

고층건물의 스카이브릿지 국내건설사례

Domestic Construction Cases of High Rise Building Sky Bridge



이 명 규*
Lee, Myoung-Kyu

1. 개요

2007년 양천구 목동 소재 삼성트라팰리스 주상복합 건물에 지상 100mm 상공 건물간에 국내 최초로 스카이브릿지가 건설되었다. 기 Kuala Lumpur KLCC 타워에 스카이브릿지 건설 경험이 있는 삼성물산 건설부문(이하 삼성건설)에서는 댐퍼의 기능을 가지는 Lead Rubber Bearing(LRB)과 방향성 가이드 역할을 하는 POT 베어링을 이용하여 스카이브릿지를 완성하였고 그 이후 국내에서도 스카이브릿지가 계속해서 건설되고 있다.

스카이 브리지(sky bridge)는 휴게, 연회장, 전시 등 입주민이 원하는 다양한 웰빙공간으로 활용되어 건물의 가치를 높여줄 뿐만 아니라 비상시 대피 및 피난통로로 사용될 수 있다.

또한 최근 10년간 스카이브릿지 댐퍼에 관한 많은 연구가 진행되었으며 건물간에 댐퍼를 연결하여 풍하중이나 지진하중에 대해서 건물의 응답을 저감시



〈그림 1〉 스카이브릿지 시공 전경
대성스카이렉스 울산, 2010

켜 주는 효과에 관한 보고가 있어 향후 건물의 응답저감용으로 스카이브릿지에 댐퍼를 설치하는 프로젝트가 생길 것으로 예상된다.

본 서에서는 스카이 브릿지 설계 시 고려되는 일

* 유니슨이테크(주) 건축프로젝트팀장

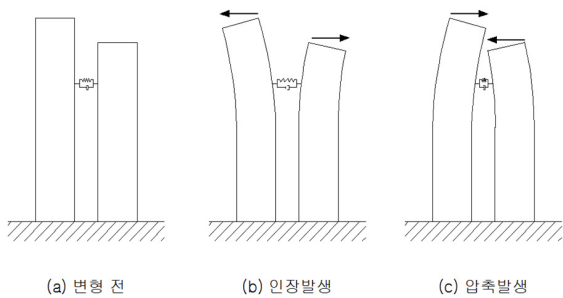
반적인 검토사항과 건물의 변형을 흡수하고 스카이브릿지를 안전하게 지지할 수 있는 베어링과 관련하여 설계, 검수시험 및 국내시공사례를 소개하고자 한다.

2. 스카이브릿지 설계

일반적으로 건물과 브릿지를 통합하여 모델링하지 않고 건물부와 브릿지부를 개별로 모델링하여 해석하고 그 결과에 대한 조합으로 스카이브릿지를 설계한다.

2.1 검토사항

스카이브릿지 설계시 각 부재는 중력하중, 풍하중, 지진하중에 의한 하중조합으로 발생하는 부재력을 만족해야 하며 건물에 연결되는 지점부에 대하여 변위수용문제를 해결해야 한다. 고려되는 변위로는 풍하중 및 지진하중에 의한 변위, 온도신축변위 그리고 기타 브릿지 자체 중력하중에 의한 슬래브 처짐 변위가 있다.



〈그림 2〉 건물간 상대변위 거동특성

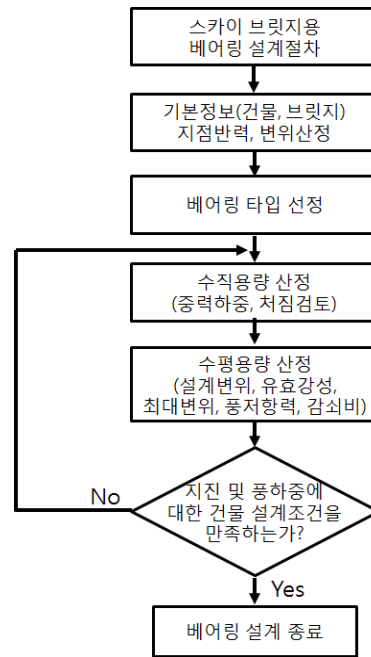
2.2 스카이브릿지용 베어링 설계절차

풍하중으로 인하여 스카이브릿지에 요구되는 최소 횡저항력과 자중 및 활하중에 대한 설계조건은 지점부 반력으로 모두 알아낼 수 있다. 여기에 연결되는 각 건물의 풍하중 및 지진하중에 대한 변위를 고려하여 설계변위와 최대변위를 산정하고 적절한 베어링타입을 선정하여 베어링의 수직용량과 수평용

량을 정한다.

일반적으로 고려되는 풍하중 설계변위에 대해서는 $H/500$ 를 넘지 않아야 하며 세장비가 큰 건물의 경우 $H/450$ 이하로 제어할 경우도 있다. 여기서, H 는 건물의 높이

지진하중에 대해서는 최대가능지진 시 최대변위를 고려하여 이를 허용할 수 있도록 베어링의 용량을 산정하는 것을 원칙으로 한다. 경험상 대부분의 경우가 최대지진시 최대변위를 만족하나 설계지진시 변위가 매우 커서 최대변위를 만족하려면 장치용량이 구조체가 받을 수 있는 강도의 한계보다 커지게 되는 경우가 있다. 이때에는 내진기준에서 정하는 설계지진 시 최대변위의 1.3배 이상을 만족하도록 엔지니어가 판단하여 조정 할 수 있다.



〈그림 3〉 스카이브릿지용 베어링 설계절차

한편, 기초면진이나 건물면진을 위해 사용되는 면진장치의 경우에는 ASCE7 기준을 참조하여 설계지진 변위에 대하여 베어링의 내부 손상이 발생하지 않도록 장치를 설계하며 최대지진 시 최대변위에 대하여는 장치의 안전성을 만족하도록 설계한다.

2.2 베어링 검수시험

2.2.1 전수시험 (기본특성시험)

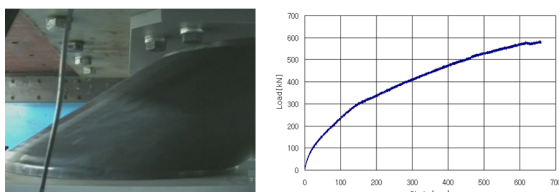
기본특성시험으로 압축특성과 전단특성시험이 있다. 고층건물의 스카이라이프지 경우에는 설계풍하중 변위에 대해서도 변위량이 상당량 나오기 때문에 전수검사 조건으로 시험을 실시한다. 이 때 측정하는 항목은 수직강성과 수평강성이며 에너지 소산 능력을 가지는 LRB의 경우에는 에너지소산량을 측정하여 설계값과 비교한다. 일반적으로 허용오차는 15%이내이며 등급별로 장치사의 공급조건의 규격을 따른다. 적층고무계열 베어링의 참조 시험규격은 ISO22762가 있으며 허용오차별 수준으로 Class S-A등급과 Class S-B등급으로 나뉜다.

〈표 1〉 등급별 오차범위 (ISO22762)

Class	Tolerance
S-A	±10%
S-B	±20%

2.2.2 최대변형시험

지진시 고려되는 최대변위에 대한 시험으로 최대지진(Maximum Considered Earthquake: MCE)수준의 변형한도에서도 안전한가를 확인하는 시험이다. 그림 4는 부산 남천동 풍림엑슬루 타워 스카이라이프지 최대허용변위 450mm에 대한 최대변형한도 안정성 확인 시험에 대한 사진과 그 결과 이다. 당 현장에 적용된 LRB는 600mm를 초과하여도 파단되지 않았으며 최대허용량 한도변위에 200mm를 초과한 650mm에서 시험 종료하였다.



〈그림 4〉 부산 남천동 엑슬루타워 최대변형시험 사진 및 결과 2010

2.2.3 의존성 시험 및 기타 특성시험

의존성시험에는 변위의존성, 주파수의존성, 온도 의존성 시험이 있으며 장기처짐을 예측하기 위한 크리프시험과 내구연한를 예측하기 위한 내구성 시험이 있다.

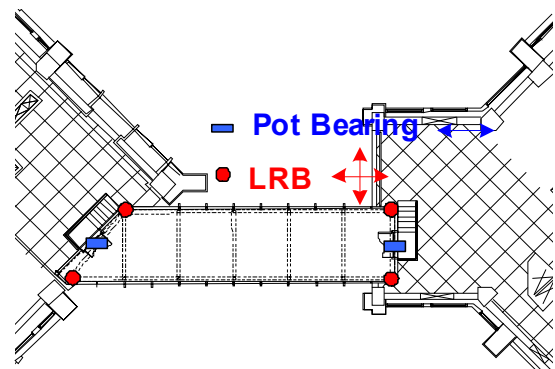
3. 스카이라이프지 국내시공사례

3.1 삼성 트라펠리스

양천구 목동, 삼성 트라펠리스 34층 스카이라이프지에 적용된 LRB는 풍진동을 감소시키는 댐퍼로서 작동하고 지진시 변위를 감소시켜주는 역할을 한다. 당 현장의 특징 중 하나로 일방향 포트베어링이 스카이라이프지 양단 중앙에 설치되어 통로 직각방향으로 작용하는 풍하중에 대한 풍저항력을 담당하고 있다. 또한 포트베어링은 평면회전이 가능하므로 스카



〈그림 5〉 삼성트라펠리스 스카이라이프지 2007



〈그림 6〉 베어링 배치도

이브릿지의 수평거동에 대하여 어느 방향으로든지 영향을 주지 않고 원활하게 거동된다.

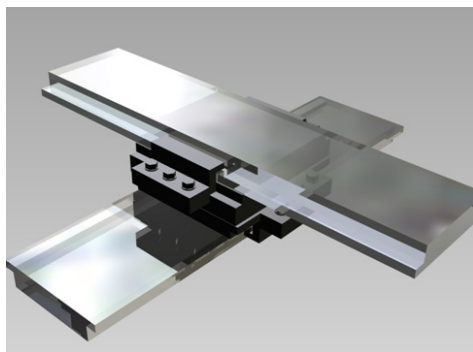
3.2 대성 D 큐브시티

당 현장의 특징으로 100m 상공에서의 최대지진시 양건물간 발생하는 상대변위는 600mm를 초과하며 스카й브릿지 한쪽단에서 이 모든 변위를 흡수해야 하므로 현장조건과 경제성을 고려하여 그림 3.4의 R2SB(±700mm 수평변위 허용 베어링)라는 양방향 슬라이딩 베어링이 적용되었다. R2SB는 Linear LM Guide라는 구름베어링과 그 거동 특징이 유사하며 평면 회전기능을 가지고 면외방향으로도 회전을 허용할 수 있는 장점이 있다.



〈그림 7〉 대성디큐브시티, 2010

베어링은 30층과 32층에 각각 3개소씩 총 6개소에 설치되었다.



〈그림 8〉 R2SB
(Rotational Roller Sliding Bearing)

3.3 풍림 엑슬루타워

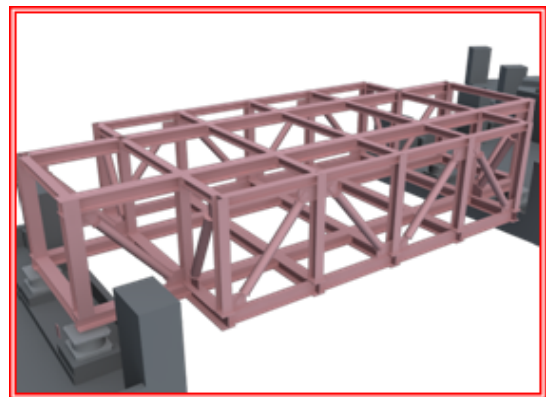
부산 남천동에 위치한 풍림엑슬루 타워는 34층에 스카й브릿지를 적용하므로 건물의 고급화 및 랜드마크 이미지를 부각시켰다.



〈그림 9〉 부산 남천동 풍림엑슬루타워, 2010
조감도 및 스카й브릿지 설치 위치

총 4개소에 설치된 LRB는 수평허용변위 450mm를 만족하고 고려된 양쪽 건물의 상대변위 지진시 최대변위 700mm의 1.3배 이상인 900mm에서도 충분한 안전성을 가진다.

그림 10은 스카й 브릿지의 구조 개념도로 내부 슬래브 코핑부에 LRB가 설치되어 있고 철골조 거더가 LRB 상부 Base Plate에 용접접합되어 있다.



〈그림 10〉 스카й브릿지 구조개념도

당 현장은 리프트업 공법으로 메인 스카й브릿지 바디가 인양되어 메인거더와 접합되었고 인양시 약 3시간 정도 소요되었다.



〈그림 11〉 스카й브릿지 리프트업 전경

참고문헌

1. 안상경, 오정근 (2005) Sky-Bridge를 이용한 초고층 건물의 진동제어, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 25(1), pp. 35~38.
2. 이동근, 김현수, 양아람, 고현(2009.6) 스카й브릿지로 연결된 벨트월이 있는 고층건물의 효율적인 동적해석, 한국전산구조공학회 논문집 제22권 제3호
3. ISO22762, Elastomeric seismic -protection isolators Part1-3,2005
4. FEMA274, NEHRP COMMENTARY ON THE GUIDELINES FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS, 1997
5. KBC2009, 건축구조기준 및 해설, 2009

6. 향후전망

고층건물의 스카й브릿지는 랜드마크의 상징적 요소뿐만 아니라 휴게, 연회장, 전시 등 입주민이 원하는 다양한 웰빙공간으로 활용되어 건물의 가치를 상승시키고 비상시 대피를 위한 피난통로로 사용될 수 있으므로 계속해서 그 건설이 증가될 전망이다. 향후에는 LRB등 에너지흡수 기구 베어링이 단순 상대변위를 충족하는 기능뿐만 아니라 변위 및 진동을 제어하는 댐퍼의 역할을 담당할 것으로 사료된다. 또한 힌지구조물과 함께 댐퍼를 연결한 제진성격의 스카й브릿지를 적용한 건물이 매해 마다 상당수 생길 것으로 전망된다.