원형강관 다이아그리드 시스템의 중저층 건축구조물 적용 타당성 평가

Feasibility Evaluation of CHS Diagrid Systems for Low/Mid-Rise Building Structure

감 삼 도* • 김 태 진** • 곽 진 이***

Gam, Sam-Do • Kim, Tae-Jin • Kwak, Jin-i

요 약

본 논문에서는 최근 초고층 건축물에 많이 활용되어지는 기둥-가새 시스템인 다이아그리드 시스템을 활용하여 중저층 건축물에 적용가능성을 평가하였다. 본 시스템은 튜브구조의 형태로 횡력에 대한 저항력이 우수하며 중력하중과 황하중을 기초와 지반에 안전하게 하중을 전달한다. 다이아그리드는 경사기둥과 보를 반복적으로 삼각형 형태로 배치되어 중력하중을 받을 경우 수직부재는 압축력을 보는 인장력을 받게 된다. 경사기둥과 보를 연결하는 접합부는 H-형강으로 설계 시 제작이 복잡하고 외관이 좋지 않다. 하지만 원형강관을 사용 할 경우 복합하지 않은 형태로 설계가 가능하고 외관이 우수하기 때문에 외부에 노출이 가능해진다. 또한 원형강관은 개방형 단면 부재에 비해 압축좌굴과 비틀림에 대한 성능 등이 우수하여 구조적인 성능이 우수하다. 원형강관을 이용하여 다이아그리드 시스템이 고층 건축물 뿐만 아니라 중저층 건축물에도 적용 타당성을 검토하였으며 원형강관 접합부 설계는 한계상태설계법이 사용 된 KBC2008(안)을 이용하여 설계하였다.

keywords : 중저층, 다이아그리드, 원형강관

1. 서 론

1.1. 연구의 배경

최근 초고층 건축물에는 기둥-가새 시스템인 다이아그리드 시스템이 구조시스템으로 많이 활용되어 지고 있다. 다이아그리드는 경사기둥과 보를 반복적으로 삼각형 형태로 배치되어 중력하중을 받을 경우 수직부재는 압축력을 보는 인장력을 받게 된다. 하지만 횡하중을 받게 되면 경사기둥은 인장력을 받게 되는 경우도 있다.

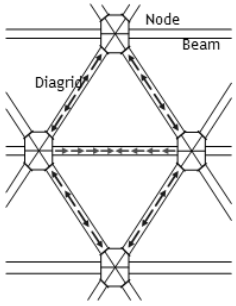

그림 1. 다이아그리드 시스템의 구성요소

* 정회원 • (주)창민우구조컨설탄트 sdgam@minwoo21.com

** 정회원 • University at Buffalo, SUNY, Visiting Scholar tjkim@hotmail.com

*** 정회원 • 성균관대학교, 석사과정 jhandji@hotmail.com

1.2. 연구의 내용 및 목적

본 연구의 최종적인 목적은 다이아그리드 시스템이 적용된 중저층 건축물의 접합부 설계지침을 제시하는데 있다. 이를 위하여 원형강관을 이용하여 다이아그리드 시스템이 고층 건축물 뿐만 아니라 중저층 건축물에도 적용 타당성을 검토하였으며 원형강관 접합부 설계는 한계상태설계법이 사용 된 KBC2008(안)을 이용하여 설계하였다.

2. 대상구조물의 설계

2.1. 대상구조물과 설계하중

대상구조물은 그림 1과 같이 KBC2008(안) 기준에 따라 중력하중과 횡하중을 고려하여 평면은 지름 30m인 원형평면이고 층고는 4.2m로 4, 8, 12, 16층 구조물로 다이아그리드 시스템과 모멘트 저항골조로 설계하였고 구조물의 설계는 MIDAS-Genw 7.4.2를 사용하였고 설계하중은 중력하중과 횡하중을 표 1과 같이 적용하였다.

그림 1. 예제 건물

중력하중	
고정하중	3.73kN/m^2
활하중	3.5kN/m^2

횡하중				
풍하중			지진하중	
노풍도	A		내진등급	II
중요도계수	0.95		내진설계범주	B
가스트영향계수	2.5		반응수정계수	3

표 1. 설계하중

2.2. 다이아그리드 시스템의 설계

다이아그리드 시스템은 외부골조에는 다이아그리드 시스템을 적용하였고 내부골조에는 보-기둥을 핀접합으로 하여 다이아그리드 시스템은 횡하중을 전담하고 내부골조는 중력하중만 부담하게 하였다. 그림 4는 원형강관 접합부의 하중이 전달 되는 종류를 나타낸 것이고 표 3은 16층 구조물의 구조계산결과를 나타낸 것이다. 휨모멘트에 비해 축력에 의한 하중이 크게 작용하는 것을 알 수 있으며 주관소성화 보다 전단항복에 의한 파괴가 먼저 일어 날 것으로 예측이 되어 진다.

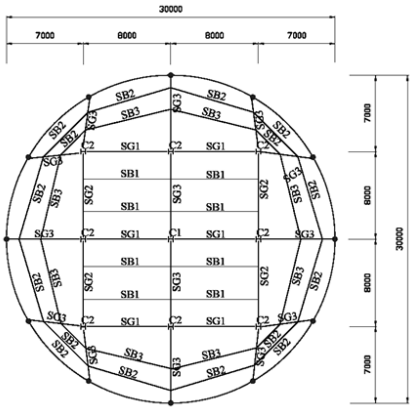

그림 3. 다이아그리드 시스템의 평면도

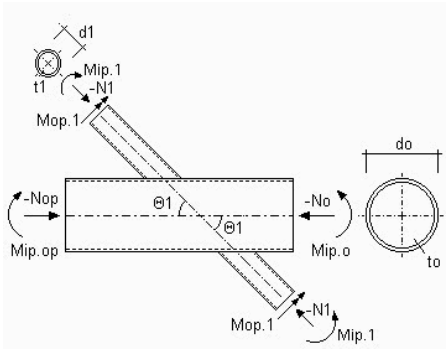

그림 4 접합부의 모멘트와 축력

	Q_f	P_r	$M_{r\text{-}ip}$	$M_{r\text{-}op}$	주관소성화			전단항복(뚫림)			휨모멘트와 축력조합				만족 여부
					ϕP_{n1}	$\phi M_{n\text{-}ip1}$	$\phi M_{n\text{-}op1}$	ϕP_{n2}	$\phi M_{n\text{-}ip2}$	$\phi M_{n\text{-}op2}$				Σ	
2CDJ-T	1	583.4	11.8	6.1	913.6	273.5	194.9	2046.1	440.3	264.1	0.63	0.00	0.03	0.67	O.K
2CDJ-C	0.92	695.0	11.4	6.4	847.4	253.6	180.8	2046.1	440.3	245.0	0.82	0.00	0.03	0.85	O.K
2CDJ-S-T	0.96	386.3	3.8	1.5	843.2	252.4	179.9	2046.1	440.3	243.8	0.43	0.00	0.00	0.45	O.K
2CDJ-S-C	1	348.2	0.9	0.1	913.8	273.5	194.9	2046.1	440.3	264.1	0.38	0.00	0.00	0.38	O.K

표 3. 다이아그리드 설계 계산 결과

2.3. 모멘트저항 골조 시스템의 설계

충저층 구조물의 구조 시스템으로 많이 사용 되어 지는 모멘트저항골를 비교 구조시스템으로 선정하였다. 구조설계는 외부골조에는 모멘트 저항골조를 적용 하였도 내부에는 다이아그리드 시스템과 동일하게 보-기둥을 핀접합으로 하였다.

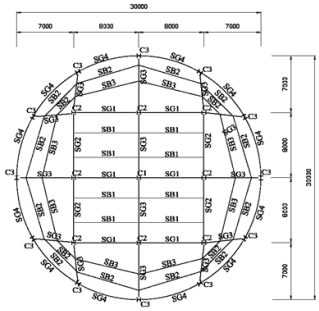

그림 6. 모멘트저항 골조 시스템의 평면도

3. 적용성 평가

3.1. 구조 성능

중저층 다이아그리드 시스템에 대한 설계 타당성 검토를 위해 모멘트 저항골조와 비교한 결과 다이아그리드 시스템이 지진하중과 풍하중에 대한 최대민면전단력은 8층 이하에서는 지잔하중의 영향이 켰으며 12층 이상에서는 풍하중의 영향이 크게 작용하는 하였다. 층간변위 또한 지진하중의 최대 변위 보단 작았지만 전반적으로 줄어들었으며 풍하중에 대한 최대 수평변위는 층수가 증가함에 따라 모멘트 저항 골조와 차이가 커짐을 알 수 있다.

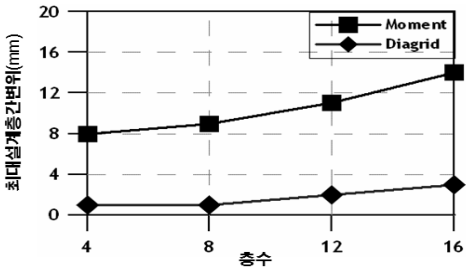

그림 8. 다이아그리드 시스템의 지진 및 풍하중 비교

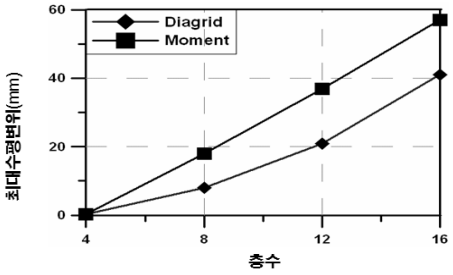

그림 9. 층수 별 풍하중 비교

3.2. 철골물량 비교

다이아그리드 시스템과 모멘트 저항골조의 각 층수에 별 철골물량을 외부부재물량과 외부와 내부부재물량으로 나누어 비교를 하였다. 내부부재는 동일한 부재를 가지고 있기 때문에 외부 부재만을 비교 시 다이아그리드 시스템이 약 39%절감되었다.

4. 결론

1) 다이아그리드 시스템을 중저층 건축물에 적용할 경우 모멘트저항 공조에 비해 횡변위가 감소 하였다.
2) 다이아그리드 시스템의 전체 철골물량이 약 30%정도 절감효가가 있었으며 층수가 증가 할수록 절감효가가 커짐을 알 수 있었다.
3) 이러한 점(경제적 측면)을 봤을 때 다이아그리드 시스템을 중저층 건축물의 구조시스템으로 도입하는데 충분히 타당성이 있었다.

참고문헌

AISC (1997), "Specification for the Design of steel Hollow Structural Sections" American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois.

CIDECT (1998), "Design Guide for Fabrication, Assembly and Erection of Hollow Section Structures", Germany

CIDECT (2000), "Design Guide for Circular and Rectangular Hollow Section Welded Joints Under Fatigue Loading", Germany

CIDECT (2000), "Hollow Sections in Structural Applications", J. Wardenier

Brodka J. (1980), "Ultimate Load of X and T-Joints in Circular Hollow Section" Building Science, Vol. 10, pp. 199-205

Kyoung Sun Moon (2008), "Material-Saving Design Strategies for Tall Building Structures", CTBUH 8th World Congress 2008

Ian McCain (2003), "DiaGrid : Structural Efficiency & Increasing Popularity"

ABAQUS (2006) ABAQUS/Standard User's Manual version 6.7, ABAQUS, Inc., Pawtucket, Rhode Island