

ㄹ 구조물의 유한요소해석에 대한 연구

김현석, 정송수

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《도로와 다리, 강하천건설에 대한 연구사업도 강화하여야 합니다. 도로와 다리, 강하천건설은 후손만대의 번영을 위한것인것만큼 먼 후날에 가서도 손색이 없게 과학기술적으로 잘하여야 합니다.》(《김정일선집》증보판 제11권 42페이지)

구조물의 유한요소해석은 구조물의 지진안정성평가와 설계를 진행하는데서 필수적인 문제로 제기된다.[1-3]

론문에서는 구조해석프로그램을 리용하여 구조물을 모형화하고 유한요소해석을 진행하여 유한요소구조의 정확성을 검증하였다.

1. 구조물의 모형화와 유한요소해석

론문에서는 구조해석프로그램 ETABS를 리용하여 ㄹ구조물을 모형화하고 유한요소해석을 진행하여 건물의 고유주기를 얻었다.

건물모형화를 위하여 AutoCAD로 건물평면도를 입력하고 그 자료를 유한요소해석프로그램 ETABS에 불러들인 다음 건물건축구조도에 근거하여 모형화를 진행하였다.

이 건물은 지하 1층, 지상 5층, 만장으로 된 지상 20.1m 높이의 그리 높지 않은 구조물이며 매 층의 높이는 3.6, 3.3, 3.3, 3.3, 3.3m이다.

건물에 리용된 콘크리트재료는 설계상요구에 따라 C15급으로 표 1과 같이 설정하였다.

표 1. 콘크리트재료설정

밀도/($\cdot 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) 단위체적당 무게/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$) 휨성결수 뿔송결수			
2.4	25	$2.3 \cdot 10^7$	0.2

다음으로 층막과 벽체들에 대하여 유한요소분할을 진행하였다. 층막과 벽체들은 프로그램의 지정값을 그대로 리용하여 접합부요소 1 210개, 라멘요소 4 187개, 각체요소 913개로 분할하였다. 분할을 많이 하면 할수록 계산의 정확도는 올라가지만 대신 계산량이 증가하므로 계산시간이 길어지게 된다. 그러므로 리용하는 컴퓨터의 성능과 계산량을 충분히 고려하여 건물의 고유주기를 구하는데 필요한 합리적인 요소분할[2]을 하는것이 중요하다.

그리고 건물에 대하여 고정하중과 립시하중을 입력하였다.

고정하중은 시간에 따라 일정한 하중으로서 경영전기간 건물에 실리는 짐을 말한다. 보와 기둥, 문미, 벽체에 대해서는 이 건축요소들의 재료속성에 의하여 자중이 자동적으로 계산되어 입력되었다. 그러나 층막에 대해서는 층막의 재료속성에서 단위체적당 무게를 특별히

0으로 따로 주고 층막에 실리게 되는 고정하중을 여러가지 조건을 고려하여 입력하였다.
입력된 층막의 고정하중과 하중민감계수는 표 2와 같다.

표 2. 입력된 층막의 고정하중과 하중민감계수

No.	시공단계	두께 /mm	체적무게 / ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	기준집 / ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$)	계산집 / ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$)	n
1	인조석 깔기	15	22	0.330	0.429	1.3
2	몰탈	20	18	0.360	0.470	1.3
3	경공크리트	65	17	1.105	1.437	1.3
4	층막치기	140	25	3.500	3.850	1.1
5	미장	15	18	0.270	0.351	1.3
	고정집계			5.565	6.537	

림시하중은 시간에 따라 하중의 크기가 변하거나 시간적변동을 무시할수 없는 하중으로서 바람하중, 눈하중, 기계설비의 설치와 시동, 운영때 발생하는 하중 등을 들수 있다.

바람속도를 10m/s로 주고 층막에 실리는 림시하중은 m^2 당 1.7kN으로 입력하였으며 동서, 북남방향에서 고정하중과 림시하중을 결합하였다.

각이한 건축요소들사이의 결합은 강접결합, 지반과의 결합은 강접속박으로 주었다.

끝으로 모형에 대한 유한요소분석을 진행하여 건물의 고유주기를 얻었다.

동서방향과 북남방향진동에 대한 고유주기는 각각 0.181 8, 0.174 1s이다.

2. 측정결과와 모형화의 신뢰성검증

근구조물의 지하층과 1, 3, 5층에 각각 지진계를 설치하고 건물의 진동을 측정하였다.

지진계는 65형지진수감부(고유주기 1s, 감쇠상수 0.7)를 리용하였으며 예비증폭단에서 신호를 10배로 증폭한 다음 16bit 12통로 상사-수자입력장치(《MP426》)를 리용하여 진동세기를 측정하였다. 수평방향지진수감부 4대를 매 층에 놓고 5min동안 4개 층진동을 동시에 측정하였다. 표본화주파수는 200Hz로 설정하였다.

5min동안 측정한 매 층의 동서방향, 북남방향진동자료를 그림 1, 2에 보여주었다.

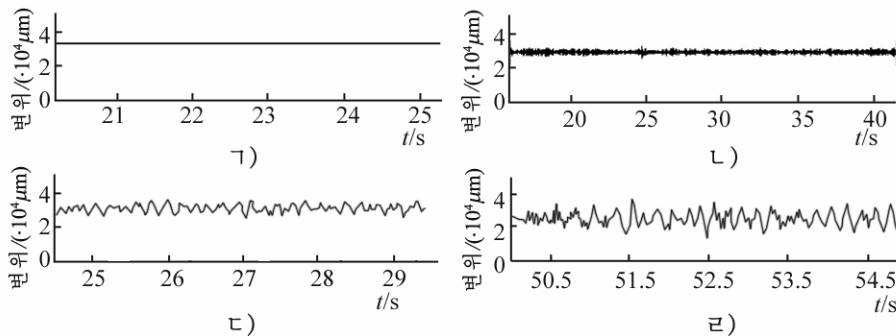


그림 1. 측정건물의 동서방향진동자료

1) 지하층, 2) 1층, 3) 3층, 4) 5층

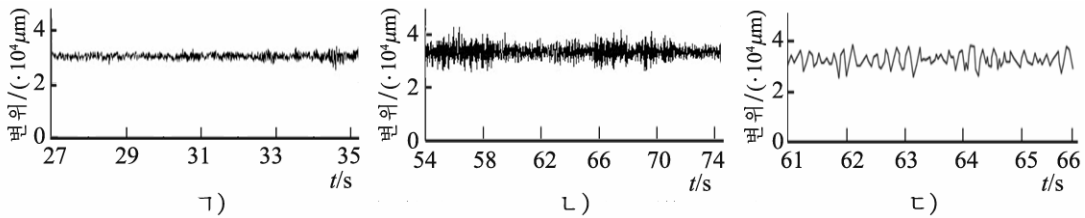


그림 2. 측정건물의 북남방향진동자료

ㄱ) 1층, ㄴ) 3층, ㄷ) 5층

측정된 진동자료에 대하여 스펙트럼분석을 진행하여 건물의 고유진동수를 결정하였다. 3층과 5층진동자료에 대하여서는 우연감량법[1]을 적용하여 고유주기를 얻었다.

지진수감부로 측정된 동서, 북남방향진동의 고유주기측정값을 표 3에 보여주었다.

표 3. 진동방향에 따르는 고유주기

진동방향	고유주기	
	해석값/s	측정값/s
동서방향	0.181 8	0.175 7
북남방향	0.174 1	0.178 9

표 3에서 보는바와 같이 측정값과 해석값의 차이가 그리 크지 않다. 해석값의 상대오차는 동서방향에서 3.42%, 북남방향에서 2.68%이다. 따라서 큰구조물을 구조해석프로그램 ETABS로 비교적 정확히 모형화하였다는것을 알수 있다.

ETABS에 의한 구조물의 모형화방식은 앞으로 구조물의 지진안정성설계와 로화평가에 리용될수 있다.

맺는 말

구조해석프로그램 ETABS를 리용하여 큰구조물을 모형화하고 그것에 대한 유한요소해석을 진행하여 건물의 고유주기와 진동형식을 얻었다. 또한 지진계로 측정된 미동자료 분석결과와 비교하여 구조물모형화의 신뢰성을 검증하였다.

참고문헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 62, 1, 56, 주체105(2016).
- [2] E. Onate; Structural Analysis with the Finite Element Method(Linear Statics), Springer, 3~42, 249~267, 2009.
- [3] J. Pellerin et al.; Computers & Geosciences, 67, 3, 2015.

주체105(2016)년 8월 5일 원고접수

Finite Element Analysis of “큰” Structure

Kim Hyon Sok, Jong Song Su

We modeled the “큰” structure with ETABS and gained its natural frequency and modes using finite element method. And, by comparing it with measurement of seismometer, we verified the accuracy of modeling.

Key words: natural frequency, finite element analysis