

구조물 겸용 흙막이 스트러트 공법의 개선 연구

A Study on the Technological Improvement of Strut as a Permanent Structure

김 선 국* 홍 원 기**
Kim, Sun-Kuk Hong, Won-Kee

요 약

흙막이를 지지하는 버팀대를 가설재가 아닌 주(主)구조체로 이용하는 SPS(Strut as a Permanent System) 공법이 개발되어 최근 국내 공사현장에서 활발하게 활용되고 있다. 이 공법은 건축공사 현장에서 원가절감, 공기단축, 구조적 안정성 향상, 건설환경 개선 등 다양한 이점을 주는 반면 지하층고의 증가와 철골부위 내화피복을 추가로 수행하여야 하는 문제점이 있다. 지하층고의 증가는 흙막이 깊이 및 지하 최저부위 굴착량 증가의 문제점을 유발하고, 내화피복 공사는 공사환경을 열악하게 함은 물론 공사비 증대의 요인이 된다. 따라서 본 연구는 SPS 공법의 문제점을 개선한 모듈화된 철골철근 복합 구조 시스템(modularized hybrid structure system)을 제안하는 것을 목적으로 한다. 제안된 공법은 구성원리와 함께 실험을 통하여 구조적 성능을 검증되고 다양한 공사조건을 만족시키는 시공성능이 분석된다.

키워드: 흙막이, 토공사, SPS 공법, SRC 복합구조, MHS 시스템

1. 서 론

도심지의 지하공사는 제한된 작업환경과 대지활용의 극대화 에 따라 건설 프로젝트의 진행에 있어 보다 폭넓고 다양한 공법의 적용과 관리활동이 수반된다. 또한 지하공사는 전체 공사비와 공사기간에서 차지하는 비율이 매우 크기 때문에 철저한 공사계획과 관리가 요구되는 공종이라 할 수 있다. 특히 적절한 흙막이 공법의 선정과 시공은 원활한 공사진행을 위해 필수적이라 할 수 있다. (김재엽 외5, 2007)

이러한 측면에서 지하 흙막이 공사에서 사용되는 스트러트(strut)를 영구 구조물의 보(girder)로 사용하는 공법에 관한 연구가 진행되고(홍원기 외2, 2004) SPS(Strut as a Permanent Structure) 공법으로 상용화된 이후 많은 건축공사 현장에서 원가절감, 공기단축, 구조안전 향상, 건설환경 개선 등 다양한 효과를 얻고 있다. 그러나 SPS 공법은 지하층고의 증가와 철골부

위 내화피복을 추가로 수행하여야 하는 문제점이 있다. 지하층고의 증가는 흙막이 깊이 및 지하 최저부위 굴착량(excavation)의 증가¹⁾의 문제점을 유발하고, 내화피복 공사는 공사환경을 열악하게 함은 물론 공사비 증대의 요인이 된다.

이러한 문제점은 공법 개선을 필요로 하며, 개선된 공법은 공기, 원가, 품질, 안전등의 측면에서 효율성을 가지고 있어야 한다. 본 연구는 앞에서 열거한 기본 SPS 공법의 문제점을 개선한 모듈화된 철골철근 복합 구조시스템(Modularized Hybrid Structure System, 이하 MHS 시스템)을 구성원리와 함께 상세히 제안하고 실험을 통하여 구조적 성능검증 및 다양한 조건을 만족하는 시공성능에 대한 분석을 목적으로 한다. 본 연구의 결과는 보다 경제적이고 안정된 지하공사 공법인 MHS 시스템의 상용화에 객관적인 자료로 활용될 것이라 사료된다.

2. 관련 연구 동향

지금까지 SPS 공법이 실무현장에서 활발히 적용됨에 따라 그와 관련한 개선연구 및 다양한 흙막이 공법이 연구되었다.

먼저 장성욱(2005)의 연구에서는 SPS 공법의 효율성을 검토하고 실제 현장 사례조사를 통해 공기, 원가, 안전, 품질 등의 사항을 검토한 연구를 진행하였다. 특히 전문가 면담조사를 실시하여 SPS 공법의 적용성을 검토할 때 건물의 높이에 따른 크기

* 종신회원, 경희대학교 토목건축대학, 산학협력기술연구원 교수, 공학박사, kimsuk@khu.ac.kr

** 일반회원, 경희대학교 토목건축대학, 산학협력기술연구원 부교수, 공학박사, hongwk@khu.ac.kr

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. R11-2008-098-00000-0)

1) 지하 최저부위는 대부분 암반으로 이루어지므로 암 굴착으로 인한 공사비 증대

의 확인과 공법 선정 과정에서의 설계변경 여부의 확인 등 필요한 세부사항을 도출하였고, 각 세부사항들 중에서 SPS 공법에 적용할 시 필수적으로 검토가 이루어져야 하는 항목을 연구하였다.

또한 백선태, 박근준 (2006)의 연구에서는 SPS공법을 TOP-DOWN공법과 가설 Strut공법과의 현장적용사례를 분석하여 공기단축, 반복 작업으로 원활한 공정관리, 가설 구조물 해체 시 발생하는 응력 불균형배제 등 상대적으로 안정적이고 효과적인 측면을 확인 하였다. 또한 SPS 공법의 적용 시 보완해야할 사항을 다음 4가지 사항으로 정리하였다.

첫째, 대지가 필요이상으로 클 경우 비용증대 우려가 있다.

둘째, 영구구조물로 사용되기 때문에 구조검토과정과 접합부에 관한 개선안이 요구된다.

셋째, 철골보와 슬래브가 일체화되기 때문에 보 춤이 높아지게 된다.

넷째, 현장여건상 램프(ramp) 및 개구부(opening)구간에는 가설계단과 난간을 설치해야 한다.

특히 위 연구에서도 언급하였듯이 보 춤이 높아지는 것을 지적한 사항이 본 연구에서 제안한 MHS 시스템의 필요성을 더욱 강조한다.

마지막으로 김재엽 (2007)의 연구에서는 SPS 공법을 개선하여 토압을 지지하는 부재를 철골이 아닌 Hybrid PC(SRC column + Hybrid PC girder)를 이용하는 공법을 제안하였다. Hybrid PC로 의 대체는 부재의 재료비를 절감할 수 있으며 기존 SPS의 층고 증가 및 내화피복을 따로 시공해야 하는 단점을 보완 하였다. 그러나 지하 1층 철골 설치 후 반복작업으로 진행되는 SPS공법과 비교하여 공정관리가 상대적으로 어려우며 공기가 증가하는 등 문제점 해결이 요구되어 완전한 개선책이라 보기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 SPS공법 및 Hybrid PC공법의 단점을 보완 개선하는 MHS시스템을 제안하고자 한다.

3. MHS 시스템의 구성원리

3.1 MHS 보와 슬래브의 구성원리

그림 1과 그림 2는 임의로 주어진 하중과 경간에 대해 SPS 공법에 의한 철골보 구조체와 MHS 보 및 슬래브의 구조시스템을 비교한 것이다.

그림 1과 같이 SPS 공법에 의한 보와 슬래브 춤은 슬래브 두께 150mm, H형강의 춤 500mm 및 내화 피복에 의한 피복두께 40mm 정도가 소요되기 때문에 전체의 춤은 약 690mm가 된다.

반면 동일한 하중에 대해 MHS 보는 그림 2와 같이 슬래브 타

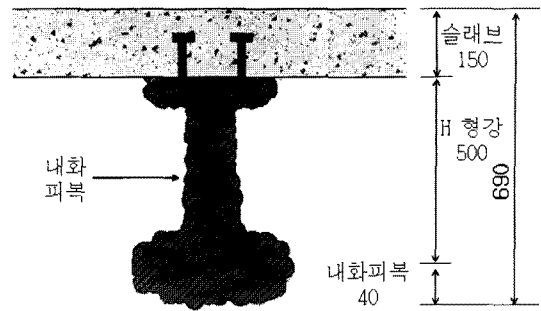


그림 1. SPS 보와 슬래브 춤

설 위치에 H형강이 포함되어 있으므로 보와 슬래브 춤이 감소하게 된다. H형강을 제외한 슬래브의 춤은 70mm, H형강의 춤은 300mm, 철근직경 및 철근콘크리트 피복 두께는 100mm로서 전체적인 MHS 보와 슬래브 춤은 약 470mm가 된다. 그러므로 기존 보의 슬래브 춤보다 200mm이상의 층고 절감 효과를 가져올 수 있다. 따라서 MHS보 구조체는 SPS 공법의 철골보 구조체 적용 시 보다 층고 절감에 따른 공사비 절감, 굴토량의 감소를 가능하게 할 수 있는 개선된 공법이다.

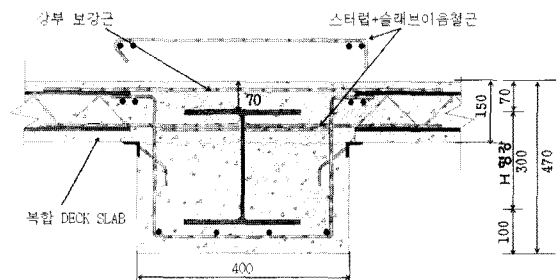


그림 2. MHS 보와 슬래브 춤

3.2 MHS 보의 구성

MHS 시스템은 그림 3과 같은 프리캐스트(precast) SRC (Steel+RC) 보를 공장 제작하여 현장에 운송한다. 이후 지지용 앵글(support angle) 위에 데크플레이트(deck plate)를 설치한 후 그림 2와 같이 현장에서 데크플레이트 상부에서 SRC보와 슬래브를 연결하는 부위에 보강근을 설치한 후 일체화된 콘크리트 구조체로 완성하는 것이다.

MHS 시스템의 핵심은 프리캐스트로 제작되는 SRC보이며(이하 MHS 보), MHS 보의 구조성능 및 시공성을 확보하기 위한 상세를 살펴보면 아래와 같다.

① H형강의 길이 방향으로 후프(hoop)에 고정되는 압축철근으로 콘크리트 부재 내에 매립되지 않으면서 축방향으로 작용하는 토압(압축력)에 효과적으로 저항하는 기능을 가지고 있다.

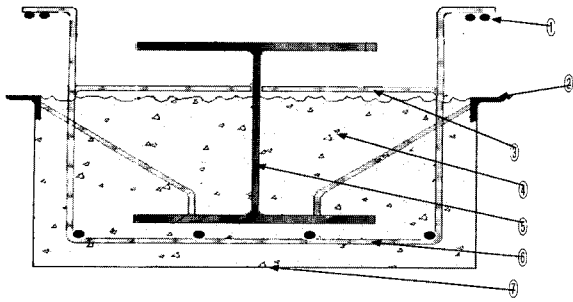


그림 3. MHS 보의 기본 상세

- ② MHS 보의 콘크리트 상단에 설치되는 지지용 앵글로 그 위에 놓이는 데크플레이트를 지지한다.
- ③ 슬래브와의 이음 철근으로 MHS 보와 슬래브와의 일체화 기능을 가지고 있다.
- ④ 토압(압축력) 저항 시스템으로 웹 일부와 하부 플랜지를 매립하도록 H형강과 일체로 형성되는 콘크리트 부재는 축 방향으로 작용하는 토압(압축력)에 효과적으로 저항한다.
- ⑤ 적재하중(횡력) 저항 시스템인 콘크리트와 H형강의 SRC 복합부재이다. 콘크리트 부재 내에 매립되지 않는 노출 철근 및 콘크리트 부재 내에 매립되는 철근과 함께 RC부재는 H형강과 함께 복합부재를 형성하여 휨응력에 저항하며 MHS 보의 철골 부재 경감 및 휨응력에 대한 효과적인 대응을 한다.
- ⑥ H형강의 길이 방향으로 RC구조체에 압축 구속력을 제공하기 위한 후프철근은 H형강의 길이 방향으로 작용하는 압축력을 H형강의 횡단면에 걸쳐 고루 분산시키는 작용을 한다. 또한 횡단면에 수직으로 작용하는 전단력에 저항하고, 축 방향으로 작용하는 토압(압축력)에 효과적으로 저항한다.
- ⑦ SRC 프리캐스트 보를 구성하는 콘크리트는 내화피복 공정을 생략하게 하며, MHS 보의 내화성 향상에 효과적으로 작용한다.

3.3 MHS 시스템의 제작과정

다음 그림 4는 MHS 시스템 샘플의 제작과정을 나타낸 그림이며, 이와 관련한 상세 내용을 설명하면 다음과 같다.

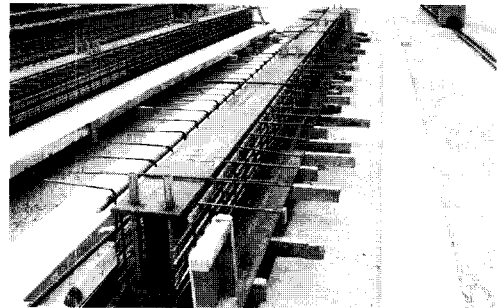
(1) MHS 보

먼저 MHS 보는 공장에서 H형강에 압축철근을 설치한 후 거푸집 조립전의 상태(그림 4-a)로 가공한다. 그 후 거푸집을 조립하고 지지용 앵글을 설치하여 콘크리트를 타설하여 최종 MHS 보 샘플(그림 4-b)을 완성하였다.

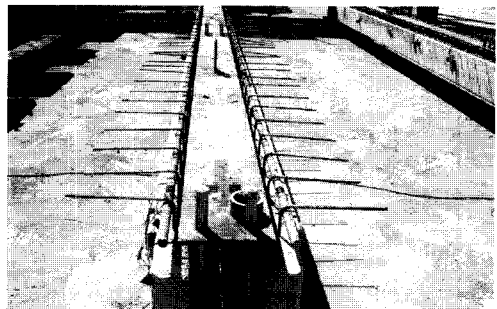
(2) MHS 보 상단 슬래브

MHS 보 상단 슬래브는 그림 5의 a와 같이 거푸집 조립과 보

강철근을 설치한 상태에서 슬래브 콘크리트 타설 후 그림 5-b와 같은 MHS 시스템 샘플을 완성하였다. 그림 4의 a 및 b와 같이 MHS 보의 제작 공정은 공장에서 대량생산으로 이루어지며, MHS 보 상단 슬래브의 제작과정인 그림 5-a, b 공정은 현장설치 및 타설로 완성되어 영구구조물의 보와 슬래브가 된다.

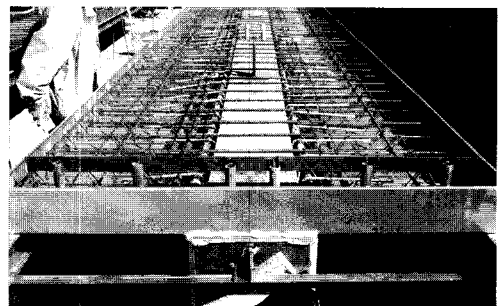


a) 철골, 철근 및 거푸집 설치 완료

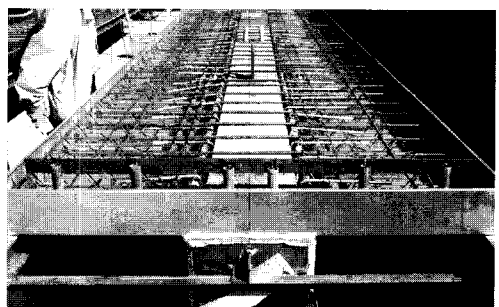


b) 콘크리트 타설 완료

그림 4. MHS 보 제작과정



a) 거푸집 설치 및 배근 완료



b) 콘크리트 타설 완료

그림 5. MHS 보 상단 슬래브 제작과정

4. MHS 시스템의 구조성능 평가

4.1 실험 개요

3장에서 기술한 것과 같이 MHS 시스템은 SPS 공법에서 채택한 RC와 철골보를 이용한 합성보와 비교하여 보의 춤을 줄일 수 있는 방안을 제시하였다. 본 장은 이와 같은 MHS 시스템의 구조성능에 대한 효율성을 실제 실험을 통해 증명한 것이다.

아래 그림 6은 MHS 보의 구조적 성능을 평가하기 위하여 수행한 실험과정을 보여주는 사진으로 가압기(actuator)를 이용하여 주기적 가력실험(可力實驗)을 수행한 것이다.

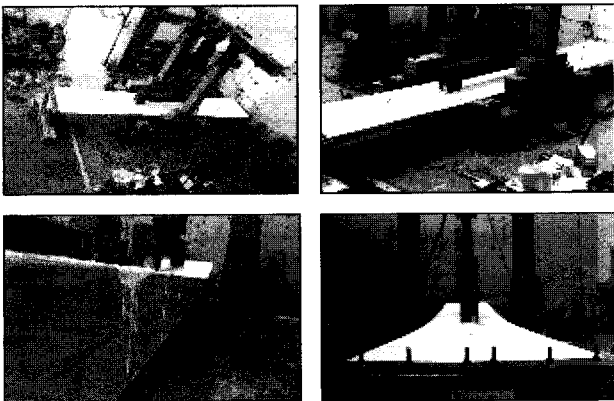


그림 6. MHS 보 실험 전경

실험은 실제크기(full scale)로 제작된 MHS 보의 양 단부를 고정시킨 후 하부 인장가력 및 상부 인장가력을 실시한 것이다. 실험체의 약 1/3 지점에서 2점 주기반복(cyclic) 가력을 함으로써 MHS 시스템의 구조 성능을 분석하였다.

4.2 MHS 보의 구조성능 분석

아래 그림 7은 MHS 보의 구조성능 실험을 통해 분석한 하중-변위 그래프를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 하중-변위 값은 각 사이클별 최대 하중과 사용 한계상태(serviceability limit state)의 하중 변위, 항복 한계상태(yield limit state)의 하중 변위 그리고 최대 하중 한계상태(maximum load limit state)의 하중 변위를 표시하고 있다.

H형강 하부 플랜지 중심에 위치한 변형률 측정 게이지(gauge)에서 변형률 0.0014를 확인하였으며, 항복 한계상태의 계측 값에 따른 하중과 변위를 확인하였다. 사용 한계상태에서의 하중과 변위는 190kN, 28.3mm이며 항복한계상태에서의 계측에 의한 하중과 변위는 각기 360kN과 63.9mm로 확인되었

다. 또한 최대하중 한계상태에서의 하중과 변위는 511kN과 210mm로 확인되었다. 실험을 통해 측정된 값은 실험체가 가지는 단면성능과 비교할 때 구조적으로 충분한 안전성능을 확보한 것으로 분석된다.

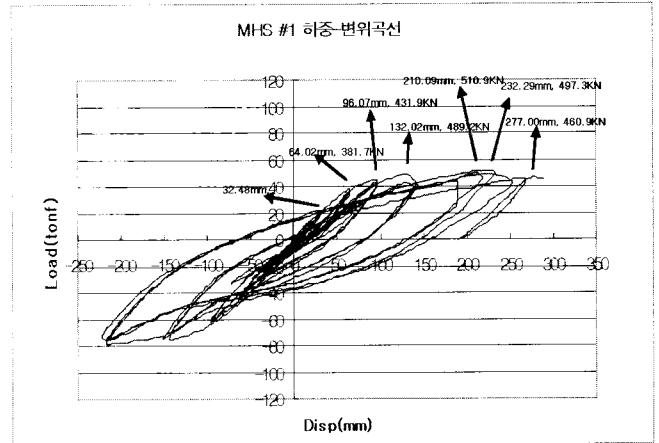


그림 7. MHS #1 하중-변위 곡선

5. MHS 보의 시공성능 분석

5.1 SPS 공법 대비 개선사항

MHS 시스템은 철골과 철근콘크리트의 합성보로 철골조의 장점인 시공성 향상과 RC조의 장점인 경제성을 함께 가지고 있다. 또한 공기적인 측면에서 기존 SPS공법과 비교하여 불리하지 않으며, 도심지 굴토공사에 적합하다.

기존 SPS 공법에 비해 개선된 사항을 정리하면 다음과 같다.

- ① 보 부재 골조비용 감소로 공사비가 절감되었다.
- ② 부재사이즈(보춤) 감소로 SPS공법에 비해 터파기량이 감소하였다.
- ③ 공사기간이 단축되었다.
- ④ 품질확보(균열저감)에 의해 유지보수비가 절감되었다.
- ⑤ 철골에 비해 처짐 및 진동에 유리하여 사용성이 향상되었다.
- ⑥ 내화피복이 불필요하여 환경친화적인 공법이라 할 수 있다.

5.2 MHS 보 접합상세

MHS 보의 시공성능은 제작, 현장설치, 현장 거푸집 및 추가 철근 설치, 현장 콘크리트 타설 과정의 용이성을 검토하여야 한다. 또한 본 SRC 또는 철골기둥과 MHS 보의 접합 용이성을 검토하여야 한다.

아래 그림 8은 MHS 보 단면 및 기둥과의 접합부 철근 배근을 모형으로 제작한 사진이다. 사진에서 나타난 바와 같이 실제 크기로 제작하여 MHS 보 현장타설 부분의 콘크리트 타설이 용이함도 확인하였다.

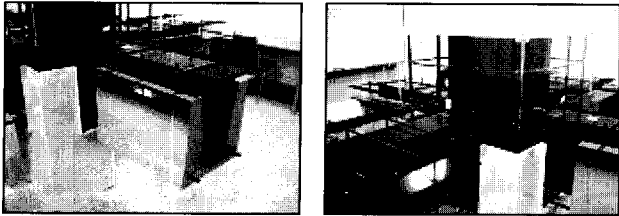


그림 8. MHS 보 단면 및 기둥 접합부 철근 배근도

또한 실제 바이브레이터를 이용하여 콘크리트 현장타설 과정을 점검하였다. 이를 통해 SRC 기둥과 MHS 보의 연결부위 접합부를 통과하는 상·하부철근과 기둥의 주철근과의 배치를 최적화하였다.

5.3 시공성능 분석

본 연구에서 개발한 MHS 보는 다음과 같이 공기 및 공사비의 절감효과 뿐 아니라 시공성 및 구조적 안정성 증대를 위하여 다양한 형태의 단면설계가 가능하다.

이는 크게 MHS 보의 공장제작 범위에 따라 공사기간 절감형과 공사비 절감형으로 나눌 수 있고 이는 다시 보의 단면형상에 따라 직사각형 MHS 보와 중공부가 있는 U형 MHS 보로 나뉜다. 또한 접합되는 기둥의 종류가 철골, SRC, RC 기둥에 따라 그 시공상의 특성을 분석하였다.

(1) MHS 보 공장제작 범위에 따른 구분

1) 공사기간 절감형

그림 9는 MHS 보의 RC 부분을 전체 경간에 대해 공장제작하여 양중한 후 기둥에 접합시킨 것을 그래픽으로 재현한 모습이

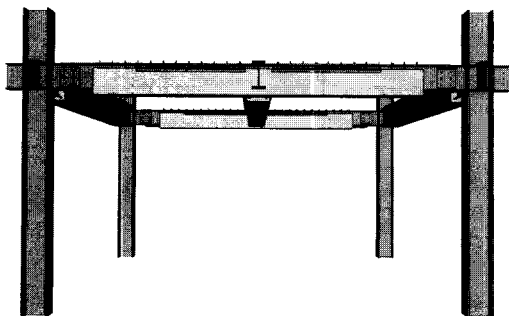


그림 9. 공사기간 절감형 MHS보 현장설치계획 (철골기둥 연결형, MHS RC부 전경간 공장제작)

다.²⁾ 이 경우 현장에서는 철골조 건물의 시공과 동일한 공정으로 진행되게 되며, 양중과 조립만으로 전체 공정을 주도하기 때문에 거푸집 공사의 기간이 절감 가능하다. 별도의 콘크리트를 보 부분에 타설할 필요가 없으므로 공사기간이 상대적으로 빨라지게 된다. 또한 별도의 내화피복 면적이 줄어들어 공기절감 뿐만 아니라 환경 친화적인 공법으로 분류될 수 있다.

2) 공사비 절감형

아래 그림 10은 MHS 보의 RC 부분을 일부 경간에 대해서만 공장 제작하여 양중한 후 기둥에 접합 시킨 것을 그래픽으로 재현한 모습이다. 이 경우 RC 부분이 설치되지 않은 MHS보의 나머지 부분은 FRP(Fiberglass Reinforced Plastic) 시스템 거푸집을 활용, 슬래브와 함께 현장에서 타설하게 된다. 이때 FRP 시스템 거푸집의 설치 공정은 MHS 보 1개소당 20분 정도 소요되므로 공기에는 큰 영향을 끼치지 않는다.

일반적인 MHS 보의 콘크리트부는 PC로 제작되기 때문에 콘크리트의 품질이 높다는 장점을 가지고 있으나 PC 제품의 특성상 현장타설 콘크리트보다 단가가 높게 형성된다. 공사비 절감형 MHS 보는 콘크리트 부분을 현장타설로 제작하여 상대적인 공사비 절감 효과를 가질 수 있다.

공장에서 타설되어 오는 RC부분의 길이는 보 경간, 공기의 여유 및 공사비에 따라서 조정할 수 있는 장점이 있다. 이 경우에도 별도의 내화피복이 생략되어 공기절감뿐만 아니라 환경 친화적인 공법으로 분류될 수 있다.

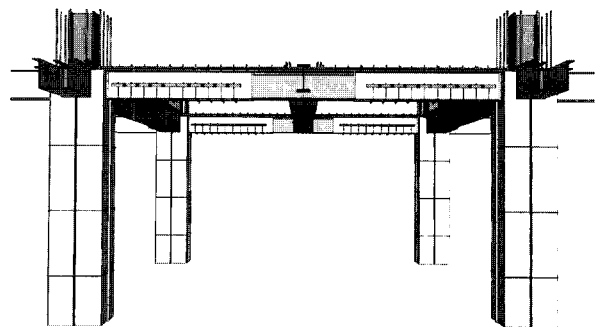


그림 10. 공사비 절감형 MHS보 현장설치계획 (SRC기둥 연결형, MHS RC부 일부현장타설)

(2) MHS 보 단면형상에 따른 구분

MHS 보는 미적, 기능적 요구에 따라 그림 3의 기본형을 다양한 형상으로 제작이 가능하다.

먼저 그림 11은 외부형태가 직사각형이며 내부 중공은 U형 중공부를 갖는다. 그림 12는 외부형태가 사다리꼴이며, 내부는 역시 U형 중공부가 있다. 그림 3의 기본형과 달리 중공부를 설치

2) 스케치업(Sketch Up) v4.0 사용

하는 목적은 현장 타설 콘크리트량의 증가에 따라 MHS 시스템의 일체성을 증가시키기 위한 것이다. 이는 MHS 보와 현장 타설 콘크리트와의 일체성을 높이기 위하여 메탈라스(metal lath)³⁾ 스테드 철근(stud bar)를 추가로 설치할 수 있다.

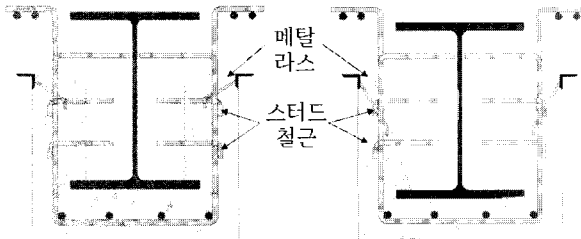


그림 11. 직사각형 MHS 보 "U"형

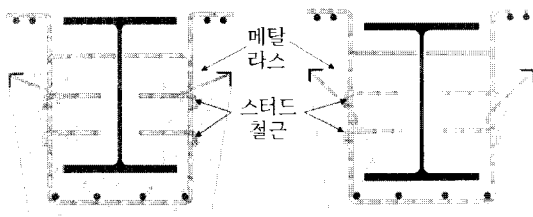


그림 12. 사다리꼴 MHS 보 "U"형

(3) MHS 보에 타설 되는 콘크리트 단면의 형태

그림 3은 MHS 보에 공장제작되는 콘크리트 단면의 형태가 직사각형이 되는 경우이다. 단경간 보의 경우에는 현장 타설되는 콘크리트의 물량을 최소화하고 공기를 향상시키기 위하여 사용될 수 있는 단면이다. 그러나 이와 같은 단면의 MHS 보를 장경간에 적용하기에는 중량이 커져 양중의 어려움이 있게 된다.

그림 12는 MHS 보에 공장제작 되는 콘크리트 단면의 형태가 직사각형이 아닌 경우들이 나타나 있다. 공장제작 되는 RC부 단면의 중앙부에 U자형 중공부가 설치되어 있어 슬래브 콘크리트를 현장 타설할 때 이 중공부도 동시에 타설되게 된다. 이 경우에는 공장에서 제작되어 오는 RC부분이 상대적으로 감소하게 되어 MHS 보 자체의 생산비의 절감과 함께 장 경간에 적용되어도 중량을 최대한 줄일 수 있게 되므로 양중작업에 상당한 도움을 제공하게 된다. MHS보에 작용하는 하중의 종류 및 크기 등에 따라 직사각형 단면, 사다리꼴 단면 등 다양한 형태의 MHS 보가 개발되어 있으며 위에서 설명된 공사기간 절감 또는 공사비 절감 등의 특수한 목적에 따라 선택되어 사용될 수 있다.

(4) 접합되는 기둥의 형태

1) 철골기둥 : 그림 13에서처럼 MHS 보를 철골기둥과 접합할

수 있다. 이 경우는 철골조건물과 공기 차이가 거의 없게 되며, 철골물량 감소와 층고절감을 통한 VE(Value Engineering) 효과는 순수 철골조에 비해 높다.

2) SRC기둥 : 그림 14에서처럼 MHS 보를 SRC 기둥과 접합할 수 있다. 이 경우에는 기둥과 이에 접합되는 보부분의 콘크리트 현장 타설을 위해서 FRP 시스템 거푸집을 활용할 수 있는데, 이 경우에도 기둥 1개소 및 이에 접합되는 MHS 보의 FRP 시스템 거푸집 설치 공정은 30분정도가 소요되어 공기에는 그다지 큰 영향을 미치지 않게 된다.

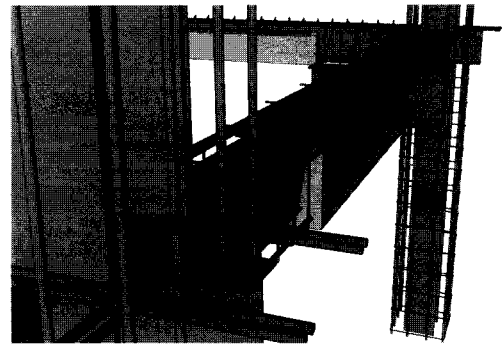


그림 13. MHS 보의 철골기둥 접합

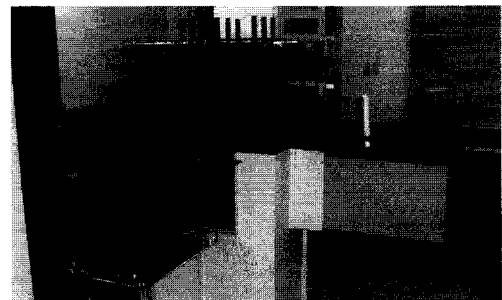


그림 14. MHS 보의 SRC기둥 접합

표 1은 MHS 보의 모듈 특성을 정리한 것으로 모듈을 공사기간 절감형 및 공사비 절감형으로 분류하여 각기 철골, SRC, RC로 기둥시스템에 따라 거푸집 설치 상황 및 특징을 표현하였다. 공사기간 절감형인 MHS보 RC부 전경간(全徑間) 공장제작 타입은 철골기둥의 경우 별도의 거푸집의 설치가 없으므로 공기단축의 효과가 있다.

그러나 기둥과 보의 접합부는 철골이 노출되므로 내화피복의 시공이 필요하다. 공사비 절감형 모델인 MHS보의 일부경간 현장타설 타입은 기둥과 보의 접합부에 거푸집을 설치하여 현장타설을 해야 하나 접합부의 내화피복이 불필요 하여 공정이 간소화 되었고 환경 친화적이며 PC공장제작부분의 감소로 공사비의 절감이 가능하다. 또한 각 타입의 모델을 단면으로 구분하였을 때 직사각형 RC부의 형태는 단경간에 적용 되는 반면 U형 RC부의 단면 형태를 갖는 MHS보는 장경간에 적용이 가능하다

3) 얇은 강판을 잔금으로 갈라 그물 모양으로 만든 것.

표 1. MHS 보의 모듈 특성

		기둥 시스템	직사각형 RC부	U형 RC부	거푸집 설치상황	특징
공사 기간 절감형	TYPE A MHS 보 RC부 전경간 공장제작 (기둥-보 접합부 철골노출)	1. 철골 기둥	● 단경간	● 장경간	● 기둥, 기둥-보 접합부 거푸집 설치 생략	● 기둥, 기둥-보 접합부 내화피복 ● 현장타설이 없어 공정 소요시간 최소화
		2. SRC 기둥	● 단경간 ● 기둥 시스템 거푸집 → 콘크리트 현장타설	● 장경간 ● 기둥시스템 거푸집 → 콘크리트 현장타설	● 기둥 FRP 시스템 거푸집 1개소 설치시 20분 정도 소요 ● 기둥-보 접합부 거푸집 설치생략	● 기둥-보 접합부 내화피복 ● 거푸집 설치 및 타설 시간 짧음
		3. RC 기둥	● 단경간 ● PC 기둥	● 장경간 ● PC기둥	● 현장타설기둥 → 기둥시스템 거푸집 → 콘크리트 현장타설 ● 기둥 FRP 시스템 거푸집 1개소 설치시 20분 정도 소요 ● 기둥-보 접합부 거푸집 설치생략	● 기둥-보 접합부 내화피복 ● 거푸집 설치 및 타설 시간 짧음
공사비 절감형	TYPE B MHS 보 RC부 일부경간 현장타설 (공장제작 PC부 길이조정 가능, 기둥-보 접합부 SRC)	1. 철골 기둥	● 단경간 ● 기둥-보 접합부 시스템 거푸집	● 장경간 ● 기둥-보 접합부 시스템 거푸집	● 기둥-보 접합부 FRP 시스템 ● 거푸집 1개소 설치 시 20분 정도 소요	● 기둥내화 피복 ● 기둥-보 접합부 내화피복 불필요 공정간소화, 환경 친화적 ● 공장제작 PC부 조정 공사비 절감
		2. SRC 기둥	● 단경간 ● 기둥, 기둥-보 시스템 거푸집	● 장경간 ● 기둥, 기둥-보 시스템 거푸집	● 기둥, 기둥-보 접합부 FRP 시스템 ● 거푸집 1개소 설치 시 30분 정도 소요	● 내화피복 불필요 공정간소화, 환경 친화적 ● 공장제작 PC부 조정 공사비 절감
	TYPE C PC부분 최소화	3. RC 기둥	● 단경간 ● 기둥-보 접합부 시스템 거푸집 ● PC 기둥	● 장경간 ● 기둥-보 접합부 시스템 거푸집 ● PC 기둥	● 현장타설기둥 ● 기둥시스템 거푸집 → 콘크리트 현장타설 ● 기둥, 기둥-보 접합부 FRP 시스템 ● 거푸집 1개소 설치 시 30분 정도 소요	● 내화피복 불필요 공정간소화, 환경 친화적 ● 공장제작 PC부 조정 공사비 절감
			MHS 보 RC부 전경간 현장타설	철골, SRC, RC 기둥	MHS 보 RC부 전경간 현장타설	

6. 결론

MHS(Modularized Hybrid System)보는 슬래브와의 연결을 통한 층고 절감형으로 철골의 물량 감소와 PC구간의 내화 피복을 생략할 수 있는 장점이 있다. 따라서 층고 절감에 따른 건물고 및 굴토량 감소, 공정의 단순화 및 공기단축, 수압의 감소로 인한 이위터링(dewatering) 설비절감과 기초판의 물량감소 등으로 경제성을 극대화할 수 있다. 그리고 공장제작 PC부와 현장타설부의 길이 조정으로 공기 및 공사비를 현장 여건에 맞게 적절히 적용 가능하며 또한 굴토량 감소에 따른 폐토사의 최소화

와 소음 및 진동의 최소화 등으로 매우 환경친화적인 공법이라 할 수 있다. 끝으로 모듈화된 하이브리드 구조시스템의 적용으로 다음과 같은 효과를 얻을 수 있는 것으로 실험과정에서 확인되었다.

(1) MHS보는 기존의 SPS공법의 단점을 개선한 것으로 조립화, 모듈화, 산업화를 통하여 지하공사의 공정을 개선하였으며, 전체 공사에 비해 지하공사가 차지하는 공사비 및 공기의 비중이 큰 경우에 효과적이다.

(2) 복합시스템 합성보의 현장 적용성 및 구조 안전성이 기존

참고문헌

SPS 공법보다 우수하다.

(3) 시공의 효율성과 구조성능을 극대화할 수 있는 구조 시스템으로 지하구조물의 층고를 절감할 수 있으며, 이에 따른 굴토량이 감소된다.

(4) H형강과 RC의 Hybrid 합성 보로서 철골물량을 감소시킬 수 있고 내화피복이 불필요하여 환경친화적이다.

(5) 지하공사 적용시 도심 공사 민원의 해결이 수월해진다. 특히 지상과 지하를 동시에 시공하는 역타공법의 경우 조립화, 모듈화, 공업화를 통하여 지하공사의 공정 개선이 가능한 신개념의 지하구조물 구축공법이다.

(6) 공기단축과 기존 건설 재료의 장점을 극대화함과 동시에 건물 층고를 최소화할 수 있는 복합 구조시스템이다. 하이브리드 복합보의 H형강은 공장생산 롤빔(roll beam)을 사용하므로 별도의 빌트업(built up) 공정 등 현장용접이 필요 없다.

1. 홍원기 외2. (2004), 구조물 겸용 흠막이 스트러트 공법, 한국건설관리학회논문집, 제5권, 제3호, 한국건설관리학회, pp.71-78
2. 장성욱 외5. (2005), SPS의 적용성 검토에 대한 연구, 전국대학생학술발표대회논문집, pp.328-331
3. 백선태, 박근준. (2006), SPS공법의 개선방안, 전국대학생학술발표대회 논문집, pp.271-274
4. 김재엽 외5. (2007), Hybrid-PC 지하구조체를 이용한 흠막이 공법의 현장 적용에 관한 연구, 대한건축학회 논문집(구조계), v.23 n.8, pp.175-182

논문제출일: 2008.02.05

심사완료일: 2008.06.04

Abstract

The SPS, Strut as a Permanent System, method is widely adopted for the main structural member in addition to temporary strut function for the shuttering of excavation work. Although the SPS method has contributed to cost saving, time reduction, enhancement of structural stability, improvement of construction environment and so on at the building construction site, it caused the problems of increase of basement height and additional work for fire protection of steel structure. The increase of basement height caused the increase of shuttering depth and excavation, and the fire protection caused the additional cost as well as the deterioration of construction environment. In order to improve the problems, this paper is to propose a modularized hybrid structural system (HSD). The detail of the system is introduced and the structural performance and constructibility are proved through the experiment and site application.

Keywords : Soil Shuttering, Earth Work, SPS Method, SRC Structure, MHS System