

## 초고층 오프셋 아웃리저 구조의 최적 위치에 대한 수정제안

김형기<sup>1\*</sup>

# Modified Proposal for Optimal Location of Offset Outrigger System in High-rise Building

Hyong-Kee Kim<sup>1\*</sup>

**Abstract:** This research aimed to propose the more proper equation than the leading and existing equations to predict the optimum location of offset outrigger. In this study, a 79 existing models of offset outrigger system were examined. And the key factors in the existing offset outrigger models were the stiffness of shear wall and offset outrigger system, the stiffness of exterior column connected in offset outrigger, the frame stiffness, the ratios of lateral stiffness of frame in shear wall-frame structures, and all that. This paper proposed the modified equation of predicting the optimal location of offset outrigger system. Additionally, the findings of this study provided the important structure engineering materials of the optimal offset outrigger position in tall building.

**Keywords:** Offset outrigger system, Optimal location, Ratio of lateral stiffness of frame

## 1. 서론

초고층 건물은 일반적으로 세장비가 5 이상으로 풍하중이나 지진하중과 같은 수평하중에 대하여 매우 민감하게 반응하기 때문에 대상 건물의 적절한 수평강성을 확보하는데 필요한 구조시스템을 선택하는 것이 초고층 건물에 대한 구조설계에서 가장 핵심적인 사항이다. 초고층 건물에 채택되는 여러 가지 수평하중 저항 구조시스템들 가운데서 기둥과 보로 만들어진 골조와 건물의 코어에 설치된 전단벽으로 구성된 구조시스템의 일부 층에 전단벽과 외곽 기둥을 연결시킨 아웃리저를 설치하는 아웃리저 구조시스템이 초고층 건물 구조설계에 채택되는 경우가 최근에 늘어나고 있다. 초고층 아웃리저 구조시스템을 설계할 때에 구조평면상으로 위치가 코어 아웃리저 구조와 상이한 오프셋 아웃리저 구조에서도 설계대상 건물의 수평강성이 최대가 되게 하는 아웃리저 구조시스템의 최적위치를 파악하는 것이 가장 필수적인 사항이다. 최근에 저자의 연구논문(Kim, 2019c)에서는 기존의 연구(Smith and Salim, 1981)에서는 고려되지 않은 아웃리저 구조에 직접적으로 연결되지 않는 프레임에 대한 구조효과를 참

작한 오프셋 아웃리저 구조시스템의 최적위치를 발표하였다.

앞에서 언급한 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치에 대한 저자의 연구논문(Kim, 2019c)에서 분석한 해석모델은 프레임의 수평강성에 대한 고려가 충분히 반영되었다고 하기 어렵다. 본 연구에서는 보다 넓은 범위의 해석변수로 실시된 기존의 오프셋 아웃리저 구조에 대한 해석결과를 활용하여 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치에 대한 기존 제안식들의 적합 정도를 정량적으로 평가하고, 기존의 제안식보다 합리적이고 포괄적인 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치를 예측하는 방법을 제시하고자 한다.

## 2. 오프셋 아웃리저 구조의 해석모델

본 논문에서는 포괄적인 변수와 범위로 구성된 기존 79개의 오프셋 아웃리저 구조에 대한 해석모델(Kim, 2017a; Kim, 2017b; Kim, 2017c; Lee and Kim, 2018; Kim, 2019a; Kim, 2019b; Kim, 2019c)을 이용하여서 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치에 대한 기존 제안식의 적합여부를 재평가하고, 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치에 대한 보다 합리적이고 포괄적인 방법을 제시하고자 한다. 본 논문에 적용된 오프셋 아웃리저 구조에 대한 해석모델은 Table 1에 나타난 것과 같이 아웃리저 구조시스템을 구성하는 구조요소(전단벽, 아웃리

<sup>1</sup>정회원, 강원대학교 공학대학 건설융합학부 교수

\*Corresponding author: hyongkee@kangwon.ac.kr

Department of Architectural Engineering, Kangwon National University, 346 Joongang-ro, Samcheok, Gangwon-do, Korea

•본 논문에 대한 토의를 2020년 11월 30일까지 학회로 보내주시면 2020년 12월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

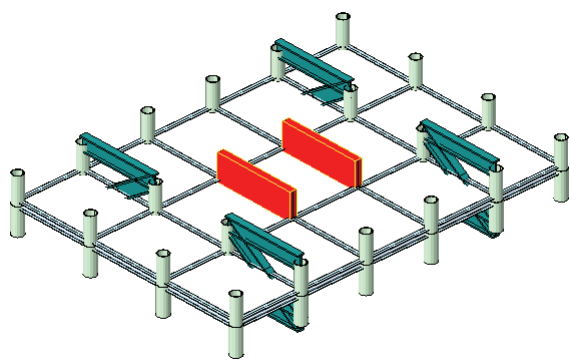
거, 아웃리거에 연결된 기둥, 아웃리거에 접합되지 않은 프레임)의 강성, 아웃리거의 평면상 위치 등을 주요한 변수로 채택하였다. 본 연구의 대상모델에 대한 구조평면은 Fig. 1과 Fig. 2에 표시한 해석모델 A는 X방향으로 5경간(1경간 10m)인

50m, Y방향으로 3경간(1경간 12m)인 36m이고, Fig. 3에 표시한 해석모델 B는 X방향으로 6경간(1경간 10.5m)인 63m, Y방향으로 3경간(1경간 15m)인 45m이며, Fig. 4에 표시한 해석모델 C는 X방향으로 5경간(1경간 12m)인 60m, Y방향으로 3

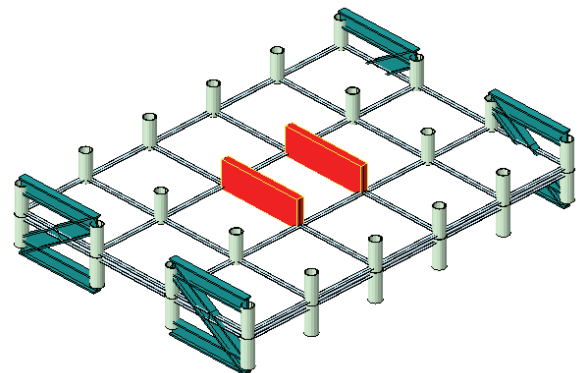
**Table 1** Leading factors of this research

Model name	Model numbers	Outrigger location in plan	Stiffness				Remarks
			Shear wall	Outrigger	Column linked in outrigger	Frame	
A	25	Outrigger systems locate 1 span distance from shear wall	0.1EI <sub>s</sub>	0.1EI <sub>o</sub>	0.1EA <sub>c</sub>	0.1EI <sub>f</sub>	-
			0.2EI <sub>s</sub>	0.2EI <sub>o</sub>	0.2EA <sub>c</sub>	0.2EI <sub>f</sub>	
			0.5EI <sub>s</sub>	0.5EI <sub>o</sub>	0.5EA <sub>c</sub>	0.5EI <sub>f</sub>	
			1.0EI <sub>s</sub> <sup>*1</sup>	1.0EI <sub>o</sub> <sup>*1</sup>	1.0EA <sub>c</sub> <sup>1</sup>	1.0EI <sub>f</sub> <sup>*1</sup>	
			2.0EI <sub>s</sub>	2.0EI <sub>o</sub>	2.0EA <sub>c</sub>	2.0EI <sub>f</sub>	
			5.0EI <sub>s</sub>	5.0EI <sub>o</sub>	5.0EA <sub>c</sub>	5.0EI <sub>f</sub>	
			10.0EI <sub>s</sub>	10.0EI <sub>o</sub>	10.0EA <sub>c</sub>	10.0EI <sub>f</sub>	
B	5	Outrigger systems locate 1 span distance from shear wall	0.1EI <sub>s</sub>	0.1EI <sub>o</sub>	0.1EA <sub>c</sub>	0.1EI <sub>f</sub>	Standard frame model
			0.2EI <sub>s</sub>	0.2EI <sub>o</sub>	0.2EA <sub>c</sub>	0.2EI <sub>f</sub>	
			0.5EI <sub>s</sub>	0.5EI <sub>o</sub>	0.5EA <sub>c</sub>	0.5EI <sub>f</sub>	
			1.0EI <sub>s</sub> <sup>*1</sup>	1.0EI <sub>o</sub> <sup>*1</sup>	1.0EA <sub>c</sub> <sup>1</sup>	1.0EI <sub>f</sub> <sup>*1</sup>	
			2.0EI <sub>s</sub>	2.0EI <sub>o</sub>	2.0EA <sub>c</sub>	2.0EI <sub>f</sub>	
			5.0EI <sub>s</sub>	5.0EI <sub>o</sub>	5.0EA <sub>c</sub>	5.0EI <sub>f</sub>	
			10.0EI <sub>s</sub>	10.0EI <sub>o</sub>	10.0EA <sub>c</sub>	10.0EI <sub>f</sub>	
C	19	Outrigger systems locate 1 span distance from shear wall	0.1EI <sub>s</sub>	0.1EI <sub>o</sub>	0.1EA <sub>c</sub>	0.1EI <sub>f</sub>	-
			0.2EI <sub>s</sub>	0.2EI <sub>o</sub>	0.2EA <sub>c</sub>	0.2EI <sub>f</sub>	
			0.5EI <sub>s</sub>	0.5EI <sub>o</sub>	0.5EA <sub>c</sub>	0.5EI <sub>f</sub>	
			1.0EI <sub>s</sub> <sup>*1</sup>	1.0EI <sub>o</sub> <sup>*1</sup>	1.0EA <sub>c</sub> <sup>1</sup>	1.0EI <sub>f</sub> <sup>*1</sup>	
			2.0EI <sub>s</sub>	2.0EI <sub>o</sub>	2.0EA <sub>c</sub>	2.0EI <sub>f</sub>	
			5.0EI <sub>s</sub>	5.0EI <sub>o</sub>	5.0EA <sub>c</sub>	5.0EI <sub>f</sub>	
			10.0EI <sub>s</sub>	10.0EI <sub>o</sub>	10.0EA <sub>c</sub>	10.0EI <sub>f</sub>	

(Note) <sup>\*1</sup>: basic model



**Fig. 1** Offset outrigger model that located 1 span distance from shear wall(A model)



**Fig. 2** Offset outrigger model that located 2 span distance from shear wall(A model)

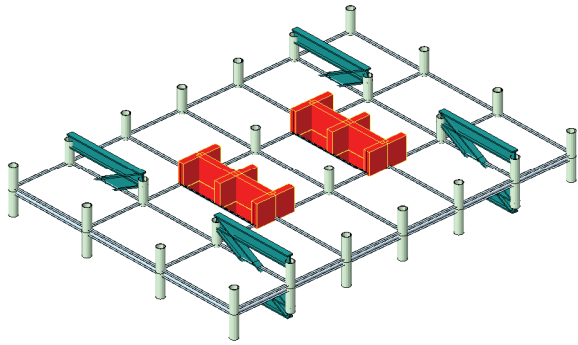


Fig. 3 Offset outrigger model(B model)

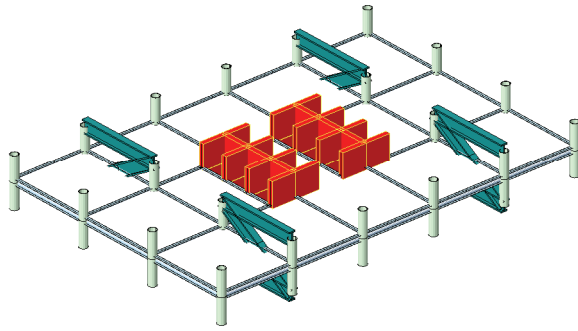


Fig. 4 Offset outrigger model(C model)

경간(1경간 13.5m)인 40.5m로 각각 구성되어 있다. 그리고 해석모델 A, 해석모델 B, 해석모델 C는 각각 80층, 80층, 70층으로 전체높이가 각각 320m, 320m, 280m로 이루어져 있다. 본 논문의 해석데이터는 구조평면상에서 대상건물의 코어에 위치한 전단벽으로부터 1경간 떨어져 있는 3개 모델(Fig. 1, Fig. 3, Fig. 4)과 전단벽으로부터 2경간 떨어져 있는 1개 모델(Fig. 2)로 구성되어 있다. 본 연구의 오프셋 아웃리거 구조의 해석 모델에 적용된 구조재료는 기둥이 STKN490B인 원형강관, 보와 아웃리거구조가 SM570인 H형강, 전단벽이 고강도 콘크리트( $f_{ck}=30\sim75\text{MPa}$ )이다.

본 논문에 채택된 해석모델에서 고려한 하중은 고정하중, 적재하중, 풍하중, 지진하중 등으로 구조설계는 KBC 구조설계기준(Architectural Institute of Korea, 2016)에 의거하였다. 특히 본 논문의 해석모델들에서 풍하중으로 인하여 건물의 최상층에 발생하는 수평변위에 대한 제한치는 건물의 전체높이의 1/400~1/500가 되도록 하였다. 본 연구의 오프셋 아웃리거 구조 해석모델에서 오프셋 아웃리거 구조의 최적위치를 찾기 위하여 대상 모델의 전 층에 걸쳐서 아웃리거 구조를 옮겨가면서 대상 오프셋 아웃리거 구조 모델의 최상층에서 발생하는 수평변위가 가장 작게 나타나는 아웃리거의 설치위치를 탐색하였다.

### 3. 오프셋 아웃리거 구조시스템의 최적위치에 대한 수정제안

본 논문에서는 오프셋 아웃리거 구조의 최적위치에 대한 79개 해석데이터를 활용하여 오프셋 아웃리거 구조의 최적위치를 예측하는 기존의 방법을 검토하였다. 그리고 오프셋 아웃리거 구조의 최적위치에 대한 기존 평가식의 적용범위를 벗어난 영역에서도 적용이 가능한 오프셋 아웃리거 구조의 최적위치를 예측하는 방법을 제안하였다.

#### 3.1 오프셋 아웃리거의 최적위치에 대한 기존 제안식

Smith와 Salim(Smith and Salim, 1981)은 아웃리거 구조의 최적위치를 다음에 나타낸  $\omega$ 라는 변수로 표현한 그래프를 이용하여 발표하였다.

$$(EI)_o = \left(1 + \frac{a}{b}\right)^3 (EI')_o \quad (1)$$

$$d/2 = a + b \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{2EI}{d^2 (EA)_c} \quad (3)$$

$$\beta = \frac{EI}{(EI)_o} \frac{d}{H} \quad (4)$$

$$\omega = \frac{\beta}{12(1 + \alpha)} \quad (5)$$

여기서,  $(EI)_o$ : 아웃리거 구조의 등가 휩강성,  $a$ : 전단벽 길이의 1/2,  $b$ : 아웃리거 구조의 길이,  $(EI')_o$ : 아웃리거 구조의 실제 휩강성,  $EI$ : 전단벽의 휩강성,  $(EA)_c$ : 아웃리거 구조에 접합된 기둥의 축강성

저자의 최근 논문(Kim, 2019b)에서는 Smith와 Salim(Smith and Salim, 1981)의 아웃리거 최적위치에 대한 그래프로부터 상기의  $\omega$ 를 변수로 회귀분석을 실시하여 아웃리거 구조시스템의 최적위치를 다음과 같이 나타내었다.

$$X_1/H = -0.55\omega + 0.445 \quad (6)$$

여기서,  $X_1$ : 대상건물의 최상층에서 아웃리거 구조의 최적위치까지 거리,  $H$ : 건물의 전체 높이

아웃리거 구조시스템의 최적위치에 대한 저자의 연구논문(Kim, 2019b)에서는 상기의 Smith 제안식은 아웃리거 구조의 모델링에서 아웃리거에 직접적으로 접속되지 않은 강성골조를 고려하지 않았기 때문에 오차를 발생시킨다고 하였다. 이

런 점을 고려하여 저자의 기존 논문(Kim, 2019b; Kim, 2019c)에서는 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치를 예측하는데 상기의 Smith의 회귀분석식을 활용하여 강성골조의 수평강성을 반영하였다. 강성골조의 수평강성을 산정하기 위하여 전단벽과 강성골조-전단벽 각각의 수평변위에 대한 대표값(x)과 수평강성에 대한 대표값(I)은 기존의 연구결과(Kim and Park, 2003)로부터 다음에 나타낸 것과 같이 정하였다.

$$x = \sqrt{\frac{\sum \phi_i^2}{N}} \quad (7)$$

$$I = \frac{1}{x} \quad (8)$$

여기서,  $\phi_i$ : 각 층에 발생한 수평변위, N: 건물의 층수

앞에서 설명한 것과 같이 구해진 결과로부터 강성골조에 대한 수평강성 대표값은 전단벽-강성골조에 대한 수평강성 대표값에서 전단벽의 수평강성 대표값을 제외하여 구하였다. 한편, 강성골조의 수평강성 비율( $SR_f$ )은 강성골조-전단벽에서의 수평강성 대표값에 대한 강성골조의 수평강성 대표값 비율로 규정하였다. 저자의 기존 논문(Kim, 2019c)에서는 이렇게 구해진 강성골조의 수평강성 비율( $SR_f$ )를 독립변수로 한 회귀분석을 실시하여 코어 아웃리저 구조시스템와 오프셋 아웃리저 구조시스템의 최적위치( $X_{pro}$ )를 각각 (9)식과 (10)식으로 유도하였다. 또한 저자의 기존 논문(Kim, 2019c)에서는 코어 아웃리저와 오프셋 아웃리저 사이에서 아웃리저 최적위치의 차이( $D_1$ )는  $\omega$ 을 변수로 한 회귀분석하여 아래와 같이 나타내었다.

$$X_{pro}/H = X_1/H + 0.434SR_f - 0.172 \quad (9)$$

$$X_{pro}/H = X_1/H + 0.434SR_f - 0.172 - D_1/H \quad (10)$$

$$D_1/H = -0.485\omega + 0.074 \quad (11)$$

여기서,  $SR_f$ : 강성골조-전단벽 구조시스템에서 강성골조의 수평강성 비율,  $X_1$ : Smith 제안식에서 대상건물의 최상층에서 아웃리저 구조의 최적위치까지의 거리,  $D_1$ : 코어 아웃리저와 오프셋 아웃리저의 최적위치 차이

### 3.2 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치를 예측하는 기존 제안식에 대한 평가

Fig. 5와 Fig. 6에 본 논문의 대상 해석 데이터에 대한  $\omega$ 와 강성골조의 수평강성 비율( $SR_f$ )의 분포를 각각 나타내었다.

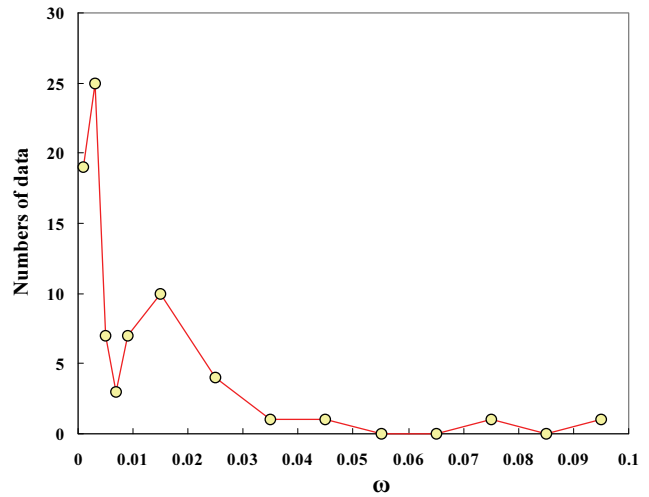


Fig. 5 Data distribution of analysis models according to  $\omega$

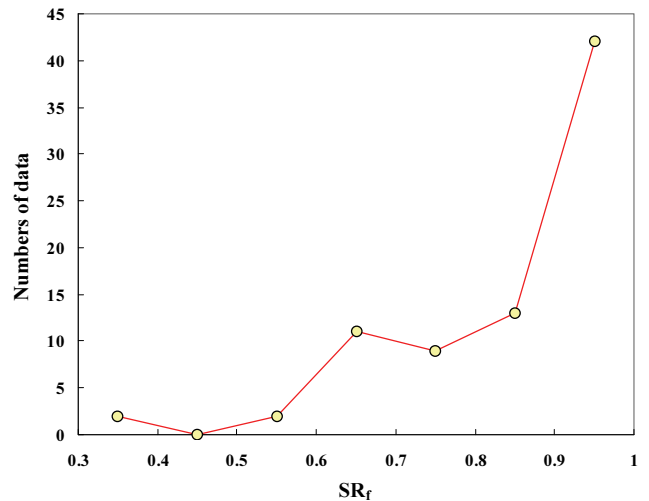


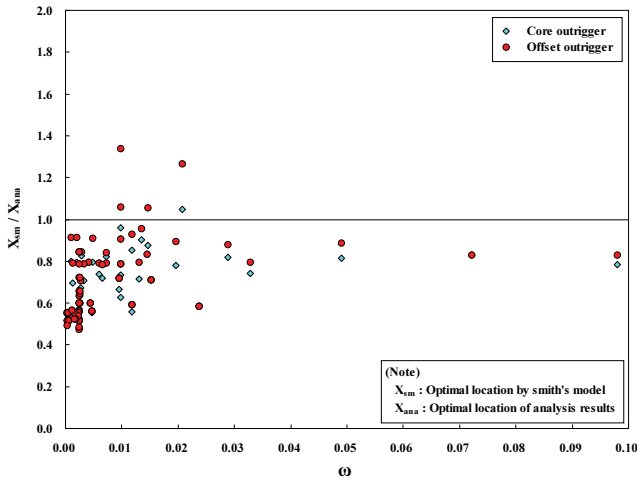
Fig. 6 Data distribution of analysis models according to  $SR_f$

Table 2, Fig. 7, Fig. 8에 본 논문의 대상 해석 데이터로부터 구한 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치( $X_{ana}$ )와 Smith 방법으로 산정한 최적위치( $X_{sm}$ )를 비교하였다. Smith의 방법은 Table 2를 보면 알 수 있는 것과 같이 최적 오프셋 아웃리저의 위치가 해석결과보다 29.8% 상부에 있는 결과로 나타났고 변동계수는 25.5%가 되었다. 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치에 대하여 해석과 Smith 방법의 결과를  $\omega$ 와 강성골조의 수평강성 비( $SR_f$ )에 따라서 비교한 Fig. 7과 Fig. 8을 보면 Smith 방법은 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치가 전체적으로 해석결과보다 건물의 상부에 위치한 결과를 보였고, 특히 강성골조의 수평강성 비율이 커질수록 건물의 상부에 위치하는 경향을 강하게 보였다.

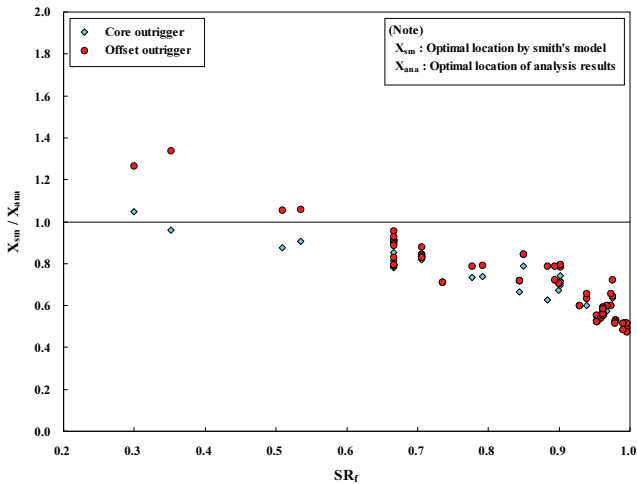
Table 3, Fig. 9, Fig. 10에 본 논문의 대상 해석 데이터로부터 구한 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치( $X_{ana}$ )와 기존에 저

**Table 2** Statistics of  $X_{sm}/X_{ana}$  by smith's model about optimal outrigger location

Outrigger kind	Numbers of model	Average	Coefficient of variation (%)
Core	54	0.696	19.8
Offset	79	0.702	25.5
Total	133	0.699	23.3



**Fig. 7** Comparison of analysis results and smith's model about optimal location of outrigger according to  $\omega$

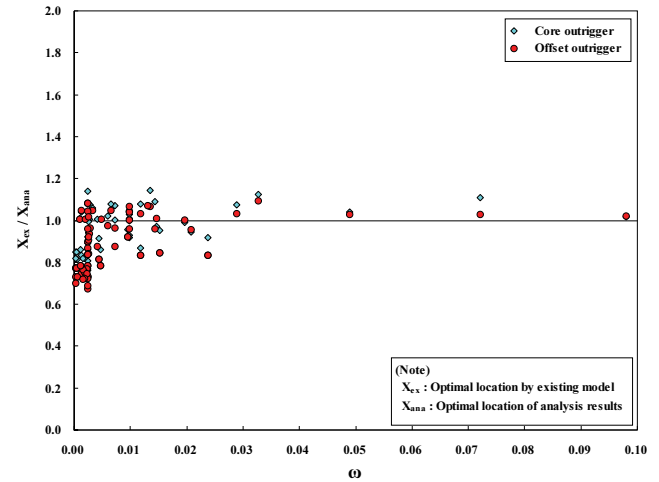


**Fig. 8** Comparison of analysis results and smith's model about optimal location of outrigger according to  $SR_f$

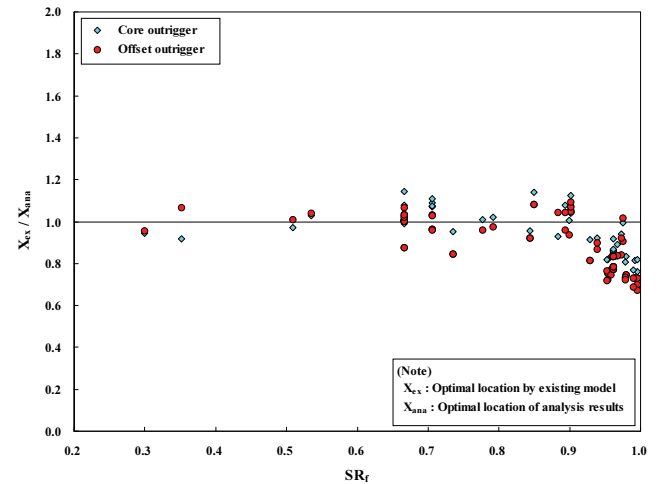
자의 제안방법(이하, 기존 방법)으로 산정한 최적위치( $X_{ex}$ )를 비교하였다. 기존의 방법은 Table 3에 나타난 것과 같이 오프셋 아웃리저의 최적위치가 해석결과와 비교하여 15.6% 상부에 위치하는 것으로 나타났고 변동계수는 14.2%이다. 또한 Table 3에서 분석대상이 되는 해석 모델 A, B, C 중에서 해석 모델 C만이 저자의 기존 방법을 제안할 때에 사용한 것이다.

**Table 3** Statistics of  $X_{ex}/X_{ana}$  by existing model about optimal outrigger location

Outrigger kind	Numbers of model	Average	Coefficient of variation (%)
Core(A, B)	35	0.941	12.4
Core(C)	19	1.007	4.9
Core(A, B, C)	54	0.964	10.7
Offset(A, B)	60	0.849	14.2
Offset(C)	19	0.995	5.5
Offset(A, B, C)	79	0.844	14.2
Total	133	0.917	13.4



**Fig. 9** Comparison of analysis results and existing model about optimal location of outrigger according to  $\omega$



**Fig. 10** Comparison of analysis results and existing model about optimal location of outrigger according to  $SR_f$

Table 3을 보면 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치에 대한 기존방법은 해석모델 C의 해석결과에 대해서는 상당히 정확한 평가를 나타냈지만, 해석모델 A와 B의 해석결과와 비교하면

**Table 4** Statistics of  $X_{ex}/X_{ana}$  by existing method about optimal offset outrigger location in case that  $SR_f$  is more than 0.9

Model numbers	Average	Coefficient of variation (%)
42	0.786	8.7

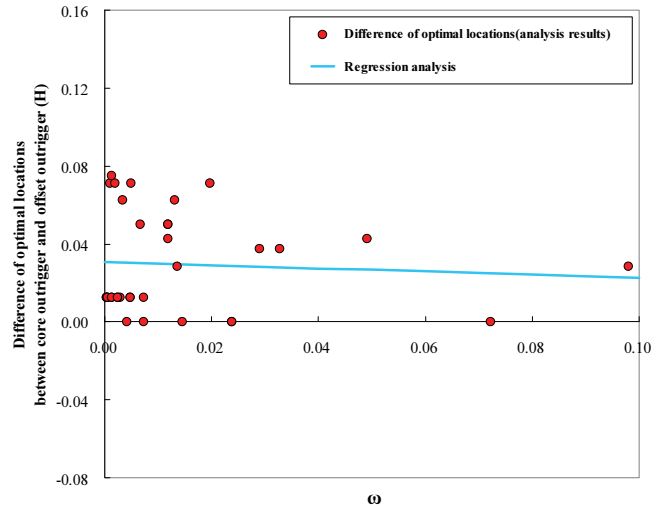
최적위치가 15.1% 상부에 있는 것으로 나타났고 변동계수도 14.2%로 높은 결과를 보였다. 최적 오프셋 아웃리저 구조의 위치에 대하여  $\omega$ 와 강성골조의 수평강성 비( $SR_f$ )에 따라서 해석과 기존 방법의 결과를 Fig. 9와 Fig. 10에서 각각 비교하였다. Fig. 9를 보면 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치는  $\omega$ 값의 대소에 따라서 차이를 보였고 특히  $\omega$ 값이 0.01보다 작은 경우에는 최적위치의 차이가 해석모델에 따라서 편차가 크게 나타났다. 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치에 대한 해석결과와 기존 제안식으로 산정한 결과를 강성골조의 수평강성 비율( $SR_f$ )에 따라서 비교한 Fig. 10에서는 강성골조의 수평강성 비율이 0.9 이하인 경우에는 두 결과가 비교적 정확하게 일치하였지만, 강성골조의 수평강성 비율이 0.9를 초과하는 경우에는 해석결과보다 건물의 위쪽에 현저하게 위치하는 결과를 보였다. Table 4를 보면 강성골조의 수평강성 비율이 0.9 이상인 42개 해석모델 A와 B에서 기존의 제안방법은 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치가 해석결과보다 21.4% 상부에 있는 것으로 평가하였다.

### 3.3 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치에 대한 수정제안

오프셋 아웃리저 구조의 최적위치를 예측한 기존의 방법은 강성골조에 대한 수평강성 비율이 0.9 이상이 되면 해석결과보다 21% 이상 위쪽에 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치가 있다는 평가를 보임에 따라 강성골조의 수평강성 비율에 따른 편차가 발생하지 않고 예측이 가능한 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치에 대한 제안방법이 요구된다. 기존의 저자 논문(Kim, 2019c)에 의하면 동일한 조건이라면 오프셋 아웃리저 구조와 코어 아웃리저 구조는 아웃리저의 구조적 차이 때문에 최적 아웃리저 구조의 위치도 차이가 있다고 지적하였다. 이에 본 논문에서는 Fig. 11에 나타난 것과 같이 아웃리저의 강성을 변수로 한 해석데이터를 이용하여 코어 아웃리저와 오프셋 아웃리저 사이에서 최적 아웃리저 구조의 위치 차이는  $\omega$ 를 변수로 하여 회귀분석하면 아래와 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$D_1/H = -0.08\omega + 0.031 \quad (12)$$

여기서,  $D_1$  : 코어 아웃리저 구조와 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치 차이



**Fig. 11** Comparison between the analysis results and the regression analysis equation about the differences of optimum location between core outrigger and offset outrigger

오프셋 아웃리저 구조의 최적위치에 강성골조의 수평강성에 대한 영향을 고려하기 위하여 기존 연구에서 반영되지 않은 강성골조의 수평강성 비율이 0.9 이상인 해석데이터를 비롯한 79개의 해석데이터가 사용되었다. 강성골조의 수평강성에 대한 영향을 고려하기 위하여 저자의 기존연구(Kim, 2019c)와 마찬가지로 강성골조의 수평강성 비율( $SR_f$ )이 적용되었다. 결과적으로 코어 아웃리저 구조와 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치( $X_{pro}$ )는 79개의 해석데이터를 대상으로 하여 앞에서 언급한 강성골조의 수평강성 비율( $SR_f$ )을 변수로 설정한 회귀분석을 통하여 아래와 같이 유도되었다.

$$X_{pro}/H = X_1/H + 0.773SR_f - 0.409 \quad (13)$$

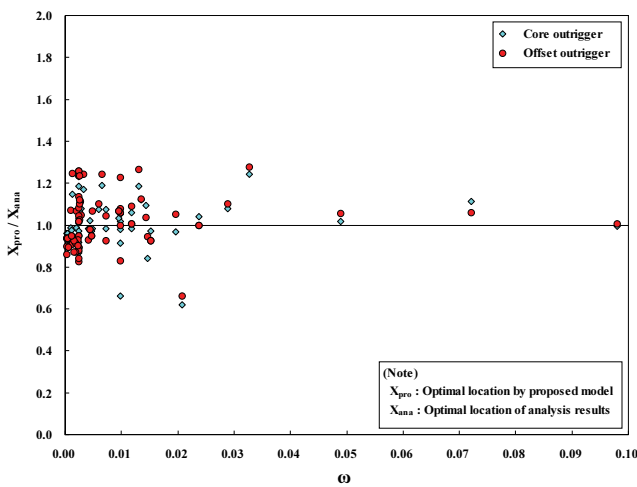
$$X_{pro}/H = X_1/H + 0.773SR_f - 0.409 - D_1/H \quad (14)$$

여기서,  $SR_f$  : 강성골조-전단벽 구조에서 강성골조의 수평강성 비율,  $X_1$  : 대상건물의 최상층에서부터 아웃리저 구조의 최적위치까지 거리(Smith 제안식)

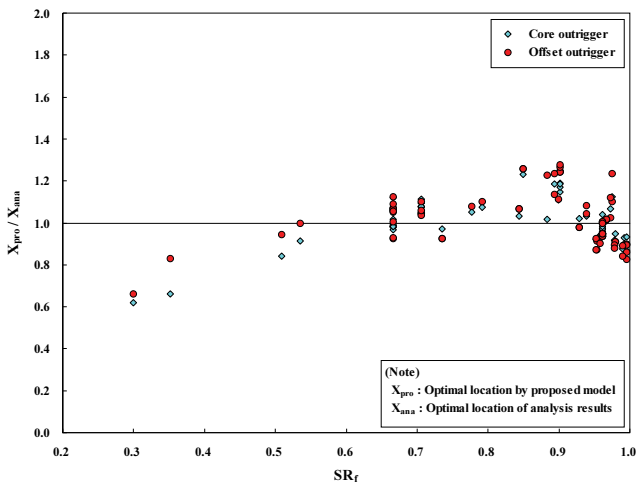
Table 5에서 분석대상인 79개 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치에 대한 해석의 결과를 본 연구의 제안방법으로 구한 최적위치와 비교하였다. Table 5를 보면 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치에 대하여 본 연구의 제안방법은 Smith나 기존 저자의 제안방법과 비교하여 정확하게 예측하였다. 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치에 대한 79개의 해석 결과와 본 논문의 제안방법으로 구한 최적위치를  $\omega$ 와 강성골조의 수평강성 비( $SR_f$ )값에 따라서 비교한 Fig. 12와 Fig. 13을 보면 기존의 제안방법들보다 본 연구의 제안방법은 오프셋 아웃리저

**Table 5** Statistics of  $X_{pro}/X_{ana}$  by proposed model about optimal outrigger location

Outrigger kind	Numbers of model	Average	Coefficient of variation (%)
Core(A, B)	35	1.033	10.0
Core(C)	19	0.966	13.6
Core(A, B, C)	54	1.010	11.6
Offset(A, B)	60	1.008	12.4
Offset(C)	19	1.021	12.1
Offset(A, B, C)	79	1.011	12.3
Total	133	1.011	12.0



**Fig. 12** Comparison of analysis results and proposed model about optimal location of outrigger according to  $\omega$



**Fig. 13** Comparison of analysis results and proposed model about optimal location of outrigger according to  $SR_f$

**Table 6** Statistics of  $X_{sm}/X_{ana}$ ,  $X_{ex}/X_{ana}$  and  $X_{pro}/X_{ana}$  by smith's method, existing method and proposed method about optimal offset outrigger location in case that  $SR_f$  is more than 0.9

Method	Model numbers	Average	Coefficient of variation (%)
Smith	42	0.563	9.1
Existing	42	0.786	8.7
Proposed	42	0.954	8.5

구조의 최적위치를  $\omega$ 와 강성골조의 수평강성 비율( $SR_f$ )의 증감에 따른 편차 없이 정확하게 예측하였다. Table 6에 볼 수 있는 것과 같이 강성골조의 수평강성 비율이 0.9 이상이 되는 42개 오프셋 아웃리거 구조의 해석모델 A와 B에 대한 최적위치의 해석결과와 비교하면 저자의 기존 제안방법은 21.4% 상부에 위치하는 것으로 나타났지만, 본 연구의 제안방법은 해석결과보다 4.6% 상부에 위치하는 결과를 보임으로서 강성골조의 수평강성 비율의 크기에 따른 차이를 나타내는 것 없이 보다 포괄적이고 정확하게 오프셋 아웃리거 구조의 최적위치를 예측하였다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 보다 적절한 오프셋 아웃리거 구조의 최적 위치를 제시할 목적으로 아웃리거 구조에 직접적으로 접합되지 않은 프레임의 수평강성 등이 해석변수로 채택된 오프셋 아웃리거 구조의 해석모델을 대상한 구조 해석의 결과를 분석하여 아래와 결론을 도출하였다.

- 1) 오프셋 아웃리거 구조의 최적위치를 예측함에 있어서 강성골조의 수평강성 비율이 0.9 이상이 되는 경우에는 Smith 방법과 저자가 제안한 기존의 방법은 해석결과와 비교하여 44%와 21% 상부에 있는 결과를 보였다.
- 2) 본 연구에서는 기존의 방법들과 비교하여 건물의 상하에 대한 편차가 없음은 물론 강성골조의 수평강성 비율에 관계없이 합리적이고 포괄적인 오프셋 아웃리거 구조의 최적 위치를 예측하는 방법을 제시하였다.

#### References

1. Architectural Institute of Korea. (2016). Korean Building Code-Structural (in Korean).
2. Kim, H. (2017a). Effect of Shear Wall Stiffness on Optimal Location of Outrigger in Offset Outrigger System of High-rise

- Building, *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, 19(3), 95-102 (in Korean).
3. Kim, H. (2017b). Analysis on Effect of Frame Stiffness on Optimum Outrigger Position in High-rise Offset Outrigger System, *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, 19(4), 121-128 (in Korean).
  4. Kim, H. (2017c). Investigation of Optimal Outrigger Location of High-rise Offset Outrigger System, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 21(6), 16-24 (in Korean).
  5. Kim, H. (2019a). Effect of Shear Wall Stiffness on Optimal Location of Core and Offset Outrigger Considering Floor Diaphragm, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 23(5), 37-47 (in Korean).
  6. Kim, H. (2019b). Proposal for Optimal Outrigger Location Considering Stiffness of Frame, *Journal of Architectural Institute of Korea*, 35(9), 183-190 (in Korean).
  7. Kim, H. (2019c). Proposal for Optimal Position of Offset Outrigger, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 23(6), 84-91 (in Korean).
  8. Kim, J., Park, Y. (2003). The Structural Design of High-rise Building, *International Seminar of Tall Buildings and Urban Habitat*, Architectural Institute of Korea, 64-74 (in Korean).
  9. Lee, S., Kim, H. (2018). Structural Analysis for Determination of Optimal Outrigger Location in Core and Offset Outrigger System, *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, 20(5), 45-52 (in Korean).
  10. Midas IT. (2018). MIDAS GEN, Analysis & Design.
  11. Smith, B., Salim, I. (1981). Parameter Study of Outrigger-braced Tall Building Structures, *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, 107(10), 2001-2014.

Received : 07/25/2020

Revised : 09/25/2020

Accepted : 09/25/2020

---

**요 지** : 본 연구는 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치를 예측하는 대표적인 기존식보다 적절한 식을 제안하는데 목적이 있다. 이 연구에서는 79개 기존 오프셋 아웃리저 구조의 해석모델을 검토하였다. 그리고 기존 오프셋 아웃리저 모델에서의 주요한 변수는 전단벽과 오프셋 아웃리저의 강성, 오프셋 아웃리저에 연결된 외곽기둥의 강성, 프레임의 강성, 전단벽-프레임 구조에서 프레임의 수평강성비 등이다. 본 논문은 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치를 예측하는 방법을 수정하여 제안하였다. 또한 본 연구의 결과는 초고층 오프셋 아웃리저 구조의 최적위치에 대한 중요한 구조공학자료를 제공한다.

**핵심용어** : 오프셋 아웃리저 시스템, 최적위치, 프레임의 수평강성비

---