

실동하중에 의한 강관 비계의 구조안전성 평가 사례 연구

은총기 · 채원규 · 김광일* · 손영현** · 홍성욱***

신구대학 · 한양대학교* · (주)CSM** · 한림정보산업대학***

1. 서 론

최근 건축물의 초고층화와 더불어 공기단축 등의 요구에 의해 건설자재에 대한 구조적 안전성과 효율성에 대한 정립화가 요구되고 있으며, 특히 가설공사에 사용되는 건설자재는 구조적인 안전성이 인명 재해와 연관되므로 매우 중요하다. 본 연구에서는 가설공사에 많이 사용되는 건설자재인 강관 비계에 대한 구조안전성 평가를 사례로 고찰하여 앞으로 수행되는 가설자재의 구조안전도 평가에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 구조해석

2.1. 개요

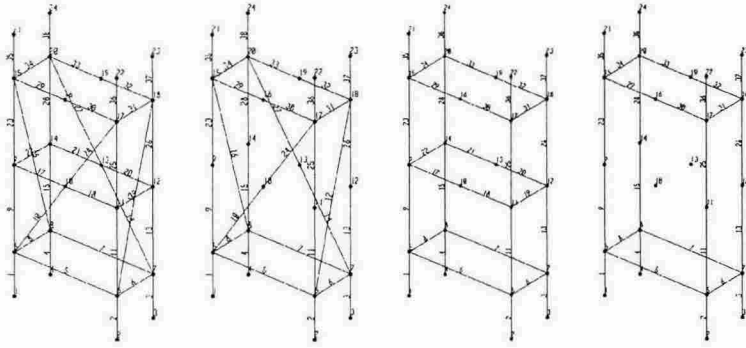
본 연구에서는 강관 비계의 하중재하 형태, 수평부재의 간격, 사재의 유무에 따른 구조적 거동을 파악하기 여러 종류의 강관 비계 모델에 대하여 구조해석을 수행하였다. 구조해석은 범용 구조해석 프로그램인 SAP2000을 사용하였다.

2.2. 강관 비계에 대한 모델링

본 연구에서 사용한 구조해석 모델은 외경이 5cm, 내경이 4.6cm, 두께 0.2cm인 강관 파이프를 사용한 강관 비계로 하였다. 구조해석 모델은 수직부재 4곳에 절점하중을 작용시킨 A시리즈 모델과 수평부재 2곳에 부재하중으로 하중을 재하시킨 B시리즈 모델로 크게 구분하고, 수평부재의 간격과 사재의 유무에 따라 모델들을 세분화하였다. 구조해석에 사용한 강관 비계 모델들을 표 1과 그림 1에 각각 나타내었다.

표 1. 구조해석 모델.

모델명	폭 [m]	길이 [m]	수평부재 간격 [m]	수평부재 개수	수직부재 높이 [m]	하중형태	사재 유무
A1	0.5	1.2	0.9	3	2.7	절점하중	유
A2	0.5	1.2	1.8	2	2.7	절점하중	유
A3	0.5	1.2	0.9	3	2.7	절점하중	무
A4	0.5	1.2	1.8	2	2.7	절점하중	무
B1	0.5	1.2	0.9	3	2.7	부재하중	유
B2	0.5	1.2	1.8	2	2.7	부재하중	유
B3	0.5	1.2	0.9	3	2.7	부재하중	무
B4	0.5	1.2	1.8	2	2.7	부재하중	무

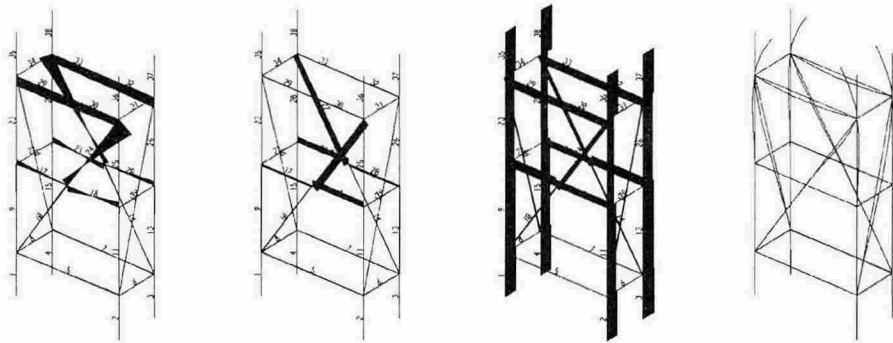


(a) 모델 A1, B1 (b) 모델 A2, B2 (c) 모델 A3, B3 (d) 모델 A4, B4

그림 1. 구조해석 모델(절점번호 및 부재번호).

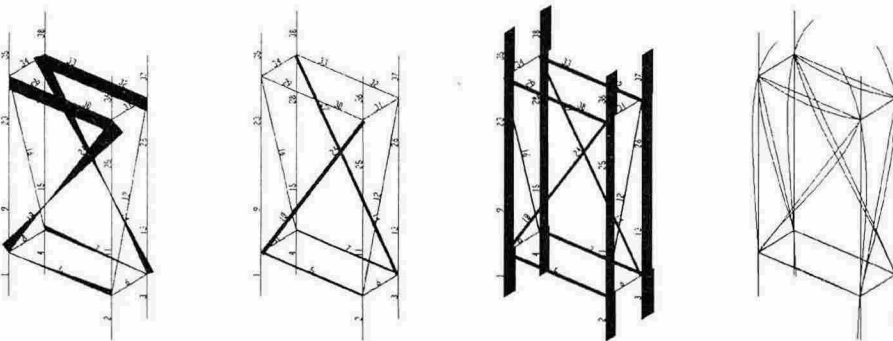
2.3. 구조해석 결과

본 연구에서는 각 모델들에 대하여 구조해석을 수행하였으며, 구조해석 결과인 휨모멘트도, 전단력도, 축방향력도 및 변위도를 그림 2~그림 9에 각각 나타내었다.



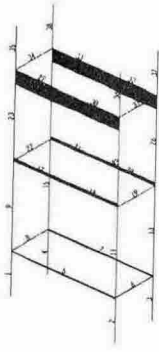
(a) 휨모멘트도 (b) 전단력도 (c) 축방향력도 (d) 변위도

그림 2. 모델 A1의 구조해석 결과.

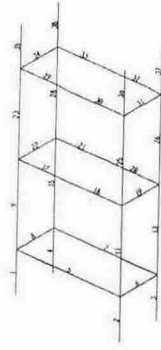


(a) 휨모멘트도 (b) 전단력도 (c) 축방향력도 (d) 변위도

그림 3. 모델 A2의 구조해석 결과.



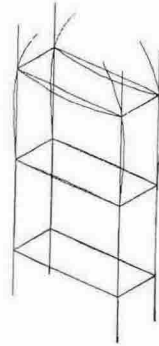
(a) 휨모멘트도



(b) 전단력도

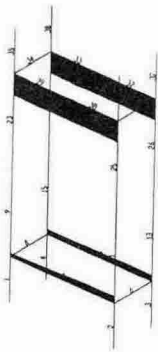


(c) 축방향력도

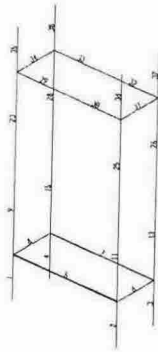


(d) 변위도

그림 4. 모델 A3의 구조해석 결과.



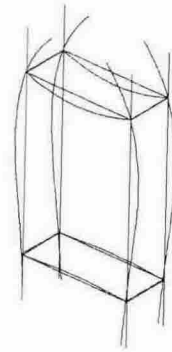
(a) 휨모멘트도



(b) 전단력도

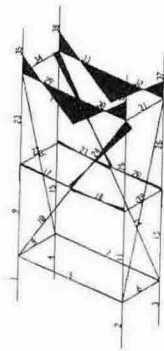


(c) 축방향력도

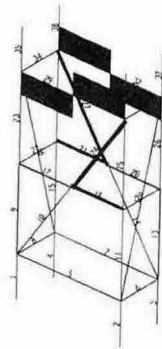


(d) 변위도

그림 5. 모델 A4의 구조해석 결과.



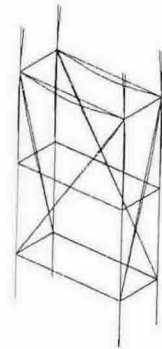
(a) 휨모멘트도



(b) 전단력도

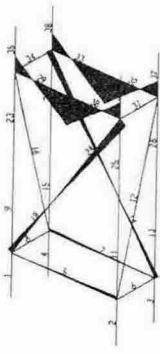


(c) 축방향력도

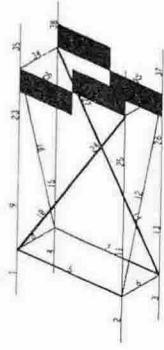


(d) 변위도

그림 6. 모델 B1의 구조해석 결과.



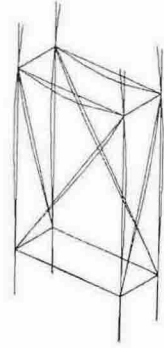
(a) 휨모멘트도



(b) 전단력도



(c) 축방향력도

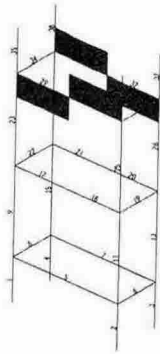


(d) 변위도

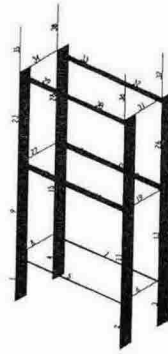
그림 7. 모델 B2의 구조해석 결과.



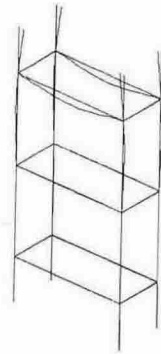
(a) 휨모멘트도



(b) 전단력도

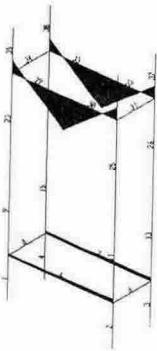


(c) 축방향력도

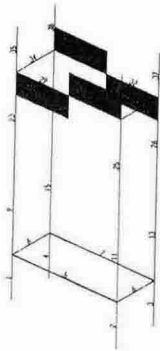


(d) 변위도

그림 8. 모델 B3의 구조해석 결과.



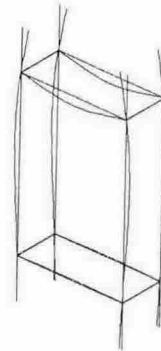
(a) 휨모멘트도



(b) 전단력도



(c) 축방향력도



(d) 변위도

그림 9. 모델 B4의 구조해석 결과.

3. 안전성 평가 및 고찰

3.1. 휨모멘트, 전단력, 축방향력

그림 2~그림 9까지의 구조해석 결과 중 강관 비계에 작용하는 최대 휨모멘트, 최대 전단력 및 최대 축방향력값을 표 2에 정리하여 나타내었다.

표 2. 최대 휨모멘트, 최대 전단력 및 최대 축방향력.

모델명	휨모멘트 [tonf · m]		전단력 [tonf]		축방향력 [tonf]	
	작용 부재번호	최대값	작용 부재번호	최대값	작용 부재번호	최대값
A1	24,27	0.02	18,21,24,27	0.02	35,36,37,38	0.08
A2	24,27	0.02	10,14,24,27	0.01	35,36,37,38	0.08
A3	29,30,32,33	0.01	5	0.0006	35,36,37,38	0.08
A4	29,30,32,33	0.02	5	0.0003	35,36,37,38	0.08
B1	29,30,32,33	0.03	30,33	0.08	1,3	0.08
B2	29,30,32,33	0.03	30,33	0.08	1,3	0.08
B3	29,30,32,33	0.03	29,33	0.08	1,4,9,15	0.08
B4	29,30,32,33	0.03	30,32	0.08	1,3	0.08

강관 비계에 대한 구조해석 결과를 정리한 표 2의 결과에서, 절점하중이 작용하는 모델(A1, A2, A3, A4)중에서 최대 휨모멘트가 작용하는 부재는 사재에서 발생되고 있음을 알 수 있다. 부재하중이 작용하는 모델(B1, B2, B3, B4)에서는 부재하중이 직접 작용되는 부재에서 최대 휨모멘트가 발생하였으며, 따라서 수평부재의 간격이나 사재의 유무는 최대 휨모멘트 값에 영향을 미치지 못하고 있었다.

구조해석 결과, 강관 비계에 작용되는 최대 휨모멘트 값은 약 0.03 tonf · m으로서, 이 경우 강관 비계에 작용되는 휨응력값은 약 862 kgf/cm² 이며, 이 작용응력값은 허용응력 내에 존재하므로 대상 강관 비계는 구조적인 안전성을 확보하고 있는 것으로 사료된다.

한편, 강관 비계에 작용되는 최대 전단력값은 부재하중이 작용하는 모델 B시리즈의 경우 약 0.08 tonf으로 크게 나타났으며, 이 경우 강관 비계에 작용되는 전단응력값은 약 173 kgf/cm² 으로 허용전단응력 내에 존재하여 대상 강관 비계는 전단에 대해서도 구조적인 안전성을 확보하고 있었다. 또한 강관 비계에 작용하는 축방향력은 하중재하 상태, 수평부재의 간격, 사재의 유무에 관계없이 약 0.08 tonf로 일정하게 작용되었으며, 이에 대한 축방향응력은 약 26 kgf/cm² 으로 마찬가지로 허용응력내에서 거동하고 있음을 알 수 있었다.

3.2. 수평변위, 수직변위

그림 2~그림 9까지의 구조해석 결과 중 강관 비계에 작용하는 수직부재의 수평변위 및 수평부재의 수직변위의 최대값을 표 3에 나타내었다.

표 3. 수평부재와 수직부재의 최대변위.

모델명	상단부 수직부재의 수평변위 [mm]		중양부 수직부재의 수평변위 [mm]		수평부재의 수직변위 [mm]	
	절점번호	최대 변위	절점번호	최대 변위	절점번호	최대 변위
A1	21	4.10	-	-	16, 19	0.95
A2	23	4.83	14	1.41	16, 19	1.43
A3	24	4.77	-	-	16, 19	1.43
A4	23	6.04	14	2.31	16, 19	2.19
B1	21	0.76	-	-	16, 19	1.30
B2	23	1.12	14	0.71	16, 19	1.54
B3	21, 24	1.07	-	-	16, 19	1.54
B4	23	1.71	14	1.15	16, 19	1.92

표 3의 상단부 수직부재의 수평변위의 검토 결과, 절점하중이 작용하는 A시리즈 모델의 경우 사재가 없는 경우 변위값이 약 25.1% 증가하였으며, 부재하중이 작용하는 B시리즈 모델의 경우에는 약 52.7% 증가하므로써 강관 비계에서 사재는 부재하중이 작용하는 경우 수직부재의 수평변위에 크게 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 표 3의 중앙부 수직부재의 수평변위 결과에서, 수평부재의 간격이 큰 모델의 경우 사재가 없는 경우 수평변위가 약 63% 증가 함으로써 사재의 유무가 수평변위에 미치는 영향은 더욱 크게 나타나고 있음을 알 수 있었다.

한편 수평부재의 수직변위는 B시리즈 모델의 경우 A시리즈 모델에 비해 다소 크게 나타났으나, 수평부재의 간격이 크고 사재가 없는 경우(모델 A4)에는 오히려 절점하중이 작용하는 경우 수직변위가 크게 나타났다. 이러한 결과는 강관 비계의 사재는 상부 작용하중 중 휨모멘트에 대한 저항력에 효과적임을 의미한다.

4. 결론

본 연구에서는 강관 비계의 구조안전성 평가를 위하여 하중재하 상태, 수평부재의 간격, 사재의 유무에 따른 대상 강관 비계 모델들에 대해 구조해석을 수행하였으며, 이들 결과를 토대로 강관 비계의 휨모멘트, 전단응력, 축방향력 및 수평변위, 수직변위를 검토하였다

본 연구에서 검토한 대상 강관 비계에 대한 구조해석 결과, 절점하중이 작용하는 경우 최대 휨모멘트는 사재에서 발생되었으며, 최대 전단력은 절점하중에 비해 부재하중 작용시 상대적으로 크게 나타났다. 또한 수평변위에 대한 고찰 결과, 강관 비계에서 사재는 부재하중이 작용하는 경우 수직부재의 수평변위에 크게 영향을 미치고 있었으며, 휨모멘트 하중에 대한 저항력에 효과적임을 알 수 있었다.

한편 본 연구에서 검토한 대상 강관 비계의 휨응력, 전단응력 및 축방향응력은 모두 허용응력 내에 작용되어 구조적으로 안전성을 확보하고 있는 것으로 나타났다.