

## 동남권유통단지 스카이파라솔의 풍동실험

- Wind Tunnel Test of the Sky Parasol Cable Structure -



조한욱\*  
Cho, Han-Wook



박성운\*\*  
Park, Sung-Woon



김영민\*\*\*  
Kim, Young-Min

### 1. 서론

‘동남권유통단지 이주전문상가 건설공사’는 서울시가 청계천 복원사업에 따라 영업 손실을 입은 청계천 상인을 이주시키고자 송파구 장지동 일대 약 6만5,000평의 부지에 추진 중인 사업이다. GS건설 콘소시움이 시공 중인 이주전문상가 ‘가’블럭은 신발·



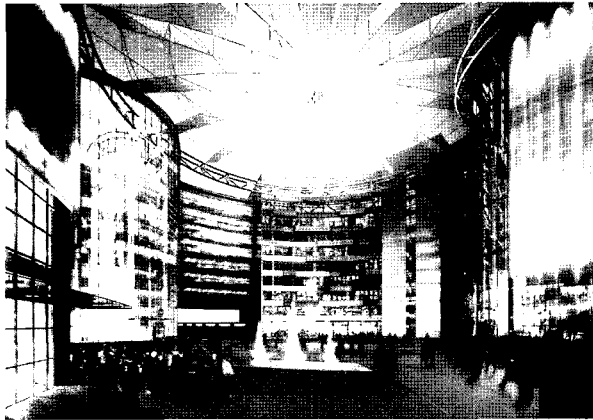
〈그림 1〉 동남권유통단지 가블럭 전경

완구·수족관·조류·의류·조명·전자업종으로 구성된 상가 4,600여개가 입주할 예정이다. 건물의 규모는 지하 5층, 지상 11층의 연면적 약 42만 3,800㎡로 동대문 두타의 3배, 잠실 롯데 백화점의 9배에 달하는 국내 최대 규모의 쇼핑몰이다. <그림 1>은 동남권유통단지 이주전문상가 ‘가’블럭의 전경이다.

‘가’블럭은 4개의 건물에 업종별 상가를 분산 배치하여 규모의 거대함으로 인한 위압감을 완화시켰다. 독립된 각각의 건물은 연결통로를 설치해 유기적으로 연결했으며 중앙에는 직경 100m 규모의 광장을 계획해 다양한 이벤트나 문화행사가 가능하도록 하였다. 그리고 광장 상부에는 전통시장의 차일과 청계천의 파라솔을 모티브로 한 공간구조인 스카이파라솔을 설치하였다.

기하학적 조형미가 강조된 스카이파라솔은 독특한 형태의 경관과 함께 화려한 야경을 연출할 수 있어 상가의 활성화에 기여할 수 있는 동남권유통단지의 상징물로 계획됐다. <그림 2>는 중앙광장과 스카이파라솔의 전경 이미지이다.

\* 정회원 · (주) GS건설, 기술본부 상무, 공학박사  
\*\* (주) GS건설, 기술본부 과장, 구조기술사  
\*\*\* (주)대우건설, 기술연구원, 공학박사



〈그림 2〉 중앙광장과 스카이파라솔의 전경

## 2. 구조 시스템의 특징

### 2.1 적용배경

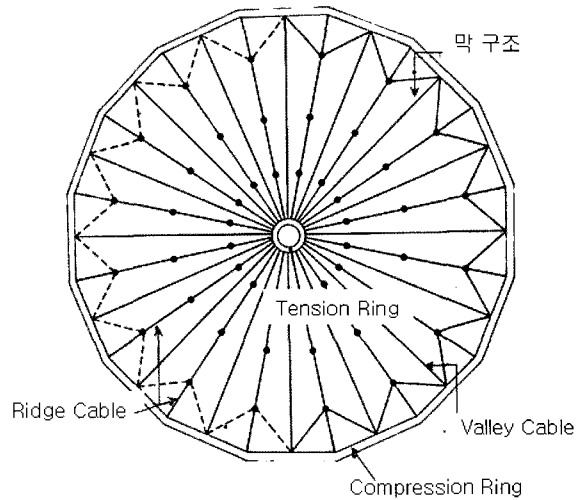
최근 들어 대규모 상업시설들은 상권의 활성화를 위해 조형미를 갖춘 공간구조를 건축의 중심에 놓고 있다. 일본 동경의 낫은 재개발 지역을 문화중심지로 변모시킨 롯본기 힐, 독일 베를린의 도시개조 사업의 상징인 소니센터가 그 대표적인 경우이다.

동남권유통단지 이주전문상가 '가'블릭 또한 광장(Forum)과 공간구조(Spatial structure)에 계획의 주안점을 두었다.

공간구조는 차일을 형상화한 수직막과 파라솔을 형상화한 대형 마스터를 경쾌하게 지지할 수 있는 구조형식이 요구되었다. 또한 시공적인 측면에서 공사가 단순해 전체 공기에 영향이 적고 안전성이 확보되어야 했다. 이러한 조건을 만족시키기 위해 다양한 공간구조시스템을 검토한 결과, 서스펜션 케이블 구조시스템을 적용하게 되었다.

### 2.2 서스펜션 케이블 구조시스템

서스펜션 케이블 구조시스템은 케이블, 포스트, 막 요소에 의해 이루어지며, 초기에는 불안정하지만 케이블에 장력을 도입함에 따라 전체 구조시스템이 안정화되어 구조적 강성을 발휘하는 복합 구조 시스템이다. 케이블 구조시스템은 Geiger가 창안한 구조형식으로 서울올림픽 체조경기장이 최초의 구조물이다. 미국의 Sun Coast Dome, Georgia Dome, 일본의 Amagi Dome 등은 이후 만들어진 케이블구



〈그림 3〉 케이블 구조시스템의 개요

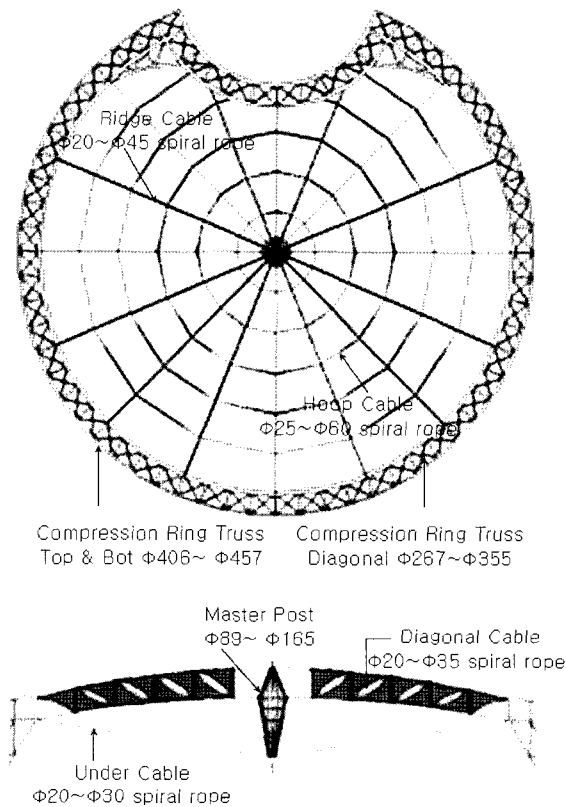
조이다.

케이블 구조의 구성부재 중 케이블은 사용위치에 따라 릿지 케이블(Ridge cable), 경사케이블(Diagonal cable), 누름 케이블(Valley cable), 인장 케이블(Hoop cable) 등으로 구분된다. 지붕막이 설치된 경우에는 누름 케이블이 막에 장력을 가하여 강성을 확보하고 풍하중에 의한 부압을 지탱한다. 돔의 지붕높이는 포스트 크기로 조정할 수 있고, 스패의 길이는 포스트 간의 간격과 사용되는 포스트의 수에 의하여 결정된다. <그림 3>은 올림픽 체조경기장의 구조와 시스템 구성 요소를 요약한 그림이다. 케이블 구조시스템은 최소한의 압축 부재인 포스트와 인장 부재인 케이블 요소의 연속적 결합에 의해 하중이 전달되어 압축 링 트러스에 의해 지지된다. 이런 케이블 구조시스템의 특징은 단위구조의 반복에 의해 전체 구조시스템을 이루는 텐세그리더 구조와 구별되며, 인장 부재만으로 구조물을 이루는 케이블 네트워크나 막구조와 구별된다. 케이블 구조 시스템은 최소한의 인장재와 압축재의 조합으로 대공간 구조를 형성할 수 있기 때문에 구조를 경량화 시킬 수 있고 시공을 단순화 시킬 수 있다.

### 2.3. 스카이파라솔의 구조개요

스카이파라솔은 올림픽체조경기장과 같은 케이블 구조시스템을 응용하여 계획하였다. 기존의 케이블 구조시스템과 다른 점이라면, 건축적 요구에 따라 지붕막 대신에 수직막을 설치하였고, 케이블의 장력을 최소화하기 위하여 마스터 하부에 Under Cable을 설치하였다. 또한 중심부의 Master Post가 인장 링의 기능과 압축 스테럿의 역할을 동시에 수행한다. <그림 4>는 스카이파라솔 구조시스템을 요약한 그림이다.

스카이파라솔의 직경은 72m이며, 중앙부 마스터의 높이는 14m이고 인장 케이블을  $\phi 20\sim 60\text{mm}$ 의 케이블이 사용되었다. 압축 링트러스는  $\phi 450\text{mm}$  내외의 강관으로 구성되어 있으며 4개의 건물에 설치된 6개의 트러스 브라켓에 얹혀 지지되도록 설계되었다. 압축링 트러스가 케이블에서 발생하는 큰 인장력을 효과적으로 저항하기 위해서는 완전한 원형구조가 가장 유리하다. 그러나 스카이파라솔의 압축 링트러스는 건축적 제약에 의해 일부구간이 변



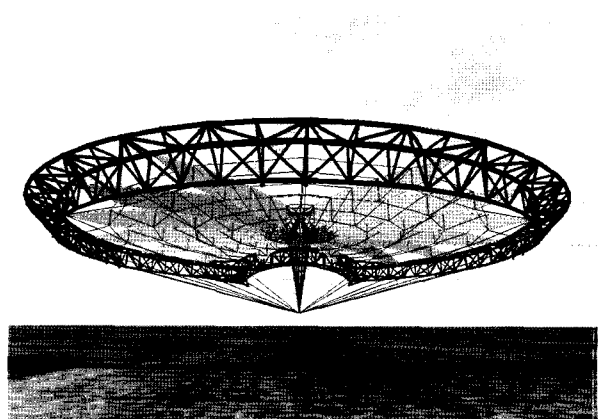
<그림 4> 스카이파라솔 구조시스템의 개요

형된 원형이 되었다. 이런 형상으로 인해 불연속 곡 선구간에서 발생하는 응력집중을 해소하기 위해 링 트러스의 폭(Arm)을 완만하게 확대하여 응력흐름이 원활하도록 계획하였다.

네 개의 건물과 스카이파라솔의 접합부는 각각의 구조물이 온도변화, 건조수축, 바람과 지진에 대해서 독립적으로 움직일 수 있도록 계획하였다. 즉, 스카이파라솔 구조 면내 방향으로 발생하는 합과 변형을 독립적으로 흡수하고 거동할 수 있도록 설계하여 주변건물의 구속으로 인한 2차적인 응력이 발생하지 않도록 하였다. 접합부에서 발생하는 풍하중, 지진하중, 온도변화 등으로 인한 변위는 지점부의 자유로운 이동으로 흡수되지만 우발적인 큰 변형이 발생할 경우에는 부정정 거동을 유도하여 구조적 안전성을 확보하였다. Ridge Cable과 Diagonal Cable 사이에는 내구성과 내후성이 우수한 테프론(PTFE) 막을 설치하였다. 마스터는  $\phi 89\sim\phi 165$  크기의 강관을 용접 접합하여 자중이 최소화 되도록 설계하였다.

스카이파라솔은 케이블과 가벼운 막을 이용한 경량구조물이기 때문에 중력방향 하중에 대해서는 부담이 크지 않으나, 수직으로 설치된 막구조로 인해 바람에 대한 영향이 클 것으로 예상되었다. 또한, 수직방향으로 유해한 풍진동이 발생하는지 여부와 이에 대한 안전성 검증이 필요하였다.

풍동실험은 두가지 실험, 즉 구조설계용 풍하중 산정을 위한 풍압실험과 공기력 불안정 진동에 대한 안전성 검토를 위한 풍진동 실험을 실시하였다.



<그림 5> 스카이파라솔의 완성 후의 이미지

### 3. 풍압실험

#### 3.1 실험 목적

풍압실험은 동남권 유통단지 스카이라이프의 구조 설계를 위한 수평풍압을 측정하는 것을 목적으로 하였다. 이러한 풍압은 풍압모델을 이용하여 다점풍압 동시측정장치에 의해 평가하였다.

실험대상 스카이라이프를 <그림 5>에서 볼 수 있듯이 케이블과 막 구조로 이루어진 복잡한 형상특성을 지니고 있다. 따라서 실험대상 구조물의 특이성, 복잡성 및 구조물 주변 환경 등을 고려하여 스카이라이프에 작용하는 풍압을 풍동실험을 통하여 합리적으로 평가하고 이를 내풍 설계에 반영하고자 하였다.

#### 3.2 설계풍속 및 설계속도압

설계풍속 및 설계속도압은 대한건축학회 “건축물 하중기준 및 해설”에 따랐다.

풍동실험 건축물의 건설지는 노풍도 C로 설정하였으며, 풍동실험 건축물의 기본풍속  $V_0$ 는 30m/s로 설정하였다. 상기의 기본풍속을 기초로 실험대상 구조물의 지붕면 최고높이  $h$ 에 대한 설계풍속  $V_h$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_h = V_0 \cdot K_{zr} \cdot K_{zt} \cdot I_w \quad (1)$$

여기서 기본풍속  $V_0=30m/s$ , 노풍도 구분에 따른 풍속의 고도분포계수  $K_{zr} = 0.71Z^\alpha$ , 노풍도 구분에 따른 풍속의 고도분포지수  $\alpha = 0.15$ , 지형에 의한 풍속할증계수  $K_{zt} = 1.0$ , 중요도계수  $I_w = 1.0$ , 스카이라이프의 지붕면 최고높이  $h=42m$ 이다. 따라서 설계풍속  $V_h = 37.3m/s$ 로 평가된다.

상기의 설계풍속을 베이스로 실험대상 스카이라이프 구조물의 지붕면 최고높이  $h$ 에서의 설계속도압  $q_h$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$q_h = \frac{1}{2} \times \rho \times V_h^2 \quad (2)$$

여기서 공기밀도  $\rho=0.125kgf \cdot s^2/m^4$ . 따라서 실

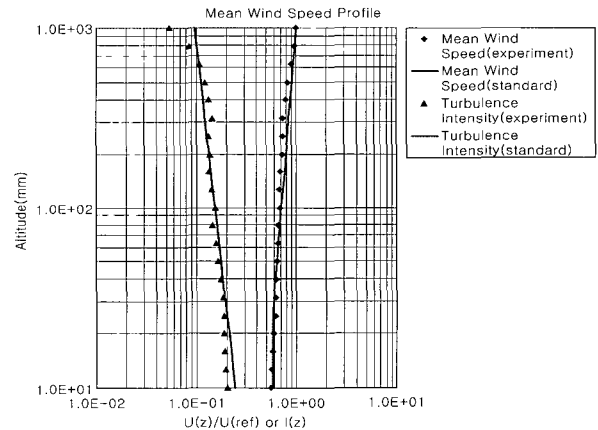
험대상 건축물의 지붕면 최고높이  $h$ 에 대한 설계속도압  $q_h=87.0kgf/m^2$ 로 평가된다.

#### 3.3 실험 방법

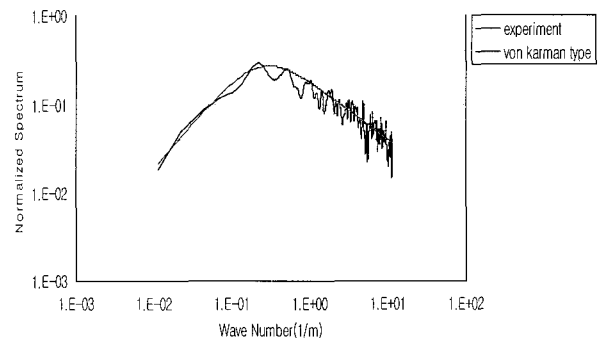
##### 3.3.1 자연풍의 시뮬레이션

실험에 사용된 풍동은 (주)대우건설 기술연구원의 회류형 경계층 풍동으로서 측정부는 폭 3m, 높이가 2m, 경계층 길이 20m로 이루어져 있으며, 최대 풍속은 약 25m/s이다.

앞서 언급한 것처럼 풍동실험 건축물의 건설지는 시공 중 여건을 고려하여 노풍도 C로 선정하였다. 따라서 노풍도 C에 해당하는 지역의 바람이 평가대상이 되므로 스파이어 및 조도 블럭을 풍로 상에 설치하여 풍동에서 재현하였다. 풍동 내 기류의 측정은 열선풍속계를 이용하였고, 풍속의 수직분포는 지수법칙을 사용하였다. 여기서 풍속의 고도분포지수  $\alpha=0.15$ 이다. 측정기류의 풍속의 연직분포, 난류강도 및 파워스펙트럼을 나타내면 <그림 6, 7>과 같다.



<그림 6> 측정기류의 풍속의 연직분포 및 난류강도



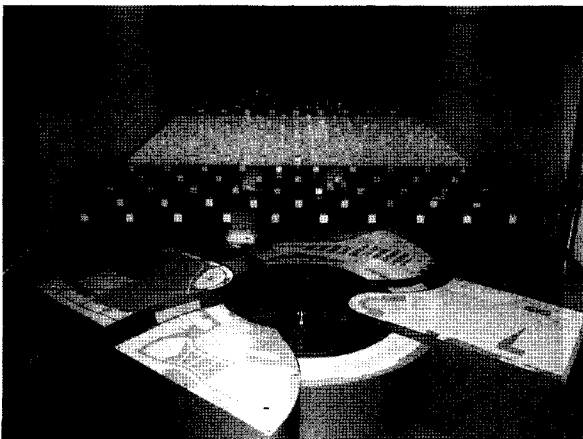
<그림 7> 측정기류의 풍속의 파워스펙트럼

### 3.3.2 모 형

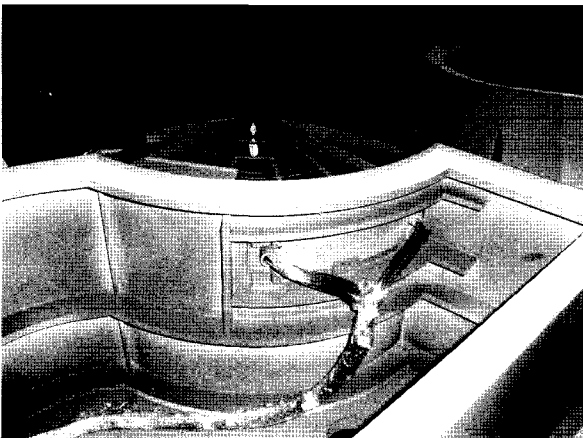
모형의 축척율은 1/150으로서 측정대상 모형이 주변 건물모형의 중심에 위치하도록 제작하였다. 풍압모형에 설치된 측정점은 케이블-막면을 Double

〈표 1〉 풍동실험 구조물의 풍압모형 제작조건

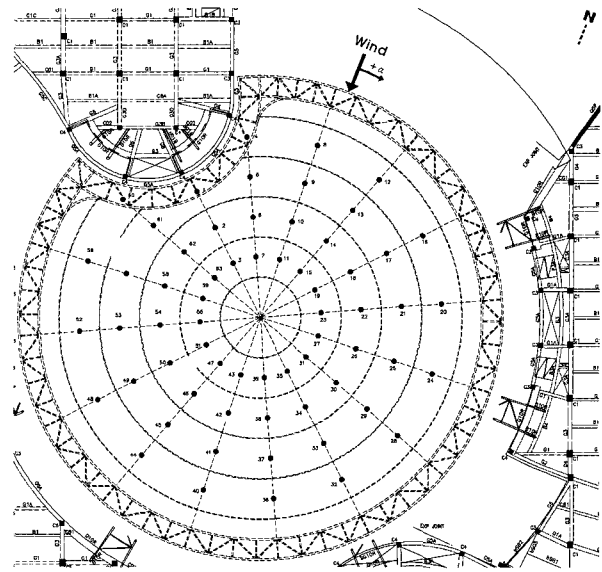
	모형 조건	비 고
모형 스케일	1/150	
폐쇄율	7.4%	
풍압파이프	1.60mm	외 경
	0.85mm	내 경
	10.0mm	길 이
풍압튜브	2.20mm	외 경
	1.40mm	내 경
	1200.0mm	길 이
측정점	63개	좌측면
	63개	우측면
	126개	합 계



(a) 조도블럭 및 전체 실험모형



(b) 스카이라이프 풍압모형과 주변모형  
〈그림 8〉풍동실험전경

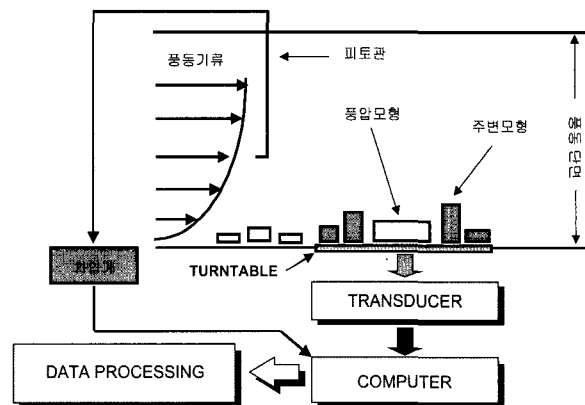


〈그림 9〉 풍압모형의 측정점 및 실험풍향

Skin으로 제작하여 15개의 케이블-막면 양쪽에 4개씩, 가장 짧은 케이블-막면에는 양쪽에 3개씩 설정하여 합계 126개이다. 풍동실험 건축물의 풍압모형 제작조건, 모형 및 측정점 등을 나타내면 <표 1>, <그림 8, 9>와 같다.

### 3.3.3 측정 방법 및 풍속

본 실험에 사용된 풍압측정 시스템을 나타내면 <그림 10>와 같다.



〈그림 10〉 풍압측정 시스템

풍압실험의 풍속방향은 바람이 북쪽에서 불어오는 방향을 0°로 설정하여 시계방향으로 10°마다 풍향을 변화시켜서 합계 36개 풍향에 대해 실험을 실

시하였다.

실험풍속은 풍압계의 성능 및 상사법칙에 의해 설정하였다. 실험풍속은 풍압계의 특성 및 무차원 풍속 등을 고려하여 스카이파라솔의 최상부 대표높이  $H=42m$ 를 기준으로 설계풍속이  $37.3m/sec$ 이고 1/150 스케일의 모형을 이용하므로 압력 측정에 사용된 풍압계의 특성 및 상사법칙을 고려하여 풍동내 풍속을 대표하는 피토판 위치에서 상기 조건을 만족할 수 있도록 설정하였다.

### 3.4 풍압 실험 결과

동남권 유통단지 스카이파라솔을 대상으로 1/150 모형을 사용하여 풍압실험을 실시하였고, 풍압실험 결과 측정점마다 최대풍압과 이때의 평균풍압 및 RMS풍압 값으로 나타내었다. 풍향번호는 1번이 수평풍각 0도를 의미하며 풍향번호가 1씩 증가할 경우 10도씩 수평풍각이 증가하는 것으로 정의하였다. 최대풍압은 수평풍각 60도일 경우에  $206.0kgf/m^2$ 으로 발생하고 있음을 알 수 있다. 이 때의 평균풍압은  $53.7kgf/m^2$ 이고, RMS 풍압은  $33.3kgf/m^2$ 이었다. 풍압실험에서 산정된 풍하중은 초기 구조계획시 예측한 기준하중의 80% 내외로 평가되었다. 풍압실험에서 산정된 최대풍압은 수직막과 케이블, 압축링트러스의 구조설계에 적용되었다.

## 4. 풍진동 실험

### 4.1 실험목적 및 동적구조 특성

풍진동 실험은 구조물의 수직방향 1차 진동(Overall Lift) 특성을 모형화하여 설계풍속범위에서 풍진동의 안전성을 평가하고 수직방향의 풍하중을 산출하는 것을 목적으로 한다. 구조물의 고유치 특성을 요약하면 아래 <표 2>와 같다.

<표 2>에 의하면 6차 모드까지는 질량참여도가 1%에도 미치지 않으므로 국부적인 진동이 발생하는 것으로 판단된다. 7차 모드에서 질량참여율 74%에 달하는 수직방향 진동모드가 발견된다. 따라서 본 풍진동실험에서는 7차 모드를 수직방향 1차 진동(Overall Lift) 모드로 선정하여 실험을 계획하였다.

<표 2> 스카이파라솔의 고유치 특성

Mode	고유치		질량참여율		
	진동수 (Hz)	주기 (Sec)	X방향 (%)	Y방향 (%)	Z방향 (%)
1	1.398	0.715	0	0	0
2	1.926	0.519	0	0	0
3	2.577	0.388	0.01	0	0
4	2.926	0.342	0	0	0
5	3.534	0.283	0.02	0	0
6	3.933	0.254	0	0	0
7	4.059	0.246	0	0.16	74.05
8	7.324	0.137	18.69	0.02	0
9	7.796	0.128	0	71.95	0.35
10	8.422	0.119	0.12	0.29	0

### 4.2 실험방법

#### 4.2.1 모형 및 계측기 설치

모형의 축척율은 1/150으로서 측정대상 모형이 주변 건물모형의 중심에 위치하도록 제작하였다. 모형은 강체로 최대한 가볍고 튼튼하게 제작하였으며, 제작의 정밀도를 높이기 위하여 CNC(Computer Numerical Control) 조각기를 사용하였다. 풍진동 변위의 측정에는 3대의 레이저 변위계(Keyence, LK-081, 80±15mm)를 이용하였고, 추가적으로 가속도계를 설치하여 FFT 분석의 정확도를 높이도록 하였다. 본 구조물 모형의 상사법칙은 중력방향의 관성력이 중요하기 때문에 Froude 법칙을 따라 설계하였다. Froude 수 상사를 위한 스케일 변수를 다음의 <표 3>에 정리하였다.

스카이파라솔 케이블-막 구조의 질량은 내부 자중 및 기타 적용하중의 총합으로 88.4 tonf으로 산정하였다. 여기에는 중앙하부 무대조명 및 잡철물 등이 포함된다.

<표 3> Froude 수 상사에 따른 스케일 변수

항 목	기호	스케일변수	축소율
길이(Length)	$S_L$	선택	1/150
진동수(Frequency)	$S_f$	Froude 수	$150^{1/2}/1$
가속도(Acceleration)	$S_a$	$S_L \cdot S_f^2$	1/1
밀도(Density)	$S_\rho$	결정	1/1
속도(Velocity)	$S_v$	$S_L \cdot S_f$	$1/150^{1/2}$
질량(Mass)	$S_M$	$S_\rho \cdot S_L^3$	$1/150^3$

#### 4.2.2 동적 특성 조정

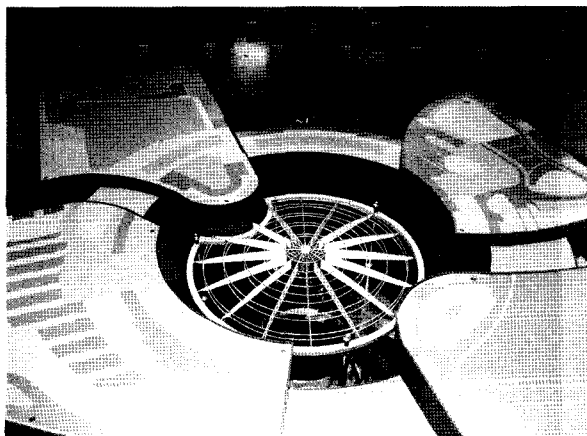
풍진동 실험은 수직방향 1차 진동수에 따라 3가지 강성을 갖는 스프링을 설치하여 실험을 수행하였다. SP2 모델은 고유치해석 결과를 적용하였고, SP2와 SP3는 스카이라이프 완공 후 실제 강성변화를 케이블장력의 손실등으로 인한 강성 변화를 고려하여 고유치 해석결과 큰 주기에 대해 검토하기 위한 모델이다. 동적 구조 특성은 <그림 11~13>와 같이 링트리스를 원래 단면적과 같은 면적을 갖는 직사각형으로 모델화하고, 위 아래에 스프링을 넣어 상단에서 나사를 이용하여 고정하였다. 실험 모형의 동적 구조 특성은 아래 <표 4>와 같다.

<표 4> 실험 모형의 동적 구조 특성

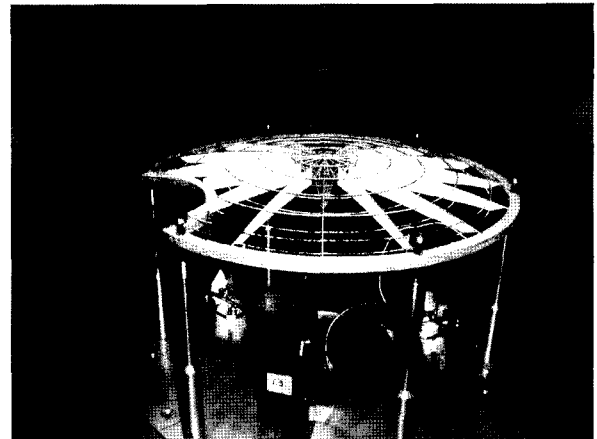
모델		SP1	SP2	SP3
원형	진동수(Hz)	1.249	3.241	0.703
	주기(Sec)	0.800	0.309	1.422
모형	진동수(Hz)	15.3	39.7	8.61
	주기(Sec)	0.065	0.025	0.116
	구조감쇠(%)	1.0	1.4	1.3

#### 4.2.3 실험 풍향

풍진동 실험을 위한 실험 풍향은 수평 풍하중 평가 결과 최대풍력이 발생할 가능성이 있는 수평풍 각 40도(5번풍향), 260도(27번풍향) 및 340도(35번풍향)의 3가지에 대하여 수행하였다.



<그림 11> 풍진동 실험 모형



<그림 12> 레이저 변위계 설치



<그림 13> 가속도계 설치

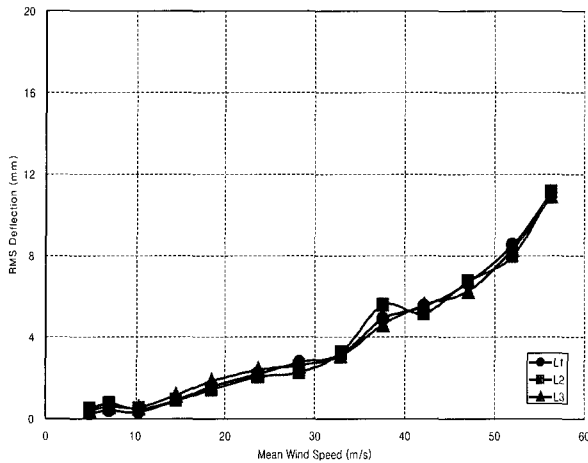
### 4.3 풍진동 실험 결과

#### 4.3.1 풍진동에 대한 안전성 검토

풍하중에 의한 구조물의 진동은 한정 진동인 와류진동(Vortex-Shedding Vibration) 및 버펫팅 (Buffeting) 과 발산 진동인 플러터(Flutter)로 구분하여 관찰할 수 있다.

고유치해석 결과에 의하면 대상구조물의 수직방향 1차 진동수는 4.059Hz(주기 0.246초)로 추정된다.

그러나 케이블 구조시스템의 시공방법에 따라 강성이 달라질 수 있고 케이블 장력의 영향을 받는 구조물이므로 해석만으로는 건물의 고유진동수를 정확히 예측하기 어렵다. 이런 고유진동수의 변동을 고려하여, 고유치 해석치 3.241Hz를 적용한 SP2모델과 1Hz에 가깝게 조정한 SP1 모델, 0.703Hz로 매우 유연한 SP3모델의 결과 값을 비교·검토하였다.



〈그림 14〉 풍속에 따른 RMS 변위

다음의 <그림 14>는 풍속에 따른 RMS 변위를 나타내고 있다. (L1, L2, L3: 각각의 레이저 변위계)

일반적으로 와류진동은 25m/s 이하의 낮은 풍속에서 발생하는 것으로 알려져 있다. <그림 14>를 관찰해 보면 25m/s 이하의 풍속대에서 와류진동과 설계풍속 37.3m/s 이후에서의 버펫팅 변위가 완만하게 증가하고 있다. 그러나 변위가 기하급수적으로 증가하여 발산하는 플러터 현상이 관측되지 않는다. 즉, 고유치 해석결과보다 진동수가 낮은 SP1 모델에서도 공진 성분 등에 의한 유해한 진동 현상이 발견되지 않았다. 따라서 본 구조물의 경우 유해한 진동 현상이 발생하지 않을 것으로 예상되며, 풍진동에 대하여 안전한 것으로 판단된다.

#### 4.2.2 수직방향 풍하중 평가

수직방향의 풍하중을 평가하기 위하여 SP1 모델의 실험 후 본 구조물의 고유진동수에 가깝도록 최대 스프링 강성을 높인 SP2 모델에 대하여 설계 풍속에서의 풍진동 실험을 수행하였다. 또한, 추가적으로 본 구조물을 유연구조물로 가정하여 고유진동수를 1Hz 이하로 조정한 SP3 모델에 대하여 풍진동 실험을 수행하여 비교·검토하고자 하였다.

실험결과 Peak Factor는 3.16 ~ 3.61(평균 3.36)에 걸쳐 분포되어 있었으며 안전측으로 풍하중을 평가하기 위하여 최대값인 3.61을 수직방향 풍하중 산정에 이용하였다.

<표 5>는 각 진동모델과 풍향에 따른 수직방향 풍

하중을 정리한 것이다. 여기서, 정적하중은 풍향별로 각 모델의 평균값을 취하였다. <표 4> 4에 의하면 SP2 모델과 SP1 모델의 RMS 차이는 2~4%, 최대상향 하중의 차이는 2~3%로 고유진동수가 약 2.6배 차이가 남에도 불구하고 수직방향 하중에 큰 변화가 없음을 알 수 있다. 이는 본 구조물과 같은 형상에서는 1.249Hz 이상(주기로는 0.8초 이하)의 고유진동수를 가질 경우 공진성분에 의한 영향이 거의 없음을 나타낸다. 따라서 SP2 모델 보다 약 25% 높은 고유진동수를 가진 본 구조물의 수직방향 풍하중은 <표 5>의 값을 사용하여 구조설계에 적용하면 풍진동에 대해 충분히 안전할 것으로 평가된다.

참고로 고유진동수를 1Hz 이하로 조정한 SP3 모델의 경우 SP2 모델과의 RMS 차이가 6~11%로 나타났다. 이는 미약하지만 공진성분에 의한 버펫팅 하중의 차이가 발생하고 있음을 알 수 있다. 단, 실 구조물 계측 등을 통하여 본 구조물의 고유진동수가 0.703Hz 이하(주기로는 1.422초 이상)로 측정될 경우에는 공진성분이 진동에 미치는 영향을 주의하여 관찰할 필요가 있다.

〈표 5〉 진동모델과 풍향에 따른 수직방향 풍하중

항 목 (단위 : tonf)		SP1	SP2	SP3
수평 풍각 40°	정적 하중	2.17	2.17	2.17
	RMS×P.F.	7.29	7.00	7.76
	상향 하중	9.46	9.17	9.93
	하향 하중	5.12	4.83	5.59
수평 풍각 260°	정적 하중	0.24	0.24	0.24
	RMS×P.F.	5.81	5.67	6.03
	상향 하중	6.05	5.91	6.27
	하향 하중	5.57	5.43	5.79
수평 풍각 340°	정적 하중	2.45	2.45	2.45
	RMS×P.F.	5.85	5.67	6.25
	상향 하중	8.30	8.12	8.70
	하향 하중	3.40	3.22	3.80

## 4. 결 론

동남권 유통단지 스카이라이프의 풍동실험은 풍력산정과 풍진동에 대한 안전성 검토를 위해 수행되



었다. 풍압실험에서 산정된 풍하중은 기준하중과 비교·검토하여 막구조, 케이블, 링트러스등의 구조설계에 적용하였다. 풍진동 실험 결과 와류진동이나

플러터 같은 유해한 진동이 발생하지 않았다. 따라서 스카이파라솔은 풍진동에 대하여 안전한 것으로 평가되었다.