

아웃리저 구조시스템의 한계세장비 근사식 활용을 위한 건물규모에 대한 연구

양재광, 최현상*
한국건설기술연구원

A Study on the Size of Buildings for Utilizing the Limit Slenderness Ratio Approximation Equation of Outrigger Structural System

Jae-Kwang Yang, Hyun-Sang Choi*
KOREA INSTITUTE of CIVIL ENGINEERING and BUILDING TECHNOLOGY

요약 최근 도시화로 인구집중이 지속되고, 도시 과밀화로 인한 대지 부족 현상, 지가 상승 등의 문제가 발생하여, 그에 대한 대안 중 하나로, 초고층건축물에 대한 요구가 증가하고 있다. 한정된 대지에 건물을 짓기 위해선 건물의 합리적인 규모 설정이 중요하다. 계획단계에서 구조적으로 안전한 건물의 규모를 파악하기에는 많은 시간과 비용이 들기 때문에, 이러한 과정을 간소화할 수 있는 하나의 방법으로 한계세장비 근사식이 제안되었다. 이에 본 연구에서는 고층건물에 횡변위 제어를 위해 제안된 여러 시스템 중 아웃리저 구조시스템에 대해서, 한계세장비 근사식을 기본으로, 해석프로그램의 결과값과 근사식을 비교 검토하고, 근사식의 활용성을 높이고자 하였다. 해석프로그램으로는 MAIDAS 건축구조해석 프로그램을 사용하여 모델별 해석을 진행하였다. 그 결과 한계세장비 근사식으로 계산한 근사값과 구조해석 프로그램 해석 결과값과의 오차를 최소화하기 위한 건물의 적정규모는 다음과 같다. 아웃리저 설치 개수가 많을수록 오차를 줄일 수 있고, 코어의 비율은 20%~30%가 합리적이며, 기둥의 배치는 내부기둥 없이 외부기둥으로만 되어있는 형태가 적절한 것으로 나타났다.

Abstract To construct buildings on limited land, the size of the building is important. The development process needs to be minimized because determining the size of a structurally safe building at the planning stage incurs considerable time and cost. This study proposes the Limit Slenderness Ratio Approximation Equation. This study examined an outrigger structure system among several systems proposed for controlling the lateral displacement in tall buildings. This study compared the Limit Slenderness Ratio Approximation Equation with the approximate equation by changing the variables of the building model, and examined the size of the building using the approximate Equation. As an analysis program, the MAIDAS architectural structural analysis program was used to conduct model-specific analysis. The appropriate scale of the building to minimize the error between the approximate value calculated by the Limit Slenderness Ratio Approximation Equation and the analysis result of the structural analysis program is as follows. As the number of outrigger installation increases, the error can be reduced; the ratio of the cores is reasonable, from 20% to 30%, and the arrangement of the column is suitable only for the outer column without an internal column.

Keywords : Outrigger Structural System, Slenderness Ratio, Size of Building, High Rise, Schematic Design

*Corresponding Author : Hyun-Sang Choi(KOREA INSTITUTE of CIVIL ENGINEERING and BUILDING TECHNOLOGY)
email : hyunsang@kict.re.kr

Received July 12, 2019

Accepted November 1, 2019

Revised September 25, 2019

Published November 30, 2019

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 도시화로 인구집중이 지속되고, 도시 과밀화로 인한 대지 부족 현상, 지가 상승 등의 문제가 발생하여, 그에 대한 대안 중 하나로, 초고층건축물에 대한 요구가 증가하고 있다. 한정된 대지에 건물을 짓기 위해서, 건물의 합리적인 규모설정이 필요하다. 계획단계에서 구조적으로 안전한 건물의 규모를 파악하기에는 많은 시간과 비용이 들기 때문에, 이러한 과정을 최소화 할 필요가 있다. 초고층건물에 있어서 수평하중에 의한 변위제어는 구조물의 안정성과 사용성 확보를 위해서 매우 중요하다. 효율적인 수평변위 제어를 위해 여러 시스템이 제안되었고 지금까지 연구가 계속되고 있다. 그 중에 아웃리거 시스템은 최근 많이 사용되고 있는 대표적인 수평하중 저항시스템이다. 대표적인 국의 논문으로, 단일 아웃리거의 최적위치를 최상층(L)으로부터 0.455L로 제시한 연구와 [1], 2개 아웃리거를 설치하는 경우 최상층(L)으로부터 0.312L 및 0.685L를 최적위치로 제시한 연구가 있다[2]. 국내에서는 해석 프로그램을 사용하여 구조물의 수평변위를 최소화할 수 있는 아웃리거 최적 위치를 구하기 위한 연구가 있으며[3], 단일 아웃리거, 이중 아웃리거 및 n개의 아웃리거가 최적위치에 설치된 건물에 대해서 세장비를 고려하여, 건물의 한계세장비를 계산할 수 있는 근사식을 제안한 연구가 있다[4, 5]. 지금까지 아웃리거의 최적위치를 찾기 위한 연구는 많이 진행되었으나, 건물의 세장비를 동시에 고려한 연구는 아직 초기단계이며, 부족한 상황이다. 본 연구는 한계세장비 근사식을 기본으로, 건물 모델의 변수를 변화시켜 해석프로그램을 이용한 결과 값을 근사식과 비교 검토하고, 근사식 활용을 위한 건물의 규모를 파악하고자한다. 그리고 해석프로그램을 사용하여 기본설계에서 진행하는 구조검토를 계획설계 단계에서 근사식을 갖고 간단하게 검토할 수 있도록 하는 것을 목적으로 하고 있다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 전단벽-골조구조에 아웃리거가 설치된 형태의 건물로 연구를 수행하였다. 근사식과 비교를 위한 모델의 높이는 200m, 300m이고, 세장비는 3~6사이에 있는 모델을 대상으로 검토한다. 단일 아웃리거 해석모델은 최상층으로부터 0.455L, 이중 아웃리거 모델은 0.312L 및 0.685L 위치에 아웃리거가 설치된 건물로 설정

하였고, BC2016규준을 적용한 MIDAS GEN 범용구조 해석프로그램을 이용하여 3차원 구조해석을 수행하였다.

2. 코어 아웃리거 시스템

2.1 아웃리거 시스템의 거동

아웃리거 시스템은 Fig. 1과 같이, 메인코어와 아웃리거로 구성이 된다. 메인 코어는 철골 가새 골조나 RC전단벽으로 구성되며, 주로 평면 가운데 위치하고 양옆으로 아웃리거가 연결되어 있다[6]. 기본적인 시스템의 구조적인 거동은 간단하다. 횡하중 작용 시 기둥에 고정된 아웃리거가 코어의 변형에 저항함으로써, 코어의 횡변형과 모멘트는 코어가 혼자서 하중에 저항하는 것 보다 더 작아진다. 외부 모멘트는 코어 자체의 휨 내력만이 아닌 아웃리거에 연결된 기둥의 인장, 압축에 의해서도 저항하는 것이다. 따라서 건물의 유효 층은 횡하중 작용방향 쪽 기둥의 인장력과 반대쪽 기둥의 압축력에 의해 수직 캔틸레버 거동을 할 때 증가된다.

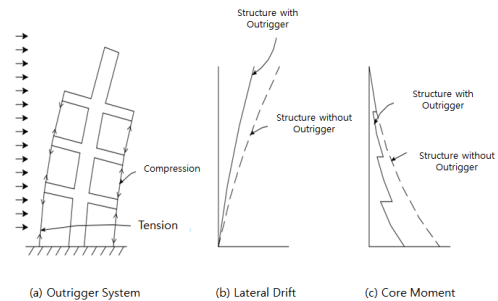


Fig. 1. Behaviour of outrigger system

2.2 아웃리거 시스템 한계세장비 근사식

등분포 하중을 받는 아웃리거 시스템의 횡변위 제한값을 만족하는 한계세장비 근사식의 일반식은 Eq. (3)과 같이 제안하고 있다[5].

$$\left(S' = \frac{1}{EI} + \frac{2r^2}{L^2(EA)_c}, S_1' = \frac{L}{r} \frac{1}{12(EI)_o} \right) \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \vdots \\ M_i \\ \vdots \\ M_n \end{bmatrix} = \frac{W}{6(EI)_c} \begin{bmatrix} S_1' + S(L-x_1) & S(L-x_2) & \vdots & S(L-x_i) & S(L-x_n) \\ S(L-x_2) & S_1' + S(L-x_2) & \ddots & S(L-x_i) & S(L-x_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ S(L-x_i) & S(L-x_i) & \vdots & S_1' + S(L-x_i) & S(L-x_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ S(L-x_n) & S(L-x_n) & \vdots & S(L-x_n) & \vdots \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\Delta' = \frac{WL^4}{8(EI)_c} - \frac{1}{2(EI)_c} \sum_{i=1}^n M_i' (L^2 - x_i^2) \leq LB \quad (3)$$

여기서,

W = Wind load per unit height

M_i = Restraining moment of i -th outrigger

C_r = Core ratio(Core area/Floor area)

C_t = Core Thickness

E = Modulus of elasticity of core

A = Area of column

L = Height of building (cantilever)

x_i = Distance from top floor to i -th outrigger location

d = Building width

I = The moment of inertia of the core

$$= \frac{(\sqrt{d^2 \times C_r})^4}{12} - \frac{(\sqrt{d^2 \times C_r} - 2C_t)^4}{12}$$

B = Limitation of the Maximum Lateral
(Ex : 1/400, 1/500)

3. 아웃리저 시스템의 해석 모델

3.1 해석모델의 일반

본 논문에서는 철근콘크리트 전단벽 코어와 철근콘크리트 골조로 이루어진 건물에 아웃리저 시스템을 적용한 모델을 대상으로, 높이별로 세장비 증가에 따라 횡변위의 증가를 살펴보고 근사식과 비교 분석한다. 구조해석은 단일 아웃리저와 이중 아웃리저를 설치한 모델을 기본모델로 하였다.

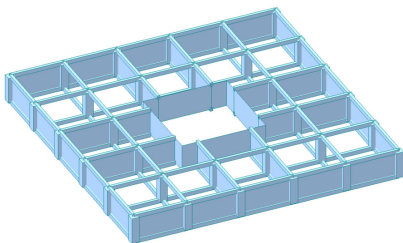


Fig. 2. Behaviour Example of installing Outrigger. (200m, Slenderness ratio5, 27th floor)

기본 해석 모델은 코어와 골조로 이루어져 있는 철근 콘크리트 건물구조이다. 건물의 용도는 일반 사무실 용도이며, 층고는 4m이다. 건물의 전체 높이는 200m, 300m 2종류이고, 높이별로 세장비를 3에서 6으로 0.5씩 증가시키면서 모델링하였다. Fig. 2와 같이 코어는 건물 평면 면적의 1/10로 설정하였고, 세장비가 증가하여도 코어의 비율은 일정하다. 모든 모델의 보 크기는 0.4m×0.6m로 동일하고, 코어 두께는 0.6m로 일정하다. 아웃리저는 전단벽 아웃리저로 설정하고, 단일 아웃리저 모델은 최상층으로부터 0.455L에 위치한 곳에 설치하였다. 이중 아웃리저 모델은 최상층으로부터 0.312L, 0.685L에 위치한 층에 설치하였다. 아웃리저는 1개 층에 벨트 월을 함께 적용하였다. 부재에 사용한 콘크리트강도는 60MPa이다. 기둥간격은 세장비가 증가하여도 8~10m범위 안에 포함되도록 설계하였고 기둥 크기는 KBC2016 규준을 적용하여 축력에 대해 설계한 단면적을 적용하였다.

3.2 모델의 변수 변화

3.1의 기본모델을 바탕으로 건물의 입력변수를 변화시켜 근사식과 비교하고, 오차를 최소화 할 수 있는 근사식에 적절한 형태를 찾는다.

3.2.1 아웃리저 설치 층수 변화

기본모델에 대해서는 아웃리저를 1개 층에 철근콘크리트 전단벽으로 설치하였고 일체화를 위해 벨트 월을 같이 적용하였다. 설치층수에 따른 거동을 비교하기 위해 설치 층수를 2개 층 설치, 3개 층 설치로 변화를 주었다.

3.2.2 코어비율 변화

기본모델의 코어면적 비율을 10%로 한 이유는 모델의 횡변위의 경향을 뚜렷하게 보기 위함이고, 실제 건물의 코어의 비율과는 차이가 있다. Table 1의 사례[7]에서 참고 할 수 있듯이, 코어의 비율은 평균적으로 약 20.7%이고, 국내 최고 높이의 롯데월드타워의 경우는 코어비율이 평면의 30%를 차지한다. 현실적으로 임대면적을 고려하여 코어비율이 최대 30%이상을 넘지 않도록 하고 있다. 본 논문에서 코어가 평면에서 차지하는 면적 비율을 10%에서 20%, 30%로 증가시켜 근사식과 비교하였다.

Table 1. Core ratio by building case

Building Name	No. of Floors	Core area (m ²)	Typical Floor area(m ²)	Core Ratio (%)
Tokyo Metropolitan Government Building(Japan)	48	245.8	3995.5	12.30
Citicorp Center (USA)	59	443.2	2266.8	19.55
At&T Corporate Center(USA)	60	585	3696	15.83
Landmark Tower (Japan)	70	1197.2	4000	29.93
1st. Interstate World Center (USA)	75	506.3	2136.8	23.69
Petronas Twin Tower(Malaysia)	88	529	2615	20.23
John Hancock Center(USA)	100	703	3716	18.92
World Trade Center(USA)	110	1008	4032	25.00
Average		652.2	3307.3	20.68

3.2.3 기둥배치 변화

기본모델의 기둥의 배치는 8~10m간격을 유지하도록 모델링 하였다. 그러나 근사식의 경우 외부 기둥에 축력이 발생하기 때문에 해석 모델과 오차가 생길 수 있다. 때문에 내부기둥을 없애고 외부기둥이 축력을 저항하도록 배치의 변화를 주어 근사식과 비교하였다.

4. 해석 수행 결과

4.1 해석개요

본 연구에서 그림 도표에 표시되는 근사식 값은 실선으로 나타내고, 수치 해석 값은 점으로 표시하였다. 점선으로 표시된 횡변위 값은 아웃리저가 미설치된 값과 설치된 값을 나타내었다. 해석모델의 횡변위 계산은 DL, LL, W 하중조합 중 가장 큰 값의 설계 하중으로 $1.2 \times DL + 1.3 \times W + 1.0 \times LL$ 의 하중조합을 적용한 결과 값으로 하였다.

이론식의 등분포 하중의 크기산정은 안전율을 고려함과 동시에, 계산의 편의를 위해 Fig. 3과 같이 가장 큰 설계풍압을 등분포하중으로 사용하였고, 해석모델의 하중조합과 마찬가지로 풍하중에 1.3배를 하여 이론식을 계산 하였다. 결과 그래프의 범례는 다음과 같이 표시한다.

범례의 (비고)란은 변수변화에 따른 모델에 대한 설명을 추가 할 때 사용한다.

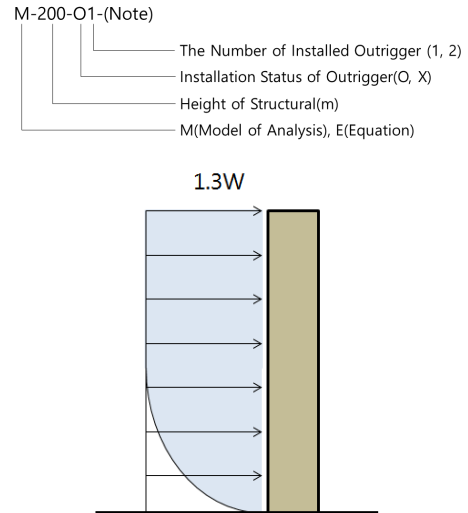


Fig. 3. Wind load conceptual diagram[5]

4.2 근사식과 기본모델과의 결과 값 비교

근사식은 캔틸레버 가정으로 인하여 모델해석의 결과 값과는 차이가 발생하기 때문에 기본모델의 해석 결과값과 근사식 값에 대해서 횡변위 오차에 대한 경향을 파악 하고자한다. 단일 아웃리저 모델의 횡변위 값에 대한 오차를 Table 2에 나타내었다. 횡변위 제한값의 위치에서 오차의 경우 약 10cm내외의 오차를 보이고 있다.

Table 2. Error of single outrigger model

S.R	200m (L/500=0.4m)		300m (L/500=0.6m)	
	Equation (m)	Error (m)	Equation (m)	Error (m)
3.0	0.13	0.030	0.31	0.011
3.5	0.18	0.005	0.45	0.042
4.0	0.25	0.007	0.60	0.112
4.5	0.33	0.046	0.79	0.203
5.0	0.43	0.107	1.01	0.350
5.5	0.54	0.145	1.26	0.399
6.0	0.67	0.250	1.55	0.618

4.3 구조시스템의 변수 변화에 따른 검토

4.3.1 아웃리저 설치층수에 따른 검토

단일 아웃리저 모델의 설치층수에 따른 변위를 검토하

기 위해 모델명을 기본 모델 범례에서 변화된 정보를 입력하여 다음과 같이 표시하였다. 아웃리저를 설치한 층수(Floor)에 따라 M-200-O1-1F, M-200-O1-2F, M-200-O1-3F로 표시하였다. Fig. 4, 5에서 3개의 층을 아웃리저로 적용한 M-200-O1-3F, M-300-O1-3F모델의 경우, 강성증가에 따라 기존의 1개 층 설치 모델보다 횡변위가 감소하였으며, 각각 평균 18%, 19%의 횡변위 감소 효과가 있었다. 그러나 1개 층, 이중 아웃리저를 설치한 M-200-O2, M-300-O2의 모델의 횡변위 감소효과가 각각 평균 23%, 28%인 것을 고려하면 설치층수를 증가하는 건 비효율적인 것을 알 수 있다. 아웃리저의 층분한 강성을 확보 할 수 있다면 이중 아웃리저를 계획하는 것이 근사식과의 오차를 줄이는데도 효과적이다.

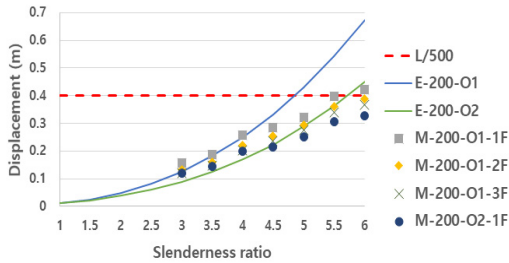


Fig. 4. Lateral displacement (200m)

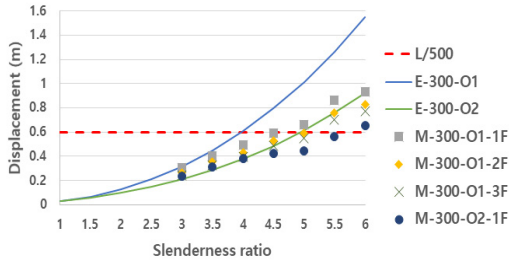


Fig. 5. Lateral displacement (300m)

4.3.2 코어비율에 따른 검토

건물 면적에서 코어가 차지하는 비율을 증가시킨 모델로 구성하고, 세장비증가에 따른 횡변위와 근사식의 변위를 비교한 그래프를 Fig. 6, Fig. 7에 나타내었다. Fig. 8, Fig. 9은 코어비율에 따라 근사식과의 오차를 나타내었다. 모델명의 범례는 코어(Core)정보를 추가한 M-500-O1-C10%의 형태로 나타내었다.

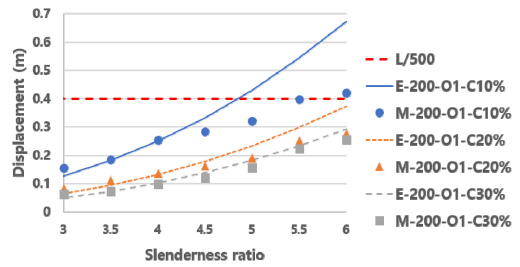


Fig. 6. Lateral displacement according to the core ratio (200m)

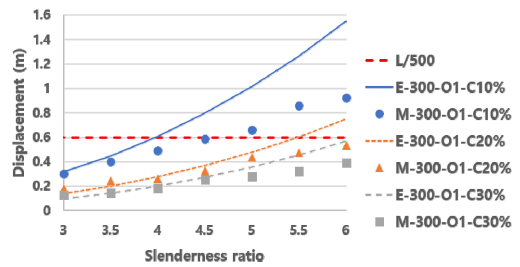


Fig. 7. Lateral displacement according to the core ratio (300m)

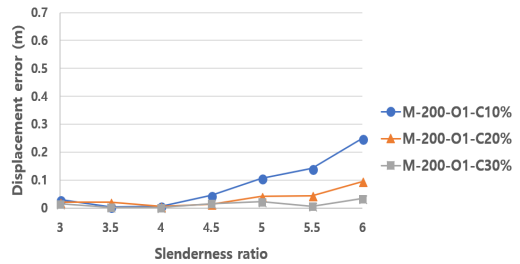


Fig. 8. Error of the proposed equation analysis value according to the core ratio (200m)

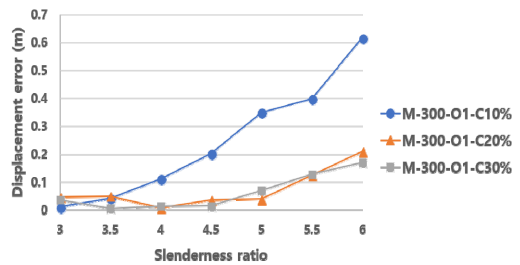


Fig. 9. Error of the proposed equation analysis value according to the core ratio (300m)

200m모델의 경우 코어비 20%모델과 30%모델은 코어비 10%에 비해 각각 횡변위가 평균 41%, 54%가 감소하였고, 횡변위 제한 값을 만족하는 한계세장비가 증가한 것을 알 수 있다. 300m모델은 코어비를 증가로 각각 평균 41%, 59%의 횡변위 감소 효과가 있었고 해석모델들은 세장비가 6까지 증가하여도 모두 횡변위 제한값을 만족하였다. 200m모델의 근사식과의 오차는 코어비가 증가할수록 감소하는 것을 확인 할 수 있고, 코어비 20%, 30%모델의 근사식과의 오차평균은 코어비 10%에 비해 각각 60%, 80%의 감소를 보였다.

300m모델의 근사식과의 오차는 코어비율별로 각각 평균 0.248m, 0.073m, 0.063m 차이가 났고, 코어비 증가로 20%모델과 30%모델은 10%모델에 비해 횡변위 오차를 70%, 75% 줄일 수 있었다.

근사식과의 오차를 줄이는 데에 코어의 비율이 중요 변수인 것을 알 수 있고, 현실적인 코어비율을 고려했을 때, 근사식에 사용하기 위한 초고층 건물의 코어비율은 20%~30%의 범위에 있는 것이 적절하다고 유추할 수 있다.

4.3.3 기둥배치를 고려한 검토

Fig. 10은 기둥의 배치에 따른 횡변위를 나타낸 그래프이며, 해석 모델의 범례는 기둥배치(Intercolumniation)을 고려하여 M-200-O1-IC라 표기하였다. 기본 모델 M-200-O1은 내부에 기둥이 있는 형태이고, M-200-O1-IC는 외부에만 기둥이 있는 배치형태이다.

Fig. 11에서 볼 수 있듯이, 내부에 있는 기둥이 가지는 횡변위 저항 때문에 세장비가 증가할수록 근사식과 오차가 커지는 것을 알 수 있다. 반면 외부 기둥만 있는 형태는 근사식의 단순화와 유사한 거동을 하기 때문에 오차가 줄어드는 것을 유추할 수 있다. Fig. 11의 오차를 보면, M-200-O1모델은 세장비 4부터 오차가 급격한 증가를 보이고 M-200-O1-IC의 오차는 0.1m를 넘지 않았다. 평균 오차는 M-200-O1-IC의 값이 30%의 감소효과가 있었다.

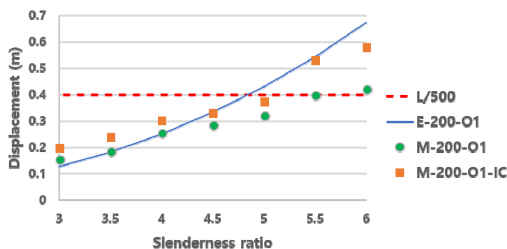


Fig. 10. Lateral displacement according to Intercolumniation (200m)

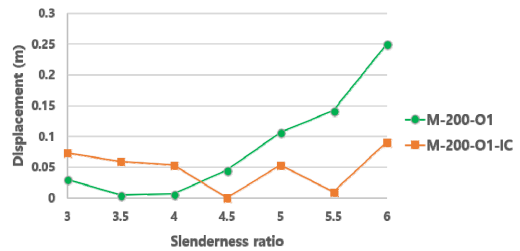


Fig. 11. Error of the proposed equation analysis value according to Intercolumniation (200m)

4.4 근사식 적용 적정규모 검토

본 장에서는 앞선 4.3장을 토대로 근사식 사용을 위해 초고층건물의 적정규모를 검토한다. 먼저 Table 2의 사례와 4.2의 내용에 따라 코어비율은 20%~30%범위가 적절하고, 기둥의 배치는 내부기둥이 없고 외부기둥이 축력에 저항하는 형태가 적절하다고 판단된다. 횡변위는 건물의 높이가 높을수록, 세장비가 클수록 증가하기 때문에 높이에 따라 아웃리저의 개수를 추가 할 필요가 있다.

위에서 언급한 적정규모에 대해서, 모델은 코어비 20%, 외부기둥배치, 단일 아웃리저, 이중 아웃리저를 적용하여 해석하였다. 근사식과 해석 모델을 비교한 그래프를 Figure 12~14에 나타내었다.

Fig. 12~14에서 근사식에 따른 E-200-O1의 한계세장비는 약 6.2, E-300-O1의 한계세장비는 약 5.5이고, 이중 아웃리저를 적용한 E-300-O2의 한계세장비는 약 6.25이다. 해석모델과의 한계세장비 차이는 1을 넘지 않고 0.5이하이다. 이는 Fig. 15에서 볼 수 있듯이, 세장비가 증가할수록 바닥면적은 제곱의 반비례로 감소하고, 인접 세장비별 차이는 점점 감소하고 근사식과 해석모델의 한계세장비의 오차는 세장비가 늘어날수록 줄어드는 것을 알 수 있다.

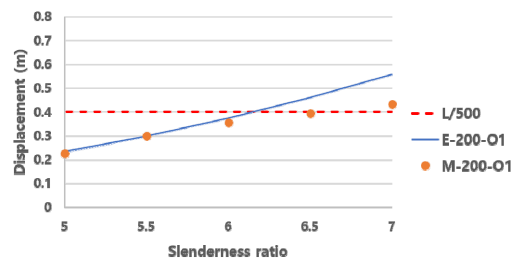


Fig. 12. Lateral displacement of single outrigger model (200m)

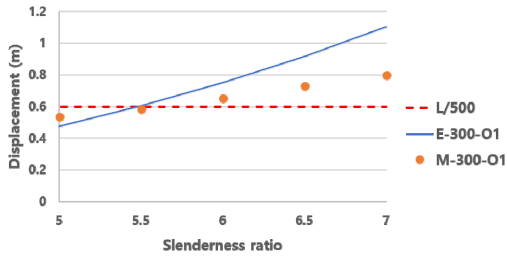


Fig. 13. Lateral displacement of single outrigger model (300m)

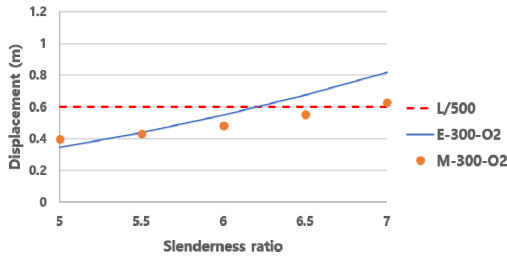


Fig. 14. Lateral displacement of double outrigger model (300m)

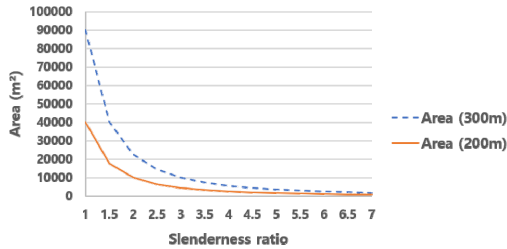


Fig. 15. Floor area according to slenderness ratio

Table 3. Error of appropriate scale model

S.R	200m (L/500=0.4m)			300m (L/500=0.6m)		
	Eq. (m)	MIDAS (m)	Error (m)	Eq. (m)	MIDAS (m)	Error (m)
3.0	0.063	0.107	0.044	0.137	0.276	0.139
3.5	0.093	0.135	0.042	0.198	0.335	0.137
4.0	0.131	0.162	0.031	0.275	0.377	0.102
4.5	0.177	0.192	0.015	0.366	0.453	0.087
5.0	0.233	0.227	0.006	0.475	0.537	0.062
5.5	0.298	0.302	0.004	0.602	0.585	0.017
6.0	0.373	0.358	0.015	0.748	0.654	0.094
6.5	0.459	0.400	0.063	0.91	0.730	0.184
7.0	0.557	0.434	0.123	1.10	0.800	0.301

Table 3는 Fig. 12, Fig. 13의 오차를 나타낸 표이다. 횡변위 제한값을 만족하는 한계세장비에 인접한 오차값을 보면, 오차는 2cm이하의 값을 가지는 것으로 나타났다. 근사식과 해석프로그램간의 오차는 필연적이지만, 제시된 모델의 적정규모를 근사식에 적용할 경우, 한계세장비에서의 오차를 감소시킬 수 있다고 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 한계세장비 근사식 활용을 위해, 해석 프로그램 사용 결과값과 오차를 최소화할 수 있는 건물의 규모를 제시하였다. 구조해석 프로그램을 사용한 결과값과 근사식으로 계산한 근사값을 분석하여 나온 결과를 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (1) 해석 모델의 변수 변화 중, 설치 층 수 증가는 아웃리저의 설치 개수와 코어의 비율증가에 비해 효과적이지 못했다.
- (2) 한계세장비 근사식으로 계산한 근사값이 구조해석 프로그램 해석 결과값과의 오차를 최소화하기 위한 건물의 적정규모는, 아웃리저 설치 개수가 많을수록 오차를 줄일 수 있고, 코어의 비율은 20%~30%가 합리적이며, 기둥의 배치는 내부기둥 없이 외부기둥으로만 되어있는 형태가 적절하다.
- (3) 적정규모 조건 범위 내에서 설정한 모델의 결과를 보면, 200m, 300m의 모델 모두 건물의 횡변위 제한값에 인접한 한계세장비에서의 오차는 2cm 이하의 값을 가졌다. 세장비가 낮은 모델의 경우에도, 200m모델은 최대 5cm, 300m모델은 최대 15cm를 넘지 않았다.
- (4) 한계세장비 근사식은 건물의 계획설계 단계에서 한정된 면적에 최적의 건물 세장비를 찾는 데 유용한 수단으로 사용할 수 있다. 그리고 논문에서 제안하는 적정규모 조건을 적용한다면, 계획설계 다음단계인 기본설계에서 수행하는 건물의 구조계획 및 검토 작업을 약식으로 고려하여 계획설계에 도움을 줄 수 있으며, 초기 설계 시 소요되는 시간 및 비용을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] Taranath, B. S., "Optimum Belt Truss Location for High-Rise Structures", *Structural Engineer*, Vol. 53, No. 8, Aug. 1975
- [2] McNabb, J. W., and Muvdi, B. B., "Drift Reduction Factors for Belt High-Rise Structures", *Engineering Journal, American Institute of Steel Construction*, Vol. 12, pp. 88-91, 3rd Quarter, 1975.
- [3] D. J. Jung, "Optimum Outrigger Locations for Outrigger Braced Structures with Stiffness Varying Linearly along the Height", *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, Vol. 15, No. 2, pp. 55-62, 1999.
- [4] J. K. Yang, Y. J. Lee, S. S. Park, "Study on the Limit Slenderness of a Single Outrigger System Building Satisfied the Limitation of the Maximum Lateral", *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, Vol. 33, No. 1, pp. 57-64, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5659/iaik.sc.2017.33.1.57>
- [5] J. K. Yang, H. G. Kang, S. S. Park, "Study on the Limit Slenderness of a Double Outrigger System", *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, Vol. 34, No. 3, pp. 11-18, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.5659/IAIK.SC.2018.34.3.11>
- [6] E. S. Lee, *Structural optimization of high-rise buildings with design variable sectional properties of shear wall-column-outriggers and outrigger locations*, Master's thesis, Yonsei University, Seoul, Korea, pp. 9, 2011.
- [7] I. K. Kim, *Study on the core system of tall buildings*, Master's thesis, Yonsei University, Seoul, Korea, pp. 48, 2003.

최 현 상(Hyun-Sang Choi)

[정회원]



- 1996년 2월 : 경북대학교 토목공학과 (공학사)
- 1998년 2월 : 경북대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2002년 2월 : 경북대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2002년 12월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>

BIM, GIS, 실내정보, 3D 모델링

양 재 광(Jae-Kwnag Yang)

[정회원]



- 2014년 2월 : 경북대학교 건축공학과 (공학사)
- 2018년 8월 : 부산대학교 대학원 건축공학과 (석박통합과정 공학박사)
- 2019년 2월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 박사후 연구원

<관심분야>

건축구조, 구조해석