

인공우주물체 추적용 완전 개폐형 돔의 설계 및 구조해석
DESIGN AND STRUCTURAL ANALYSIS
OF DOME ENCLOSURE FOR TRACKING ARTIFICIAL SPACE OBJECTS

설경환¹, 김상준¹, 장민환¹, 민상웅¹, 문병식¹, 백기민²

¹경희대학교 우주과학과 우주과학기술연구소

²Starry Land

K.-H. SEOL¹, S.-J. KIM¹, M. JANG¹, S.-W. MIN¹, B.-S. MUN¹, AND K.-M. BAEK²

¹Space Science and Technology Laboratory, Department of Astronomy and Space Science

Kyung Hee University, Yongin, Kyunggi-Do, 449-701, Korea

²Starry Land, 2F, Myungsin, B/D, 85-2 Songpa 1 Songpa-Gu, Seoul, Korea

E-mail: khseol@khu.ac.kr

(Received November 20, 2007; Accepted December 12, 2007)

ABSTRACT

We have been making dual dome enclosures which are useful to track artificial space objects at SSNT (Space Science and Technology Lab.) Kyung Hee University. We verified the safety of the dome enclosures using basic design and structure analyses before manufacturing them, and then performed an optimization analysis for economic and safe systems. The dome enclosure has a fully-open type structure to smoothly operate a telescope made in the style of altazimuth mount with very fast tracking. It is also designed to be safe against extreme weather conditions. The general structure of the observatory system consists of the dual dome enclosures at the top of a container. For the structural analyses, we consider the following two methods: (1) gravitational sustain analysis - how the structure supporting the dome withstand the weight of the dome. and (2) wind load analysis that considers the effect of the wind velocity at the region where the observatory is located. The result of overall deformation is found to be less than 0.551mm and the result of equivalent stress is found to be 20.293Mpa, indicating that the dual dome system is reasonably designed. This means structurally to be safe.

key words: dome enclosure, artificial space objects, design, structural analysis

1. 서론

국내 최초로 인공우주물체 감시 활동을 본격적으로 시작한 경희대학교 인공위성 광학 관측소(Kyunghee Optical Satellite Observing Facility, KOSOF)는 중/고궤도 위성관측 시스템 개발(박준성 2002)에서부터 고궤도 측광 및 분광관측을 수행하는 등 일련의 연구를 진행하였고 소기의 연구 성과를 이루었다(박준성 2002; 이동규 외 2001). 최근에는 우주과학기술연구소(Space Science and Technology Lab., SSNT)로 확대 개편하여 저궤도 인공우주물체의 추적 및 관측이 가능한 시스템 개발(민상웅 2004) 및 시험관측에 성공하였다.

이번 연구에서는 민상웅(2004)이 개발한 저궤도 인공우주물체 관측 시스템과 설경환(2007)이 개발한 다

중 광학계 탑재용 가대 및 GT1100 가대 등의 장비를 활용할 수 있는 돔을 개발하기 위한 연구를 진행 중이다.

기본적으로 돔 엔클로저(dome enclosure, 이하 돔)는 관측이 이루어지지 않는 시간동안 내부의 망원경 시설의 안전을 보장하며, 관측이 이루어지는 동안에도 강한 바람을 막는 역할을 함으로써 망원경의 흔들림을 최소화하여 양질의 관측 자료를 얻을 수 있게 하는 보호 기능이 있다. 또한 전통적인 돔은 망원경의 시야를 보장하는 개구부(셔터 혹은 슬릿)가 있고, 관측하고자 하는 천체를 개구부를 통하여 항상 볼 수 있도록 회전기능을 갖는다(임홍서 외 2002).

과학적으로, 돔은 설치되는 장소의 시상(seeing)에 영향을 끼치는 원인이다. 현대의 돔 설계는 돔의 측면 개방과 돔 모양의 최적화를 통해서 시상을 보정하고자

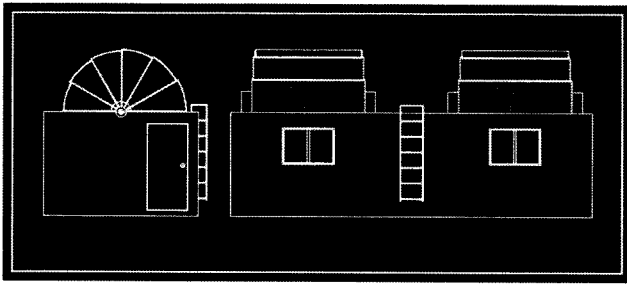


그림 1. 인공우주물체 관측용 완전 개폐형 돔의 개념도

한다. 공학적인 관점에서 돔은 망원경 구조에 대하여 진동의 원인이 되고 기계적인 고장의 근원이 되기도 한다. 경제적으로는 망원경의 가치만큼이나 비싸기도 하다. 이러한 과학적 혹은 공학적인 이유로, 돔 설계에 있어서의 진보는 그 구조물의 경제적인 가치를 증가시킬 것이다(Mansfield 2000).

돔의 특성 중 중요하게 고려되어야 하는 것으로는 돔의 개구부 주변과 내부에서 발생하는 공기 역학적 흐름과 돔 내부의 온도분포 특성, 그리고 돔의 외부에 부딪히는 바람의 하중과 돔의 회전운동에 의한 진동의 발생을 들 수 있다. 우선 돔 주변과 내부의 공기 흐름에 대한 연구는 풍동실험이나 유체역학적 수치모사(Computational Fluid Dynamics, CFD)를 통해 이루어지고 있는데 이는 돔과 그 개구부로 인해 발생하는 시상의 악화현상(돔시상; dome seeing)을 최소화하기 위해 더욱 중요시되고 있다(De Young 1996).

돔시상은 이와 같은 공기의 와류현상 이외에도 돔 내부의 열분포 구조에도 영향을 받는다(Woolf 1979). 주간에 축적된 열이 야간에 외부로 방출되는 과정, 그리고 이 과정에서 개구부와 그 주변 공기의 흐름이 미치는 영향 등이 복합적으로 작용하게 되는데, 이는 또한 광학계의 온도가 평형에 이르는 시간에도 영향을 미친다. 따라서 돔은 주간과 야간의 열차이를 최소화하기 위해 우수한 단열효과와 냉방기능 및 통풍기능 등 돔 내부의 열적환경이 최적화되어야 한다(Worthington et al. 2000).

한편, 전통적인 돔과 달리 개구부와 회전의 특징을 가지지 않는 개방식 구조의 돔은 위에 언급된 돔시상 문제를 모두 해결할 수 있으며 회전하는 돔에 의해 발생하는 진동 문제를 해결할 수 있는 장점이 있어 최근에는 2m 급 중형 망원경에도 사용되어지고 있다(Mansfield 2000).

돔 설계는 일치하지 않는 광학적, 열적, 기계적, 그리고 구조적인 필요조건들의 균형을 유지시키는 작업이 필수적으로 수반된다. 구조적으로 유도된 열적인 요소의 관점("enclosure seeing")에서, 돔이 없는 것이 최

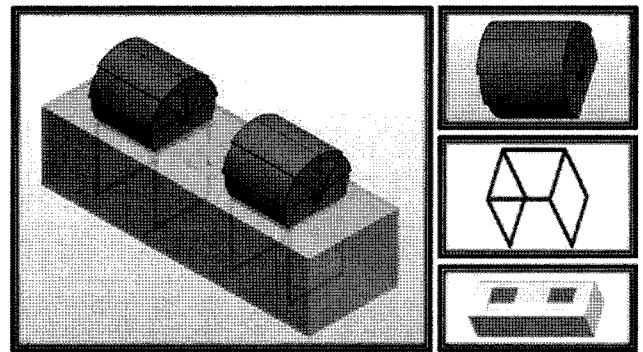


그림 2. 인공우주물체 관측소의 3D 모델. 돔 시스템은 크게 돔, 돔 지지 구조물, 관측소로 구성된다.

적의 해결책으로 보인다(Halliday et al. 2003).

경희대학교 우주과학기술연구소는 인공우주물체의 빠르고 임의적인 운동특성을 고려하여 개발된 추적 시스템의 효율적인 활용을 위해서 완전 개방형 돔을 채택하여 제작 중에 있다. 이는 특히 국제우주정거장(International Space Station, ISS)과 같은 저궤도 인공우주물체가 천정 궤적부근을 지날 때 관측 시스템의 방위각 축 변화율이 최대 11°/sec 정도까지 이르기 때문에(민상용 2004) 전통적인 돔을 사용할 경우, 심한 진동이 생길뿐 아니라 시스템의 구동속도에 미치지 못하는 경우가 발생할 수 있다.

개방식 구조의 돔은 천문연/연세대 합동 연구팀이 탐사망원경에 사용될 돔으로 개발하였고, 2002년 4월초 남아프리카 공화국 천문대 써덜랜드 관측소에 설치하여 사용하고 있다(임홍서 외 2002).

따라서, 우리는 앞서 설명한 완전 개방형 돔의 장단점을 파악하여 인공우주물체 관측에 적합하다고 판단하였다. 이 연구에서는 완전 개방형 인공우주물체 추적용 완전 개방형 인공우주물체 추적용 듀얼 돔의 듀얼 돔의 기본설계를 바탕으로 돔 자체 무게에 대한 자중해석과 설치될 장소의 바람의 영향을 고려한 풍하중 해석을 실시하여 돔의 안전성 검증을 보이고자 한다.

2. 돔의 설계와 구조

인공우주물체 추적용 관측 돔의 설계 원리는 관측대상인 인공우주물체의 빠르고 임의적인 운동특성을 고려하여 완전개방형으로 설계하였다. 또한, 두 개의 돔을 사용하도록 고안되었다. 하나의 돔에는 광시야용 망원경(f/1.95 8인치 슈미트-카세그레인)을 설치하여 관측대상을 쉽게 추적(tracking)하기 위함이고, 나머지 돔에는 협시야용 망원경(f/4 10인치 슈미트-뉴토니안)을 설치하여 상세 이미지 관측을 할 수 있도록 그림 1과 같이 개념설계를 하였다.

그림 2는 듀얼 돔 시스템의 전체적인 모습으로, 그

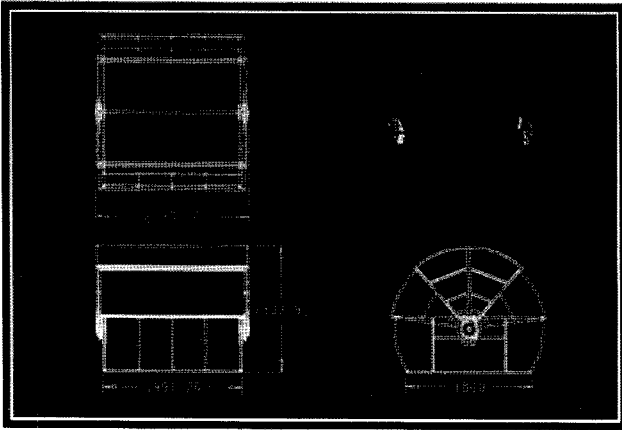


그림 3. 인공우주물체 관측용 완전 개폐형 돔의 설계도

구조는 크게 돔, 돔 지지 구조물, 관측소로 구성된다. 두 개의 돔은 가건물로 만들어진 관측소 위에 바로 올라가지 않고, 강철로 만들어진 돔 지지 구조물 위에 탑재되는 방식을 택하여 안전성을 높이도록 하였다.

인공우주물체 관측용 완전 개폐형 구조를 갖는 돔의 설계도는 그림 3과 같고, 돔이 닫혀있을 때의 형상을 보여주고 있다. 돔의 뼈대를 이루고 있는 정사각형 모양의 빔은 직경 30mm, 두께 2.5mm의 셸(shell) 형태를 가져 돔의 무게를 줄이면서도 견고한 구조로 설계하였다. 빔의 재료는 강성이 강한 구조 강을 선택하였고, 각각의 빔 프레임 및 돔을 지지하는 구조물들의 연결 방법은 용접으로 처리된다. 돔의 개폐는 10톤의 무게까지 견딜 수 있는 유압 실린더를 사용하여 조개껍질 모양의 덮개에 링크 유닛을 연결하여 움직이도록 그림 4와 같이 설계하였다. 유압 실린더 및 링크 유닛은 제작 후에 케이스를 설치하고 유압 실린더를 움직이게 하는 모터는 관측소 안쪽에 설치하여 비나 눈으로부터의 피해를 방지하게 된다. 돔의 뼈대를 둘러싸고 있는 스테인리스 재질의 덮개는 10cm 간격으로 촘촘히 리벳(rivet) 처리를 한다.

설계를 바탕으로 제작하게 될 돔의 규격과 사양을 표 1에 나타내었다. 돔 하나의 무게는 대략 722kg으로, 유압링크 유닛을 제외시킨 무게이다. 돔의 기본 뼈대는 구조 강, 덮개는 스테인레스 판을 사용하였고 뼈대를 이루는 빔은 페인트를 칠하여 녹이 스는 것을 방지하였다. 돔의 개폐는 관측소 내부에서 수동으로 여닫을 수 있도록 하였다. 돔의 개폐시간은 1분미만으로 기상악화 시에 빠른 구동 시간을 확보하였다. 돔 내부에는 제습기 및 에어컨을 설치하여 최적의 관측 환경을 만들고 망원경 제어 및 이미지 처리 컴퓨터가 2대씩 설치될 예정이다. 돔이 설치될 장소는 경희대학교 천문

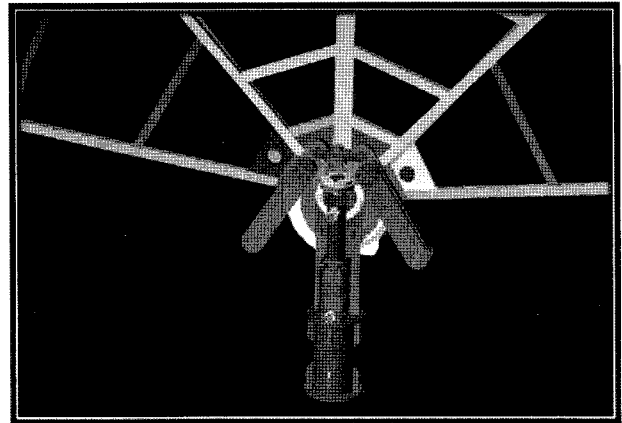


그림 4. 유압 실린더 및 링크 유닛. 유압 실린더는 10톤의 무게까지 견딜 수 있는 토크(torque)를 갖는다. 링크 유닛은 유압실린더와 결합되어 돔의 덮개 구조물과 연결되어 돔의 개폐 기능하게 된다.

표 1. 돔의 규격과 특징

Index	Specification
Size	2210mm(W) x 1886mm(H) x 2491mm(D)
Weight	722kg
Units	Dome Structure, Cover, Oil pressure units
Materials	Structural Steel, Stainless Steel
Operation/Control mode	Manual / Oil pressure driving
Temp. & Humidity Control	Set up Air Conditioner & Dehumidifier
Opening or Shutting Time	< 60 sec
Field of View	All sky except 20 degree from horizon
Opening Prevention Units	Latch system, Checking valve unit

대 주차장으로 전기와 인터넷의 설치가 가능하도록 하였고, 지평선으로 부터 20도를 제외한 전 하늘을 관측할 수 있도록 시야를 확보하였다.

3. 구조해석

3.1 자중해석(Gravitational Sustain Analysis)

1) 자중해석의 개요

자중은 해석 환경 전체에 작용하는 하중으로 구조물 자체의 무게와 구조물에 지속적으로 작용하는 하중을 고려한다. 등가응력(Equivalent Stress)은 주응력이 벡터로서 크기와 방향을 가진다면 등가응력은 스칼라로서 크기만 가진다. 복잡한 3차원 모델에서는 주응력으로

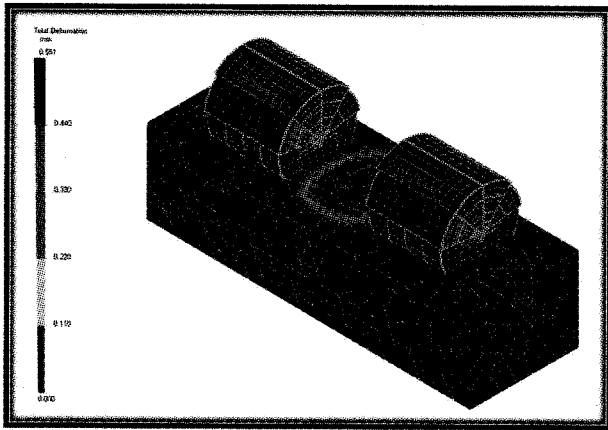


그림 5. 돔의 전체 변형량을 계산하기 위한 자중해석. 돔 덮개 부분에서 0.551mm 미만의 처짐이 생긴다.

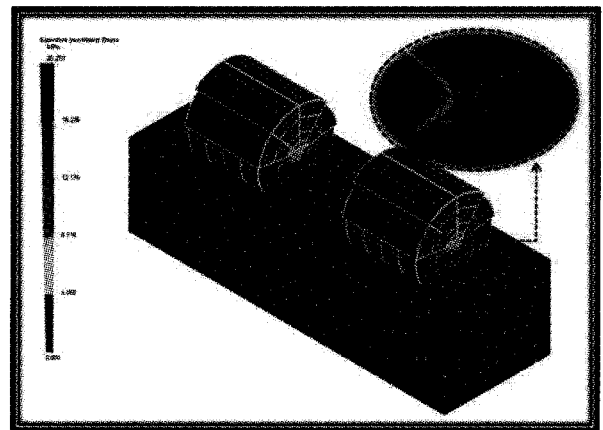


그림 6. 돔의 등가응력(Equivalent Stress) 해석. 빨간색 점선으로 확대 표시된 유압 링크 유닛과 연결되는 위치의 빔에서 최대값 20.293Mpa을 나타낸다.

항복이나 파단을 판단하기 힘들기 때문에 등가응력을 가지고 판단하게 된다. 본 미세스 응력(Von-Mises Stress)이라고도 하며, 구조물이 하중에 대하여 안전한지를 판단하는데 중요한 역할을 한다(태성FEA 사업부 2007).

자중해석에서는 완전 개폐형 돔의 응력과 변형량의 정도를 시뮬레이션을 통해서 결과를 예측하여 돔의 안전성을 검증하였다.

2) 해석 결과

시뮬레이션을 통해 얻은 자중 해석 결과, 해석의 관심 영역인 그림 5의 돔 덮개 부분에서 변형량이 0.551mm 미만으로 나왔다. 이는 망원경을 보호하는 돔의 기능을 충분히 수행할 수 있는 값으로 이 수치는 바람에 의한 풍하중 해석 수행 시에 포함하게 된다. 그림 6은 돔의 등가응력을 나타내는 결과로, 돔의 뼈대를 이루고 있는 빔에서 최대값 20.293Mpa을 보이고 있다.

3.2 풍하중 해석(Wind Load Analysis)

1) 풍하중 개요

구조물에 미치는 풍하중의 영향은 바람의 속도와 방향, 공기의 밀도, 구조물의 형상 및 강성, 그리고 평면의 형태 등에 따라 변화한다. 여기서 풍속의 설정은 각 지역 기상대의 풍속기록에 근거를 두고 통계적으로 유도한 통상 50년 재현기간의 지상 특정 고도에서의 최대 풍속을 나타내며, 구조물이 높으면 높을수록 더 큰 풍하중이 적용하게 된다. 바람은 정적인 성질과 동적인 성질을 갖는다. 바람의 속도는 그림 7(a)와 같이 일정

한 값의 평균적 속도와 순간순간 변화되는 순간 최대 속도로 나누어 생각할 수 있다. 일반적으로 평균 풍속 그림 7(b)에서 보는바와 같이 고도가 높아질수록 증가되는데 그 증가율은 지표의 조도(roughness)에 따라 다르다. 높은 건물이 많은 지역일수록 최대 풍속이 나타나는 고도가 높아지게 된다.

2) 건물 주변에 바람의 난류와 건물의 진동

공기가 흐르다가 건물과 같은 장애물을 만나며, 액체와 같이 양쪽으로 나뉘어 흐르다가 본래의 기류로 재결합한다. 단위 시간에 단위 면적을 통과하는 공기가 많을수록 풍속은 증가하고 그림 8(a)와 같이 난류가 발생하고, 그림 8(b)와 같은 벤트리(Venturi) 효과는 난류작용의 한 유형으로서 두 개의 고층건물 사이의 좁은 공간을 통과 할 때 발생한다. 이 공간에서의 풍속은 보통 기류의 풍속보다 훨씬 빠르게 된다. 난류가 작용할 때 건물의 측면에는 소용돌이(vortex)와 회오리바람(eddy)이 발생하고 그 영향에 따라 작용되는 바람 방향의 직각방향으로 건물이 진동하게 된다. 여러 가지 요소(건물 위치의 지역상황, 건물의 형태, 건물의 표면상황 등)에 의하여 풍하중의 설정에는 여러 가지 불명확한 요소가 많기 때문에 모델을 통한 풍동실험이나 실험 자료에 의한 정확한 공식과 이론적인 모형의 구축 등을 통하여 근접한 풍하중 설정이 필요하다.

3) 설계 기준에 의한 풍하중 선정

바람의 특성은 매우 복잡한 것이지만 특수한 구조물을 제외한 일반적인 건물의 구조설계에서는 실용적인 방법으로 바람에 의한 동적압력을 등가의 정적인 힘으로 전

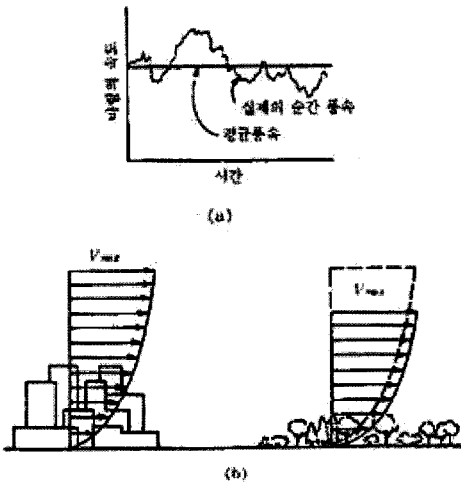


그림 7. 바람의 속도. (a)바람의 평균속도와 순간속도. (b)고도에 따른 최대풍속.

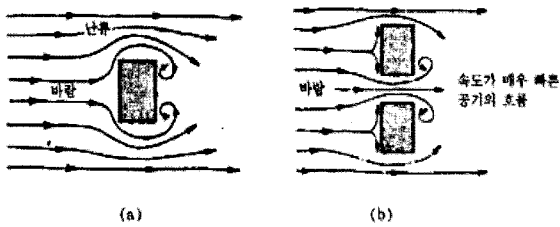


그림 8. 바람의 난류. (a)바람이 단독 장애물을 만났을 때 생기는 난류. (b)두 개의 장애물 사이에 바람이 통과할 때 발생하는 난류.

환하여 적용한다.

일반적으로 풍하중은 풍력계수, 설계속도압 그리고 유효풍압면적의 곱으로 표현된 식 (1)을 기본 식으로 사용한다. 식 (4)에서 기본풍속은 표 2의 규정된 지역의 경우 동표의 구분에 따르고, 동표에 없는 지역의 경우에는 지역조건을 고려하여 동표에 정한 지역중 가장 가까운 지역의 풍속에 준하여 정한다(대한건축학회 2001). 본 연구에서는 돔이 설치될 장소인 경희대학교 국제캠퍼스 천문대의 위치에 가장 근접한 지역인 수원 설계기본풍속인 35m/s 및 노풍도 B를 택하였다.

설계속도압 결정에 대하여 기준에서는 식 (2)와 같이 정하고 있다. 설계속도압은 표 3의 값에 의하되, 해안에 직접 면하는 장소나 산정, 산의 능선, 절벽 등 지형과 환경의 영향으로 특히 강풍의 작용이 심하다고 인정되는 장소에 있어서는 아래 표 값에 20% 이상을 증가시킨 값으로 한다. 본 연구에서는 건축물(듀얼 관측 시스템)의 높이를 4m, 기본풍속 및 노풍도 35(B)를 바탕

표 2. 바닥면적에 따른 적재하중 감소율

등급	지역구분	설계 기본 풍속	노풍도
1	내륙 서울, 수원, 서산, 대전, 춘천, 청주, 추풍령, 이리, 전주, 광주, 진주, 대구	35m/s	B (다만, 대도시의 고층시가지 중심부에서는 A)
2	해안(1) 인천, 군산, 충무, 부산, 울산	40m/s	C
3	해안(2) 속초, 강릉, 포항, 목포, 여수, 제주, 서귀포	45m/s	C
4	섬 울릉도	50m/s	C

$$P = C \cdot q \cdot A \quad (1)$$

P: 풍하중(kg)

C: 풍력계수

q: 설계속도압(kg/m²)

A: 유효풍압면적(m²)

$$q = G \cdot K_g \cdot q_0 \quad (2)$$

G: 가스트 계수

K_g: 속도압 계수

q₀: 기본 속도압(kg/m²)

$$K_g = 2.58 \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^{\frac{2}{a}} \quad (3)$$

Z: 속도압산정높이(m)

Z_g: 풍속의 기준 경고 풍고도(m)

$\frac{1}{a}$: 고도분포지수

$$q_0 = \frac{1}{16} V_0^2 \quad (4)$$

V₀: 기본 풍속(m/sec)

으로 추정된 결과 설계속도압은 40.1028kg/m²이다. 식 (2)에서 속도압 계수 및 기본속도압은 각각 식 (3)과 식(4)에 의하여 계산할 수 있는 것으로 설계기준은 정하고 있다.

표 4는 식 (2)에서 설계속도압 계산에 필요한 가스트 계수를 나타낸다. 본 연구에서는 노풍도 B를 선택했기 때문에 가스트계수값 1.50을 택한다. 표 5는 식 (3)에서 속도압계수 계산 시 풍속의 고도분포지수를 정하기 위한 표로서, 노풍도 B, 대도시 주변지역 시가지 산림 지역에 해당하므로 기준경고풍고도 360m, 고도분포지

표 3. 설계속도압(kg/m²)

건축물의 높이	기본풍속(m/sec) 및 노풍도					
	35(A)	35(B)	35(C)	40(C)	45(C)	50(C)
0	30	60	100	140	190	240
10	40	70	110	150	200	250
20	50	80	120	160	210	260
30	60	90	130	170	220	270
40	70	100	140	180	230	280
50	80	110	150	190	240	290
60	90	120	160	200	250	300
70	100	130	170	210	260	310
80	110	140	180	220	270	320
90	120	150	190	230	280	330
100	130	160	200	240	290	340
100-150	140	170	210	250	300	350
150-200	150	180	220	270	320	390

표 4. 가스트계수

노풍도	가스트 계수 (G)	
	A	2.00
B	1.50	
C	1.25	

수 1/4.5를 사용한다.

풍력계수 및 풍압계수는 건축물의 형상, 규모, 지표면의 거칠기 및 자연풍의 성질에 의해 달라진다. 따라서 적절한 풍동실험에 의해 결정하는 것이 바람직하다.

단, 기본적인 형상에 관해서는 본 규정에 주어진 값을 사용할 수 있다(대한건축학회 2001). 본 연구에 사용되는 풍력계수는 바람을 맞는 면이 원통면이므로 표 6의 $d\sqrt{q}$ 를 이용하여 계산하면 이 값이 약 14.26으로 1보다 크기 때문에 풍력계수는 0.7을 사용한다.

따라서 돔 덮개에 작용하는 풍하중(P)는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 P &= C \cdot q \cdot A \\
 &= 0.7 \cdot 40.1028 [kg/m^2] \cdot (1.709 \times 2.055) [m^2] \\
 &= 98.588 [kg] \approx 966 [N]
 \end{aligned}$$

표 5. 풍속의 고도분포지수 및 기준경도풍고도

노풍도	풍속의 고도분포지수 (1/a)	기준경도풍고도 (Z _g)	지면조건
A	1/3	450m	대도시 중심부의 고층시가지
B	1/4.5	360m	대도시 주변지역 시가지 산림지역
C	1/7	270m	개방된 평지, 초원, 해수면

표 6. 풍력계수

바람을 받는 면의 종류	충실률	풍력계수	비고
평면 래티스(Lattice) 또는 트러스로 구성된 면	0.1 미만	2.0	1. 충실률의 값은 바람을 받는 면적에 대해 바람을 받는 면의 면적으로 나눈 값
	0.1~0.3 미만	1.8	
	0.3~0.9 미만	1.6	
	0.9 이상	2.0	
평판으로 구성된 구조물의 면	-	1.2	2. d: 원통형 관의 직경(m) q : 속도 압 (kg/m ²)
원통면 및 강관재의 평면 래티스 또는 트러스에 의해 구성된 면	$d\sqrt{q} < 1$	1.2	
	$d\sqrt{q} \geq 1$	0.7	

4) 해석 결과

그림 9는 앞 절에서 계산한 돔 덮개에 작용하는 풍하중(996N)을 적용하여 돔의 변형량(Total Deformation, TD) 정도를 해석한 결과이다. 그림 9의 ㉠, ㉡, ㉢는 자중해석을 제외했을 때 풍하중에 의한 돔 덮개의 하단, 중앙, 상단 영역의 변형량을 나타내고, 그림 9의 ㉣, ㉤, ㉥는 자중해석이 선행된 풍하중에 의한 돔 덮개의 하단, 중앙, 상단 영역의 변형량을 각각 보여주고 있다. ㉠에서 ㉥까지 변형량 결과를 살펴보면, 자중해석의 최대변형량 0.551mm 미만으로 나왔다.

4. 결론 및 토의

인공우주물체를 효율적으로 관측하기 위해서 광시야 및 협시야 망원경을 연동하여 사용할 수 있는 완전 개폐형 듀얼 돔에 대하여 자중해석과 풍하중 해석을 통하여 구조적인 안전성을 검증하였다. 자중해석은 돔 자체의 무게에 의한 변형과 등가응력 해석을 수행한 것으로, 최대변형량은 0.551mm가 나왔고 이는 10톤의 무게를 견딜 수 있는 유압실린더에 미세한 영향도 미치지 못하는 값이다. 또한 등가응력의 최대값(20.293Mpa)이 돔

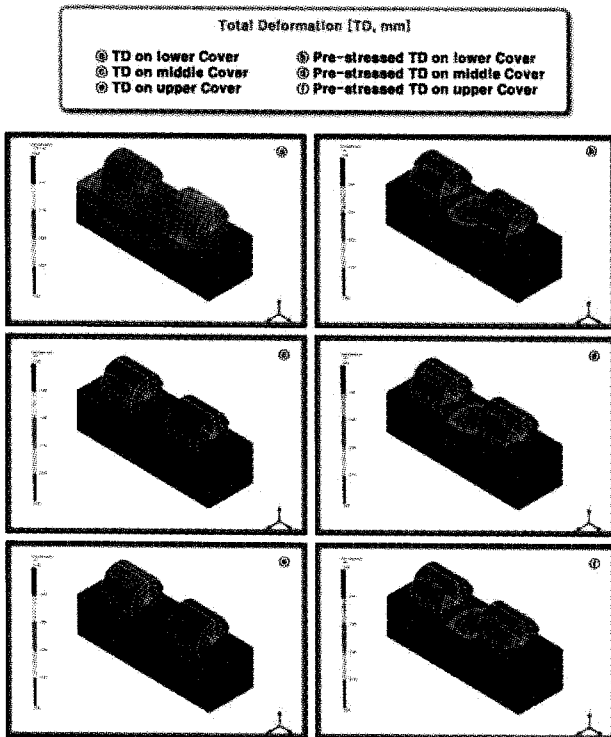


그림 9. 풍하중에 의한 돔 덮개에 작용하는 변형량 해석 결과. ㉠는 돔 덮개 하단 영역의 변형량, ㉡는 자중해석이 포함된 돔 덮개 하단 영역의 변형량, ㉢는 돔 덮개 중간 영역의 변형량, ㉣는 자중해석이 포함된 돔 덮개 중간 영역의 변형량, ㉤는 돔 덮개 상단 영역의 변형량, ㉥는 자중해석이 포함된 돔 덮개 상단 영역의 변형량

의 범 재질인 구조강의 항복강도(Tensile Yield)값(250Mpa)보다 작기 때문에 하중조건에 대해 안전하다고 볼 수 있다. 본 연구에서 개발하고 있는 돔은 경희대학교 천문대 공터에 제작 중에 있으며, 현재 완성단계에 이르고 있다. 이와 같은 형태의 완전 개방형 돔은 특히 바람이 강한 곳에서 난류에 의한 망원경의 시상 영향을 덜 받을 수 있는 장점이 있다.

앞으로의 남은 제작 과정과 관측에 영향을 줄 수 있는 점을 분석한다면 다음과 같다. 첫째, 완전 개방형의 돔의 경우 주변 불빛에 대한 영향이 기존의 전통적인 돔에 비해 크고 망원경이 바람에 완전히 노출되는 것이다. 이는 빠른 구동을 필요로 하는 인공우주물체 운동 특성상 완전 개폐형 돔을 선택할 수밖에 없다. 또한 바람이 강한 지역이나 노출 시간이 많이 필요한 관측의 경우 결과 데이터에 큰 영향을 끼칠 수 있지만, 인공우주물체 관측의 경우 노출시간이 길지 않아 바람의 영향이 크지 않을 것으로 판단되고 현재 관측 장소의 한계

등급인 13등급보다 밝은 인공우주물체를 관측하는데 있어서는 큰 무리가 없을 것으로 보인다. 둘째는 겨울철에 눈이나 비에 의해 돔이 결빙되어 돔 개폐의 문제가 생길 수 있다. 이는 돔 내부에 열선을 장착하여 해결할 수 있을 것으로 보인다. 앞으로 이와 같은 개선점을 보완 수정하여 인공우주물체 관측에 적합한 돔을 개발한다는 점에서 이 연구의 의의를 두고자 한다.

감사의 글

이 연구는 BK21의 연구지원을 받아 수행되었습니다.

참고 문헌

대한건축학회, 2001, 풍하중 해설 및 설계
 민상용, 2004, 저궤도 인공위성체 추적 및 관측시스템 개발, 석사학위논문, 경희대학교
 박준성, 2002, 경희대학교 인공위성 관측 시스템 구축과 인공위성 시험관측, 석사학위논문, 경희대학교
 설경환, 2007, 저궤도 인공우주물체 추적/관측을 위한 다중광학계 탑재용 가대 개발, 석사학위논문, 경희대학교
 이동규, 김상준, 한원용, 박준성, 민상용, 2001, 한반도 주변상공의 정지궤도 인공위성 분광관측, 한국우주과학회지, 18, 101
 임홍서, 강용우, 변용익, 문홍규, 한원용, 2002, 완전 개폐형 돔 엔클로저, 한국우주과학회지, 19, 341
 (주)태성에스엔이 FEA사업부, 2007, ANSYS Workbench 왕초보 탈출하기, 시그마 프레스, 63
 De Young, D. S. 1996, Numerical Simulations of Airflow in Telescope Enclosures, AJ, 112, 2896
 Halliday, D. J., Gedig, M. H., Brzezick, W., Evans, P., & Zhou Y., 2003, New approach to enclosure design for large telescopes, Proc. SPIE, 4840, 322
 Mansfield, A. G., 2000, An "Open-Air" Approach to Enclosure Design, Proc. SPIE, 4004, 173
 Woolf, N., 1979, Dome SEEING, PASP, 91, 523
 Worthington, P. T., Fowler, J. R., Nance, C. E., & Adams, M. T., 2000, Thermal conditioning of the Hobby-Eberly Telescope dome, Proc., SPIE, 4010, 267