ISSN 1598-4095 (Print)
ISSN 2287-7401 (Online)
http://dx.doi.org/10.9712/KASS.2014.14.1.077

Journal of the Korean Association for Spatial Structures
Vol. 14, No. 1 (통권 55호), pp.77~84, March, 2014

KBC 비구조요소 내진설계 하중

KBC Seismic Design Force for Nonstructural Element

김 대 곤*
Kim, Dae-Kon

Abstract

Simple 3, 10, and 30-story buildings with a nonstructural element which is located at roof or near the middle of the building height are selected. Based on 2009 Korean Building Code, the seismic design force applied at the nonstructural element is evaluated. Response spectrum analysis is conducted with the design response acceleration spectrum of 2009 Korean Building Code and the analytical response is compared with the seismic design force from the Code. Furthermore, an artificial earthquake based on Korean design response acceleration spectrum and the 50% intensity of El Centro earthquake, which can be considered as the maximum future earthquake possibly occurring in Korea, are selected to conduct time history analysis. When the period of the nonstructural element is shorter than 0.06 second or longer than that of the 1st period of each building, the Code equations of seismic design force for nonstructural element seems to be appropriate. However, the period of the nonstructural element is close to the one of the building's higher mode periods including the 1st period, seismic force of the nonstructural element might exceed the Code specified seismic design force.

Keywords : Nonstructural element, KBC building code, Response spectrum analysis, Time history analysis, Floor response spectrum

1. 서 론

비구조요소(Nonstructural Element)는 건물시스템의 일부로서 건물이나 산업시설물의 주구조재에 영구히 설치된 건축, 기계 및 전기 구성요소와 그 고정 장치 및 부착물을 말하며 흔히 부구조요소(Secondary Structure) 라고 칭해진다.

현재 국내의 내진설계는 주구조재의 피해경감에만 노력을 쏟을 뿐 비구조요소의 내진대책은 비구조요소의 공급자 또는 시공자의 몫으로 인식되는 등 미비한 실정이다. 그러나 과거 여러 지진으로부터 다양한 비구조요소가 지진 발생동안 원래의 위치에서 이동, 전도, 또는 낙하되는 등 다양한 피해를 입기 쉽다는 것을 경험하고 있다.

지진 발행 후 주구조재의 피해가 경미하다 할지라도 건물이 원래의 기능성을 유지할 수 있기 위하여 비구조요소의 내진설계는 매우 중요하다. 특히 소방서, 재난방지센터, 방송통신사, 발전소, 상수도 공급소, 병원 등에 설치된 비구조요소의 지진 피해가 최소화되어야 사회적으로 중요한 이들 시설물들이 시민들에게 지진 피해로 인한 화재 진압, 비상수술, 재난 방송 등과 같은 비상조치를 제공할 수 있다. 또한 은행전산망의 파괴에 의한 온라인뱅킹의 무력화, 제조공장설비의 파손에 의한 납기일 연기에 의한 경제적 손실은 건물을 새로 짓는 것 보다 더 클 수도 있다. 따라서 비구조요소의 성능에 대한 내진설계 역시 주요 구조부재의 내진설계와 똑 같이 필요하다.[1), 2), 3), 4), 5)]

국내의 비구조요소에 대한 내진규준은 건축구조

* 정회원, 서울과학기술대학교 건설시스템디자인공학과 교수, 공학박사
Seoul National University of Science & Technology, Department of Civil Engineering, Professor
Tel: 02-970-6572 Fax: 02-948-0043
E-mail : dkkim@seoultech.ac.kr

기준 2009[6]에 있으며 이는 미국의 ASCE/SEI 7-10 기준[7]에 근간을 두고 있다. 미국기준은 크게 '비구조요소(Nonstructural Components)의 내진설계'와 '건물외구조물(Nonbuilding Structures)의 내진설계'로 나누어져 있다. 한편 국내 기준은 '건축, 기계 및 전기 비구조요소'와 '공작물의 내진설계'로 이루어져 있지만 설계기준이 미국 기준의 일부를 채택한 상태이며 그나마 현실적으로 매우 제한적으로 적용되고 있다.

본 논문의 목적은 건축구조기준 2009에서 제시하는 비구조요소에 가해지는 등가 정하중의 적절성을 살펴보는 것이다. 이를 위하여 저층인 3층, 중층인 10층, 그리고 고층인 30층의 2차원 골조를 채택하여 옥상층 또는 건물의 중간층에 비구조요소가 설치되어 있다고 가정한 후에 이 비구조요소에 가해지는 건축구조기준의 등가 정하중을 산정하였다.

국내기준의 등가 정하중의 적절성을 살펴보기 위하여 국내 지진의 설계응답가속도 스펙트럼을 적용하여 응답스펙트럼해석을 수행하였다. 또한 국내 지진의 설계응답가속도 스펙트럼에 따라서 생성한 인공지진파와 국내에서 발생 가능한 크기의 지진파로서 El Centro 지진의 50% 크기 지진파를 채택하여 시간 이력해석을 수행하여 건축구조기준으로 구한 비구조요소의 등가 정하중과 비교하였다. 적용한 시간이력해석 방법은 첫째, 사용 지진파들에 대한 비구조요소가 설치된 층의 층가속도를 먼저 구한 후 비구조요소를 단자유도로 모델링하여 해석하는 층응답 스펙트럼 해석법을 사용하였으며 둘째, 전체 구조물과 비구조요소를 한꺼번에 고려한 전체구조물 시간이력해석 방법을 사용하였다. 이때 골조는 지진 발생동안 비선형 거동을 할 수도 있지만 비선형거동에 의해 증가되는 감쇠능력 때문에 비구조요소에 작용되는 지진력은 골조가 탄성거동을 할 때보다 대체로 작기 때문에[3] 본 논문에서는 비구조요소에 가장 큰 지진력이 가해지는 경우를 고려하기 위하여 골조는 탄성거동을 하는 것으로 하였다.

2. 등가 정하중

건축구조기준 2009에서 비구조요소 질량중심에 작용하는 설계지진력(등가정하중) F_p 는 식(1)에 의하여 산정하며 식(2) 값을 초과할 필요는 없지만 식(3) 보다는 커야 한다.

$$F_p = \frac{0.4\, a_p\, S_{DS}\, W_p}{\frac{R_p}{I_p}}\left(1 + 2\frac{z}{h}\right) \tag{1}$$

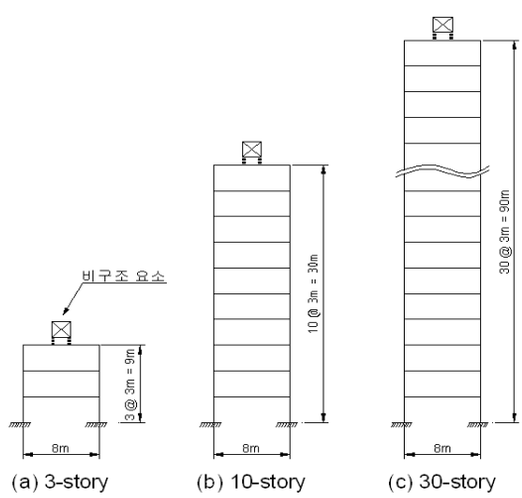
$$F_p = 1.6\, S_{DS} I_p\, W_p \tag{2}$$

$$F_p = 0.3\, S_{DS} I_p\, W_p \tag{3}$$

여기서 a_p=증폭계수(주구조재에 비구조요소가 강하게 접합된 경우는 1.0을 택하고 유연하게 접합된 경우는 2.5를 택하며 상세한 동적해석에 의하여 입증된 경우는 1.0과 2.5 사이의 값을 가질 수 있음), I_p=비구조요소의 중요도 계수(1.0 또는 2.5), h=구조물의 밑면으로부터 옥상까지의 평균높이, R_p=비구조요소의 반응 수정계수(1.0~3.5 사이의 값), S_{DS}=단주기에서의 설계 스펙트럼 가속도, W_p=비구조요소의 가동중량, 그리고 z=밑면으로부터 비구조요소가 부착된 높이 이다.

3. 대상 건물 및 등가 정하중 산정

<Fig. 1>은 본 논문에서 사용된 저층인 3층, 중층인 10층, 그리고 고층인 30층 골조를 보여준다.



〈Fig. 1〉 Example buildings

모든 골조의 경간은 8m 이며 한 층의 높이는 3m을 택하였다. <Table 1>은 각 대상 건물의 주기를 보여주며 <Table 2>는 건축구조기준 2009에서 비구조요소 질량 중심에 작용하는 설계지진력 F_p을 구하기 위해 사용된 값들을 보여준다. 건물은 지진구역 1(지역계수 S=0.22)에 위치하고 있으며 지반의 종류는 연암지반(S_c 지반)이다. 이에 따라 단주기 및 주기 1초의 설계 스펙트럼 가속도를 구하였다. 비구조요소의 가동중량은 15kN 으로 가정하였으며 비구조요소는 병원의 수술실 설비처럼 지진 발생 후 본래의 기능을 유지하여야 하는 중요 비구조요소로 가정하였다. 반응수정계수 R_p는 비구조요소 자체와 이의 주구조재에의 접합부에서 기대되는 상대적 연성도를 고려하기 위하여 사용되어 진다. 본 논문에서는 지진 발행 후에 비구조요소가 본래의 기능성을 유지하기 위하여 지진 발생동안 탄성 거동을 한다고 가정하였고 따라서 반응수정계수 R_p =1.0을 사용하였다.

〈Table 1〉 Period of the example buildings

	T_1 (sec)	T_2 (sec)	T_3 (sec)
3-story	0.15	0.060	0.053
10-story	0.60	0.165	0.137
30-story	2.86	0.579	0.283

〈Table 2〉 Values for Calculating F_p

S_{DS}	$W_p(kN)$	R_p	I_p	$h(m)$
0.433	15	1.0	1.5	9 (3-story) 30 (10-story) 90 (30-story)

본 연구에서는 비구조요소가 <Fig. 1>의 각 건물들의 옥상층에 설치된 경우(식(1)에서 $z/h=1.0$)와 각 건물의 중간층에 설치된 경우(식(1)에서 설치높이 z ; 3-story=3m, 10-story=15m, 30-story=45m)에 대하여 각각 해석하였으며 <Table 2>의 값에 따라 계산된 비구조요소의 질량 중심에 작용하는 설계지진력은 <Table 3>과 같이 정리된다. 비구조요소에 작용하는 설계지진력 F_p는 식(2)에 의하여 $(F_p)_{\max}$ =15.58kN을 초과할 필요가 없고 또한 식(3)에 의하여 $(F_p)_{\min}$=2.92kN 이상이 되어야 한다. 한편 미국 ASCE/SEI 7-10 기준에서 비구조요소의 주기가 0.06초 이하인 경우는 강하게 접합된 경우로 취급하고 이보다 큰 경우는 유연하게 접합된 경우로 취급하기 때문에 비구조요소의 주기가 0.06초 이하 또는 이보다 큰 경우 증폭계수 a_p 는 1.0 또는 2.5를 각각 택하였다.

〈Table 3〉 Seismic design force F_p

(1)비구조요소 설치 위치: 옥상층			
강한 비구조요소 (주기 ≤ 0.06초)		유연한 비구조요소 (주기 > 0.06초)	
F_p=11.68kN		F_p=29.21kN>$(F_p)_{\max}$ ∴ F_p=15.58kN	
(2)비구조요소 설치 위치: 중간층			
강한 비구조요소 (주기 ≤ 0.06초)		유연한 비구조요소 (주기 > 0.06초)	
3-story	F_p=6.49kN	3-story	F_p=16.23kN>$(F_p)_{\max}$ ∴ F_p=15.58kN
10-story 30-story	F_p=7.79kN	10-story 30-story	F_p=19.47kN>$(F_p)_{\max}$ ∴ F_p=15.58kN

<Table 3>에서 옥상층 또는 중간층에 설치된 비구조요소의 주기가 0.06초 보다 길 때 비구조요소 설계지진력 F_p=15.58kN은 본 연구에서 채택한 비구조요소의 가동 중량 W_p=15kN과 거의 동일함을 알 수 있다.

4. 동적 해석

저층인 3층과 중층인 10층, 그리고 고층인 30층 건물에 대하여 주기가 매우 짧은 비구조요소부터 주기가 긴 비구조요소가 각 건물의 옥상층에 설치된 경우와 중간층에 설치된 경우에 대하여 각각 응답스펙트럼해석, 층응답 스펙트럼해석, 그리고 전체 구조물 시간이력해석을 수행하였다. <Table 4>는 해석에 사용된 비구조요소의 주기를 보여준다. 따라서 본 연구에서 실행된 동적해석의 횟수는 3층 건물, 10층 건물, 그리고 30층 건물에 대하여 각각 100번, 140번, 그리고 250번이다.

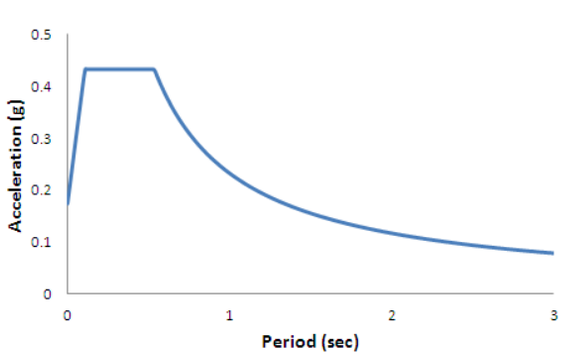
4.1 응답 스펙트럼 해석

<Table 3>에서 제시하는 비구조요소에 가해지는

등가 정하중의 적절성을 살펴보기 위하여 국내 지진의 설계응답 가속도 스펙트럼을 적용하여 <Fig. 1>의 각 건물 전체에 대한 해석 모델을 작성하여 응답스펙트럼 해석을 수행하였다. 국내 지진의 설계응답가속도스펙트럼은 지역과 지반에 따라 작성하며 <Fig. 2>는 대상 건물이 위치한 곳에서의 설계응답 가속도 스펙트럼을 보여준다.[6] 응답스펙트럼 해석법의 결과는 각 모드별 응답을 제곱하여 더한 후 제곱근을 취하여 구하였으며 감쇠 비는 ξ=5%에 대한 Rayleigh 감쇠를 사용하였다.[8]

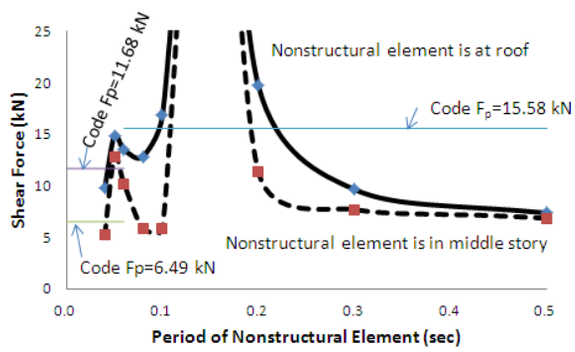
〈Table 4〉 Period of nonstructural element

Case	3-story	10-story	30-story
1	0.04 sec	0.04 sec	0.05 sec
2	0.05 sec	0.06 sec	0.06 sec
3	0.06 sec	0.08 sec	0.07 sec
4	0.08 sec	0.10 sec	0.08 sec
5	0.10 sec	0.165sec	0.09 sec
6	0.15 sec	0.20 sec	0.10 sec
7	0.20 sec	0.30 sec	0.20 sec
8	0.30 sec	0.40 sec	0.283 sec
9	0.50 sec	0.50 sec	0.30 sec
10	1.00 sec	0.60 sec	0.40 sec
11		0.70 sec	0.50 sec
12		0.80 sec	0.579 sec
13		0.90 sec	0.60 sec
14		1.00 sec	0.70 sec
15			1.00 sec
16			1.50 sec
17			2.00 sec
18			2.60 sec
19			2.70 sec
20			2.80 sec
21			2.86 sec
22			2.90 sec
23			3.00 sec
24			3.50 sec
25			4.00 sec

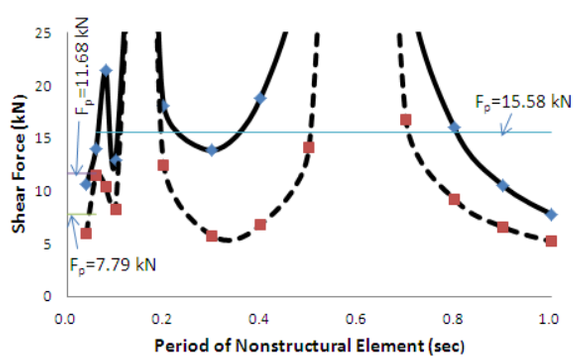


〈Fig. 2〉 Design spectrum acceleration

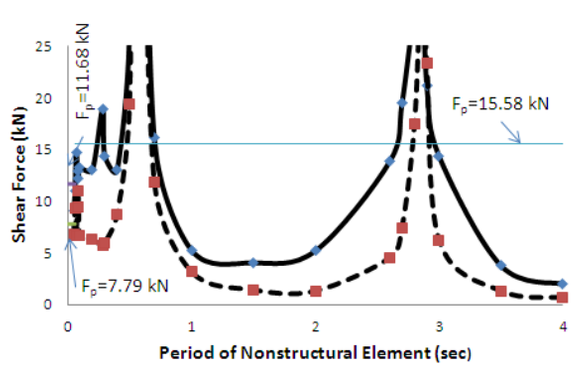
<Fig. 3>, <Fig. 4>, 그리고 <Fig. 5>는 3층, 10층, 그리고 30층 건물에 설치된 비구조요소에 가해지는 수평 전단력을 각각 보여준다. 여기서 x축은 <Table 4>의 비구조요소의 주기를 나타내는데 비구조요소는 강성이 매우 강한 경우(주기가 짧은)부터 유연한 경우 (주기가 긴) 까지 고려하였다.



〈Fig. 3〉 F_p of nonstructural element located in 3-story building



〈Fig. 4〉 F_p of nonstructural element located in 10-story building



〈Fig. 5〉 F_p of nonstructural element located in 30-story building

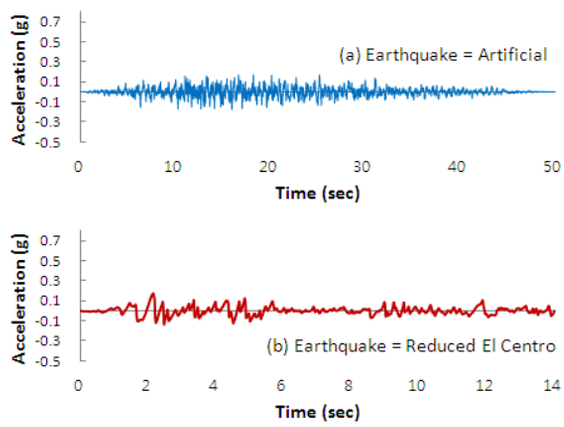
각 그림에서 굵은 실선은 비구조요소가 대상 건물의 옥상층에 설치된 경우이며 굵은 점선은 중간층에 설치된 경우의 해석 결과를 각각 나타낸다. 또한 각 그림에서 비구조요소가 건물의 옥상층에 설치되어 있고 비구조요소의 주기가 0.06초 이하인 경우는 식(1)로부터 F_p=11.68kN, 그리고 비구조요소의 주기가 0.06초 보다 긴 경우는 식(1)과 식(2)로부터 F_p=15.58kN 임을 얇은 실선으로 나타내었다.

비구조요소가 각 건물의 중간층에 설치되어 있고 비구조요소의 주기가 0.06초 이하인 경우는 식(1)로부터 3층, 10층, 그리고 30층 건물의 경우 F_p는 각각 6.49kN, 7.79kN, 그리고 7.79kN이다. 그리고 비구조요소의 주기가 0.06초 보다 긴 경우는 3층, 10층, 그리고 30층 건물의 모든 경우 식(1)과 식(2)로부터 F_p=15.58kN 임을 나타내었다.

<Fig. 3> ~ <Fig. 5>에서 일반적인 경향은 첫째, 비구조요소가 건물의 옥상층에 설치된 경우가 건물의 중간층에 설치된 경우보다 비구조요소에 가해지는 수평 전단력이 큼을 보여준다. 둘째, 비구조요소의 주기가 <Table 1>에서 보여주는 것처럼 각 건물의 기본주기 및 고차주기에 근접할 경우 공진현상에 의하여 건축구조기준 2009에서 제시하는 비구조요소에 가해지는 등가 정하중보다 훨씬 클 수 있음을 보여준다.

4.2 시간 이력 해석

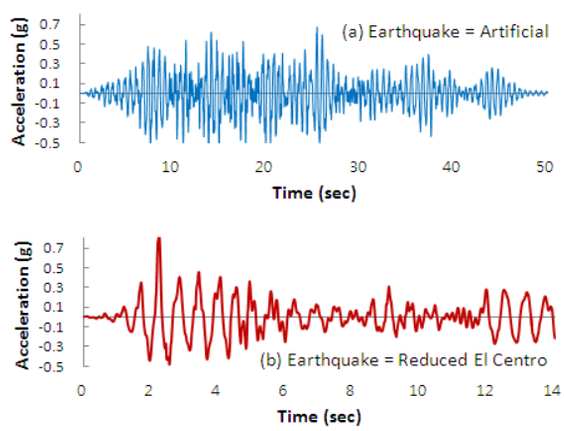
시간이력해석에 사용한 지진하중은 첫째로 <Fig. 2>의 설계응답스펙트럼에 따라서 생성한 <Fig. 6(a)>에서 보여주는 인공지진파와 둘째로 <Fig. 6(b)>에서 보여주는 국내에서 발생 가능한 크기의 지진파로서 채택한 El Centro 지진의 50% 크기 지진파이다. 이 두 가지 지진파를 <Fig. 1>의 각 건물에 적용하여 시간이력해석을 수행하여 건축구조기준으로 구한 <Table 3>의 비구조요소의 등가 정하중과 비교하였다. 적용한 시간이력 해석법으로는 간략 해석법인 층응답 스펙트럼 해석법과 상세 해석방법인 전체구조물 시간이력 해석법을 사용하였다.



〈Fig. 6〉 Ground accelerations

4.2.1 층응답 스펙트럼 해석

비구조요소가 주구조재와 접합된 곳에서의 가속도 응답은 건물의 지반에 가해진 지반가속도와 일반적으로 다르다. <Fig. 7(a)>와 <Fig. 7(b)>는 10층 건물의 지반에 <Fig. 6(a)>와 <Fig. 6(b)>의 지반파가 각각 작용한 경우에 비구조요소가 설치된 옥상층에서의 증폭된 층가속도(Floor Acceleration)을 보여준다. 3층과 30층 건물의 경우도 유사하게 증폭하였으며 각 건물의 경우 옥상층의 층가속도가 중간층보다 더 많이 증폭됨을 알 수 있었다.



〈Fig. 7〉 Amplified roof floor acceleration in 10-story building

층응답 스펙트럼해석은 <Fig. 7>에서 대표적으로 보여주는 것처럼 각 건물의 층가속도에 대한 <Table 4>의 강성이 매우 강한 (주기가 매우 짧은) 비구조요소로부터 유연한 (주기가 긴) 비구조요소들을 각각 단자유도로 모델링하여 Newmark의 선형 가속도법 (Linear acceleration method: γ=1/2, β=1/6)을 적용하였다. 감쇠비는 ξ=5%에 대한 Rayleigh 감쇠를 사용하였다.

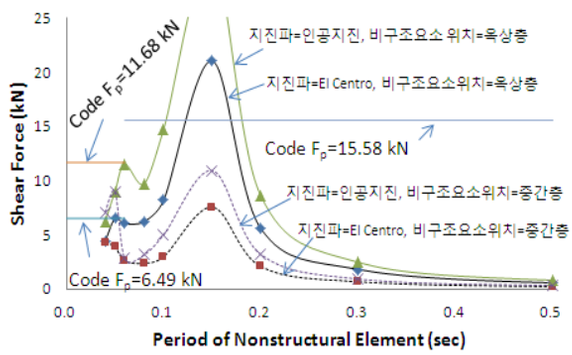
<Fig. 8>, <Fig. 9>, 그리고 <Fig. 10>은 3층, 10층, 그리고 30층 건물의 옥상층 또는 중간층에 설치되어 있는 비구조요소에 가해지는 수평 전단력을 각각 보여준다. 그림에서 사용된 범례는 <Table 5>와 같다. 일반적인 경향은 비구조요소가 건물의 옥상층에 설치된 경우가 중간층에 설치된 경우보다 비구조요소에 가해지는 수평 전단력이 큼을 보여준다. 사용 지진파의 경우는 인공지진파가 감소된 El Centro 지진파의 경우보다 비구조요소에 가해지는 전단력이 약간 크다.

〈Table 5〉 Symbols used in figures

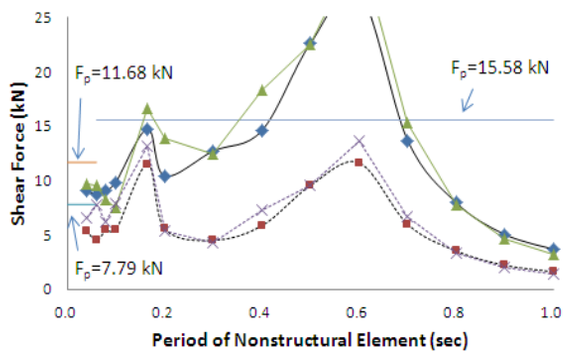
기호	사용 지진파	비구조요소 설치 위치
▲	인공지진	옥상층
×		중간층
◆	El Centro	옥상층
■		중간층

<Fig. 8>에서 3층 건물의 경우 옥상층에 설치되어 있는 비구조요소의 주기가 건물의 기본주기인 0.15초와 동일한 경우 건축구조기준 2009에서 제시하는 비구조요소에 가해지는 등가 정하중 15.58 kN 보다 큼을 보여준다.

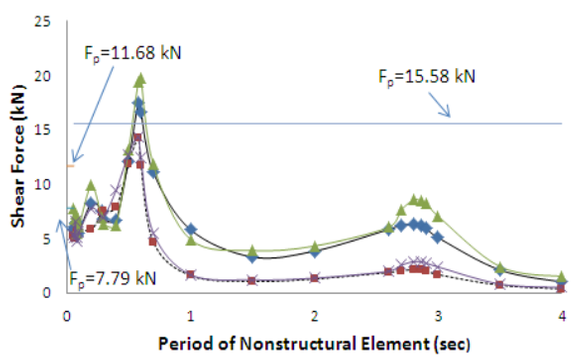
<Fig. 9>에서 10층 건물의 경우도 3층 건물의 경우와 유사한 거동을 보여준다. 옥상층에 설치되어 있는 비구조요소의 주기가 건물의 기본주기인 0.6초와 동일한 경우 기준에서 제시하는 15.58 kN 보다 큼을 보여준다. 비구조요소의 주기가 건물의 2차 주기인 0.165초와 동일한 경우는 기준에서 제시하는 15.58 kN에 거의 근접함을 알 수 있다.



〈Fig. 8〉 F_p of nonstructural element located in 3-story building



〈Fig. 9〉 F_p of nonstructural element located in 10-story building



〈Fig. 10〉 F_p of nonstructural element located in 30-story building

한편 <Fig. 10>에서 30층 건물의 경우에는 옥상층 또는 중간층에 설치되어 있는 비구조요소의 주기가 건물의 기본주기인 2.86초와 동일한 경우 기준에서 제시하는 15.58 kN 보다 훨씬 작기 때문에 기준에서 제시하는 식(1)을 사용하여도 안전하지만 비구조요소의 주기가 건물의 2차 주기인 0.579초와 동

일한 경우는 기준에서 제시하는 15.58 kN을 약간 상회함을 알 수 있다.

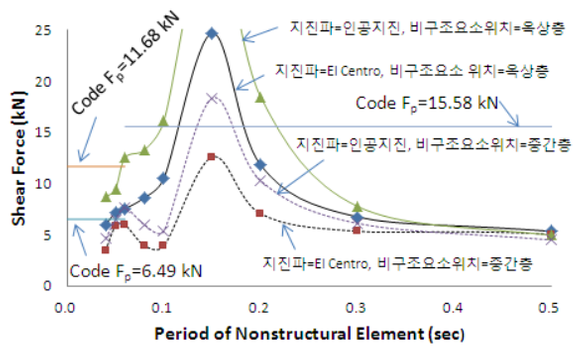
4.2.2 전체구조물 시간 이력 해석

간편 해석법인 층응답 스펙트럼 해석법보다 비용은 많이 들지만, 전체 구조물과 비구조요소를 한꺼번에 고려하는 시간 이력 해석 방법은 더욱 정확한 해석법으로 간주할 수 있다.

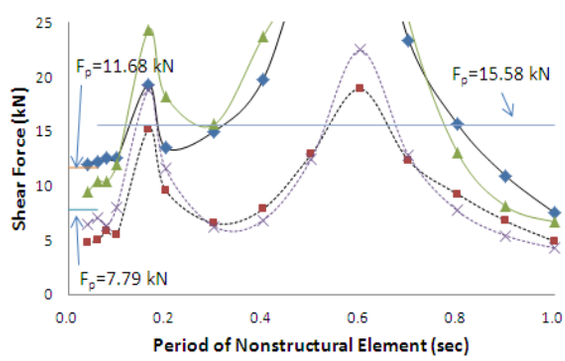
<Fig. 11>, <Fig. 12>, 그리고 <Fig. 13>은 <Fig. 6>의 지진파들이 <Fig. 1>의 각 건물 지반에 작용할 때 각 건물의 옥상층 또는 중간층에 설치되어 있는 비구조요소에 가해지는 수평 전단력을 각각 보여준다. 그림에서 사용된 범례는 <Table 5>와 같다. 다른 해석법의 결과와 동일하게 비구조요소가 건물의 옥상층에 설치된 경우가 중간층에 설치된 경우보다 비구조요소에 가해지는 수평 전단력이 큼을 알 수 있다.

<Fig. 11>에서 3층 건물의 경우 옥상층에 설치되어 있는 비구조요소의 주기가 건물의 기본주기인 0.15초와 동일한 경우 건축구조기준 2009에서 제시하는 비구조요소에 가해지는 등가 정하중 15.58 kN 보다 큼을 보여준다. <Fig. 12>에서 10층 건물의 경우 옥상층 또는 중간층에 설치되어 있는 비구조요소의 주기가 건물의 기본주기인 0.6초 또는 건물의 2차 주기 0.165초와 동일한 경우 기준에서 제시하는 15.58 kN 보다 크거나 거의 동일함을 보여준다. <Fig. 13>에서 30층 건물의 경우에는 옥상층 또는 중간층에 설치되어 있는 비구조요소의 주기가 건물의 기본주기인 2.86초와 동일한 경우 기준에서 제시하는 15.58 kN 보다 작기 때문에 기준에서 제시하는 식(1)을 사용하여도 안전하지만 비구조요소의 주기가 건물의 2차 주기인 0.579초와 동일하면 기준에서 제시하는 15.58 kN을 많이 넘어섬을 알 수 있다.

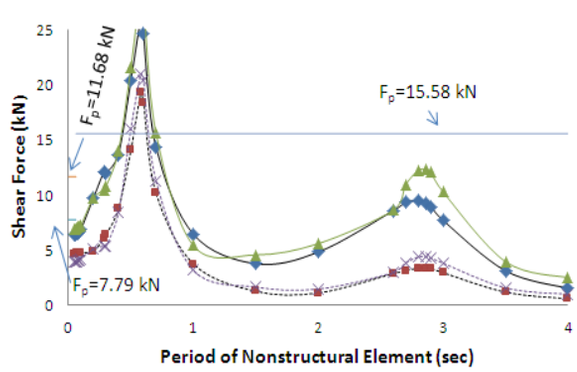
한편, 간략해석법인 층응답 스펙트럼 해석법의 결과와 상세 해석법인 전체 구조물 시간이력해석법의 결과를 비교해 보면, 즉 <Fig. 8>과 <Fig. 11>, <Fig. 9>와 <Fig. 12>, 그리고 <Fig. 10>과 <Fig. 13>을 각각 비교하면 전체적인 경향은 유사함을 관찰할 수 있다. 하지만 전체 구조물 시간이력해석 결과가 층응답 시간이력해석 결과보다 비구조요소에 가해지는 수평전단력이 약 25%~50% 큼을 관찰할 수 있다. 특히 비구조요소의 주기가 각 건물의 기본주기보다 긴 경우에 이러한 경향은 뚜렷해진다.



〈Fig. 11〉 F_p of nonstructural element located in 3-story building



〈Fig. 12〉 F_p of nonstructural element located in 10-story building



〈Fig. 13〉 F_p of nonstructural element located in 30-story building

5. 결 론

건축구조기준 2009에서 제시하는 비구조요소에 가해지는 등가 정하중의 적절성을 살펴보기 위하여 저층인 3층, 중층인 10층, 그리고 고층인 30층 건물의 옥상층 또는 중간층에 비구조요소가 설치되어 있는 경우에 비구조요소에 가해지는 건축구조기준의 등가 정하중을 산정하였다. 산정된 기준에서 제시하는 등가 정하중의 적절성을 살펴보기 위하여 국내 지진의 설계응답가속도 스펙트럼을 적용한 응답 스펙트럼 해석과 국내 지진의 설계응답스펙트럼에 따라서 생성한 인공지진파와 국내에서 발생 가능한 크기의 지진파로서 선택한 El Centro 지진파의 50% 크기 지진파에 대한 시간 이력해석을 수행하여 국내 건축구조기준으로 구한 비구조요소의 등가 정하중과 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 본 연구에서 사용한 대상 건물의 경우에 옥상층 또는 중간층에 설치되어 있는 비구조요소의 주기가 0.06초 보다 긴 경우에 비구조요소에 가해지는 설계지진력은 건축구조기준의 등가 정하중 식으로부터 F_p=15.58kN을 얻을 수 있으며, 이는 본 연구에서 채택한 비구조요소의 가동 중량 15kN 과 거의 동일함을 알 수 있다. 즉, 비구조요소의 수평 설계지진력은 구체적인 해석 없이 대략적으로 비구조요소의 수직 가동 중량 값을 취할 수 있다.

2) 국내 지진의 설계 응답 가속도 스펙트럼을 적용하여 응답 스펙트럼해석을 수행한 결과 건물의 옥상층 또는 중간층에 설치되어 있는 비구조요소의 주기가 0.06초 이하인 강성이 강한 경우, 또는 비구조요소의 주기가 각 건물의 수평 1차 주기보다 긴 경우는 국내 기준의 등가 정하중 식이 타당하다. 그러나 비구조요소의 주기가 건물의 기본 주기를 포함한 고차 주기의 범위에 있을 때는 공진현상에 의하여 비구조요소에 가해지는 설계지진력은 국내 기준에서 제시하는 등가 정하중보다 더 클 수 있다. 따라서 비구조요소는 건물에 아주 강하게 접합하거나 또는 수평방향으로 유연한 고무계통의 장치를 사용하여 비구조요소의 주기가 건물의 기본주기보다 길게 할 필요가 있다.

3) 국내 지진의 설계응답스펙트럼에 따라서 생성한 인공지진파와 국내에서 발생 가능한 크기의 지진파로서 El Centro 지진파의 50% 크기 지진파에 대한 시간이력해석법의 결과도 응답 스펙트럼 해석 결과와 유사하다. 한편, 해석적으로 정확한 전체구조물 시간 이력해석법의 응답과 비교하여 간편 해석법인 층응답스펙트럼 해석법의 응답이 작은 값을 보이므로 이 해석법의 사용에 주의가 필요하다.

감사의 글

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술 연구비 (2013-0226) 지원으로 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

References

1. 김대곤.(2008), 비구조재 및 비건물재의 내진설계 필요성, 대한건축학회지 52권 10호, 49-52
2. 김장훈.(2004), 비구조요소의 내진설계, 대한건축학회지 48권 8호, 53-56
3. Bozorgnia, Y., Bertero, V.V.,(2004), Earthquake Engineering, CRC Press
4. Taranath, B.S.,(2005), Wind and Earthquake Resistant Buildings, 2nd ed., Marcel Dekkerl
5. 최동호, 김춘동, 양정훈, 조영흠.(2010), 실내경기장의 소방방재설비 적용현황분석, 한국공간구조논문집 10권 2호, 135-145
6. 건축구조기준.(2009), 대한건축학회
7. ASCE/SEI 7-10.(2010), Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures
8. Chopra, A.K.,(2001), Dynamics of Structures, 2nd ed., Prentice-Hall

(접 수 일 자 : 2014년 01월 03일)
(심사완료일자 : 2014년 01월 21일)
(게재확정일자 : 2014년 01월 27일)