

철골공사 현장조사를 통한 설계프로세스 개선방안

The Improvement Plan of Design Process by Case Study of Steel Structural Work

○ 방 성 원*

Bang, Sung-won

오 승 준**

Oh, Seung-Jun

김 진 호***

Kim, Jin-Ho

임 남 기****

Lim, Nam-Gi

Abstract

Steel frame construction is divided into subsidiary materials with column, beam, girder and bracing. After these are processed in factory for using installing in construction field. These prefabricated furniture is very important in accordance with design drawing about processing and prefabricating.

In the case of design process using information transmission in blueprint, omission of material number, processing measure and finishing material, or discordance of each structure drawing and selecting incongruent structural material generated an error in the process of design. These error caused delaying time and increasing cost and increasing safety accident in the steel-structure work operating process, therefore, design process should consider problem of operating process.

키 워 드 : 철골공사, 설계단계, 시공단계, 시공성, 실무자, 정보 통합

Keywords : Steel structural work, Design-phase, Construction-phase, Constructability, Worker, Integration

1. 서 론

1.1 연구의 목적

철골공사는 건축공사에서 전체공정을 좌우하는 주 공정이며 전체공사비도 큰 비중을 차지하고 있어 최근에는 고층, 초고층의 대규모 건축물과 많은 공장이 철골구조로 신축되고 있다.

철골구조는 설계도서에 따라 기둥, 보, 가새 등의 부재로 공장가공 후 현장에 설치하는 조립가구로써, 가공 및 조립에 관한 설계도서는 매우 중요하다.

설계정보의 전달에 사용되는 설계도면에서 부재명칭, 가공치수, 마감부재 등의 누락 및 각각의 구조도의 불일치, 부적합한 구조재료의 선정과 같은 설계의 오류는 철골공사의 수행에 있어서 공기지연 및 공사비의 증가, 작업자의 안전사고 증가 등을 초래할 수 있으므로 설계단계에서 시공상의 문제를 고려한 설계가 필요하다.

본 연구는 철골공사의 수행에 있어서 설계의 오류로 인한 문제점이 시공단계에 미치는 영향에 대해 현장상태를 통하여 분석하고, 시공성을 고려한 설계 프로세스의 개선방안을 제시하는 것이 목적이다.

1.2 연구의 방법 및 범위

철골의 제작 및 시공방법과 철골구조물의 요소 등은 문헌 연구를 통하여 이론적인 고찰을 실시하였고, 이것을 토대로 철골공사 생산단계별로 문제점을 분석하였으며, 철골공사에 참여하는 실무자를 대상으로 설계시 고려해야 할 사항과 개선방안에 대해 파악하였다.

주된 연구내용은 다음과 같다.

- 1) 철골공사 생산단계별로 설계도면의 문제점 분석
- 2) 국내 철골공사현장의 공사실태분석
- 3) 철골공사 참가 실무자를 통한 설계프로세스 개선방안

2. 철골공사에 대한 이론적인 고찰

2.1 철골의 제작 및 시공

철골공사는 크게 공장제작과 현장시공으로 구분되고 공장 제작은 설계도와 시방서를 토대로 Shop Drawing하며, 이를 바탕으로 입고된 재료를 금매김, 절단, 구멍 뚫기, 가용접, 본 용접의 순서를 거쳐 각각의 부재로 만드는 과정이다. 현장시공단계란, 공장제작단계에서 완성된 각각의 부재를 수송단계를 거쳐 조립도에 준해 고력볼트접합 또는 용접접합으로 조립하는 것으로 앵키볼트의 매입에서 세우기, 고쳐 세우기를 거쳐 본조입검사 이후 후속공정으로 인도하기까지의 과정을 의미한다.

*정회원, 동명정보대학교 대학원 석사과정

**정회원, 단국대학교 대학원 박사과정

***정회원, 동명정보대학교 건축공학과 전임강사(기간제), 공학박사

****정회원, 동명정보대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

2.2 철골구조도의 구성

표 1은 철골구조도의 구성 및 표현해야 할 정보를 나타낸 것이다.

표 1. 철골구조도의 구성 및 표현정보

구분	표현해야 할 정보
도면리스트	▶도면별 목록
시방서	▶사용재료, 제작공장, 용접요령, 검사, 시험, 녹방지도 등 관련 사항
평면도 일반	▶중심설정선과 기둥중심의 위치관계를 치수로 명시하고 복잡한 경우에는 심선도를 별도로 첨부
말뚝 평면도	▶대지경계선, 방향, 중심설정선, 일직선 명칭, 스패, 중심설정선과 기둥중심과의 거리, 기초의 형상 및 위치, 말뚝 시방 등
기초 평면도/ 최하층 바닥 평면도(RC조)	▶벽, 철골기둥, 지중보, 기초, 계단, 바닥 개구부, 각 부재의 명칭, 레벨 등
철골층바닥 평면도	▶방향, 중심설정선, 일직선 명칭, 스패, 기둥의 배치와 명칭, 큰보 및 작은보의 배치와 명칭, 철골보 단부의 접합방법, 철골보의 이음위치, 데크 플레이트, 중도리, 브레이크, 바닥개구, 계단, 엘리베이터, 보·바닥 레벨 등
프레임워크도	▶GL, 각층FL, 층 높이, 큰보와 FL의 레벨차, 중심설정선과 기둥중심과의 거리, 벽면 브레이크, 셋기둥, 셋기둥에 설치하는 작은보와 명칭 등
부재리스트	▶ 부재명칭, 부재, 재질, 패널 존의 부재, 다이어그램(판 두께, 크기), 베이스 플레이트 등
부분상세도	▶기둥뿌리, 셋기둥의 기둥머리, 보위에 세우는 기둥, 헌치, 계단참의 받침 작은보, 계단, 기둥과 보의 접합부, 슬래브의 구조, 철골 부재와 RC벽의 접합, 외장재의 바탕, 파라펫, 브레이크 등
가구상세도	▶부분 평면도, 브레이크의 위치, 기둥뿌리상세(베이스 플레이트, 스티프너, 리브 플레이트, 거실 플레이트, R 층의 물매와 높이, IFL과 GL의 레벨 등

2.3 철골구조물의 요소

표 2는 철골구조물의 요소를 구분하여 각각의 개념을 나타낸 것이다.

표 2. 철골구조물의 요소

요소	개념
기둥(Column)	▶일반적으로 2-3개 층을 1개의 부재(1절)로 가공하며 상하 기둥의 접합에는 볼트나 용접이 채용된다.
보(Beam / Girder)	▶부재의 길이방향의 축에 가로로 작용하는 휨하중을 지지하는 구조재로 큰보(Girder)와 작은보(Beam)가 있다. 형태는 H, I, C형강의 단일재료 보와 조립한 래티스보, 허너컴보와 같은 특수 형태가 있다
접합부(Joint)	▶형태는 연결되는 부재의 종류에 따라 다르며 기둥과 기둥, 보와 보, 기둥과 보의 접합으로 수직, 수평으로 이루어진다.
가새(brace)	▶보로 전달되는 수평력을 가새의 축강성으로 지지하는 구조재로서 일반적인 접합부와는 달리 별도의 접합방식이 필요하며, X형과 K형이 많이 사용된다.
데크플레이트(Deck plate)	▶작은보의 하중지지 능력을 높이기 위해 구조재로 사용되거나 단순히 거푸집 대용으로 사용되는 경우가 있다. 시공이 간편하고 공사기간이 단축되거나 재료가 비싸다.
도리(Purlin)	▶벽과 지붕의 도리를 잡기 위한 부재로 마감재로 사용되며, 벽도리와 지붕도리로 나누며 지붕도리는 중도리와 층도리로 분류하며, C형강, D형강, Z형강 등이 사용된다.

3. 철골공사 생산단계별 설계도면의 문제점

여기에서는 철골공사 생산단계별로 설계도면의 문제점을 고찰하였다.

3.1 설계단계

설계단계에서 철골구조의 구성을 보다 체계적이며 규칙적으로 표기하고, 접합부를 표준화하여 설계자가 의도하는 것을 정확히 설계도서에 기재한다면 구조물을 쉽게 파악할 수 있을 것이다.

또한, 일부 제작단계에서는 CAD가 활용되어 넓은 작업공간을 필요로 하던 원척도 작업이 사라지고, CAD를 통한 1:1 Drawing으로 제작중심의 Shop Drawing을 실무에 활용하고 있다.

즉, 설계단계에서 구조도, 상세도의 누락 및 구조적인 오류가 없는 완벽한 설계도서를 시공단계로 전달한다면 shop drawing 없이도 시공과 검사에 관련된 감리자, 현장 관리자, 작업자 등이 설계자의 의도를 파악하여 시공단계에서 부실하게 공사되는 문제점을 정확하게 지적, 보완 조치를 할 수 있을 것이다. 철골공사는 다른 공종과 달리 구조도에 준해 구조물을 다량의 부재로 가공하고 현장에서 Bolt로 조립하는 공사로 중심도, 층 구조평면도, 각부 상세도, 접합부 상세도 등, 다량의 설계도를 필요로 한다.

다음은 자주 발생되는 설계단계에서의 문제점을 조사한 내용이다.

- 1) 접합부상세도의 누락 및 시공상황을 고려하지 못한 접합부 상세도 작성으로 현장실무자 및 관리자에 의해 접합부를 임의 처리하는 경우가 발생한다.
- 2) 철골공사에서 부분상세도 및 열 구조도 등은 제작단계에서 구조물의 전체형상을 파악하는 중요한 부분임에도 불구하고 일부 도면만 첨부되는 경우가 있다.
- 3) 제작단계를 고려하지 못한 설계로 인해 작업의 지연 및 작업자의 과중한 업무로 안전사고의 위험증가와 작업능률 저하 및 공사비 상승 등을 초래한다.
- 4) 이 외에도 실제 공장제작단계에서 발생하는 설계와 관련된 문제로서는 부재 규격변경, 척도의 불일치, 치수표기 누락, 치수표기 위치의 문제, 부재명 누락 및 오타 등, 여러 가지가 있어 공기지연, 공사비 증가, 작업효율 감소 등 제작단계 전반에 영향을 미치고 있다.

따라서, 설계단계에서는 시공 가능한 설계를 하기 위해서 공장제작단계에서 얻어진 작업자들의 오랜 경험과 지식을 설계단계에 최대한 반영해야 할 것이다.

3.2 견적 및 발주단계

철골공사는 다른 공종에 비해 자료와 지식이 부족하여 정확한 견적 및 자재 발주는 설계자 및 원청업자가 하기 곤란한 것이 현실이다. 일부 원청업자가 자재 수량산출 및 자재 발주를 할 경우, 실제 사용될 자재수량과 일치하지 않아 자재

의 부족으로 인한 공기의 지연 또는 과잉 자재의 입고로 인한 공사비 증가의 원인이 되고 있다.

따라서 실제 시공을 담당할 하도급업자 또는 작업반장에 의해 자재의 수량산출 및 발주가 이루어진다. 이 과정에서 설계도면의 구조도 누락 및 후속 공정과의 연속성을 고려하지 못하여 발생하는 공사비의 증가로 발주자와 시공자, 설계자와 시공자, 원청업자와 하청업자간의 분쟁 등, 공사 참여자들의 분쟁이 발생되고 있다. 철골공사에서 주로 사용되는 대강재류의 생산은 1m 간격으로 하고 있으며, 가장 많이 사용되는 H-형강은 7~15m 까지 생산 및 운반이 가능하고, L-형강, C-형강은 8~12m 까지 생산이 가능하다.

그러나, 강재 공급업체에서는 강재 생산기준을 10m로 하고 있고, 10m 외에는 주문생산하고 있어 재료가 공급되기까지 길게는 1개월 가량이 소요되어 공기지연의 원인으로 작용하고 있다. 철골공사의 견적 및 발주단계에서 발생되고 있는 문제점은 설계뿐만 아니라, 강재공급 등의 문제도 발생되고 있는 상황이지만 설계와 관련된 문제점은 다음과 같다.

- 1) 시공에 사용되는 설계도의 부정확한 표기 (치수 보조선의 위치, 부재 명칭 등).
- 2) 접합부 상세도 및 각부 상세도의 누락: 각종 소부재에 사용되는 소강재류와 각종 Bolt류의 수량산출이 견적 업무자의 경험에 의해 산출되고 있어 공사수량산출의 변동요인으로 작용.
- 3) 시공 불가능한 자재선정: 견적업무자의 경험에 따라 자재를 변경하여 산출함으로써, 견적참여자 개개인간의 큰 오차가 발생.
- 4) 부재의 가공 길이가 m단위의 근사치로 작업되지 않아 부재 가공 이후 고철로 처분되어 공사비 증가
- 5) 현장 세우기 작업을 고려하지 못한 설계단계의 작업으로 안전사고의 위험증가.

3.3 공장제작단계

실제 철골의 제작과정은 대규모 공사의 경우 공장시설을 갖춘 시공업체에 의해 공장제작이 이루어지고 있지만, 중·소규모공사는 영세한 업체가 시공하고 있다. 이들 업체의 경우 많은 비용이 소요되는 공장을 확보하지 못해 공장 주변의 나대지를 제작장소로 사용하고 있다.

그러나, 옥외제작은 용접품질의 확보가 어렵고, 도장작업 시 분진발생으로 환경오염 등의 문제를 발생시킨다.

철골공사의 제작과정은 설계도서에 준해서 Shop drawing을 작성하고, 설계자의 승인을 받아 실제의 치수로 1:1척 작업 후 검사를 하여 금긋기, 절단, 구멍 뚫기, 용접의 순서로 작업을 진행하도록 되어 있다.

그러나 대규모의 시공업체를 제외하고 중소 규모의 영세한 시공업체는 Shop drawing 작업을 생략하고 작업을 진행하는 경우가 많으며, 생략하는 대부분의 이유는 아래와 같다

- 1) Shop drawing에 소요되는 비용문제
- 2) 현장작업자의 대다수가 현장작업에는 능숙하나 Shop drawing을 작성할 능력의 부족.

3) 현장관리자의 대다수가 drawing에는 능숙하나 철골공사의 제작단계의 실무무지.

예를 들면, 현장작업자가 Shop Drawing을 작성해도 작업자의 여건에 맞추어 진행하기 위한 Shop Drawing에 불과하여 설계자나 감리자가 이해하기는 쉬운 것은 아니다. Shop Drawing을 설계단계로 의뢰하면 대부분의 설계자들은 Shop Drawing을 전문으로 작업하는 곳으로 의뢰하기를 원한다. 이것은 설계단계에서 자신이 설계한 구조물의 축조방법이나 접합시공방법 등, 시공단계를 잘 숙지하고 있지 않기 때문이다. Shop Drawing을 전문으로 작업하는 곳에 의뢰하면 현장 여건 및 전적단계에서 발주된 자재의 길이, 제작단계 시공방법 등이 반영되지 못하여 제작단계에서의 정보가 설계단계에 반영되기란 쉽지 않다. 또한, Shop Drawing 작성 후 제작이 진행되면 공사공정은 Shop Drawing을 작업한 만큼 지연된다.

공사기간이 촉박한 현장은 제작작업을 진행하면서 제작된 부재와 Shop Drawing이 일치하도록 하여 제출하는 방법을 사용하기도 한다. 결국 이런 방법은 작업을 하기 위해 작성되는 Shop Drawing이 아니라, 설계자와 감리자의 완성부분에 대한 검사와 승인을 목적으로 제출되는 것이다.

3.4 운송단계

공장제작단계에서 완성된 부재를 페인트작업 후, 시공현장으로 수송하는 운송단계에서 사용될 운송장비는 시공될 구조물의 전체 중량과 운송될 부재의 길이에 의해 결정되므로 25Ton 트레일러, 또는 18Ton 트럭을 사용하여 운송하고 있다.

25Ton 트레일러는 시공현장의 진입로 확보, 적재함 노출, 회전반경의 과다 등의 문제점으로 부재길이가 긴 경우(12m이상)나 부재 1개의 중량이 18Ton을 초과하는 경우 등에만 사용하고, 대부분은 18Ton 트럭으로 운송하고 있다. 철골부재는 주자재인 대강재류(H-형강, L-형강, C-형강, 각형강관, Pipe 등)에 소부재인(plate, Stud Bolt, Purlin-용 angle 등) 소강재류를 용접접합 또는 Bolt접합하여 하나의 부재로 제작한다. 완성된 부재의 형상이 복잡하여 적재 및 상차(上車)시, 부재와 부재간의 공간이 과다 발생하여 적재함의 빈 공간을 최소화 하면서 운송장비에 싣는 작업이 운송단계의 경비를 좌우하고 철골공사비의 증감에 영향을 초래하고 있다.

따라서 철골부재의 형상을 잘 알고 있는 운송전문기사들은, 운송단계의 경비절감을 위해 상차(上車)장비(지게차, 크레인)의 선정 및 적재방법을 조언하기도 한다.

운송단계에서 발생하는 설계와 관련된 문제점은 다음과 같다.

- 1) 설계단계에서 브라켓의 길이가 1000~1200mm로 다소 길게 설계되면 상차 및 적재과정에서 운송경비가 상승되고, 운송과정의 사고발생위험도 증가한다.
- 2) 도리(Purlin) 구름반이 높이가 200mm이상일 때는 부재사이의 고입목이 높아져 운송과정의 사고발생위험성이 증가한다.

따라서 운송단계에서 발생하는 설계와 관련된 문제점은 제작된 부재와 부재간의 공간을 최소화하여 상차(上車) 및 적재량을 증가시키는 것이 공사비의 감소 및 운송단계의 비용을 절감할 수 있을 것으로 생각된다.

3.5 현장시공단계

1) 철골 세우기 준비단계

철골 세우기 준비단계는 공장제작 중에 구조물이 세워질 장소에 기초공사와 병행하여 Anchor Bolt를 선 시공 하여 매설하는 방법 등이 있다.

Anchor Bolt매설작업은 철골구조물 전체의 정밀도에 영향을 미치는 아주 중요한 작업이며, 타 공종과 연관된 작업인 만큼 기초공사 관계자와의 의견교환이 이루어져야 한다. 즉, 기초공사 바닥구조평면도, 배근도 등과 철골공사 중심도와의 일치를 확인 한 후 작업을 진행하여야 한다. 설계단계에서 기초공사에 관련된 설계도서와 철골공사에 관련된 설계도서가 일치되지 않아 Anchor Bolt매설작업에서 발생하는 변동된 사항은 공장제작단계에 신속히 반영되어야 한다. 철골 세우기 준비단계에서 설계와 관련된 문제점을 조사한 내용은 다음과 같다.

- (1) 구조물 마감선과 건물바닥 마감선의 불일치로 빗물의 유입, Wall Panel의 공사곤란, 하자발생 및 공기지연, 공사비 증가의 원인으로 발생.
- (2) 바닥구조평면도의 주각위치와 중심도의 기둥위치가 다르게 표기되어 Anchor Bolt매설위치와 기둥하부 철근 배근이 일치되지 않아 공기지연 및 공사비 증가의 원인.
- (3) 구조물 출입문의 크기 산정 후, Anchor Bolt매설작업에서 행거도어 open구의 치수가 잘못 표기.
- (4) 무수축 모르터 시공이 정상적으로 되지 못해 콘크리트 바닥과 기둥이 일체가 되지 못함.

세우기 준비단계에서 발생하는 문제점은 외관상 보이지 않는 부분이지만, 건축물의 정밀도 및 안전성 등에 영향을 미치는 아주 중요한 공사 단계이다. 설계단계에서 현장시공의 상황을 반영하면, 최종도면 검토작업을 통해 발생하는 대부분의 문제점을 미연에 수정·보완이 가능할 것이다.

2) 철골 세우기 단계

철골공사의 세우기 장비는 타워크레인과 트럭크레인으로 분류할 수 있으며, 타워크레인은 고층공사, 초고층공사의 전 공정을 위해 설치되므로 철골공사 전용으로 사용하지 못하고 있다. 철골공사 세우기 작업에서 12층 미만의 세우기 작업은 현장의 작업여건, 공기 및 작업의 흐름, 장비 사용경비 등을 감안할 때 세우기 작업 전용으로 사용할 수 있는 트럭크레인을 선호하고 있다.

세우기 장비가 선정되면 크레인의 작업반경과 재원에 따라 세우기 작업의 구획을 정하고 정해진 구획에 해당되는 기둥, Girder, Beam, 부재의 순서로 운송하여 세우기 작업을 진행한다. 세우기 작업은 철골공사과정 중에서 고소작업으로 가장

위험성이 높은 작업이며, 전체 건축물의 정밀도 및 성능에 가장 중요한 작업이다. 철골 세우기 작업은 공장제작단계에서 가공된 각각의 조립부재를 조립도의 위치에 맞게 양중하고, 조립하는 작업으로 수십 개의 부재에서 수백, 수천의 조립부재로 구조물을 형성하므로 개개의 부재를 구분 확인하는 것이 중요한 일이기도 하다. 각각의 조립부재를 구분 확인하는 작업에 앞서 설계단계에서 자재의 규격별로 종류를 최소화하고, 기둥간격을 통일화함으로써 조립부재의 종류과다의 발생을 억제하고 선별이 용이한 설계를 함으로써 세우기 작업시의 문제점 등을 최소화하는 것이 가능하다. 철골 세우기 작업 단계에서 설계와 관련된 문제점을 조사한 내용은 다음과 같다.

- (1) Pin접합은 Bolt가 2면 전단을 받는 2-Plate 접합과 Bolt가 1면 전단을 받는 1-Plate 접합으로 나누어진다. 2-Plate접합은 Beam에 가셋플레이트를 가조립한 이후, 양중하므로 맞춤 전에 가셋플레이트를 해체하는 과정에서 낙하물이 발생될 위험이 증가한다.
- (2) Wall Panel의 시공법 중 수직시공법에서 없던 문제점들이 수평시공법에서 발생한다.
- (3) Truss Purlin 구름받이를 높게 시공하면 세우기 작업시 안전사고의 발생이 증가한다.

4. 국내 철골공사현장의 현황분석

다음은 국내 대규모 철골공사의 현장상황을 조사한 내용을 고찰한 것으로, 철골공사의 수행에 있어서 설계와 관련된 내용을 기술한 것이다.¹⁾

- 1) 철골공사는 시공 중에 대부분 설계변경이 발생되고 있으며, 설계변경에 따른 시공의 문제점은 다음과 같다.
 - (1) 신규자재 발주 및 별도 제작에 따른 공기지연.
 - (2) 기 발주자재의 잉여분 발생.
 - (3) 중복된 이중 제작 등의 발생
- 2) 설계시 국내 강재의 재질 및 생산규격, 생산 기술력 등을 파악하고 현실을 감안한 설계가 되어야 한다.
- 3) 기본설계에는 구조계산에 의한 용접 표준상세가 정립되어야 한다.
- 4) 철골구조 설계는 사전에 건축마감, 외장공사, 설비공사 등 제반설계와 면밀히 체크하여 상호 연관되는 모든 문제점을 설계에 반영시켜야 한다.

전술한 문제점을 보완하기 위해 대규모 철골공사 시공업체는 Shop Drawing작업을 자체적으로 작업하는 시스템을 확립하고, 시공정보를 설계정보와 연계시키고 있으나 시공단계의 정보를 설계단계에서 정확히 알지 못하여 공기의 지연, 품질의 저하 등의 시공성저하 문제가 발생되고 있다. 또한, 시공

1) 이종호, 철골공사제작 및 설치의 발전방향, 건축학회지 건축기술칼럼 9707호.

표 3. 철골공사 참여 실무자를 통해 본 문제점 발생단계 및 문제점 개선사항

구분	주요 참여업무	체감정도 및 심각성	문제가 가장 많이 발생하는 단계	주요 문제점	고려할 사항 및 개선사항
K반장 (경력 10년)	견적 및 발주, 공장제작, 현장시공.(중소규모 공장, 상가용 철골제작 및 세우기)	▶설계변경은 공사진행 및 공사비에 큰 영향을 주며, 작업자의 사기를 저하시킴	▶견적 및 발주단계 (이유: 잘못된 공사비로 인한 부실 공사 발생)	▶공장제작중에 발생하는 잦은 설계변경	▶잦은 설계변경을 감소시킬 방안 검토
A반장 (경력 15년)	공장제작, 현장시공.(부산L 및 H백화점 울산 Y정유)	▶현장세우기 단계를 고려하지 못한 설계로 세우기시, 작업자의 안전, 작업효율저하로 발생됨	▶공장제작단계 (이유: 현장 시공단계 발생하는 문제 보완 가능)	▶공장제작에서 발생하는 문제를 보완하지 못하면 현장시공의 안전과 직결	▶현장 세우기 작업은 작업자의 안전과 직결되므로 공장제작단계에서 문제점을 감소시킬 방안 검토
M기사 (경력 15년)	운송단계 (부산 컨벤션 센터, N주상복합)	▶운송을 고려하지 못한 설계로 운송단계의 경비, 사고 위험 증가됨	▶공장제작단계 (이유: 운송시 발생하는 문제를 감소)	▶공장제작의 문제를 보완하지 못하면 상차 및 운송의 어려움 발생	▶운송단계를 감안한 공장제작이 이루어질 수 있는 방안 검토
B소장 (경력 30년)	견적 및 발주, 공장제작, 현장시공.	▶시공단계를 알지 못하고, 설계도서가 체계적이지 못하여 철골공사 수행의 문제점으로 발생됨	▶공장제작단계 (이유: 철골공사의 특성 상 완벽한 공장가공이 되지 못하면 구조물의 성능을 만족시키지 못함)	▶구조도구성의 누락, 접합부 상세, 부재가공법 등의 누락 및 구조물 외부 마감 불일치로 견적의 어려움 발생	▶구조도 구성, 접합방법, 가공방법 등의 체계를 확립하고, 시공단계의 작업을 고려한 설계를 실시

방법을 알지 못해 시공이 불가능한 자재를 구조재료로 선정하고 있으며, 구조도면의 구성 미비로 시공의 오류를 야기시키고 있다. 중·소규모 철골공사에서는 시공단계의 정보와 설계정보가 완전히 분리되어 설계단계에서는 구조물의 정확한 구성을 알지 못해 설계오류를 범하게 되어 잦은 설계변경으로 이어지고 있다.

5. 실무자 청문

설계의 오류로 인해 발생하는 문제점을 철골공사 참여실무자를 대상으로, 철골공사 수행에서 문제가 가장 많이 발생하는 단계와 문제점에 대한 설계고려사항 및 개선사항에 관해서 면담조사를 실시하여 표3에 나타내었다.

최근에는 공장 제작단계보다 견적 및 발주단계에서 주된 업무를 하고 있지만, 설계단계에서 철골공사의 시공상황을 고려하지 못한 구조도면의 구성으로, 견적공사 수량산출에 있어서 1건의 공사수량을 최소 2회 이상 산출하는 경우가 많다는 점을 제기하였으며,

표에 따르면 10년 짜 공장제작 및 세우기 작업에 종사하는 K반장은 철골공사 진행에 있어 설계변경은 공사비 증가, 완공 지연, 자재의 잉여분 발생, 부재의 오작발생 증가와 더불어 작업자들의 사기저하가 가장 큰 문제가 될 수 있음을 제기하였다.

공장제작 및 현장 세우기 단계에 15년을 종사하며 현장 세우기 작업을 주요업무로 하는 A반장은 현장 세우기만을 주 업무로 하는 작업반장과는 달리 현장 세우기 단계에서 발생하는 문제(작업자의 안전사고, 부적합한 부재사용, 부재종류 및 길이 과다발생, 시공방법 및 순서, 작업의 난이도, 작업의

효율성)에 대한 대처방안에 많은 관심을 가지고 있었기에 현장 세우기 단계에서 발생하는 문제는 설계단계에서 시공상황을 고려한다면, 공장제작단계에서 대부분 해결·보완할 수 있다고 주장하였다.

철골부재의 운송에 15년 정도 종사하고 있는 M기사는 철골부재의 형상이 복잡하여 중량초과의 위험성은 없지만, 많은 횟수의 운송이 이루어질 경우, 운송비의 상승 및 전체공사비가 상승한다는 점과 상차의 중요성을 주장하였다.

현장실무에 30년을 종사한 B소장은 철골공사의 전체 프로세스에서 얻은 오랜 경험 및 지식을 설계단계로 제안할 경우, 설계자들이 수용하지 못하는 현실에 대해 설계자들의 의식전환에 대한 문제도 제기 하였다.

예를 들면, 울산광역시 D면에 신축한 사격장 신축공사는 2001년 12월초에 착공해서 2002년 7월에 현장시공을 종료한 공사이다(공사수량 약 90ton, 예상 공사소요기간 약 30일). 이 공사는 발주자가 설계한 공사로 부재의 제작이 끝나고 Anchor Bolt매설이 이루어진 상황에서 설계변경이 발생되어 가공된 부재를 전량 폐기하고, 새로운 자재로 다시 제작하였으며 공사진행에 있어 부적합한 접합방식, 마감재로 사용되는 각형 강관의 규격과 건물 마감선의 불일치 등, 시공단계에서의 시공법을 숙지하지 못하여 발생하는 오류로 잦은 설계변경이 발생되어 작업자들의 사기저하로 철골공사 수행에 큰 어려움이 있었다.

전술한 면담조사 내용으로 고찰해 보면, 공장제작 단계가 철골공사의 수행에 있어서 설계의 문제를 보완 할 수 있는 단계라는 것을 알 수 있다. 단, 설계는 시공단계에서 공장제작단계의 중요성을 인식하고, 공장제작단계의 실무에 참여하는 작업자들의 경험을 반영하는 것이 철골공사를 원만하게 수행하기 위한 방안일 것이다.

이상으로부터 설계단계에서 철골공사 전반의 시공 프로세스를 현재보다 잘 숙지하면, 운송단계의 문제점을 공장제작단계에서 보완할 수 있을 것이다. 설계단계에서 현장 실무자들이 시공하고 있는 방법(브라켓의 길이, 소부재의 가공형상, 접합방법)에 대해서도 구조검토를 통해 도입할 수 있는 상재를 도입해야 할 것으로 사료된다.

6. 설계 프로세스 개선방안 및 기대효과

이상으로부터 본 연구의 현장상황조사 및 면담조사를 통해 도출할 수 있는 설계 프로세스의 개선방안 및 기대효과는 다음과 같다.

- 1) 시공 프로세스를 고려하지 못한 설계정보에 따라 발생한 시공손실을 최소화하고, 정보의 교환 및 정합성(整合性)을 향상시키기 위한 방법이 도입되어야 한다.
- 2) 견적단계의 공사수량 및 공사비 산출오차를 감소시키고, 원활한 공장제작을 이루기 위해서는 구조도면 구성 및 각종 부재(브라켓, Bracing 등)의 가공 및 접합방법을 체계화하면, 부재의 기호만으로도 가공 및 접합을 알 수 있으므로 설계단계에서의 표준화가 시급한 것으로 나타났으며, 시공단계에서는 표준화된 방법을 적용하여 견적단계의 수량산출의 오차를 줄이고, 공장제작시의 가공 및 접합부의 정립함으로써 공기가 감소될 것이다.
- 3) 현장 세우기 작업의 효율성 향상 및 안전사고의 원인제거, 소부재를 대량생산하기 위해 Beam의 맞춤접합부의 상세도를 표준화 할 수 있는 방안을 검토해야 할 것이다. 접합부 상세를 표준화하면 Plate를 공장에서 대량생산 할 수 있어 작업착수 이후, 3~7일 정도가 소요되는 소부재의 공급기간이 단축되어 공사전반의 공기가 단축될 것이다.
- 4) 설계단계에서 시공 프로세스를 숙지 못하여 발생하는 문제를 개선하기 위해서는 시공단계에서의 부재가공 및 접합부에 관한 정보를 피드백(Feedback) 할 수 있는 시스템을 구축하여야 하며, 시공단계의 정확한 시공정보를 전문 담당자에게 전달하여 시공정보를 쉽게 이해하고, 정확히 문제를 해결할 수 있는 개선방안을 확립할 수 있을 것이다.
- 5) 설계단계에서는 시공단계에서 많이 발생하는 문제에 대해 적극적으로 대응할 방안을 강구해야하며, 시공단계의 체험에서 생성된 경험과 지식을 토대로 철골구조물의 설계에 있어서 체계적인 기반을 확립하여 철골공사의 원활한 수행에 기여할 것으로 기대된다.
- 6) 설계변경을 최소화하기 위해서는 설계자는 자신이 설계한 구조물의 Shop Drawing을 작성할 수 있는 능력을 배양해야, 타 공종과 관련된 마감부분 및 창호부분 등의 설계단계의

오류 및 설계변경을 감소시킬 수 있어 원활한 철골공사가 수행될 것으로 사료된다.

7. 결 론

본 연구는 현장상황 중심으로 철골공사에서 시공단계의 작업을 고려한 현실적이고 체계적인 설계프로세스를 확립하기 위한 개선 방안을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 철골공사에서 설계단계는 생산단계의 일 부분임을 인식하고, 시공단계의 문제점을 보완할 수 있는 체계를 갖추어야 한다.
- 2) 설계단계에서는 철골공사의 시공분야에 종사하는 실무자들의 경험을 최대한 반영한 설계가 이루어 져야 한다.
- 3) 시공을 고려한 설계를 수행하기 위해서는 철골공사의 제작단계에서 시행하고 있는 현장 세우기 및 운송단계의 문제점을 개선할 수 있는 방법을 검토하여 설계에 반영하여야 한다.
- 4) 철골부재의 접합방법과 가공방법을 획일화, 표준화하기 위한 방법을 연구하여 공장제작에 있어서 문제점 발생을 최소화해야 한다.

참 고 문 헌

1. 류송민 역, 알기쉬운 철골감리, 시공문화사, 1998.
2. 송진규 외 공역, 철골구조·실무 노하우집, 도서출판 건설도서, 1998.
3. 상공부, 철구조물 표준화 연구(최종보고서), 1992.
4. 장명훈, 철골부재 정보를 이용한 철골공사관리 시스템개발, 서울대학교 석사학위논문, 1998.
5. 이종호, 철골공사 제작 및 설치의 발전방향, 건축학회지 건축기술 컬럼 9707호.
6. 임남기, 김진호, 건설공사의 Constructability 이론과 적용사례에 관한 연구, 한국건축시공학회지 논문집, 2002.5