

복합구조물의 응답해석을 위한 해석모델설정에 관한 연구

A Study on the Modeling of the Response Analysis of Hybrid Structures

노 희 일* 윤 명 호** 권 기 혁*** 이 춘 호**** 서 정 원*****
Roh, Hee Il Yoon, Myung Ho Kwon, Ki Hyuk Lee, Choon Ho Seo, Jung Won

ABSTRACT

These days, the number of residential-commercial buildings and apartments with pilotis is increasing. Generally, these buildings have a special structural system called as Hybrid Structures consisting of upper-Walls and lower-Frames. However, this structures have some problems to be solved for the application of the regulation on the earthquake-resistant design and analysis techniques. Especially, in the case of irregular formal structures, engineers have to consider both the equivalent static analysis and the dynamic analysis. Thus, it is recommended to analyze those to inelastic region for economical reasons.

In this paper, the method of modeling preceding the inelastic dynamic analysis using the DRAIN-2DX is presented to compare with those from MIDAS GENw program.

1. 서 론

현재 국내에서는 도심에서의 토지의 효율적인 이용을 위한 복합건물이 계획·시공되는 경향이 일반화 되어 있다. 뿐만아니라, 일반 아파트의 경우에도 녹지공간조성과 일조·방법의 문제로, 주거환경이 열악한 1층 공간을 필로티로 처리함으로써 층수와 용적률 산정에서 제외하는 건축법 시행령의 개정으로 이미 일부 주택업체는 1층 미분양현상을 막기 위해 건립가구수를 줄이고 1층을 필로티로 처리하고 있으며, 대부분의 주택업체들이 필로티 공법을 도입할 것으로 보인다. 이와같은 건물은 상부층은 층고와 건축면적의 확보를 위해 벽식구조를, 하부층은 상업적인 요구로 공간의 효율을 높이기 위하여 라멘구조를 사용하고 있다. 그러나, 이러한 복합구조형식은 지진하중의 작용시 하부골조부에 에너지가 집중하게 되는데 이와같은 현상은 최근의 지진피해 사례에서도 확인할 수 있었다. 그러므로, 하부골조에 대해서는 등가정적해석뿐만 아니라 동적해석을 병행함으로써 에너지집중의 정도를 조사하여 안정성의 한계를 파악하여야 한다. 이를 위해서는 일반적으로 행해지는 탄성해석에 그치지 않고, 비탄성영역까

* 정회원, 서울시립대학교 건축공학과, 교수

** 정회원, 국립천안공업대학 건축공학과, 부교수

*** 정회원, 서울시립대학교 건축공학과, 조교수

**** 정회원, 서울시립대학교 건축공학과, 박사과정

***** 정회원, 서울시립대학교 건축공학과, 석사과정

지 연장하여 해석하는 것이 바람직하나 현재 사용되고 있는 상용 해석프로그램의 한계와 모델링의 문제로 말미암아 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구는 비탄성 해석 프로그램인 DRAIN-2DX를 이용하여 하부골조를 중심으로 비탄성거동을 살펴보기 위한 선행과제인 실용모델을 연구개발함으로써 향후 수행될 동적해석의 기초를 마련하는데 목적이 있다.

2. 기존연구의 고찰

2.1 벽식구조의 동적해석

벽식구조 아파트 전단벽에 대한 연구는 고유주기산정을 비롯하여 몇 개의 분야에서 이루어져 왔다. 고유주기의 경우, 현행 기준식에 의한 주기산정이 실제의 주기 및 해석상의 주기와 차이를 보이고 있는 것으로 보고되고 있다.³⁾ 또한 비선형 동적해석에 의한 결과에서는 15층 이상에서는 2차 모드의 비율이 1차 모드보다 높게 나타나고, 3차 모드의 비율 역시 높은 값을 가지고 있으며, 1차 모드가 지배적인 5층에서도 2차, 3차 모드의 영향이 상대적으로 커 벽식구조의 전단벽의 설계에 2차, 3차 모드의 영향이 고려되어야 하는 것으로 보고되었다.⁴⁾

2.2 복합구조물의 동적해석

복합구조물의 모형화에 소요되는 시간 및 문제점을 줄이기 위해 강성행렬에 대한 행렬응축을 이용하여 구조물의 상부와 하부에 대한 별도의 행렬응축을 수행하고, 이를 결합하여 전체구조물의 동적해석을 수행함으로써 비정형성이 매우 강한 복합구조 건물의 동적해석을 보다 효율적으로 하여 구조물의 동적거동을 파악하는 방법⁵⁾ 등이 제안되었으나, 에너지집중이 예상되는 하부골조에 대한 탄소성해석에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

3. 모델의 설정 및 연구방법

3.1 모델의 설정

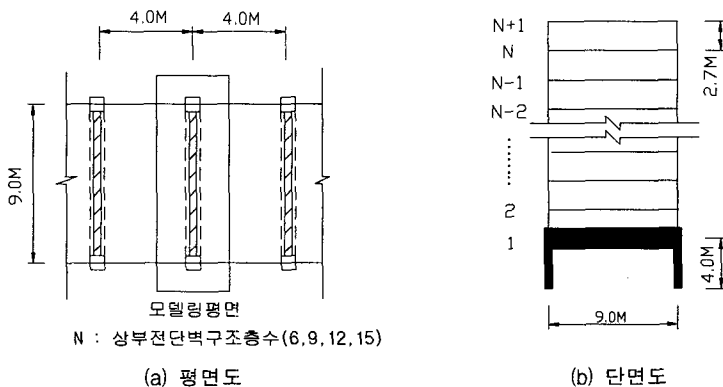


그림 1. 해석대상 구조물

본 연구의 대상인 주상복합 건물이나 1층을 필로티로 처리한 아파트의 경우, 그 구조형식이 상이하고, 또한 평면에 있어서도 비정형성을 지니는 경우가 많기 때문에 대표성을 가지는 평면모델을 선정하기란 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 전이보 혹은 필로티가 위치할 수 있는 경우를 그림1과 같이 가정하여 해석을 수행하였다.

상부벽체는 두께 18cm, 길이 9m, 층고 2.7m로 고정하였고, 철근비는 층수의 변화에 따라 일부조정하였다. 1층 골조에서의 전이보와 기둥은 연직하중에 저항할 수 있는 최소단면 및 최소배근을 기준으로 하되 시공사례를 참조하였다. 이상의 조건아래 해석대상 구조물의 설계가정과 부재 리스트는 표1과 같다.

표 1. 설계가정 및 부재 리스트

상부층수(N)	부재명	단면크기(cm)	배근	설계가정
6 층	상부벽체 전이보	TH = 18 60 × 150 70 × 70	D10 @ 30 7-D25(상부) / 14-D25(하부) 18-D25	$F_c = 240 \text{ kgf/cm}^2$ $F_y = 4,000 \text{ kgf/cm}^2$ $D.L = 0.55 \text{ tf/m}^2$ $L.L = 0.20 \text{ tf/m}^2$
9 층	상부벽체 전이보 기둥	TH = 18 80 × 150 90 × 90	D10 @ 30 9-D25 / 18-D25 36-D25	
12 층	상부벽체 전이보 기둥	TH = 18 90 × 170 100 × 100	D10 @ 30 11-D25 / 22-D25 36-D25	
15 층	상부벽체 전이보 기둥	TH = 18 100 × 200 110 × 110	D10 @ 30 12-D25 / 24-D25 36-D25	

3.2 연구방법

해석을 위하여 사용되는 DRAIN-2DX 프로그램은 골조의 비탄성 지진해석에 주로 사용되는 프로그램이다. 하지만 본 연구의 해석대상 구조물의 상부벽체를 모델링 할 수 있는 PANEL 요소는 탄성해석만을 지원하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 해석에 앞서 먼저 다음과 같은 가정을 한다.

첫째, 상부벽체는 전단거동에 의해서만 변형을 일으키고, 휨 등에 의한 변형은 무시한다.

둘째, 상부벽체는 하부골조의 기둥에 비해 상당히 강한 횡강성을 가지고 있기 때문에 기둥의 소성변화에 상관없이 탄성거동만을 한다.

이상과 같은 해석상의 가정이 만족하려면, 기둥이 탄성거동을 하는 범위 내에서는 DRAIN-2DX에 의한 해석결과와 탄성해석을 하는 범용 해석 프로그램에 의한 해석결과가 그 거동이 서로 유사하는지를 살펴보아야 한다. 따라서, 본 연구에서는 범용 구조해석 프로그램인 MIDAS-GENw를 이용 탄성해석을 수행하고, DRAIN-2DX와의 결과를 비교하여 모델의 사용여부를 판단하였다.

4. 등가정적해석

4.1 상부벽체의 강성변화를 무시한 경우

그림2는 전단벽을 가지는 상부구조의 층수별 DRAIN-2DX 와 MIDAS의 해석결과로, DRAIN-2DX

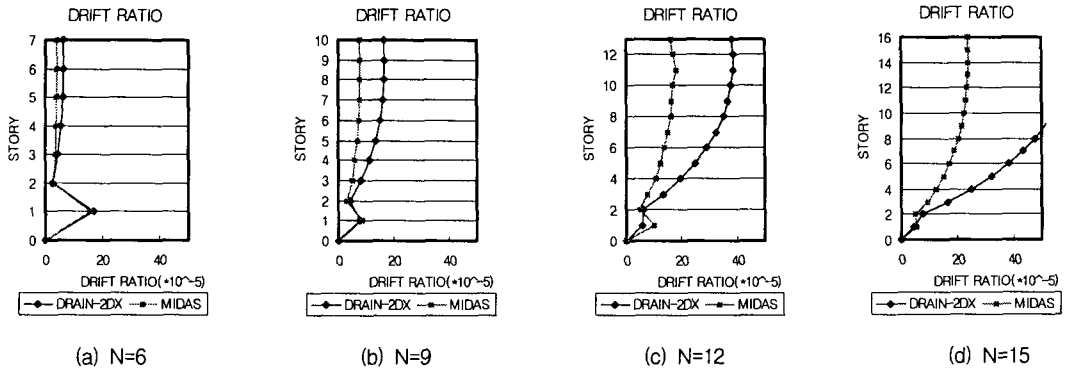


그림 2. 각 case별 변위율 분포(상부벽체 강성변화 무시)

모델링에 있어 상부벽체의 강성변화를 고려하지 않은 경우의 것으로, 층수가 높아질수록 그 차이가 심해짐을 알 수 있다. 이는 철근의 배근상태를 고려하여 모델링을 하는 DRAIN-2DX는 탄성계수의 설정이 곧 강성에 직접적으로 영향을 미치게 되는데, 이 경우는 전층을 동일한 탄성계수로 처리하여 상부벽체가 가지는 횡강성이 하부 기둥보다 큰 것을 무시한 결과로 판단된다. 또한 하부기둥의 연성화는 상부 층수가 증가함에 따라 기둥단면의 크기와 연직하중의 증가에 의해 줄어드는 경향을 보였다.

4.2 상부벽체의 강성변화를 고려한 경우

상부벽체의 강성변화를 무시한 경우의 오차의 원인으로 판단되는 상부벽체의 탄성계수를, 3개 구간으로 나누어 기둥에 대해 일정배율을 적용함으로써 벽체의 강성을 변화시켜 해석을 수행하였다. 이 경우, 하부골조와 인접한 구간의 배율이 가장 높고 상부층으로 갈수록 일정하게 줄어들도록 하였는데 그 결과 DRIFT RATIO는 상당히 일치됨을 그림3을 통하여 알 수 있다.

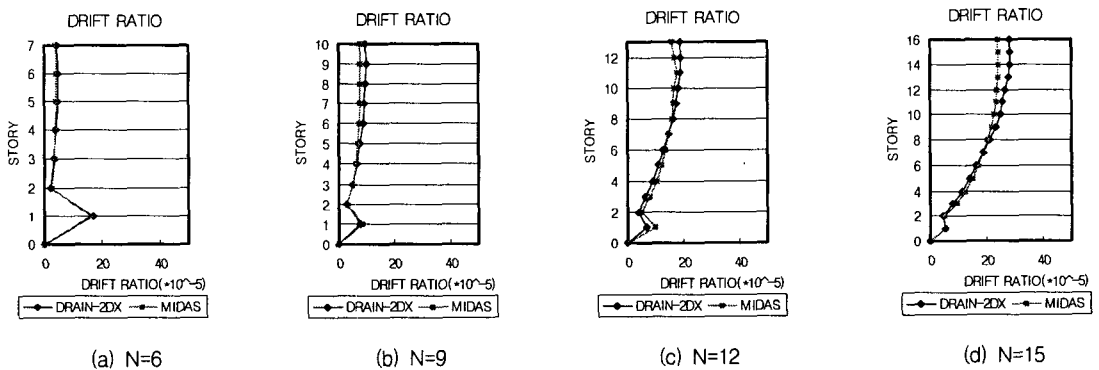


그림 3. 각 case별 변위율 분포(상부벽체 강성변화 고려)

5. 고유치해석

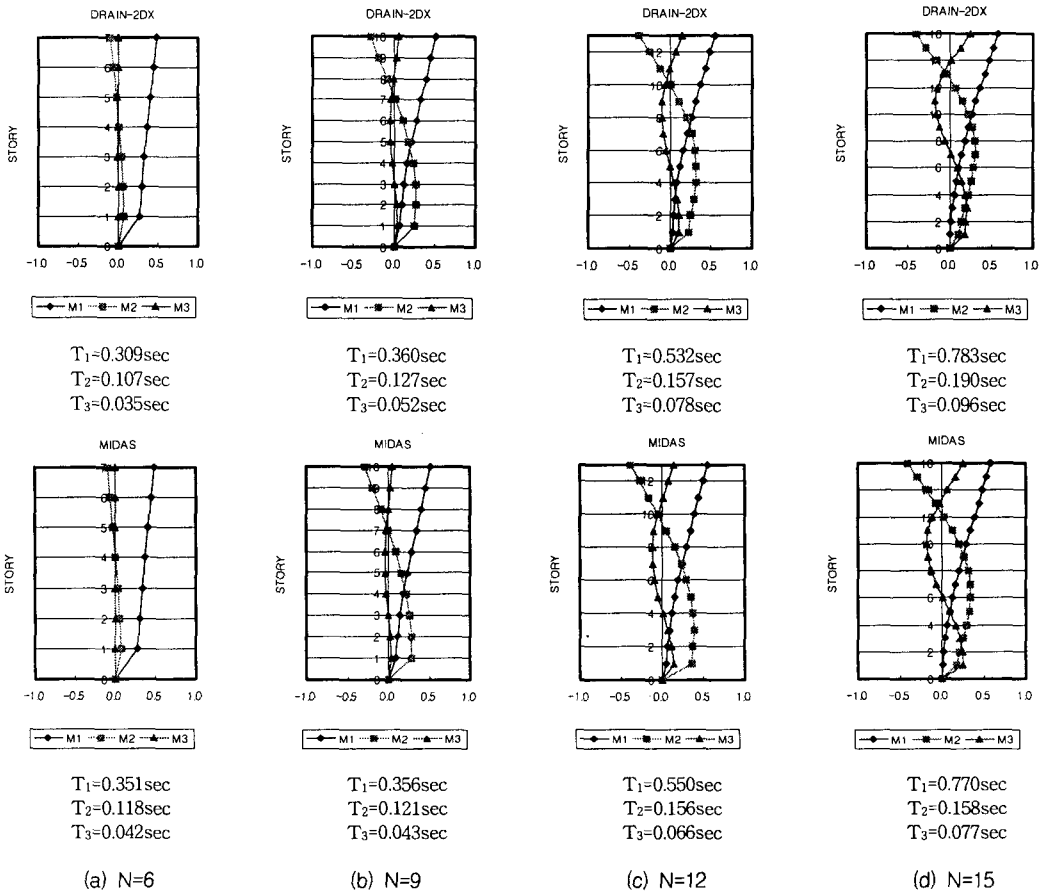


그림 4. 고유치해석에 의한 MODE SHAPE 및 주기

전술한 바와 같이 유사모델이 등가정적해석에서 근사성을 가지고 있지만 이는 정적해석에 의한 것으로, 동적해석에도 그 신뢰성을 가지기 위해서는 각각의 경우에 대한 고유치해석이 비교·검토되어야 한다. 그림4는 각 경우의 고유치해석 결과를 1차, 2차, 3차 모드로 나누어 모드형태와 주기를 표현한 것으로 각각의 해석 결과는 상당히 근사한 것으로 나타나 유사모델의 강성 역시 신뢰할 수 있는 것으로 사료되고, 벽식구조의 전단벽의 경우와 같이 상부벽체의 수가 증가함에 따라 저층부에서는 1차 모드 외에 2차, 3차 모드의 영향이 현저히 증가하는 현상도 나타났다.

6. 결론 및 추후연구 과제

본 연구는 복합구조의 비탄성 동적해석을 수행하기 위한 선행과정인 해석모델의 설정에 관한 것으로, 모델의 탄성거동을 상부벽체의 강성변화를 통하여 파악해 봄으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 비탄성해석을 위해 모델링된 복합구조체의 경우, 하부 기둥에 비해 상대적으로 횡강성이 강한

상부벽체의 강성변화를 기둥에 대한 일정배율로 조절함으로써 탄성범위내에서의 등가정적해석을 통한 DRIFT RATIO는 거의 일치하였다.

(2) 근사화된 모델의 동적해석 적용여부를 알기 위한 고유치해석 결과에서도 각 프로그램의 해석을 통하여 얻어진 주기 및 모드형태는 거의 일치하여 건물 전체의 강성 역시 신뢰할 수 있는 것으로 사료된다.

이상의 연구의 결과를 토대로 복합구조물의 비탄성 동적해석을 수행함으로써 하부층 기둥부에 대한 설계상의 고려는 더 명확해 질 것이다. 이를 위해서 국내 규준에 내재하고 있는 지진파의 특성을 파악하여 탄소성 지진응답 해석을 수행함으로써 부재가 가지는 안정성의 한계를 규명하는 후속연구가 진행 중이며, 본 연구에서 시행된 모델링과 그 결과의 신뢰도는 전단벽체의 Push Over 실험 및 진동대 실험을 통해 비교·검토할 예정이다.

참 고 문 헌

1. 대한건축학회, 통합설계법에 의한 콘크리트 구조설계기준 건축구조물 설계예제집, 2000. 5
2. Prakash V., Powell G.H., and Campbell S.D., DRAIN-2DX, Version 1.10, Structural Engineering, Mechanics and Materials, Dept. of Civil Engineering, Univ. of California, Berkeley, Report No. UCB/SEMM-93/17.1993
3. 천영수, 이리형, 벽식구조 아파트건물의 고유주기산정을 위한 현행 규준식 검증, 대한건축학회논문집, 제 14권 3호, 통권 113호, 1998. 3.
4. 김덕주, 한상환, 이리형, 벽식구조물의 비탄성 설계강도 산정을 위한 동적확대계수, 대한건축학회학술발표논문집, 제 18권 제2호, 1998. 10.
5. 황현식, 이동근, 주상복합건물의 효율적인 구조해석, 대한건축학회학술발표논문집, 제 16권 제1호, 제2호, 1996. 4., 10.
6. 이한선의, 복합구조(전단벽+골조)의 내진설계기법 연구보고서, 건교부 '98 연구개발사업보고서, 1999.