

단층 래티스 돔의 용접 접합부에 관한 실험연구

An Experimental Study on Welded Joints for Single-Layer Latticed Domes

서상훈* 최준호** 이영학*** 김희철**** 김민숙***** 이성민*****
Seo, Sang Hoon Choi, June-Ho Lee, Young Hak Kim, Heecheul Kim, Min-Sook Lee, Sung-Min

요약

사회가 발전함에 따라 대공간 구조물의 필요성이 증대되고, 더 넓은 공간을 확보하려는 노력이 지속되고 있다. 그러나 기존의 방법으로는 공간의 확보에 있어서 기술적 어려움이 따른다. 본 논문에서는 단층 래티스 돔에 적용 가능한 용접 접합부를 제안함으로써, 기존의 단층 래티스 돔보다 더 넓은 공간과 안정성을 확보할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다. 또한, 제안된 용접 접합부를 바탕으로 하여, 유한요소해석과 실험을 통해 제안된 용접 접합부의 구조적 성능을 평가하고자 하였다.

Abstract

Demands for space structures such as domes have increased in Korea. Generally, typical methods for connections of the space structures have technical limits in the space distances of the single latticed domes between supports. In this paper, improved welded joints for single-layer lattice domes was suggested and compared with the existing connections of the single layer latticed domes through both analytical and experimental studies.

키워드 : 대공간 구조, 단층 래티스 돔, 용접 접합부

Keywords : Space structures, Single-layer latticed domes, welded joints

1. 서론

단층 래티스 돔은 면내에 부재를 일정한 패턴으로 배치함으로써 형상을 구성하는 대공간 구조 시스템이다. 이는 부재의 크기를 줄일 수 있어 경제적 설계 및 시공을 할 수 있지만, 복층 래티스 돔

에 비해 강성이 매우 작다는 단점을 가진다¹⁾. 본 연구에서는 기존의 접합부보다 강성이 향상된 용접 접합부를 제안하고, 유한요소 해석 및 실험을 수행하여 제안된 용접 접합부의 강성 및 내력을 비교·분석 하였다. 또, 그 결과를 바탕으로 하여 접합부에 영향을 미치는 인자를 도출해 내고, 실험을 통한 성능평가를 하고자 하였다.

* 학생회원, 경희대학교 건축공학과 석사과정
Tel: 031-201-2864 Fax:031-202-8854
E-mail : seosanghoon@khu.ac.kr

** 학생회원, 경희대학교 건축공학과 석사과정
E-mail : choijuneho@khu.ac.kr

*** 정회원, 경희대학교 건축공학과 전임강사, 공학박사, 건축구조기술사.
E-mail : leeyh@khu.ac.kr

**** 정회원, 경희대학교 건축공학과 교수, 공학박사
E-mail : kimhc@khu.ac.kr

***** 정회원, (재)한국건설품질연구원, 연구원
E-mail : fatalvirus@empal.com

***** 정회원, (재)한국건설품질연구원, 이사, 공학박사
E-mail : safecity@empal.com

2. 제안된 접합부의 구조성능 평가

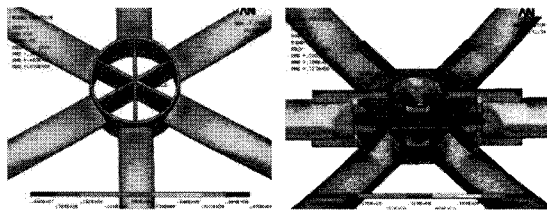
2.1 유한요소해석

본 연구에서는 ANSYS 10.0을 이용하여 3차원 유한요소해석을 수행하였다. 용접접합부 모델의 전체적인 거동 및 응력분포를 분석하고자 각각의 접합부에 대한 전체 형상을 모델링 하였으며 6개의 지관에 대해 x, y 방향으로 변위를 구속하고,

변위제어 방법을 이용하여 (-z) 방향으로 100mm에 이를 때까지 가력하였다.

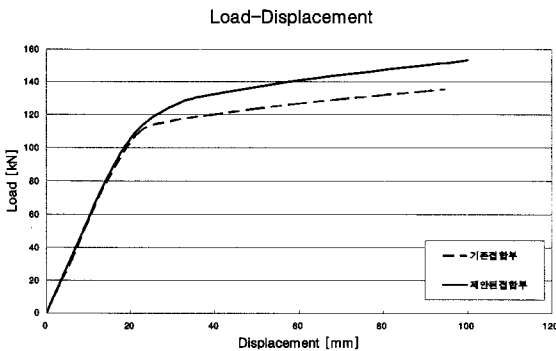
그림 1의 (a)에서와 같이 기존 접합부는 중앙부의 접합부에서는 응력변화가 거의 없었으며, 6개의 지강관에서 응력이 고르게 분포하는 것을 알 수 있다. 또한, 접합부에 인접한 지강관에서 응력 집중이 일어나는 것을 알 수 있다. 그림 1의 (b)와 같은 제안된 접합부 역시 유사한 형태의 응력분포를 나타내었으며, 이를 바탕으로 접합부의 안정성과 지강관에서의 파괴되는 위치를 어느 정도 예측할 수 있다.

그림 2의 하중-변위 곡선에서와 같이 기존 접합부와 제안된 접합부의 해석 결과, 제안된 접합부가 기존 접합부에 비해 같은 변위 하에서 하중을 더 많이 받는 것을 알 수 있다. 또한, 기존 접합부와 제안된 접합부의 초기강성은 거의 유사한 것을 알 수 있다.



(a) 기존 접합부 (b) 제안된 접합부

<그림 1> 접합부의 응력 분포



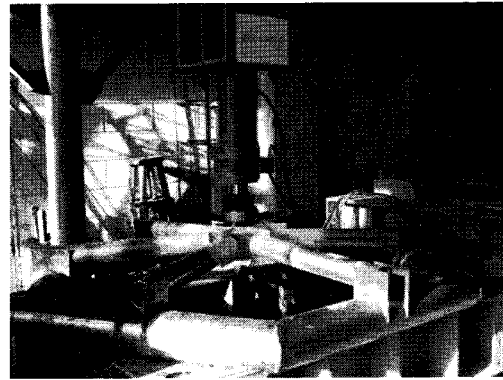
<그림 2> 해석에 의한 하중-변위 곡선

2.2 용접접합부 실험

그림 3과 같이 해석모델과 동일한 시험체를 제작하여 가력프레임 위에 올려놓고, 오일재 시스템을

을 이용하여 주강관에 하중을 재하하였다. 하중은 오일재 하부에 설치한 로드셀을 이용하여 측정하였으며, 변위는 시험체 중앙부에 2개의 LVDT를 설치하여 데이터를 수집하였다.

시험체의 치수는 표 1과 같다.



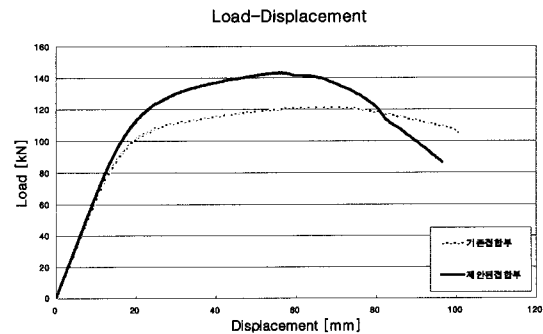
<그림 3> 시험체 셋팅

<표 1> 시험체 치수

시험체명	기존 접합부	제안된 접합부
주강관 (mm)	Ø267.4×8	Ø139.8×4.5
지강관 (mm)	Ø101.6×3.2	Ø101.6×3.2

2.3 실험결과 및 타당성 검토

용접 접합부의 실험 결과, 하중-변위 곡선은 그림 4와 같다. 기존 접합부와 제안된 접합부의 실험결과는 해석결과와 유사하게 나타났다.



<그림 4> 실험에 의한 하중-변위 곡선

<표 2> 초기강성 및 내력

시험체명	기존 접합부	제안된 접합부
초기강성(kN/mm)	6.29	6.62
항복하중 (kN)	85.05	100.02
항복변위 (mm)	14.51	16.40
극한하중 (kN)	121.21	143.29
극한변위 (mm)	68.67	55.80

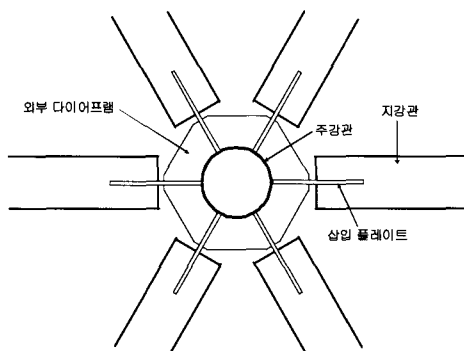
시험체의 초기강성 및 내력은 표 2와 같다. 실험결과, 접합부의 초기강성은 기존 접합부에 비해 제안된 접합부가 더 향상되었음을 알 수 있다. 항복하중과 극한하중 역시 제안된 접합부가 더 높았으며, 그 때의 변위 또한 제안된 접합부가 더 유리하였다.

이와 같이 기존 접합부와 제안된 접합부의 유한요소 해석 및 실험 결과, 기존 접합부에 비해 제안된 접합부의 강성 및 내력이 현저히 증가하였음을 알 수 있으며, 그 요인은 제안된 접합부에 적용된 삼입 플레이트라고 판단된다.

3. 변수에 의한 실험 결과 비교

3.1 실험 개요

제안된 접합부의 각 부분의 명칭은 그림 5와 같다. 이 실험에서는 기 수행된 실험과 동일한 실험 조건으로 실험이 진행되었으며, 표 3과 같이 삼입 플레이트의 두께를 변수로 하고 나머지 치수는 제안된 접합부와 동일하게 하여 실험을 수행하였다.



<그림 5> 시험체 각 부의 명칭

<표 3> 시험체의 치수

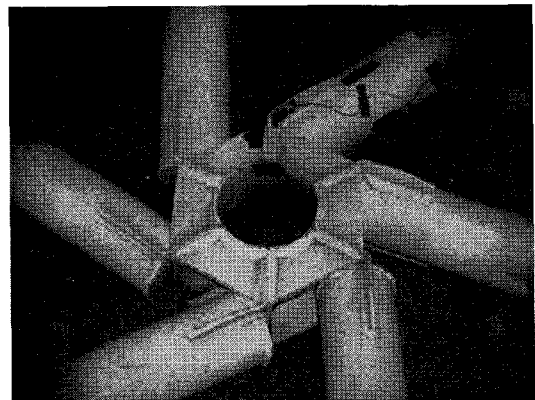
시험체명	W-6T	W-9T	W-12T
플레이트두께(mm)	6	9	12

3.2 실험 결과 및 고찰

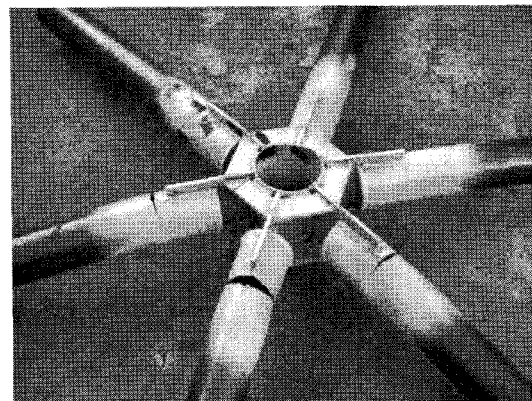
삼입 플레이트의 두께를 변수로 하여 실험한 결과를 정리하면 다음과 같다.

그림 6의 W-6T 시험체는 지강관보다 삼입 플레이트에서 먼저 항복이 발생하여, 117.21kN에서 부재가 파단되기 시작하였다. 이는 삼입 플레이트의 판폭두께비에 의한 영향으로, 접합부의 제안에 있어서 중요한 요인임을 알 수 있다.

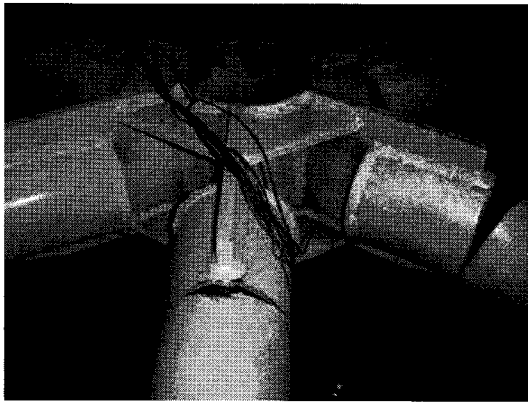
그림 7의 W-9T 시험체는 100.02kN에서 항복하였고, 143.29kN에서 파괴되기 시작하였다. 해석 결과에서 보듯이 지강관의 응력이 집중되는 부분의 하부가 찢어지는 파괴양상을 나타내었다.



<그림 6> W-6T



<그림 7> W-9T

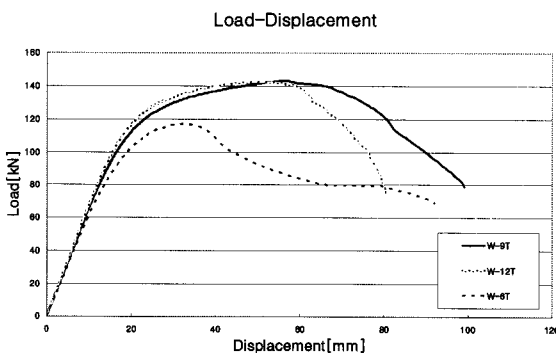


<그림 8> W-12T

그림 8의 W-12T 시험체는 106.83kN에서 항복하였고, 142.54kN에서 파괴되기 시작하였다. 파괴형상은 W-9T 시험체와 동일하였으며, 극한하중 이후의 하중의 감소가 급격하게 진행되었다.

<표 4> 초기강성 및 내력

시험체명	W-6T	W-9T	W-12T
초기강성(kN/mm)	6.23	6.62	6.78
항복하중 (kN)	88.32	100.02	106.83
항복변위 (mm)	15.51	16.40	17.04
극한하중 (kN)	117.21	143.29	142.54
극한변위 (mm)	32.65	55.80	49.81



<그림 9> 두께별 하중-변위 곡선

각 시험체의 초기강성 및 내력은 표 4와 같다. 삽입 플레이트의 두께가 증가할수록 초기 강성이 증가함을 알 수 있다. 또, W-9T와 W-12T를 비교해 보았을 때, 항복하중과 극한하중의 차이는 미미하지만 극한변위는 W-12T가 더 적음을 알 수

있다. 이는 플레이트의 두께가 두꺼울수록 초기강성은 커지지만, 변형능력은 감소한다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 그림 9의 하중-변위 곡선에서도 잘 나타나 있다.

4. 결론

제안된 용접 접합부의 타당성 평가 및 변수에 의한 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 기존 접합부와 제안된 접합부의 해석 및 실험결과, 기존접합부에 비해 제안된 접합부의 초기강성 및 내력이 더 우수하였다. 이는 제안된 접합부에 적용된 삽입 플레이트의 영향이 가장 크다고 판단된다.

(2) 제안된 접합부에서 삽입 플레이트의 두께에 따른 실험을 수행한 결과, 플레이트의 두께가 얇으면 접합부의 플레이트에서 횡좌굴에 의한 파괴가 일어나며, 그로 인해 조기에 하중이 감소하였다. 또, W-9T와 W-12T를 비교해 보았을 때, 플레이트의 두께가 어느 정도 이상이 되면 하중의 증감은 미미하지만, 변형능력은 감소하였다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 연구개발사업의 연구비 지원 (과제번호# 06 건설핵심B03)에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- Aitziber Lopez, Inigo Puente, Miguel A. Serna, (2007) Numerical model and experimental tests on single-layer latticed domes with semi-rigid joints, computers and Structures, 85, pp.360-374.
- 대한건축학회 (1998), 강관구조 설계기준 및 해설, 대한건축학회.
- 박철호, 한상을, (2003) 볼트 삽입식 볼 조인트의 휨 강성 평가에 관한 실험적 연구, 대한건축학회논문집, 구조계, Vol.19, No.11, pp. 65-72.