

아웃리거 댐퍼를 이용한 아웃리거 접합부 공법

- 인천 송도의 305m 초고층빌딩에 성공리 적용, 공기단축 및 공사비 절감 효과 검증 -

전 세계적으로 초고층 빌딩은 도심지의 높은 지가와 초고층이 가지는 이미지 때문에 미국 등 선진국에 이어 중국, 아랍에미리트, 한국 등에서 경쟁적으로 건립 혹은 계획되고 있다. 한국 초고층 건축학회에 따르면 세계 초고층 건축 시장의 규모는 2010년까지 발주될 초고층 빌딩 프로젝트 사업비가 50조 원 규모에 이를 것으로 추산된다. 한국 시장의 규모는 이중 20%인 10조 원 정도로 커질 것이라 전망되며, 여기에는 높이에 있어 세계에서 두 번째가 될 서울 상암국제비즈니스 센터를 비롯해 송도신도시 인천타워, 잠실제2롯데월드 등이 포함된다. 초고층 빌딩 시공 관련 국내 건설업체들의 기술력 또한 이미 상당한 수준에 올라 있어 앞으로 세계 초고층 건축 시장은 한국이 주도할 것이란 기대가 높은 것도 사실이다.

초고층 빌딩의 설계 및 시공에서 가장 중요한 요소로 결정되는 것이 구조 시스템이다. 초고층의 구조 시스템은 매우 다양한 형상이 설계·시도되고 있으나 이 중 아웃리거 구조 시스템은 상당히 효과적인 횡력 저항 시스템으로 널리 활용되고 있다. 아웃리거 구조 시스템은 중앙부 코어와 외부 기둥을 아웃리거라는 매우 높은 강성을 지닌 구조체로 연결하는 것으로 태풍 및 지진 등의 횡력 작용시 이를 외부 수직 부재에 인장과 압축력으로 전달하며 횡력에 복합적으로 저항하게 한다.

부등 축소량 자동 보정 공법

하지만 코어와 외부 기둥 간의 부등 축소

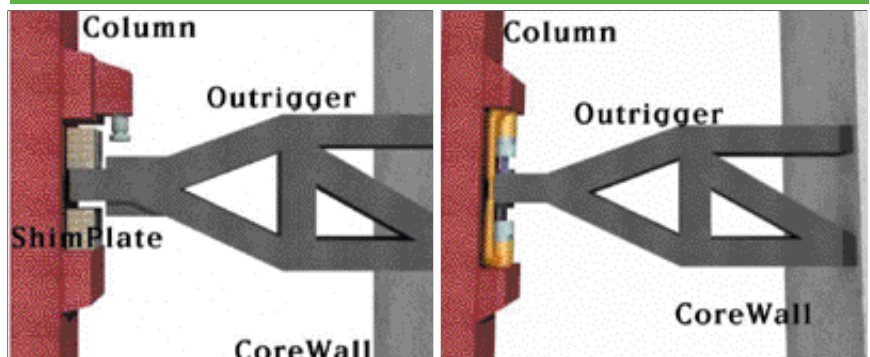
량 발생으로 추가적인 응력이 발생하는 등 구조 시스템의 설계 및 시공에 상당한 어려움 또한 있다. 이를 위해 지금까지는 시공 중 횡력을 코어가 전담하는 자유절점법(delayed joint method)이나, 시공 중 접합부의 갭을 일정 수준으로 유지시키는 절점부 보정법(adjustable joint method)과 같은 아웃리거와 외부 기둥 간 접합부 시공법이 사용되어 왔다. 그러나 이러한 방법으로는 아웃리거 구조 시스템의 효과를 온전하게 활용하지 못하거나 여전히 시공상 어려움이 존재해 왔다.

가장 최근에 아웃리거 접합부의 부등 축소량을 보정하는 공법으로 사용되고 있는 심플레이트 공법은 부등 축소량을 아웃리거와 외부 기둥/트러스 간 갭을 보정 철판을 이용해 1~2mm 정도의 간격으로 유지하다가 시공 중 접합부 간격이 관리치 이하로 떨어지면 보정 철판을 빼고 이동시킴으로써 시공 중 접합부 간격이 일정하게 유지되도록 한다. 이러한 공법은 아웃리거 구조 시스템이 시공 중에도 본연의 역할을 한다

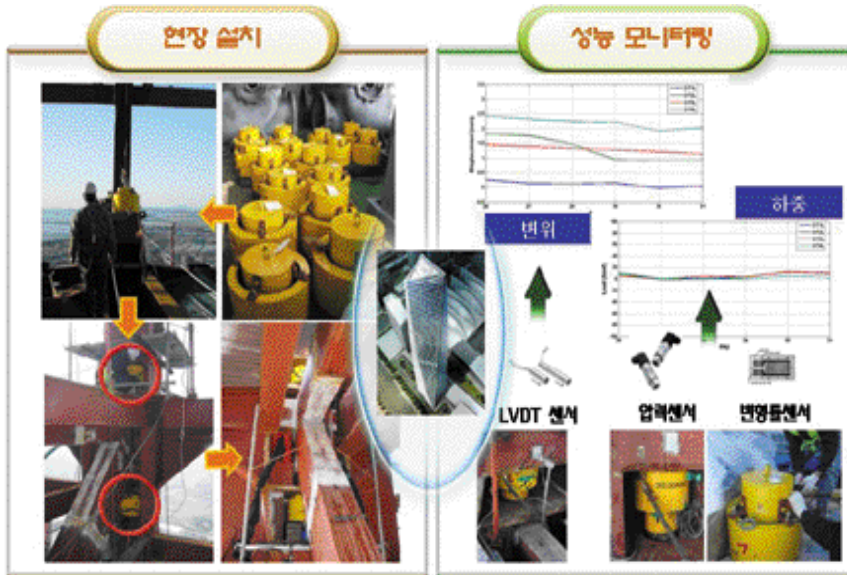
는 점에서 활용될 수 있지만 시공 및 유지 관리가 난이도 높고 인력 및 장비 운용에 따른 비용 증가가 발생한다. 부가적으로는 접합부 부등 축소량 수동 보정이 가능하도록 하기 위해 접합부 부재가 커지고 복잡한 형상을 가지게 된다. 결과적으로 공기가 지연되는 부정적인 영향도 있다. 또한 접합부의 비연속적 특성과 품질 관리 실패에 따라 아웃리거가 정상적인 거동을 하지 않아 코어부와 다균열 등의 구조적 문제 발생 가능성이 매우 높다.

이에 반해 아웃리거 댐퍼를 이용한 공법은 기둥 간 부등 축소량을 자동 보정할 뿐 아니라 최적화 설계될 시 구조물의 진동 제어 및 구조물량 감소를 가져올 수 있다. 아웃리거 댐퍼는 기둥의 부등 축소와 같은 유사정적 하중이 작용할 경우 내부 부충진재(오일 또는 실리콘 퍼티)가 배관과 오리피스스를 통해 매우 천천히 이동하게 되어 다른 구조 부재에 부가적인 하중을 전달하지 않고 부등 축소량을 흡수한다. 하지만 태풍, 지진 등에 의한 동적 하중이 작용할 경우 오리피스스의 작

심플레이트 공법 개념도 · 아웃리거 댐퍼 개념도



현장 적용 및 성능 모니터링



은 내부직경에의해충진재의이동이제한된다. 이러한원리로 접합부의잠김 효과를 발생시키고아웃리저시스템의효과적인거동을실현시킨다.

아웃리저 댐퍼의 개발 및 적용

아웃리저 댐퍼 시스템은 3차원 컴퓨터 모델링을 통한 해석, 장치의 예비 성능 시험, 풍하중 산정을 위한 풍동 시험, 진동대 모형 시험, 시제품 성능 시험을 거쳐 인천시 연수구 송도동에 위치한 송도 북동아시아 무역타워(North-East Asia Trade Tower)의 시공에 적용되었다.

현재 34층의 8개소에 아웃리저 댐퍼 시스템이 설치되었으며 아웃리저 댐퍼 시스템의 설치 후 거동을 평가하기 위해 송도 NEAT의 전체 구조 건전성 모니터링(SHM : Structural Health Monitoring) 시스템의 일부로서 계측 시스템을 구축·운영하여 부등 축소가 효과적으로 자동 보정되며 동적하중에 대해 잠김 효과를 일으켜 단부가 고정단처럼 거동하는지를 검증하고 있다.

구축된 압력 센서와 변형률 센서를 이용

해부 등 축소량이 부가적인 응력 발생 없이 보정되고 있음이 검증되었으며 가속도 센서를 이용한 SI(System Identification)를 통해 전체 구조물이 동적 하중에는 접합부가 고정된 것이 상의 강성을 보이는 것으로 확인되었다.

공사비 절감

전국대경제경영연구소에서 수행한 원가 계산 비교에 따르면 아웃리저 댐퍼의 적용에 의해 접합부 철골 구조물은 개소당 19.3t에서 14.1t으로 27% 물량이 감소

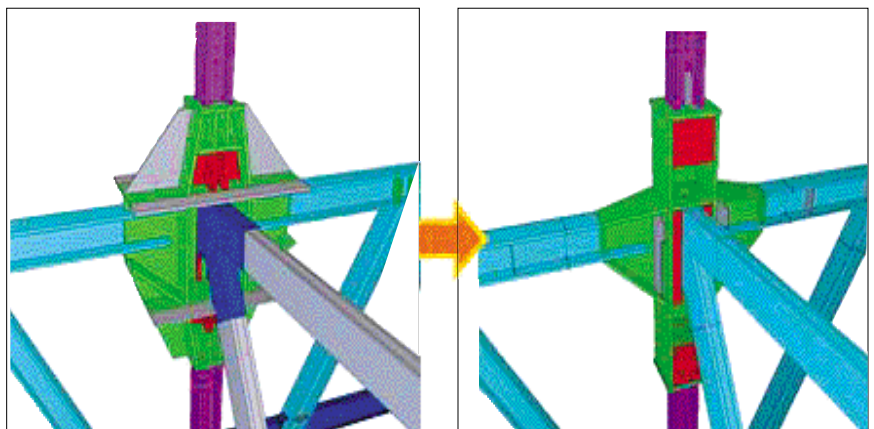
하고 접합부의 현장 용접량은 개소당 89.6㎡에서 25.4㎡로 75% 급감하였다. 또한 유지관리를 위한 별도의 인력 구성이 불필요해지고 심플레이트 보정을 위한 유압 잭 설치 과정이 생략되어 개소당 약 40%의 공사비 절감(7,31만원 → 4,53만원) 효과가 발생하였다. 이에 따른 전체 절감액은 3억 9,000만원에 이른다.

아웃리저 댐퍼가 구조 물량 감소용으로 설계 단계부터 적용이 고려된다면, 최적 설계 시 최대 15%의 구조물량 감소 효과가 있다. 따라서 송도 NEAT의 구조물 공사비가 65억원인 것을 감안한다면 약 10억원의 공사비 절감 효과가 발생하는 것으로 산정되었다.

공사 기간 단축

송도 NEAT는 두 개의 아웃리저 층으로 구성되어 있는 데 이중 35층의 경우를 보면 아웃리저 댐퍼를 적용함으로써 아웃리저 접합부 개소별 Critical Path에 있는 접합부 철골 구조물의 공장 제작 일수에서 감소된 물량이 반영되어 철골 절단 과정과 도장 과정에서 33%의 공기 절감 효과를 보였다. 특히 아웃리저 댐퍼 공법의 변경에 따른 형상 및 구조물량의 변화에 따라 용접 물량은 80% 이상 감소 효과를 나타냄으로써 총 10일의 제작 일 단축 효과를 보였다.

아웃리저 댐퍼 적용에 따른 접합부 구조물 크기 변화



시공단계에서는아웃리저공법적용으로 유압잭설치및계측장비설치공정이생략되며 제작 단계와 마찬가지로 용접 물량이 크게감소하여총 20일의공기단축효과를 가져온다. 따라서전체 공정에서약 30일의 공기단축효과가있다,

이 외에도 아웃리저 접합부 거동에 대한 매일 점검/보고 및 보정 공정 불필요, 현장 용접 부재의 철거 공정 불필요에 따른 이점이 매우 크지만, 해당 공종은 Critical Path 상에 있지 않아공기 단축 기간에포함시키지않았다.

품질 관리

아웃리저접합부는아웃리저댐퍼에의해 초기압이도입되어강하게체결되고있으므로 전체 구조물이 보다 유기적으로 거동할 수있으며, 아웃리저댐퍼로인해태풍또는 지진시에도구조체뿐만아니라비구조체에도예상치못한균열및변형등의손상을방지할수있다. 또한부가적인댐핑을구조물에 부여함으로써진동 제어 등과 같은 보다 나은구조물의응답을기대할수있다.

대우건설의아웃리저댐퍼를이용한초고층아웃리저접합부공법은초고층건축물에 필연적으로발생하는기둥의부등축소를자동으로보정하면서지진이나태풍과같은큰 횡력에는효과적으로저항하는구조시스템이다.

이는 공기 단축은 물론 초고층 건축물의 진동 제어를 통한 획기적인 구조 물량 절감 이가능한공법으로서다양한구조실험, 풍동 실험 및 컴퓨터 시뮬레이션을 거쳐 현재 대우건설에서 인천 송도에 시공 중인 높이 305m 지상 68층의 국내 최고(最高) 건물인

NEAT(NEAT)성공적으로 적용되었다. (주)



김대영
대우건설기술연구원수석연구원

그래픽 뉴스

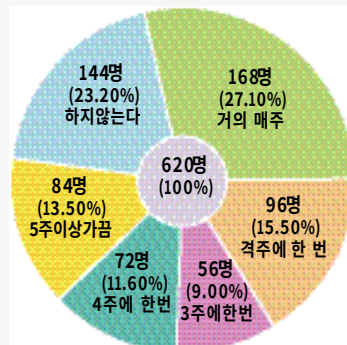
건설업 요소 투입 및 생산성 국제 비교

구 분	한국	일본	미국	프랑스	독일	이탈리아	영국
노동	근로시간(1,000시간)	2.3	1.9	2.0	1.7	1.5	1.9
	고급인력비중(%)	58.0	23.7	11.2	2.8	4.3	1.5
	5년간평균임금상승률(%)	6.3	2.3	3.6	4.5	2.9	1.9
기타요소	5년간자재비평균상승률(%)	4.5	0.9	2.7	2.3	0.8	2.6
	에너지비용투입비중(%)	3.3	1.9	4.1	3.4	2.5	2.5
	ICT 비용투입비중(%)	2.9	6.2	26.4		8.3	5.6
생산성	총산출기준노동생산성(PPP USD)	42.2	62.3	51.7	73.7	76.5	84.1
	총요소생산성증가율(2000~2008년평균, %)	0.4	-0.1	-0.6	-0.4	0.0	-0.3
	기술적효율성(%)	50.6	92.3	50.7		69.4	96.3

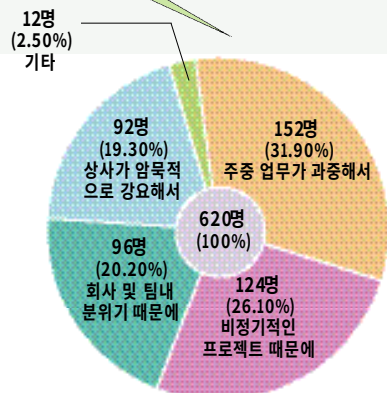
자료:한국건설산업연구원.

직장인 주말 근무 현황

주말근무(정기적인당직근무제외)를하는 빈도는어느정도입니까?

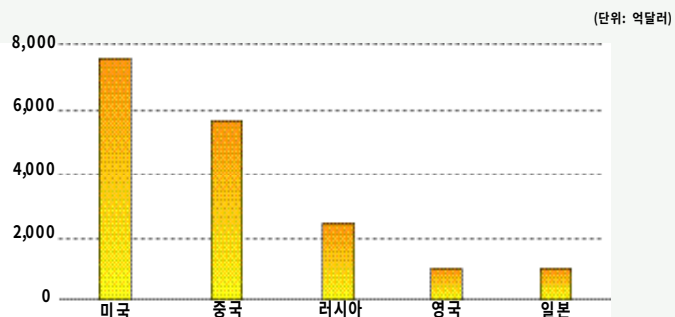


주말근무를하는이유는무엇입니까?



자료:인크루트.

주요 각국 경기부양 규모



자료:월스트리트저널(WSJ)