

편심하중을 가한 고층건물의 아웃리거 댐퍼 시스템 제어성능평가

Control Performance Evaluation of Outrigger Damper System of Eccentrically Loaded High-Rise Building

김수진*
Kim, Su-Jin

김수근*
Kim, Su-Geun

강호근**
Kang, Ho-Geun

김현수***
Kim, Hyun-Su

강주원****
Kang, Joo-Won

Abstract

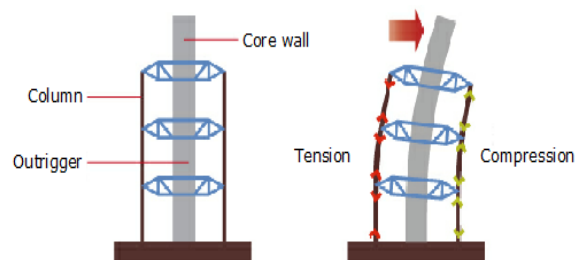
The demand for skyscrapers is increasing worldwide. Until now, various lateral resistance structures have been used for lateral displacement control of high-rise buildings. An outrigger damper system has been introduced recently to improve lateral dynamic response control performance further. However, a study of outrigger damper system is yet to be sufficiently investigated. In this study, time history analysis was performed to investigate the control performance of an outrigger damper system of high-rise building under eccentric loading. To do this, an actual scale 3-dimensional tall building model with an outrigger damper system was prepared. The control performance of the outrigger damper system was evaluated by varying stiffness and damping values. On the top floor torsional angle response to the earthquake load, was greatly affected by damping value. And the displacement response was affected greatly by the stiffness value and damping value of damper system. In conclusion, it is necessary to select the proper damping and stiffness values of the outrigger damper system.

Keywords : High-rise building, Outrigger damper system, Dynamic response control, Eccentrically load, Seismic response

1. 서론

전 세계적으로 도시의 인구집중화와 건축대지면적의 감소로 인하여 고층건물의 수요가 점점 늘어나고 있다. 고층건물의 경우 수직하중보다는 수평하중에 더 취약하므로 고층건물을 설계하고 시공하는 과정에서 가장 중요한 것은 수평하중 저항 시스템을 선정하는 것이다. 이러한 횡변위 제어를 위해서 지금까지 다양한 횡력 저항 구조시스템이 제안되어 왔다. 그 중에서도 아웃리거 시스템은 여러 고층건

물에 효율적으로 적용되고 있다. 아웃리거 시스템은 중앙부 코어와 외부 기둥을 강성이 매우 높은 구조체인 아웃리거로 연결한 것이다.



<Fig. 1> Outrigger performance property

<Fig. 1>과 같이 지진이나 태풍과 같은 동적하중 작용 시에 기둥과 연결된 아웃리거는 코어와 일체가 되어 거동하게 된다. 이를 통해 코어가 단독으로 횡하중을 견딜 때보다 코어의 횡방향 변형을 효과적으로 감소시킨다¹⁾.

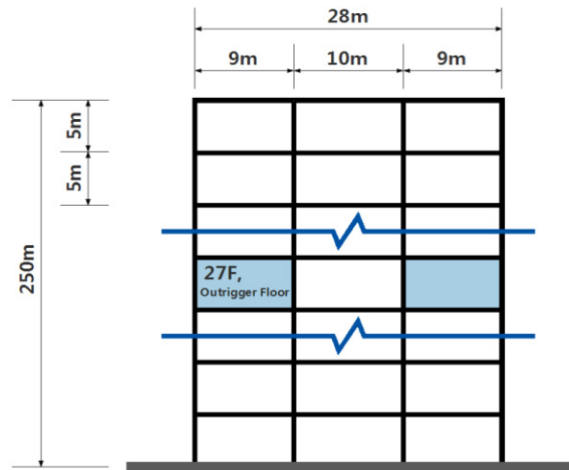
최근에는 외곽기둥과 아웃리거 사이에 댐퍼를 설치하여 기존의 아웃리거 시스템보다 횡방향 동적응답 제어성능을 더욱 향상시키는 아웃리거 댐퍼 시

* 학생회원, 영남대학교 건축학부 대학원, 석사과정
School of Architecture, Yeungnam University
** 정회원, 경남도립거창대학교 건축인테리어과 교수, 공학박사
Dept. of Architecture & Interior, University of Gyeongnam Geochang
*** 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

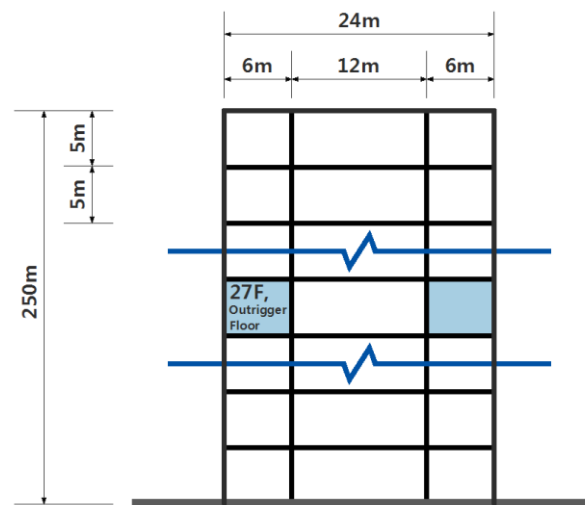
시스템이 제안되었다. 실제로 아웃리거 댐퍼 시스템이 적용된 사례로 국내에는 인천 송도의 동북아무역센터(NEATT)가 있다. 하지만 감쇠 성능을 증가시키는 것보다는 외부기둥과 코어 전단벽의 부등축소로 인해 발생하는 아웃리거와 외부기둥 접합부의 응력 흡수가 주목적이다. 국외에서는 필리핀 마닐라의 'The St Francis Shangri-La Place' 건물에 아웃리거 댐퍼가 설치되었으며, 구조물량을 감소시켜 경제적 효과가 높고 풍하중을 제어하는데 매우 효과적이라고 평가받고 있다.

관련 연구로 김병진 등²⁾은 댐퍼의 감쇠와 외곽기둥의 강성이 복합적으로 작용하면서 생기는 풍하중에 대한 아웃리거 댐퍼 시스템의 응답 특성을 검토하여 아웃리거 댐퍼의 최적위치와 댐퍼의 적정 용량을 찾기 위한 연구를 수행하였다. Chen 등³⁾은 고층건물에 아웃리거 댐퍼를 적용한 모델의 해석방법을 제시하고 아웃리거 댐퍼의 최적 위치 및 용량을 설계할 수 있는 디자인 커브를 제안하였다.

국내외적으로 아웃리거 댐퍼 시스템의 최적위치 및 적정용량을 구하기 위한 연구가 다수 진행되었다. 하지만 아웃리거 댐퍼 시스템은 감쇠와 강성이 복합적으로 거동하여 동적하중에 따른 응답을 예측하기 어렵고 실제 구조물의 경우 실별 사용하중에 따른 편심하중으로 인한 건물의 비틀림이 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 실물크기의 고층건물에 편심하중을 가한 후 아웃리거 댐퍼 시스템의 감쇠와 강성값의 변화에 따른 동적응답 제어성능을 비교분석하고자 한다.



(a) X direction



(b) Y direction

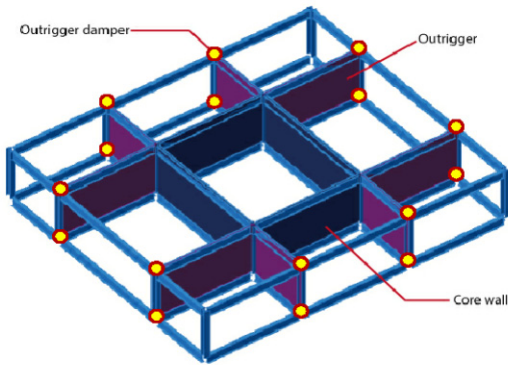
(Fig. 2) Analytical model elevation

2. 해석 모델

2.1 해석모델 개요

본 연구에서 사용한 해석모델은 <Fig. 2>와 같이 28m×24m의 구조평면을 가지는 실물 크기의 건물로 설계하였고, 외곽기둥과 전단벽 코어를 연결하는 아웃리거 벽체로 이루어진 구조물이다. 아웃리거는 기존 연구에서 나온 아웃리거 시스템 최적 위치인 0.525h에 설치하였으며, 27층에 고정하여 모델링하였다.

아웃리거의 상단부와 하단부, 총 16개 절점에 아웃리거 댐퍼를 생성하였다. 아웃리거 댐퍼를 생성한 위치는 <Fig. 3>과 같고 <Table 1>과 같이 해석 모델을 모델링하였다. 본 연구에서는 엘센트로(1940, NS) 지진파를 지진하중으로 사용하였다. 해석모델의 X축과 Y축 방향으로 지진하중을 입력하였으며 30초 이후의 지진가속도는 큰 변화가 없으므로 0.1초 간격으로 30초까지의 지진데이터만을 사용하였다. 편심하중을 입력하기 위해 해석모델의 각 층별 질량을 구하고 1개 층 질량의 10%만큼의 하중을 가하였다.



〈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

본 연구에서는 상용 프로그램(Midas Gen Ver 795)을 사용하여 모델을 해석하였다. 엘센트로 지진 하중을 입력하여 시간이력해석을 수행하였고 아웃리거 댐퍼 시스템으로는 점탄성 댐퍼(Viscoelastic damper)를 사용하였다. 사용한 댐퍼의 유형은 Kelvin(Voigt) Model로 선형 스프링과 점성 감쇠가

병렬로 연결된 댐퍼이다.

점탄성 댐퍼는 구조물의 감쇠능력을 향상시키고 지진이나 바람에 의해 생기는 동적 응답을 감소시켜 구조물의 안정성 및 사용성을 증가시킨다. 본 연구에서는 점탄성 댐퍼의 감쇠값과 강성값을 조절하여 구조물 최상층의 X방향과 Y방향의 최대 변위 응답과 최상층 비틀림각을 구하여 비교분석하였다.

〈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	O	O	-	-
ORD - AX			10,000	20,000~300,000
ORD - BX			15,000	
ORD - CX			20,000	
ORD - AY			10,000	20,000~300,000
ORD - BY			15,000	
ORD - CY			20,000	
ORD - AR			10,000	10,000~640,000
ORD - BR			15,000	
ORD - CR			20,000	

본 논문에서는 기본 해석모델로 아웃리거가 설치되지 않은 NOR모델과 아웃리거만 설치된 OR모델을 두고, 댐퍼의 감쇠값의 변화에 따른 최상층 최대 수평변위의 변화를 검토하기 위하여 편심하중을 가한 강성(K_d)값 10,000kN/m인 ORD-A모델, 15,000 kN/m인 ORD-B모델, 20,000kN/m인 ORD-C모델에 댐퍼의 감쇠범위를 20,000~300,000kN·sec/m로 하여 분석하였다. 비틀림각의 변화를 검토하는 경우 정확한 해석을 위해서 감쇠범위를 10,000~640,000 kN·sec/m으로 두었다. 감쇠값에 따른 해석모델은 〈Table 2〉와 같다.

또한 댐퍼의 강성 값의 변화에 따른 최상층 최대 수평변위 변화를 검토하기 위하여 <Table 3>과 같이 편심하중을 가한 감쇠(C_d)값 10,000kN·sec/m인 ORD-D모델, 15,000kN·sec/m인 ORD-E모델, 20,000kN·sec/m인 ORD-F모델에 댐퍼의 강성범위를 200,000~3,000,000kN/m로 하여 해석을 수행하였다.

<Table 3> Analysis model with changes in stiffness value

Model	Outrigger presence	Outrigger damper presence	Damper damping value (kN·sec/m)	Changes in stiffness value (kN/m)
NOR	-	-	-	-
OR	○	○	-	-
ORD - DX			10,000	200,000~3,000,000
ORD - EX			15,000	
ORD - FX			20,000	
ORD - DY			10,000	200,000~3,000,000
ORD - EY			15,000	
ORD - FY			20,000	
ORD - DR			10,000	1,000,000~64,000,000
ORD - ER			15,000	
ORD - FR			20,000	

감쇠값의 변화에 따라 분석한 경우와 마찬가지로 보다 정확한 해석을 위해 비틀림각의 경우 1,000,000~64,000,000kN/m의 강성범위를 사용하였다. 모든 수평변위 해석은 X방향과 Y방향을 고려하여 분석하였고 비틀림각의 해석은 Z방향을 고려하여 분석하였다.

3. 해석 결과 및 분석

3.1 기본모델 동적응답

편심하중을 가한 해석모델에 지진하중을 입력한 후 아웃리거가 설치되지 않은 NOR모델과 아웃리거만 설치된 OR모델의 최상층 최대 비틀림각 및 X방향과 Y방향의 최상층 최대 수평변위 응답을 <Table 4, 5>에 나타내었다.

<Table 4> Torsional angle of the basic model the top floor

Model	Maximum torsional angle	
	Data ($\times 10^{-3} rad$)	Ratio ($\frac{Model}{OR} \times 100\%$)
NOR	0.932	113.9
OR	0.818	100

<Table 5> X Dir. & Y Dir. dynamic response of the basic model the top floor

Model	Maximum displacement (X Dir.)		Maximum displacement (Y Dir.)	
	Data (m)	Ratio ($\frac{Model}{OR} \times 100\%$)	Data (m)	Ratio ($\frac{Model}{OR} \times 100\%$)
NOR	0.7974	100.1	0.7556	102.3
OR	0.7968	100	0.7385	100

기본 해석모델의 동적응답 해석 결과, 아웃리거가 설치되지 않은 NOR모델 대비 아웃리거만 설치된 OR모델이 비틀림각을 최대 13% 감소시키는 것을 확인하였다. 최상층 수평변위 응답의 경우 X방향은 0.1%, Y방향은 2.3%를 감소시키며 비틀림각에 비하여 수평변위 응답 저감 효과는 미소한 것으로 나타났다. 아웃리거 시스템을 적용한 결과 건물의 비틀림각을 감소시키는 것에 매우 효과적인 것을 알 수 있다.

3.2 감쇠값에 따른 최상층 동적응답

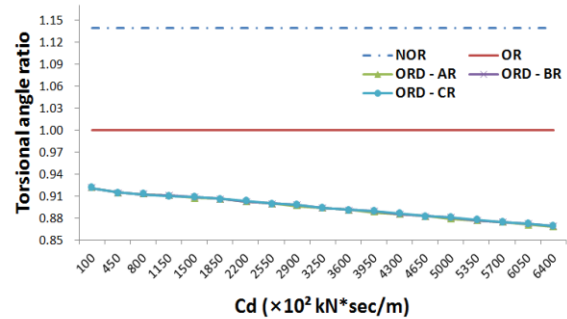
아웃리거 댐퍼의 강성(K_d)이 일정할 때, 감쇠(C_d)에 따른 최상층 최대 비틀림각을 <Table 6>에 나타내었다.

최소 비틀림각은 감쇠값이 640,000kN·sec/m일 때에 ORD-AR모델의 비틀림각이 $0.710 \times 10^{-3} rad$ 으로 가장 작은 값으로 나타났다. 아웃리거 댐퍼를 설치한 ORD모델의 경우 기존의 아웃리거 건물인 OR모델에 비해 최대 13%의 비틀림각을 감소시키는 것을 확인하였다.

<Table 6> Maximum torsional angle based on the damping value (unit : $\times 10^{-3} rad$)

Model C_d	NOR	OR	ORD - AR	ORD - BR	ORD - CR
10,000	0.932	0.818	0.753	0.753	0.753
45,000			0.748	0.748	0.748
80,000			0.746	0.746	0.746
115,000			0.745	0.745	0.744
150,000			0.742	0.743	0.743
185,000			0.741	0.741	0.741
220,000			0.738	0.738	0.739
255,000			0.736	0.736	0.736
290,000			0.733	0.734	0.734
325,000			0.731	0.731	0.731
360,000			0.729	0.729	0.729
395,000			0.726	0.727	0.727
430,000			0.724	0.724	0.725
465,000			0.722	0.722	0.722
500,000			0.719	0.720	0.720
535,000			0.717	0.717	0.718
570,000			0.715	0.715	0.715
605,000			0.712	0.713	0.713
640,000			0.710	0.711	0.711

<Fig. 4>는 OR모델을 기준으로 최상층 비틀림각을 비로 나타낸 것이다. 감쇠값의 증가에 따라 비틀림각이 점차 감소되는 것을 볼 수 있다. 편심하중을 가한 고층건물에 아웃리거 댐퍼를 적용할 경우 감쇠값이 높을수록 비틀림각을 제어하는데 더욱 효과적인 것을 알 수 있다.



<Fig. 4> Maximum torsional angle ratio based on the damping value

감쇠값에 따른 X방향과 Y방향의 최상층 최대 수평변위 응답을 <Table 7, 8>에 나타내었다. X방향에서의 최소 변위는 감쇠값이 300,000kN·sec/m일 때 ORD-AX모델의 변위가 0.7668m로 가장 작은 응답이 나타났다.

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

Model C_d	NOR	OR	ORD - AX	ORD - BX	ORD - CX
20000	0.7974	0.7968	0.8006	0.8006	0.8006
40000			0.7970	0.7970	0.7971
60000			0.7940	0.7941	0.7942
80000			0.7913	0.7915	0.7916
100000			0.7889	0.7890	0.7892
120000			0.7863	0.7866	0.7868
140000			0.7842	0.7843	0.7846
160000			0.7815	0.7819	0.7822
180000			0.7797	0.7799	0.7800
200000			0.7774	0.7779	0.7782
220000			0.7754	0.7757	0.7761
240000			0.7732	0.7737	0.7741
260000			0.7711	0.7716	0.7720
280000			0.7689	0.7694	0.7700
300000			0.7668	0.7673	0.7679

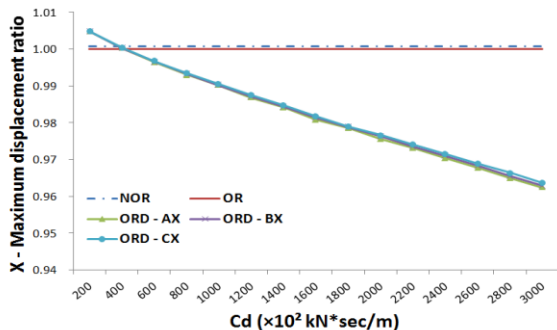
Y방향에서의 최소변위는 X방향과 마찬가지로 댐퍼의 감쇠값이 300,000kN·sec/m일 때 ORD-AY모델의 변위가 0.6933m로 가장 작은 응답이 나타났다. 변위 응답의 경우 비틀림각에서와 마찬가지로 감쇠값의 증가에 따라 변위 응답이 크게 감소하는 것을

볼 수 있다. 따라서 비틀림각과 수평변위 응답 제어 시 댐퍼의 감쇠값을 증가시킬수록 제어 효과가 높은 것으로 판단된다.

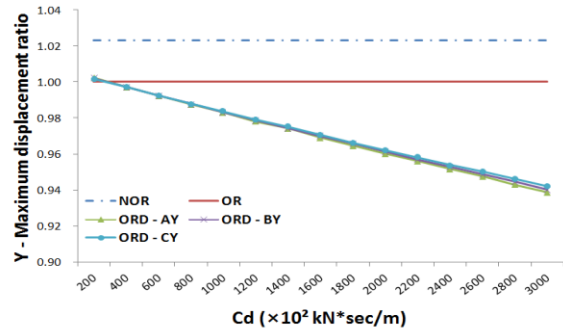
<Fig. 5, 6>은 최상층 최대 변위 응답을 OR모형을 기준으로 비로 나타낸 것이다. X방향의 경우 기존의 OR모형 대비 약 4%의 변위 응답을 감소시키며, Y방향의 경우 최대 6%의 응답을 감소시키는 것을 확인하였다.

<Table 8> Y Dir. maximum displacement based on the damping value (unit : m)

Model C_d	NOR	OR	ORD - AY	ORD - BY	ORD - CY
20000	0.7556	0.7385	0.7402	0.7400	0.7398
40000			0.7365	0.7364	0.7364
60000			0.7329	0.7329	0.7329
80000			0.7293	0.7295	0.7295
100000			0.7260	0.7261	0.7263
120000			0.7223	0.7227	0.7230
140000			0.7194	0.7195	0.7200
160000			0.7157	0.7163	0.7168
180000			0.7125	0.7131	0.7134
200000			0.7091	0.7099	0.7106
220000			0.7060	0.7067	0.7076
240000			0.7029	0.7037	0.7044
260000			0.6997	0.7007	0.7016
280000			0.6964	0.6976	0.6986
300000			0.6933	0.6944	0.6956



<Fig. 5> X Dir. maximum displacement ratio based on the damping value



<Fig. 6> Y Dir. maximum displacement ratio based on the damping value

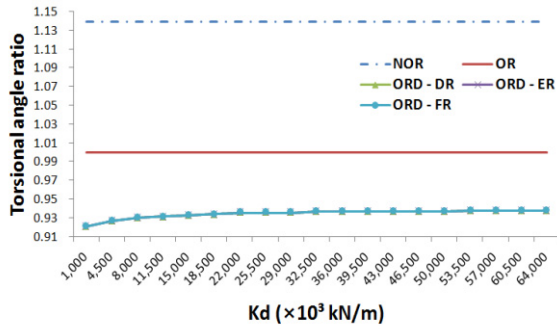
3.3 강성값에 따른 최상층 동적응답

아웃리거 댐퍼의 감쇠(C_d)가 일정 할 때, 강성(K_d)에 따른 최상층 최대 비틀림각을 <Table 9>에 나타내었다.

<Table 9>를 보면 강성값이 1,000,000kN/m 일 때에 ORD모형의 비틀림각이 $0.753 \times 10^{-3} rad$ 로 최소값으로 나타났다.

<Table 9> Maximum torsional angle based on the stiffness value (unit : $\times 10^{-3} rad$)

Model K_d	NOR	OR	ORD - DR	ORD - ER	ORD - FR
1,000,000	0.932	0.818	0.753	0.753	0.753
4,500,000			0.758	0.758	0.758
8,000,000			0.761	0.761	0.761
11,500,000			0.762	0.762	0.762
15,000,000			0.763	0.763	0.763
18,500,000			0.764	0.764	0.764
22,000,000			0.765	0.765	0.765
25,500,000			0.765	0.765	0.765
29,000,000			0.765	0.765	0.765
32,500,000			0.766	0.766	0.766
36,000,000			0.766	0.766	0.766
39,500,000			0.766	0.766	0.766
43,000,000			0.766	0.766	0.766
46,500,000			0.766	0.766	0.766
50,000,000			0.766	0.766	0.766
53,500,000	0.767	0.767	0.767		
57,000,000	0.767	0.767	0.767		
60,500,000	0.767	0.767	0.767		
64,000,000	0.767	0.767	0.767		



<Fig. 7> Maximum torsional angle ratio based on the stiffness value

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

Model K_d	NOR	OR	ORD - DX	ORD - EX	ORD - FX
200000	0.7974	0.7968	0.8006	0.8006	0.8006
400000			0.7970	0.7970	0.7971
600000			0.7940	0.7941	0.7942
800000			0.7913	0.7915	0.7916
1000000			0.7889	0.7890	0.7892
1200000			0.7863	0.7866	0.7868
1400000			0.7842	0.7843	0.7846
1600000			0.7815	0.7819	0.7822
1800000			0.7797	0.7799	0.7800
2000000			0.7774	0.7779	0.7782
2200000			0.7754	0.7757	0.7761
2400000			0.7732	0.7737	0.7741
2600000			0.7711	0.7716	0.7720
2800000			0.7689	0.7694	0.7700
3000000			0.7668	0.7673	0.7679

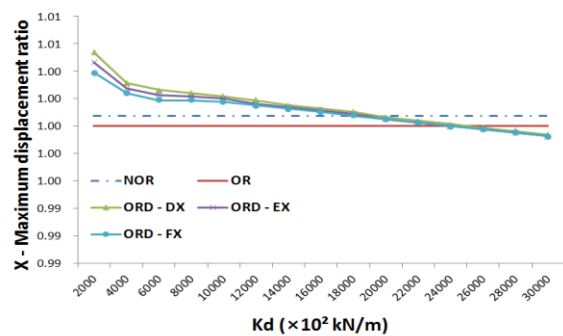
<Fig. 7>은 최상층 비틀림각을 OR모델을 기준으로 비로 나타낸 것이다. 기존의 아웃리거 시스템인 OR모델에 비해 아웃리거 댐퍼 시스템을 사용할 경우 비틀림각을 약 8% 감소시키는 것을 확인하였다. 하지만 강성값이 커짐에 따라서 비틀림각의 증가율은 미소하지만 초기의 비틀림각에 비해 오히려 증가하는 것을 알 수 있다.

강성값에 따른 아웃리거 댐퍼 시스템의 최상층 최대 수평변위 응답을 <Table 10, 11>에 나타내었다. 강성값이 3,000,000kN/m일 때 X방향의 최소 수평변위는 ORD-DX모델이 0.7668m, Y방향의 경우

ORD-DY와 ORD-EY, ORD-FY모델 모두 0.7193m로 가장 작은 응답이 나타났다. 강성값에 따른 비틀림각과는 다르게 최대 수평변위 응답의 경우 강성값의 증가에 따라 변위가 점차 줄어드는 것을 알 수 있다.

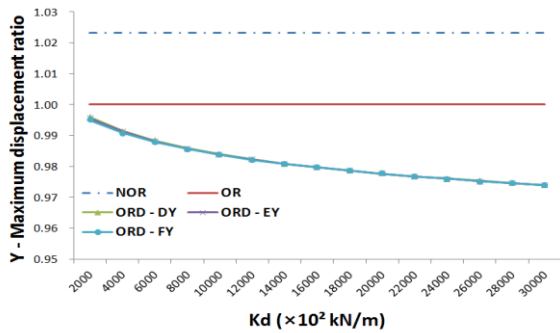
<Table 11> Y Dir. maximum displacement based on the stiffness value (unit : m)

Model K_d	NOR	OR	ORD - DY	ORD - EY	ORD - FY
200000	0.7556	0.7385	0.7356	0.7352	0.7348
400000			0.7322	0.7320	0.7317
600000			0.7299	0.7297	0.7295
800000			0.7281	0.7280	0.7279
1000000			0.7267	0.7266	0.7265
1200000			0.7255	0.7254	0.7253
1400000			0.7244	0.7244	0.7243
1600000			0.7235	0.7235	0.7235
1800000			0.7227	0.7227	0.7227
2000000			0.7220	0.7220	0.7220
2200000			0.7214	0.7214	0.7213
2400000			0.7208	0.7208	0.7208
2600000			0.7203	0.7202	0.7202
2800000			0.7198	0.7197	0.7197
3000000			0.7193	0.7193	0.7193



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

OR모델을 기준으로 최상층 변위 응답 비를 <Fig. 8, 9>에 나타내었다. X방향의 경우 강성이 작은 초기구간에서는 기존의 아웃리거 시스템인 OR모델보다 변위 응답이 높게 나타나지만 강성값이 증가함에 따라 변위 응답을 감소시키는 것을 알 수 있다.



〈Fig. 9〉 Y Dir. maximum displacement ratio based on the stiffness value

Y방향의 경우에도 마찬가지로 강성이 작은 초기 구간에서는 OR모델과 비슷한 변위 응답이지만 강성값이 커질수록 변위 응답이 점차 감소하는 것을 볼 수 있다. Y방향의 변위 응답의 경우 기존의 아웃리저 시스템 대비 최대 4%의 응답을 감소시키는 것을 확인하였다. 해석모델은 정방형의 건물이 아닌 비대칭으로 이루어진 건물로서 Y방향의 변위 응답은 초기의 강성값으로도 제어가 가능하지만 X방향의 경우에는 일정한 강성값에 도달하였을 때 변위 제어에 효과적인 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 아웃리저 댐퍼 시스템이 적용된 실물크기의 고층건물을 모델링하고, 상용 프로그램인 Midas gen을 이용하여 해석을 수행하였다. 입력 지진하중의 경우 엘센트로 지진을 입력하고 기존의 아웃리저 시스템과 아웃리저 댐퍼 시스템의 동적거동을 비교분석하였다. 편심질량이 주어졌을 때의 최상층 최대 비틀림각과 최대 수평변위 응답을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 해석결과 아웃리저 댐퍼의 감쇠값의 변화에 따라 비틀림각을 감소시키는 것이 매우 효과적인 것을 확인하였다. 강성값에 따라서는 기존의 아웃리저 시스템에 비하여 아웃리저 댐퍼 시스템의 비틀림각이 약 10% 낮은 값으로 나타났다. 하지만 강성값의 증가에 따라 비틀림각이 점차 증가하게 되어 강성값에 의한 제어효과는 미소한 것으로 판단된다. 댐퍼에 의한 비틀림각 제어 시 강성에 의한 제어효과 보다는 감쇠에 의한 제어효과가 지배적인 것으로

판단된다.

2) 감쇠값에 따른 수평변위 응답의 경우 감쇠값을 증가시킴에 따라 최대 6%의 변위 응답을 저감시키는 것을 확인하였다. 댐퍼의 강성값에 따라서는 감쇠값을 증가시킬 때와 마찬가지로 수평변위 응답이 점차 감소하는 것을 확인하였다. 하지만 비틀림각과 수평변위 모두를 고려하였을 때 적절한 강성값을 선택하여 건물을 설계하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.

3) 본 연구에서는 편심하중을 가한 아웃리저 댐퍼 시스템 건물에 지진하중만을 입력하여 해석을 수행하였으나 추후에는 지진하중 이외의 동적하중을 가한 아웃리저 댐퍼 시스템의 비틀림 거동 및 성능해석에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2014R1A2A2A01005418).

References

1. Hwang, H. R, "Study on Lateral Behavior of High-rise Buildings with the Eccentric Core", Dept. of Architectural Engineering Graduate School, Pusan National Univ, 2010
2. Kim, B. J., Lee, S. H., Chung, L., "Design of Outrigger Damper System for Wind-Induced Vibration Control of Building Structures", Journal of The Wind Engineering Institute of Korea, Vol.15, No.4, 2011.
3. 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.
4. Kim, J. K, Bang, S. H, Lee, J. S, "Vibration Control of Asymmetric Buildings Using Viscoelastic Dampers", Journal of Earthquake

- Engineering Society of Korea, Vol. 5, 2001, pp.13-19
5. Smith, R and Willford, M., "The damped outrigger concept for tall buildings", The Structural Design of Tall and Special Buildings, Vol. 16, 2007.
 6. 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
 7. Lee, L. K, Kim, S. J, Lee, Y. R, Kim, H. S, Kang, J. W, "Performance Evaluation of Seismic Response Control of Outrigger Damper System with Variation of Damping and Stiffness", Journal of the Korean Association for Spatial Structures, Vol. 13, No. 4. 2010, pp.41-47
 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 : January 23, 2017
- Revised : February 13, 2017
- Accepted : February 13, 2017