

단층래티스 돔의 좌굴부재 보강효과에 관한 연구

Reinforcement Effects of Buckling Member for Single-layer Latticed Dome

정 환 목*
Jung, Hwan-Mok

윤 석 호**
Yoon, Seok-Ho

이 동 우***
Lee, Dong-Woo

Abstract

The single layer latticed domes have attracted many designers and researchers's attention all of the world, because these structures as spatial structure are of great advantage in not only mechanical rationality but also function, fabrication, construction and economic aspect. But single layer latticed domes are apt to occur the unstable phenomena that are called "buckling" because of the lack of strength of members, instability of structural shape, etc. In the case of latticed dome, there are several types of buckling mode such as overall buckling, local buckling, and member buckling according to the shape of dome, section type of member, the size of member, junction's condition of member and so on. There are many methods to increase the buckling strength of the single layer latticed dome, that is, with the change of geometrical shape of dome, the reinforcement of buckled member, etc. Therefore, the purpose of this study is to verify the reinforcement effect of buckled member when designers reinforce the buckled member to increase the buckling strength of single layer latticed dome with 3-way grid.

Keywords : Single-layer latticed dome, Reinforcement effect, Buckling member

1. 서론

일반적으로 3차원 입체트러스로 볼 수 있는 단층래티스 돔 구조는 2차원 트러스와는 달리 구조물을 구성하는 골조가 상호 평등하게 응력을 부담하는 역학적으로 매우 우수한 구조형식으로 많은 연구자들의 관심을 받고 있다¹⁻⁷⁾. 특히 단층래티스 돔의 격자패턴 중 3-way grid 단층래티스 돔이 골조 부재 길이와 한 절점에 모이는 부재각의 표준편차가 다른 격자 패턴에 비하여 상대적으로 작기 때문에 다양한 격자 패턴 중에서 가장 구조물의 강성이 우수한 것으로 보고되어 있다¹⁾.

그러나 3차원 단층래티스 돔 구조의 경우, 하중의 증가와 더불어 "좌굴(Buckling)"이라는 불안정현상이 발생할 수 있다. 좌굴내력 크기와 발생 좌굴모드

는 접합부 조건 등 여러 가지 설계변수에 따라서 그 차이가 있을 수 있으며, 좌굴모드는 전체좌굴, 부재좌굴, 국부좌굴 등이 발생할 수 있다.

한편 3-way grid를 갖는 단층래티스 구형 돔은 그 단면 형상과 사용 부재 종류 및 크기가 매우 다양하지만 Yamada에 의해 이 돔의 형상계수가 정의되어 있어서 이 형상계수를 활용하면 체계적인 연구를 할 수 있다¹⁾.

이 형상계수로 정의되는 다양한 형상의 단층래티스 구형 돔의 좌굴내력을 향상시키기 위한 방법은 여러 가지가 있을 수 있지만, 그 중의 하나로 안정 해석에서 얻어지는 좌굴부재 또는 좌굴절점 인근 부재를 보강함으로써 구조물 전체의 내력을 향상시키는 방법 등을 생각할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 3-way grid를 갖는 단층래티스 구형 돔의 형상계수 S에 따른 다양한 형상과 해석조건에 따른 좌굴특성을 1차적으로 검토하여 얻어진 좌굴부재나 좌굴절점 주위의 부재 강성을 보강함으로써 구조물 전체의 내력을 증가시키는 효과를 검토하는 것을 목적으로 한다.

* 주저자, 정회원, 경동대 건축디자인학과 교수, 공학박사
Department of Architecture Design, Kyungdong Univ.

** 교신저자, 정회원, 경동대학교 토목공학과 교수, 공학박사
Department of Civil Engineering, Kyungdong Univ.
Tel: 031-869-9734, Fax: 031-869-9739
Email: shyoon@kduniv.ac.kr

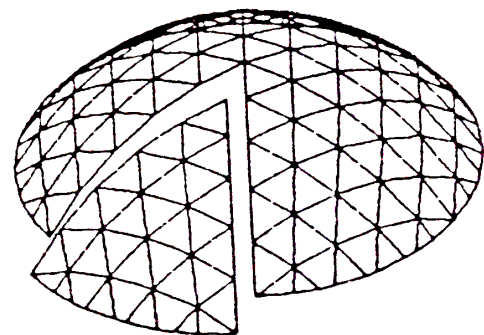
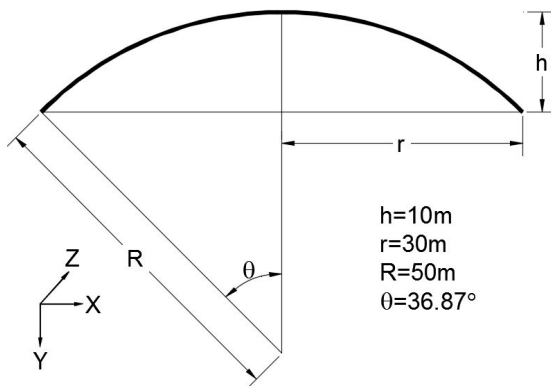
*** 정회원, 아이스트 대표이사, 공학박사
I'ST Co., Ltd, Structural Engineering Group

2. 형상 및 해석 모델

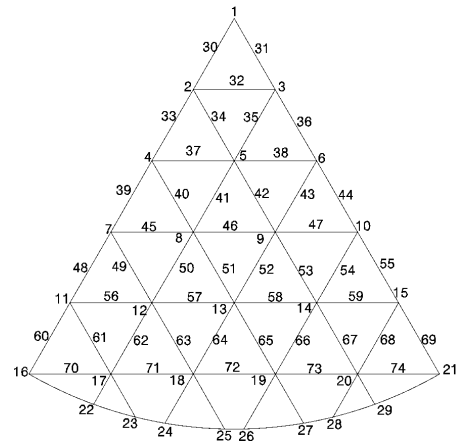
2.1 형상모델

<Fig. 1>은 돔의 대표적인 형상과 네트워크 패턴을 나타내며, 본 연구의 형상모델이다. 이 형상모델은 문헌²⁾와 저자들³⁾이 시스템적인 연구를 위해 개발한 모델로서 안정해석에 의한 다양한 결과 등이 이미 보고되고 있다.

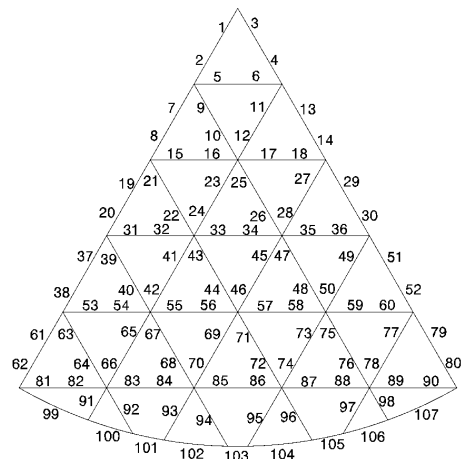
<Fig. 2>는 돔의 1/6 영역에 대한 절점번호와 부재번호를 나타낸다. 기존의 실험적, 이론적 연구를 통해서 보고되고 있는 바와 같이 돔의 지붕 전체영역으로 해석하는 것에 비하여 돔 지붕의 1/6 영역에 대한 좌굴내력값의 차이는 3% 이내로서 매우 미미하며⁴⁾, 좌굴모드 등 좌굴특성에는 거의 차이가 없으므로 본 연구에서는 해석의 편의를 위하여 1/6 영역을 해석모델로 도입한다.



<Fig. 1> Typical shape model and network pattern for single-layer latticed dome



(a) Number of nodal point



(b) Number of member

<Fig. 2> Number of nodal point and member for 1/6 dome network

2.2 해석모델

<Table 1, 2>는 원형강관과 H형강 단면에 대한 해석모델이다. <Table 1, 2>에서 CMS, CRS, h, r, θ , t 그리고 S는 각각 라이즈-스팬비가 고정이고 원형강관 단면크기를 변화시킨 모델, 원형강관 단면크기가 고정이고 라이즈-스팬비를 변화시킨 모델, 돔의 높이, 돔의 저면 반경, 강관의 직경, 두께 그리고 돔의 형상계수를 나타낸다. HMS, HRS에서 H는 H형강을 의미하며 강관의 모델명과 같은 개념으로 모델명을 정하였다. 강관의 탄성계수 $E=205,000$ MPa, 프와송비는 $\nu=0.3$ 이다. 하중은 연직등분포하중이며, 접합부는 강접합이며 경계는 고정이다. 한편 래티스 돔 형상계수 S는 래티스 돔의 전체좌굴과 부재좌굴을 구분하기 위해 Yamada에 의해 제안되었으며⁴⁾, 그 식은 식 (1)과 같다.

<Table 1> Analytical models and geometrical shape factor S for circular hollow section

Model	h/r	Ø(mm)	t(mm)	S
CMS1	6/18	600	2.45	1.9
CMS2		500	2.95	2.1
CMS3		400	3.69	2.3
CMS4		300	4.96	2.7
CMS5		250	6.00	2.9
CMS6		200	7.61	3.3
CMS7		150	10.49	3.9
CMS8		125	13.08	4.3
CMS9		100	17.81	5.0
CRS1	3/18	300	4.96	1.9
CRS2	4.5/18			2.3
CRS3	6/18			2.7
CRS4	9/18			3.3
CRS5	10.5/18			3.6
CRS6	12/18			3.9
CRS7	13.5/18			4.2
CRS8	15/18			4.5
CRS9	16.5/18			5.0

<Table 2> Analytical models and geometrical shape factor S for H-section

Model	h/r	Size of H-section	S
HMS1	6/18	H-594×302×14×23	1.8
HMS2		H-394×398×11×18	2.2
HMS3		H-350×350×12×19	2.3
HMS4		H-300×300×10×15	2.5
HMS5		H-250×250×9×14	2.8
HMS6		H-200×200×8×12	3.1
HMS7		H-175×175×7.5×11	3.3
HMS8		H-150×150×7×10	3.6
HMS9		H-125×125×6.5×9	4.0
HRS1	3/18	H-300×300×10×15	1.8
HRS2	4.5/18		2.2
HRS3	6/18		2.5
HRS4	9/18		3.1
HRS5	10.5/18		3.4
HRS6	12/18		3.7
HRS7	13.5/18		4.0
HRS8	15/18		4.2
HRS9	16.5/18		4.5

$$S = \frac{L}{\sqrt{R}} \left(\frac{K}{D} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (1)$$

식 (1)에서 R은 곡률반경, L은 골조의 대표부재길이, D는 골조의 등가휨강성⁶⁾, K는 골조의 등가축강성⁶⁾을 나타낸다.

본 연구에서 S의 값을 1.8~4.5의 범위로 한 이유

는 이 범위의 S값을 가지는 래티스 돔은 전체좌굴, 부재좌굴 그리고 절점좌굴 특성을 범용적으로 나타낼 수 있는 래티스 돔의 다양한 형상을 거의 포함하고 있는 형상계수이기 때문이다.

3. 해석 방법

구조물의 안정해석은 2개의 해석방법을 도입한다. 하나는 프레임해석법³⁾이며, 다른 하나는 연속체치환법¹⁾⁴⁾이다.

프레임해석법은 저자들에 의해 단층래티스 구형 돔의 골조를 기하학적 비선형성을 고려하는 유한요소법에 의해 정식화했으며, 수치계산은 최대변위증분을 갖는 절점변위에 대하여 변위증분법을 적용하고, 각 증분단계에서 강성행렬의 행렬식을 계산하여서 분기점을 구한다. 또한 이 분기점에서 고유치 해석을 행하여 이 고유벡터로부터 분기좌굴모드를 구한다³⁾. 해석정밀도는 부재좌굴을 파악하기 위하여 1 부재를 2요소로 해석한다. 한편 연속체치환법은 Yamada의 해석법¹⁾⁴⁾을 적용하며, 각 모델에서 얻어진 좌굴내력값을 상호 비교평가하기 위한 기준값으로 연속체치환법에 의한 좌굴내력값을 도입한다.

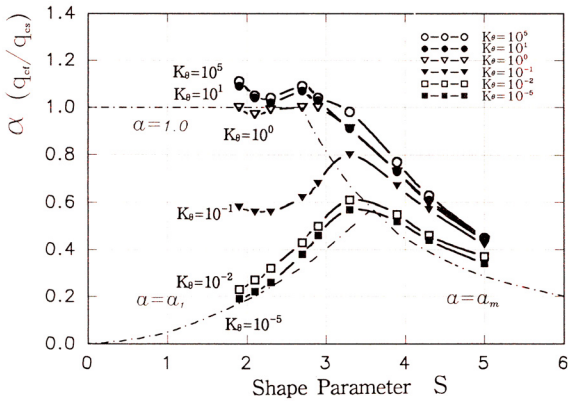
4. 해석 결과 및 분석

4.1 선행 연구 분석

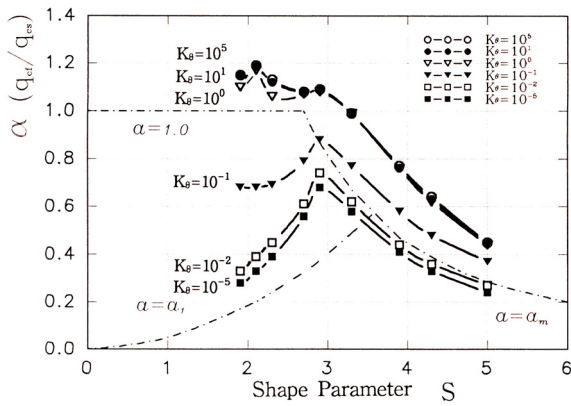
<Fig. 3>과 <Fig. 4>는 권영환의 선행연구²⁾와 저자들의 선행연구³⁾ 결과를 나타낸 것이며, 여기에서 <Fig. 3>은 여러 가지 돔의 형상에 대하여 접합부 강성 조건에 따른 α-S의 관계곡선을 나타낸 것이다.

<Fig. 3>에서 α=1.0 직선, α=α1 곡선, 그리고 α=αm 곡선은 Yamada¹⁾에 의해 제안된 것으로 α=1.0은 단층래티스 구형 돔의 접합부 조건이 강접합인 경우에 대한 전체좌굴내력의 기준, α=α1은 편접합의 경우 전체좌굴내력의 기준, 그리고 α=αm은 접합부 조건에 관계없이 부재좌굴내력의 기준을 나타낸다. 그리고 Kθ는 접합부 강성 조건을 나타내며, Kθ=10⁵모델이 본 연구의 해석조건과 동일하다.

<Fig. 4>는 단층래티스 구형 돔의 골조를 강관으로 설계한 경우, 형상계수 S에 따른 좌굴모드를 나

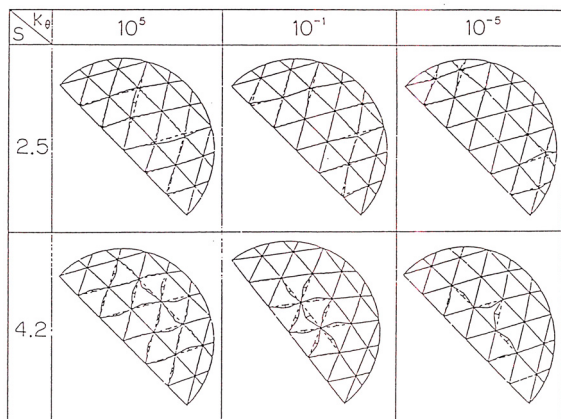


(a) Pressure-type uniform load



(b) Vertical-type uniform load

〈Fig. 3〉 Buckling strength according to S for the circular hollow section^{2),3)}



〈Fig. 4〉 Buckling modes by S for the circular hollow section^{2),3)}

타내고 있다. 〈Fig. 4〉에서 OB는 전체좌굴, MB는 부재좌굴, DB는 국부좌굴을 나타낸다. 〈Fig. 3, 4〉에서 알 수 있는 것처럼 형상 계수 S에 의해 좌굴내

력 및 좌굴모드가 매우 규칙적인 특성을 갖고 있음을 알 수 있다. 즉 형상계수 S의 타당성을 알 수 있는 그래프이다.

4.2 좌굴부재 보강에 따른 좌굴특성

〈Table 3, 4〉는 각각 CMS모델과 CRS모델에 대한 안정해석의 결과를 나타낸다. 표에서 기호는 돔의 형상계수(S), 보강하지 않은 부재에 대한 좌굴절점(NODob), 보강부재번호(NUMrm), 연속체치환법에 의한 좌굴하중값(Qcs), 프레임해석에 의한 좌굴하중값(Qcf), α (Qcf/Qcs), 보강하지 않은 모델에 대한 좌굴내력에 대한 보강모델의 좌굴내력비(β), 보강전후 좌굴절점(NODb), 그리고 좌굴모드(MODb)를 나타낸다. 강관의 경우 보강부재는 부재축강성을 향상시키기 위해 강관 단면두께를 각각 2배, 4배로 키워 강성을 확보한다.

〈Table 5, 6〉은 각각 HMS모델과 HRS모델에 대한 안정해석의 결과를 나타낸다. 표에서 η 는 보강부재의 보강비를 나타내며, H형강의 모델에서는 좌굴부재의 단면2차모멘트로서 보강비(η)를 고려한다. H형강의 경우 원형강관과 다른 단면 보강법을 도입한 것은 H형강의 경우 단면적보다는 단면2차모멘트에 의해 휨강성에 크게 지배를 받기 때문이다. 〈Fig. 5~12〉는 〈Table 3~6〉의 결과를 다양한 관점에서 분석하기 위하여 그림으로 나타낸 것이다. 〈Fig. 5~8〉에서 1T는 보강하지 않은 부재, 2T, 4T는 각각 강관두께를 2배, 4배 보강한 부재를 나타낸다. 〈Fig. 9~12〉에서 1은 보강하지 않은 H형강 부재, 1.25, 1.50은 각각 H형강 보강부재의 단면2차모멘트를 각각 1.25배, 1.5배 보강한 부재를 나타낸다.

〈Fig. 5~12〉에서 알 수 있는 것처럼 대부분의 모델에서 좌굴부재를 보강함으로 인하여 구조물 전체의 좌굴내력이 증가하는 것을 알 수 있다. 강관의 경우, 가장 큰 폭의 증가는 CMS3모델에서 좌굴내력이 증가율은 약 14%이며, H형강의 경우는 HRS2 모델에서 약 5%의 좌굴내력이 증가하는 것을 알 수 있다. 그러나 강관모델의 경우, 돔의 형상계수 S의 값이 극단적으로 크거나 작은 CMS1, CMS2, CMS9 그리고 CRS1모델에서는 좌굴부재의 강성 보강에

<Table 3> Analytical results for CMS models

Model	S	Member section	NODob	NUMrm	Qcs (kN/m ²)	Qcf (kN/m ²)	α	β	NODb	MODb
CMS1	1.9	Ø-600×2.45	4,6	-	51.6	59.70	1.16	100	4,6	O.B
		Ø-600×4.90	4,6	7,8, 13~22, 27~30		48.28	0.94	81	1	O.B
		Ø-600×9.80	4,6	1,2,3,4		49.97	0.97	84	1	O.B
CMS2	2.1	Ø-500×2.95	4,6	-	43.0	51.40	1.20	100	4,6	O.B
		Ø-500×5.90	4,6	7,8, 13~22, 27~30		38.94	0.91	76	1	O.B
		Ø-500×11.8	4,6	1,2,3,4		39.41	0.92	77	1	O.B
CMS3	2.3	Ø-400×3.69	1	-	34.2	38.20	1.12	100	1	O.B
		Ø-400×7.38	1	1,2,3,4		42.00	1.23	110	1	O.B
		Ø-400×14.76	1	1,2,3,4		43.42	1.27	114	46	M.B
CMS4	2.7	Ø-300×4.96	1	-	25.5	27.50	1.08	100	1	O.B
		Ø-300×9.92	1	1,2,3,4		29.42	1.15	107	1	O.B
		Ø-300×19.84	1	1,2,3,4		31.01	1.22	113	51,52	M.B
CMS5	2.9	Ø-250×6.00	33,36	-	21.1	23.40	1.11	100	33,36	M.B
		Ø-250×12.0	33,36	7,8,13,14		24.21	1.15	103	51,52	M.B
		Ø-250×24.0	33,36	43~46		24.20	1.15	103	51,52	M.B
CMS6	3.3	Ø-200×7.61	33,36	-	16.6	15.60	0.94	100	33,36	M.B
		Ø-200×15.22	33,36	7,8,13,14		16.36	0.99	105	33,36	M.B
		Ø-200×30.44	33,36	7,8,13,14		16.63	1.00	107	51,52	M.B
CMS7	3.9	Ø-150×10.49	33,36	-	12.1	8.60	0.71	100	33,36	M.B
		Ø-150×20.98	33,36	7,8,13,14		9.00	0.74	105	34,35	M.B
		Ø-150×41.96	33,36	9,10,11,12		9.14	0.76	106	34,35	M.B
CMS8	4.3	Ø-125×13.08	33,36	-	9.7	5.70	0.59	100	33,36	M.B
		Ø-125×26.16	33,36	7,8,13,14		5.95	0.61	104	39,44	M.B
		Ø-125×52.32	33,36	19,20,29,30		5.96	0.61	105	39,44	M.B
CMS9	5.0	Ø-100×17.81	39,44	-	7.3	3.50	0.48	100	39,44	M.B
		Ø-100×35.62	39,44	19,20,29,30		3.41	0.47	98	98	M.B
		Ø-100×71.24	39,44	7,8,13,14		3.42	0.48	98	98	M.B

<Table 4> Analytical results for CRS models

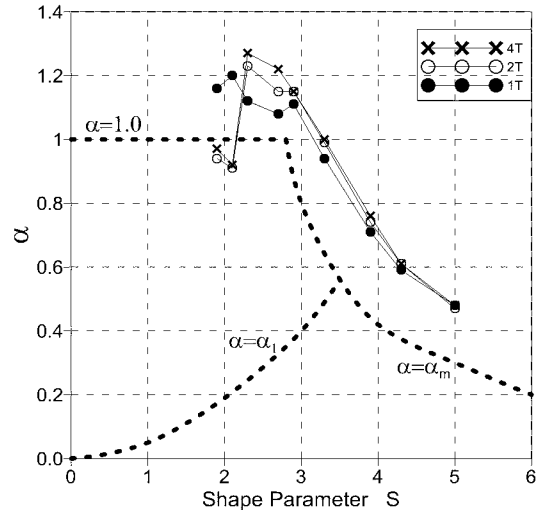
Model	S	Member section	NODob	NUMrm	Qcs (kN/m ²)	Qcf (kN/m ²)	α	β	NODb	MODb
CRS1	1.9	Ø-300×4.96	7,10	-	7.84	9.02	1.15	100	7,10	O.B
		Ø-300×9.92	7,10	19,20,29~32,35		9.43	1.20	105	1	O.B
		Ø-300×19.84	7,10	1,2,3,4		8.62	1.10	96	1	O.B
CRS2	2.3	Ø-300×4.96	1	-	16.14	17.34	1.07	100	1	O.B
		Ø-300×9.92	1	1,2,3,4		18.77	1.16	108	1	O.B
		Ø-300×19.84	1	1,2,3,4		19.31	1.20	111	13	O.B
CRS3	2.7	Ø-300×4.96	1	-	25.48	27.46	1.08	100	1	O.B
		Ø-300×9.92	1	1,2,3,4		29.42	1.15	107	1	O.B
		Ø-300×19.84	1	1,2,3,4		31.01	1.22	113	51,52	M.B
CRS4	3.0	Ø-300×4.96	1	-	34.4	34.67	1.01	100	1	O.B
		Ø-300×9.92	1	1,2,3,4		36.81	1.07	106	1	O.B
		Ø-300×19.84	1	1,2,3,4		38.17	1.11	110	51,52	M.B
CRS5	3.3	Ø-300×4.96	1	-	41.91	38.66	0.92	100	1	O.B
		Ø-300×9.92	1	1,2,3,4		40.17	0.96	104	33,36	M.B
		Ø-300×19.84	1	7,8,13,14		40.50	0.97	105	33,36	M.B
CRS6	3.6	Ø-300×4.96	33,36	-	47.40	39.08	0.82	100	33,36	M.B
		Ø-300×9.92	33,36	7,8,13,14		41.10	0.87	105	34,35	M.B
		Ø-300×19.84	33,36	9,10,11,12		41.58	0.88	106	51,52	M.B
CRS7	3.9	Ø-300×4.96	33,36	-	50.77	36.83	0.73	100	33,36	M.B
		Ø-300×9.92	33,36	7,8,13,14		38.87	0.77	106	34,35	M.B
		Ø-300×19.84	33,36	9,10,11,12		39.74	0.78	108	51,52	M.B
CRS8	4.2	Ø-300×4.96	33,36	-	52.18	33.54	0.64	100	33,36	M.B
		Ø-300×9.92	33,36	7,8,13,14		35.41	0.68	106	34,35	M.B
		Ø-300×19.84	33,36	9,10,11,12		36.48	0.70	109	51,52	M.B
CRS9	4.8	Ø-300×4.96	33,36	-	50.58	25.14	0.50	100	33,36	M.B
		Ø-300×9.92	33,36	7,8,13,14		25.90	0.51	103	39,44	M.B
		Ø-300×19.84	33,36	19,20,29,30		25.93	0.50	103	39,44	M.B

<Table 5> Analytical results for HMS models

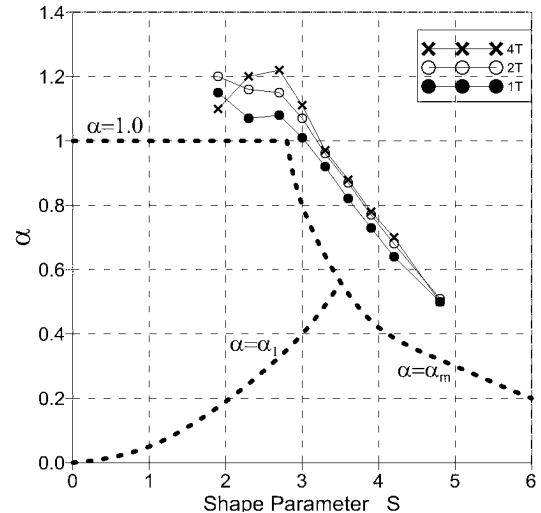
Model	S	η (%)	Qcs (kN/m ²)	Qcf (kN/m ²)	α	β
HMS1	1.8	100	261.64	69.98	0.27	100
		125		73.50	0.28	105
		150		70.41	0.27	101
HMS2	2.2	100	153.45	99.66	0.65	100
		125		92.10	0.60	92
		150		102.42	0.67	103
HMS3	2.3	100	125.50	79.56	0.63	100
		125		79.82	0.64	100
		150		79.82	0.64	100
HMS4	2.5	100	74.11	41.57	0.56	100
		125		41.81	0.56	101
		150		41.81	0.56	101
HMS5	2.8	100	47.30	23.36	0.49	100
		125		23.91	0.51	102
		150		23.56	0.50	101
HMS6	3.1	100	25.96	10.57	0.41	100
		125		10.82	0.42	102
		150		10.82	0.42	102
HMS7	3.3	100	18.21	6.64	0.36	100
		125		6.81	0.37	103
		150		6.80	0.37	102
HMS8	3.6	100	12.17	3.82	0.31	100
		125		3.99	0.33	104
		150		3.99	0.33	104
HMS9	4.0	100	7.60	2.09	0.28	100
		125		2.08	0.27	100
		150		2.07	0.27	99

<Table 6> Analytical results for HRS models

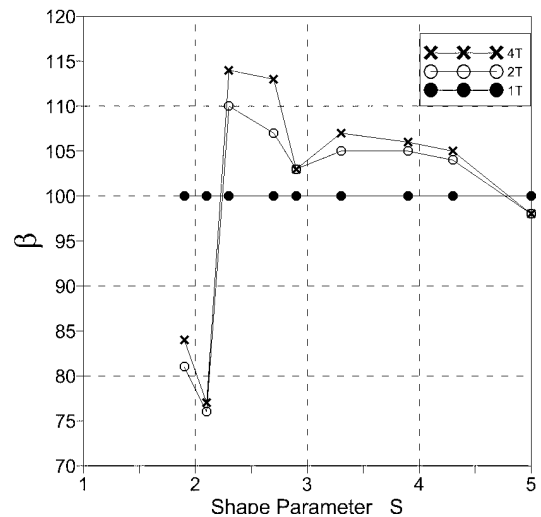
Model	S	η (%)	Qcs (kN/m ²)	Qcf (kN/m ²)	α	β
HRS1	1.8	100	22.80	14.06	0.62	100
		125		14.38	0.63	102
		150		14.46	0.63	103
HRS2	2.2	100	46.96	30.73	0.65	100
		125		30.97	0.66	101
		150		32.16	0.68	105
HRS3	2.5	100	74.11	41.57	0.56	100
		125		41.81	0.56	101
		150		43.32	0.58	103
HRS4	3.1	100	121.90	48.71	0.40	100
		125		49.21	0.40	101
		150		50.74	0.42	104
HRS5	3.4	100	137.88	47.93	0.35	100
		125		48.52	0.35	101
		150		50.02	0.36	104
HRS6	3.7	100	147.66	45.31	0.31	100
		125		46.48	0.31	103
		150		47.52	0.32	105
HRS7	4.0	100	151.77	41.46	0.27	100
		125		42.54	0.28	103
		150		43.32	0.29	104
HRS8	4.2	100	151.21	36.83	0.24	100
		125		37.71	0.25	102
		150		38.43	0.25	104
HRS9	4.5	100	147.10	28.78	0.20	100
		125		26.70	0.18	93
		150		28.20	0.19	98



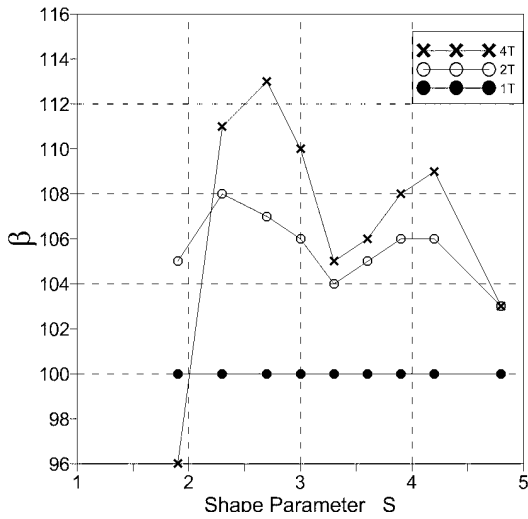
<Fig. 5> α -S curves for CMS models



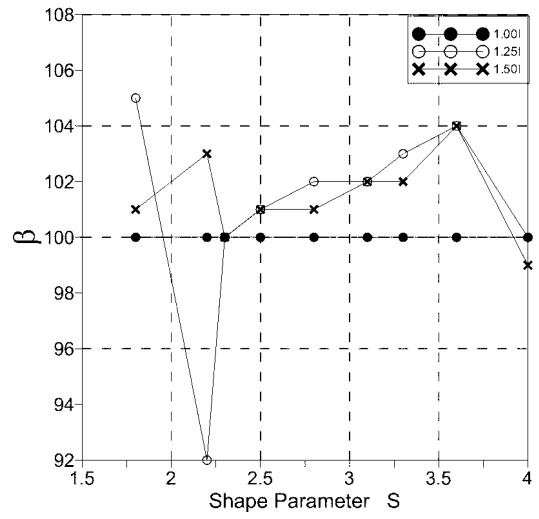
<Fig. 6> α -S curves for CRS models



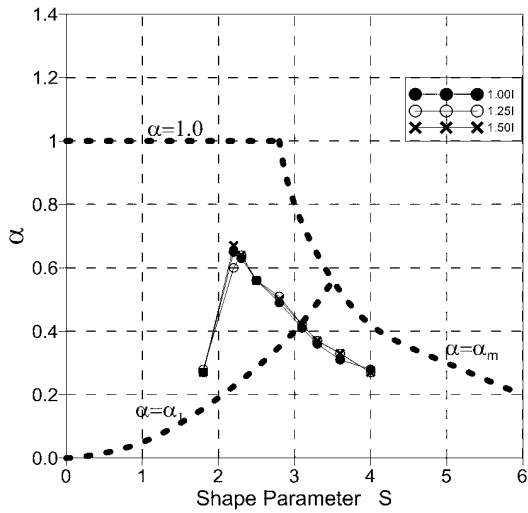
<Fig. 7> β -S curves for CMS models



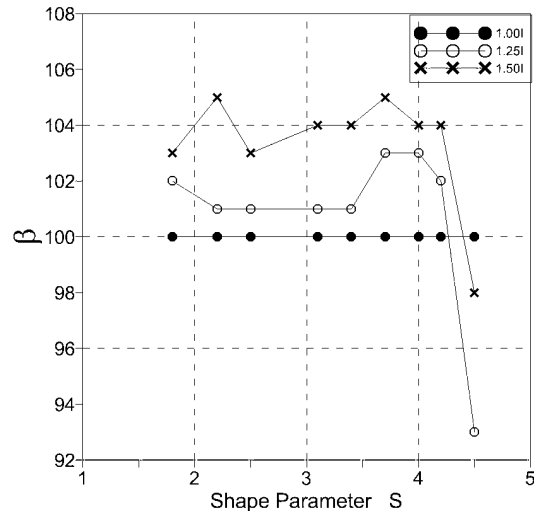
<Fig. 8> β-S curves for CRS models



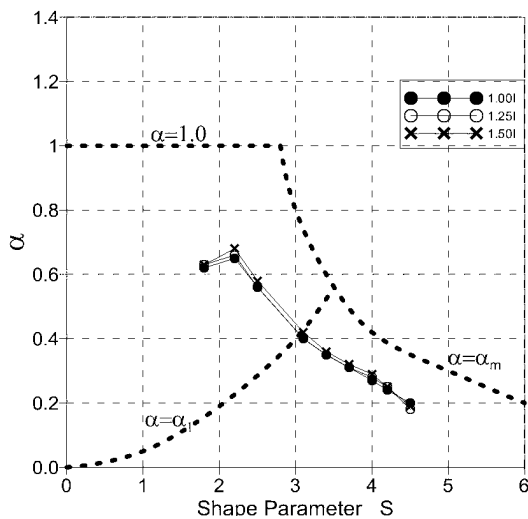
<Fig. 11> β-S curves for HMS models



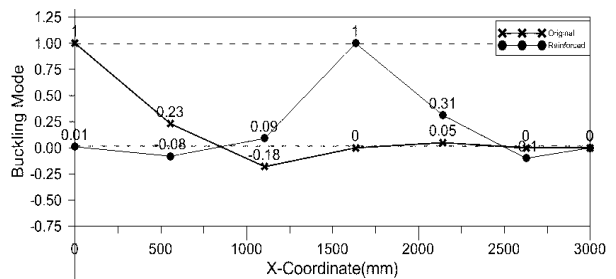
<Fig. 9> α-S curves for HMS models



<Fig. 12> β-S curves for HRS models



<Fig. 10> α-S curves for HRS models



<Fig. 13> Buckling mode for CMS3 model

의해서 구조물 전체의 좌굴내력이 오히려 감소하는 결과를 얻었다. 마찬가지로 H형강 모델의 경우에는, HMS2모델, HMS9모델, HRS9모델에서 보강에 의해 좌굴내력이 감소하는 결과를 얻었다.

<Fig. 13>은 CMS3모델에 대한 돔의 지붕단면

1/2을 평면화하여 보강 전과 보강 후의 좌굴모드를 나타낸 것이다. 보강에 의해 좌굴내력이 감소하는 현상은 형상계수 S에 따라 <Table 3, 4>와 <Fig. 13>처럼 좌굴위치 및 구조물 전체의 좌굴모드가 보강전과 완전히 다르게 변하는 경우가 있다. 이처럼 3차원 단층래티스 돔의 경우, 대공간 구조물의 특성상 미세한 형상의 변화나 사용부재의 변화 등에 따라서 응력의 재분배가 효과적으로 이루어지기 전에 형상불안정현상 등으로 좌굴내력저하 등 좌굴특성에 큰 차이가 나타남을 알 수 있다. 즉 단층래티스 돔의 경제적인 구조설계를 위하여 좌굴부재에 대한 강성보강을 실시할 경우 돔의 형상계수, 단면성질 등 다양한 설계 파라메타를 고려한 응력해석과 더불어 반드시 안정해석을 병행할 필요성이 있음을 나타낸다.

5. 결론

이상 본 연구에서는 단층래티스 돔의 형상계수 S에 따른 좌굴특성을 1차적으로 검토하여 얻어진 좌굴부재나 좌굴절점 주위의 부재 강성을 보강함으로써 구조물 전체의 내력을 증가시키는 효과를 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 단층래티스 돔의 경우, 형상계수 S가 극단적으로 크거나 작을 경우, 일부 모델에서는 좌굴부재의 강성 보강에 의해서 오히려 구조물 전체의 좌굴내력이 감소하였으므로 좌굴부재 강성보강이 반드시 구조물 전체의 내력을 향상시키지는 않았다.

2) 대공간 구조시스템인 단층래티스 돔의 좌굴부재를 보강하여 경제적인 구조설계를 하고자 할 경우, 형상계수 S에 따라서 구조물 전체의 좌굴특성에 큰 변화가 나타날 수 있으므로 다양한 설계 파라메타를 고려한 응력해석과 더불어 반드시 안정해석을 병행하여 보강설계를 할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 도시건축연구사업의 연구비 지원(16AUDP-B100343-02)에 의해 수행되었습니다.

References

1. Yamada, M. et al, "Theoretical and Experimental Study on the Buckling of Rigidly Jointed Single Layer Latticed Spherical Shells under External pressure", Proceedings of the IASS Symposium on Membrane Structures and Space Frames, Osaka, vol.3, Tokyo, Japan, pp. 113-120, 1986
2. Kwon, Y. H., "A study on the buckling characteristics of single-layer latticed domes with triangular network", Pusan National University, Korea, 1993,
3. Jung, H.M. et al, "A Study on Buckling Characteristics of Single-Layer Latticed Domes with the Initial Geometrical Imperfection", IASS_ASCE Symposium 1994, April 24-28, Atlanta, Georgia, USA, 1994
4. Yamada, M. et al, "Buckling of Rigidly Jointed Single Layer Latticed Spherical Shells under External Pressure", Proceedings of the International Colloquium on Space Structures for Sports Buildings, Beijing October 1987, SPACE STRUCTURES FOR SPORTS BUILDINGS, Elsevier, London, U.K., pp. 353-360, 1987
5. Yamada M., "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, pp.177-193, 1988
6. Heki, K., "On the Effective Rigidities of Lattice Plates", Contributions in Honour of the 60th Birthday of Tsubio, Unosheten, Tokyo, pp.31-46, 1968,
7. Jung, H.M. et al, "A Study on the Stability of the Single-Layer Latticed Dome during Erection Using the Step-Up Method", Journal of Korean Association for Spatial Structures, Vol.12, No. 4, pp.109-118, 2012

- Received : October 24, 2016
- Revised : November 09, 2016
- Accepted : November 15, 2016