

친환경 층고 절감형 합성보의 보-기둥 접합부 상세 및 시공성 연구

Environmental Friendly Connection of Composite Beams and Columns

홍 원 기*
Hong, Won-Kee

김 진 민**
Kim, Jin-Min

박 선 치***
Park, Seon-Chee

임 선 재****
Lim, Sun-Jae

Abstract

The composite beam adopted in the study was designed to reduce the floor height as well as to embed the top flange of steel frame into the slab that will enable to avoid applying the fire-resistant coating and to unify the joint method with a steel frame-type. As the steel frame and bottom concrete of the beam is pre-fabricated at the factory it could reduce the overall schedule at the jobsite. Applying such composite beam system to the work is expected to provide the efficient and enhanced performance, given the current tendency of the building construction that tends to be getting higher, larger and dense. The study focused on combining the composite beam with various column systems in a bid to propose the details thereof. A desirable composite girder can be adopted depending on site conditions through the evaluation of various beam and jointing approaches. Among the column systems applied to the study are steel column, SRC column, RC-PC column and RC column. The ways of combining with the columns addressed in the study were categorized into the rigid joint, pin joint, steel frame joint and bracket type joint. Besides, the instruction for site fabrication of beam-column was added in an effort to help set up the site fabrication procedures.

키워드: 합성보, 보-기둥 접합부, 강접합, 핀접합

Keywords: Composite beam, Beam-Column Connection, Rigid Joint, Pin Joint

1. 서 론

현대사회에서의 건축기술은 급격한 속도로 성장하고 있다. 또한 현대 건축물의 초고층화, 대형화, 고밀도화 추세에 맞추어 가기 위하여 공법 및 구조 재료도 지속적으로 연구되고 있는 실정이다. 이제 단일 부재만으로 구성된 구조부재보다는 복합적으로 형성된 구조부재들이 각광받고 있다. 하지만 이러한 합성 구조부재들을 적용하기에는 구조적 안정성, 공기 및 공사비 등과 같이 많은 어려움을 가지고 있다.

이 연구에서 적용된 합성보는 철골과 철근 콘크리트로 구성된 합성보로서 철골 상부 플렌지가 슬래브 속에 묻히기 때문에 층고를 획기적으로 절감할 수 있는 보이다.

기존의 노출형 합성보의 경우 철골부재가 노출되기 때문에 내화피복으로 인한 환경오염의 우려를 가지고 있다. 하지만 본 연구에 적용된 합성보의 경우 슬래브 아래의 콘크리트와 철골부분이 공장에서 PC로 제작되어 현장에서 바로 접합되기 때문에 매우 친환경적인 보이다. 현재 일부 선진국에서는 내화피복의 사용을 법으로 규제하고 있는 실정이므로 현재의 추세에도 매우 적합한 형태라 할 수 있다.

철골과 철근 콘크리트의 합성보는 보-기둥 접합에서 철골 구조와 동일한 방법으로 접합이 가능하기 때문에 매우 유리하게 현장에 적용할 수 있다. 이렇게 탁월한 시공 성능을 가지고 초고층화, 대형화, 고밀도화되어 있는 현대 건축물에 적용할 경우 그 효과는 이루 말할 수 없을 것이다. 본 연구는 합성보와 다양한 기둥 시스템과의 접합에 대한 연구이며, 그 접합부의 상세에 대한 제안을 하고자 한다. 다양한 기둥 구조 시스템과의 연구를 통하여 현장의 상황에 적합하게 합성보가 적용될 수 있으며, 또한 다양한 접합이 가능하여 질 것으로 전망한다.

* 주저자, 경희대학교 건축공학과, 부교수

** 교신저자, 경희대학교 대학원 석사과정(kimjm@khu.ac.kr)

*** 경희대학교 대학원 박사과정

**** 급호건설, 두바이 현장소장

2. 합성보 개요

본 연구에 적용된 합성보의 형상은 아래 그림 1과 같다. 그림에서 보여지는 부분이 공장에서 제작되어 오며, 현장에서는 데크플레이트를 설치하고 상부 배근 후 타설하게 된다. 데크플레이트는 측면 콘크리트 위에 얹어지게 되며, 철골의 상부 플랜지는 슬래브 속으로 묻히게 된다. 내화피복의 공정을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 현장에서는 접합과정만으로 보의 설치가 완료되기 때문에 거푸집의 설치 및 탈형 등의 공정을 줄일 수 있는 장점이 있다. 이와 같이 본 연구에 적용된 합성보는 철골의 물량을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 내화피복의 공정이 전혀 필요치 않으며, 층고 및 공기를 획기적으로 절감할 수 있는 신개념의 합성보이다.

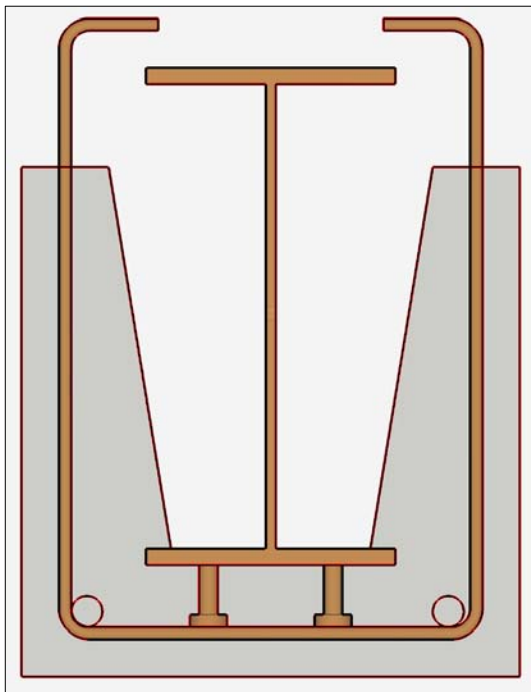


그림 1. 합성보의 단면 형상

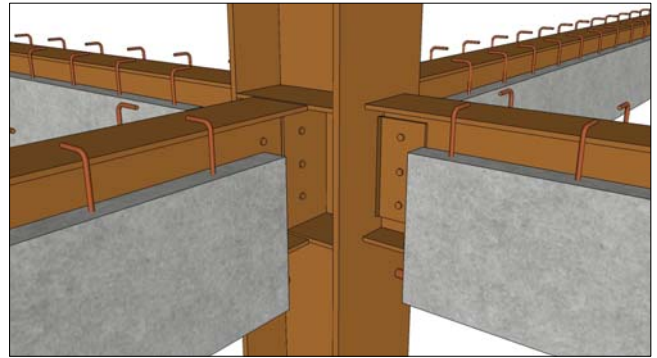


그림 2. 철골 기둥, 핀접합

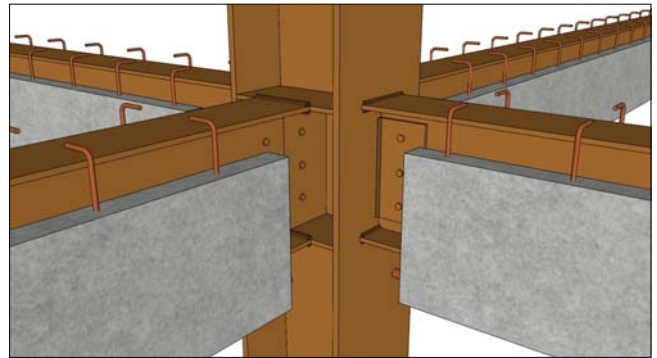


그림 3. 철골 기둥, 강접합

아래 그림 4와 5는 공장에서 제작된 브래킷이 붙은 철골기둥에 합성보와의 현장 고장력 볼트 및 용접 접합에 대한 그림이다. 그림 4는 합성보의 웨브부분을 브래킷에 고장력 볼트로 현장 체결한 핀접합에 대한 그림이며, 그림 5는 핀접합된 상태에서 합성보의 플랜지 부분을 현장 용접한 강접합에 대한 그림이다. 브래킷이 있는 기둥일 경우 브래킷은 내력상 안전하도록 전단보강에 주의하여야 하며, 단순 지지가 될 수 있는 지점상세 처리에도 유의하여야 한다.

3. 여러 기둥과의 접합

3.1 철골 및 SRC 기둥과의 접합

아래 그림 2와 3은 철골기둥과 합성보의 고장력 볼트 및 용접 접합에 대한 그림이다. 철골기둥에 합성보를 직접 현장 접합하는 방식으로 그림 2는 합성보의 웨브부분을 고장력 볼트로 체결한 핀접합에 대한 그림이며, 이 경우 합성보 제작시 고장력 볼트 체결에 무리가 없도록 콘크리트 타설 및 표면 처리에 주의해야 한다. 그림 3은 현장 접합의 시공성을 고려하여 합성보의 웨브부분에 우선 고장력 볼트로 체결한 후 합성보의 플랜지에 현장 용접하는 강접합에 대한 그림이다.

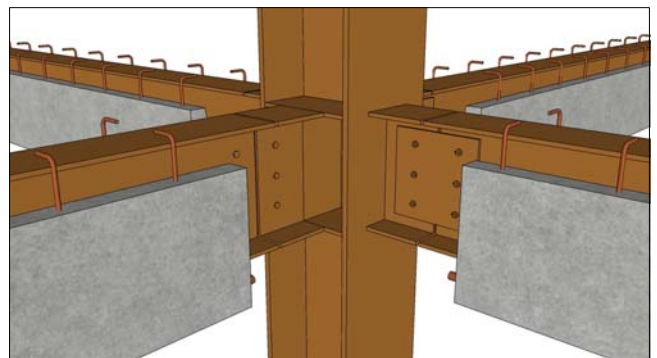


그림 4. 철골 기둥(브래킷타입), 핀접합

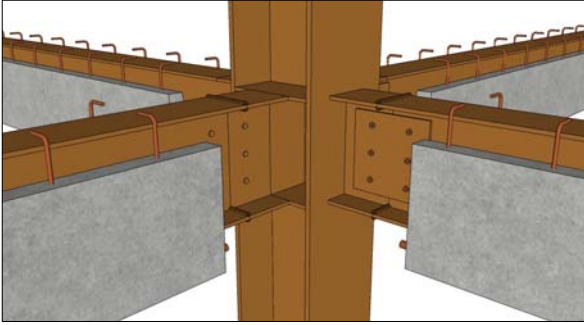


그림 5. 철골 기둥(브래킷타입), 강접합

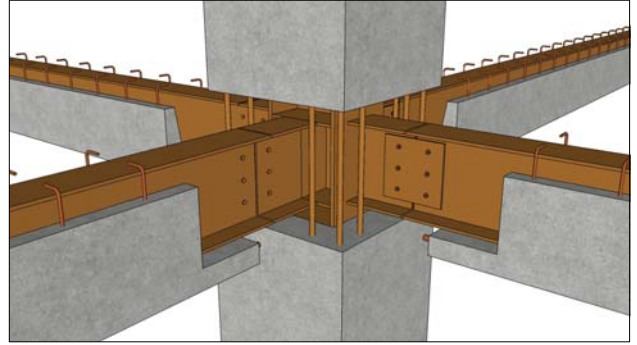


그림 8. 철근콘크리트 PC 기둥(브래킷타입), 핀접합

3.2 철근콘크리트 PC 기둥과의 접합

아래 그림 6과 7은 철근콘크리트 PC 기둥과 합성보의 핀접합 및 강접합에 대한 그림이다. 철근콘크리트 PC 기둥은 접합부 부분에 철골이 스티드 볼트로 고정이 되어 있으므로 전체적인 접합의 형태는 철골 기둥의 접합과 동일하게 된다. 그림 6은 합성보의 웹부분을 고장력 볼트로 체결한 핀접합 상세이며, 그림 7은 핀접합 상태에서 합성보의 플렌지 부분이 현장 용접된 강접합 상세이다.

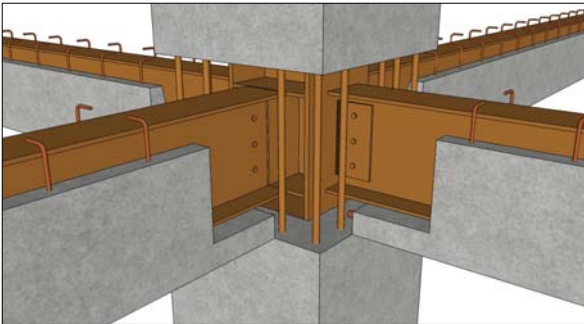


그림 6. 철근콘크리트 PC 기둥, 핀접합

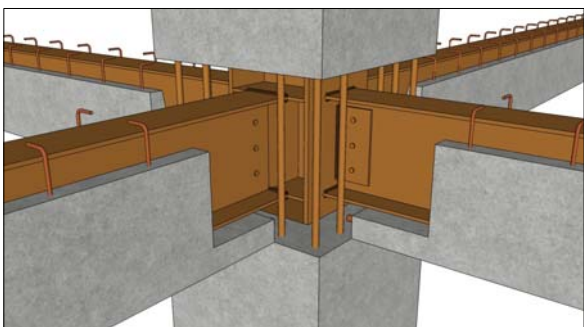


그림 7. 철근콘크리트 PC 기둥, 강접합

아래 그림 8과 9는 공장에서 제작된 브래킷이 붙은 철근콘크리트 PC 기둥에 합성보와의 현장 고장력 볼트 및 용접 접합에 대한 그림이다. 그림 8은 합성보의 웹부분을 브래킷에 고장력 볼트로 현장 체결한 핀접합에 대한 그림이며, 그림 9는 핀접합된 상태에서 합성보의 플렌지 부분을 현장 용접한 강접합에 대한 그림이다.

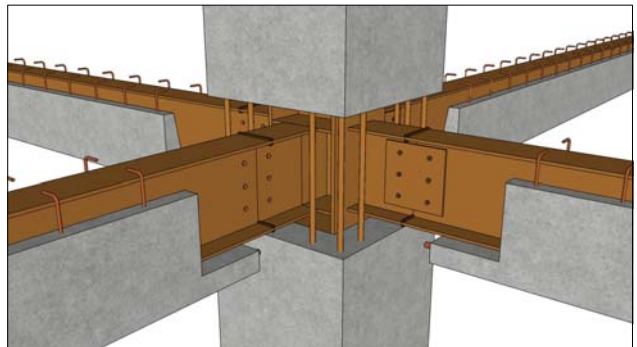


그림 9. 철근콘크리트 PC 기둥(브래킷타입), 강접합

3.3 철근콘크리트 기둥과의 접합

아래 그림 10과 11은 철근콘크리트 기둥과 합성보의 핀접합 및 강접합에 대한 그림이다. 철근콘크리트 기둥과 합성보의 접합에서는 합성보의 단부를 스티프너로 진단 보강하여 구조적으로 안전하도록 하여야 하며, 부재의 연속성을 확보하기 위하여 합성보의 상부 연결 철근을 연속적으로 관통시켜 일체성이 있도록 한다. 또한 거푸집에 합성보를 얹어 놓을 때 최대한 많이 걸쳐지도록 해야 하며, 합성보 하부에 임시 지지효과를 위하여 수평접합부면을 거칠게 하여 고정시킬 수 있도록 한다. 그림 10은 핀접합 상세이며, 그림 11은 강접합 상세이다.

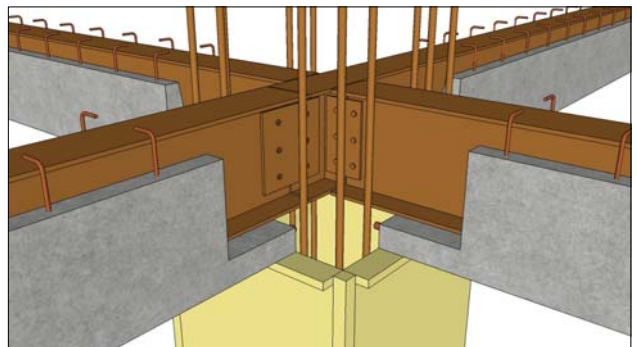


그림 10. 철근콘크리트 기둥, 핀접합

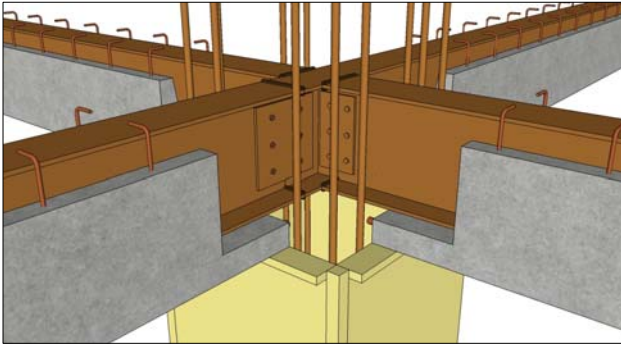


그림 11. 철근콘크리트 기둥, 강접합

아래 그림 12는 철근콘크리트 기둥과 합성보와의 핀접합에 대한 도면 상세이다. 합성보의 접합 외부에는 현장 거푸집이 설치되며, 거푸집의 고정을 위하여 거푸집 고정용 각재를 설치한다.

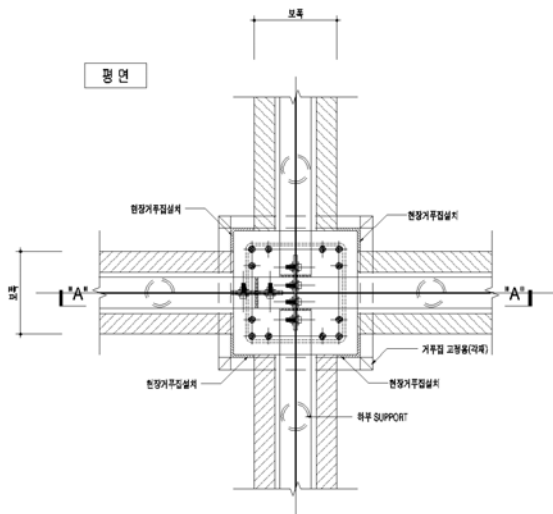


그림 12. 철근콘크리트 기둥 접합 도면 상세

4. 보-기둥 현장 조립에 대한 시공지침

4.1 일반사항

(1) 철골구조는 부재의 접합으로 구성되므로 부재의 접합은 생산 기술적인 행위이다. 한편 골조가 여러 가지 하중을 받을 때 응력집중이 발생하기도 하고 응력 전달이 복잡하여 접합은 그 골조계의 내력, 강성 및 인성에 큰 영향을 미치는 라멘 구조의 중요한 공정 중의 하나이다. 그 시공 상태는 구조물의 강도와 강성에 대단히 큰 영향을 미치므로 부재 및 조립의 정밀도를 잘 유지하여 순조로운 작업이 되도록 주의하여 시공하여야 한다.

(2) 시공자는 공사를 예정된 시일내에 완료할 수 있도록 충분한 설비와 요원을 갖추고 합성보의 현장 조립 공사를 한다.

(3) 현장 조립자는 조립식 부재의 현장 조립 공사를 시작하기 위하여 수일 전에 부재 접합 및 조정 등을 포함한 현장 조립 방법, 순서, 공정 등의 조립 계획을 감독

자에게 제출하여 승인을 얻는다.

(4) 조립식 부재의 현장 조립과 현장 취급에 경험이 있는 기능공들을 고용하여, 부재에 흠이 묻는 것이나 균열, 부재의 떨어져 나감 등의 손상을 피할 수 있는 방법으로 현장 조립 작업을 한다.

(5) 기재되지 않은 사항 또는 합성보의 특수성으로 인하여 시방서대로 시공할 수 없는 사항은 감독자와 협의하여 정하고 그 지시에 따른다.

(6) 대표적인 접합부위는 철골 기둥의 이음, 철골 기둥과 합성보의 접합, 합성보와 합성보의 접합이 있고, 또는 철근 콘크리트 기둥이나 벽체와 합성보와의 접합이 있다. 이러한 접합부에서의 용접, 고장력 볼트 접합에 관한 가공, 조립, 마감, 도장 및 검사 등의 표준적인 시공 기술을 기술한다.

(7) 경미하게 부재가 파손되거나 떨어져 나간 것은 조립 공사가 끝난 다음 감독자의 승인을 얻어 현장에서 보수 작업을 한다.

4.2 조립계획

(1) 시공자는 모든 부재의 설계 도면과 시공도를 면밀히 검토하여 부재가 운반이나 공사 중에 생기는 일시적인 응력에 충분히 견딜 수 있는지를 확인한다. 공사 중이나 부재의 현장 취급 중에 생기는 일시적인 응력이나 특수 조건들을 고려하여 필요한 경우에는 추가로 보강철물이나 인서트를 설치한다.

(2) 이미 승인된 시공도와 설계도면 상의 차이가 있는 경우에는 현장 조립 작업을 시작하기 전에 설계자, 제작자, 시공자 및 현장 조립자가 협의하여 수정한다.

(3) 시공계획서를 기초로 조립작업의 순서 등을 상세히 검토하여 시공 요령서를 만들고 조립공사에 착수한다. 시공 요령서에는 다음과 같은 사항들을 포함시켜 작성한다.

- 가. 조립의 전체 공정
- 나. 조립 싸이클
- 다. 사용 기계, 도구 및 그 관리법
- 라. 인원 배치
- 마. 부재 반입 연결법
- 바. 조립 검사 요령 및 허용 오차
- 사. 각 작업의 순서 및 유의사항
- 아. 안전 유의 항목

(4) 전단력과 인장력을 동시에 받는 기계접합, 긴결물, 인서트, 리프트 러그(Lift lug) 등은 예기치 않은 충격의 가능성에 대비하여 극한 하중에 대한 설계하중의 안전계수를 4로 한다.

(5) 조립용 장비의 종류, 성능, 소요 대수 등에 대한 사항은 사전에 감독자의 승인을 득한다.

(6) 현장 준비

현장조립작업의 시작과 운반시설 계획에 앞서 현장 조립자는 현장을 사전에 검사하여 현장 조립용 장비와 운반차량의 현장 접근 가능성을 확인하며 조립에 착수하기 전에 다음과 같은 준비 작업을 한다.

- 가. 타워 크레인 사용 승인
- 나. 기계 및 공구의 정비
- 다. 부재의 야적장소 정비
- 라. 접합용 재료 및 현장 콘크리트 거푸집 준비
- 마. 부재 점검 및 청소

4.3 현장조립

(1) 양중장비

양중 장비는 크롤러 크레인, 트럭 크레인, 데릭, 타워 크레인 등으로 한다. 현장 조립 공사에서 부재의 조립용 크레인은 다음의 사항을 참작하여 선택한다.

- 가. 부재의 종류
- 나. 부재의 무게
- 다. 조립될 건물의 높이에 관련하여 크레인의 양중 용량
- 라. 작업 반경
- 마. 양중속도
- 바. 지형, 현장접근 가능성 등 입지적인 조건
- 사. 조립 해체비, 사용료, 연료비

(2) 스프레더 빔, 와이어, 버팀대

- 가. 스프레더 빔: 들어올리기용 보등은 양중시에 부재가 기울어지거나 무리한 응력이 걸리지 않는 것을 사용한다.
- 나. 들어올리기용 와이어류는 부재의 크기와 중량에 따라 소요의 각도와 안전계수를 확보할 수 있도록 그 길이와 직경을 정하여 사용한다.
- 다. 벽부재 지지용의 조립용 버팀대는 조립시에 있어서 부재의 진도, 강풍 등의 외력에 대하여 충분히 안전한 것을 사용하되, 벽부재의 수직 정밀도를 미세 조정할 수 있는 것을 사용한다.

(3) 부재의 현장조립

부재의 현장 조립 공사는 부재의 현장 취급 및 설치공사에 숙달된 감독자의 감독 하에 진행한다. 부재의 지지 및 현장 조립 공사의 절차는 이 항에 시방된 바에 따라 행한다. 모든 부재는 합리적인 방법과 절차에 의거하여 시공도에 표시된 위치에 설치한다. 부재의 조립작업은

- 가. 현장조립도 및 시공 요령서에 따라 차례대로 한다.
- 나. 작업책임자를 선임하여 그 지시에 따라 조립한다.
- 다. 부재는 조립 전에 깨끗이 청소하고 앵커나 긴결 철물 등을 점검하여 부재 조립시나 조립한 다음 부재 접합에 지장이 없게 한다.
- 라. 조립시에는 부재를 연결재나 지지재로 받쳐 볼트 또는 용접 등의 방법으로 가접합한다.
- 마. 아래층 기둥 또는 기초 윗면 등 지지면을 수평으로 수정한 다음 조립한다. 각층의 바닥판을 조립한 후에 윗층 벽판의 위치를 먹줄치기로 표시한다.

바. 조립 작업 중 강풍이 우려되는 경우에는 조립용 경사 버팀대를 점검하고, 필요에 따라서 보강을 하며, 상황에 따라서 작업을 중지한다.

사. 부재는 치수의 오차가 누적되지 않도록 위치하게 하며 조립위치에 대한 허용오차는 특기시방서에서 정하는 바가 없을 때에는 이 시방서에서 정하는 바에 따른다.

아. 부재를 설치한 후에 깨끗이 청소하고 보수작업을 한다. 그리고 조립식 부재를 접합하기 위하여 필요한 경우에는 용접과 가스절단 작업을 한다.

(4) 줄 맞추기

- 가. 수평 및 수직 이음매는 정확하게 줄을 맞추고 현장 조립 공사가 진행됨에 따라 일정한 폭을 유지하게 한다.
- 나. 각 부재는 도면에 지시된 대로 제자리에 안전하게 긴결한다.
- 다. 각 부재를 개별적으로 조정하여 허용 오차의 한계 내에서 정확하게 한다.

(5) 부재 보호조치

- 가. 부재의 조립작업이 끝나면 모든 부재에 적절한 보호 조치를 취하고 여분의 모르터, 석고, 기음쇠, 그 외의 물질들을 제거한다.
- 나. 모든 용접 부분과 강재의 마모된 부분은 방청 프라이머를 칠하고 아연 도금판의 벗겨진 부분은 냉간 아연도금을 한다.

4.4 조립검사

- (1) 부재의 현장 조립 공사가 모두 끝나면 이음매 처리, 청소 상태 등을 검사한다.
- (2) 조립된 부재들이 적당히 지지면과 접합되어 있는지와 가새가 적절히 설치되어 있는지를 검사하고 허용오차가 시방과 일치하고 있는지를 확인한다.
- (3) 강도, 허용오차, 마감 등을 포함하여 시방된 필요조건에 일치하지 아니하거나 감독자의 판단으로 만족하게 시정되지 않은 부재는 철거시켜 시방된 조건에 맞는 부재로 대체한다.

4.5 현장 조립 보수공사

- (1) 부재취급용 또는 현장 조립용으로 사용된 철물 등을 조립식 부재로부터 철거하고 인서트용 구멍이나 슬리브는 콘크리트로 채워 건축용 표면마감과 같게 마무리한다.
- (2) 현장 보수 공사는 경험 있는 기능공이 하여야 하며 모양, 강도, 내구성에 지장이 없도록 하여야 한다.
- (3) 경미하게 손상된 부재는 감독자의 승인을 얻어 보수공사를 한다. 개체의 보수공사는 어떠한 경우에도 개별 조립식 부재에 대하여 0.2m²을 초과할 수 없다.
- (4) 보수공사를 한 부분의 마감면은 콘크리트의 무늬와 색채에 있어 인접한 조립식 부재와 잘 조화를 이루어야 한다. 시공자는 구조물을 이루고 있는 부재의 보수공

사를 시작하기 전에 시험적으로 시공 전시용 부재에 보수공법을 시도하여 보수용 콘크리트의 배합을 결정한다.

(5) 부재에 붙어 있는 레이턴스를 모두 제거하고 부재 표면을 씻어 정착을 저해하는 머지들을 깨끗이 청소한 다음에 보수 공사를 시작한다.

(6) 보수한 부분의 양생과 표면마감은 승인된 절차에 의거하여 실시하고 모든 보수공사는 감독자의 지시에 따라 행하며 구조적으로 합당하게 처리한다.

4.6 현장조립 공사감독

합성보의 현장 조립 공사의 감독자는 부재의 취급, 운반 및 현장 조립 공사를 지시 감독하며 특히 다음의 일들을 유의하여 감독 확인한다.

- (1) 지정된 지점에 승인된 기구를 사용하여 부재를 다루고, 받치고 있는지의 확인
- (2) 부재 운반 중 동하중이나 횡하중에 의하여 부재에 과도한 응력이 생기지 않도록 적절히 받치고 가새를 설치하였는지의 여부
- (3) 부재의 현장 도착 시 작업
- (4) 부재의 현장 야적
- (5) 부재가 현장 조립 순서에 따라 가장 효율적이고 안전한 방법으로 조립되고 있는지의 여부

5. 결 론

본 연구에 적용된 합성보는 기존의 구조시스템과 비교하여 시공성 및 층고, 공기, 공사비 절감 등 다양한 부분에서 유리하게 적용될 수 있다. 또한 철골, SRC, 철근콘크리트 PC, 그리고 철근콘크리트 기둥 등 다양한 기둥과의 조합이 가능하다. 기둥과의 접합부도 철골 구조 형태로 접합이 가능하다. 그러므로 다양한 현장 상황에 맞게 적절한 조합이 가능하며 그 시공성도 매우 우수하다고 할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 [2단계 BK21사업]의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 하상수, 김승훈, 문정호, 이리형, “강선 이음형 half PC 보-기둥 내부 접합부의 구조적 거동에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회논문집, 23(9), 2007, pp 3-11
2. 하기주, “고성능 배근상세를 활용한 고강도 철근콘크리트 보-기둥 접합부 내진성능 평가 및 개선”, 대한건축학회논문집, 23(5), 2007, pp 21-28
3. 조창호, 김정섭, “재보수-보강된 철근콘크리트 보-기둥 접합부의 구조특성”, 한국구조물진단학회, 7(2), 2003, pp 231-238
4. 한상환, 정지은, 문기훈, “지진 하중에 대한 WUF-B 접합부 골조의 성능 평가”, 대한건축학회논문집, 23(9), 2007, pp 115-123

5. 안재혁, 박천석, “직교보 단면크기 변화에 따른 RCS 구조 보-기둥 접합부의 전단내력에 관한 실험적 연구”, 한국구조물진단학회, 12(6), 2006, pp 197-204