

철골공사 재해다발공정의 안전관리를 위한 체크리스트 개발에 관한 연구

A Study on the Development of Checklist for Safety Management of Frequently occurred Accident Process in Steel Structural Work

홍현석*○ 여성진* 정영훈* 김창덕**
Hong, Hyun-Seok Yeo, Seong-Jin Jeong, Young-Heun Kim, Chang-Duk

요 약

최근에는 고층화, 대형화, 복잡한 구조물의 축조가 현격히 증가하여 철골공사는 지속적으로 증가할 것으로 예상됨으로 철골공사에서 재해 발생은 지속적으로 늘어나고 있는 실정이다. 건설현장에서는 사전작업절차서, 안전관리계획서, 시공계획서, 점검일지를 통하여 작업의 위험요소를 파악하고 관리하는 안전점검 활동이 이루어지고 있으나 이와 같은 계획서에는 세부적인 작업의 수준으로 작성되지 않고 적용범위가 미흡하여 건설현장에서 활용도가 저조한 실정이다. 안전관리 체크리스트를 체계적으로 작성하기 위해서는 세부적인 작업에 관하여 재해원인을 파악해야 한다.

본 연구에서 안전관리 방안을 위한 재해유형의 원인은 전체 건설공사 중에서 철골공사를 그 대상으로 하고 있다. 철골공사작업에서의 안전사고를 예방하기 위하여 철골공정을 세부작업으로 나누어, 차후에 체크리스트를 개발하기 위해 각 세부작업에 관한 재해 원인을 파악하고자 한다.

키워드 : 철골공사, 안전관리, 체크리스트

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근에는 고층화, 대형화등의 구조물 축조가 현격히 증가하고 있고, 그러므로 큰 인성을 지닌 철골구조물이 날로 증가하고 있다. 또한 철골 공사는 시공성의 용이함과 편리함뿐만 아니라 장기적으로 부존자원 확보 차원에서도 철골 공사는 지속적으로 증가할 것으로 예상됨으로 철골공사에서 재해 발생은 지속적으로 늘어나고 있는 실정이다. 건설현장에서는 사전작업절차서, 안전관리계획서, 시공계획서, 점검일지를 통하여 작업의 위험요소를 파악하고 관리하는 안전점검 활동이 이루어지고 있으나 이와 같은 계획서에는 세부적인 작업의 수준으로 작성되지 않고 적용범위가 미흡하여 건설현장에서 활용도가 저조한 실정이다. 그리고 국내에서 발표된 건설관련 체크리스트 연구는 소수에 불과 하고, 리스크 인지를 위한 체크리스트가 대부분이고 안전관리 체크리스트에 대한연구는 미흡한 실정이다. 그리고 안전관리에 대한 연구는 건설공사의 안전관리 업무와 안전관련 법규에 대한 연구와 이에 대한 개선방안에 대한 연구가 주류를 이루고 있다. 1) 건설공사의 안전사고는 하위레벨의 요소 작업의 수행 중 발생하는 것으로서 세부적인 작업의 수행과 직접적인 관련이 있다. 따라서 안전관리 체크리스트를 체계적으로 활용

하기 위해서는 세부적인 작업에 관하여 안전관리 체크리스트를 체계적으로 작성하여 분류하고 특정작업과 직접적으로 관련되어 검토되는 점으로부터 작업과의 연계를 통한 활용의 효용성도 재고되어야 할 것이다.

이에 본 연구에서는 세부작업에 관한 공정의 재해방지를 위한 대책을 현실에 적합하게 마련함으로써 실무차원에서 재해발생을 막는 기본도구로서 활용될 수 있는 체크리스트를 개발하기 위한 연구를 하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서 안전관리를 위한 체크리스트 개발은 전체 건설공사 중에서 철골공사를 그 대상으로 하고 있다. 철골공사작업에서의 안전사고를 예방하기 위하여 철골공정을 세부작업으로 나누어 차후에 체크리스트를 개발할 수 있도록 각 세부작업에 관한 재해 원인을 파악하는 것을 연구목표로 하였다. 연구진행은 다음의 흐름과 같다.

- 1) 철골공사에서 발생하는 재해유형을 작업프로세스에 따라 기존 문헌 고찰 및 전문가 인터뷰를 통해서 수집한다.
- 2) 철골공사를 작업형태별로 재해발생확률과 재해발생현황을 분석한 후 재해발생위치에 따른 현황을 분석한다.
- 3) 재해발생확률과 재해발생빈도가 높은 보 설치작업을 다섯 가지 세부공정으로 나눈다.
- 4) 세부공정의 재해원인 분류체계를 작성한다.
- 5) 재해다발공정의 안전관리를 위한 체크리스트 개발을 위해 Cause-and-effect Diagram을 작성한다.

* 학생회원, 광운대학교 건축학부, 학사과정

** 중신회원, 광운대학교 건축학부 교수, 공학박사

1) 양용철, 최훈, 건설공사 안전사고 예방을 위한 안전관리 체크리스트 개선과 공정관리와의 연계운영 방법, 한국건설관리학회 논문집, 2004.4

2. 철골공사에서의 재해유형

2.1 철골건립 프로세스

일반적인 철골의 건립 과정은 앵커볼트 설치, 기둥세우기, 보 설치, 바로잡기/가조립, Plumbing Check, 볼팅/용접, Deck Plate로 한걸이 건립되고, 그 후 다음절이 건립되게 된다.

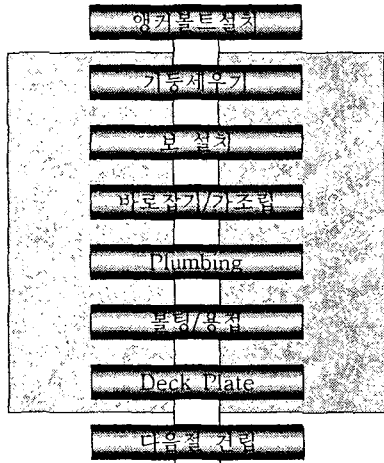


그림1. 철골건립 프로세스

2.2 철골공사에서의 재해유형

철골공사에서는 많은 재해가 발생하게 되는데 다음은 일반적으로 나타나는 재해유형을 세부공정에 따라 분류하여 나타낸 것이다. 특히 철골 프로세스 중 철골건립과정에서 다수의 재해가 발생하는 것을 알 수 있다.

<표1> 철골공사에서의 재해유형

공정	재 해 유 형
앵커볼트 설치	·전동기계기구의 누전으로 인한 감전 ·전선피복 벗겨짐으로 인한 누전 ·지상의 굴곡면 단부에서의 낙하·비레 ·용접가스 배기불량으로 인한 질식
기둥세우기	·기둥의 자립도 불량으로 인한 붕괴·도괴 ·기둥의 승강로에서 상하부로 이동시 추락 ·기둥부재의 인양시 인양방법 불량으로 인한 충돌 ·앵커볼트 위치 및 기둥연결부 설치시 손·발의 협착 ·크레인의 부속철물(후크, 와이어, 샤클 등) 손상으로 낙하충돌 ·크레인의 지반 지지력 부족 또는 과부하로 인한 전도
보 설치	·공동작업중 동료작업원과의 작업상 신호 등, 호흡의 불일치로 인한 추락 ·보위로 이동시 추락 ·작업장소로 이동시 기둥의 승강로에서의 추락 ·가체절후 보위에 공구, 철물 등의 잔재를 제거하지 않아 이의 낙하 ·가체절 불량으로 인한 붕괴 ·안전시설(방망) 미비로 인한 제3자의 낙하·비레 ·안전시설(방망, 안전대 부착시설) 미비로 인한 추락 ·크레인의 부속철물(후크, 와이어, 샤클 등) 손상으로 낙하·충돌 ·크레인의 지반 지지력 부족 또는 과부하로 인한 전도
고장력볼트 본체절 작업	·작업발판의 구조적 안전성 결여로 인한 붕괴 ·보위로 이동시 추락 ·작업장소로 이동시 기둥의 승강로에서의 추락 ·보위에 공구, 철물 등의 잔재를 제거하지 않아 이의 낙하 ·전동전기계기구의 누전으로 인한 감전 ·안전시설(방망) 미비로 인한 제3자의 낙하·비레 ·안전시설(방망, 안전대 부착시설) 미비로 인한 추락 ·공구, 철물 등을 인양시 달줄, 달포대 등을 사용하지 않음으로 인한 낙하

용접 작업	·작업발판의 구조적 안전성 결여로 인한 붕괴 ·보위로 이동시 추락 ·작업장소로 이동시 기둥의 승강로에서의 추락 ·용접봉 등의 낙하로 인한 제3자의 재해 ·전동전기계기구의 누전으로 인한 감전 ·안전시설(방망) 미비로 인한 제3자의 낙하·비레 ·안전시설(방망, 안전대 부착시설) 미비로 인한 추락 ·공구, 철물 등을 인양시 달줄, 달포대 등을 사용하지 않음으로 인한 낙하
Deck Plate 작업	·개구부 및 단부에서의 추락 ·데크 플레이트 운반시 공동작업자와의 작업상 호흡 불일치로 인한 추락 ·작업장소로 이동시 기둥의 승강로에서의 추락무리한 작업계획으로 인한 피로의 누적 ·안전시설(방망) 미비로 인한 제3자의 낙하·비레 ·안전시설(방망, 안전대 부착시설) 미비로 인한 추락 ·이동시 근로자 부주의로 인하여 전단연결재(stub bolt)등에 걸려 추락 ·예기치 않은 돌풍으로 인한 추락
달비계조립 및 해체 작업	·자재의 인양시 결쇠절기작업의 불량으로 인한 제3자의 낙하재해 ·크레인의 부속철물(후크, 와이어, 샤클 등) 손상으로 인한 낙하 ·자재를 인양하여 내리기 위하여 결쇠절기작업을 수행할 때 개구부 및 단부에서의 추락 ·인양된 자재를 받아내릴 때 개구부 및 단부에서의 추락 ·자재의 운반시 공동작업자와의 작업상 호흡 불일치로 인한 추락 ·이동시 근로자 부주의로 인하여 전단연결재(stub bolt)등에 걸려 추락 ·작업장소로 이동시 기둥의 승강로에서의 추락 ·안전시설(방망) 미비로 인한 제3자의 낙하·비레 ·안전시설(방망, 안전대 부착시설) 미비로 인한 추락 ·예기치 않은 돌풍으로 인한 추락

3. 철골공사작업형태 및 위치에 따른 현황분석

본 연구는 1992년도부터 2002년도까지 한국산업안전공단의 빌딩공사의 재해사례 1,635건 중 철골공사를 대상으로 재해발생확률을 분석하였고, 1991년 1월~1997년 3월 동안 한국산업안전공단에서 조사한 중대재해사례 중에서 철골공사에서 발생된 총 103건의 재해를 그 대상으로 재해발생 현황을 분석하였다.

3.1 철골공사 작업형태별 재해발생확률2)

<표2>에서는 철골공사에서 발생한 재해를 대분류·중분류 및 소분류로 나누어서 각각에 해당하는 재해발생확률을 나타낸 것이다.

<표2> 철골공사 작업형태별 재해발생확률 분석

대분류	중분류	소분류		재해발생 확률(100%)
		요소작업	재해건수	
철골공사	철골부재	·	32	17.8
	고장력 볼트/용접			
	철골부재운반	·	43	23.9
	철골부재	철골조립 (기둥/보)	46	25.6
	현장시공	데크플레이트 설치	30	16.7
	달비계조립/해체	·	8	4.4
이동	·	17	9.4	
내화피복	·	4	2.2	

2) 고성성, 송혁, 건축공사 공종별 위험도에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 2004년 5월

표2.에서 보는 바와 같이 철골공사의 소분류 중 철골부재 현장시공의 철골 조립과정에 있어서 재해건수는 46건, 재해발생 확률은 25.6%로 다른 세부공종에 비해 가장 많은 재해발생소지를 안고 있다.

3.2 철골공사 작업형태별 재해발생현황)

그림2는 철골공사 작업수행중 재해발생시 재해발생 형태별로 분류하여 발생빈도를 분석한 그래프이다.

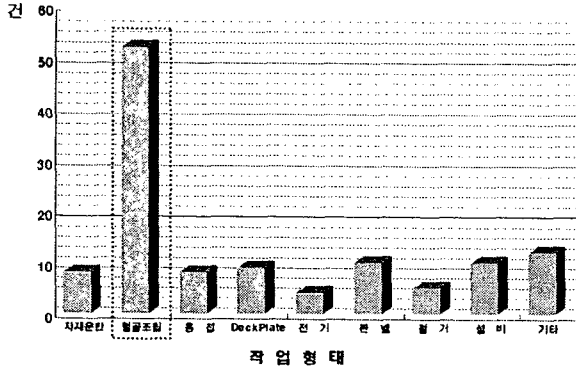


그림2. 철골공사 작업형태별 재해발생 현황

작업 형태별로 재해현황을 분류한 결과 철골 조립 작업 중일 때 발생된 재해가 전체 재해 중 50.5%(52건)을 차지하여 가장 높게 나타났으며, 그 다음이 판넬 작업에서 9.7%(10건), 자재 운반작업과 용접작업에서 각각 7.8%(8건)의 순으로 나타났다. 엄격히 구분한다면 자재운반이나 용접작업도 철골건립과 연관되는 공정으로 분류될 수 있으며, 판넬작업은 마감공사로 분류할 수 있다. 철골공사에서는 대부분의 재해가 철골건립에서 발생되고 있음을 알 수 있다. 그러므로 이와 같이 재해빈도가 높은 공정에서는 안전성 확보를 위해 사전에 재해원인을 파악하여 근로자들이 사전에 인지할 수 있는 안전지침을 수립할 필요가 있다.

3.3 재해발생 위치에 따른 현황 분석

<표3>는 재해발생 위치에 따라 재해발생건수를 분석한 결과이다. 철골공사 총103건의 재해 중 철골보에서 43건으로 41.7%를 차지한 것으로 분석되었으며, 다음으로 지붕 15건(14.6%), 철골기둥 11건(10.7%)을 차지한 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 주로 보 설치작업에서 다수의 재해가 발생되고 있다는 것을 보여주며 그림3은 <표3>을 그래프로 나타낸 것이다.

<표3> 재해발생 위치에 따른 현황

구분	철골보	철골기둥	작업발판	장비	Slab	지붕	Deck Plate	기타	계
건수	43	11	7	1	7	15	9	10	103
비율 (%)	41.7	10.7	6.8	1.0	6.8	14.6	8.7	9.7	100

3) 건설공사 안전작업절차서 개발에 관한 연구(철골공사 안전작업절차서), 한국산업안전공단, 1997.12

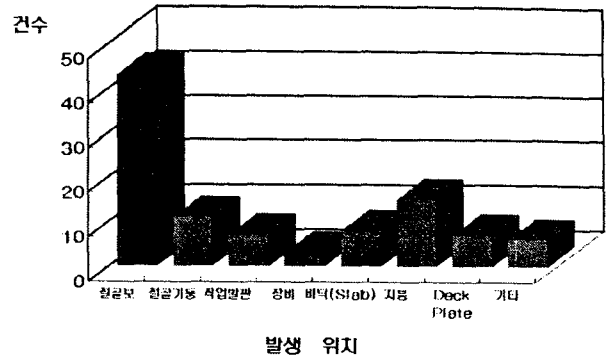


그림3. 재해발생 위치에 따른 현황

보 설치 작업에서 재해가 많이 발생했다는 것은 그만큼 보 부재 설치시 안전관리가 시행되어야 한다는 것을 보여준다.

4. 보 설치시 안전관리 요소

4.1 보 설치시 재해형태

재해발생확률, 재해발생빈도를 조사한 결과 보설치 작업에서 재해발생확률이 크다는 것을 알 수 있다. 따라서 보 설치시에 일어나는 재해 유형을 사전에 인지하기 위해 보 설치시에 나타나는 재해원인을 파악하고자 한다. 본 연구에서는 그림4에서와 같이 보 설치 작업을 작업전, 보 부재의 하역작업, 보 부재의 인양, 보의 가체결, 보의 본체결의 다섯가지의 세부작업으로 나누어서 각 세부작업에 대한 재해 형태의 원인을 분석하였다.

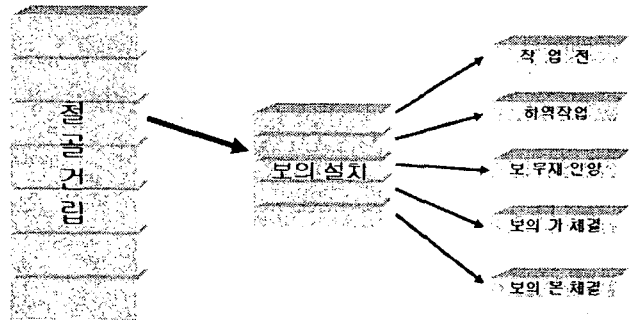


그림4. 보 설치의 세부작업

4.2 보 설치시 재해원인

<표4>는 위와 같이 다섯가지로 나눈 세부작업에 대해 각각의 재해원인을 정리한 것이다.

<표4> 세부단위작업에 따른 재해원인

분류	세부작업	재해원인
보 조 립	작업 전	작업자 중 신규작업자 미확인, 특별안전교육의 미흡
		기계기구, 공구 등의 준비 및 점검의 미흡
		인양기계의 안전점검 미흡
		개인보호구 지급점검의 미흡
		작업신호 통일의 확인 미흡
		통신시설 점검의 미흡
		보 부재의 중량 미확인
		부재의 하역 및 가설장소의 미확인
		입하장, 크레인, 운전원, 조립현장 상호간의 연결대책의 미흡

보 부 재 하 역 작 업	비계, 방호망, 용접용 바람막이, 기타 가설설비의 미흡
	컴프레서, 용접용 전원의 용량 및 위치의 부적합
	철골 소 부재의 가 적치장 미설치
	불충분한 용량의 인양기계 선정
	정해진 크레인 작업반경 미준수
	하역 작업장내에 관계자 출입 통제 미흡
	안전대 지지로프, 작업발판, 승강설비, 와이어로프 등의 미설치
	하역시 받침목의 위치변경필요시 하역부재의 밑에 위치
	보부재의 전도방지조치 미흡
	하역시 횡적 인양방법의 선택
보 의 인 양	트럭의 진입로 및 입하장소 부근정리의 미흡
	트럭의 적하물의 편재된 하역
	크레인의 용량 및 부재의 중량 등의 고려미흡
	걸이용 결쇠의 미사용
	와이어 각도 미준수
	선회와 인양의 동시수행
	선회 범위내에 작업원 및 차량출입의 미확인
	부적절한 속도의 이동
	기동의 안전대 미설치
	이음판의 탈락
보 의 가 체 결	부재와의 충돌
	철골조립자 운전원등의 통신의 부정확
	보위로의 이동시 안전장치 미흡
	공구, 재료의 보관시 관리 소홀
	강풍 또는 폭우
	달대비계 인양시 작업원 탑승
	작업 발판의 붕괴 또는 탈락
	작업발판의 미설치
	접합면의 녹상태 미확인
	filler plate에 부족에 대한 미확인
보 의 본 체 결	기계공구의 미점검
	사용할 볼트의 지름,길이 미확인
	거셋플레이트 및 이음판에 변형, 휘어짐, 구부러짐, 모서리 손상의 미확인
	하부플랜지의 이음판교체시 부주의
	설계장력에 맞지않는 볼트의 사용
	혼합 가스배관의 파손 및 가스누설
	용접용 비계의 미확인
	용접시 유해한 결함

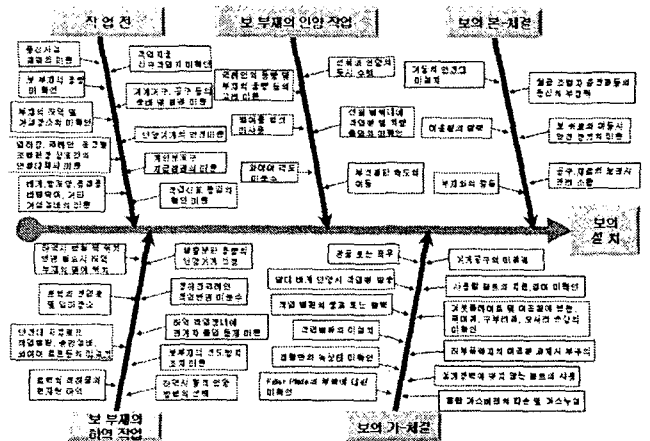


그림5. 보부재 설치의 Cause-and-effect diagram

대한 안전관리 연구가 대부분이었기 때문에 세부적인 작업수준으로 연구가 진행되지 못하였고, 적용범위가 미흡하였다. 이에, 철골 조립에서의 공정을 재해형태 및 발생 위치에 따라 현황을 분석하고, 보 설치시 작업을 다섯가지의 세부단위로 분류하여 원인을 분석하였고, 분류표와 특성요인도로 알기 쉽게 작성하였다.

향후 본 연구를 기초로 각 재해원인의 대책을 마련하여 건설현장 내에서 더욱더 효율적으로 사용되어질 수 있는 체크리스트개발이 이루어져 작업수행 전에 위험요인의 사전인지가 가능토록 하여 사고예방을 할 수 있도록 하여야 할 것이다.

6. 감사의 글

처음으로 논문을 접하면서 막막함이 남았지만, 물심양면으로 도와주신 김창덕 교수님이 계셨기에 여기까지 올 수 있었습니다. 미숙하고 실수투성인 저희들을 끝까지 놓지 않으신 교수님께 감사드리며, 논문 때문에 궁금한 것에 대해서 언제나 해답과 방향을 알려준 21C건설 연구실의 태식형과 상혁형에게 감사드립니다.

참고문헌

1. 김동춘, 김화중, 철골공사 중대재해 분석을 통한 위험성 평가 방법에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 2001
2. 건설공사 안전작업절차서 개발에 관한 연구(철골공사 안전작업절차서) 산업안전관리공단, 1997
4. 安泓燮, 高聖錫, 建築鐵骨作業의 災害防止를 위한 方案에 관한 研究, 1996
5. 김인호, 건설사업의 리스크 관리, 기문당, 2001
6. 고성석, 송혁, 이재용, 건축공사 공종별 위험도에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 2004

4.3 Cause-and-effect Diagram 작성

<표4>에서 나타낸 보 설치시 세부단위 작업에 따른 재해원인을 토대로 알기쉽게 알아볼수 있도록 그림5와 같이 Cause-and-effect Diagram을 작성하였다.

5. 결론

과거 철골공사의 안전관리를 위한 선행 작업의 연구가 활발하였으나, 이러한 연구는 대개 전체적인 프로세스에

Abstract

As the scale of building construction is larger and more complex, accident is increasing on the steel structure work process. But Safety-Inspection has been carried out through many other checklists in the workplace, it hasn't been used actively. Because checklist wasn't written at the level of specific work and applied scope is insufficient. So, we must grasp accidental cause about detailed work for making safety management checklist accurately. For this study, we are confining a range to steel structure work of all the building construction. We will classify steel structure process into the detailed work for preventing accident. And we will grasp accidental cause about detailed work for developing the checklist in the future.

Key Words : Steel Structural Work, Safety Management, Check-list