

3차원 비정형 Setback 구조물의 지진 거동

A Seismic Behavior of a 3-dimensional Irregular Setback Structure

문 성 권*

Moon, Seong-Kwon

요 지

임의의 층에서 평면적에 큰 차이를 보이는 3차원 비정형 setback 구조물의 지진 거동 특성과 지진 거동 특성에 미치는 바닥 슬래브의 면내 변형 효과를 연구하였다. 비정형 setback 구조물의 전반적인 지진 거동 특성을 분석하기 위하여 베이스 부분의 평면적과 타워 부분의 평면적의 비(R_s)와 단(setback) 발생 위치(L_s) 등을 매개 변수로 사용하였다. 48개의 비정형 setback 구조물들에 대한 해석 결과로부터 정형 구조물과 달리 setback 구조물의 경우에 단(setback) 발생 위치 근방에서 매우 급격한 층 전단력의 변화가 일어남을 알 수 있었다. 바닥슬래브의 면내 변형이 구조물의 지진 거동에 미치는 영향은 횡방향 저항 요소의 배치에 따라 크게 좌우되며 횡방향 저항 요소들간의 강성의 차이가 심하게 나타나는 전단벽-프레임 시스템의 경우에 더욱 두드러지게 나타남을 알 수 있다. 바닥슬래브의 면내 변형은 구조물이 받게 되는 밀면 전단력을 감소시키며 특히 $L_s=0.1$ 인 프레임-전단벽 시스템에서 두드러진다. 또한 바닥슬래브의 면내 변형은 전단벽이 설치된 프레임에 대해서는 층 전단력의 감소 효과를 가져오고 전단벽이 설치되지 않은 프레임에 대해서는 층 전단력의 증가 현상을 가져온다. 또한 횡방향 강성의 차이로 발생한 베이스 부분과 타워 부분에서의 바닥슬래브의 면내 변형으로 인하여 모든 층의 층 변위가 크게 증가됨을 알 수 있다.

핵심용어 : 지진 거동, 비정형 setback 구조물, 면내 변형, 층 전단력, 밀면 전단력, 층 변위

Abstract

Seismic behavior of 3-dimensional setback structures showing abrupt reductions of the floor size within the structure height and the effect of in-plane deformations of floor slabs on the seismic behavior of those structures are investigated. To find out general seismic behavior of 3-dimensional setback structures two parameters, level of setback(L_s) and degree of setback(R_s) are used. Analysis results obtained from forty eight setback structures show that a sudden change in story shear near setback level is occurred for irregular setback structures. The effect of in-plane deformation of floor slabs on the seismic behavior of setback structures is greatly influenced by the arrangement of lateral load resisting elements and it is more pronounced for frame-shear wall system showing large difference in stiffness among the lateral load resisting elements. The in-plane deformation of floor slabs results in reduced base shear, especially for FW-type structures with $L_s=1.0$. Also, it brings about reduced story shear for the lateral load resisting element with shear wall and increase in story shear for the lateral load resisting element without shear wall. The in-plane deformation of floor slabs at the base portion and/or tower portion due to difference in stiffness among the lateral load resisting elements brings about increment of floor displacements at all floor level.

Keywords : seismic behavior, irregular setback structures, in-plane deformation, story shear force, base shear, floor displacement

* 정희원 · 경산대학교 건축학부 토목공학전공, 조교수

· 이 논문에 대한 토론을 2000년 6월 30일까지 본 학회에 보내주시면 2000년 9월호에 그 결과를 게재하겠습니다.

1. 서 론

일반적으로 구조물의 내진 계획시 가능한 한 단순하며 연속성을 지닌 구조물을 선정하도록 하고 있는데 이는 단순한 외형과 구조적으로 대칭인 구조물이 지진에 대해 거동이 좋은 것으로 알려져 있기 때문이다.¹⁾ 하지만 채광 문제와 구조물의 미적인 면을 고려하다 보면 외형 및 구조적인 측면에서 비대칭을 이루게 된다. 이러한 비정형 구조물(irregular structures)은 우리 주변에서 널리 계획, 시공되고 있다. 본 연구에서는 비정형 구조물 중에서도 현재 도심 내에서 널리 건설되고 있는 임의 층간에서 평면적에 큰 변화를 보이는 setback 구조물에 연구의 초점을 맞추었다.

비정형 setback 구조물의 동적 거동에 관한 연구로서 Penzien, Chopra²⁾는 경량 타워를 가지는 setback 구조물의 지진 거동을 계산하는 방법을 제안하였고 이후 다자유도를 가지는 경량 타워 구조물에 대한 근사적인 방법도 제시하였다. 그러나 이들 연구에서 제시한 해석의 근사적인 방법은 타워의 중량이 매우 적어 베이스와 타워를 포함한 전체 구조물의 기본 주기와 베이스 자체만의 기본 주기가 별로 차이가 나지 않는 경우에만 적용할 수 있다는 문제점을 안고 있다. Jhaveri, D. P.³⁾는 "shear building" 모델을 이용하여 setback 구조물의 동적 특성과 지진 거동을 연구한 바 있지만 사용된 shear building 모델은 절점의 회전과 기둥의 축방향 변형이 무시되기 때문에 실제 거동과는 많은 차이⁴⁾(매우 짧은 고유진동 주기를 가져옴)를 보인다. Jain, S. K.⁵⁾는 연속 모델(continuum model)을 이용하여 일정한 간격을 가진 동일 프레임들과 바닥슬래브로 구성된 setback 구조물에 대한 연구를 통하여 구조물의 거동에 미치는 바닥슬래브의 면내 변형 효과를 조사하여 setback 바로 위의 타워 기둥에 대한 설계의 중요성을 강조한 바 있다.

본 연구와 연관되어 수행된 이전 연구⁶⁾에서는 setback 구조물의 전반적인 동적 특성(고유 진동 주기, 모드 형상)이 분석되었으며, 본 연구에서는 비정형 setback 구조물의 전반적인 지진 거동에 대한 연구가 진행되어졌다. 단(setback)을 가지는 비정형 구조물에 대한 전반적인 지진 거동을 파악하기 위하여 이전 연구에서 사용된 바 있는 48개의 비정형

setback 구조물에 대한 해석을 수행하였다. 비정형 setback 구조물의 거동은 베이스 부분과 타워 부분의 상대적인 높이 비와 평면 크기에 좌우되는 것으로 알려져 있기 때문에 setback 발생 위치($L_s = 0.1, 0.3, 0.5, 0.7$)와 타워 부분과 베이스 부분의 평면적의 비($R_s = 0.111, 0.333, 0.556, 0.778$) 등을 두 가지 매개 변수로 사용하였으며 두 가지 구조 방식(프레임 시스템, 프레임-전단벽 시스템)의 세 가지 평면 형태를 고려하였다. 바닥슬래브의 면내 변형이 구조물의 지진 거동에 미치는 영향을 파악하기 위해서 바닥슬래브를 두 가지 가정(강막 가정(바닥슬래브의 면내 변형이 무시), 반강막 가정(바닥슬래브의 면내 변형 고려))에서 구한 해석 결과들을 서로 비교하였다.

2. 비정형 setback 구조물과 해석 모델

2.1 비정형 setback 구조물

단(setback)을 가지는 구조물은 질량과 강성이 단 발생 위치에서 크게 변하기 때문에 정형 구조물보다 복잡한 거동을 보인다. 비정형 setback 구조물에 횡하중이 작용할 경우에 횡하중 전달 경로를 살펴보면, setback 위 부분(타워 부분)과 아래 부분(베이스 부분)의 구조적 특성(강성, 질량 등) 차이로 인하여 타워 부분의 맨 아래쪽에 큰 전단력이 발생하고 이 전단력은 바닥슬래브의 막 작용(diaphragm action)에 의하여 베이스 부분의 횡방향 저항 요소(프레임, 전단벽)로 전달된다. 여기서 바닥슬래브의 막 작용에 의해 베이스 부분의 횡방향 저항 요소에 전달되는 전단력의 분배 양상은 상대적인 강성의 비(바닥슬래브의 면내 강성과 횡방향 저항 요소의 강성)에 의해서 결정되어지는 것으로 알려져 있다. 즉, 바닥슬래브의 면내 강성이 횡방향 저항 요소의 강성보다 월등히 큰 것으로 간주할 경우(강막, rigid diaphragm)에는 횡방향 저항 요소의 강성비에 따라 횡하중 저항 요소에 전단력이 분배되지만, 바닥슬래브의 면내 강성이 횡방향 저항 요소의 강성과 큰 차이를 보이지 않을 경우(반강막, semirigid diaphragm)에는 횡방향 저항 요소의 강성과 바닥슬래브의 면내 강성의 함수로서 분배 전단력 크기가 결정되어진다. 해석상의 간편성을 이유로 비정형 setback 구조물의 해석에도 강막

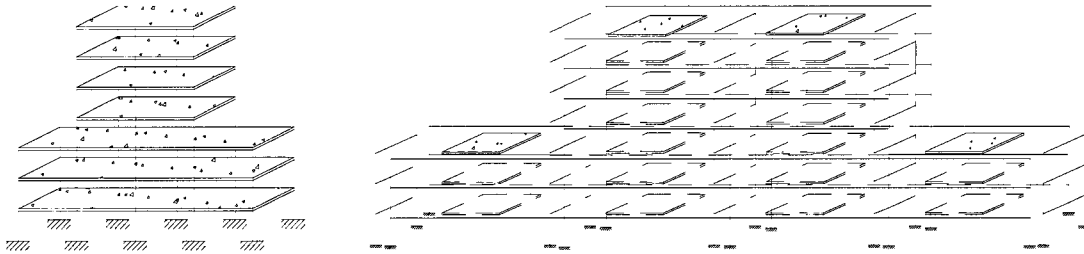


그림 1 전형적인 3차원 setback 구조물의 형상과 setback 구조물의 이상화

가정이 널리 사용되고 있지만, 과거의 지진 경험들과 많은 연구 결과에 따르면 질량과 강성의 분포가 급격히 변하는 setback 발생 위치에서의 횡방향 저항 요소에 전달되는 전단력의 분포가 강막 가정에서 구한 전단력 분포와 큰 차이가 있다고 알려져 있다.

2.2 해석모델

본 연구에서는 3차원 setback 구조물의 지진 거동을 효과적으로 파악하기 위하여 3차원 유한 요소 모델 대신에 저자에 의해 이미 개발된 단순화된 해석모델⁷⁾을 이용하였다. 사용된 해석 모델에서는 효과적인 해석 수행을 위하여 그림 1과 같이 3층에서 setback을 가지는 3차원 프레임 구조물을 y-방향(단변 방향)의 프레임들과 각 층에서 인근 프레임을 서로 연결시켜 주는 바닥슬래브들의 조합으로 이상화하였다. 여기서 y-방향의 프레임은 바닥슬래브의 면내 변형 효과를 효과적으로 고려하기 위하여 층당 2개의 자유도(y 방향 변위, z방향 회전)를 가지는 막대 모델(stick model)로 모델링된다. 인근 프레임을 연결하는 바닥슬래브는 절점당 2개의 자유도(y 방향 변위, z방향 회전)를 가지는 1개의 stiff beam으로 모델링된다. 이러한 모형화 개념은 복잡한 형태의 3차원 setback 프레임 구조물에도 쉽게 적용될 수 있으며, 해석에 사용되는 총 자유도 수(degrees of freedom)가 3차원 유한 요소 모델에 비해 매우 감소되기 때문에 해석상 큰 이점을 가지며, 3차원 유한 요소 해석 결과들(고유 진동 주기, 모드 형상, 변위 시간 이력)과의 비교로부터 신뢰성이 검증된 바 있다.⁷⁾

3. 수치 예제

비정형 setback 구조물의 전반적인 지진 거동을

파악하기 위하여 이전 연구⁶⁾에서 사용된 바 있는 9경간 10층 비정형 예제 구조물(그림 2 참조)을 기본 구조물(prototype structure)로 선정하였으며 단(setback) 발생 위치(L_s)와 타워 부분과 베이스 부분의 평면적 비(R_s) 등의 두 개의 매개 변수를 사용하였다. 각 매개 변수는 아래 식으로 표현되어진다.

$$R_s = \frac{A_t}{A_b} \quad (1)$$

$$L_s = \frac{h}{H} \quad (2)$$

여기서 A_b , A_t 는 각각 베이스 부분의 평면적과 타워 부분의 평면적을 의미하며 h 와 H 는 각각 베이스 부분의 높이와 구조물의 총 높이를 나타낸다(그림 2(a)참조). 본 연구에서 사용된 R_s 값은 각각 0.111, 0.333, 0.556, 0.778 이며 L_s 값은 각각 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 이다. 참고적으로 사용된 R_s 값은 9경간을 가지는 setback 예제 구조물에 대하여 베이스 부분의 면적과 타워 부분의 면적의 비를 현실적으로 최대한 작게(1/9) 그리고 크게(7/9)할 수 있는 범위내에서 선정되었다.

그림 2(a)에 보이는 기본 구조물의 경우 R_s 와 L_s 값은 각각 0.333, 0.3이 된다. 또한 횡방향 프레임들 간의 강성의 차에 의한 바닥슬래브의 면내 변형 효과를 알아보기 위하여 그림 2(b)와 같이 두 가지 구조 방식(프레임 시스템, 프레임-전단벽 시스템)에 대하여 세 가지 평면 형태를 고려하였다. 전단벽이 보강된 프레임-전단벽 시스템의 경우에는 두 가지 평면 형태(Case A, Case B)가 고려되었으며 Case A에서는 ㉠, ㉡ 프레임 위치에 전단벽이 설치되고 Case B에서는 ㉠, ㉢, ㉣, ㉤ 프레임 위치에 전단벽이 설치되어 있다. 예제 구조물에 사용된 부

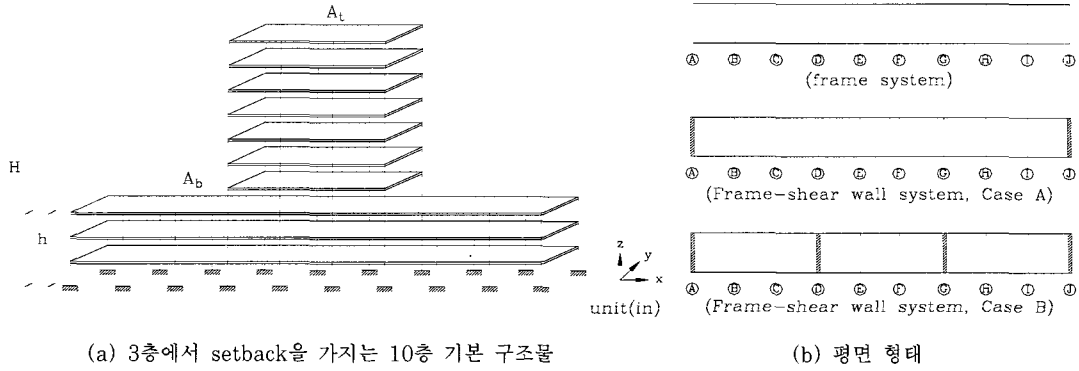


그림 2 비정형 setback 예제 구조물

표 1 부재 크기 단위(in)

해당 층	보	기둥	전단벽
10	14x18	14x14	7.0
9	14x18	14x14	
8	14x20	16x16	
7	14x20	16x16	
6	14x22	18x18	8.0
5	14x22	18x18	
4	16x24	20x20	
3	16x24	20x20	
2	16x26	22x22	
1	16x26	22x22	

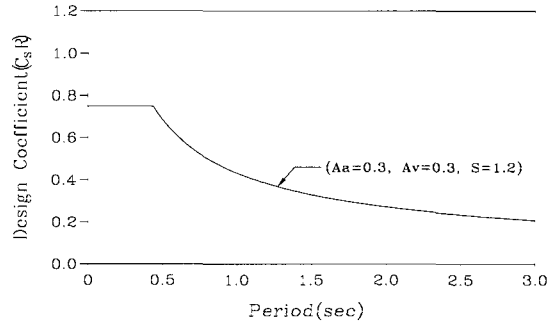


그림 3 사용된 가속도 스펙트럼

재(보, 기둥, 전단벽, 슬래브)에 대한 단면 치수는 표 1에 나타나 있으며 재료의 탄성계수는 3000 ksi 이고 프와송비는 0.167로 가정하였다.

비정형 setback 구조물의 지진 거동을 효과적으로 분석하기 위하여 ATC(Applied Technology Council)의 가속도 스펙트럼을 사용하여 모드 해석(modal analysis)을 수행하였다. 본 연구에서 사용된 가속도 스펙트럼은 $A_a=0.3$, $A_v=0.3$, $S=1.2$ 를 근거로 작성되었으며 그림 3과 같다. 여기서 A_a 는 최대 유효 가속도 계수를 A_v 는 가속도 관련 최대 유효 속도 계수를 S 는 지반 계수를 의미한다. 비정형 setback 구조물의 지진 거동을 파악하기 위하여 해석 결과로서 밀면 전단력과 구조물 높이에 따른 층 전단력 분포와 최상층의 변위가 고려되었으며 이들 해석 결과에 미치는 바닥슬래브의 면내 변형 효과를 고려하기 위하여 두 가지 가정(강막, 반강막)이 해석에 사용되었다.

3.1 밀면 전단력(Base shear)

밀면 전단력에 미치는 바닥 슬래브의 면내 변형 효과를 나타내기 위해 두 가지 가정(강막 가정, 반강막 가정)에서 구한 밀면 전단력 값을 정규화 시켰다(그림 4, 5, 6 참조). 그림에서 V_f 와 V_r 은 각각 바닥슬래브의 면내 변형을 고려한 경우(반강막 가정)와 그렇지 못한 경우(강막 가정)로부터 구한 y방향의

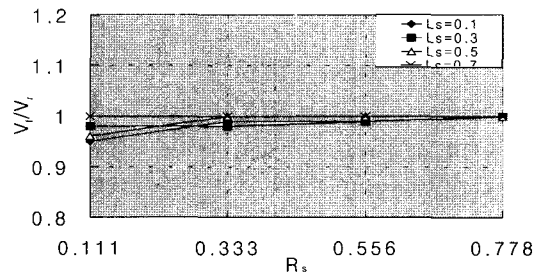


그림 4 정규화된 밀면 전단력 그림(F-type)

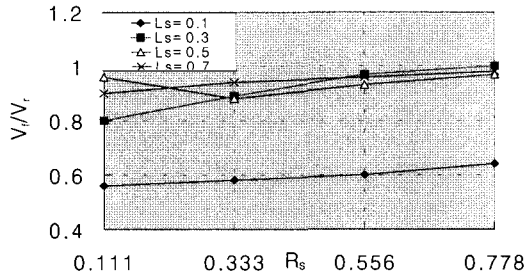


그림 5 정규화된 밀면 전단력(FW-type, Case A)

밀면 전단력을 의미한다. 여기서 주목할 사실은 그림에서 보는 바와 같이 V_f/V_r 의 값들이 세 가지 평면 형태의 구조물에 대하여 모두 1.0보다 작게 나타나는 것으로서 이는 바닥슬래브의 면내 변형은 구조물이 받게 되는 밀면 전단력의 크기를 감소시키는 효과가 있다는 것을 의미한다. 좀더 자세히 살펴보면 횡방향 저항 요소들간의 강성의 차이가 심하지 않아 바닥슬래브의 면내 변형이 크게 발생하지 않을 것으로 예측되는 프레임 시스템(F-type)의 구조물에서는 밀면 전단력 감소 효과가 덜 하지만, 횡방향 저항 요소들간의 강성의 차이가 다소 심한 프레임-전단벽 시스템(FW-type) 구조물의 경우에는 감소 효과가 크게 나타남을 알 수 있다. 특히 프레임-전단벽 시스템의 두 가지 평면 형태 중 Case A($L_s=0.1$, $R_s=0.111$)에 대한 바닥슬래브의 면내 변형은 약 46%의 밀면 전단력 감소 효과를 가져온다(그림 5참조). 이러한 사실로부터 프레임-전단벽 시스템의 Case A, Case B의 평면 형태를 가지면서 L_s 값이 0.1인 setback 구조물에 대한 종래의 해석 방법(강막 가정)은 밀면 전단력의 값을 과대 평가하는 결과를 가져옴을 알 수 있다.

3.2 각 프레임에 걸리는 층 전단력(story shear)의 분포

단(setback) 발생 위치 및 평면적 비의 변화에 따른 층 전단력의 분포와 이들 층 전단력 분포에 미치는 바닥 슬래브의 면내 변형 효과가 그림 7, 8, 9에 함께 나타나 있다. 각 그림들에는 ㉠ 프레임, ㉡ 프레임 대한 층 전단력 분포가 나타나 있으며 바닥슬래브의 면내 변형을 고려한 경우(반강막 가정, SRFD)는 실선으로 그렇지 못한 경우(강막 가정, RFD)는 파선으로 비교되어져 있다. 정형 구조물에 대한 층 전

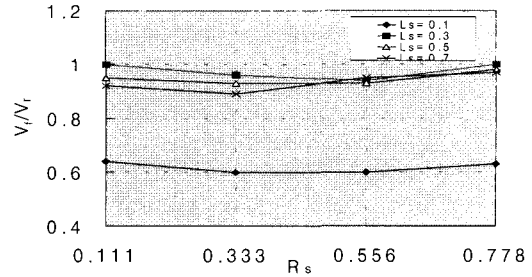
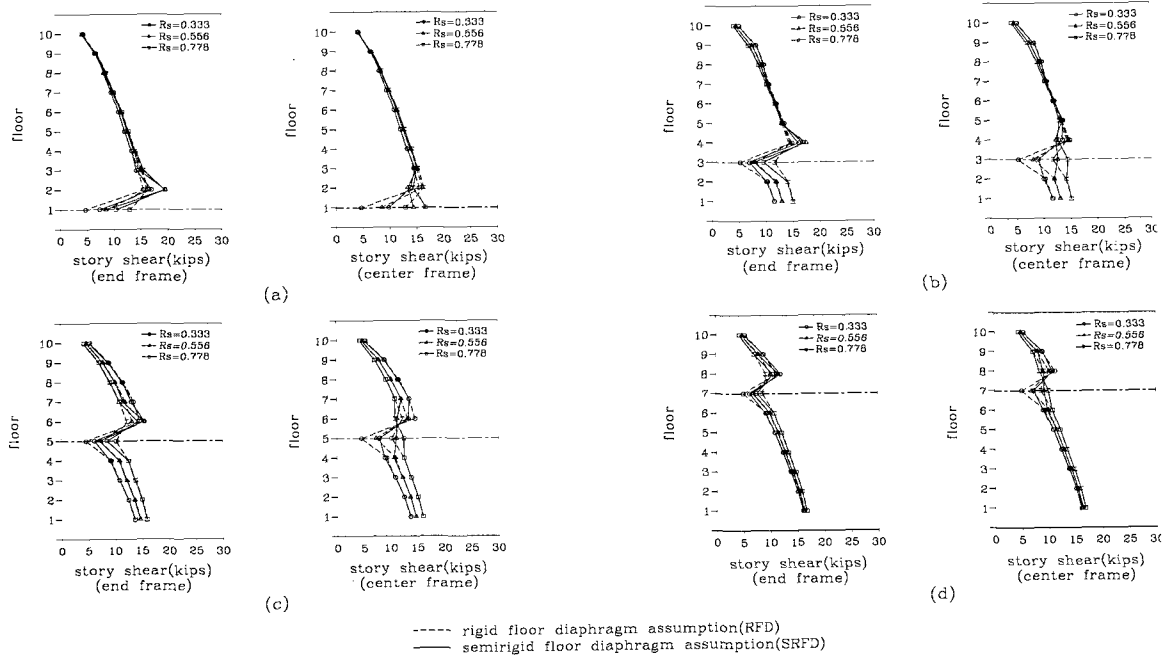


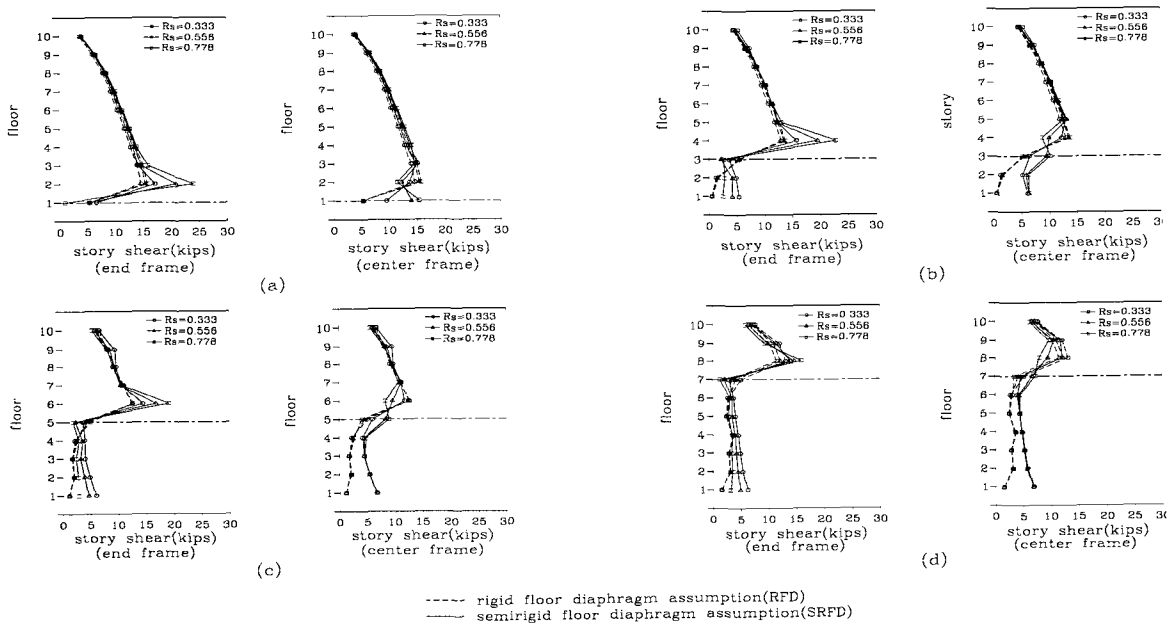
그림 6 정규화된 밀면 전단력(FW-type, Case B)

단력 분포의 경향은 다음과 같다. 즉 횡방향 강성의 차이가 심하지 않은 프레임들로 구성된 프레임 시스템 구조물의 경우에는 프레임의 위치(가장자리, 가운데)에 관계없이 위층에서 아래층으로 갈수록 층 전단력이 증가하는 현상을 보인다. 이러한 층 전단력 분포의 경향은 횡방향 프레임들간에 횡방향 강성 차이가 크게 나타나는 프레임-전단벽 시스템 구조물의 경우, 전단벽이 설치된 프레임에서는 같은 경향을 보이지만 그외 프레임에서는 위층에서 아래층으로 갈수록 층 전단력이 증가하는 현상을 보이다가 점차적으로 감소하는 경향이 있다. 이러한 사실에 바탕을 두고 setback 구조물의 층 전단력 분포를 살펴보면, 우선 프레임 시스템의 경우에는 단(setback)이 발생하는 층에서 층 전단력이 크게 감소하는 경향을 보이다가 베이스 부분에서는 다시 증가하는 현상을 볼 수 있다. 이때 바닥슬래브의 면내 변형이 층 전단력의 분포에 미치는 영향은 단 발생 부근의 층을 제외하고는 크지 않는데 이는 횡하중 저항 요소들간의 강성의 차이가 크지 않아 바닥슬래브의 면내 변형이 크게 발생하지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 프레임-전단벽 시스템 구조물의 경우에도 프레임 시스템 구조물과 유사하게 단 발생 근처에서 갑작스런 층 전단력의 감소 현상을 볼 수 있으며 이때 전단벽이 설치된 프레임의 베이스 부분에서의 층 전단력은 아래층으로 갈수록 증가하는 경향을 보이는 반면 전단벽이 설치되지 않은 프레임의 베이스 부분에서의 층 전단력이 점차적으로 감소하는 현상을 볼 수 있다(그림 9 참조). 프레임-전단벽 시스템의 층 전단력 분포에 미치는 바닥 슬래브의 면내 변형 효과는 그림 9에 잘 나타나 있다. 즉, 바닥슬래브의 면내 변형을 고려할 때, Case B의 타워 부분을 자세히 살펴보면 전단벽이 설치된 ㉡ 프레임(가장자리 프레임)의 경우



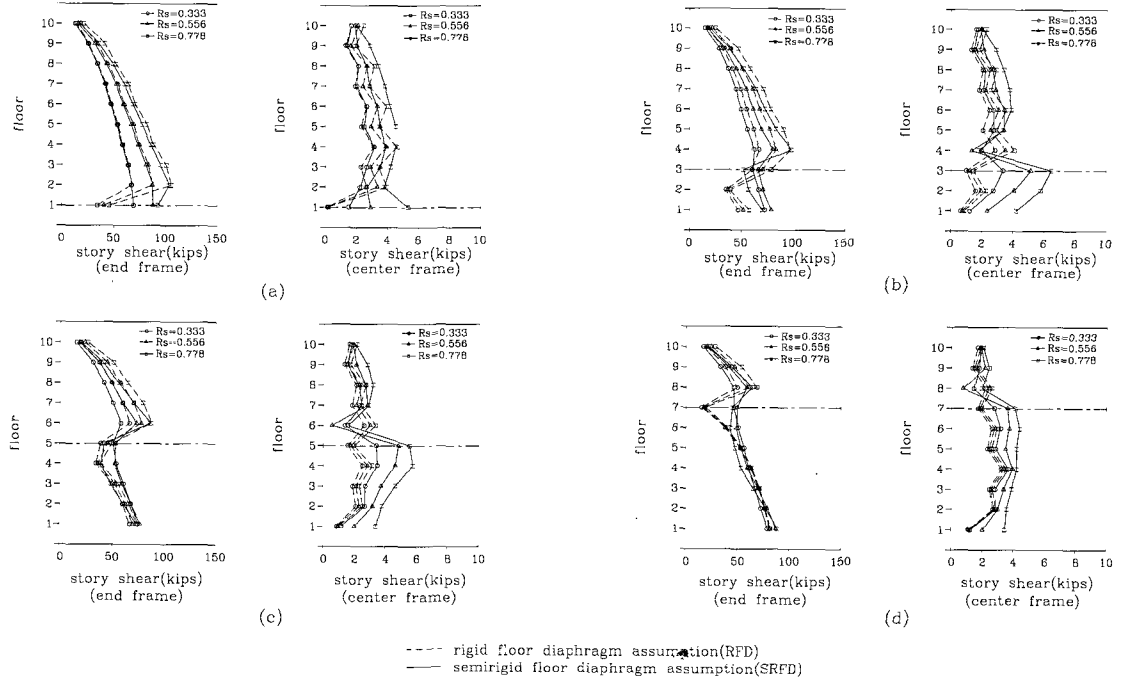
(a) $L_s=0.1$ (b) $L_s=0.3$ (c) $L_s=0.5$ (d) $L_s=0.7$

그림 7 층 전단력의 분포(F-type)



(a) $L_s=0.1$ (b) $L_s=0.3$ (c) $L_s=0.5$ (d) $L_s=0.7$

그림 8 층 전단력의 분포(F-type, Case A)



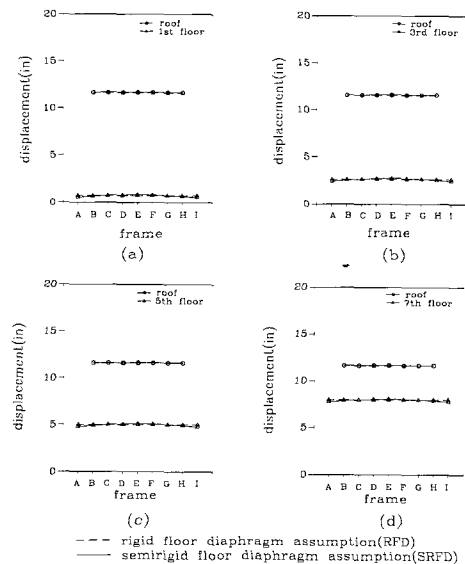
(a) $L_s=0.1$ (b) $L_s=0.3$ (c) $L_s=0.5$ (d) $L_s=0.7$

그림 9 층 전단력의 분포(F-type, Case B)

에서는 층 전단력이 감소하는 반면 ⑥ 프레임(가운데 프레임)에서는 층 전단력이 증가하는데 이는 타워 부분에 바닥 슬래브의 면내 변형이 크게 발생하였기 때문인 것으로 판단된다(그림 9 참조). 참고적으로 Case B의 베이스 부분의 ① 프레임에서의 층 전단력의 증가 현상은 베이스 부분의 양쪽 가장자리 ④, ⑤ 프레임에 설치된 전단벽의 영향 때문인 것으로 판단된다. 결과적으로 구조물에 단(setback)이 존재할 경우, 단 발생 근처에서 급격한 층 전단력 변화를 볼 수 있으며, 층 전단력의 분포에 미치는 바닥 슬래브의 면내 변형 효과가 평면 형태에 따라 크게 좌우됨을 확인할 수 있다.

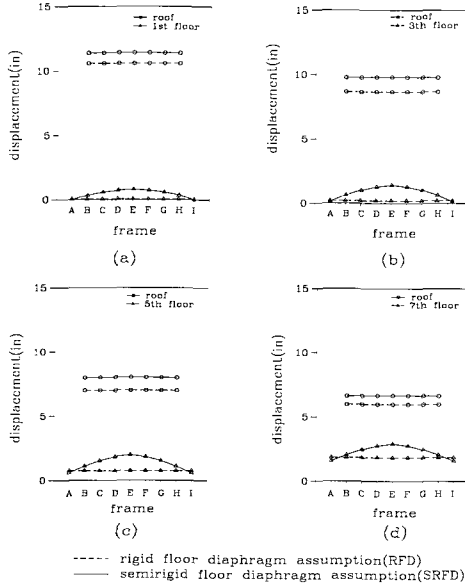
3.3 최상층과 setback 위치 층에서의 층변위

층변위에 미치는 바닥 슬래브의 면내 변형 효과가 그림 10, 11, 12에 나타나 있다. 각 그림들은 $R_s = 0.778$ 인 구조물에 대한 것으로서, 바닥슬래브의 면내 변형을 고려한 경우(SRFD)와 그렇지 못한 경우(RFD)의 두 가지 경우에 대해 서로 비교되어져 있

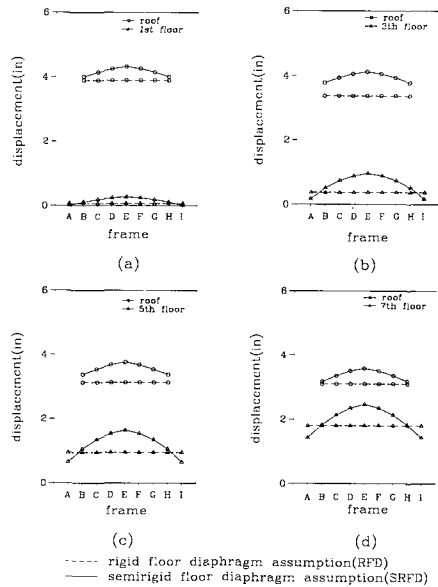


(a) $L_s=0.1$ (b) $L_s=0.3$ (c) $L_s=0.5$ (d) $L_s=0.7$

그림 10 단(setback) 발생 위치 층과 최상층에서의 층변위(F-type)



(a) $L_s=0.1$ (b) $L_s=0.3$ (c) $L_s=0.5$ (d) $L_s=0.7$
 그림 11 단(setback) 발생 위치 층과 최상층에서의 층변위(FW-type, Case A)



(a) $L_s=0.1$ (b) $L_s=0.3$ (c) $L_s=0.5$ (d) $L_s=0.7$
 그림 12 단(setback) 발생 위치 층과 최상층에서의 층변위(FW-type, Case B)

다. 참고적으로 최상층과 단 발생 위치 층에서의 층 변위가 함께 나타나 있다.

예상한 바와 같이, 프레임 시스템(F-type)의 경우에 층 변위에 미치는 바닥슬래브의 면내 변형 효과는 크게 나타나지 않는다(그림 10참조). 하지만 횡방향 저항 요소들간의 강성 차이가 심할 경우에는 바닥슬래브의 면내 변형의 발생으로 인하여 베이스 부분과 타워 부분의 층변위의 크기가 크게 증가하게 된다. 즉, 프레임-전단벽 시스템의 Case A의 경우에 단(setback) 발생 위치에서 매우 큰 바닥슬래브의 면내 변형을 볼 수 있으며(그림 11 참조) 횡방향 저항 요소들간의 강성 차이가 베이스 부분 및 타워 부분에서 크게 발생하는 Case B의 경우에는 단(setback) 발생 위치와 더불어 최상층에서도 매우 큰 바닥슬래브의 면내 변형을 볼 수 있으며 이로 인해 층 변위의 절대 크기가 크게 증가함을 알 수 있다. 결과적으로 횡방향 저항 요소들간의 강성의 차이가 심하게 나타나는 프레임-전단벽 시스템 구조물에 대한 기존의 강막 가정에 의한 해석은 과소 평가된 층변위 결과를 가져올 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 비정형 setback 구조물의 전반적인 지진 거동을 파악하기 위하여 두 개의 매개 변수 (L_s , R_s)와 두 가지 구조 방식을 고려하여 총 48개의 비정형 setback 구조물에 대한 해석을 수행하였다. 또한 바닥슬래브의 면내 변형이 구조물의 지진 거동에 미치는 영향을 알아보기 위해 바닥슬래브의 면내 변형 고려 유무에 따른 해석 결과들(밀면 전단력, 층 전단력 분포, 층변위)의 비교로부터 다음과 같은 결론을 이끌어 낼 수 있었다.

- 1) 비정형 setback 구조물의 지진 거동에서 나타나는 두드러진 거동 특성은 단(setback) 발생 위치의 층에서 층 전단력의 크기가 급격히 감소한다는 것이다. 이러한 현상은 구조 방식(프레임 시스템, 프레임-전단벽 시스템)에 상관없이 발생하는 것으로 단 위치에서 갑작스럽게 질량과 강성에 변화가 일어났기 때문인 것으로 생각된다.

2) 비정형 setback 구조물의 지진 거동에 미치는 바닥슬래브의 면내 변형 효과는 다음과 같으며 특히 횡방향 저항 요소들간의 강성의 차가 심하게 나타나는 프레임-전단벽 시스템 구조물의 (FW-type)의 두 가지 평면 형태에서 두드러지게 발생한다. 바닥슬래브의 면내 변형은 구조물이 받게 되는 밀면 전단력의 절대 크기를 감소시키며 전단벽이 설치된 프레임에 대해서는 층 전단력의 감소 효과를 전단벽이 설치되지 않은 프레임에 대해서는 층 전단력의 증가 효과를 가져온다. 또한 단 발생 위치 근방에서의 바닥슬래브의 면내 변형으로 인하여 구조물 최상층에서의 층변위의 절대 크기가 크게 증가된다. 결과적으로 프레임-전단벽 시스템으로 구성된 setback 구조물에 대해서는 바닥슬래브의 면내 변형이 고려되어야 하며, 이러한 바닥 슬래브의 면내 변형은 구조물이 받게 되는 전체 전단력(밀면 전단력)의 크기를 줄여준다(예를 들어 Case A, $L_s=0.1$, $R_s=0.111$ 인 구조물의 경우 약 45%)는 측면에서 경제적인 설계를 유도하며 프레임이 받게 되는 층 전단력의 분포와 구조물 최상층에서의 층 변위를 고려할 때 보다 안전측의 설계를 가져올 수 있다.

감사의 글

본 연구는 경산대학교 기린 연구비에 의하여 연구되었기에 이에 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. Christopher, Arnold. and Robert Reitherman., *Building Configuration and Seismic Design*, Wiley-Interscience Publication, 1982
2. Penzien, J. and Chopra, A. K., "Earthquake Response of Appendage on a Multi-Story Building", *Proc. Third World Conference on Earthquake Engineering*, 1965
3. Jahaveri, D. P., "Earthquake Forces in Real Building with Setbacks", Ph. D., Univ. of Michigan, 1967. pp.241
4. Weaver, W. Jr., Nelson, M.F., and Manning, T. A., "Dynamics of Tier Building", *ASCE J. Mech. Div.*, Vol 94, No. EM6, 1968
5. Jain, S. K. and Rajiv, Sharma., "Dynamics Response of a Setback Building with a Flexible Floor Diaphragm", *Proc. 9th WCEE*, Vol. 7, Tokyo-Kyoto, Japan, 1988, pp.479~484
6. 문성권, "3차원 비정형 Setback 구조물의 동적 특성," 한국전산구조공학회논문집, Vol 11, No. 4. 1998
7. 문성권, "Setback을 가지는 3차원 프레임 구조물에 대한 효과적인 해석 모델," 대한토목학회 논문집, 제 18권 I-6호, 1998
8. Seong-Kwon Moon and Dong-Guen Lee, "Seismic Response Multistory Building Structures with Flexible Floor Diaphragms," *Structural Congress 89, ASCE*, Session No. 45, San Francisco, 1989
9. Weaver, W. Jr., Nelson, M.F., and Manning, T. A., "Dynamics of Tier Building", *ASCE J. Mech. Div.*, Vol 94, No. EM6, 1968
10. Weaver, W. Jr and Johnston, P. R., "Structural Dynamics by Finite Elements," Prentice-Hall, Inc., 1987. p.591
11. Cowper. G. R., "The Shear Coefficient in Timoshenko's Beam Theory", *Journal of Applied Mechanics*, July, 1966
12. "1985 Edition of NEHRP Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings", Federal Emergency Management Agency, 1988
13. "Uniform Building Code-1988", *International Conference on Building Officials*, whittier, CA, 1985
14. Taranath, B. S., *Structural Analysis and Design of Tall Buildings*, McGraw-Hill, 1988
(접수일자 : 1999. 10. 21)