

단층라멜라 돔의 시공 중 접합부 강성에 따른 좌굴특성

The Buckling Characteristics of Single-Layer Lamella Domes according to the Joint Flexibility under Construction

석 창 목*
Suk, Chang-Mok

김 철 환**
Kim, Cheol-Hwan

정 환 목***
Jung, Hwan-Mok

요 약

단층 래티스 돔과 같은 스페이스 프레임 구조물은 대공간을 확보하기 위하여 강접합으로 설계함으로써 경제성과 심미성 등의 장점을 확보할 수 있다. 그러나 실제 구조물의 접합상태는 완전한 강접합도, 완전한 핀접합도 아닌 접합부 상세에 따라 중간적인 특성을 나타내는 반강접합이 일반적이다. 본 연구에서는 저자 등에 의해 제안된 Step-Up Erection 공법을 적용하여 단층 라멜라 돔의 접합부 강성에 따른 시공 중의 좌굴 특성을 해석적으로 규명하였다. 얻어진 결과는 시공 Step이 증가할수록 그리고 접합부 휨강성이 핀접합에 가까울수록 좌굴내력은 감소하였으며, 좌굴모드는 시공 Step이 증가할수록, 접합부 휨강성이 강접합에 가까울수록 돔의 정점 부근에서 뿔좌굴 현상에 의한 절점좌굴이 발생하였다. 또한, 시공 Step이 낮을 경우 저면 경계부의 원주방향 부재에서 큰 인장응력 분포를 나타내었으며, 시공 Step이 증가할수록 정점 중앙부에서 큰 압축응력 분포를 보였다. 완성돔을 제외한 시공 중 Step에서는 Step이 증가할수록, 접합부 휨강성이 핀접합에 가까울수록 저면부 경선방향 부재에서 큰 인장응력 분포를 나타내었다.

Abstract

Single-layer latticed domes with rigid-joint have an advantage in the construction cost and the aesthetic. But, in single-layer latticed domes, the joints are hard to discriminate between pin-joint and rigid-joint, and consisted of semi-rigid joint in practical. And the erection of large roof structures requires special techniques. As one of these special techniques is the Step-Up erection method. This paper verified buckling characteristics of single-layer lamella domes according to the Joint flexibility under construction by Step-up method. The results are follows: As erection steps increase, the buckling strength decreases. It is occurred the joint buckling by snap through on the top of dome when the joint flexibility close the rigid. And large tensile stress distribution appeared in circumferential member of bottom boundary when the step of construction is low. As the step of construction increase, large compressive stress distribution showed in the top of dome.

키워드 : 단층라멜라 돔, Step-Up Erection 공법, 접합부 강성, 좌굴특성

Keywords : Single-layer Lamella Dome, Step-Up Erection Method, Joint Flexibility, Buckling Characteristic

1. 서 론

현재 구미 및 일본 등에서는 우리나라와는 비교가 되지 않을 정도로 많은 대공간 건축물이 건립되어 있으며, 세계적으로 대공간 구조물의 수요는 점점

증가하고 있는 추세이다. 이에 대공간 구조물의 기술력 확보는 중요한 과제로 대두되고 있다. 특히, 대공간 스페이스 프레임 구조물의 경우, 골조설치를 위한 가설공사와 Erection 공사가 전 공정에서 차지하는 비율이 높으며, 이 부분의 시공자동화에 의해 공기단축, 공비 절감 그리고 사고방지 등 시공 효율성을 극대화할 필요성이 있다. 자동화 시공은 그 사례가 거의 없으며, 현재까지 건설된 이 분야 구조물 규모가 국내에서는 대부분 소규모이었기 때문에

* 경북대학교 건축도시환경공학부 시간강사, 공학박사

** 교신저자, 경북대학교 건축도시환경공학부 교수

Tel: 054-530-1374 Fax: 054-530-1379

E-mail : chk@knu.ac.kr

*** 경동대학교 건축토목공학부 교수

Element 공법, Block 공법 등에 의한 수동화 공법 또는 반자동화 공법에 의한 시공이 대부분이었다.¹⁾ 그러나 대공간 건축물의 경우 수동화 공법에 의한 시공으로는 시공단가, 공기 그리고 안전성 등에서 국제 경쟁력을 확보할 수가 없다. 대공간 건축물의 규모가 커질수록 공비와 공기를 대폭 절감할 수 있는 시공 자동화가 절실히 요구되며, 이에 저자 등에 의해 Step-Up Erection 공법으로 불리는 시공자동화공법이 개발되었다.²⁾

Step-Up Erection 공법은 돔의 중앙부에 자동화 시스템 서포터를 설치하고, 경계부 절점에 잭 서포터를 사용하여 골조를 지상조립하며, 마지막에는 중앙부분을 Lift-up 공법으로 최종위치에 돔 구조물을 설치하는 공법으로 시공안전성 확보는 물론 공기와 공비의 대폭적인 절감이 예상된다. 그러나 이 공법은 아직 시공사례가 없으며, 특히 시공 중 대공간 스페이스 프레임의 접합부 강성을 정확하게 평가하는 것은 매우 어려운 문제이다.

단층래티스 돔의 경우 접합부의 강성은 좌굴내력에 많은 영향을 미침에도 불구하고, 구조설계의 대부분은 접합부 조건이 완전히 강접이든지 혹은 완전히 핀접인 조건을 해석대상으로 하고 있다. 그러나 실제 구조물의 접합상태는 완전한 강접합도, 완전한 핀접합도 아닌 접합부 상세에 따라 중간적인 특성을 나타내는 반강접합이 일반적이다.^{3,4)} 그러므로 본 논문은 Step-Up Erection 공법에 의해 단층래티스 돔의 지붕골조를 인양할 경우 실제로 존재 가능한 접합부의 강성조건을 상정하여 이들 강성조건이 돔의 좌굴특성에 미치는 영향을 검토하는 것을 그 목적으로 한다.

2. 해석모델

2.1 형상모델

〈그림 1〉은 해석모델의 형상과 네트워크 패턴을 나타낸다. 〈그림 1〉의 (a), (b), (c), (d)는 각각 해석 대상 돔의 모델형상 그리고 절점번호와 부재번호,

지점조건을 나타낸다. 해석에 사용된 단층 래티스 돔은 저면직경 60m, 높이 10m, 정점에서 경계부 지점까지 경선방향 분할수가 5분할이다. 〈그림 2〉는 해석 Step별 지점 조건을 나타낸다. 시공 효과를 고려하여 Step1~Step3은 잭 서포터가 설치된 저면부분은 Y방향 이동만 구속하고, 시스템 서포터가 설치된 중앙부는 X, Z방향 이동을 구속한다. Step4와 완성돔의 지점은 모두 핀으로 가정한다.

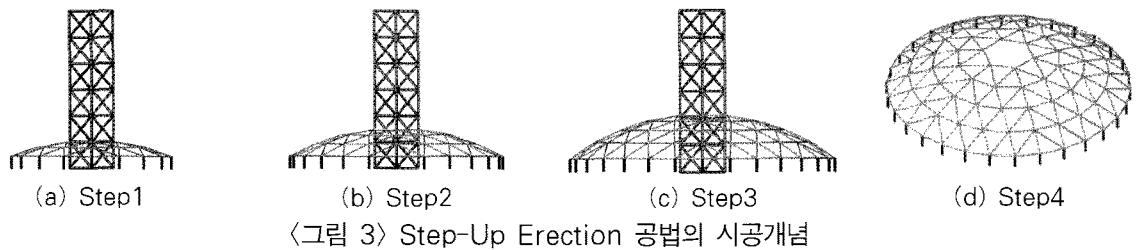
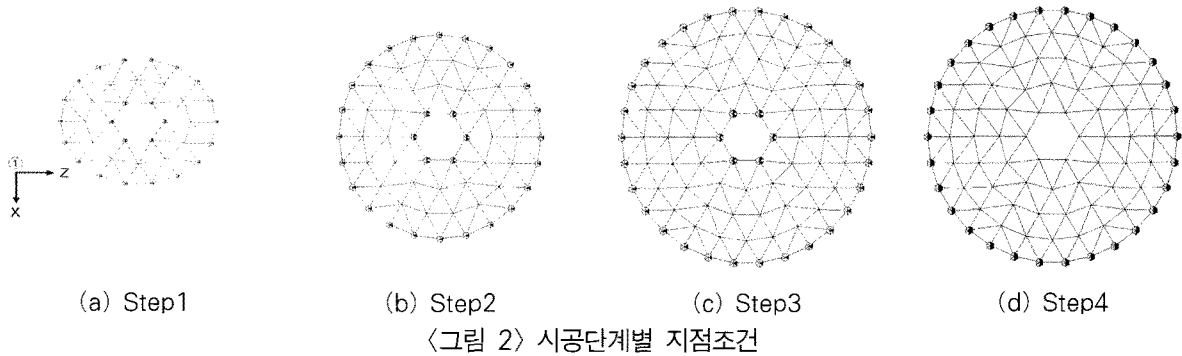
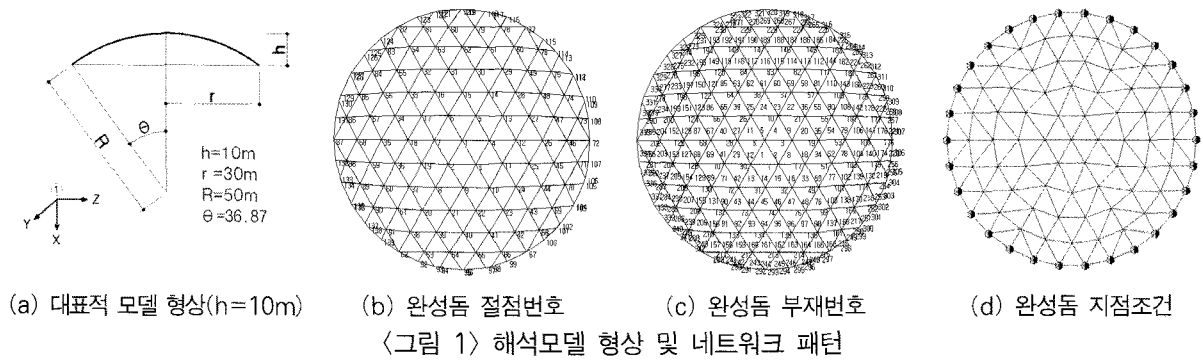
〈그림 3〉은 Step-Up Erection 공법의 시공개념을 나타내고 있다. 먼저 시스템 서포터를 설치하고, 돔의 2번째 분할의 부재를 지상에서 조립한 다음 저면부분의 잭 서포터에 의해 소정의 높이까지 이동시킨다. 그리고 다음 분할 부분의 부재를 반복 설치한다. 마지막으로 시스템 서포터를 제거한 후 돔의 정점 중앙부분의 부재를 설치하여 완성한다. 본 논문에서는 Step1에서는 3번째 분할, Step2와 Step3에서는 4번째, 5번째 분할을 설치한 경우로 설정하였으며, Step4에서는 시스템 서포터를 제거한 경우로 설정하였다.

〈표 1〉은 Step별 해석모델의 절점수, 부재수 그리고 반력수를 나타낸다. 사용부재와 영계수, 지점조건 등은 표의 비고란에 나타낸다.

〈표 1〉 해석모델의 기본제원

| 시공단계 | 절점수 | 부재수 | 반력수 | 비 고 |
|-------|-----|-----|-----|--|
| Step1 | 36 | 84 | 30 | *사용부재: φ355.6×8.0 |
| Step2 | 60 | 150 | 36 | *영계수 E: 205,000(N/mm ²) |
| Step3 | 90 | 234 | 42 | *프와송비 ν: 0.3 |
| Step4 | 90 | 234 | 90 | *지점조건: 회전, 이동 |
| 완성돔 | 91 | 240 | 90 | *작용하중: 연직하중 |

한편, 접합부에 집중하는 이상적인 스프링강성에 의해 접합부 휨강성은 아래식으로 나타낸다.^{3,5)}



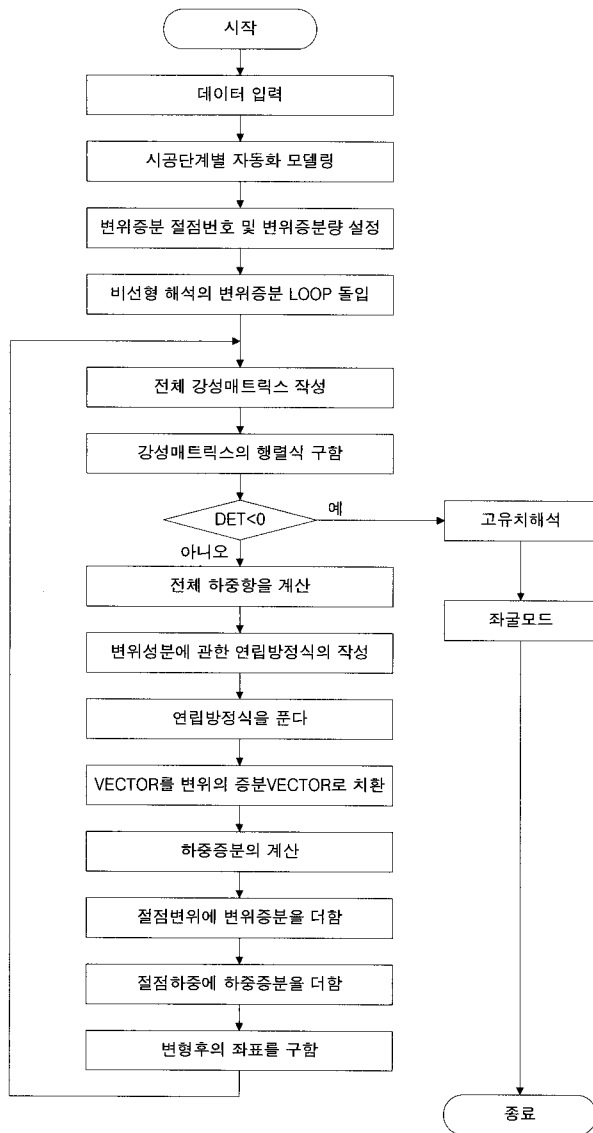
$$K_{\theta} \times \frac{6EI}{L_i} \quad (1)$$

여기서 K_{θ} 는 무차원화된 휨강성의 계수를 나타내며, 우수좌표계에서 부재축방향을 Z축으로 할 때 $K_{\theta} = K_{\theta x}$ (면내휨) = $K_{\theta y}$ (면외휨)를 나타내며, $K_{\theta z}$ (비틀림) = ∞ 로 가정한다. E 는 영계수, I 는 단면2차모멘트, L_i 는 i 번 부재의 부재길이를 나타낸다.

본 해석에 있어서 K_{θ} 는 10^5 , 10^1 , 10^0 , 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-5} 의 6종류로 하며, 이때 10^5 은 강접합, 10^{-5} 는 핀접합을 의미하고, 나머지의 것은 그 중간적인 강성상태를 나타낸다. 또한 본 해석에 있어서 접합부 휨강성은 부재축방향의 응력과는 관계가 없다고 가정한다.

2.2 해석방법

해석방법은 3차원 공간을 구성하고 있는 프레임을 기하학적 비선형성을 고려하는 유한요소법에 의해 정식화했으며^{5,6,7}, 하중은 연직하중이 작용하고 1부재 1요소로 모델링하여 검토한다. 즉 부재요소에는 자유도를 두지 않음으로 인하여 본 연구에서는 전체좌굴과 절점좌굴에 대한 검토를 할 수 있으며, 부재좌굴에 대한 검토는 차후의 연구로 미루고자 한다. 수치계산은 최대변위증분을 갖는 절점변위에 관한 증분법을 적용하고, 각 증분단계에서 강성행렬의 행렬식을 계산하여서 분기점을 구한다. 또한 이 분기점에서 고유치 해석을 행하여 이 고유벡터로부터 분기좌굴모드를 구한다.^{8,9,10} 〈그림 4〉는 해석 프로그램 흐름도를 나타낸다.



〈그림 4〉 프로그램 흐름도

3. 해석결과 및 고찰

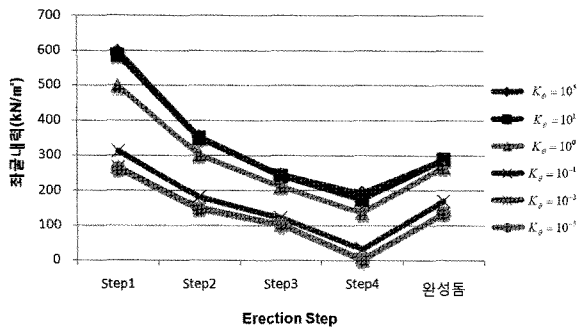
3.1 좌굴특성

〈표 2〉는 각 모델에 대한 해석결과를 나타낸다. K_{θ} 는 접합부 휨강성 계수, Q_{cr} 은 각 모델의 좌굴내력, α 는 시공 Step별 각 모델의 좌굴내력을 해당 Step의 접합부 휨강성 계수 $K_{\theta} = 10^5$ 의 좌굴내력을 기준값으로 무차원하여 나타낸 것이다. N_{max} 는 좌굴직전 부재의 최대 축력크기를 나타낸다. 또한 좌굴직전 X방향, Y방향, Z방향의 최대변위는 U_{max} , V_{max} , W_{max} 로 각각 나타낸다.

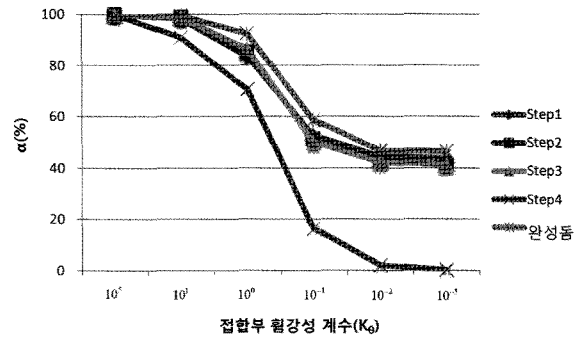
〈표 2〉 해석결과

| Step | K_{θ} | Q_{cr} (kN/m ²) | α (%) | N_{max} (kN) | U_{max} (mm) | V_{max} (mm) | W_{max} (mm) |
|-------|--------------|----------------------------------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Step1 | 10^5 | 598.96 | 100.0 | 13148.90 | 131.99 | 688.85 | 133.97 |
| | 10^1 | 586.58 | 98.10 | 12768.84 | 128.32 | 668.97 | 130.22 |
| | 10^0 | 498.83 | 83.42 | 10155.04 | 103.44 | 549.05 | 105.10 |
| | 10^{-1} | 313.19 | 52.38 | 6036.93 | 61.30 | 349.15 | 63.25 |
| | 10^{-2} | 266.07 | 44.50 | 5188.49 | 52.08 | 309.19 | 54.08 |
| Step2 | 10^5 | 353.49 | 100.0 | 17999.98 | 241.49 | 836.95 | 240.74 |
| | 10^1 | 349.68 | 98.92 | 17766.01 | 238.72 | 827.58 | 237.90 |
| | 10^0 | 300.84 | 85.11 | 14513.39 | 196.87 | 725.76 | 196.99 |
| | 10^{-1} | 181.31 | 51.29 | 8103.32 | 107.59 | 413.22 | 111.38 |
| | 10^{-2} | 150.97 | 42.71 | 6695.72 | 87.94 | 337.67 | 91.99 |
| Step3 | 10^5 | 245.09 | 100.0 | 22913.17 | 374.89 | 1019.33 | 374.95 |
| | 10^1 | 242.37 | 98.89 | 22540.43 | 368.83 | 978.14 | 368.81 |
| | 10^0 | 212.10 | 85.64 | 18987.96 | 311.67 | 912.82 | 310.25 |
| | 10^{-1} | 122.56 | 50.01 | 9712.12 | 159.29 | 449.35 | 166.29 |
| | 10^{-2} | 103.25 | 42.13 | 8166.92 | 132.78 | 389.38 | 139.56 |
| Step4 | 10^5 | 192.84 | 100.0 | 5038.69 | 36.26 | 189.24 | 41.87 |
| | 10^1 | 175.09 | 90.79 | 4519.46 | 32.49 | 169.25 | 37.51 |
| | 10^0 | 136.07 | 70.56 | 3497.21 | 24.90 | 129.30 | 28.75 |
| | 10^{-1} | 31.68 | 16.43 | 915.79 | 42.75 | 224.41 | 49.37 |
| | 10^{-2} | 3.94 | 2.04 | 156.10 | 18.24 | 89.08 | 21.06 |
| 완성돔 | 10^5 | 0.44 | 0.23 | 34.86 | 7.19 | 34.00 | 8.31 |
| | 10^5 | 289.32 | 100.0 | 7699.08 | 63.89 | 351.16 | 60.37 |
| | 10^1 | 288.09 | 99.58 | 7704.31 | 64.01 | 351.31 | 60.66 |
| | 10^0 | 267.21 | 92.36 | 7292.56 | 60.20 | 312.37 | 54.20 |
| | 10^{-1} | 169.55 | 58.60 | 4712.03 | 35.35 | 185.81 | 34.33 |
| 완성돔 | 10^{-2} | 135.38 | 46.79 | 3767.84 | 27.63 | 147.56 | 27.84 |
| | 10^{-5} | 134.62 | 46.53 | 3778.01 | 27.64 | 146.71 | 28.80 |

〈그림 5〉와 〈그림 6〉에 해석모델별 좌굴내력과 접합부 휨강성 계수 K_{θ} 의 변화에 따른 좌굴내력의 저하율을 나타낸다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 시공 중 좌굴내력은 Step이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 돔의 정점부분 시스템 서포터가 제거된 Step4의 경우 기하학적 형상에 의하여 좌굴내력이 가장 낮은 값을 나타낸다. 특히, Step별 접합부 휨강성 계수가 감소할수록 좌굴내력은 감소함을 알 수 있으며, 접합부 휨강성 계수 10^0 과 10^{-1} 사이에서 가장 큰 좌굴내력 감소를 나타내고 있다. 접합부 휨강성 계수가 10^5 과 10^1 그리고 10^{-2} 과 10^{-5} 은 좌굴내력의 감소가 미소하다. Step별 접합부 휨강성의 감소에 따른 좌굴내력의 감소는 Step1,



〈그림 5〉 해석모델별 좌굴내력



〈그림 6〉 K_θ 에 의한 좌굴내력의 저하율

| | $K_\theta = 10^5$ | $K_\theta = 10^1$ | $K_\theta = 10^0$ | $K_\theta = 10^{-1}$ | $K_\theta = 10^{-2}$ | $K_\theta = 10^{-5}$ |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Step1 | | | | | | |
| Step2 | | | | | | |
| Step3 | | | | | | |
| Step4 | | | | | | |
| 완성돔 | | | | | | |

〈그림 7〉 해석모델별 좌굴모드 및 좌굴절점

Step2 그리고 Step3은 유사한 경향을 나타낸 반면, Step4에서는 접합부 휨강성의 변화에 따라 좌굴내력 감소가 크게 영향을 받음을 알 수 있다. 완성돔의 경우는 접합부 휨강성 계수가 $10^0 \sim 10^{-1}$ 에서는 좌굴내력이 크게 감소하나 $10^5 \sim 10^0$, $10^{-1} \sim 10^{-5}$ 에서

는 시공 중 Step에 비해서 완만함을 알 수 있다.

3.2 거동특성

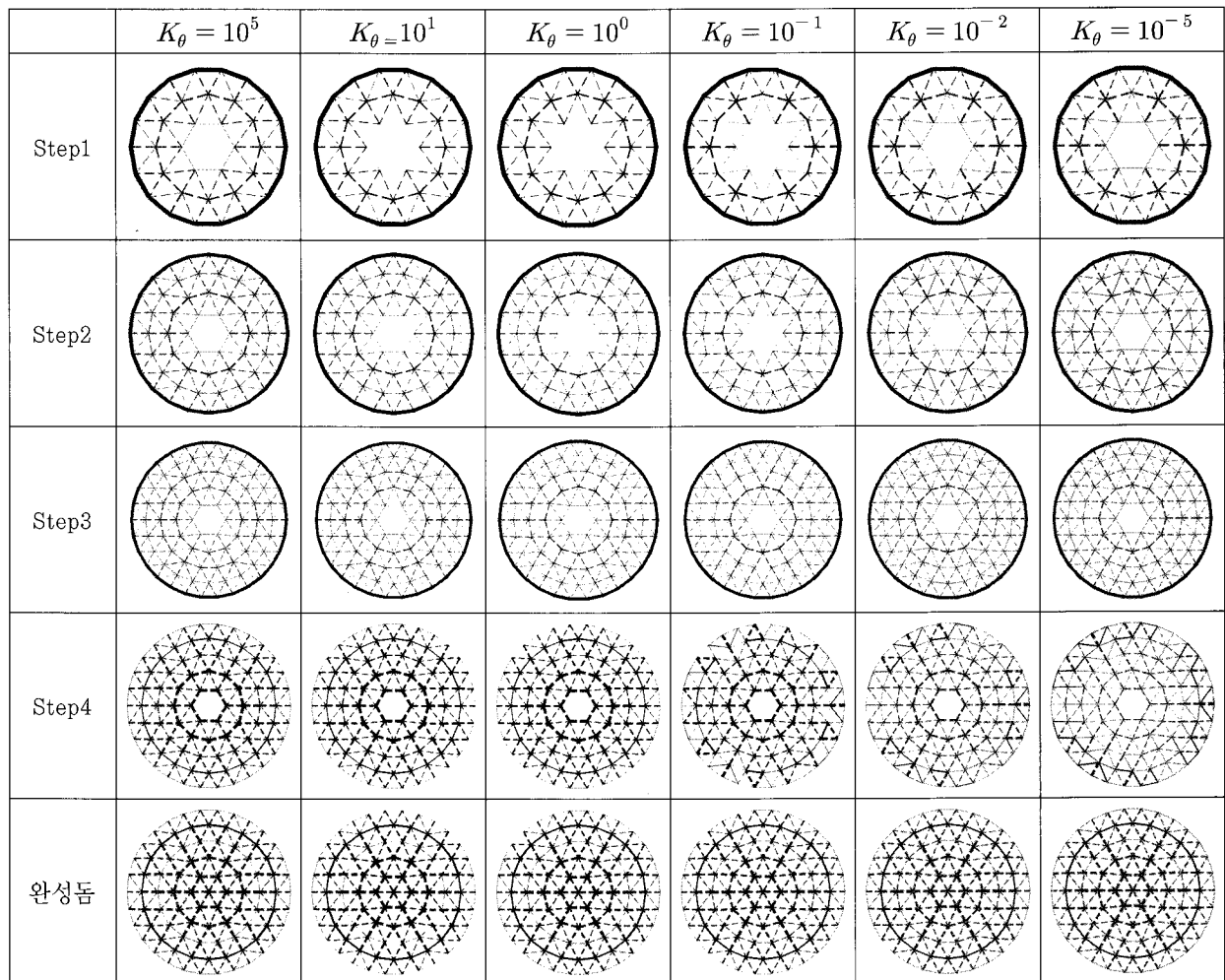
〈그림 7〉은 해석모델별 좌굴모드를 나타낸다. 그림 중의 ●표시는 좌굴위치를 나타낸다. 시공 Step

이 증가할수록 정점 중앙부에서 좌굴이 발생하며, 이 현상은 Step이 증가할수록 뿔좌굴 현상에 의한 절점좌굴의 경향을 나타낸다. Step1의 경우 절점강성에 관계없이 전 모델이 전체좌굴의 경향을 보인다. 이는 Step1의 경우 부재 수가 적고 상대적으로 많은 수의 지점에 지지되어 있기 때문이며 좌굴내력 또한 높은 값을 나타낸다. 11) Step3의 경우 접합부 휨강성 계수 $K_{\theta} = 10^0$ 을 기준으로 분명한 차이를 보이고 있다. 접합부 휨강성 계수가 10^0 보다 큰 경우는 돔의 저면 경계부 근방에서 좌굴이 발생하였으나, 접합부 휨강성 계수가 10^0 보다 작은 경우는 돔의 정점 중앙부에서 좌굴이 발생하였다. 반면, Sep4의 경우 절점강성에 관계없이 기하학적 형태로 인하여 정점 중앙부에서 좌굴이 발생하였다. 완성돔의

경우는 절점강성이 $10^5 \sim 10^0$ 에서는 돔의 중앙부에서 대칭 형태의 절점좌굴을 나타내고 있으며, 절점강성이 $10^{-1} \sim 10^{-5}$ 에서는 돔의 정점 중앙부에서 원주방향 첫 번째 분할 부분의 2, 3, 4, 5, 6, 7번의 6개의 절점들이 모두 좌굴하는 경향을 나타내고 있다.

3.3 부재력 및 변위 특성

〈그림 8〉은 해석모델별 좌굴직전 축력도를 나타낸다. 그림에서 —는 인장응력을 ---는 압축응력을 나타내며, 선의 굵기는 축응력의 크기를 비례적으로 나타낸 것이다. 시공 Step이 낮은 경우는 저면 경계부의 원주방향 부재에서 큰 인장응력 분포를 나타내고 있으며, Step이 증가할수록 정점 중앙부에서 큰 압축응력 분포를 보이고 있다. 이는 Step1~Step3에

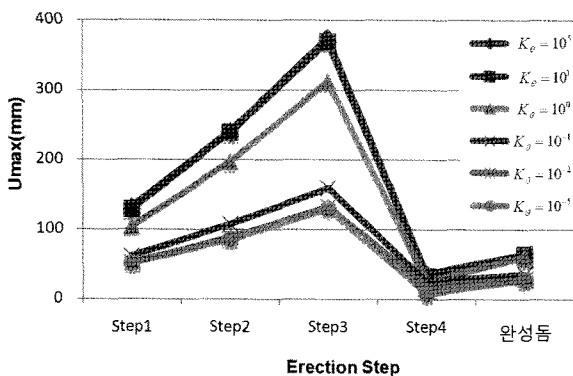


〈그림 8〉 해석모델별 축력분포(—인장, ---압축)

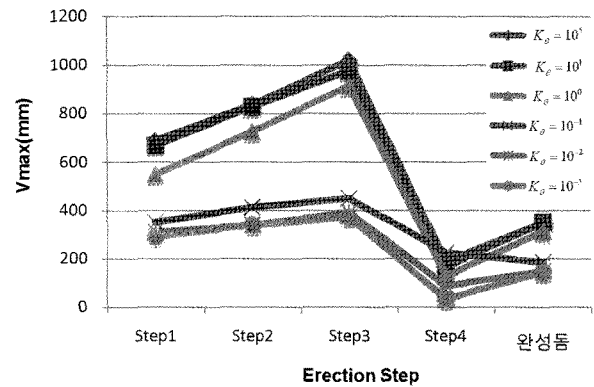
서는 지점조건이 경계부에서는 Y방향, 중앙부에서는 X, Z방향 이동이 구속되어 있는 반면 Step4와 완성돔에서는 경계부 지점조건이 핀지점으로 되어 있어 변형이 구속되기 때문인 것으로 사료된다.

Step에 관계없이 모든 해석모델이 접합부 휨강성 계수 10^0 이상에서는 모든 경선방향 부재가 압축응력을 나타내고 있으나, Step1과 완성돔을 제외한 Step2~Step4에서는 접합부 휨강성 계수가 10^{-1} 이하에서 경선방향부재의 일부에서 인장응력 분포를 나타내고 있다. 특히, Step4의 경우는 접합부 강성이 핀접합에 가까울수록 돔의 정점 중앙부의 원주방향 부재보다 저면 경계부의 경선방향 부재에서 큰 압축응력을 보이고 있으며, 인장응력 또한 접합부 강성이 핀접합에 가까울수록 저면 경계부의 원주방향 부재에서 일부 경선방향 부재로 인장응력 분포가 변화함을 알 수 있다.

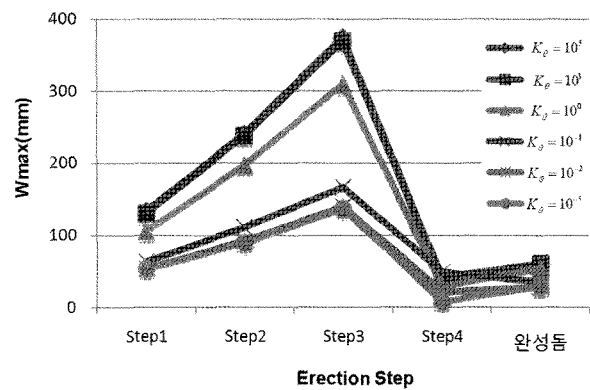
〈그림 9〉 ~ 〈그림 11〉은 좌굴직전 각 방향의 최대 변위를 나타낸다. 전 해석모델에서 Y방향 최대변위인 V_{max} 가 X, Z방향 최대변위인 U_{max} , W_{max} 에 비해 큰 값을 나타내고 있으며, Step3에서 가장 큰 변위값을 나타낸다. Step별 좌굴직전 각 방향의 최대변위는 접합부 휨강성이 핀접합에 가까울수록 낮은 값을 나타내고 있으며 Step3에서 가장 큰 변화를 보인 반면 Step4와 완성돔에서는 접합부 휨강성별 최대변위 값의 차이가 미소함을 알 수 있다.



〈그림 9〉 좌굴직전 X방향 최대변위



〈그림 10〉 좌굴직전 Y방향 최대변위



〈그림 11〉 좌굴직전 Z방향 최대변위

4. 결론

본 논문은 Step-Up Erection 공법에 의해 단층 라멜라 돔의 지붕골조를 인양할 경우 실제로 존재 가능한 접합부의 강성조건을 상정하여 이들 강성조건이 돔의 좌굴특성에 미치는 영향을 검토하여 실무자에게 기초적 자료를 제공하는 것을 연구의 주목적으로 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 시공 Step이 증가할수록 그리고 접합부 휨강성이 핀접합에 가까울수록 좌굴내력은 감소한다.

(2) 좌굴모드는 시공 Step이 증가할수록, 접합부 휨강성이 강접합에 가까울수록 돔의 정점 부근에서 뒤틀좌굴 현상에 의한 절점좌굴이 발생하였다.

(3) 시공 Step이 낮을 경우 저면 경계부의 원주방향 부재에서 큰 인장응력 분포를 나타내고 있으며, 시공 Step이 증가할수록 정점 중앙부에서 큰 압축응력 분포를 보이고 있다. 완성돔을 제외한 시공 중

Step에서는 Step이 증가할수록, 접합부 휨강성이 핀 접합에 가까울수록 저면부 경선방향 부재에서 큰 인장응력 분포를 나타낸다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원(과제번호 # '06 건설핵심 B03)에 의해 수행되었습니다.

- 참고문헌 -

1. 정환목, 이성연, 지석원, “대공간 건축물 Erection 공법에 관한 사례 조사 연구”, 한국공간구조학회지, 제7권 제2호, 2007년 4월, pp.97-104
2. 경동대학교 산학협력단, “시공 자동화 공법 개발”, 국토해양부 건설핵심기술연구개발사업 위탁연구 제3차년도 보고서, 2009년 6월
3. 권영환, 최영식, “三角形네트워크 單層래티스돔의 挫屈特性에 있어서 接合部剛性的의 影響에 관한 研究”, 대한건축학회논문집 제9권 제5호, 1993년 5월, pp.97-109
4. 김승덕, “반강접합 프레임형 대공간 구조물의 비선형 불안정 해석에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 구조계 제18권 제3호, 2002년 3월, pp.55-62
5. 권영환, “삼각형 네트워크를 갖는 단층 래티스 돔의 좌굴특성에 관한 연구”, 공학박사학위논문, 부산대학교 대학원 건축공학과, 1993
6. 김철환, 석창목, 정환목, “단층 라멜라 돔의 시공중 서포트 위치에 따른 좌굴 특성”, 한국공간구조학회 논문집 제10권 제4호, 2000년 12월, pp.67-74
7. Yang, Y. B. and Kuo, S. R., Theory and Analysis of Nonlinear Framed Structures, Prentice Hall, Singapore, 1994, p.450
8. Yamada, M. et al., “Theoretical and Experimental Study on the Buckling of Rigidly Jointed Single Layer Latticed Spherical Shells under External pressure”, Shell, Membranes & Space Frame, Proceedings of the IASS Symposium, Osaka, 1986, pp.113-120
9. Jung, H. M et al., “A Study on Buckling Characteristics of Single-Layer Latticed Domes with Triangular Network”, Second Asian-Pacific Conference on Computational Mechanics, Sydney, 1993.8
10. M. Yamada, “An Approximation on the Buckling Analysis of Orthogonally Stiffened and Framed Spherical Shell”, Shell and Spatial Structure Engineering, IASS Symposium, Rio de Janerio, Pentech Press, 1988, pp.177-193
11. Heki, K. “Buckling of lattice domes: state-of-the-art”, Nonlinear Analysis and Design for Shell and Spatial Structures, Proceeding of the Seiken-IASS Symposium, Tokyo, 1993, pp.159-166

(접 수 일 자 : 2011년 2월 14일)

(심사 완료일자 : 2011년 5월 11일)

(게재 확정일자 : 2011년 5월 27일)