

웹 연속형 다이아그리드 노드의 이력 특성

Seismic Behavior of Web-Continuous Diagrid Nodes

정 인 용¹⁾ · 김 영 주²⁾ · 주 영 규³⁾ · 김 상 대⁴⁾
Jeong, In Yong · Kim, Young Ju · Ju, Young K · Kim, Sang Dae

요약 : 효과적인 횡력저항 시스템중에 하나인 다이아그리드 구조 시스템의 사용이 늘어나고 있다. 하지만 다이아그리드 노드의 바람 및 지진에 대한 구조성능을 해석적으로 평가하는 것은 한계가 있다. 특히 용접특성의 반영이 어려운데, 이 연구에서는 횡하중을 받는 다이아그리드 노드의 구조적 거동을 알아보기 위해 실제부재의 5분의 1로 축소한 모형을 이용해 실험을 수행했다. 주요 부위의 용접방법, 설계상세등 5가지 변수에 대하여 총 네 개의 실험체를 제작했다. 한쪽 가새부재에는 압축력을, 다른 쪽 가새부재에는 인장력을 가하는 반복가력 실험을 수행했다. 실험 결과 주요 파괴 원인은 인장력과 부가모멘트에 의한 파괴와 인장력만에 의한 용접부의 파단으로 나뉜다. 용접방법과 설계상세에 따른 초기강성, 항복강도의 차이는 없었다. 용접방법에 따른 파괴 형상의 차이가 있었으며 설계상세는 에너지 흡수능력에 영향을 미쳤다.

ABSTRACT : The application of the diagrid structural system has increased of late, but cyclic loadings such as winds and earthquakes cannot be fully understood through only an analytical study due to the difficulty of considering its welding property. In this study, diagrid nodes that had been scaled down to 1/5 of their full sizes were tested to find out their structural behavior under seismic or wind loads. Four specimens were used with five parameters, including the welding method and the design details. Cyclic loading tests were carried out, where a tensile load was applied to one brace member and a compression load to the other. The major failure modes in the tests were only failure of bending with tensile stress and tension failure. The welding method and the design details had no effect on the initial stiffness and yielding stress but play a significant role in the failure mode and energy dissipation, respectively.

핵심 용어 : 다이아그리드 구조 시스템, 노드, 횡력 저항 능력, 용접방법, 설계상세, 파괴형상

KEYWORDS : Diagrid structural system, Node, Lateral force resistance, Welding method, Design detail, Failure mode

1. 서론

세계적으로 각국의 기술력과 경제력을 바탕으로 한 랜드마크적인 초고층 건축물의 건설이 증가하고 있다. 지금까지 초고층 건물의 건축 기술은 높이에만 국한되어 발전되어 왔다. 하지만 최근에는 건물의 아름다움에 대해서도 많은 고찰이 이루어지고 있고, 컴퓨터를 이용한 구조설계기술의 발달로 건물의 높이는 물론 건물의 형상도 자유롭게 설계할 수 있는 수준까지 되었다. 세계초고층학회(Council of Tall Building and Urban Habitat, CTBUH) 2006년도 학술발표대회의 주제도 "Thinking outside: Tapered, Twisted, Tilted Towers"로 최근 초고층건물의 경향을 알 수 있다.

다이아그리드 구조 시스템은 이러한 건축 경향에 반영하는 새로운 구조시스템으로서 최근들어 그 사용이 늘어나고 있다. 다이아그리드 구조 시스템을 사용한 건물로는 30st Mary Axe(London), Hearst Tower(New York), CCTV(Beijing) 등이 있으며 국내에서도 다이아그리드 구조 시스템을 도입하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

다이아그리드 구조 시스템이란 수직기둥 없이 보와 가새의 삼각형 모듈로 수직력과 수평력에 저항하는 시스템으로, 특히 바람이나 지진 같은 횡력의 저항에 매우 효율적이다. 이러한 효율성 때문에 향후 초고층 건물에 많은 사용이 예상되며, 관련 연구도 활발히 진행되고 있다.

Ali와 Moon(2007)의 연구에서 초고층 건물의 최신 구조

1) 고려대학교 건축사회환경공학과 석사과정(jiy2k@naver.com)

2) 고려대학교 건축사회환경공학과 계약교수(kyj282@empal.com)

3) 교신저자, 고려대학교 건축사회환경공학과 조교수

(Tel. 02-3290-3327, Fax. 02-3290-3327, E-mail: tallsite@korea.ac.kr)

4) 고려대학교 건축사회환경공학과 교수(sdk@korea.ac.kr)

본 논문에 대한 토의를 2010년 2월 28일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

시스템의 하나로 다이아그리드 시스템에 대해 기술했고, Moon 등(2007)의 연구에서는 다이아그리드의 설치각도에 따른 효율성에 대해서 해석적으로 평가하였다. 2008년 두바이에서 열린 세계초고층학회에서도 다이아그리드 구조 시스템을 적용한 건물이 소개되었다.(Charnish 등, 2008; Kim 등, 2008)

주영규 등(2007)은 수직하중을 받는 다이아그리드 노드에



(a) Mary Axe(London) (b)Hearst Tower(New York)
그림 1. 다이아그리드를 사용한 건물

대해 실험적 연구를 수행하였고, 변태우 등(2008)의 연구에서는 수직하중을 받는 다이아그리드 노드에 관한 FEM해석과 실험결과를 비교하여 해석의 타당성을 제시하였다. 김영학 등(2007)은 1:1 Mock-Up모델을 제작하여 부재의 제작, 운반

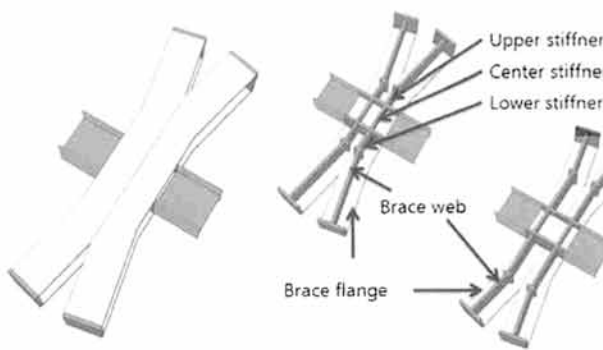


그림 2. 실험체 상세

및 설치 방안에 대해 검토 하였고, 후판 용접에 의한 용접열영향부의 응력을 조사 하였다. 전봉수 등(2008)은 횡력을 받는 다이아그리드 노드의 구조적 성능을 평가하기 위해 비선형 유한요소해석을 실시하였고, 반복하중에 따른 노드부의 응력 및 변형도 집중 등을 파악하였다. 하지만 반복하중을 받는 실제 다이아그리드 노드에 대한 구조적 거동이나 용접에 관한 특성은 해석적 연구만으로 규명하는 데는 한계가 있다.

본 연구에서는 H형 단면을 가새 부재로 사용한 다이아그리드 노드에 대하여 연구를 진행하여 노드의 실제 거동에 대해 알아보고 제작의 용이성과 경제성을 고려한 변수를 설정해 노드의 구조적 특징에 대해 알아보고자 한다.

2. 실험 계획

2.1 실험체

24도의 각도로 벌어진 H형 단면 가새가 노드부에서 만날 때, 플랜지는 연속되지만 웨브는 노드부에서 수직 스티프너로 연결되는 형상으로 실험체를 설계하였다.(그림 2)

본 연구에서는 이러한 웨브 연속형 다이아그리드 노드를 대상으로 하여 응력이 집중될 것으로 예상되는 지점의 용접(웨브-플랜지 용접, 플랜지-플랜지 용접, 중앙 스티프너 용접)방법과 주요 설계 상세(수평 스티프너 길이, 상/하부 스티프너 길이)를 변화시켜 가며 구조적 성능의 차이를 알아보고자 했다.

용접방법은 완전용입용접(FP: Full Penetration)과 부분

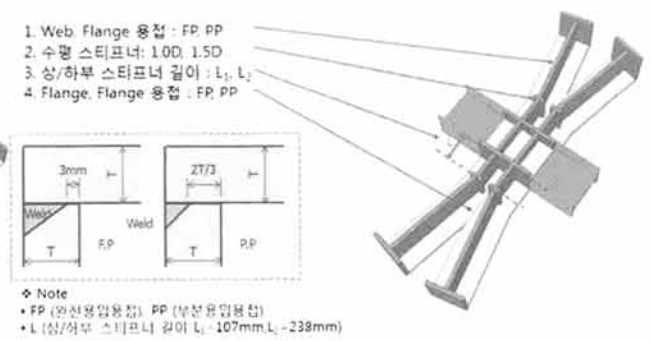


그림 3. 실험체 변수

표 1. 실험체별 변수 일람

실험체	Web-Flange 용접	수평 스티프너 길이	상/하부 스티프너 길이	Flange-Flange 용접
MB-01	FP	1.0D	L1	FP
MB-02	PP	1.5D	L1	PP
MB-03	FP	1.0D	L2	FP
MB-04	FP	1.5D	L2	FP

용입용접(PP: Partial Penetration)이 사용되었다. 국내에서는 관용적으로 완전용입용접을 많이 사용하지만, 실제 부재의 제작 시 매우 두꺼운 후판(약 100~120mm)이 사용되므로 용접량이 매우 증가하게 된다. 따라서 주요 부위에 부분용입용접을 사용해도 구조적 성능에 차이가 없다면 용접량을 크게 줄일 수 있을 것으로 예상된다. 한편, 노드부의 수직 스티프너(상/하부 스티프너 및 중앙스티프너)간의 거리가 너무 짧으면 제작이 어려워질 수 있다. 그래서 수직 스티프너간의 거리를 넓히면 웹과 수직 스티프너가 만나는 지점이 변하게 된다. 이런 형상의 변화가 구조적 성능에 어떤 영향을 미칠지 알아보고, 수평스티프너의 길이를 조정함으로써 웹과 수직 스티프너간 응력전달의 효율성을 알아보고자 했다. 그림 3에 변수상세를 표 1에 각 실험체별 변수가 정리되어 있다.

전체 4개의 실험체를 제작하였으며 실험체 MB-01, MB-02는 형상은 같으나 실험체 MB-02의 웹-플렌지 용접, 플렌지-플렌지 용접을 부분용입용접으로 했고 수평스티프너의 길이를 두께의 1.5배로 했다. 실험체 MB-03과 MB-04는 수직스티프너간의 간격을 넓혀서 상/하부 스티프너의 길이를 길게 했다. 또한 실험체 MB-04의 웹-플렌지 용접을 부분용입용접으로 했으며 수평스티프너의 길이도 두께의 1.5배로 했다. 그림 4에 각 실험체별 치수와 변수에 대해 자세하게 나타내었다.

2.2 가력방법 및 측정방법

2.2.1 가력방법

그림 5는 실험 셋팅 전경을 보여준다. 각각의 가새부재에 반복 하중을 적용하기 위해 두 대의 가력기를 설치했다. 실험체와 가력기 설치의 편의성을 위해 한 대의 가력기는 24도 기울여 설치했고 나머지 한 대는 수평으로 설치했다.

횡하중에 저항하는 다이아그리드 노드의 거동을 묘사하기 위해 가새부재의 한 쪽에는 인장력을 가하면서 다른 한 쪽에는 압축력을 가하였다. 또한, 지진 같은 반복하중을 묘사하기 위해 축방향 항복변위의 1배, 2배, 4배, 6배로 각 사이클별 2회씩 점증가력하였다(그림 6). 가력기의 용량(3,000kN)을 고려하여 실제 부재의 5분의 1 크기로 실험체를 제작하였으며, 가새부재의 단면을 기준으로 구한 항복 변위는 2mm이다. 가력 종료 시점은 최대 내력의 80%까지 하중이 저감되거나 실험체가 파단하는 경우를 기준으로 한다. 실험체에 사용된 강재는 SM490 ($F_y=325\text{MPa}$) 이며 KS B 0801 1A 규격에 따른 시편으로 KS B 0802에 의한 인장시험결과 항복강도는 모두 325MPa을 넘었다. 연신율은 23~30%, 항복비는 0.67~0.81의 값이 나왔으며 실험결과는 표 2에 정리되어 있다.

2.2.2 측정방법

실험체가 인장 및 압축력을 받을 때 축방향 변위를 측정하기 위해 다이얼 게이지를 이용하여 축방향 변위를 측정하였다. 노

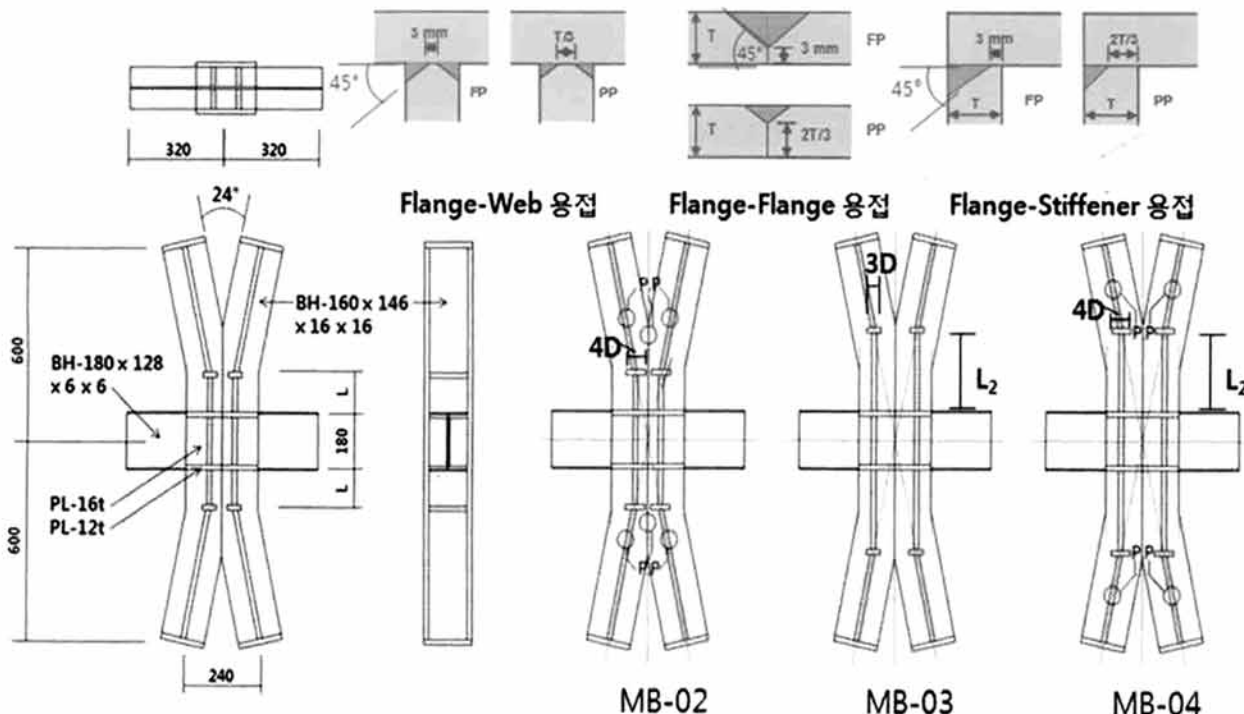


그림 4. 실험체 상세 및 변수

표 2. 재료 실험 결과

시편	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	항복비	연신율 (%)
Plate-24	406	535	0.76	30
Plate-20	360	538	0.67	26
Plate-16	357	528	0.68	29
Plate-12	378	542	0.70	26
Plate-6	421	518	0.81	23

드 중심부의 변위를 측정하기 위해 노드 중심부에 수직/수평 변위를 측정하기 위한 LVDT를 설치하고, 실험체의 전체적인 횡자굴 및 비틀림을 측정하기 위해 상/하 보 부재에도 LVDT를 설치하였다.

실험체의 국부적 변형을 측정하기 위해 1축/3축 소성게이지를 사용하였다. 부재의 단면에 변화가 생기거나 응력이 집중되어 큰 변형이 생길 것으로 예상되는 부분을 중심으로 설치하였다. 가새부재의 축방향 변형을 살펴보기 위해 가새부재의 플랜지를 따라 게이지를 설치했고, 웨브로의 응력전달도 알아보기 위해 가새부재의 웨브에도 게이지를 설치했다. 웨브에서 수

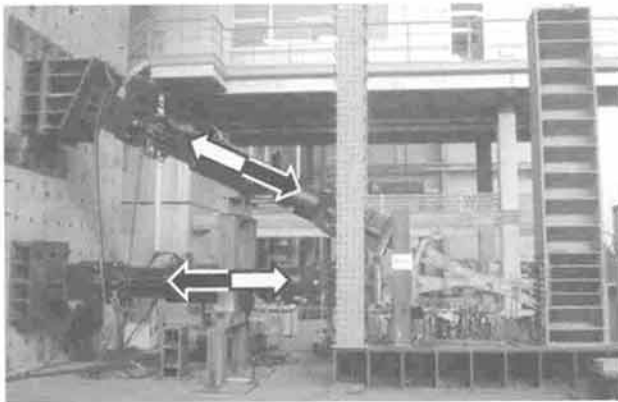


그림 5. 실험체 셋팅 전경

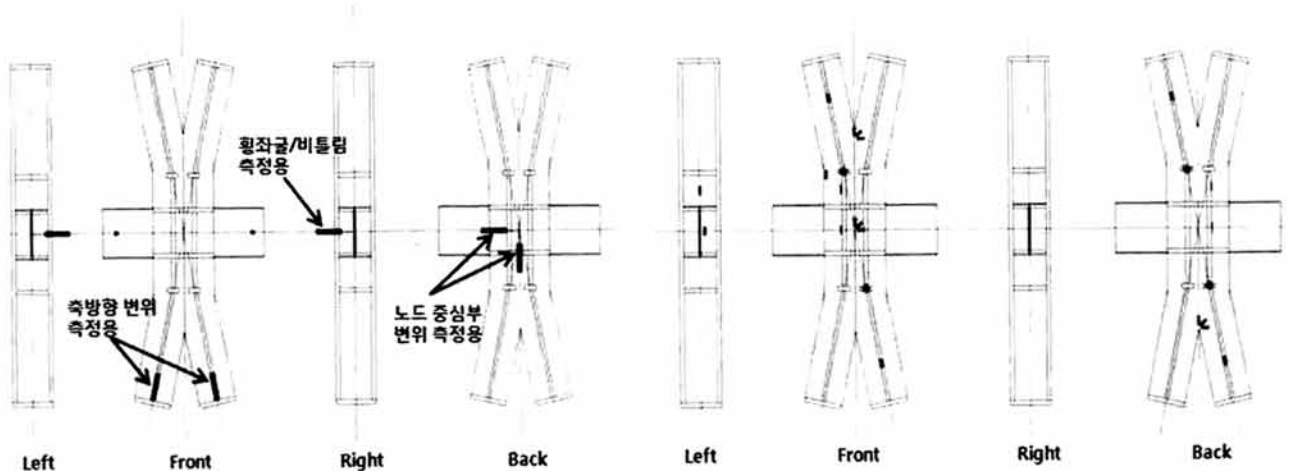


그림 7. 계측계획 (좌: LVDT, 우: Strain 게이지)

직 스티프너로 응력의 흐름을 파악하기 위해 노드 중심부의 수직 스티프너에도 게이지를 설치했다. 두 개의 가새가 만나서 V모양을 이루는 V접합부에도 큰 응력이 집중될 것으로 예상되어, 자세한 변형을 측정하기 위해 3축 게이지를 설치했다. (그림 7) 또한 V접합부의 노치를 방지하고자 라운딩 형상이 되도록 주의해서 제작했다.

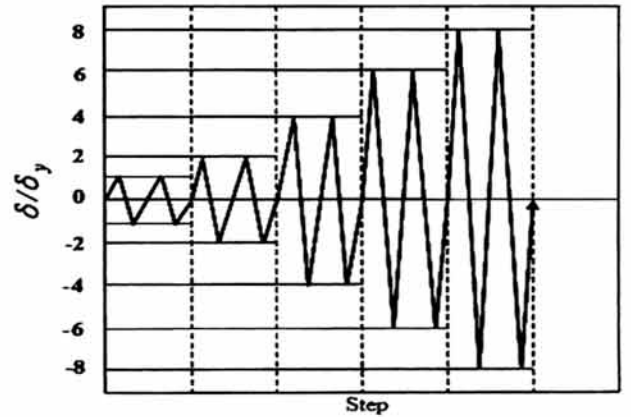


그림 6. 가력 프로토콜

3. 실험 결과

3.1 이력특성 및 파괴형상

각 실험체별 하중-변위 이력곡선을 그림 11에 정리해 놓았다. 그래프에서 수직축은 가새부재의 계산된 항복하중으로 정규화한 값을 나타낸 것이다. 왼쪽 그래프는 상부 가새부재의 이력곡선을 나타낸 것이고, 오른쪽 그래프는 하부 가새부재의 이력곡선을 나타낸 것이다. 상부 가새부재에 인장력을 가하고 하부 가새부재에 압축력을 가하면 방향이 다른 두 힘의 조합에

의해 노드 중심부가 위쪽으로 들리게 된다.(그림 8) 횡하중을 받는 다이아그리드 구조물의 변형형상에 대한 간략한 해석결과(그림 9) 이런 현상은 실제 구조물에서 층간변위의 형태로 나타난다는 것을 알 수 있었다. 이러한 노드의 이력특성은 파괴 형상에도 영향을 미치게 된다.

실험시 압축 축이나 인장 축 중 목표변위에 먼저 도달하는 쪽을 기준으로 다음 사이클을 시작하였다. 압축 축은 실험체의

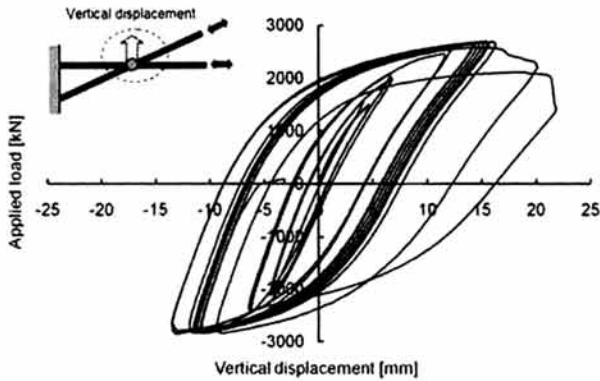


그림 8. 노드 중심부의 수직 변위

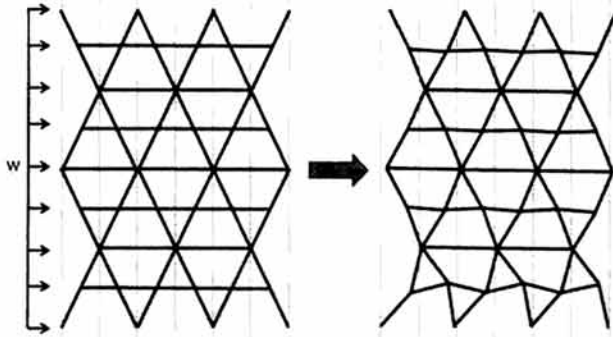


그림 9. 다이아그리드구조의 변형형상

좌굴(노드 중심부 변위)에 의해 변위가 큰 반면에 인장축은 상대적으로 작은 변위가 생긴 상태에서 다음 사이클이 시작되게 된다. 따라서 하중 변위 이력곡선에서 하부 가새부재의 이력곡선이 압축 쪽으로 치우쳐져 있다.

노드 중심부의 변위와 압축력의 조합으로 P- Δ 효과가 생기게 되고 가새부재의 외측에 부가모멘트가 작용하게 된다. 인장력과 부가모멘트의 합력으로 인장 축 가새부재의 외측부터 균열이 시작되는 파괴 형상을 보인다. 그리고 이 균열이 발전되어 감에 따라 가새부재의 웹과 수직 스티프너간의 용접부도 파단되었다.(그림 10)

실험체 MB-01과 MB-02는 이와 같은 휨 파괴가 일어나는 한편, 실험체 MB-03과 MB-04는 다른 파괴 양상을 보인다. 실험체 MB-03과 MB-04의 경우에는 가새부재의 웹이 노드부의 수직스티프너와 만나는 지점이 좀 더 바깥쪽에 위치한

다. 이 위치에서는 부가 모멘트에 의한 영향 보다는 인장력에 의한 영향이 지배적이었다. 인장력에 의해 가새부재의 웹과 수직 스티프너간의 용접부부터 균열이 시작되어 플렌지 쪽으로 파괴되어 갔다. 따라서 웹과 연결되어 있는 플렌지의 중앙부터 균열이 시작돼 바깥으로 퍼져나가는 양상을 확인할 수 있었다.(그림 12)

양 축의 가새부재가 만나서 V모양을 만드는 V접합부의 변형률을 관찰한 결과 가새부재의 플렌지에 균열이 생기기 전에는

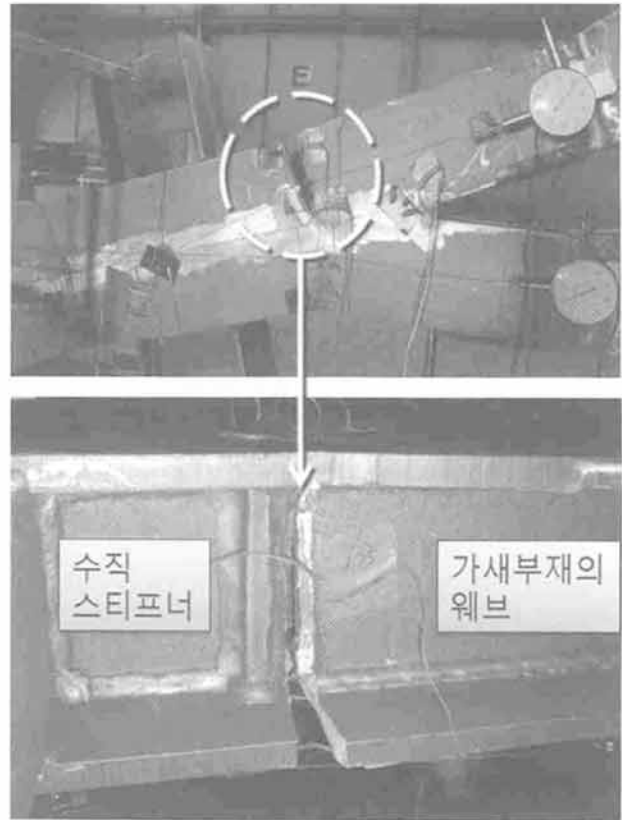
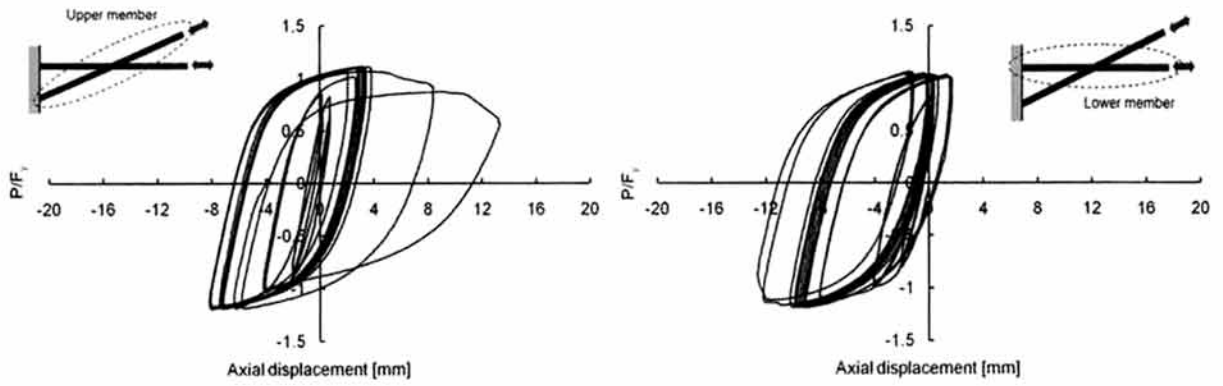


그림 10. 가새부재의 휨 파괴

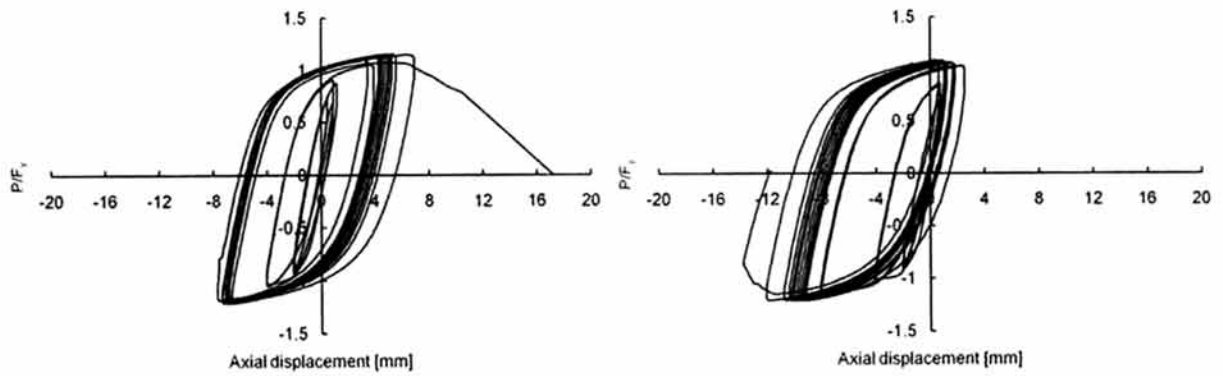
큰 변형이 없었으나 균열이 발생하면서 V접합부에 큰 변형이 발생하였다. 실험체 MB-02의 경우 V접합부의 용접(플렌지-플렌지 용접)이 부분용입용접으로 되어 있었고, 가새부재 플렌지의 파단 이후 V접합부의 용접도 파단되어 가새부재가 통째로 떨어져 나갔다.

3.1.1 MB-01

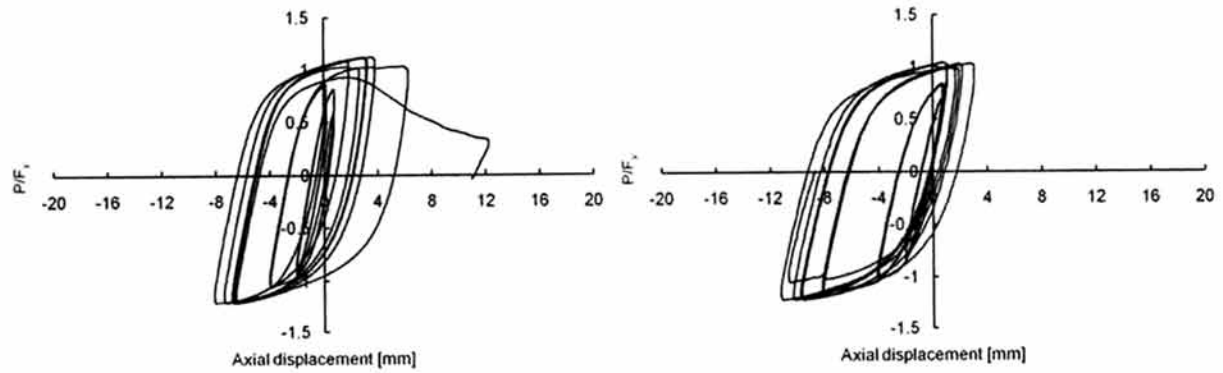
실험체 MB-01은 모든 용접이 완전용입용접으로 되어있고 설계상세가 기준이 되는 실험체이다. 이 실험체의 경우 최대 내력이 가력기의 허용 최대 하중(약 3,000kN)보다 더 강해서 가력기의 허용 최대 하중으로 여러 번 반복 가력했다. 그림 11(a)에서 그래프가 여러 번 반복된 것을 확인할 수 있다. 실험체 MB-01은 인장력과 부가모멘트에 의해 가새부재의 플렌지 외측부터 파단되기 시작하여 웹과 수직 스티프너간의 용



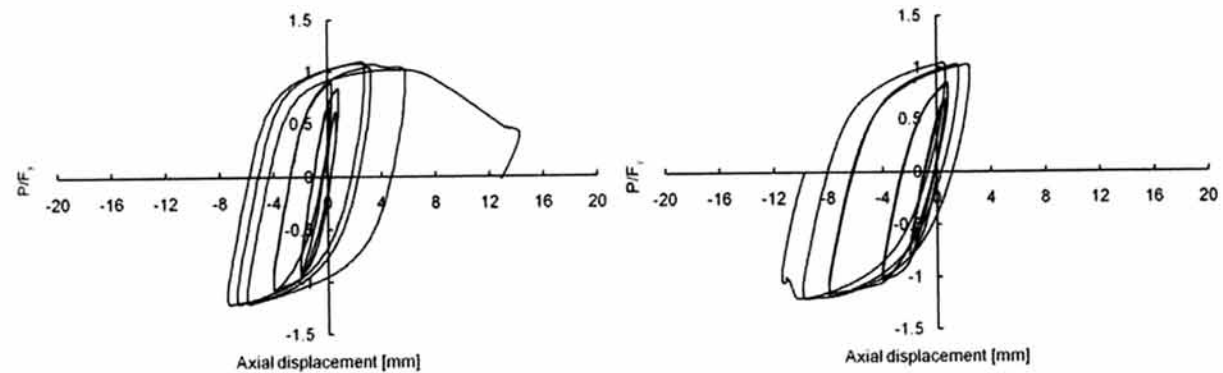
(a) MB-01



(b) MB-02



(c) MB-03



(d) MB-04

그림 11. P/F_y -변위 이력곡선(왼쪽: Upper member, 오른쪽: Lower member)

접부까지 파단 된 뒤 실험을 중단하였다. 그림 11에서 이를 확인 할 수 있다.

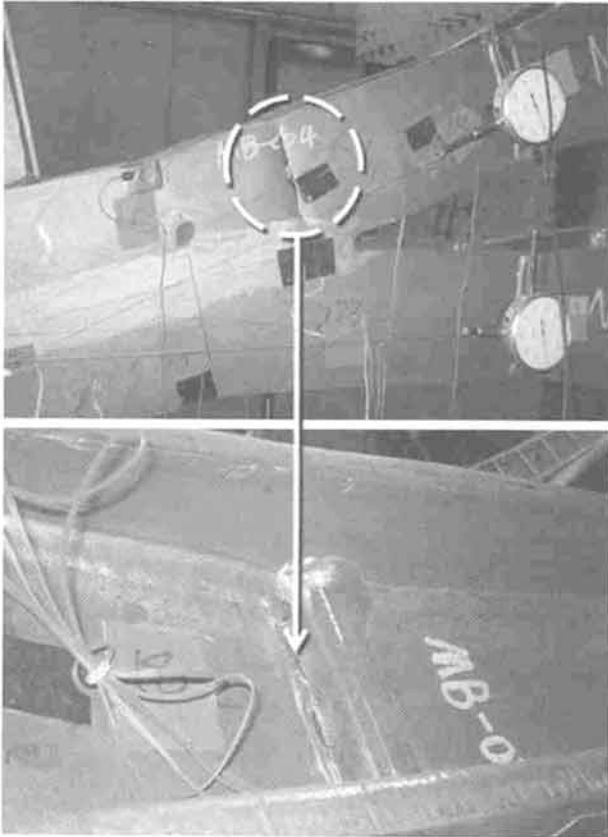


그림 12. 가새부재의 인장 파괴

3.1.2 MB-02

실험체 MB-02는 MB-01과 형상은 같으나 웹-플렌지 용접과 플렌지-플렌지 용접이 부분용입용접이고 수평스티프너의 길이가 두께의 1.5배인 실험체이다. 이 실험체의 경우도 최대 내력이 가력기의 허용 최대 하중(약 3,000kN)보다 더 강해

서 가력기의 허용 최대 하중으로 여러 번 반복 가력했다. 이 실험체의 초기 파괴 형상은 실험체 MB-01과 동일했다. 부가 모멘트와 인장력에 의해 가새부재 플렌지의 외측부터 균열이 시작되었고 웹쪽으로 진행되어 나갔다. 가새부재의 웹과 수직 스티프너간의 용접이 파단된 후 V접합부의 용접도 거의 동시에 파단되어 가새부재가 통째로 떨어져 나가는 파괴양상을 보였다. 그림 13에서 파괴 형상을 확인할 수 있다.

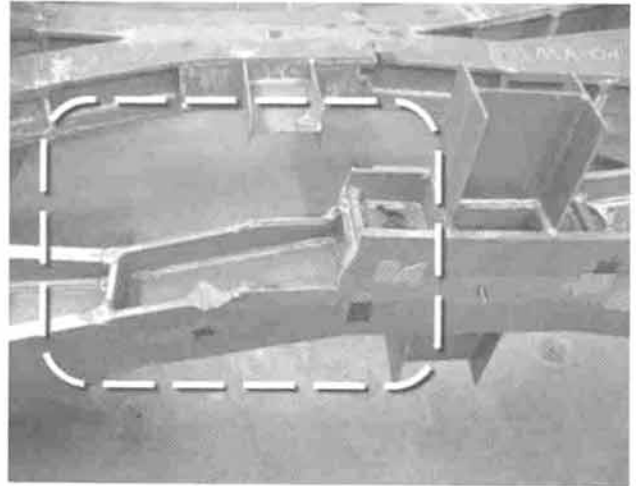


그림 13. 가새부재의 취성 파괴(MB-02)

3.1.3 MB-03

실험체 MB-03은 용접은 모두 완전용입용접이나 수직 스티프너간의 거리가 좀 더 긴 실험체이다. 따라서 수직 스티프너와 가새부재의 웹이 만나는 지점이 더 바깥쪽에 위치하게 된다. 이 실험체도 가력기의 최대 허용 용량 내에서 파괴되지 않아 반복 가력했다. 그러나 그림 11에서 확인할 수 있듯이 그 반복 횟수는 훨씬 적었다. 이 실험체의 파괴 양상은 실험체 MB-01, MB-02와는 달랐다. 노드 중심부의 변위에 의한 부

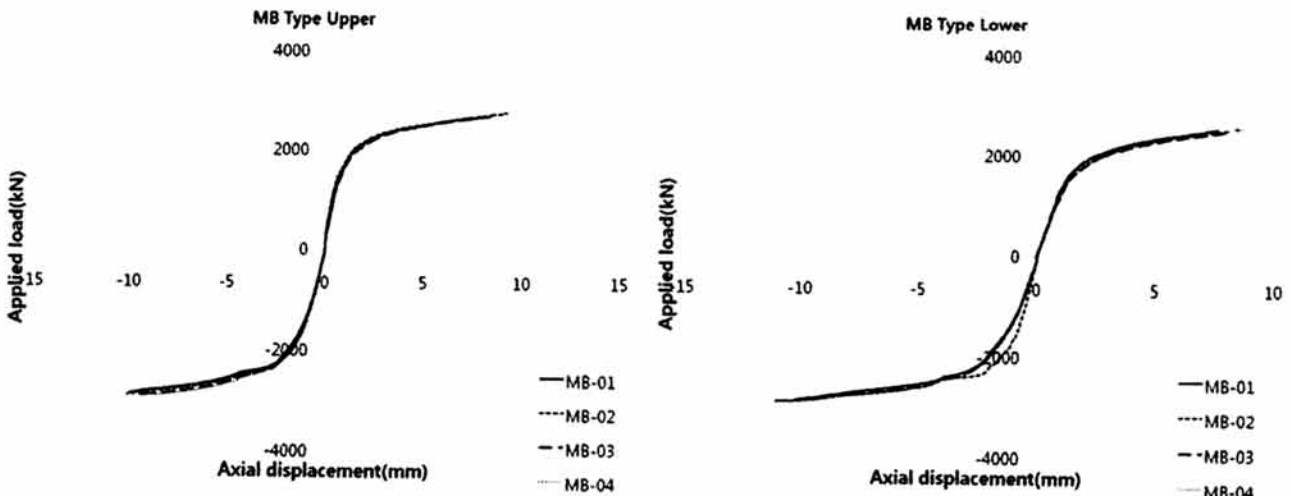


그림 14. 단조화 그래프(왼쪽: Upper member, 오른쪽: Lower member)

가모멘트의 작용 보다는 인장력의 영향이 더 컸다. 인장력에 의해 웨브와 수직 스틱프너간의 용접부가 먼저 파단된 후 플렌지 쪽으로 파괴가 진행되었다.

3.1.4 MB-04

실험체 MB-04는 MB-03과 형상은 같으나 웨브-플렌지 용접이 부분용입용접이고 수직 스틱프너의 길이가 두께의 1.5배인 실험체이다. 이 실험체의 파괴 양상은 실험체 MB-03과 같이 웨브와 수직 스틱프너간의 용접부부터 균열이 시작되어 파단되었다.

3.2 초기강성 및 항복강도

표 3. 실험체별 초기강성 및 항복강도

시험체	초기강성(kN/mm)		항복강도(kN)	
	상부	하부	상부	하부
MB-01	1811	1377	2283	2245
MB-02	1942	1662	2151	2053
MB-03	1909	1326	2158	2267
MB-04	2047	1338	2115	2208

그림 14는 실험체의 하중-변위 이력곡선에서 구한 단조화 그래프를 나타낸다. 단조화 그래프에서 구한 초기강성과 항복강도를 표 3에 정리해 놓았다. 실험체간 초기강성의 차이는 거의 없었다. 수직 스틱프너간의 거리가 긴 실험체 MB-03, MB-04가 초기강성이 약간 더 높게 나왔지만 그 차이는 미미했다. 항복강도도 실험체간 차이는 거의 없었다. 실험체 주요 부위의 용접방법과 형상에 따른 초기강성과 항복강도의 차이는 거의 없는 것으로 판단된다.

3.3 변형도 분포

3.3.1 가새부재

그림 15는 가새부재 플렌지의 중앙과 외측에서 측정한 변형률 값을 그래프로 나타낸 것이다. 그래프를 보면 외측의 변형률이 중앙의 변형률보다 초기부터 크게 시작하고 항복 변형률에 더 빨리 도달한다는 것을 알 수 있다. 플렌지의 외측은 인장력과 부가모멘트가 동시에 작용한다는 것을 변형률 그래프를 통해 다시한번 확인할 수 있다.

3.3.2 노드 중심부

가새부재의 중심선이 교차하는 노드 중심부에도 3축 게이지를 부착하여 변형률을 측정해 보았다. 노드 중심부에서는 큰

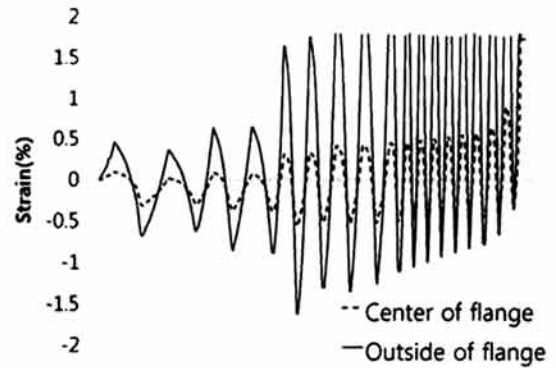


그림 15. 플렌지 중앙/외측 변형률(%)

변형이 발생하지 않았고 그림 16에서 볼 수 있듯이 탄성 범위 내에서 변형하는 것을 알 수 있다.

3.3.3 V접합부

가새부재가 만나는 V접합부에 큰 응력이 집중될 것으로 예상되어 3축게이지를 부착하여 전단변형률을 측정했다. 그림 17은 전단변형률과 하중간의 관계를 나타낸 그래프이다. 실험 전에 큰 변형이 생길 것으로 예상되었으나 그래프를 살펴보면 가새부재의 파괴 전에는 변형이 없다가 파괴 이후 큰 변형이 발생한 것을 알 수 있다. 완전용입용접을 한 실험체의 경우 큰 변형에도 파괴가 일어나지 않았지만 실험체 MB-02의 경우 이 부분이 부분용입용접으로 되어 있어서 큰 변형에 의해 파괴가 일어났다.(그림 13)

3.5 에너지 흡수능력

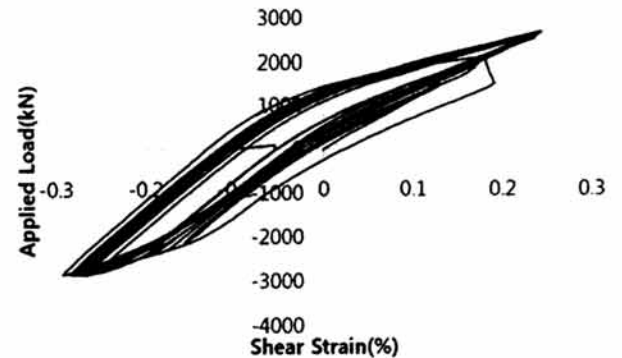


그림 16. 노드중심부 전단변형률(MB-01)

각 실험체별 하중-변위 이력곡선의 면적을 더해서 흡수된 에너지를 구해 그림 18에 그래프로 나타냈었다. 수직 스틱프너간의 거리가 더 가까운 실험체 MB-01, MB-02가 더 많은 에너지를 흡수했다. 실험체 MB-03, MB-04의 경우에는 수직 스틱프너와 가새부재의 웨브간의 용접에 균열이 먼저 생긴 후

표 4. 각 실험체별 성능 비교

시험체	초기강성 (kN/mm)	항복강도 (kN)	흡수 에너지	Web, Flange 용접	수평 스티프너 길이	상/하부 스티프너 길이	Flange, Flange 용접
MB-01	1594 (100%)	2259 (100%)	785 (100%)	FP	1.0D	L1	FP
MB-02	1802 (113%)	2109 (93%)	1101 (140%)	PP	1.5D	L1	PP
MB-03	1617 (101%)	2231 (99%)	509 (65%)	FP	1.0D	L2	FP
MB-04	1693 (106%)	2189 (97%)	302 (38%)	PP	1.5D	L2	FP

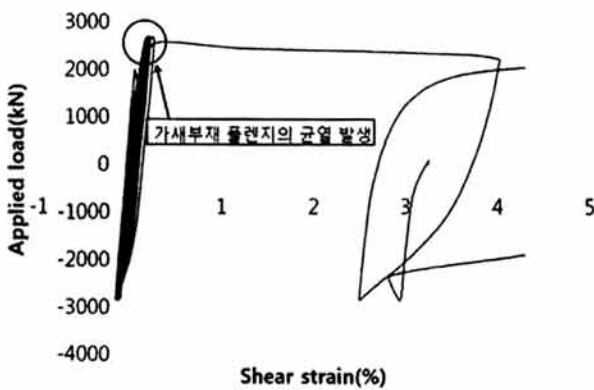


그림 17. V접합부 전단변형률(MB-01)

에 플렌지 쪽으로 파괴가 진행되었다.(그림 12 참고) 용접부는 열 영향에 의해 연성능력이 떨어지게 되므로 실험체 MB-01, MB-02에 비해 파괴가 일찍 일어나게 되었고 결과적으로 흡수한 에너지가 적어지게 된다. 따라서 실험체 MB-03, MB-04같은 경우에는 용접부의 품질확보가 중요하며, 용접으로 인한 열영향도 고려해야 할 것이다.

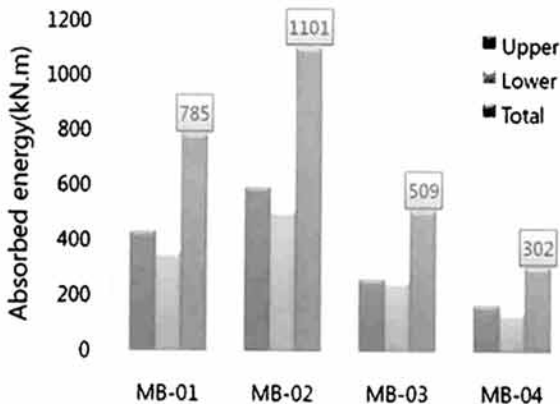


그림 18. 에너지 흡수 능력

4. 결론

횡하중을 받는 다이아그리드 구조 시스템의 웹 연결형 노드부에 대한 용접방법과 설계상세에 따른 구조적 특징을 실험을 통해 알아봤다. 파괴형상과 초기강성, 항복강도, 에너지 흡수 능력에 대해 살펴보았으며 실험체 MB-01을 기준으로 한 상대적 능력치를 표 4에 정리해 놓았다. 실험 내용을 정리하면 다음과 같다.

- (1) 파괴형상은 두 가지로 나타났다. 부가모멘트와 인장력의 합력에 의한 모멘트 파괴와 인장력에 의한 용접부 파괴로 나뉜다. 수직 스티프너간의 거리가 가까운 실험체 MB-01과 MB-02의 경우 플렌지 외측에 가해진 부가모멘트와 인장력에 의해 플렌지 외측부터 균열이 시작되어 파괴되었다. 실험체 MB-03과 MB-04는 수직 스티프너와 가새부재 웹간의 용접부 부터 균열이 생겨 파괴가 진행되었다.
- (2) 용접방법과 설계상세는 초기강성과 항복강도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 그러나 가새 플렌지의 파단 이후, 두 가새부재가 만나는 V접합부에 응력이 집중되면서 큰 변형이 생겼으며, 이 부분에 부분용입용접을 한 실험체 MB-02의 경우에는 V접합부도 파괴되어 가새부재가 통째로 떨어져나가게 되었다. 기존의 연구(압축 및 인장 단조가력실험)에서는 부분용입용접으로 하여도 구조성능이 우수하였지만, 반복가력의 경우 취성적인 파괴 양상을 나타내므로 반드시 완전용입용접을 사용해야 할 것이다. 웹-플렌지간 용접은 부분용입용접을 사용해도 구조적 성능에 문제가 없으므로 실제 적용이 가능할 것으로 보인다.
- (3) 설계상세에 따라 에너지 흡수능력에 차이가 있다. 실험체 MB-03과 MB-04의 경우 가새부재의 웹과 수직 스티프너간 용접부부터 균열이 시작되었다. 용접부는 열

영향에 의해 연성능력이 크게 떨어지므로 다른 실험체보다 에너지 흡수능력이 적게 나왔다. 따라서 이런 타입의 노드의 경우 용접부의 품질확보가 중요하며 용접에 의한 강재의 연성능력 저하도 고려되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2006년도 건설핵심기술연구개발사업(06R&D C21)에 의한 것으로 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

김영학, 정연백, 석원균, 박순전, 이주호 (2007) 초대형 대각가새(Diagrid) 부재 제작 및 시공방법에 관한 사례 연구. 2007년도 학술발표대회 논문집, 한국강구조학회, pp.728-733

주영규, 엄태성, 김진호, 장인화, 한기명, 안선미 (2007) Diagrid 접합부의 구조성능 평가. 2007년도 학술발표대회 논문집, 한국강구조학회, pp.794-799

변태우, 박순전, 주영규, 김상대 (2008) 초대형 대각가새 시스템의 접합부 성능에 관한 연구. 2008년도 학술대회 발표집, 한국강구조학회, pp.215-218

전봉수, 이장홍, 손승현, 김동관 (2008) 초대형 대각가새 접합부의 횡력저항성능 평가. 2008년도 학술대회 발표집, 한국강구조학회, pp.552-555

Barry Charnish and Terry McDonnell (2008) The Bow: Unique Diagrid Structural System for a Sustainable Tall Building. CTBUH 8th World Congress 2008

Kim Jong Soo, Kim Young Sik, Lho Seung Hee (2008) Structural Schematic Design of a Tall Building in Asia using the Diagrid System

Mir M. Ali and Moon Kyoung Sum (2007) Structural Developements in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects. Architectural Science Review Volume 50.3, pp.205~223

Moon Kyoung Sun, Jerome J. Connor and John E. Fernandez (2007) Diagrid structural system for tall buildings: Characteristic and methodology for preliminary. The structural design of tall and special buildings. 16, pp.205~230.

Reprot (2008) Proposed methodology to determine R-values for steel diagrid framed systems. SOM, New York.

Ju Young K., Kim Young-Joo, Jeong In-Yong, Park Soon-Jeon, Kim Jin-Ho, Kim Sang-Dae (2008) Diagrid structural system of Lotte super tower (555m), Proceedings of Int. Conf. on Moscow Gaining Height.

(접수일자 : 2009. 2. 6 / 심사일 2009. 2. 20 / 게재확정일 2009. 8. 10)