.kr

2. 기둥 축소 예측량

실재 수직 부재에 걸리는 하중은 슬래브 타설 후 위층의 공사가 시작됨과 동시에 적용되므로 축소량을 예측하기 위해서는 시간과 공사과정을 고려해주어야 한다. 비록 위층의 공사가 시작되기 전에 자중과 건조수축, 크리프의 영향으로 인하여 수축이 발생할 수도 있으나 콘크리트 건물의 경우 슬래브 타설 전 발생한 수축에 대해서는 보정이 가능하므로 슬래브 타설 후의 축소량을 예측하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서 예제로 사용된 건물은 철근 콘크리트로써 슬래브 타설 후의 예측량에 대하여 보정기법을 적용하였다.

본 논문에서 사용된 예제는 Park(2003)의 연구에 쓰인 70층 이중골조 철골 콘크리트 건물의 외곽기둥과 전단벽의 축소 예측량을 사용하여 기존의 보정 기법과 비교해 보았다. 수직부재의 축소량을 예측하기 위해 쓰인 모델은 Fintel, Ghosh와 Inyengar(1984)가 제시한 방법이며, 이 모델을 사용하여 외각기둥과 전단벽의 축소량의 차이인, 그림 1의 부등 축소량에 대하여 보정 기법을 적용함으로써 건물에 발생하는 문제점을 해결할 수 있게 된다.

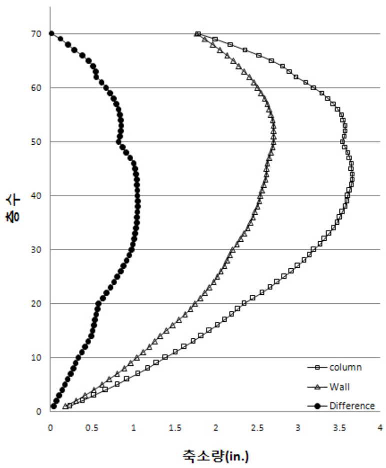

그림 1 전단벽과 외곽기둥의 부등축소량

3. 기존 연구의 한계점

건물의 슬래브가 평형을 이루기 위해서는 매 층마다 발생하는 수직부재의 축소량에 대하여 정확하게 보정을 해 주어야 한다. 그러나 시공성과 돈, 시간 등 여러 요인으로 인하여 실제로 보정을 매 층마다 정확히 할 수 없다. 따라서 Fintel, Ghosh 그리고 Iyengar(1984)는 몇 개의 층을 하나의 그룹으로 묶고 같은 그룹에 속한 층에 대해서는 같은 양만큼 보정하는 lumped compensation을 적용하였다. 그러나 전체 층을 몇 개의 그룹으로 나누고 하나의 그룹에 몇 개의 층이 포함되어야 하는지, 또 각 그룹은 얼마만큼 보정을 해 주어야하는지에 대한 구체적인 규칙이나 설명이 없다. 단지 엔지니어의 경험에 따라 적당한 그룹의 개수와 보정량이 정해질 뿐이다.

이에 따라 Park(2003)은 SA알고리즘을 이용한 최적의 보정기법을 제시하였다. 시공성을 향상시키기 위하여 보정에 따른 오차를 제한하면서 최소의 그룹의 개수를 갖도록 하였다. 그러나 SA알고리즘은 복잡하기 때문에 실제 여러 부재의 부등 축소량을 보정하기 위해 적용시키기 어려울 것으로 판단된다. 보정의 결과가 몇 개의 랜덤한 값으로 주어지기 때문에 최적의 해를 찾기 위해서는 SA알고리즘을 여러 번 적용시켜 봐야하는

단점이 있기 때문이다.

시공의 한계성으로 인하여 부등 축소량을 정확히 보정할 수 없다할지라도 오차에 제한을 두어 건물이 물리적인 피해를 입지 않도록 하고 있다. 기존의 연구에서 제시한 제한 조건은 각 층별 오차가 어떠한 제한치를 넘지 않고 각 그룹 내 오차의 합이 일정한 값을 넘지 않도록 하는 것이다. 그러나 만약 5층 높이의 건물에서 매 층마다 1만큼의 축소량이 발생한다면 최상층은 결과적으로 5만큼 축소했다고 볼 수 있다. 이렇듯 아래층에서 발생한 축소량은 그 위의 층 모두에 영향을 미치고 있기 때문에 누적된 층별 오차를 고려해야한다.

4. 평균 보정기법

4.1. 평균 보정량과 그룹

어느 한 예측량에 대한 평균값과 그 예측량과의 오차는 0이다. 이러한 오차가 어느 제한 값을 넘지 않는 범위 내에서 가장 많은 N_1개의 층수를 포함하는 평균을 P_1으로 잡게 되고 다음 N_1+1 층의 부등 축소 예측량 데이터로부터 새로운 그룹의 평균이 시작된다. 한 그룹에 되도록 많은 층수를 포함시켜 시공성을 향상시키는 것이 이번 알고리즘의 목표이다. 평균값을 이용하기 때문에 적절한 제한 조건을 제시한다면 각 그룹의 보정량과 그룹 내의 층수를 결정하는 것은 간단하다.

4.2. 제한조건

그룹의 평균값을 사용하여 보정을 하게 되면 그룹 내 오차의 합은 항상 0이 된다. 따라서 기존 논문에서 제시한 그룹 내 오차의 합에 관한 제한조건은 더 이상 필요하지 않게 된다. 또한 아래층의 수축에 대한 영향을 고려하여 누적된 층별 오차에 대한 제한 조건은 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

$$\left|\sum_{k=1}^{i}\delta_k^p - \sum_{k=1}^{i}\delta_k^c\right| \le \theta \quad \text{(i= 1 to n)} \tag{1}$$

위의 식에서 δ_k^p는 k 층의 예측 축소량, δ_k^c는 k 층의 보정량, n은 건물의 층수, θ는 제한 조건을 의미한다. 이제 평균 보정량과 식 1의 제한 조건을 사용하여 최적의 보정 결과를 얻을 수 있게 되었다.

5. 70층 건물 예제

앞서 살펴본 70층 건물의 외곽기둥과 전단벽의 부등축소 예측량 데이터를 사용하여 SA 알고리즘과 평균 보정기법의 결과를 비교해 보았고 그 결과는 표 1과 같다. SA의 경우 기존의 제한 조건을 사용하여 층별 오차가 0.4in.이하가 되며 그룹 내 오차의 합 또한 0.4in. 이하가 되도록 하였고 그 결과 그룹의 개수는 6개였다. 그리고 본 논문에서 제시한 제한 조건을 이용하여 누적 오차가 0.4in.이하가 되도록 하고 평균 보정 기법을 적용한 결과 그룹의 개수는 7개였다.

시공성을 고려하여 그룹의 개수가 최소가 되도록 하는 보정 알고리즘의 공통된 목표이므로 기존 SA 알고리즘이 더 최적된 결과를 보이고 있다. 그러나 층별 누적 오차 값을 살펴보면 SA 알고리즘의 경우 47층에서 1.07in.의 오차를 가지게 되므로 앞서 제시한 기준치 보다 더 큰 값을 가지게 되어 보정이 잘 못 된 것임을 알 수 있다. 만약 제한 조건을 1.07in.로 하여 평균보정 기법을 적용한다면 그룹의 개수는 4개로 기존 SA 알

고리즘 보다 더 적은 그룹의 개수를 가진다.

표 2 SA와 평균 보정기법에 의한 보정결과

보정 기법	제한 조건	그룹 개수	최대 누적 오차(in.)
SA 알고리즘	층별 오차 0.4 in. 이하 그룹 내 오차의 합 0.4 in. 이하	6	1.07
평균 보정 기법	층별 누적 오차 0.4 in. 이하	7	0.38
평균 보정 기법	층별 누적 오차 1.07 in. 이하	4	1.05

6. 결론

본 논문에서 제시한 평균보정기법을 사용하여 건물의 수직부재들 간 부등축소량의 보정 값과 그룹의 개수를 결정할 수 있게 되었다. 아래층의 수축량이 위층에 미치는 영향을 고려한 누적오차를 제한 조건으로 제시하였고, 평균보정기법과 제한 조건을 사용하여 70층 예제 건물에 적용시켜 보았다. 기존의 연구와 비교 분석해 보면 같은 제한 조건일 경우 더 적은 그룹 수를 필요로 하였으며 따라서 시공성 측면에서 더 효율적인 보정 기법이라고 할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2007년도 첨단도시개발사업(과제코드:07도시재생B03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

Park HS, Sung CW. (2001). Distributed simulated annealing algorithm for optimization of steel structures on acluster of personal computers. Proceedings of The 4th World Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization, International Society for Structural and Multidisciplinary Optimization: Dalian, China. 218-223.

H. S. Park, (2003). Optimal Compensation of Differential column shortening in high-rise buildings, The Structural Design of Tall Special Buildings, Wiley InterScience(www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/tal.212

HANSOO KIM, SUKHEE CHO, (2005). Column Shortening of Concrete Cores and Composite Columns in a Tall Building, The Structural Design of Tall Special Buildings, Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/tal.269