

철골구조의 소규모 공장 건축물 안전작업 매뉴얼 개발

이기태

한국산업안전공단 산업안전보건연구원

1. 서론

소규모 건물은 공사비가 구조재료 선택의 중요한 요소이며 고층건물인 경우보다 공사비에 더 민감하게 좌우되고 있다. 소규모인 경우 철골구조가 공사기간이나 기둥 단면적의 감소 효과가 크지 않고 횡력(지진)문제도 심각하지 않으므로 철근 콘크리트(RC) 구조보다 유리한 조건이 많지 않아 일반적으로 철골구조는 고층의 경우에만 타공법에 비해 유리하다고 인식되어 왔으나, 소규모 공장의 경우 비교적 단순한 구조 형태이기 때문에 시공속도를 빠르게 진행시켜 현장의 관리비 절감과 공장 건물의 조기 사용을 할 수 있어 최근들어 소규모 공장에서 철골 구조를 선호하는 편으로 저층의 철골구조물이 많이 들어서고 있으며, 또한 공기단축을 위한 빠른 시공으로 안전시설 없이 무리한 작업을 실시함으로써 많은 안전사고가 발생하고 있다.

2000년부터 2002년까지 공단에서 조사한 중대재해 사망자는 1,430명이며 그중 철골 공사 중 사망한 사망자는 74명으로 전체 사망자의 5.2%이며 특히 공사금액 50억 미만의 중·소규모 철골공사에서의 사망자는 61명으로 전체 철골 공사사망자의 82.4%로 절대다수를 차지하고 있다.

따라서 본 연구에서는 소규모 건설현장에 대한 특성을 파악하고 소규모 철골공장에서 발생한 중대 재해 사례를 수집, 분석하여 위험 요인을 도출하고 추락등 재해발생 비중이 큰 요인을 위주로 개선대책을 제시하여 현장에서 쉽게 활용할 수 있는 안전작업 매뉴얼을 개발함으로써 건설재해 예방에 기여하고자 한다.

2. 소규모 건설 현장의 특성

2.1 소규모 건설 현장의 정의

산업안전 보건법에서는 소규모 건설업체에 대한 정의가 없으며 중소기업기본법 제2조 및 동법 시행령 제3조 별표에 의하면 건설업중 소기업은 상시 종업원수 50인 미만인 업체로 분류하고 있으며 (2000. 12. 27개정)중기업은 상시 종업원수 50인 이상 300인 미만, 대기업은 상시 종업원수 300인 이상으로 분류하고 있다. 건설업 매출액 증가율을 보면 소규모 건설업체의 매출액이 2001, 2002년도에 30%이상 대폭 증가하였음을 알 수 있으며, 이는 소규모 건설업체 (소규모 건설 현장)에서의 근로자 투입이 많아짐에 따라 재해자수가 증가하는 가장 큰 요인이 되고 있음을 알 수 있다. 또한 소규모 건

설 업체의 인건비 비중이 중·대기업에 비해 월등히 높은 것으로 나타나고 있으며 이는 기계·장비의 이용보다는 인력에 의존하는 작업이 많은 것으로 그만큼 재해 위험에 노출되는 근로자의 수가 많다는 것을 의미하기도 한다. 한편 건설업체의 규모별 분류 기준을 2002년도 노동부에서 고시하는 노무 비율(28%) 및 건설업 근로자 월평균임금(1,911,797)으로 환산하여 건설현장에 적용하여 보면 공사 금액 40억원 정도가 (공사기간 1년 기준)됨을 알 수 있으므로 본 연구에서는 공사금액 40억원을 소규모 건설현장으로 분류하였다.

$$\text{상시근로자수} = \frac{\text{연간(평가기간)국내공사실적액} \times \text{노무비율}}{\text{건설업월평균임금} \times 12(\text{공사기간})}$$

2.2 소규모 건설 현장의 안전관리 실태

소규모 건설현장은 대형현장에 비하여 안전관리가 취약하며 안전관리의 사각지대에 놓여 있다고 해도 과언이 아닌 형편으로 2002년도 노동부의 건설재해 통계에 따르면 50인 미만 소규모 현장의 근로자는 전체 근로자의 48.4%인데 재해자는 전체 재해자의 83.7% 사망자는 전체 사망자의 68.8%로 소규모 현장에서 재해자 및 사망자의 절대 다수를 점유하고 있다.

표 1. 공사 규모별 재해 현황

(단위 : 개소, 명, %)

구 분	사업장수	근로자수	재해자수	재해율	사망자수	사망만인율
계	183,309 (100)	2,769,470 (100)	19,925 (100)	0.72	667 (100)	2.41
소규모건설현장 (50인 미만)	176,567 (96.3)	1,339,762 (48.4)	16,682 (83.7)	1.25	459 (68.8)	3.43
중규모건설현장 (50인 이상 300인 미만)	5,902 (3.2)	631,227 (22.8)	2,692 (13.5)	0.43	148 (22.2)	2.34
대규모건설현장 (300인 이상)	840 (0.5)	798,481 (28.8)	551 (2.8)	0.07	60 (9.0)	0.75

2.3 중대재해 사례분석 요약

소규모 철골공장에서의 재해 발생을 분석하기 위하여 공단에서 조사한 중대재해 사례 중에서 '96년부터 2002년까지 공사금액 40억원 미만의 철골공장 공사 신축현장에서 발생한 중대재해 71건을 분석하였으며 그 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (1) 추락재해 사망자가 59명(83.1%)로 추락재해예방의 대책이 무엇보다 중요하다.
- (2) 공사금액 1억원 미만의 소규모 현장의 재해가 높게 나타나고 있다.
- (3) 추락높이 10m미만에서 41명(69.4%)의 사망자가 발생하여 높이 10m미만의 현장에 대한 집중적인 관리가 요구된다.
- (4) 재해발생 위치별로는 지붕에서의 사망자가 30명(42.3%)로 가장 많이 발생하였다.

이상의 분석결과에 따라 소규모 철골구조의 공장 공사에서의 재해예방은 높이 10m 미만의 지붕작업시 추락재해 예방을 얼마나 효과적으로 수립, 시행하느냐에 달려있다.

3. 철골공사 주요공종별 작업안전

3.1 앵커볼트 매입 및 채우기

소규모의 철골 공사인 경우 앵커볼트만으로 자립이 가능한 경우가 대부분이며 따라서 앵커볼트의 지름이 가늘고 길이는 짧으며 개수는 2~4개 정도가 설치된다.

- (1) 앵커 볼트 매입 및 채우기 작업시 예상되는 재해로는 ① 용접 작업시 교류아크 용접기에 의한 감전재해, ② 이동용 전동기계·기구, 콘센트 등에 의한 감전재해 위험 등이 있다.
- (2) 이러한 감전재해의 예방대책으로는 ① 교류아크 용접기에 자동전격 방지 장치 부착 및 외함접지, ② 이동용 전동기계기구의 누전여부 테스트, ③ 접지형 누전 차단기 사용 등을 들 수 있다.

3.2 상부보 및 트러스 조립

보 또는 트러스의 조립은 철골 조립중 가장 위험한 작업중의 하나이며 재해분석중 철골보에서의 재해가 15.5%를 차지하고 있어 지붕작업 다음으로 위험한 작업이므로 특히 주의를 하여야 한다. 보 부재의 조립에 있어서 가장 중요한 것은 기둥과 기둥이 조립되면 즉시 보를 조립하여 기둥이 전도되지 않도록 하여야 하나 소규모 철골공장현장에서는 작업의 편의를 위하여 기둥만을 전체적으로 조립한 후에 보의 조립을 나중에 일괄적으로 설치하고 있는 형편이다.

보 또는 트러스 조립작업시 예상되는 재해는 다음과 같다.

- (1) 철골보에서 수평 이동시 몸의 균형을 잃고 추락하는 재해 (소규모 공사인 경우 층고가 3~10m정도로 안전망을 설치하지 않는 경우가 대부분이며, 보호구 착용 또한 소규모 현장인 경우 거의 전무한 상태로 추락재해 발생시 사망 재해로 이어지고 있다.)
- (2) 철골 보의 조립작업시 안전대를 미착용한 상태에서 달비계 등 안전작업 발판 없이 작업하다 일어나는 추락재해
- (3) 철골보상에 조립용 도구, 볼트 등의 낙하·비래로 인한 재해
- (4) 철골보 부재의 인양 방법 불량으로 인한 낙하·비래
- (5) 이동식 크레인의 지반 지지상태 불량 또는 과부하에 의한 전도, 도괴 등 이러한 재해에 대한 예방대책은 다음과 같다.

- (1) 철골보 부재 인양전에 지상에서 안전대 부착용 로우프를 미리 부착하여 보 부재 조립시 안전대 부착용 로우프가 즉시 설치될수 있도록 하여 안전대를 착용한 상태에서 작업을 실시한다.

(2) 철골부재 위에는 조립용 공구, 볼트 등의 낙하로 인한 재해 예방을 위해 항상 정리, 수거하도록 한다.

(3) 추락방지망의 경우 앞에서 언급한 바와 같이 현장에서 설치하지 않는 경우가 대부분이며 그 원인으로는 높이가 10m 이하인 경우 사업주, 근로자의 추락재해에 대한 경각심이 약하고 또 추락방지망을 전체적으로 설치할 경우 보부재의 인양·조립 등 후속공정에 제약을 받는 것도 큰 영향을 미치고 있다. 따라서 소규모 철골공사의 추락방지망은 다음과 같은 방법으로 설치하는 것이 효과적이라고 판단된다.

① 철골공장의 층고가 높은 경우: 철골구조의 장변 방향으로 안전망 설치용 가이드 로프를 설치하고 안전망의 양끝에 고리형의 링을 부착한 후 가이드 로프에 고리형의 링을 관통시켜 커튼식으로 이동할 수 있도록 하여 조립 등 작업이 진행되는 구간에 이동하여 설치할 수 있도록 함으로써 후속공정에 지장 없이 안전망을 설치한다.

② 층고가 낮은 경우: 안전망을 설치하게 되면 근로자 추락시 안전망의 처짐으로 인하여 바닥에 충돌 위험이 있으므로 안전망의 중간 중간을 고정시켜 망의 처짐을 최소화해야 하므로 제일 처음 조립한 보의 하부기둥에 한쪽 끝을 고정하고 그 다음 보의 조립순서에 따라 각각의 하부기둥에 안전망을 고정해 가면서 설치해야 한다. 따라서 기둥부재에는 안전망을 걸 수 있는 고리를 부착하고 망의 끝단에 S자 고리를 연결하여 각 기둥에 S자 고리를 걸어서 안전망을 설치한다.

3.3 벽체 마감작업

벽체마감은 철골 기둥재에 거스(Girth: 층도리용 철물)를 설치하고 마감용 패널을 철물에 고정시켜 완성한다.

벽체 마감 작업시 예상되는 재해는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 작업을 위해 기둥, 거스등을 밟고 승·하강 도중 일어나는 추락재해
- ② 안전작업발판 등 안전시설 미설치 상태에서 매달려 작업하다 발생하는 추락재해
- ③ 고정되지 않은 판넬의 낙하·비래로 인한 재해
- ④ 전기드릴 등 이동용 전동공구에 의한 감전재해 등

이러한 재해의 예방대책은 다음과 같다.

- ① 승·하강시 사다리, 강관틀비계 등을 이용하여 안전하게 승·하강
- ② 강관틀비계, 작업대차(테이블 리프터 등)를 이용하여 안전한 작업실시
- ③ 전동공구의 지속적인 절연여부의 측정 및 접지형 플러그 사용과 전원을 누전차단기에서 인출하여 사용

3.4 지붕 마감작업

지붕은 추락재해가 가장 많이 발생하는 위험한 공종이며 시공과정은 기둥에 조립한

보 또는 트러스에 퍼린(Purlin: 도리들보)을 설치하고 마감 패널을 부착하는 작업으로서 이러한 작업 중에 예상되는 재해는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 조립작업 중 개구부 및 지붕 단부에서의 추락재해
- ② 작업장소로 이동 중 개구부에서의 추락재해
- ③ 볼트, 패널 등 자재의 낙하·비래로 인한 재해
- ④ 교류아크용접기 등 전기 기계기구에 의한 감전재해 등

이에 대한 재해예방 대책은 다음과 같다.

- ① 지붕하부에 안전망을 설치하되 항시 조립작업전에 선행하여 설치함.
- ② 볼트, 패널 등 각종 자재가 낙하·비래하지 않도록 정리정돈을 철저히 실시하고 모든 전원은 누전차단기에 접속하여 사용함.

4. 안전교육

산업재해 발생 원인 중 불안정한 상태가 91% 정도, 또는 동일 재해의 96% 정도가 불안정한 행동이라는 구성 요소를 갖고 있다는 분석결과가 있다. 재해의 원인 구성요소로서 ① 불안전 상태는 포함되어 있으나 불안전 행동은 포함되어 있지 않은 경우 ② 불안전 행동은 포함되어 있으나 불안전 상태는 포함되어 있지 않은 경우 ③ 두 가지가 동시에 포함되는 경우가 있을 수 있으며, 이중 대부분의 재해는 ③의 경우에 해당된다. 따라서 근로자의 불안정한 행동만 없어도 재해를 크게 줄일 수 있으며 그러한 불안정한 행동을 없애기 위한 가장 중요한 것 중 하나가 근로자 교육이다. 소규모 철골공장 공사의 재해 형태는 추락 재해가 83%로 대부분을 차지하고 있고 직종별로는 철골공(33%), 패널공(23%)의 재해가 높게 나타나고 있으므로 철골공, 패널공에 대한 추락재해 예방 위주의 교육이 시행되어야 한다. 교육을 실시할 경우에도 소규모 현장의 특성을 감안하여 눈높이에 맞는 교육을 실시하는 것이 중요하다.

5. 결론

최근 2년간(2001, 2002) 상시 근로자수 50인 미만의 소규모 건설업체 매출이 매년 30% 이상 증가 하였고 소규모 건설현장의 재해자(83.7%)와 사망자(68.8%)가 전체 건설 재해자중 대다수를 점유하고 있는 실정이나 소규모 공사현장은 사업주 및 근로자의 안전의식 결여와 법·제도적 규제의 사각지대에 놓여 있어 현장의 안전관리가 전무한 상태라고 해도 과언이 아니다.

본 연구에서는 철골구조의 소규모 공장 건축물에 대하여 중대재해 사례 분석과 각 작업 공종별 위험요인을 도출하고 개선대책을 제시하였으며 그 결과를 토대로 안전작업 매뉴얼을 작성하였다. 소규모 철골 공장 공사의 경우 추락재해가 83%로 절대 다수를 차지하고 있어 추락재해 예방이 무엇보다 중요하므로 소규모 현장의 특성에 맞는

이동식 설치방법과 작업단계별 설치방법 등 두 가지의 안전망 설치방법을 제시하였다. 또한 안전의식의 고취를 위한 관리감독자의 교육을 지역별, 업체별로 실시하고 관리감독자, 재해예방기관 등을 통하여 근로자 교육을 실시하되 시청각 자료를 활용하도록 하여 눈높이에 맞는 교육을 단계별로 실시함으로써 불안정한 행동에 의한 재해를 예방할 수 있을 것이다. 기술적인 부분에서는 각 작업공종인 앵커볼트 매입, 상부보 조립, 벽체 및 지붕 마감작업 등으로 구분하여 위험요인 및 개선대책, 작업순서 및 안전작업 방법 등을 소규모 현장에 활용할 수 있도록 쉽고 간결하게 작성하였다.

향후 소규모 현장에 대해서는 기술적 접근보다는 법·제도적 규제와 관리가 중요할 것으로 판단되며 따라서 소규모 현장을 제도권으로 편입할 수 있도록 법·제도에 대한 정책적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 김두연, 건설 근로자의 불안전 행동요인 특성에 관한 연구, 1995. 12.
2. 노동부, 가설공사 표준 안전 작업 지침(고시 제 2001-10호, 2001. 1. 9).
3. 노동부, 추락재해 방지 표준안전 작업 지침(고시 제 2001-11호, 2001. 1. 9).
4. 노동부, 철골공사 표준안전 작업지침(고시 제2001-14호, 2001. 1. 9).
5. 대한건축학회, 건축시공, 1997. 8.
6. 최순주, 중소규모 건설현장 안전관리 프로그램 개발 연구, 1999. 4.
7. 한국산업안전공단, 중대재해 사례보고서, 1996~2002 .
8. 建設業 労働災害 防止協會, 建築工事 標準作業 事例集, 東京, 1982. 1.
9. 建設業 労働災害 防止協會, 鐵骨の 組立て 等 工事 の作業指針, 東京, 1998. 9.
10. 細畑正治, 建設の 安全管理, 東京, 1093. 9.
11. 小畑佳夫, 鐵骨工事の 施工管理 入門, 東京, 1998. 12.
12. 田村恭, 建築 施工法, 東京, 1990. 10.