

## 지붕마감재 강성효과를 고려한 2방향 그리드 단층돔의 좌굴특성에 관한 연구

### A Study on Buckling Characteristics of 2-way Grid Single-Layer Domes Considering Rigidity-Effect of Roofing Covering Materials

박 상 훈\*      석 창 목\*      정 환 목\*\*      권 영 환\*\*\*  
Park, Sang-Hoon,   Suk, Chang-Mok,   Jung, Hwan-Mok,   Kwon, Young-Hwan

#### Abstract

Two way grid single-layer domes are of great advantage in fabrication and construction because of the simple fact that they have only four members at each junction. But, from a point of view of mechanics, the rectangular latticed pattern gives rise to a nonuniform rigidity-distribution in the circumferential direction. If the equivalent rigidity is considered in the axial direction of members, the in-plane equivalent shearing rigidity depends only on the in-plane bending rigidity of members and its value is very small in comparison to that of the in-plane equivalent stretching rigidity. It has a tendency to decrease buckling strength of dome considerably by external force. But it is possible to increase buckling strength by the use of roofing covering materials connected to framework. In a case like this, shearing rigidity of roofing material increases buckling strength of the overall structure and can be designed economically from the viewpoint of practice.

Therefore, the purpose of this paper, in Lamella dome and rectangular latticed dome that are a set of 2-way grid dome, is to clarify the effects of roofing covering materials for increasing of buckling strength of overall dome.

Analysis method is based on FEM dealing with the geometrically nonlinear deflection problems.

The conclusion were given as follows:

1. In case of Lamella domes which have nearly equal rigidity in the direction of circumference, the rigidity of roofing covering materials does not have a great influence on buckling-strength, but in rectangular latticed domes that has a clear periodicity of rigidity, the value of its buckling strength has a tendency to increase considerably with increasing rigidity of roofing covering materials
2. In case of rectangular latticed domes, as rise-span-ratio increases, models which is subjected to pressure-type-uniform loading than vertical-type-uniform loading are higher in the aspects of the increasing rate of buckling strength according to the rate of shear reinforcement rigidity, but in case of Lamella dome, the condition of loading and rise-span-ratio do not have a great influence on the increasing rate of buckling strength according to the rate of shear reinforcement rigidity.

**Keywords :** Lamella dome, Rectangular latticed dome, Buckling characteristics, Rigidity of roofing covering materials, Shearing rigidity, FEM

## 1. 서 론

스페이스 프레임 구조는 연속체 쉘구조, 케이블 구조, 막구조 등과 마찬가지로 특수 공간구조로서, 경량이면서도 강성이 높은 역학적 특성 등이 있음으

로 인해 설계자 및 구조기술자에게 관심의 대상이 되고 있다. 그러나 이 구조물의 경우 사용재료의 경량화와 단면의 최소화에 의해 변형이 생기기 쉽고, 외력이 어느 한계에 도달하면 좌굴이라고 불리워지는 불안정현상이 생긴다. 스페이스 프레임의 좌굴현상은 3차원 공간을 선재로 구성하는 구조 시스템의 특정상 쉘적인 좌굴현상 이외에 비셸적인 좌굴현상도 발생하므로 매우 복잡한 좌굴특성을 갖는다. 특

\* 학생회원 · 경북대 대학원 박사과정

\*\* 정회원 · 경북대 건축공학부 교수, 공학박사

\*\*\* 정회원 · 경북대 건축공학과 교수, 공학박사

히 부재배치 방법 등에 따라 구조물 전체의 내력 및 좌굴특성에 많은 차이를 가져온다.

본 연구는 3차원 공간으로 구성되는 돔의 경우 그리드가 간단하고, 접합부에 모이는 부재수가 적어서 가공 및 시공면에서 우수하다고 생각되어지는 라멜라 및 사각형 격자돔을 그 대상으로 한다. 라멜라 격자의 경우 원주방향으로 격자강성이 거의 균일하지만, 사각형 격자의 경우 원주방향으로 강성의 주기성이 현저하며 특히, 부재축방향에서 강성을 평가할 경우 등가전단강성이 등가신장강성에 비해 0.1-1.0% 정도로 작으며, 등가프와송비는 거의 0이다. 한편 부재축의 45° 방향에서는 면내등가전단강성은 면내신장강성과 거의 일치하며, 면내 등가프와송비는 거의 1에 가깝다. 기존의 연구에 의하면 돔의 경우 전단강성이 좌굴내력에 미치는 영향은 매우 큰 것이 보고되어져 있다[2].

이와 같이 전단강성이 매우 작은 사각형 격자패턴의 경우 좌굴내력이 현저하게 저하할 우려가 있으며, 좌굴내력을 높이는 한 수단으로서 지붕마감재료를 돔의 격자와 일체화시켜 시공하는 방법이 있을 수 있다. 이 경우 지붕마감재료의 전단강성은 구조물 전체의 좌굴내력을 향상시킬 수 있어 실용상 매우 경제적인 설계를 가능케 할 것이다.

그러므로 본 연구의 주목적은 2방향 격자돔 중에서도 대표적인 라멜라 및 사각형 격자돔을 연구대상으로 하여, 돔의 주응력을 부담하는 격자와 일체화된 지붕마감재료의 강성이 구조물 전체의 좌굴내력을 확보하는데 어느 정도의 효과가 있는가를 검토하는데 있다.

## 2. 해석모델

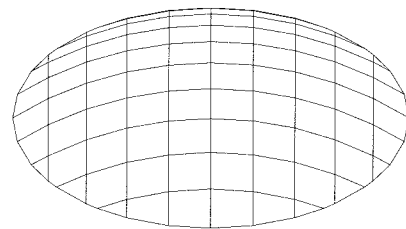
### 2.1. 형상모델

본 연구의 돔 형상은 그림 1에서 보여지듯이 2방향 그리드(2-Way Grid)를 가진 단층의 사각형 격자돔(Rectangular Latticed Dome)과 구형셀의 보강재로서 원주방향의 링(ring)재, 경선방향의 서까래(rafter)가 사각형 네트워크를 이루며 구성되는 단층의 라멜라 돔(Lamella Dome)으로 한다. 이 두 모델은 그리드가 단순하고 접합부에 모이는 부재수가 적

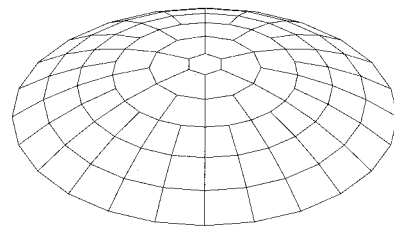
어서 가공 및 시공면에서 우수하지만 전단강성이 매우 작은 사각형 네트워크 패턴을 갖는다. 네트워크는 가능한 한 부재길이가 일정하도록 분할하며 정점에서 경계까지 곡면을 5등분한다.

그림 2는 본 논문에서 도입하는 단층 래티스돔의 단면형상으로 A는 돔의 직경, R은 곡률반경, H는 래티스 돔의 높이이며, 우수계의 3차원 직각 좌표계를 도입한다.

그리고, 저면반경(A/2)에 대한 높이(H)비 즉, 라이즈스팬비(이하 라이즈비라 한다)(r)에 따른 전단보강이 좌굴특성에 미치는 영향을 파악하기 위하여 라이즈비(r)가 4/18, 6/18, 8/18인 3종류의 해석모델을 선정하였다. 이들 라이즈비(r)는 돔의 직경(A)을 60m로 고정하고 높이를 변화시켜 산정하였다.

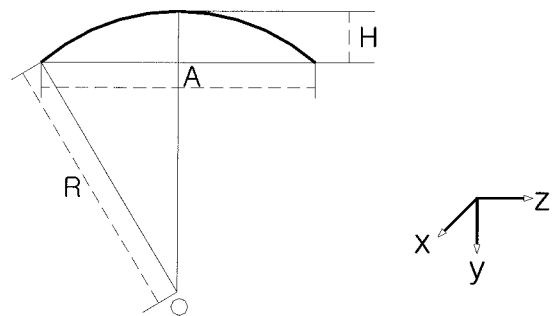


(a) 사각형 격자돔(Type1)



(b) 라멜라돔(Type2)

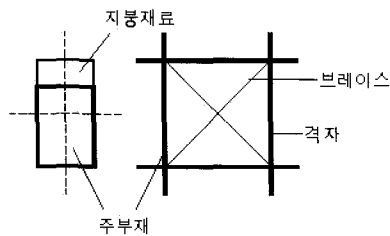
〈그림 1〉 돔의 형상



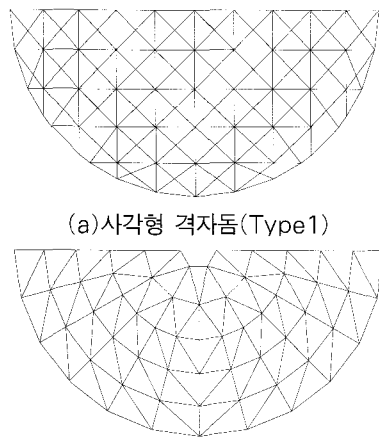
〈그림 2〉 돔의 단면도 및 좌표계

## 2.2. 지붕마감재 강성의 모델화

지붕마감재 강성의 효과를 이산적 방법에 의하여 간단하게 평가하기 위하여 지붕재의 면내전단은 가상 가재의 축강성으로서 평가한다. 지붕재의 전단강성을 가상프레임으로 평가할 경우, 그림 3에 나타내는 것과 같이 단순하게 모델링된다. 그림 4는 마감재 강성을 사각형 격자돔의 경우는 ×형 브레이스, 라멜라돔은 예비해석에 의한 검증 후 /형 브레이스로 치환하여 모델링한 것을 나타낸다. 표 1은 주부재 단면적에 대한 보강부재 단면적 백분율, 즉 전단보강비( $\beta$ )에 따른 보강부재, 즉 브레이스 제원을 나타낸다. 부재의 탄성계수(E)는  $2,100t/cm^2$ 인 각형강판이다.



〈그림 3〉 지붕마감재 강성의 가정



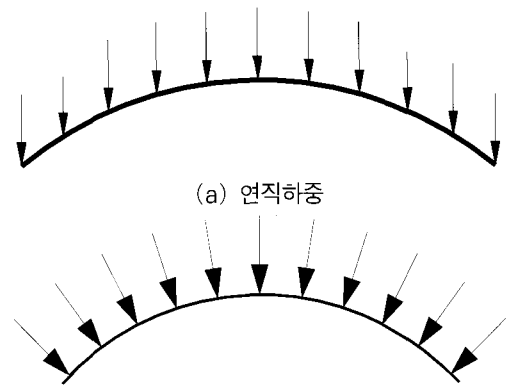
(a) 사각형 격자돔(Type1)

(b) 라멜라돔(Type2)

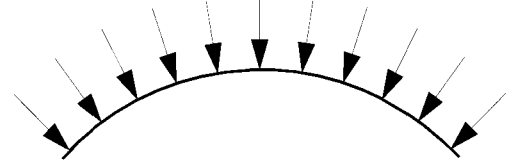
〈그림 4〉 돔의 전단보강 형태

〈표 1〉 전단보강비( $\beta$ )에 따른 보강부재의 제원

구분	$\beta$	단면크기(mm) (a×b×t)	단면적 (cm <sup>2</sup> )	단면2차 모멘트 (cm <sup>4</sup> )	부재의 단면형상
주부재	-	300×300×6.0	70.56	10169.11	
보강부재	1%	18×18×1.0	0.68	0.33	
	2%	36×36×1.0	1.40	2.86	
	3%	54×54×1.0	2.12	9.93	
	4%	71×71×1.0	2.80	22.87	
	5%	89×89×1.0	3.52	45.44	
	6%	107×107×1.0	4.24	79.41	



(a) 연직하중



(b) 구심하중

〈그림 5〉 해석상 하중조건

## 3. 해석방법

본 연구에서는 3차원 공간에서의 부재의 기하학적 비선형을 고려하는 유한요소법에 의해 정식화한다. 그리고, 수치해석은 최대변위증분을 갖는 절점 변위에 증분법을 적용하고 각 단계에서 강성행렬의 행렬식을 계산하여서 좌굴을 판정한다. 이론적으로는 분기좌굴점에서 강성행렬식이 0이 되지만, 본 해석에서는 행렬식의 부호가 바뀌면 좌굴한 것으로 판정하고 그 때의 하중의 크기를 좌굴하중으로 정한다. 그리고 고유치 해석을 행하여 최소고유치에 대한 고유벡터로부터 좌굴모드를 구한다. 그리고, 해석은 래티스 돔의 1/2영역을 대상으로 한다.

작용하는 하중조건은 그림 5와 같이 연직하중 및 구심하중에 대해서 검토한다. 하중은 거의 4절점으로 둘러싸이는 사각형의 면적을 각 절점에 동일하게 배분하여 합한 면적의 크기로서 각 절점에 작용하는 것으로 한다.

그리고, 해석영역의 경계상에 있는 절점에는 작용하중이 1/2로 되며, 경계상의 부재는 단면적 및 각 방향 단면2차모멘트를 1/2로 둔다.

## 4. 해석결과 및 고찰

### 4.1. 좌굴내력의 평가

표 2는 각각의 라이즈비( $r$ )에 대하여 작용하중조건 및 해석 돔의 형상에 대한 전단보강비( $\beta$ )에 따른 좌굴내력( $q, q_b$ ) 및 좌굴내력비( $a$ )를 나타낸다. 표 2에서

〈표 2〉 해석모델의 좌굴내력 및 좌굴내력비

라이즈비 (r)	모델명	보강 유·무	전단보강비 ( $\beta$ )	연직하중						구심하중					
				Type1			Type2			Type1			Type2		
				좌굴내력 ( $t/m^2$ )	$\alpha$ ( $q_b/q$ )		좌굴내력 ( $t/m^2$ )	$\alpha$ ( $q_b/q$ )		좌굴내력 ( $t/m^2$ )	$\alpha$ ( $q_b/q$ )		좌굴내력 ( $t/m^2$ )	$\alpha$ ( $q_b/q$ )	
4/18	R4B0	보강 무	-	q	0.372	1.000	q	0.721	1.000	q	0.358	1.000	q	0.666	1.000
	R4B1	보강 유	1%	q <sub>b</sub>	0.482	1.296	q <sub>b</sub>	0.826	1.146	q <sub>b</sub>	0.418	1.168	q <sub>b</sub>	0.762	1.144
	R4B2		2%		0.522	1.403		0.924	1.282		0.477	1.332		0.852	1.279
	R4B3		3%		0.558	1.500		1.004	1.393		0.530	1.480		0.927	1.392
	R4B4		4%		0.589	1.583		1.067	1.480		0.575	1.606		0.985	1.479
	R4B5		5%		0.621	1.669		1.105	1.533		0.619	1.729		1.032	1.550
	R4B6		6%		0.660	1.774		1.130	1.567		0.659	1.841		1.053	1.581
6/18	R6B0	보강 무	-	q	0.547	1.000	q	1.225	1.000	q	0.511	1.000	q	1.037	1.000
	R6B1	보강 유	1%	q <sub>b</sub>	0.716	1.309	q <sub>b</sub>	1.586	1.295	q <sub>b</sub>	0.704	1.378	q <sub>b</sub>	1.355	1.307
	R6B2		2%		0.872	1.594		1.747	1.426		0.881	1.724		1.555	1.500
	R6B3		3%		1.003	1.834		1.824	1.489		1.030	2.016		1.666	1.607
	R6B4		4%		1.107	2.024		1.883	1.537		1.146	2.243		1.739	1.677
	R6B5		5%		1.200	2.194		1.938	1.582		1.244	2.434		1.797	1.733
	R6B6		6%		1.280	2.340		1.986	1.621		1.321	2.585		1.848	1.782
8/18	R8B0	보강 무	-	q	0.664	1.000	q	1.682	1.000	q	0.600	1.000	q	1.338	1.000
	R8B1	보강 유	1%	q <sub>b</sub>	0.965	1.453	q <sub>b</sub>	2.103	1.250	q <sub>b</sub>	0.967	1.612	q <sub>b</sub>	1.800	1.345
	R8B2		2%		1.217	1.833		2.265	1.347		1.288	2.147		1.978	1.478
	R8B3		3%		1.407	2.119		2.401	1.427		1.513	2.522		2.104	1.572
	R8B4		4%		1.541	2.321		2.511	1.493		1.629	2.715		2.204	1.647
	R8B5		5%		1.644	2.476		2.615	1.555		1.707	2.845		2.296	1.716
	R8B6		6%		1.719	2.589		2.705	1.608		1.767	2.945		2.378	1.777

R4B1의 R은 라이즈비(r)의 문자를, 4는 라이즈비(r)가 4/18의 분자, B는 전단보강을 의미하며, 1은 전단강성비 조건을 나타내고, 0은 전단보강이 없는 경우를 나타낸다. 또한 q와 q<sub>b</sub>는 좌굴내력을 나타내며,  $\alpha$ 는 전단보강이 없는 모델의 좌굴내력(q)에 대한 전단보강이 있는 모델의 좌굴내력(q<sub>b</sub>)의 좌굴내력비를 나타낸다.

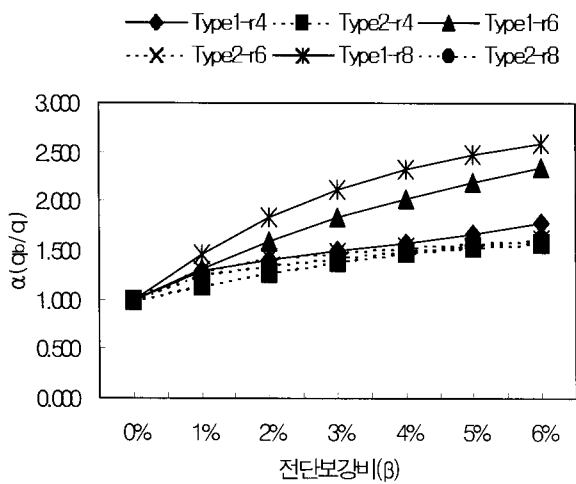
표 2의 결과로부터 알 수 있듯이 전 모델 모두 전단보강비( $\beta$ )에 따른 좌굴내력은 전단보강비가 큰 모델일수록 크고, 사각형 격자돔(Type1)과 라멜라돔(Type2)에 대한 좌굴내력을 비교해보면 전반적으로 라멜라돔(Type2)의 모델이 더 높은 좌굴내력을 나타낸다. 그리고 동일한 형상모델에서, 연직하중을 받는 모델이 구심하중을 받는 모델보다 더 높은 좌굴내력값을 보이고 있다. 이외에 하중조건 및 형상모델에 대하여 각각의 라이즈비(r)에 대한 전단강성비에 따른 좌굴내력비는 그림으로 비교·검토한다.

그림 6과 그림 7은 표 2의 결과로부터 각각의 형상모델 즉, 사각형 격자돔(Type1)과 라멜라돔(Type2)에

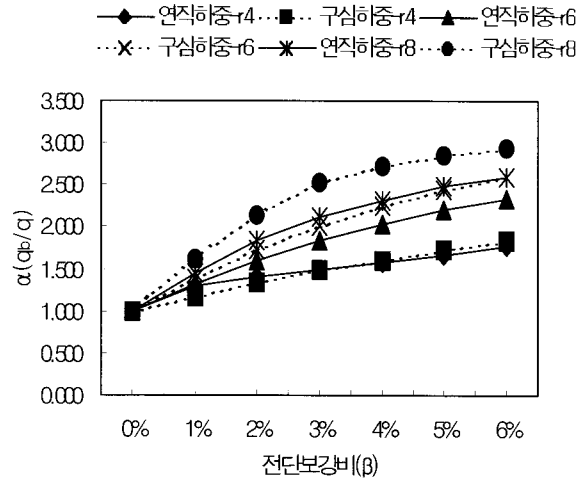
대해서 전단보강비에 따른 좌굴내력의 증가율을 하중조건 및 라이즈비(r)에 따라 나타낸 것이다. 연직하중에 대한 결과인 그림 6에서 보여지듯이, Type1과 Type2 모두 전단강성비가 증가할수록 좌굴내력비는 증가한다. 사각형 격자돔(Type1)은 라이즈비가 4/18인 모델을 제외하고는 전단강성비( $\beta$ )가 증가할수록 그에 비례한 증가곡선을 보이고 있다. 그리고, 전단보강비에 따른 좌굴내력비의 증가율은 라이즈비에 따라 다소 차이를 보이고 있다. 즉, 전단보강비가 1%인 모델은 전단보강이 없는 모델보다 라이즈비(r)별로 약 30%~45%정도 좌굴내력이 높게 나타났으며, 전단보강비가 6%인 모델은 거의 약1.8~2.6배 더 높다.

라멜라돔(Type2)은 라이즈비에 상관없이 사각형 격자돔(Type1)에 비해 전단강성비( $\beta$ )에 따른 그 증가율이 낮으며 전단강성비가 2%이상에서는 거의 완만한 증가곡선을 나타낸다.

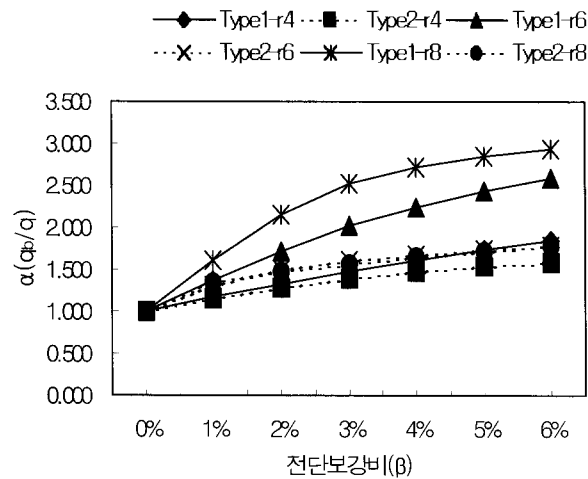
이는 라멜라돔의 경우, 원주방향으로 거의 균일한 강성을 가진 기하학적 형상으로 지붕마감재 즉, 브



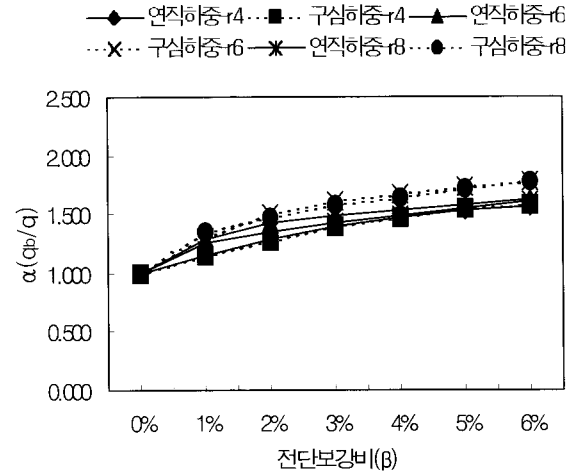
〈그림 6〉 전단보강비에 따른 좌굴내력비(연직하중)



〈그림 8〉 전단보강비에 따른 좌굴내력비(TYPE1)



〈그림 7〉 전단보강비에 따른 좌굴내력비(구심하중)



〈그림 9〉 전단보강비에 따른 좌굴내력비(TYPE2)

레이스의 효과가 좌굴내력에 크게 영향을 미치고 있지 않으나, 원주방향으로 현저한 강성의 주기성을 가진 사각형 격자돔은 지붕마감재에 의한 전단강성의 보강으로 상당한 좌굴내력의 증가를 보이고 있다.

그리고, 구심하중에 대한 결과인 그림 7에서 알 수 있듯이 연직하중에 대한 결과 즉, 그림 6과 거의 유사한 경향의 전단보강비( $\beta$ )에 따른 증가곡선을 보여주고 있다.

그림 8과 그림 9는 사각형 격자돔(Type1)과 라멜라돔(Type2)에 대해서 하중조건, 즉 연직하중과 구심하중이 전단보강비에 따라서 좌굴내력비에 어떠한 영향을 주는가를 알아보기 위하여 나타낸 그림이다.

사각형 격자돔(Type1)의 결과인 그림 8에서 알 수 있듯이, 전단보강비에 따른 좌굴내력의 증가율은 라

이즈비가 4/18일 경우, 두 하중조건에 대해서 거의 동일한 경향의 곡선을 나타내지만, 라이즈비( $r$ )가 커질수록 구심하중을 받는 모델이 연직하중을 받는 모델보다 전단강성비에 따라서 더 높은 증가율을 보이고 있다. 라멜라돔(Type2)의 결과를 나타낸 그림 9에서 보여지듯이 라이즈비 및 하중조건과 상관없이 전단보강비에 따른 증가율은 거의 유사한 경향의 곡선을 나타낸다.

그림 8과 그림 9 결과로부터 사각형 격자돔의 경우, 라이즈비가 커질수록 구심하중을 받는 모델이 연직하중을 받는 모델보다 전단보강비에 따른 좌굴내력의 증가율이 더 높게 나타났으나, 라멜라돔(Type2)의 경우 라이즈비와 하중조건은 전단보강비에 따른 좌굴내력의 증가율에 큰 영향을 미치지 못한다는 것을 알 수 있다.

### 4.2. 좌굴모드, 변형모드 및 부재축응력

그림 10은 라이즈비( $r$ )가 6/18인 경우의 하중조건 및 형상모델에 대한 좌굴모드를 전단보강비에 따라 나타낸 것이다. 그림에서 점선은 돔의 재하전 상태를 나타내고 실선은 좌굴시 돔의 연직방향의 좌굴모드를 표시한 것이며 점(●)으로 표시한 부분은 좌굴위치를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 전단보강이 없는 경우 형상모델 및 하중조건에 관계없이 동일한 좌굴모드 및 좌굴점을 보여주고 있다. 전단보강이 있는 경우의 Type1의 좌굴모드는 연직하중의 경우는 정점부근에서, 구심하중의 경우는 저면부근에서 좌굴점이 발생한다. Type2의 경우는 연직하중 및 구심하중에 관계없이 거의 돔의 중앙부(저면과 정점사이)에서 발생한다. 따라서 두 형상모델 모두 전단보강비는 좌굴모드에 거의 영향을 미치지 않고 있다.

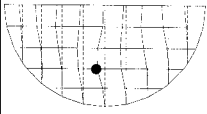
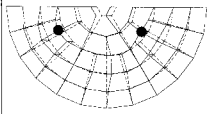
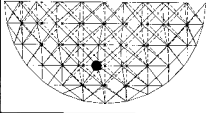
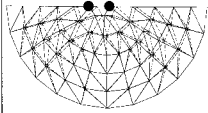
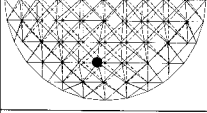
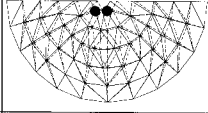
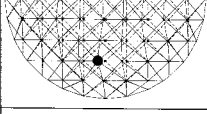
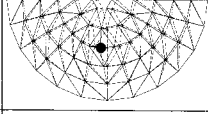
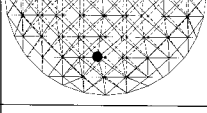
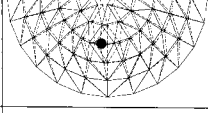
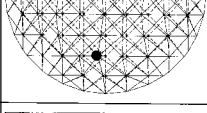
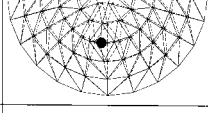
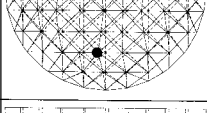
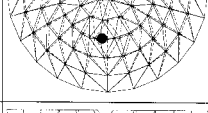
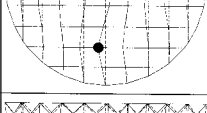
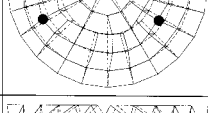
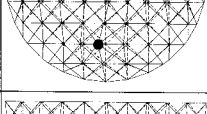
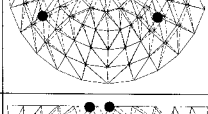
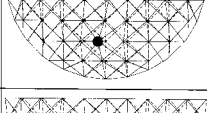
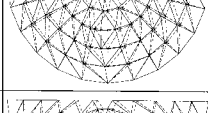
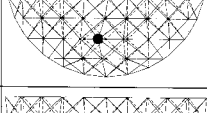
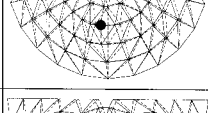
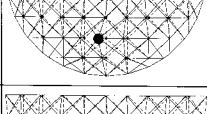
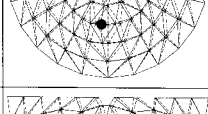
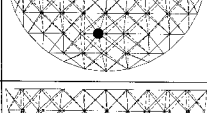
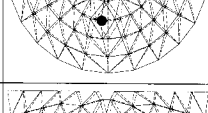


그림 11는 그림 10의 모델과 마찬가지로 라이즈비( $r$ )가 6/18인 해석모델의 좌굴직전 연직방향의 변형모드를 나타낸 것이다. 점(●)으로 표시한 부분은 최대변위점을 나타내며 그림의 숫자는 최대변위값을 나타낸다. 최대변위는 두 형상모델의 전단보강이 없는 모델(R6E0)의 경우, 하중조건에 관계없이 동일한 변형모드유형과 최대변위발생점을 나타낸다. 전단보강이 있는 모델의 경우, Type1은 하중조건에 관계없이 전단보강비에 따른 변형모드는 동일한 변형모드와 최대변위점을 나타내고 있지만, Type2의 경우는 두 하중조건 모두 전단보강비가 커질수록 최대변위점이 돔의 정점에서 경계점 방향으로 바뀐다. 그리고, 구심하중에 대한 사각형 격자돔(Type1)의 변형모드에서, 전단보강이 없는 모델(R6E0)의 돔의 정점의 변위는  $y$ 축의 (-)방향 즉, 돔의 상향으로 발생하나, 전단보강비가 커질수록 (+)방향 즉, 하방향으로 변위가 발생함을 알 수 있다.

그림 12 역시 그림 10과 마찬가지로 라이즈비( $r$ )가 6/18인 해석모델의 부재축응력분포를 나타낸 것이다. 그림에서 선의 굵기는 부재축응력의 크기에 비례하여 나타내고 있다. 그리고 괄호 안의 숫자는 최대축력값이다.

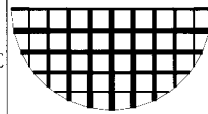
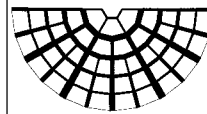
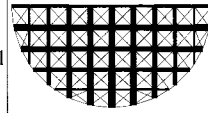
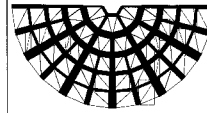
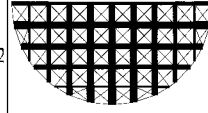
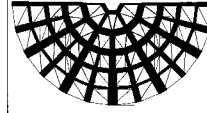
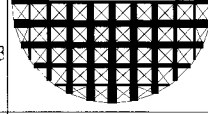
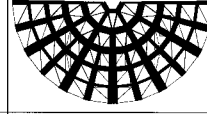
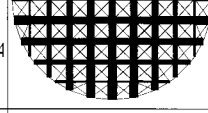
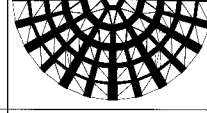
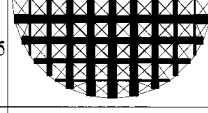

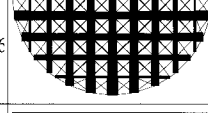

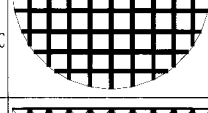

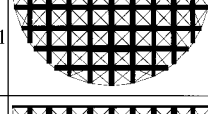
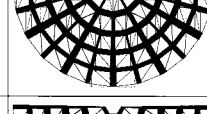
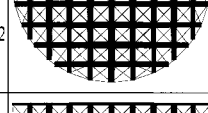
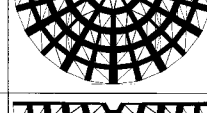
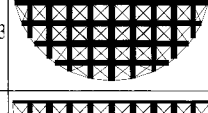

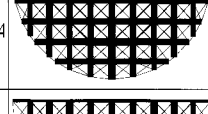

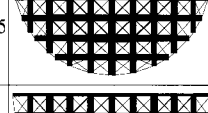
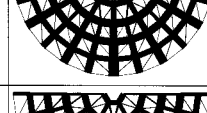


그림에서 보여지듯이 사각형 격자돔(Type1)의 경우, 연직하중 및 구심하중 모두 전단보강비에 따른 최대축력값은 증가한다. 그러나 연직하중의 경우는

하중 조건	모델명	Type1	Type2
연 직 하 중	R6B0		
	R6B1		
	R6B2		
	R6B3		
	R6B4		
	R6B5		
구 심 하 중	R6B0		
	R6B1		
	R6B2		
	R6B3		
	R6B4		
	R6B5		

〈그림 10〉 해석모델의 좌굴모드( $r=6/18$ )

하중 조건	모델 명	Type1	Type2
연직 하중	R6B0	 1400 mm	 327.0 mm
	R6B1	 173.77 mm	 312.20 mm
	R6B2	 197.08 mm	 314.46 mm
	R6B3	 212.17 mm	 318.15 mm
	R6B4	 225.18 mm	 319.91 mm
	R6B5	 238.96 mm	 319.95 mm
	R6B6	 244.66 mm	 319.02 mm
구심 하중	R6B0	 340.85 mm	 312.87 mm
	R6B1	 513.17 mm	 266.00 mm
	R6B2	 499.00 mm	 233.51 mm
	R6B3	 397.72 mm	 233.87 mm
	R6B4	 393.04 mm	 311.22 mm
	R6B5	 334.54 mm	 333.20 mm
	R6B6	 318.19 mm	 333.44 mm

〈그림 11〉 해석모델의 변형모드( $r=6/18$ )

하중 조건	모델 명	Type1	Type2
연직 하중	R6B0	 262.5	 287.51
	R6B1	 284.81	 308.84
	R6B2	 311.51	 319.77
	R6B3	 352.41	 330.78
	R6B4	 378.95	 401.16
	R6B5	 404.33	 404.41
	R6B6	 427.81	 418.18
구심 하중	R6B0	 211.34	 240.91
	R6B1	 244.31	 316.11
	R6B2	 257.15	 340.31
	R6B3	 282.21	 373.12
	R6B4	 310.61	 391.31
	R6B5	 318.32	 411.12
	R6B6	 333.17	 417.41

〈그림 12〉 해석모델의 축응력분포( $r=6/18$ )

그림에서 전단보강비에 관계없이 저면부근의 세로 방향부재에서 최대축력값을 부담하나, 구심하중의 경우 돔의 중앙부에 놓여진 가로방향의 부재에서 최대축력이 발생한다.

그리고, 라멜라돔(Type2)의 경우는 사각형 격자 돔(Type1)과 마찬가지로 두 하중조건에 관계없이 전단보강비가 커질수록 최대축력값이 증가하고, 저면부근의 경선방향부재에서 최대축력이 발생한다.

### 5. 결론

본 논문은 2방향 그리드 단층돔을 연구대상으로 하여, 돔의 주응력을 부담하는 격자와 일체화된 지붕마감재료의 강성이 구조물 전체의 좌굴내력을 확보하는데 어느 정도의 효과가 있는가를 연직하중 및 구심하중에 대해 비교·검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 라멜라돔의 경우, 원주방향으로 거의 균일한 강성을 가진 기하학적 형상으로 지붕마감재료 즉 브레이스의 효과가 좌굴내력에 크게 영향을 미치고 있지 않으나, 원주방향으로 현저한 강성의 주기성을 가진 사각형 격자돔은 지붕마감재료에 의해 상당한 좌굴하중의 증가율을 보이고 있다.
2. 사각형 격자돔의 경우, 라이즈비가 커질수록 구심하중을 받는 모델이 연직하중을 받는 모델보다 전단보강비에 따른 좌굴내력의 증가율이 더 높게 나타났으나, 라멜라돔의 경우 라이즈비와 하중조건은 전단보강비에 따른 좌굴내

력의 증가율에 큰 영향을 미치지 못한다는 것을 알 수 있다.

### 참 고 문 헌

1. Heki(1989), STABILITY ANALYSIS of SINGLE-LAYER LATTICED DOMES, STATE of THE ART, Architectural Institute of Japan
2. Yamada M.(1988), An Approximation on the Buckling Analysis of Orthogonally Stiffened and Framed Spherical Shell, Shell and Spatial Structure Engineering, IASS Symposium, Rio de Janeiro, Pentech Press, pp177-193,1988.
3. Chen, W. F. and Lui, E. M.(1987), Structural stability, Elsevier Science Publishing Co.
4. Crisfield, M. A.(1997), Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures, John Wiley & Sons
5. Makowski, Z. S.(1984). Analysis, Design and Construction of Braced Domes, Granada.
6. 박지영, 정환목, 권영환(1993). 접합부 편심을 고려한 단층래티스돔의 좌굴특성에 관한 연구, 한국전산구조공학회 학술발표논문집, pp63~67.
7. 권영환(1993). 삼각형 네트워크를 갖는 단층 래티스 돔의 좌굴특성에 관한 연구, 공학박사학위논문, 부산대학교
8. 권택진, 이병해, 한상을, 김승덕, 정환목(1995). SPACE FRAME 구조물의 구조해석, 설계 및 시공, 제12회 전산구조공학회 기술강습회.