

## 接合部 偏心を 고려한 單層래티스돔의 挫屈特性에 관한 研究

### A Study on Effect of the Junction's Eccentricity for Buckling Characteristics of Single-Layer Latticed Domes

朴 芝 英\*  
Park, Ji-Young

鄭 煥 穆\*\*  
Jung, Hwan-Mok

權 寧 煥\*\*\*  
Kwon, Young-Hwan

---

#### ABSTRACT

In single-layer latticed domes with two-way grid, if we use the cross-membered junction's method for the advantage in fabrication and construction, the eccentricity is occurred in the nodal point of crossing members. This paper is aimed at investigating the buckling characteristics for the effect of eccentricity. Analysis method is based on FEM dealing with the geometically nonlinear deflection problems. As a result of the study, in the case of having eccentricity, the values of buckling strength are about 0.7 times than or not, but the characteristics of buckling and deflection except buckling strength have a similar tendency each other.

---

#### 1. 서론

최근 대규모의 단층 래티스돔이 세계의 도처에서 많은 연구자 및 설계자들에게 주목을 받고 있다<sup>[1]</sup>. 본 연구에서는 3차원 공간으로 구성되는 돔의 경우 비교적 격자 패턴이 간단하고, 접합부에 모이는 부재수가 적어서 가공 및 시공 면에서 우수하다고 생각되는 2방향 그리드 돔을 그 대상으로 한다. 2방향 그리드 돔의 역학적 특성으로는 원주방향으로 강성의 주기성이 현저하며 특히 부재축 방향에서 강성을 평가 할 경우 등가전단강성이 등가축강성에 비해 매우 적은 것이 특징이다. 이와 같은 역학적 특징을 가지고 있음에도 불구하고 기존의 연구에 의하면 구조물로서의 충분한 내력을 가지고 있음이 보고되고 있다<sup>[2-4]</sup>.

본 연구는 시공의 편리를 도모하기 위하여 접합부의 처리를 가능한 한 단순화 하는 데 착안점을 두고, 한 부재위에 다른 부재를 걸치는 형식의 겹침접합공법을 도입한다. 이 경우 교차하는 부재간에 편심이 발생하고 그로 인하여 좌굴내력의 저하가 우려된다. 본 연구에서는 이들 편심이 좌굴 및 변형특성에 미치는 영향을 파악하고 편심이 없는 접합의 경우와 비교 검토하는 것을 목적으로 한다.

---

\* 慶北大學校 建築工學科 碩士科程  
\*\* 慶北大學校 POST-DOCTOR  
\*\*\* 慶北大學校 建築工學科 教授

## 2. 해석 모델

### 2-1. 형상 모델

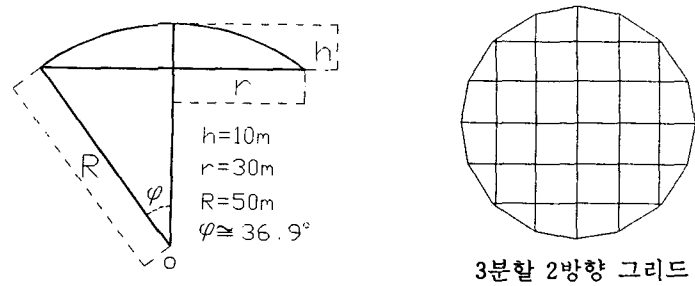
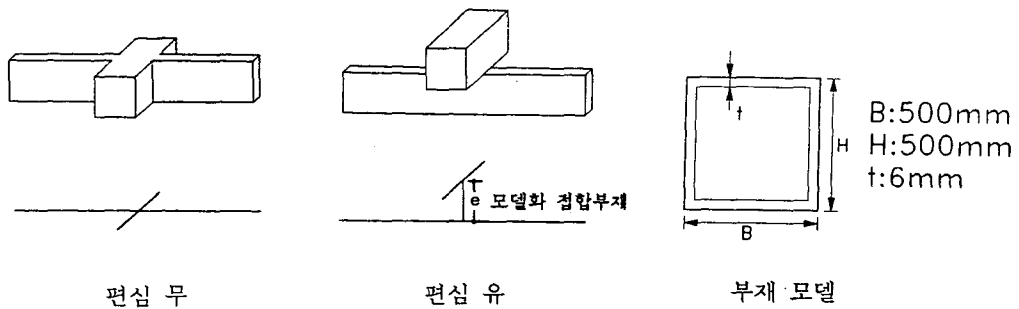


그림 1. 형상모델

돔의 형상은 그림 1과 같이 곡률반경  $R$ 이 50m, 저면반경  $r$ 이 30m, 돔의 높이  $h$ 가 10m이며 격자 패턴은 2방향 그리드이다. 네트워크는 가능한한 부재길이가 일정하도록 분할하며 정점에서 경계까지 곡면을 3등분한다. 실제의 구조물에서는 분할수가 대폭 증가하겠지만 본 해석에서는 예비해석에 의한 검증후 분할수를 최소화 했다.

### 2-2. 접합부 모델



접합부는 편심이 없는 경우와 편심이 있는 경우로 구분하고, 편심이 있는 경우는 모델화한 접합 부재를 도입하여 그 부재의 강성을 주부재 강성으로 무차원화하여 1.0, 0.75, 0.5, 0.25의 4종류를 해석대상으로 한다.

## 3. 해석 방법

돔의 네트워크를 구성하는 프레임을 기하학적 비선형성을 고려하는 유한요소법에 의해 정식화 한다. 하중은 구심외압과 연직하중을 대상으로 하며, 구면에 등분포하는 하중은 각 부재의 절점하중으로 치환한다. 수치계산은 변위 증분법을 적용하며 각 증분 단계마다 강성행렬의 행렬식을 계산하여 분기점을 구하며, 이 분기점에서는 고유치해석을 행하여 최소고유값에 해당하는 분기좌굴모드를 구한다. 해석의 영역은 대칭성을 고려하여 1/2 영역을 대상으로 한다.

#### 4. 해석 결과 및 고찰

##### 4-1. 좌굴 내력의 평가

표 1. 좌굴내력

모델명	편심 유·무	무차원화한 접합부 강성	하중 조건	좌굴 내력 (t/m <sup>2</sup> )	$\alpha$ (q <sub>e</sub> /q)	$\alpha_e$ (q <sub>e</sub> /q <sub>e1</sub> )
RO-P	편심 무	-	구심외압	q	2.257	1
RO-S			연직하중	2.567	1	
RE1-P	편심 유	1.00	구심외압	q <sub>e</sub>	1.551	0.687
RE1-S			연직하중		1.894	0.738
RE2-P		0.75	구심외압		1.526	0.676
RE2-S			연직하중		1.867	0.727
RE3-P		0.50	구심외압		1.486	0.658
RE3-S			연직하중		1.839	0.716
RE4-P		0.25	구심외압		1.414	0.626
RE4-S			연직하중		1.741	0.678

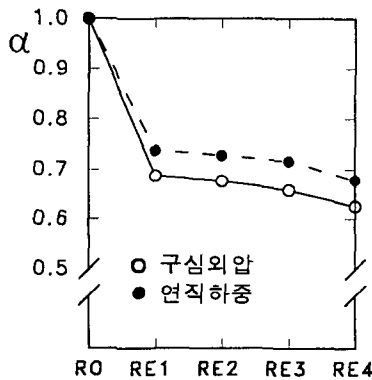


그림 3. 편심 유·무에 의한 좌굴내력

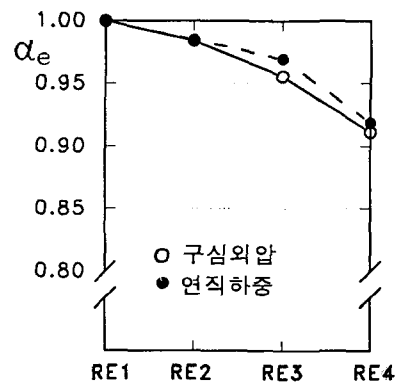


그림 4. 접합부 강성조건에 의한 좌굴내력

표 1은 각 모델에 대한 좌굴내력을 나타낸다. 표에서 E는 편심 유, 0는 편심 무, 숫자는 모델화한 접합부재의 강성조건, P와 S는 각각 하중조건인 구심외압과 연직하중을 나타낸다. 또한 q, q<sub>e</sub> 및 q<sub>e1</sub>은 좌굴내력을 나타내며, 특히 q<sub>e1</sub>은 모델명 [RE1]에 대한 결과를 나타낸다.  $\alpha$  및  $\alpha_e$ 는 좌굴내력비를 나타낸 것이다.

그림 3, 4는 표 1에서 나타난 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 그림 3의 편심 유무에 관한 비교에서, 편심에 의한 좌굴내력의 저하율은 구심외압의 경우 약 69%-63%, 연직하중의 경우 약 74%-68%를 나타내고 있다. 즉 편심에 의한 좌굴내력의 저하는 구심외압의 경우가 약간 큰 것을 나타내고 있으며 이것은 모델화한 접합부재가 연직하중방향으로 배치되어 있는 것에 기인하는 것으로 풀이된다. 그림 4는 모델화 접합부재 강성조건에 따른 좌굴내력의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 모델화 접합부재의 강성 감소에 따른 좌굴내력의 저하는 하중조건에 관계없이 약 98%-92%이다.

이상으로부터 좌굴내력에 미치는 접합부재의 강성조건의 영향은 매우 작은 것을 알 수 있으며, 이와는 대조적으로 편심의 영향은 설계상 반드시 고려되어야 할 정도로 매우 큰 것을 알 수 있다.

4-2. 좌굴모드, 변형모드, 하중-변위 곡선

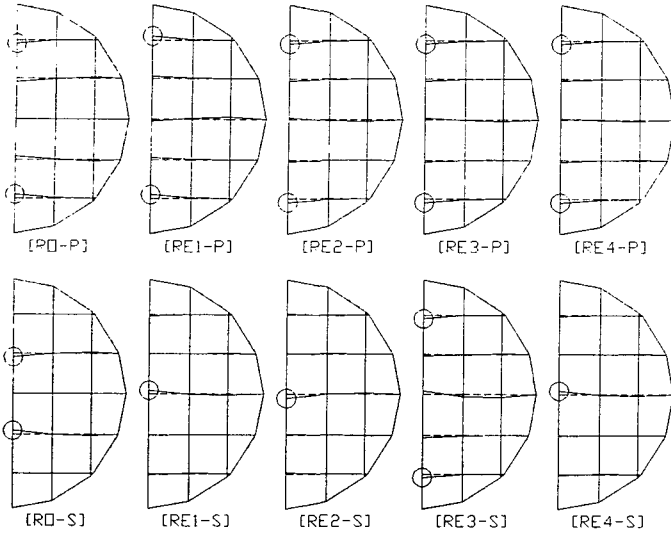


그림 5. 좌굴모드

그림 5는 각 모델의 구심외압 및 연직하중에 대한 좌굴모드를 나타낸 것이다. 그림에서 점선은 돔의 재하전 상태를 나타내고 실선은 좌굴시 돔의 연직방향의 좌굴변위를 표시한 것이며 원으로 표시한 부분은 좌굴위치를 나타낸다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 편심의 유·무에 관계없이 거의 비슷한 좌굴모드를 가지고 있다. 특이할 만한 것은 2방향 그리드 고유의 역학적 특성인 원주 방향으로의 주기성을 살펴보면 편심이 없는 경우의 좌굴모드는 원주방향으로 1파의

주기를 갖지만 편심이 있는 경우는 4파의 주기를 갖는다. 여기서 편심이 없는 경우의 좌굴모드는 해석영역의 대칭조건에 의한 영향을 포함하고 있으며, 편심이 있는 경우의 좌굴모드는 2방향 그리드 돔 고유의 강성주기가 그대로 좌굴모드에 나타난 것으로 사료된다.

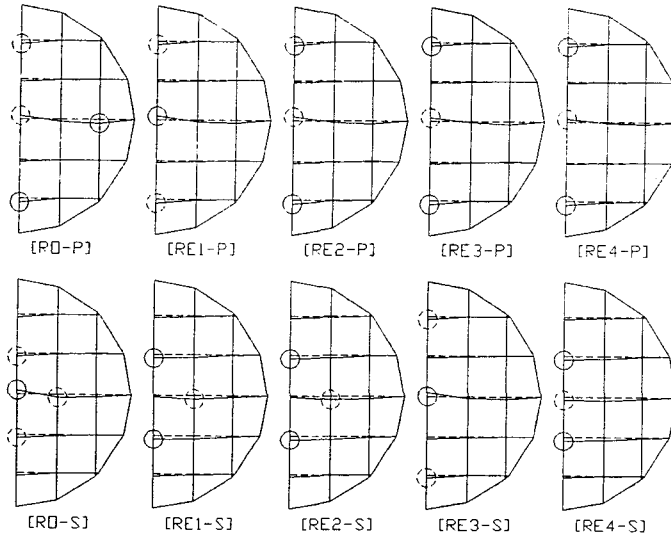


그림 6. 변형모드

그림 6은 각 모델의 좌굴직전 연직방향의 변형모드를 나타내고 있다. 실선 원으로 표시한 부분은 최대 변위점, 점선 원으로 표시한 부분은 그 다음 최대변위점을 나타낸다. 구심외압의 경우 변형모드는 전모델 공히 편심 및 접합부재 강성조건에 관계없이 돔의 중앙부가 연직상방향으로 변형하는 경향을 나타내고 있으며, 연직하중의 경우는 모델명 [R0-S]와 [RE3-S]의 경우를 제외하고는 전 절점이 연직하방향의 균일한 변형을 나타내고 있다. 한편 편심유무 및 하중조건

에 관계없이 원주방향으로 4파의 변형모드를 나타내고 있다.

그림 7은 대표적인 모델의 하중-변위 관계곡선을 나타내고 있다. 편심의 유·무에 관계없이 구심외압의 경우 각 모델은 재하와 동시에 돔의 중앙이 상방향으로 변형하며, 연직하중의 경우는 재하 초기에서 거의 좌굴직전까지 하방향으로 변형이 진행하고 있으며 좌굴내력에 근접한 하중에서 급격히 상방향으로 변형하고 있음을 나타내고 있다.

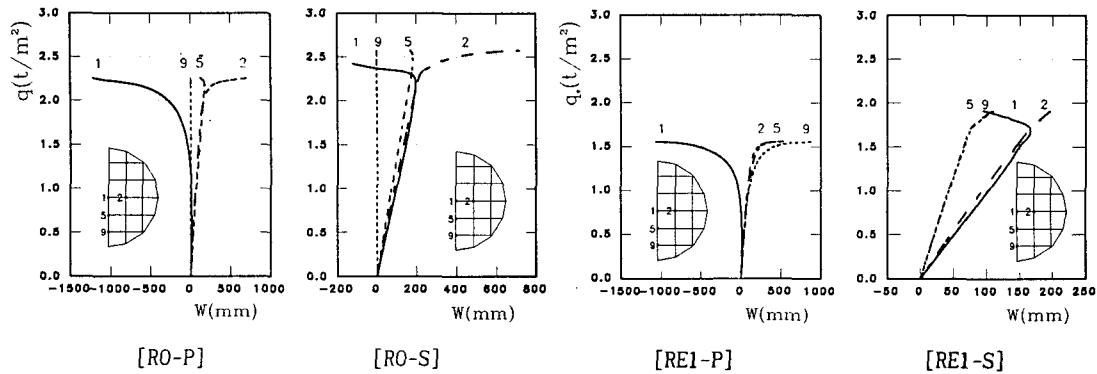


그림 7. 하중-변위 곡선

## 5. 결론

2방향 그리드 돔의 경우 편심의 유무에 따른 비교에서 하중조건에 따라 약간의 차이는 있으나 편심이 있는 래티스돔의 경우는 편심이 없는 경우보다도 좌굴내력면에서 약 70% 정도의 저하가 있다. 그러나 좌굴내력을 제외한 좌굴 및 변형특성 면에서는 편심이 없는 경우와 유사한 경향을 나타내고 있으므로 2방향 그리드 돔의 경우 설계상 부재의 단면이 약간 커지기는 하지만 시공상 편리하므로 겹침 접합 공법을 권장하고 싶다. 차후 부재 단면 성질에 따른 좌굴특성을 검토하는 것도 병행해서 연구되어야 할 것이다.

## 참고문헌

1. Architectural Institute of Japan, INSTABILITY ANALYSIS of SINGLE-LAYER LATTICED DOMES, STATE of THE ART, edited by Heki, August, 1989.
2. 權寧煥, 鄭煥穆, 李昇宰, 單層래티스돔의 挫屈特性에 관한 研究 -라이즈 比의 影響-, 韓國電算構造工學會 學術發表會 論文集, 1992. 가을.
3. Yamada M. 外 3人, 雪荷重を受ける單層剛接合ラチスドムの挫屈特性(その2ネットワークバタンの影響), 第5回 雪工學シンポジウム論文集, pp.123-126, 1989.
4. H. M. Jung, M. Yamada, Buckling of Rigidly-Jointed Single-Layer Latticed Domes with Square Network, -THEORETICAL AND EXPERIMENTAL BASIC STUDY-, Shell and Spatial Structures, Taegu, Korea, August, 1990.