장지간빔(C. S. Beam)에 의한 자주식 건물 주차장

박창열, ㈜일승 대표이사/기술연구소장
최남훈, ㈜일승 기술연구소 선임연구원

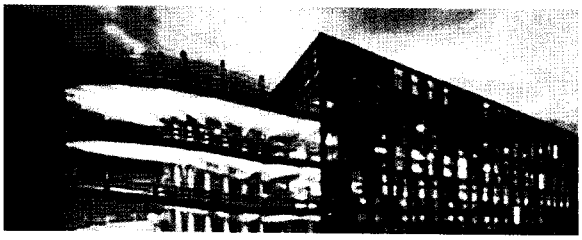
1. 기술의 개발 배경

자동차 보유대수의 급격한 증가로 주차문제가 복잡해지고 복잡한 도시교통문제를 유발하면서 소통장애, 교통안전, 방재기능 등의 사회적문제로 크게 야기되고 있으며, 고급화, 선진화로 나아가는 데 있어 큰 걸림돌로 작용하고 있다.

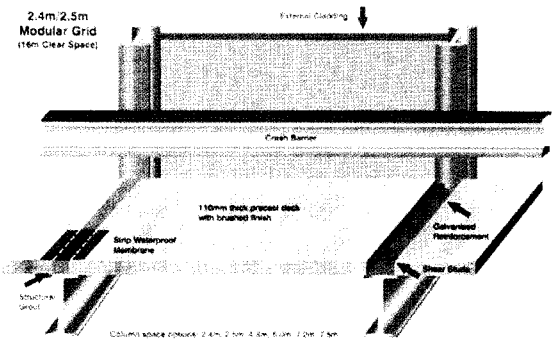
주차문제는 정부 및 민간차원에서 다양한 해결책을 모색하고 제시되고 있는데, 정부에서는 부족한 주차장 확보와 보급, 더불어 사회적 의식변화와 주차문화 수준의 향상을 제시하고 있으며, 전문화된 주차장 건설업체들은 자신들만의 창의적이고 혁신적인 기술들을 선보이며, 한정된 토지위에 최적, 최대의 주차면 확보에 노력하고 있다. 또한, 유사기술(모방기술)을 통해 주차장 건설시장에 뛰어드는 기업들도 생겨나기 시작하면서 주차장 전문 건설업체들은 더욱 더 기술개발에 투자하고 그 결과물을 제시해 앞서 나아가고 있다.

이러한 배경에서 본 기술은 주차수요 증가에 따른 기존 재래식 주차장 건설기술의 한계를 극복하고 진보된

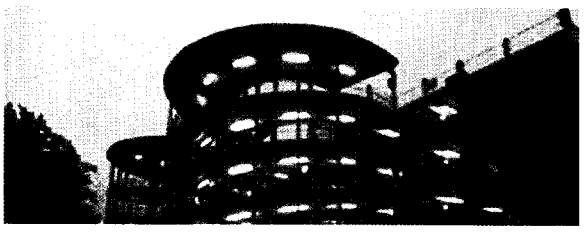
Figure 1. 선진국 주차장 사례



네덜란드, Parkeer garage Spaarne Ziekenhuis



영국, Bourne Parking社의 Montex System



독일 Vollack社의 Parkmobil

주차장 건설문화 구축을 목표로 유럽, 미국 등 건설 선진국의 사례(Figure 1)를 조사, 연구하여 국내 법제에 맞는 합리적이고 실용적인 주차장 건설기술을 발굴하였으며, 그 중추적 핵심기술로 시공성, 경제성, 구조적 안전성 및 사용성에 탁월한 주차장 전용 장지간빔(Complex Section Beam)을 개발하게 되었다.

2. Complex Section Beam 소개

가. 기본개념

C.S.Beam의 형상은 주차장에서 중간기둥이 없이 작용하는 응력에 저항할 수 있도록 중앙부와 양단부의 크기가 서로 다른 복합단면으로 되어있으며 빔의 형고 50㎝미만에서 최적의 주차구획 설계가 가능한 17M까지 시공이 가능하도록 개발되었다.

형고의 높이를 줄이고 사용성(처짐) 향상을 위해 중앙부 하부플랜지의 형상을 박스형으로 설계하였으며 기존 건설방식인 기둥+큰보+작은보의 조합구조에서 기둥+큰보의 조합구조로 설계하여 공사기간 및 공사비를 절감할 수 있도록 하였다.

이러한 C.S.Beam으로 주차장을 건설할 경우, 내부기둥이 없이 양단부의 기둥만으로 건설이 가능하여 설계, 시공, 이용측면에서 편리성, 경제성, 효율성 및 환경성이 기존방식에 비해 크게 증대된다.

나. 역학적 특성

주차구간과 통행구간을 갖는 라멘식 구조형태의 주차장 건축물에 있어서 구조적으로 주차구간의 거더 단면높이(형고)는 최대 부 모멘트(-Mmax)가 발생하고, 통행구간의 거더 단면높이(형고)는 최대 정 모멘트(+Mmax)가 발생하는데 이에 대응하기 위하여, 1차적으로 단면높이를 결정한 뒤에 2차적으로 통행구간의 단면높이를 최소화시키기 위해 하부 플랜지를 박스형상으로 설계하였다.

이와 함께 단부와 중앙부의 경계면에 접합 유도부를 형성함으로써 단면의 높이와 형상이 서로 다른 단면을 한 몸처럼 접합시키기가 용이하게 된다.

본 기술은 변단면 빔을 적용시킴으로써 통행구간의 단면높이가 최소화되어 건축물의 층고가 낮아지고 경사로의 구배가 완만해져 경제적인 주차장 건축물의 축조가 가능하게 된다.

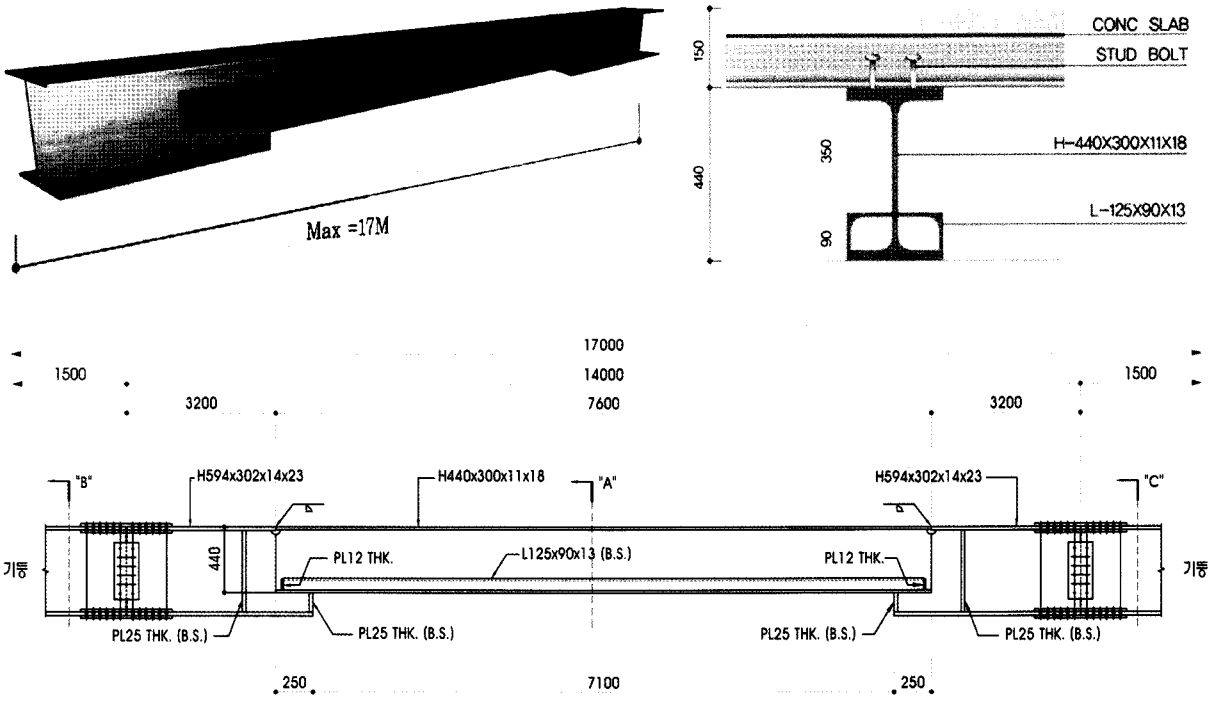


Figure 2. Complex Section Beam

다. 시공성

1) 철골조

주차장을 건설하는 데 있어 설계와 시공시 반드시 고려되어야 할 요건[1]을 살펴보면 다음과 같다.

표 1. 주차장 건설시 필요 요건

구분	세부요건
설계의 요건 (Requisite of good car park design)	1. 접근이 편리한 입출차 (Easy entry and egress to car park and stalls)
	2. 단순한 동선체계 (Uncomplicated and logical traffic flow)
	3. 간섭의 최소화(Unimpeded movement)
	4. 채광 및 환기 (Light and airy)
	5. 유지보수 및 관리(Low maintenance)
	6. 안전 (Safe and secure)
기술적 요건 (Ideally placed to satisfy all the requirements)	1. 장지간 (long spans)
	2. 경량 (Lightweight)
	3. 내구성 (Robust)
	4. 내화성 (Fire resistant)
	5. 유지관리 (Easily maintained)
	6. 내항성 (Vandal resistant)
	7. 단순성(Minimalist)
	8. 경제성(Economic)

주차장 건축계획은 차량과 보행자에게 상해위험이 없이 입 · 출차가 용이해야하며, 방해 요소가 배제되고 주차동선의 단순화(보행동선 분리), 미기후(미풍) 등 실내환경의 고려가 있어야 한다. 특히 빛과 바람이 잘 통하는 환경은 주차장 설계에 있어 중요한 목표로 수립되어야 한다.

주차 건축물의 질(質,quality) 판단기준은 건설하기 쉬운 구조와 구조형상에 의해 결정된다.

건설관련 법제와 시공기술을 통합하여 살펴볼 때 철골조(Steel frame Structure)는 주차장 건설 및 환경에 매우 이상적이다. 구조적으로는 채광과 통풍에 유리하고 안전감을 주며 경량으로 장지간이 가능하고 법제적으로는 높이 8M이하(난간높이제외)로 건설될 경우 건축물이 아닌 공작물로 건축이 가능하기 때문에 건축허가가 아닌 공작물축조신고로 건설될 수 있기 때문이다.

2) 설계모듈

상기에 열거한 주차장 건설에 필요한 요건들은 내부기둥이 없는 경우에 큰 효과를 갖게 되는데, 주차장이 철골조로 건설될 경우 그 해결 방안으로 장지간빔이 선택될 수 있다.

기존방식의 주차장 설계모듈은 대부분 5m×5m, 5×6.6m, 5m×7.2m, 5m×9.6m 등으로 구획된다. 이는 Figure 3-1에서와 같이 내부기둥으로 인해 공간 분리의 이점은 있으나 시각적 방해, 다수의 단면형성, 기둥과의 안전사고 발생, 주차구획의 사(死)공간 발생 등 비효율적 문제를 내재하고 있다.

이에 반해, 기술적으로 진보된 C.S.Beam주차장의 구조모듈은 Figure 3-2에서와 같이 내부 기둥이 배재되고 외부 기둥만으로 공간이 형성되기 때문에 앞에서 언급한 주차장 건설의 필요요건들을 충족시킬 수 있어 건축물의 질을 향상시킬 수 있다.

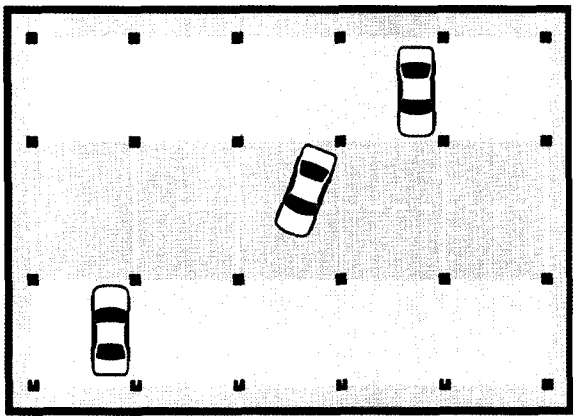


Figure 3-1 재래 방식의 주차장 모듈

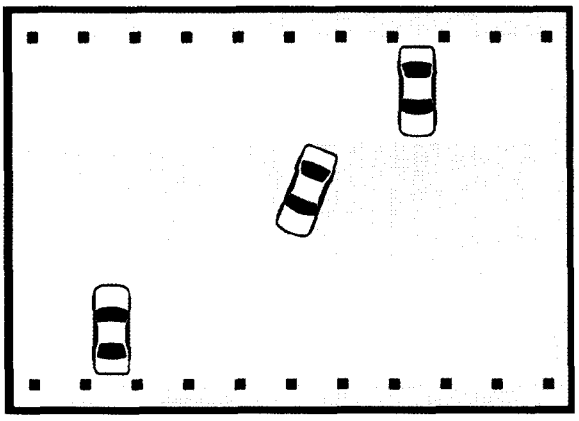


Figure 3-2 내부기둥이 없는 주차장 모듈

1) Institute of Structural Engineers, Design recommendations for Multi Storey and Underground Car Parks, 2002에서 인용
Corus Construction & industrial, Steel framed car parks, 2004에서 재인용

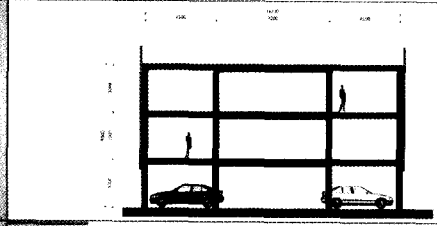
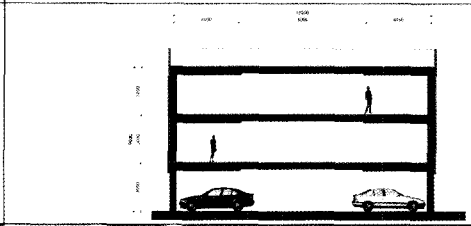
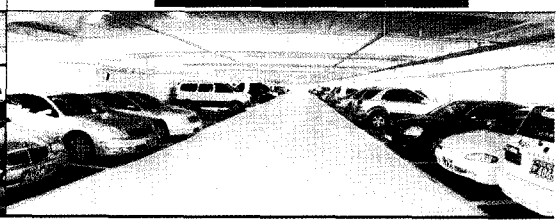
구 분	일반 H-형강 주차장	C.S.Beam 주차장
특 징	보편적으로 사용하는 H형강을 단순보의 철골구조로 건설하는 공법 - 경 제 성 : 철골 강재량이 많아 공사비 고가 - 시 공 성 : 현장 용접 및 설치가 많아 시공오차 발생 - 공사기간 : 현장설치공사가 많아 장기간 소요 - 건축단면 : 단지간(5~6m)으로 통행에 불리, 편리성 저하 - 구조안전 : 단재하경로 구조로 주부재 항복시 즉시 붕괴 - 주차면수 : 기둥으로 인해 적정 주차면수 확보 곤란 - 부대시설 : 기둥으로 인해 레이아웃 구성 제한 - 기 타 : 보편화된 자재 사용으로 자재 조달 용이	일반구조용 H형강을 이용하여 주차장 통로구간과 주차구간의 높이가 다른 주차건축물 전용 보 - 경 제 성 : 철골 강재량이 적어 공사비 절감(경제성 우수) - 시 공 성 : 공장제작 후 현장 조립형으로 시공성 우수 - 공사기간 : 작업성 양호로 공사기간 단축 - 건축단면 : 장지간(16.8m)으로 통행에 유리하며 편리성 증대 - 구조안전 : 다재하경로 구조로 주부재 항복시 즉시 붕괴 방지로 안전성 우수 - 주차면수 : 기둥이 없으므로 주차면수 증대(10% 내외) - 부대시설 : 기둥이 없으므로 자유로운 레이아웃 구성(공간구획 유리) - 기 타 : 보편화된 자재를 사용하여 신기술 적용
단 면		
현장사진		

Figure 4 기존 방식과 C.S.Beam방식 주차장의 비교

내부기둥이 배재된 주차장의 이점을 살펴보면, 다음과 같다.

- 통행성이 확보되어 편리성이 증대된다
- 기둥이 없어 주차면수가 증가(5~10%)한다
- 자유로운 레이아웃 구성이 가능하다
- 작은보가 없어 처짐이 동일하다
- 구조부재수가 줄어들어 공기가 단축된다

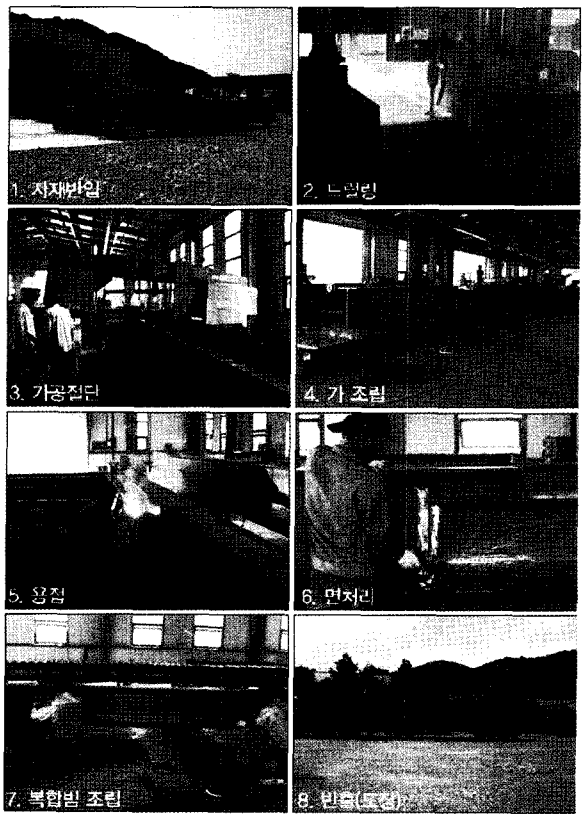
여기에 더하여 Complex Section Beam이 적용되었을 경우, 다음과 같은 효과를 볼 수 있다.

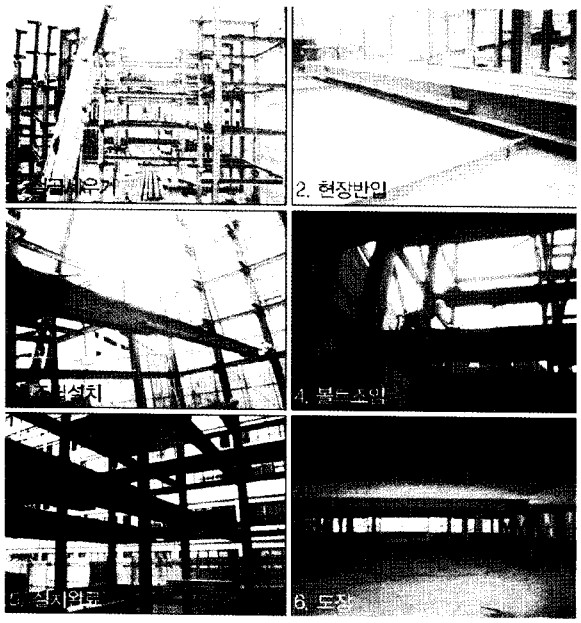
첫째, 주차장법에서 규정한 주차통로의 최소높이 2.3m와 주차구간의 최소높이 2.1m에 합리적으로 설계된 빔의 단면 형상(Figure 4 참조)에 따라, 층고의 감소, 부재의 처짐을 억제하여 바닥균열을 미연에 방지할 수 있다.

둘째, 보편적으로 생산되는 H형강과 L형강을 사용하여 공장에서 제작, 조립되어 시공성이 우수하고 Camber값(2㎝)을 주어 안전성 확보를 더하였다.

3. C. S. Beam의 제작 및 시공

C.S.Beam의 제작은 크게 자재반입, 현도작성, 재단 · 가공, 조립 · 용접, 검사, 도장 및 반출의 순서로 이루어지고,



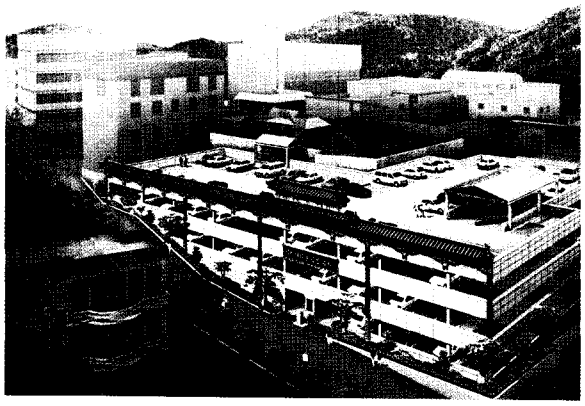


설치는 기둥에 단부일부를 미리 조립한 후 빔의 단부를 볼팅하도록 되어 있다.

4. 국내 시공사례

C.S.Beam은 2005년부터 그 우수성을 인정받아 인천중구 차이나타운 공영주차장과 경희의료원 부설주차장에 적용되어 건설되기 시작하였다.

인천중구 차이나타운 공영주차장(Figure 5)은 기존 구조방식으로 설계하였을 경우 총 주차면수가 178면이었으나, C.S.Beam 주차장으로 설계한 결과 8% 증가된 193면으로 증가된 15면의 건설비용(1면당 토지비, 건설비 평균 3,000만원)을 절감시키는 경제적 효과를 보였다.



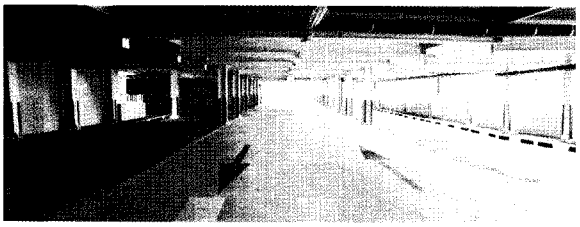


Figure 5. 인천 중구 차이나타운 공영주차장

경희의료원 부설주차장(Figure 6)은 454면에서 504면으로 11%의 주차면수가 추가 확보 되었으며, 1개층 증축을 계획하고 있다.

Figure 6.경희의료원 부설주차장

5. 맺음말

본문에서 자동차를 구동하기에 편리하고 사람이 이용하기에 쾌적한 주차장 건축물을 건설하는데 필요한 주요 요건들을 살펴보고 이 요건들을 바탕으로 선진국의 건설동향을 살펴본 후 국내 법제 및 건설기술에 맞게 경제적이고 합리적인 건설방법을 제시하였다. 또한, 핵심기술인 Complex Section Beam을 기존 방식과의 비교를 통해 상호간의 차이점을 파악할 수 있었으며, 국내 시공 사례를 통해 경제적 효과를 찾아 보았다.

해외사례의 경우 시공방법에 있어서 내부기둥을 배재했을 뿐만 아니라 도시미관에 영향을 미치는 대형건축물로서의 이미지와 사람 중심의 주차장 환경을 창출하는데 초점을 맞추고 있다. 반면, 국내의 경우 건축설계, 구조설계에서 효율을 고려한 설계가 되지 못하고 주차장전문 건설업체의 기존 재래식 건설방법을 근거로 철골을 RC

조 모듈로 계획하는 측면이 있다.

이와 같은 많은 차이점에도 불구하고 국내에서 문제의식이 없었던 이유는 오랜 관행의 설계방법과 건설비 부족, 저가경쟁에 있다고 본다. 본 원고를 통하여 주거시설, 업무시설 등 타 건설부문에 뒤쳐져 있는 주차장 건설문화의 선진화를 위해서 본 기술 뿐만 아니라, 주차장 건설기술에 대한 새로운 사고의 접근이 이루어져야 하겠다.

참 고 문 헌

1) Institute of Structural Engineers, Design recommendations for Multi Storey and Underground Car Parks, 2002
2) Corus Construction & industrial, Steel framed car parks Brochure, 2004
3) Vollack Erfolg bauen, Parkhaus AG Brochure,
4) 황원섭, 인하대학교, Pre-stressed Plate girder개발. 2005
5) Arcelormittal(Luxembourg) Brochure. 2004
6) 박창열, (주)일승 기술연구소, C.S.Beam기술자료집, 2007

(E-mail: kjk21@isenc.com)