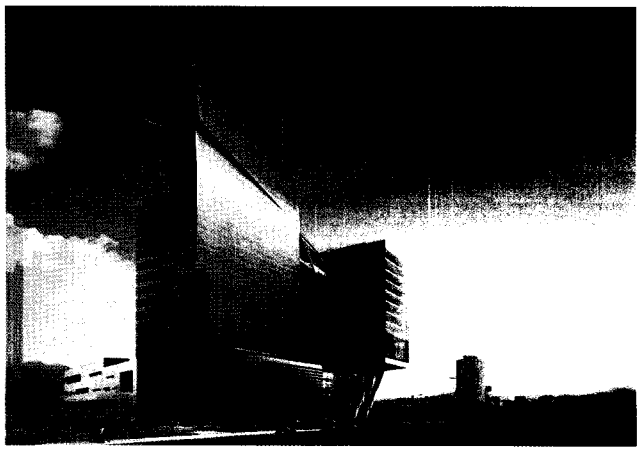
첨단 IT 콤플렉스 누리꿈스퀘어

High-tech IT Complex

김 종 호 우리회 제10대 회장
(주)창민우구조컨설탄트 대표이사

1. 건물개요

서울 마포구 상암동 DMC 지구 내에 위치한 본 건물은 첨단 미디어 산업의 중심지로서의 역할 수행을 위하여 건립되었으며, 첨단기술의 역동적인 구조미를 형상화하여 건물의 건립 목적을 나타내고 있다.



[그림 1] 전면 투시도

[그림 2] 배면 조감도

연면적이 152,659m², 지하4층, 지상22층 규모로 고층부 2개동(비즈니스센터, R&D센터)과 저층부 2개동(공동제작센터, 디지털파빌리온), 지하층(주차장, 편의시설)으로 구성되며, 지상 60m의 높이에서 고층부를 유기적으로 연결시켜주는 경간 56.4m의 IT캡슐은 최첨단의 상징성을 구조적 기술력으로 표현하고 있다. [그림 1]

[표 1] 구조재료

구 분	구조재료
콘크리트	f_{ck}= 27N/mm²
철 근	SD400, SD500
철 골	SS400, SM490A, SM520

[표 2] 구조시스템

구 분	구조 시스템	
횡력저항방식	건물골조 전단벽식	
중력저항방식	합성보 + SRC 기둥	
지하층 구조형식	탑다운공사를 고려한 플랫슬래브	
기초 구조형식	고층부	R.C.D (시공시, 사용시)
	저층부	P.R.D (시공시) 온통기초 (사용시)
부력저항방식	영구배수공법	

2. 구조개요

건축구조설계기준(KBC2005)을 적용하여 설계하였으며, 구조재료 및 구조시스템은 [표 1], [표 2]와 같다.

3. 주요 설계 기술

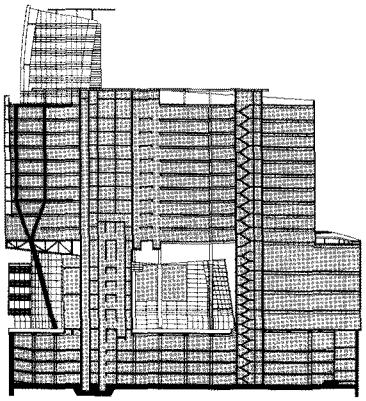
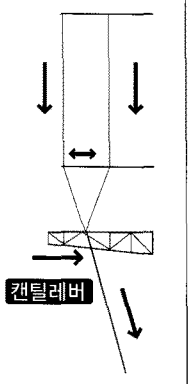
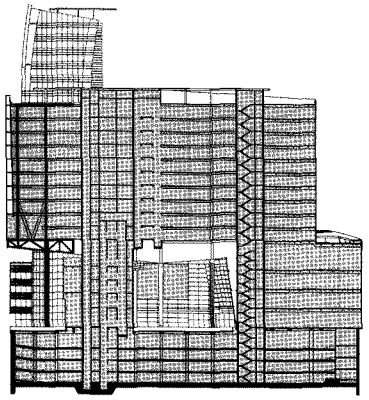
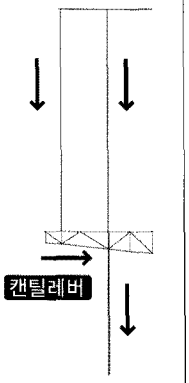
3.1 R&D센터 경사기둥

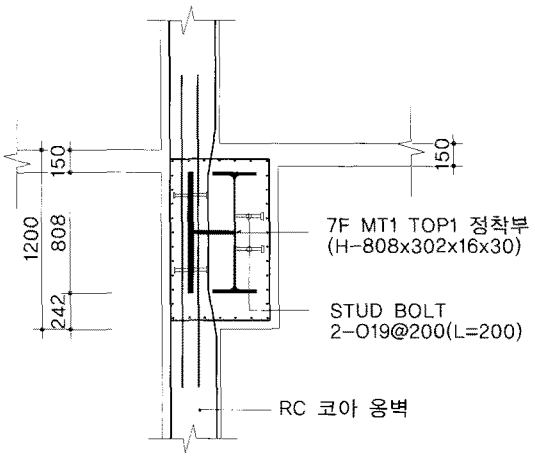
R&D센터의 경사기둥이 있는 전면부는 DMC 지구 내 중심 가로축을 형성하는 위치로 DMC 전체 가로 이미지를 선도하는 중요한 성격을 지닌다. 따라서 DMC 관문의 역할이 가능한 개방성을 표현하였으며, 경사기둥+캔틸레버 트러스를 설계하였다.

대안 검토 시 [표 3]과 같이 단일 캔틸레버트러스는 힘의 흐름이 캔틸레버트러스로 집중되므로 처짐 및 부재크기가 과다해진다. 따라서 힘의 흐름을 원활히 하여 처짐 및 부재크기의 최적화가 가능한 경사기둥 + 캔틸레버트러스로 설계하였다.

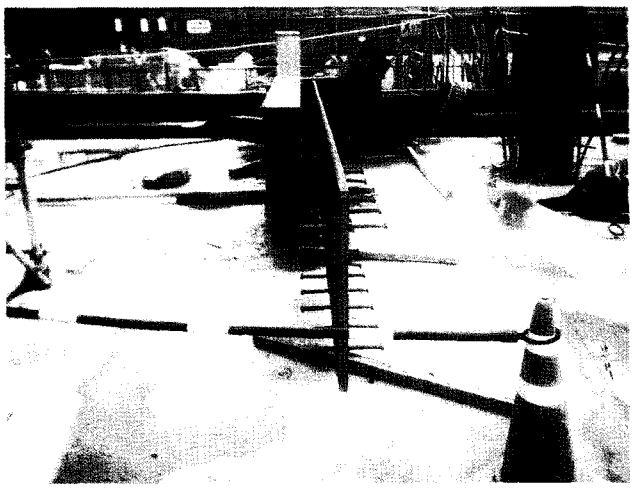
경사기둥의 경사각이 75°로 수평방향의 인장력이 발생하므로, 인장력을 바닥과 코아벽체을 통하여 기초까지 원활하게 전달시키는 상세를 검토하였다[그림 3]. 시공 시 바닥 콘크리트 타설 전 발생하는 인장력과 사용 시 지진하중에 의해 발생하는 인장력에 저항할 수 있도록 바닥에 수평 브레이스를 설치하였으며, 캔틸레버트러스와 코아벽체 접합시 철골트러스

[표 3] R&D센터 경사기둥 대안검토

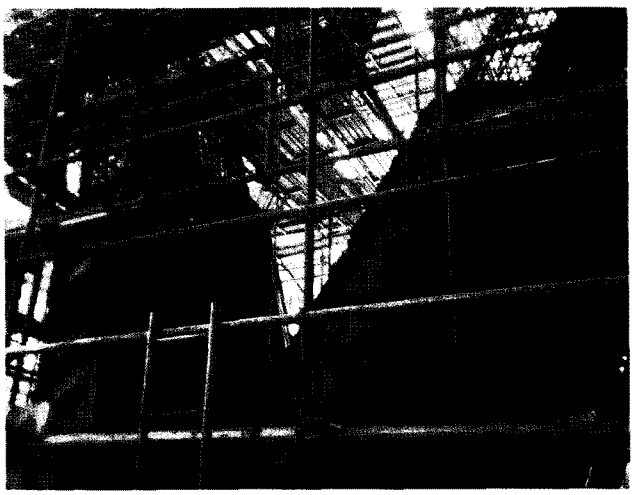
선정안 : 경사기둥 + 캔틸레버트러스	
	
대안 : 단일 캔틸레버트러스	
	



[그림 3] 캔틸레버트러스와 코아벽체 접합상세



[사진 1] 철골트러스에 설치된 스터드 볼트



[사진 2] 경사 기둥 철제 거푸집 설치

에 스터트 볼트를 설치하여 코아벽체에 충분히 정착 될 수 있도록 설계하였다[사진 1].

경사기둥의 경사각이 75°로 수평방향의 인장력이 발생하므로, 인장력을 바닥과 코아벽체을 통하여 기초까지 원활하게 전달시키는 상세를 검토하였다[그림 3]. 시공 시 바닥 콘크리트 타설 전 발생하는 인장력과 사용 시 지진하중에 의해 발생하는 인장력에 저항할 수 있도록 바닥에 수평 브레이스를 설치하였으며, 캔틸레버트러스와 코아벽체 접합시 철골트러스에 스터트 볼트를 설치하여 코아벽체에 충분히 정착 될 수 있도록 설계하였다[사진 1].

3.2 비즈니스센터 경사기둥

비즈니스센터의 입면은 활과 같이 휘어져 있는 형태로 IT 기술의 역동성을 표현하고 있다. 구조계획 시 입면 뿐 만 아니라 기둥도 휘어져 있는 형태 그대로 계획하여 내부공간을 보다 넓게 사용하고, 외장재 설치 시 모듈화 시공이 가능하도록 하였다.

경사기둥 및 건물의 형태에 의한 변위가 발생함을 확인하였으며, 고정하중에 대해 탄성해석에 의한 5.2cm의 변위가 검토되었다. 이 값은 건물 높이와 변위 비율이 H/1813으로 미소한 값으로 볼 수 있으나 엘리베이터 사용에 문제가 없도록 발생하는 변위를 고려하여 시공하도록 하였다.

3.3 시공성을 고려한 탑다운 공법 적용

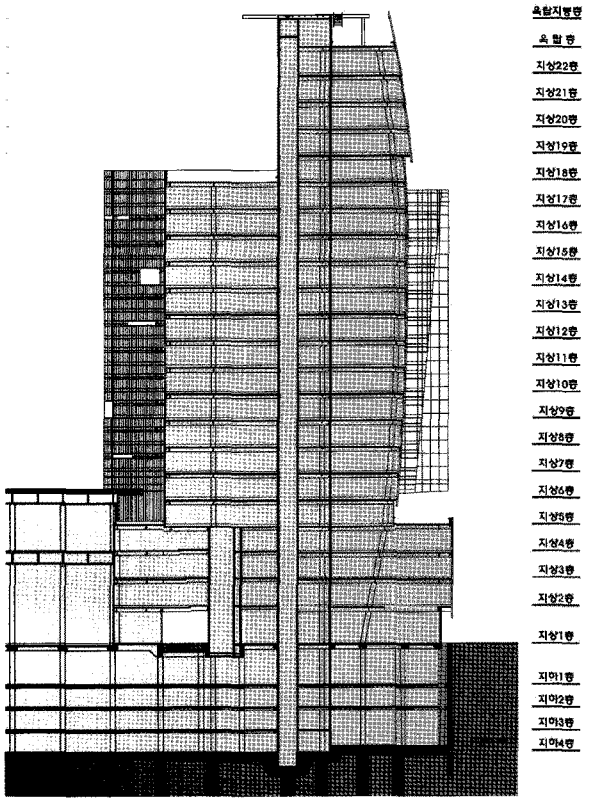
본 현장에 적용한 탑다운 공법의 특징은 지하의 중앙부을 오픈-컷 구간으로 하고, 탑다운 완료 후 순타 공사를 하도록 하였다. 이로써 탑다운 공사의 단점인 토사반출의 난점과 지하층 작업환경의 개선을 동시에 만족시킬 수 있었다.

[그림 5]에 표현된 바와 같이 고층부와 저층부 구간에 대하여 탑다운 공법을 적용하고, 공사 부지 중앙의 지하층 구간은 순타공법을 적용하는 부분 탑다운 공법으로 시공하였다.

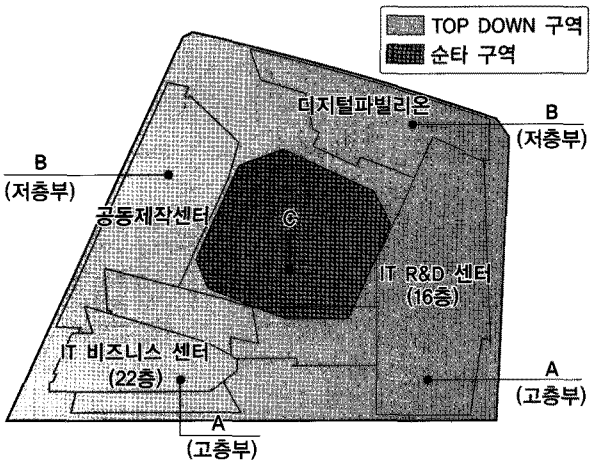
탑다운 공사 기간 동안 지하 슬래브는 토압 및 수압에 견디어야 한다. 지하 오픈-컷 구간 계획 시 오픈-컷 모서리를 모따기 하여 횡토압에 의해 발생하는 국부응력이 최소화 되도록 조치하였다. 또한, 횡토압 검토를 통해 슬래브 응력 및 처짐에 안전하도록 설계하였다[그림 6].

3.4 이중기둥에 의한 내진 조인트 계획

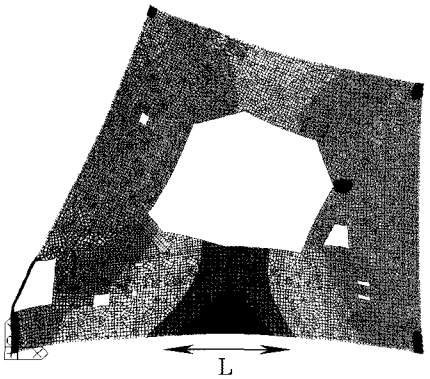
건물의 용도가 IT업체의 업무시설(연구시설, 국제회의시



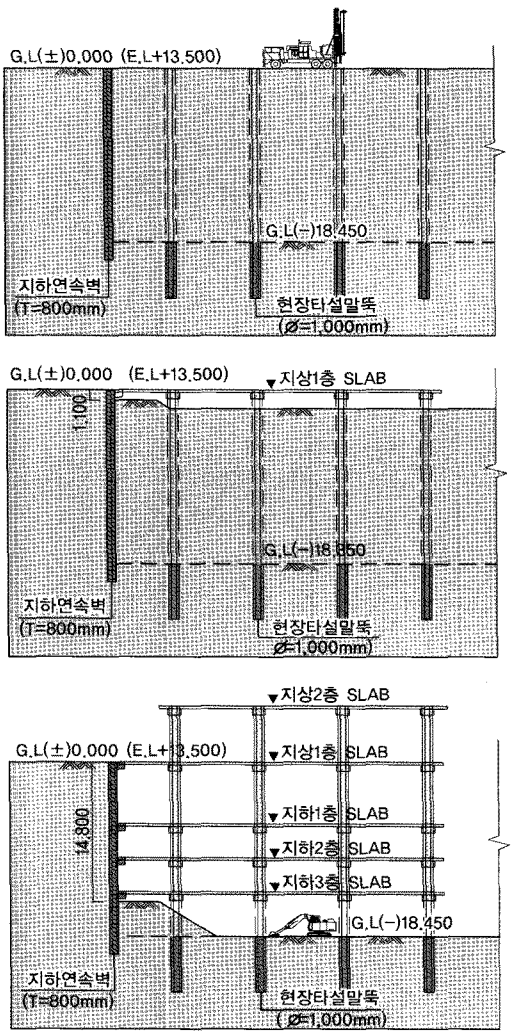
[그림 4] 비즈니스센터 단면도



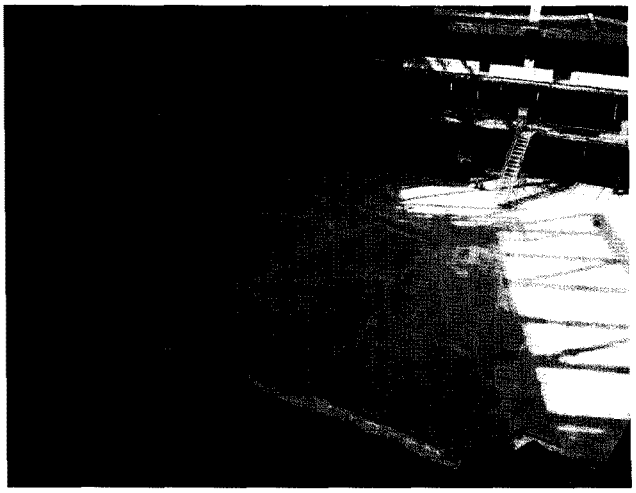
[그림 5] 탑다운 시공 위치도



[그림 6] 시공 시 횡토압에 대한 슬래브 검토



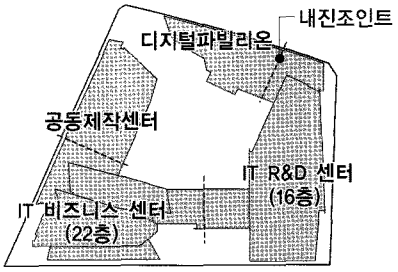
[그림 7] 탑다운 시공 순서도



[사진 3] 오픈-컷 시공 사진

설), 게임업체의 제작 지원시설(공동제작지원시설, 특수촬영 스튜디오), 일반인을 위한 문화시설(디지털 영상관, 전시실, 지하편의시설) 등이 입주하는 IT 콤플렉스의 복합적 성격을 지닌다.

이에 따라 4개동의 건물에 적용되는 하중 상태도 상이하고, 저층부의 건물길이도 가로 160m, 세로 120m로 장대하므로 그림8과 같이 건물 마다 내진조인트를 계획하여, 건물 간 수직 부등처짐량 및 건조수축 · 온도응력에 의한 변형량 흡수가 가능하도록 하였다.



[그림 8] 지상층 내진조인트 설치 위

고층부와 저층부 간 내진조인트 3개소를 설치하여 각동이 별개의 구조로 수평하중에 저항하도록 하였으며, 이중기둥에 의한 명쾌한 조인트 계획으로 브라켓 방식의 조인트 계획 시 [표 5]와 같이 조인트 인접 부재에 2차 응력이 발생될 수 있는 파운딩 효과를 방지하였다.

내진조인트 간격은 인접 건물 간 동일 높이에서 구한 수평변위량을 통하여 산정하였으며, 100~170mm로 검토되었다 [표 4].

내진조인트 간격 $d_T \geq \sqrt{d_1^2+d_2^2}$

(여기서 d_1, d_2: 지진하중에 의한 수평 변위량)

[표 4] 건물 간 조인트 간격 산정

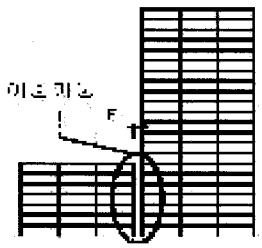
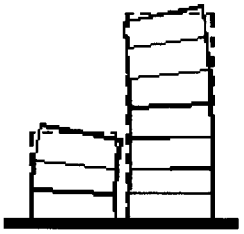
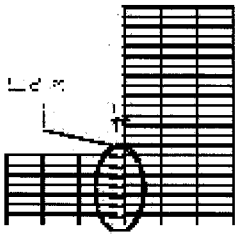
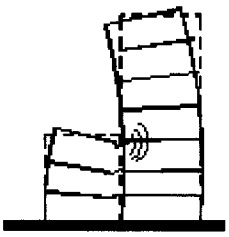
구 분	내진조인트 간격 (cm)
비즈니스센터 + 공동제작센터	$\sqrt{5.59^2+3.22^2}=6.45$
비즈니스센터 + R&D 센터	$\sqrt{3.59^2+4.79^2}=5.99$
R&D 센터 + 디지털파빌리온	$\sqrt{13.62^2+9.55^2}=16.63$

3.5 기초구조 형식

지하 4개층으로 G.L-18~19m 깊이에 기초가 형성된다. 기초가 놓여지는 지반이 풍화토 상단에 위치하며, 하부로 6~7m 구간에 연암이 나타나는 것으로 조사되었다.

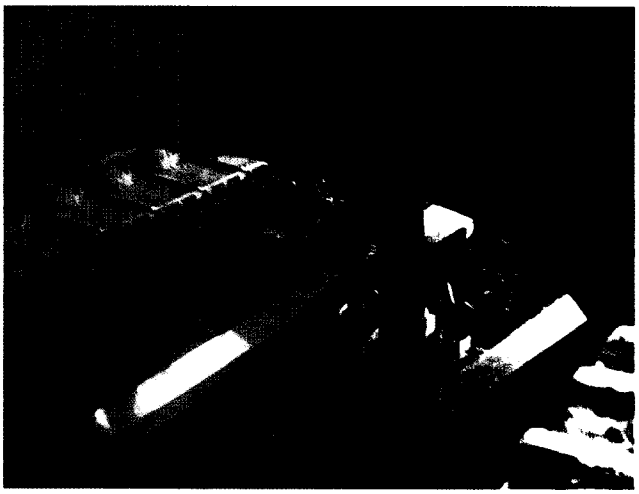
기초가 놓여지는 지반인 풍화토는 저층부 건물의 직접기초로는 가능하지만 16~22층 규모의 비즈니스센터와 R&D센터

[표 5] 이중기둥에 의한 내진조인트 적용

조인트 방식	변형 형상
	
이중기둥 방식	파운딩 효과 해소
	
브라켓 방식	파운딩 효과 발생

는 직접기초로 설계하기에 지지력이 부족하였다.

따라서 지하공법이 탑다운 공법임을 감안하여 고층부는 R.C.D로 계획하여 시공시와 사용시에 상부하중을 연암반으로 전달하도록 하였고, 저층부는 탑다운공사의 시공시 하중은 P.R.D가 지지하고 사용시는 온통기초로 지지하도록 하였다.

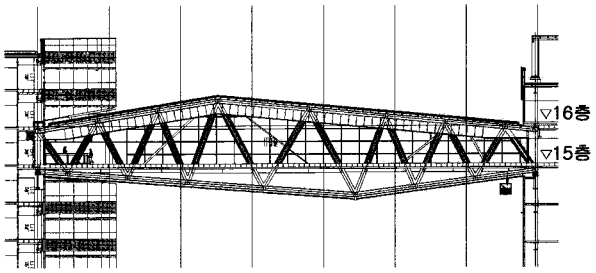


[사진 4] 평판재하시험

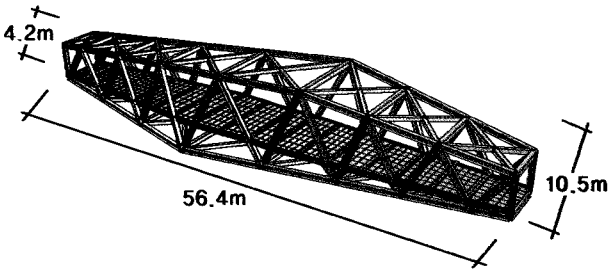
4. IT 캡슐 설계

4.1 IT 캡슐 개요

지상 15층에서 비즈니스센터와 R&D센터를 연결하는 IT캡슐은 경간 56.4m, 높이 4.2~10.5m로 DMC 지구의 랜드마크적인 성격을 지니고 있다. 구조시스템으로는 Built-up H형강



[그림 9] Ⅱ 캡슐 단면



[그림 10] 구조해석 모델

의 입체트러스로 설계하였다.

연결되는 두동의 건물은 서로 층수와 평면의 형태가 다르므로 각각의 다른 진동주기를 가지게 되며 이를 연결하는 구조물이 서로 강접합 될 경우 비정형성이 크게 되어 구조물의 거동이 매우 불안전해질 수 있다.

4.2 마찰진자베어링(FPB) 사용

횡력 작용 시 IT 캡슐에 의해 발생하는 건물의 비정형성을 감소시키기 위해서는 두 동의 건물과 IT 캡슐이 각각 별도의 동적거동을 할 수 있도록 연결부의 이동을 허용하는 것이 필요하다. 이를 위해서 연결부에 변위를 허용할 수 있는 면진장치를 설치해야 하는데 본 건물에서는 마찰진자베어링(Friction Pendulum Bearing ; FPB)을 사용하였다. 이렇게 건물과 IT 캡슐을 분리시킴으로서 개별적인 동적거동을 유도하고 이를 통하여 IT 캡슐의 구조적 안전성과 사용성을 확보할 수 있다.

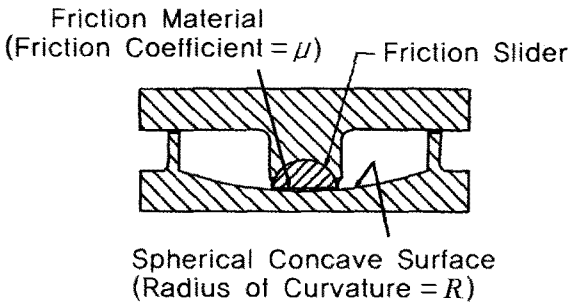
면진시스템의 한 종류인 마찰진자베어링은 면진구조물의 주기를 늘리기 위하여 진자(Pendulum)의 특성을 이용한다. 즉, 지진이 작용하면 베어링 내의 슬라이더가 오목면을 따라 움직이고 이때 지지되는 구조물은 부드러운 진자운동을 하며 올라간다. 슬라이더의 움직임은 마찰력을 발생시키며 이러한 마찰작용은 지진에너지를 흡수하는 감쇠작용을 한다.

구조물이 FPB로 면진될 때 지진하중이 정지마찰력보다 작으면 면진되지 않은 구조물처럼 응답하지만, 지진하중이 일

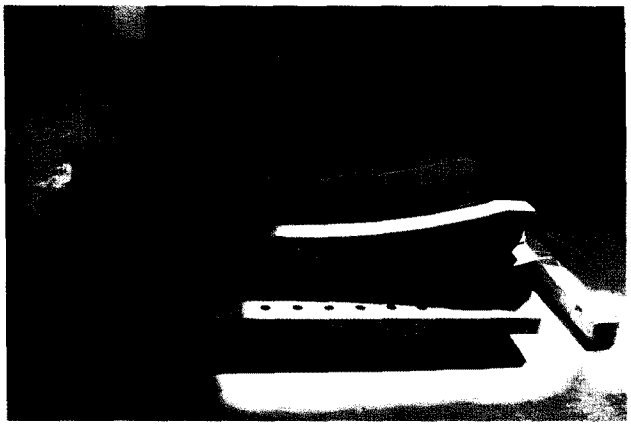
단 정치마찰력을 초과하면 구조물의 주기는 면진장치의 수평 유연성에 의하여 길어지게 된다. 이러한 면진시의 주기는 오목면의 곡률반경 R에 의하여 결정된다. FPB 베어링으로 면진되는 구조물의 주기는 단지 오목면의 곡률반경에 의해서만 결정되므로 구조물의 무게와 상관없이 일정한 주기를 가지게 된다.

FPB 주기 $T=2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$

(여기에서 R : 곡률반경 , g : 중력가속도)



[그림 11] 마찰진자베이링 개념



[사진 5] IT 캡슐에 사용되는 FPB

면진장치로 사용되는 시스템 중 일반적으로 사용되는 납삽입고무베어링(Lead Rubber Bearing ; LRB)으로 IT 캡슐의 베어링을 검토한 결과 베어링 높이가 FPB 보다 약 2배 증가되어 하부 층고 계획이 어려운 것으로 나타났으며, FPB의 경우 주기가 베어링의 곡률반경에 의해 결정되므로 베어링의 높이를 최소화할 수 있었다.

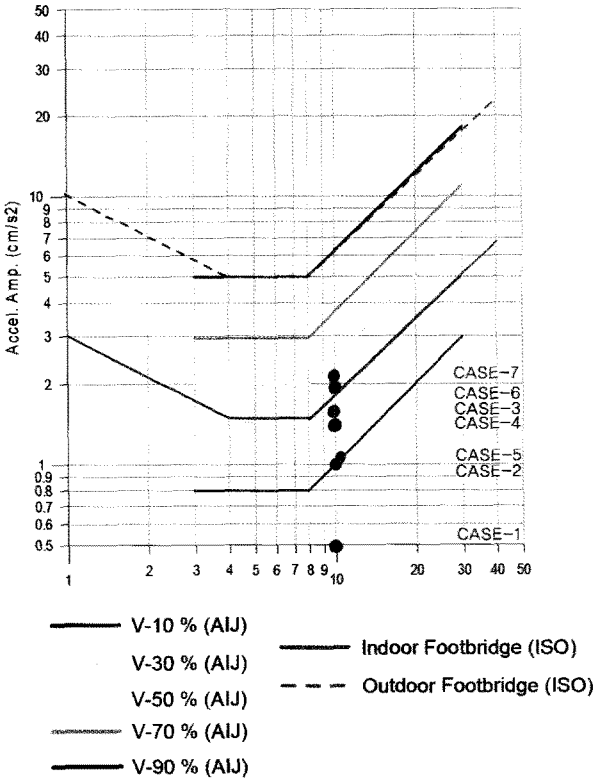
4.3 보행자의 진동에 의한 사용성 평가

보행 인원수, 보행 방향, 보행주기별 조건으로 세분하여 AIJ 2004 및 ISO 1989 기준으로 검토하였으며, 1인당 보행하중은 60kgf 으로 가정하였다.

[표 6] 보행자 진동 검토 조건

CASE	보행방향	보행주기 (Hz)	보행인원
1	1-way	1.0	1인
2	1-way	1.5	
3	1-way	2.0	
4	1-way	1.0	3인
5	2-way	2.0	2인
6	1-way	1.0	6인
7	2-way	1.0	12인

[보행주기]
1.0 Hz : 1초에 한 걸음 (일반적인 걸음걸이)
1.5 Hz : 1초에 한걸음반 (약간빠른 걸음걸이)
2.0 Hz : 1초에 두 걸음 (빠른 걸음걸이)



[그림 12] 보행 진동 사용성 평가

평가 결과 군집 보행인 CASE-6,7을 제외하고 모두 ISO의 Indoor Footbridge에 만족하는 것으로 나타났으며, 군집 보행의 경우 ISO 기준을 약간 초과하더라도 보행자 및 거주자들이 보행진동에 의해서 불쾌감을 느낄 정도의 레벨은 아닌 것으로 판단된다.

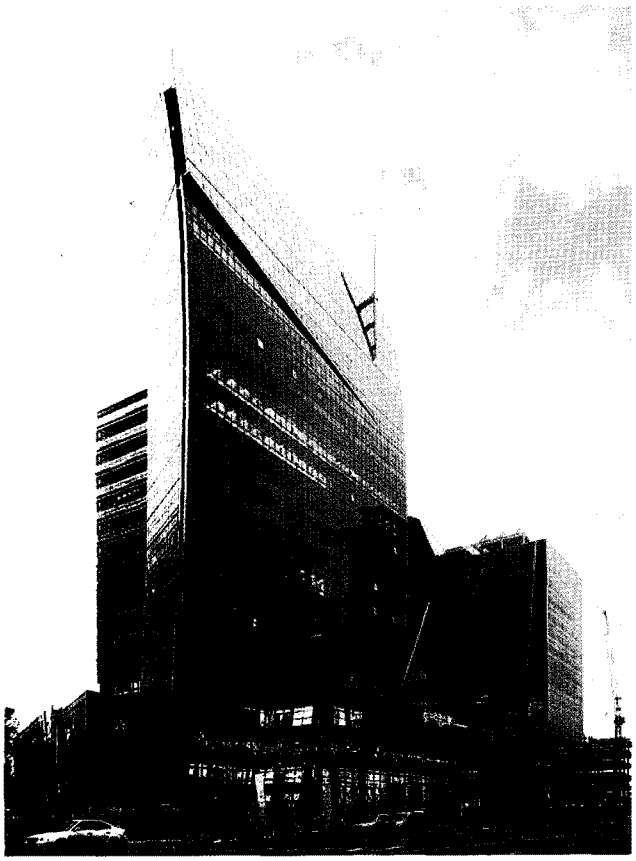
5. 글을 맺으며

본 건물은 턴키프로젝트로서 2005년 4월 실시설계를 시작하여 2007년 12월 완공 되었다[사진 6]. 설계에서 시공까지 3년여 동안의 짧은 기간에 계획되어, Fast Track 방식으로 진행되었다. DMC의 랜드마크적 이미지를 위하여 상징적인 구조미를 표현하였으며, 이에 따른 기술적 해결을 위하여 많은 대안 검토는 필수적인 사항이었다.

경사부재에 대하여 복잡한 접합부의 정확한 시공을 위한 검토, Fast Track 방식에 의한 탑다운 공사 시 현장 여건에 따라 설계가 변경될 경우의 빠르고 정확한 검토 등이 본 프로젝트의 중요한 요소로 생각된다.

이를 위해 구조설계 담당자의 현장상주를 통한 기술지원업무가 현장에서 별도로 발주되어 수행되었음은 주목할 만 하다 하겠다.

※ 본 기술기사내용은 2006 건축학회지 내용을 재 편집 하였음.



[사진 6] 준공후 사진

- 설계사무소 : (주)희림건축
- 시공사 : 삼성물산 건설부문
  한화건설, SK건설, 한진건설 컨소시엄
- 구조설계참여자 : 김종호, 박영욱, 임승진, 권오성, 전현수
- 현장구조담당자 : 박동순(삼성)