

아웃리거 댐퍼시스템의 감쇠와 강성 변화에 따른 지진응답제어 성능평가

Performance Evaluation of Seismic Response Control of Outrigger Damper System with Variation of Damping and Stiffness

이 령 경* 김 수 진* 이 영 략** 김 현 수*** 강 주 원****
Lee, Lyeong-Kyeong Kim, Su-Jin Lee, Young-Rak Kim, Hyun-Su Kang, Joo-Won

Abstract

In recent years, an outrigger damper system has been proposed to reduce dynamic responses of tall buildings. However, a study on outrigger damper system is still in its early stages. In this study, time history analysis was performed to investigate the dynamic response control performance of outrigger damper. To do this, a actual scale 3-dimensional tall building model with outrigger damper system has been developed. El Centro earthquake was applied as an earthquake excitation. The control performance of the outrigger damper system was evaluated by varying stiffness and damping values. Analysis results, on the top floor displacement response to the earthquake load, was greatly effected by damping value. And acceleration response greatly was effected by stiffness value of damper system. Therefore, it is necessary to select that proper stiffness and damping values of the outrigger damper system.

Keywords : Outrigger damper system, Tall building, Dynamic response control, Time history analysis, Seismic response

1. 서론

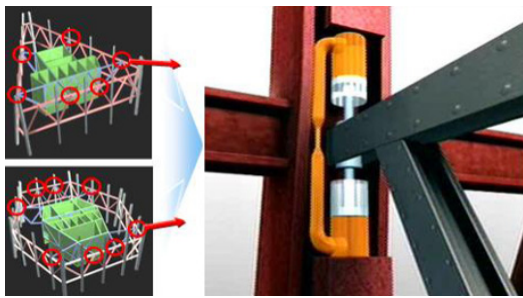
고층의 건물을 설계하고 시공하는 과정에서 구조 시스템을 결정하는 것은 가장 중요한 일이다. 초고층 건물은 지진이나 바람과 같은 동적하중에 의한 응답을 줄이기 위해 적절한 구조시스템을 형성하여 설계하여야 한다. 동적하중 응답 저감을 위해 지금까지 다양한 구조시스템이 제안되어 왔다. 그 중에서도 아웃리거 구조시스템은 매우 효과적인 횡력 저항 시스템으로 여러 고층건물에 적용되고 있다.

아웃리거 구조시스템은 중앙부 코어와 외부 기둥을 아웃리거라는 매우 높은 강성의 구조체로 연결하는 것으로 지진이나 태풍 등의 동적하중 작용 시 이를 수직 부재에 전달하여 압축과 인장력으로 저항하게 된다¹⁾. 기존의 아웃리거 시스템에 관한 연구는 아웃리거 최적 설치위치에 관한 내용이 주를 이루고 있다.

최근에는 기존의 아웃리거 시스템에서 외곽기둥과 아웃리거 사이에 댐퍼를 설치하는 아웃리거 댐퍼 시스템이 제안되어 고층건물의 동적응답 제어에 사용 된 바가 있다²⁾. 국외에서는 필리핀의 'The St Francis Shangri-La Place' 건물에 아웃리거 댐퍼가 설치된 사례가 있으며, 풍하중을 제어하는데 매우 효과적이고, 구조물량을 감소시켜 경제적 효과가 매우 높다고 평가받고 있다. 국내에서는 인천 송도에 건설된 동북아무역센터(NEATT)에 아웃리거 댐퍼를 설치하여 사용한 사례가 있다. 동북아무역센터의 경우 아웃리거 댐퍼를 설치하여 감쇠 성능을 증가시키는 것 보다는 외부기둥과 코어 전단벽의 부동

* 학생회원, 영남대학교 건축학부 대학원, 석사과정
School of Architecture, Yeungnam University
** 학생회원, 영남대학교 건축학부 대학원, 박사과정
School of Architecture, Yeungnam University
*** 정회원, 선문대학교 건축사회환경학부 부교수,
공학박사
Div. of Architecture & Civil Engrg., Sunmoon Univ.
**** 교신저자, 정회원, 영남대학교 건축학부 교수,
공학박사
School of Architecture, Yeungnam University
Tel: 053-810-2429 Fax: 053-810-4625
E-mail: kangj@ynu.ac.kr

축소로 인해 발생하는 외부기둥과 아웃리저 접합부의 응력 흡수가 주목적이다. 동북아무역센터는 6,000 kN·sec/m, 8,000kN·sec/m, 10,000kN·sec/m의 세 가지 타입의 아웃리저 댐퍼를 <Fig. 1>과 같이 34층과 65층으로 나누어 총 14개 설치하였다.



<Fig. 1> Outrigger damper of NEATT³⁾

관련 연구로는 Chen 등⁴⁾은 아웃리저 댐퍼 시스템을 설치한 고층건물의 해석기법을 제안하고 이를 바탕으로 아웃리저 댐퍼의 최적설치위치 및 용량을 설계할 수 있는 디자인 커브를 제안하였다. 김병진 등⁵⁾은 풍하중에 의한 건물의 응답을 제어하기 위해 감쇠와 강성이 복합적으로 거동하면서 발생하는 아웃리저 댐퍼 시스템의 응답 특성을 검토하여 아웃리저 댐퍼의 최적 위치와 적정 용량을 찾기 위한 연구를 수행하였다.

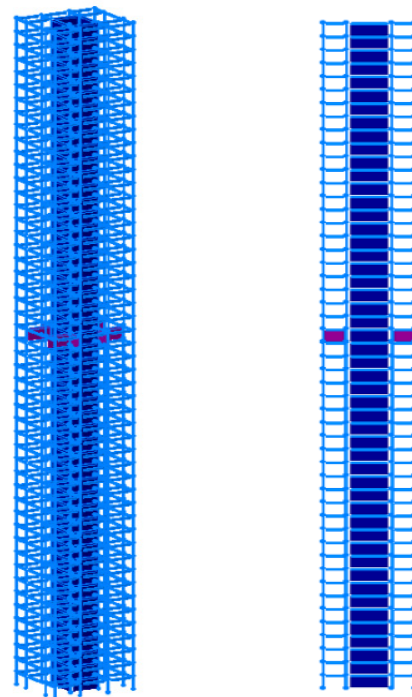
기존의 아웃리저 구조물은 구조물 자체의 강성값에 의존하여 동적응답을 저감시킬 수 있었다. 또한 추가적인 감쇠를 사용한 댐퍼 시스템의 경우 감쇠만을 고려하게 되어 비교적 명료하게 연구가 수행될 수 있었다. 그러나 아웃리저 댐퍼 시스템은 감쇠와 강성이 복합적으로 거동하는 특성을 가지고 있어 최적설계를 하는 것이 어렵다. 국내외적으로 아웃리저 댐퍼 시스템에 관한 연구는 아직 초기 단계에 있으며 아웃리저 댐퍼 시스템의 설계 및 해석이나 제어성능 분석과 관련된 연구는 미흡한 실정이다⁶⁾. 특히 아웃리저 댐퍼시스템의 3차원 거동분석에 대한 연구는 아직 널리 수행되지 못하였다.

따라서 본 연구에서는 실물 크기의 3차원 고층건물을 대상으로 댐퍼의 감쇠와 강성값을 조절하여 아웃리저 댐퍼 시스템과 기존의 아웃리저 시스템의 지진응답 제어성능을 비교하여 검토하였다.

2. 해석 모델

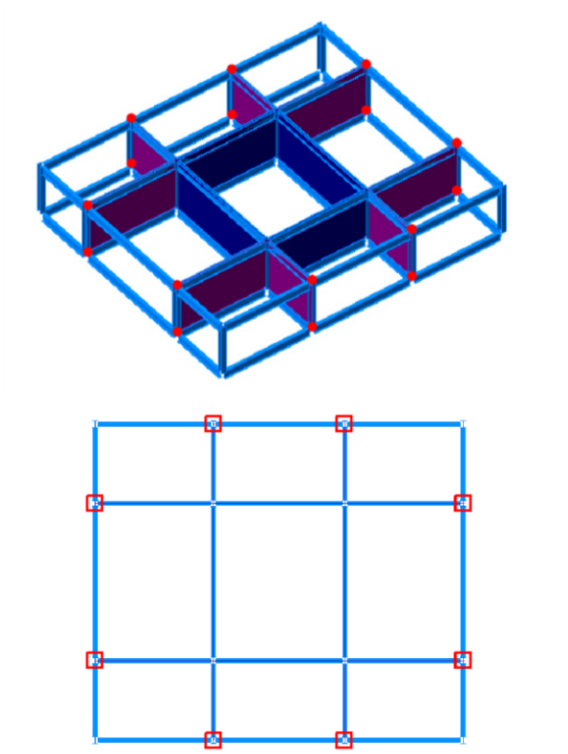
2.1 해석모델 개요

본 연구에서는 고층건물에 대한 아웃리저 댐퍼 시스템의 지진응답 제어성능을 검토하기 위해 <Fig. 2>와 같이 실물 크기의 해석 모델을 설계하였다. 구조평면은 28m×24m이며, 구조물은 외곽기둥과 전단벽 코어를 연결하는 아웃리저 벽체로 이루어져 있다. 아웃리저의 설치 위치는 기존 연구⁷⁾에서 나온 아웃리저 시스템의 최적 위치인 0.525h며, 27층에 고정하여 모델링하였다.



<Fig. 2> Analytical model

아웃리저 댐퍼는 아웃리저의 상단부와 하단부에 <Fig. 3>과 같이 총 18개 절점에 생성하였다. 해석모델의 일반 사항은 <Table 1>과 같다. 해석에 사용된 지진하중은 캘리포니아 임페리얼 밸리에서 1940년에 관측된 엘센트로(1940, NS) 지진파를 사용하였다. 지진하중은 해석모델의 X축과 Y축 방향으로 입력하였다.



〈Fig. 3〉 Outrigger damper locations

〈Table 1〉 Specification of analytical model

Variable		Specification
Height		5m × 50story = 250m
Principal plane		XYZ plane
Core	Height	5m
	Thickness	0.4m
	Structure	Concrete
Material	Beam	SM570TMC
	Column	SM570TMC
	Outrigger	SM570TMC
Outrigger	Thickness	0.2m
	Structure	Wall type
	Location	0.525h = 135m (27F)
Section	Column	H 498 × 432 × 45 / 70
	Beam	H 912 × 302 × 18 / 34
Main mode	1st mode	5.2690 sec
	2nd mode	5.0907 sec
	3rd mode	1.1051 sec
Slenderness ratio		1:7

2.2 해석 모델링 및 분석방법

엘센트로 지진하중을 입력하여 시간이력 해석을 수행 하였으며, 사용한 소프트웨어는 상용 프로그램 (Midas Gen Ver 795)이다. 아웃리저 댐퍼 시스템은 점탄성 댐퍼(Viscoelastic damper)를 사용하였으며, 댐퍼의 유형은 선형 스프링과 점성 감쇠가 병렬로 연결 된 Kelvin (Voigt) Model이다.

점탄성 댐퍼는 지진이나 바람과 같은 동적하중에 의한 변형이 일어나게 되면 내부 충전재 흐름을 제어하여 접합부가 일체 거동 하도록 만들고, 정적하중에 의한 변형이 일어날 경우 충전재가 좁은 배관을 천천히 흐르게 하여 부가적인 응력을 발생시키지 않는다⁹⁾. 점탄성 댐퍼의 감쇠(C_d)값 과 강성(K_d) 값을 조절하여 구조물 최상층의 X방향과 Y방향의 최대 변위 및 최대 가속도 응답을 구하여 비교 분석 하였다. 점탄성 댐퍼의 힘-변형 관계식은 식 (1)과 같고, 식을 직접 풀어 댐퍼에 작용하는 힘을 구할 수 있다. 해석 시 참조 속도(V_0)와 점탄성 댐퍼의 비선형 점성 감쇠 특성 상수(s)는 1.0으로 고정하였다.

$$f = K_d d + C_d \text{sign}(\dot{d}) \left| \frac{\dot{d}}{V_0} \right|^s \quad (1)$$

여기서,

K_d (Damper Stiffness) = 점탄성 댐퍼의 강성

C_d (Damping) = 점탄성 댐퍼의 감쇠 상수

V_0 (Reference Velocity) = 참조 속도

s (Damping Exponent) = 점탄성 댐퍼의 비선형 점성 감쇠 특성을 정의하는 상수

본 논문에서는 아웃리저가 설치되지 않은 NOR 모델과 아웃리저만 설치된 OR 모델을 기본 모델로 두고, 댐퍼의 감쇠 값에 따른 최상층 최대 수평변위 및 수평가속도 변화를 검토하기 위하여 <Table 2> 와 같이 감쇠범위 2,000 ~ 46,000kN·sec/m로 하여 강성(K_d)값 10,000kN/m, 20,000kN/m 인 해석모델을 사용하여 분석하였다.

<Table 2> Analysis model with changes in damping value

Model	Outrigger presence	Outrigger damper presence	Damper stiffness value (kN/m)	Changes in damping value (kN·sec/m)
NOR	-	-	-	-
OR	○	○	-	-
ORD - AX			10,000	2,000~46,000
ORD - BX			20,000	
ORD - AY			10,000	2,000~46,000
ORD - BY			20,000	

또한 댐퍼의 강성 값의 변화에 따른 최상층 최대 수평변위 및 수평가속도 변화를 검토하기 위하여 <Table 3>과 같이 강성범위 2,000 ~ 220,000kN/m 로 하여 감쇠(C_d)값 10,000kN·sec/m, 20,000 kN·sec/m인 모델을 사용하여 해석을 수행하였다. 모든 해석은 X방향과 Y방향을 고려하여 분석하였다.

<Table 3> Analysis model with changes in stiffness value

Model	Outrigger presence	Outrigger damper presence	Changes in damping value (kN·sec/m)	Damper stiffness value (kN/m)
NOR	-	-	-	-
OR	○	○	-	-
ORD - BX			10,000	2,000~220,000
ORD - CX			20,000	
ORD - BY			10,000	2,000~46,000
ORD - CY			20,000	

3. 해석 결과 및 분석

3.1 기본모델 동적응답

아웃리저가 설치되지 않은 NOR 모델과 아웃리저만 설치된 OR 모델에 지진하중을 가한 후 X방향과 Y방향의 최상층 최대 수평변위 및 가속도 응답은 <Table 4, 5>와 같다.

<Table 4> X Dir. Dynamic response of the basic model the top floor

Model	Maximum displacement		Maximum acceleration	
	Data (m)	Ratio (%)	Data (m/sec ²)	Ratio (%)
NOR	0.701	112.9	7.014	110.6
OR	0.624	100	6.338	100

<Table 5> Y Dir. Dynamic response of the basic model the top floor

Model	Maximum displacement		Maximum acceleration	
	Data (m)	Ratio (%)	Data (m/sec ²)	Ratio (%)
NOR	0.641	104.6	10.523	124.7
OR	0.612	100	8.433	100

기본모델의 동적응답 해석 결과, 아웃리저가 설치되지 않은 NOR 모델 대비 아웃리저만 설치된 OR 모델이 최대 수평변위 응답에 대하여 X방향은 12.9%, Y방향은 4.6%의 응답을 저감시키는 것을 알 수 있고, 최대 수평가속도 응답에 대해서는 X방향 10.6%, Y방향 24.7%로 아웃리저 댐퍼 설치 시 Y방향 가속도 응답을 저감시키는 것에 매우 효과적이였다.

3.2 감쇠값에 따른 최상층 동적응답

아웃리저 댐퍼의 강성(K_d)이 일정 할 때, 감쇠(C_d)에 따른 X방향과 Y방향의 최상층 최대 수평변위 응답을 <Table 6, 7>에 나타내었다. 아웃리저가 설치되지 않은 NOR 모델에 비해 아웃리저만 설치

된 OR 모델은 변위 응답을 13% 감소시키는 것을 알 수 있다.

<Table 6> X Dir. Maximum displacement based on the damping value (unit : m)

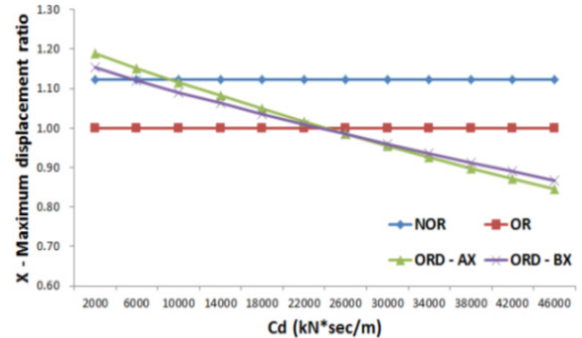
Model C_d	NOR	OR	ORD - AX	ORD - BX
2000	0.701	0.624	0.742	0.720
6000			0.719	0.699
10000			0.697	0.681
14000			0.675	0.663
18000			0.654	0.646
22000			0.634	0.630
26000			0.615	0.615
30000			0.596	0.599
34000			0.578	0.584
38000			0.560	0.570
42000			0.544	0.556
46000			0.527	0.542

<Table 7> Y Dir. Maximum displacement based on the damping value (unit : m)

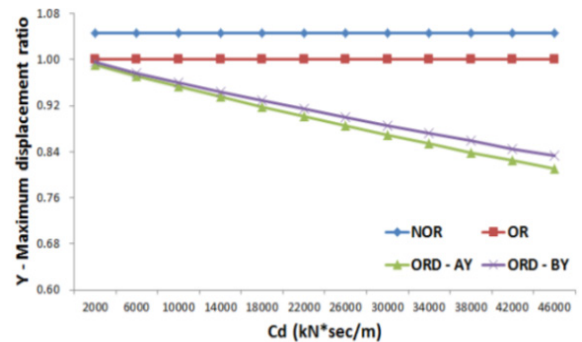
Model C_d	NOR	OR	ORD - AY	ORD - BY
2000	0.641	0.612	0.607	0.609
6000			0.595	0.597
10000			0.584	0.588
14000			0.573	0.578
18000			0.562	0.569
22000			0.552	0.560
26000			0.542	0.551
30000			0.532	0.542
34000			0.522	0.534
38000			0.513	0.525
42000			0.505	0.517
46000			0.496	0.510

X방향에서의 최소 변위는 감쇠값이 46,000 kN·sec/m일 때에 ORD-AX 모델의 변위가 0.527m로 가장 작은 응답이 나타났고, Y방향에서의 최소 변위는 X방향과 마찬가지로 감쇠값이 46,000 kN·sec/m일 때에 ORD-AY 모델의 변위가 0.496m로 가장 작은 응답이 나타났다. 지진하중에 대하여 고층건물은 X와 Y방향 모두 감쇠값이 높을수록 변위응답을 제어하는데 더욱 효과적인 것을 알 수

있다.



<Fig. 4> X Dir. Maximum displacement ratio based on the damping value



<Fig. 5> Y Dir. Maximum displacement ratio based on the damping value

OR 모델을 기준으로 최상층 최대 변위 응답에 대한 비를 <Fig. 4, 5>에 나타내었다. 구조물의 X방향에 대한 <Fig. 4>를 보면 감쇠값 2,000 ~ 22,000 kN·sec/m의 범위에서는 강성값이 큰 모델이 변위 응답을 줄이는데 효과적이었고, 22,000 ~ 46,000 kN·sec/m의 범위에서는 반대로 강성 값이 작은 모델이 더욱 효과적이었다. Y방향에 대한 <Fig. 5>를 보면 강성값이 작은 ORD-AY 모델이 ORD-BY 모델에 비해 변위 응답을 더 감소시키는 것을 알 수 있다. 감쇠값이 작은 경우에는 강성값이 큰 경우가 응답을 저감시키는데 유리하고 감쇠값이 클 경우에는 강성값이 작은 경우가 응답 저감에 유리한 것으로 판단된다.

최상층 최대 가속도 응답을 <Table 8, 9>에 나타내었다. 변위 응답에서와 마찬가지로 X, Y방향 모두 감쇠값의 증가에 따라 가속도 응답이 크게 감소하는 것을 알 수 있다. 감쇠값이 46,000kN·sec/m일

때 강성값이 더 작은 ORD-AX, ORD-AY 모델에서 최소 가속도 응답이 나타났다. <Fig. 6, 7>은 최상층 최대 가속도 응답을 OR 모델을 기준으로 비로 나타낸 그래프이다.

<Table 8> X Dir. Maximum acceleration based on the damping value (unit : m/sec^2)

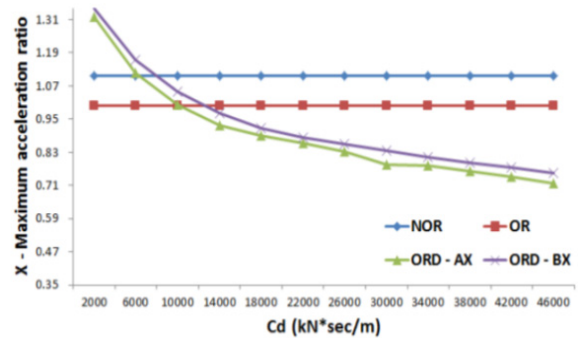
Model C_d	NOR	OR	ORD - AX	ORD - BX
2000	7.014	6.338	8.361	8.568
6000			7.085	7.386
10000			6.348	6.649
14000			5.879	6.158
18000			5.650	5.808
22000			5.460	5.597
26000			5.282	5.442
30000			4.984	5.295
34000			4.962	5.156
38000			4.820	5.026
42000			4.689	4.903
46000			4.558	4.788

<Table 9> Y Dir. Maximum acceleration based on the damping value (unit : m/sec^2)

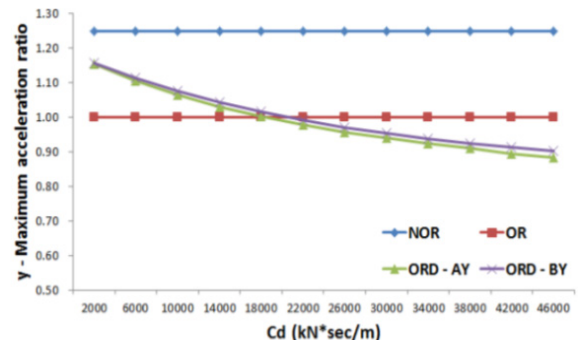
Model C_d	NOR	OR	ORD - AY	ORD - BY
2000	10.523	8.433	9.741	9.751
6000			9.327	9.380
10000			8.979	9.062
14000			8.688	8.791
18000			8.443	8.558
22000			8.237	8.359
26000			8.063	8.188
30000			7.927	8.041
34000			7.785	7.913
38000			7.682	7.802
42000			7.546	7.705
46000			7.444	7.620

<Fig. 6, 7>을 보면 아웃리저 댐퍼 시스템을 사용할 경우 아웃리저만 설치되어 있는 OR 모델에 비해 X방향에서 최대 20% 가속도 응답을 저감 할 수 있고, Y방향에서는 최대 10% 저감시키는 것을 볼 수 있다. ORD-AX, ORD-AY, ORD-BX, ORD-BY 모델 모두 감쇠값 2,000 ~ 18,000kN·sec/m까지는 OR

모델보다 높은 가속도 응답을 보였으나 감쇠값의 증가에 따라 기존 아웃리저 모델의 가속도 응답보다 줄어드는 것을 알 수 있다. 그러나 일정한 감쇠값을 지나면서 가속도 응답 저감 효과가 미비해지므로 가속도 응답을 제어하기 위한 적절한 감쇠값을 사용하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.



<Fig. 6> X Dir. Maximum acceleration ratio based on the damping value



<Fig. 7> Y Dir. Maximum acceleration ratio based on the damping value

3.3 강성값에 따른 최상층 동적응답

아웃리저 댐퍼의 감쇠(C_d)가 일정 할 때, 강성(K_d)에 따른 X방향과 Y방향의 최상층 최대 수평변위 응답을 <Table 10, 11>에 나타내었다. 수평변위 응답의 경우 정확한 해석을 위해 강성값의 범위를 2,000 ~ 220,000kN/m까지 비교하였다.

<Table 10, 11>을 보면 X방향에서의 최소 변위는 강성값이 140,000kN/m일 때에 ORD-DX 모델의 변위가 0.570m로 가장 작은 응답이 나타났고, Y방향에서의 최소 변위는 강성값이 2,000kN/m일 때에 ORD-DY 모델의 변위가 0.549m로 가장 작은 응답이 일어나는 것을 알 수 있다. ORD-CX, ORD-CY,

ORD-DX, ORD-DY 모델 모두 강성값을 증가 시킬 수록 최상층 최소 변위 응답값 보다 증가하는 것을 알 수 있다.

<Table 10> X Dir. Maximum displacement based on the stiffness value (unit : m)

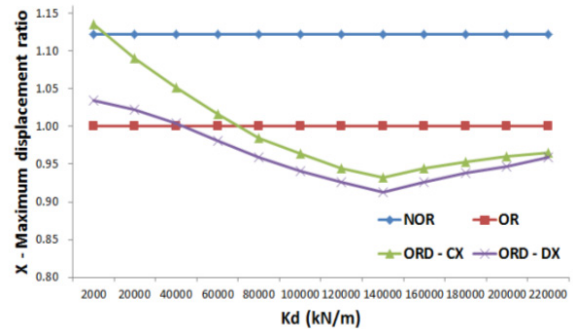
Model K_d	NOR	OR	ORD - CX	ORD - DX
2000	0.701	0.624	0.709	0.645
20000			0.681	0.638
40000			0.657	0.627
60000			0.634	0.613
80000			0.615	0.598
100000			0.601	0.588
120000			0.590	0.578
140000			0.582	0.570
160000			0.589	0.578
180000			0.595	0.585
200000			0.599	0.591
220000			0.602	0.598

<Table 11> Y Dir. Maximum displacement based on the stiffness value (unit : m)

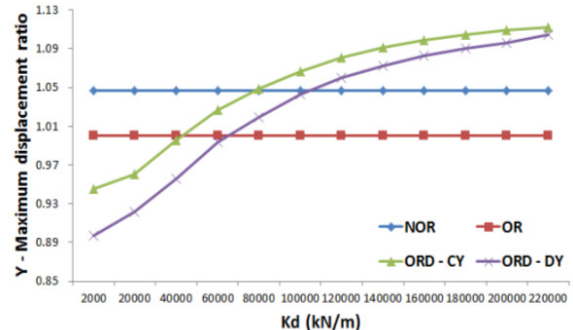
Model K_d	NOR	OR	ORD - CY	ORD - DY
2000	0.641	0.612	0.579	0.549
20000			0.588	0.564
40000			0.609	0.585
60000			0.629	0.608
80000			0.642	0.624
100000			0.653	0.638
120000			0.661	0.649
140000			0.668	0.657
160000			0.672	0.663
180000			0.676	0.667
200000			0.679	0.671
220000			0.681	0.676

<Fig. 8, 9>는 OR 모델을 기준으로 최상층 최대 변위 응답을 나타낸 그래프이다. <Fig. 8>을 보면 강성값이 증가할수록 초반에는 변위 응답이 점점

감소하지만 일정 구간을 지나면서 변위 응답이 오히려 증가하게 되는 것을 알 수 있다. Y방향에 대한 <Fig. 9>를 보면 작은 강성값에서도 OR 모델에 비하여 변위응답을 10% 저감시킬 수 있지만 강성값이 증가하면서 변위 응답이 오히려 OR 모델보다 증가하는 것을 알 수 있다. 고층건물의 최대 수평변위 제어 시 높은 강성값의 댐퍼를 사용할 필요가 없는 것으로 판단된다.



<Fig. 8> X Dir. Maximum displacement ratio based on the stiffness value



<Fig. 9> Y Dir. Maximum displacement ratio based on the stiffness value

<Table 12, 13>은 최상층 최대 가속도 응답을 나타낸 표이다. X와 Y방향 모두 강성값의 증가에 따라 가속도 응답이 크게 증가하는 것을 알 수 있다. ORD-CX, ORD-CY 모델보다 감쇠값이 더 높은 ORD-DX, ORD-DY 모델에서 최소 가속도 응답이 나타났다. <Fig. 10, 11>은 최상층 최대 가속도 응답을 OR 모델을 기준으로 비로 나타낸 그래프이다. <Fig. 10, 11>을 보면 기존의 아웃리거가 있는 OR 모델에 비해 X방향에서의 가속도 응답이 증가하는 것을 알 수 있다.

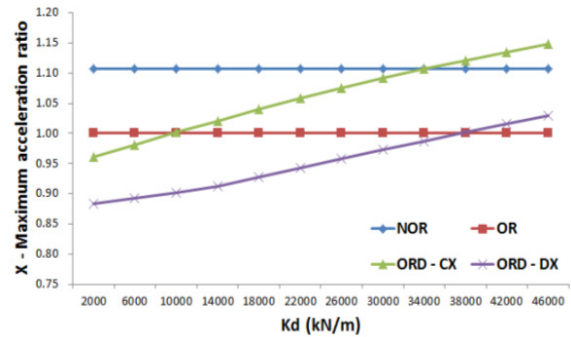
〈Table 12〉 X Dir. Maximum acceleration based on the stiffness value (unit : m/sec^2)

Model K_d	NOR	OR	ORD - CX	ORD - DX
2000	7.014	6.338	6.087	5.598
6000			6.219	5.661
10000			6.348	5.718
14000			6.472	5.782
18000			6.592	5.879
22000			6.706	5.975
26000			6.815	6.070
30000			6.918	6.164
34000			7.016	6.256
38000			7.107	6.347
42000			7.194	6.436
46000			7.274	6.522

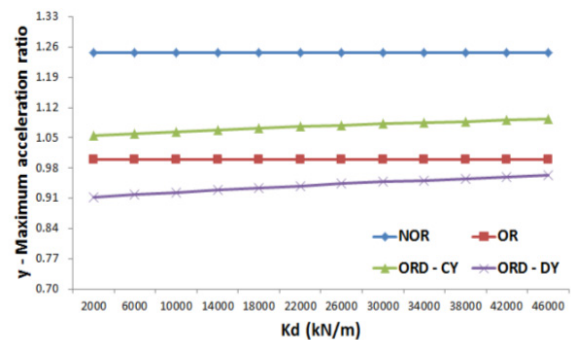
〈Table 13〉 Y Dir. Maximum acceleration based on the stiffness value (unit : m/sec^2)

Model K_d	NOR	OR	ORD - CY	ORD - DY
2000	10.523	8.433	8.901	7.689
6000			8.942	7.739
10000			8.979	7.787
14000			9.014	7.833
18000			9.047	7.876
22000			9.077	7.916
26000			9.105	7.955
30000			9.131	7.991
34000			9.155	8.026
38000			9.177	8.059
42000			9.198	8.090
46000			9.217	8.119

ORD-CX 모델의 경우 OR 모델 대비 최대 15% 높은 가속도응답이 나타났다. Y방향에서는 ORD-CY, ORD-DY 모델 모두 가속도응답의 증가율은 낮지만 OR 모델에 비해 ORD-CY 모델의 가속도 응답이 최대 12% 높게 나타나는 것을 볼 수 있다. 강성값이 증가함에 따라 ORD-CX, ORD-CY, ORD-DX, ORD-DY 모델 모두 가속도 응답이 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 감쇠값이 큰 ORD-DX, ORD-DY 모델이 ORD-CX, ORD-CY 모델에 비해 가속도응답 제어에 효과적인 것을 알 수 있다.



〈Fig. 10〉 X Dir. Maximum acceleration ratio based on the stiffness value



〈Fig. 11〉 Y Dir. Maximum acceleration ratio based on the stiffness value

가속도 응답을 제어할 경우 감쇠값이 클수록 가속도 응답 저감에 효과적이며, 강성값 증가에 따른 변화는 미소한 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 상용 프로그램을 이용하여 실물 크기의 고층건물을 모델링 하고, 엘센트로 지진하중을 입력하여 아웃리거 댐퍼 시스템과 기존의 아웃리거 시스템의 동적응답 제어성능을 비교 분석 하였다. 해석은 X방향과 Y방향으로 계획하였고, 최상층 최대 수평변위 응답과 최대 수평가속도 응답을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 해석결과 X방향과 Y방향 모두 아웃리거 댐퍼의 감쇠값의 변화에 따라 최상층 수평변위 응답 저감에 탁월한 효과를 나타내었다. 강성값의 변화에 따라서는 초반에 변위가 감소하다가 일정구간을 지나게 되면 오히려 증가하게 되는 것을 확인하였다. 따라서 최상층 수평변위 응답 저감을 위해서는 경

제적 부담이 되는 높은 강성의 댐퍼를 사용할 필요가 없는 것으로 판단된다.

2. 가속도 응답의 경우 감쇠값의 변화에 따라 아웃리거 댐퍼시스템은 기존 아웃리거 시스템에 비해 수평가속도 응답을 최대 20% 저감시키는 것을 확인하였다. 하지만 강성값의 변화에 따른 아웃리거 댐퍼의 가속도 응답의 경우 가속도 증가율은 미소했으나 기존의 아웃리거 시스템에 비해 응답을 오히려 증가시키는 것을 확인하였다.

3. 따라서 아웃리거 댐퍼시스템을 이용하여 고층 건물의 동적하중응답을 효과적으로 제어하기 위해서는 최대 변위 응답 제어 시 댐퍼의 강성값은 낮고 감쇠값은 높은 것이 효율적인 것으로 판단되며, 가속도 응답의 경우 적절한 감쇠값을 선택하여 건물을 설계하는 것이 경제적인 것이라 판단된다.

4. 추후에 다양한 형상의 고층건물 모델과 지진하중 이외의 동적하중을 가한 아웃리거 댐퍼시스템의 성능 해석 및 비틀림 거동에 대한 연구와 댐퍼의 성능과 경제성을 동시에 고려하여 최적의 감쇠값, 강성값을 가지는 댐퍼설계를 위한 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2014R1A2A2A01005418).

References

1. Lee, C. H, Chung, K. R, Kim, S, D, "Outrigger System for Tall Buildings: State-of-the-Art, Journal of Korean Society of Steel Construction, Vol.23, No.3, 2011, pp.35-40
2. Smith, R and Willford, M., "The damped outrigger concept for tall buildings", The Structural Design of Tall and Special Buildings, Vol. 16, 2007.
3. Park, K. D, Kim, D. Y, Jung, D. K, Yang, D. H, "Improving Construction Quality and Conveniency by Applying Outrigger Dampers to Outrigger to Perimeter Column Joints", Journal of Architectural Institute of Korea, Vol.53, No.8, 2009, pp.30-37
4. Chen, Y., McFarland, D.M., Wang, Z. Spencer Jr., B.F. and Bergman, L.A., "Analysis of tall buildings with damped outriggers", Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 136, No. 11, 2010.
5. Kim, B. J., Lee, S. H., Chung, L., "Design of Outrigger Damper System for Wind-Induced Vibration Control of Building Structures", Jpurnal of The Wind Engineering Institute of Korea, Vol.15, No.4, 2011.
6. Kim, H. S, Yoon, S. W, Kang, J. W, "Optimal Design of Outrigger Damper using Multi-objective Genetic Algorithm", Journal of the Korean Association for Spatial Structures, Vol.14, No.4, pp.97-104, 2014
7. Kim, H. K, Tae, A. R, Kim, J. K, "Investigating the Optimum Outrigger System Location of Tall Building", Proceeding of Autumn Annual Conference of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, Vol.30, No.1, 2010, pp.49-50
8. Yoon, S. W, Lee, L. K, Kim, K. I, Kim, H. S, Kang, J. W, "Evaluation of Vibration Control Performance of Outrigger Damper System for Tall Buildings Subjected to Seismic Load", Journal of the Korean Association for Spatial Structures, Vol.16, No.1, 2016, pp.95-104

- Received : September 05, 2016
- Revised : September 13, 2016
- Accepted : September 13, 2016