

사례분석을 통한 이동식 크레인의 안전성에 관한 연구

김 병 석* · 양 용 구*

Abstract

이동식 크레인과 관련한 안전사고가 다발하고 있음에도 국내 대부분의 건설현장에서 아직도 관리감독자와 크레인 운전자의 경험에 의존하여 장비를 선정하고 운용하고 있는 실정이다.

본 연구를 통해 건설현장에서 발생한 이동식 크레인 전도사고사례와 위험성 평가를 실시한 결과 이동식 크레인을 이용한 안전한 자재 양중작업을 위하여 중량물의 무게·형상, 인양장비 제원, 정격하중, 작업반경 등을 고려한 중량물 취급작업계획을 작성·준수하고 이동식 크레인의 제작·설계기준 준수를 위하여 이동식 크레인 제조사에서 제공하는 사용(취급)설명서를 준수하며 위험성 평가 결과가 실제 이동식 크레인을 사용한 양중작업에 적용 가능하도록 지속적인 관리 등이 요구됨을 알 수 있었다.

Keywords : 이동식 크레인, 전도사고, 양중작업, 안전조치 미준수

1. 서론

건설공사의 규모가 대형화, 고층화, 다용도화됨에 따라 자재양중, 인건비 절감 등을 이유로 건설기계의 사용이 증가하고 있다. 특히 고소작업장소로의 자재양중을 위하여 이동식 크레인의 사용이 증가하여 안전사고의 위험이 증가하고 있다.

이동식 크레인과 관련한 안전사고가 다발하고 있음에도 국내 대부분의 건설현장에서 아직도 관리감독자와 크레인 운전자의 경험에 의존하여 장비를 선정하고 운용하고 있는 실정이다. 따라서, 위험성 평가를 통한 안전성 검증과 확보로 장비의 효율적인 운용이 요구된다.

이에 본 연구에서는 이동식 크레인 전도사례 분석을 통하여 양중작업시의 이동식 크레인의 안전작업방법에 대하여 연구하고자 한다.

* 한국교통대학교 안전공학과

2. 크레인에 대한 고찰

2.1 크레인의 정의

크레인이란 동력을 사용하여 중량물을 매달아 상하 및 좌우(수평 또는 선회를 말한다)로 운반하는 것을 목적으로 하는 기계 또는 기계장치를 말한다.

2.2 이동식 크레인의 정의

이동식 크레인이란 원동기를 내장하고 있는 것으로서 불특정 장소에 스스로 이동할 수 있는 크레인으로서 동력을 사용하여 중량물을 매달아 상하 및 좌우(수평 또는 선회를 말한다)로 운반하는 설비로서 건설기계관리법을 적용받는 기중기 또는 자동차관리법 제3조에 따른 화물·특수자동차의 작업부에 탑재하여 화물운반 등에 사용하는 기계 또는 기계장치를 말한다.

2.2.1 이동식 크레인의 종류

1) 자주식 크레인(Mobile Crane)

- 크레인에 차륜 또는 크롤러를 갖추고 레일에 의존하지 않고 이동할 수 있는 크레인

2) 유압식 자주 크레인(Hydraulic Mobile Crane)

- 크레인 동작의 전부 또는 대부분을 유압식 기구에 의해 작동되는 자주 크레인

3) 기계식 자주 크레인(Mechanical Mobile Crane)

- 크레인 동작의 전부 또는 대부분을 기계식 기구에 의해 작동되는 자주 크레인

4) 크롤러 크레인(Crawler Crane)

- 하부 주행체의 주행부에 크롤러 벨트를 사용한 자주 크레인

5) 트럭 크레인(Truck Crane)

- 하부 주행체의 주행부에 타이어를 사용하고, 하부 주행체 및 상부 선회체에 각각 운전석이 있는 자주 크레인

6) 휠 크레인(Wheel Crane)

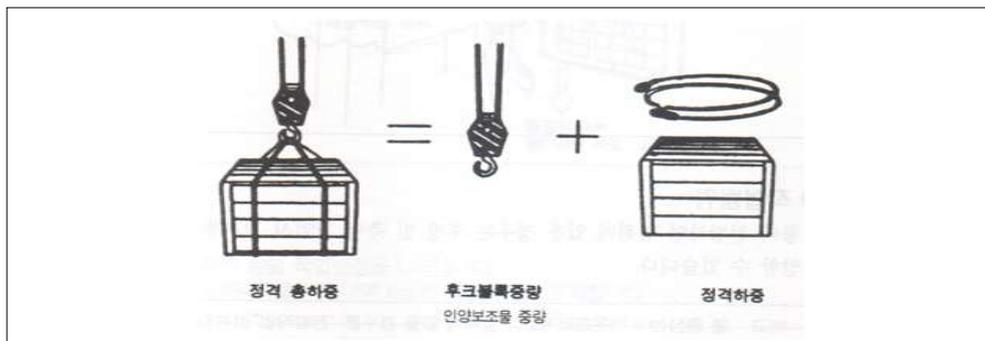
- 하부 주행체의 주행부에 타이어를 사용하고, 한 개의 운전석과 원동기를 가진 자주 크레인



[그림 1] 이동식 크레인의 종류

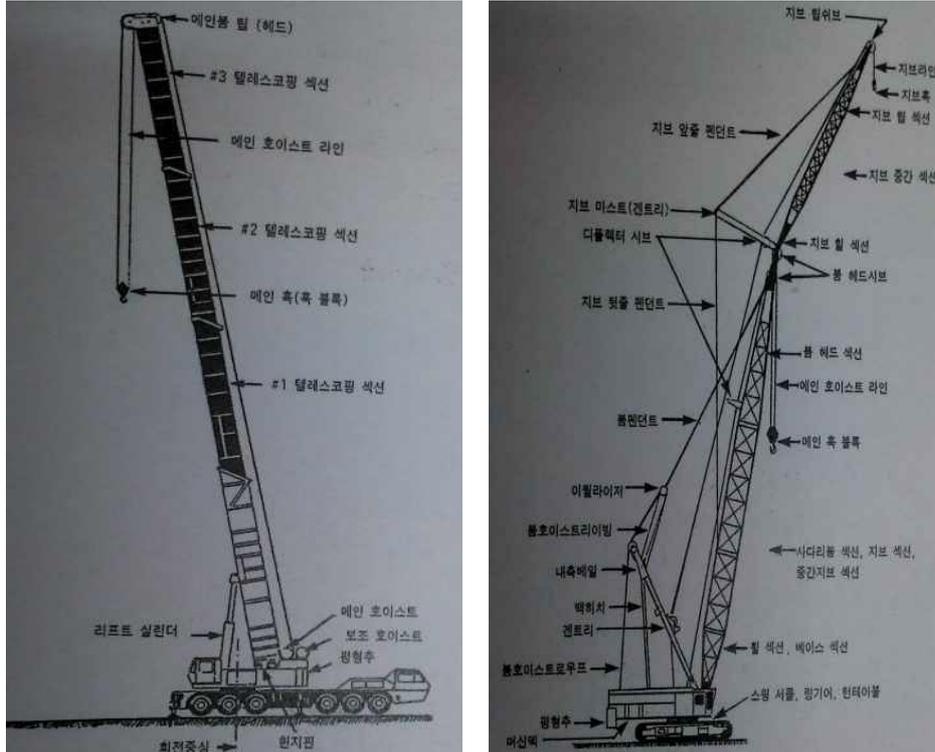
2.3 정격하중

정격 총 하중에서 후크 블록 및 인양 보조물의 무게를 뺀 하중을 말한다. 정격 총 하중이란 작업반경과 붐 각도에 따라 허용되는 최대인양능력을 말하며, 후크 블록 및 인양 보조물의 무게를 포함하는 하중이다.



[그림 2] 정격하중

2.4 이동식 크레인의 각부 명칭



[그림 3] 이동식 크레인의 각부 명칭

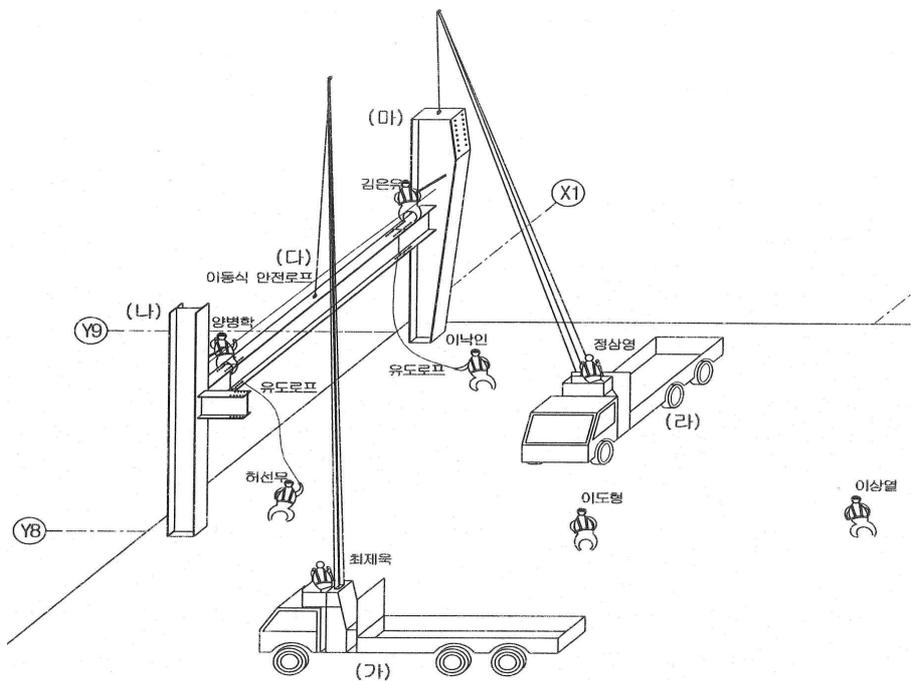
3. 이동식 크레인 전도사례 연구

3.1. 재해개요

- 2012. 02. 16(목) 13:50경
- 경기 이천시 마장면 소재 (주)○○이엔씨가 시공하는 (주)○○ 물류센터 신축현장에서 피재자 카고크레인 기사(남, 54세)가 지상 3층 철골조립작업장에서 카고크레인(5톤) 조종석에서 철골보를 조립하려던 순간 카고크레인이 운전석방향으로 전도되면서 인근 카고크레인 및 철골기둥과 충돌하여 피재자는 지상 3층 카고크레인 조종석에서 지상 1층 외부 바닥으로 추락(h≒11m)하여 사망하고, 인근 카고크레인 기사는 카고크레인 조종석에서 부상을 입고, 철골기둥 위에서 보 조립작업 준비 중이던 철골공은 지상 1층 외부 바닥(h≒15m)으로 추락하여 부상을 당한 재해임.

3.2 재해발생과정

- 당 현장은 지하 2층, 지상 4층 물류창고 신축공사 현장으로 재해발생 당일 지상 3층 철골 조립 작업 중이었음
- * 지하2층~지상 2층 : PC(Precast Concrete)구조, 지상 3층~지상 4층 : 철골구조
- 13:10경부터 피재자 등 8명이 이동식 크레인 2대를 사용하여 지상 3층 철골 조립 작업에 투입되어 철골 기둥 조립 작업을 시작함.
- ※ (가) 카고크레인 제원 : 모델명 SS2036S, 제조사 동양기전(주), 2008년도 제작(재해자)
- (라) 카고크레인 제원 : 모델명 SS2036S, 제조사 동양기전(주)



[그림 4] 재해상황도

- 13:10경부터 재해발생 당시 13:50경까지 당시 철골기둥과 보 조립 순서 및 재해 발생 과정은 다음과 같음
- ① (가) 카고크레인을 이용하여 (나) 철골기둥 조립
- ② (라) 카고크레인으로 (마) 철골기둥을 가조립하고 줄걸이 유지상태에서
- ③ 13:50경 (가) 카고크레인이 (다) 철골보를 양중하여 (나)와(마)철골기둥의 보 브라켓트에 조립하려던 중
- ④ (가) 카고크레인이 양중 하중을 이기지 못하고 전면(운전석)방향으로 전도(복)되면서 (라) 카고크레인의 조종석을 강타하고 (나) 철골기둥과 충돌하여

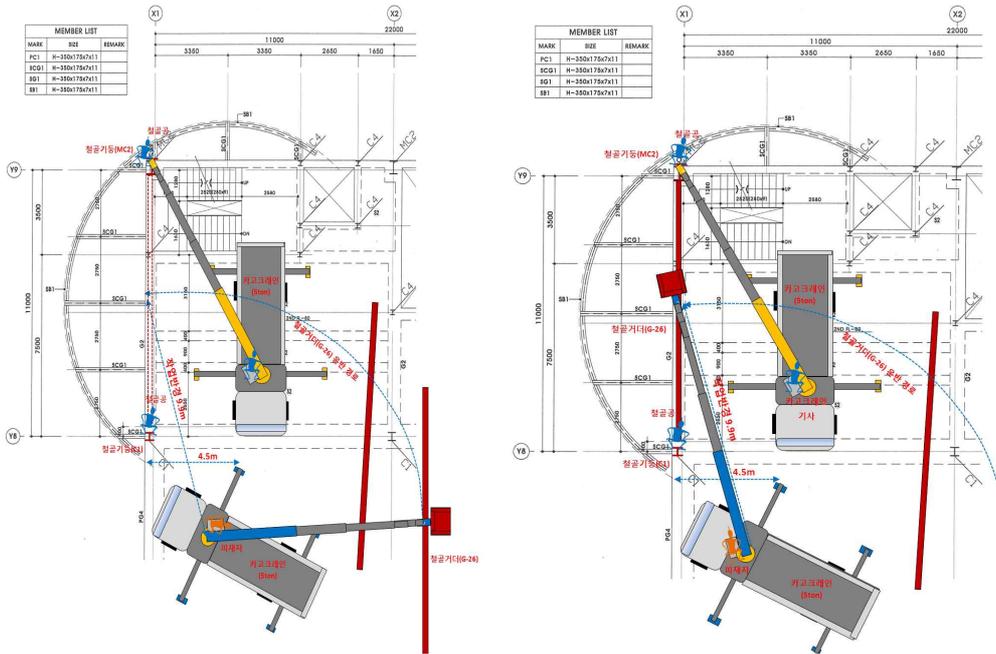
- ⑤ (가) 카고크레인 기사는 조종석에서 튕겨나오면서 지상 1층 외부 바닥(h=11m)으로 추락하여 사망하였고, (라)카고크레인 기사는 다리에 골절상을 당하였고, (나)철골기둥에서 조립작업 준비중이던 근로자도 지상 1층 외부 바닥(h=15m)으로 추락하여 부상당하였음.
- ※ 가조립된 철골기둥(나, 마)에는 철골보 조립을 위해 철골공이 1명씩 준비중이었음.
- ※ (다) 철골보(G-26) 제원 : 총중량 2.1톤, 길이 8.8m,
(가) 카고크레인 양중 하중 : 약 2.2ton(철골보 2.1톤, 작업대 0.1톤)



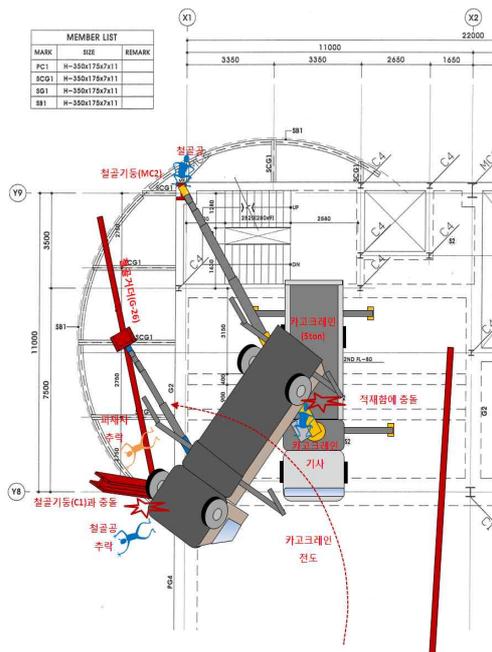
[그림 5] 재해현장 전경



[그림 6] 전도된 이동식 크레인 2



[그림 7] 철골거더 인양전 이동식 크레인 배치 상황



[그림 8] 이동식 크레인 전도시 상황 1

3.3 재해발생 원인분석

3.3.1 전방작업조건 미준수

재해발생 당시 카고크레인의 붐 중심선은 전방 우측방향으로 약 45°로 향하여 전방 작업 범위에 있었고, 장비 취급 설명서에 의하면 전방작업 범위에 있을 경우 정격총하중의 25%만 인양할 수 있음

3.3.2 공차시 정격 총하중표에 의한 정격 총하중 미준수

<표 1> 공차시 정격 총하중표

구분	수치	비고
총하중	2.2ton 이상	철골거더+작업대
작업반경	약 9.9m	
붐길이	13.7m 이상	4붐상태(2, 3단붐 최대확장 및 4, 5, 6단붐 일부 확장)
붐각도	44° 이상	작업반경, 양중높이로 추정

- 위 조건으로 공차시 정격 총하중표에 의하면 정격하중은 1,400kg 미만이며, 전방 작업범위에서 작업시 정격하중의 25%인 350kg 미만까지만 인양할 수 있음.

- 재해발생 당시 총하중이 약 2,200kg 이상으로 정격하중(350kg)을 훨씬 초과하여 카고크레인이 전도된 것으로 추정됨

3.3.3 하중지시계에 의한 공차 시 정격 총하중 미준수

- 4붐상태, 붐각도 약 44°

- 하중지시계에 의하면 정격하중은 약 1,300kg이며, 전방 작업범위에서 작업시 정격 하중의 25%인 325kg 미만까지만 인양할 수 있음

※ 『작업반경-양정도』에 의한 정격 총하중, 붐각도

- 4붐상태, 작업반경 9.9m

- 『공차시 정격 총하중표』의 1,400kg에 해당되며, 붐각도는 약 45°임

3.4. 재해예방대책

3.4.1 과부하의 제한 조치 준수 철저

- 카고크레인(5ton)을 이용하여 철골거더 인양 작업시, 정격하중을 준수하여야 함.

- 전방작업 범위에서의 작업은 지양하고, 부득이할 경우 정격총하중의 25%만 인양 하도록 하여야 함.

3.4.2 카고크레인 사용설명서 준수 철저

- 카고크레인을 사용하여 철골 조립 작업시 취급설명서에 명시된 정격 총하중(전방 작업범위)을 준수하여야 함.

4. 이동식 크레인 양중작업시 위험성 평가

<표 2> 이동식 크레인 양중작업시 위험성 평가표

작업 활동 (단위 작업)	위험요인	재해 형태	위험 등급	개선 대책 (기술적, 관리적, 교육적측면 고려)
이동식 크레인	신호수 미배치로 작업중 자재에 충돌	충돌	상	신호수 배치하여 자재 인양 안전하게 유도
	인양와이어로프가 자재 인양중 끊기면서 낙하	낙하	상	와이어로프 등 인양로프는 손상이 없고 견고한 것을 사용
	자재 인양중 아웃트리거가 침하되면서 전도	전도	상	아웃트리거는 견고하고 평탄한 지반에 거치
	고압선 근처에서 작업중 붐대가 고압선에 걸리면서 감전	감전	하	고압선 등 위험물 인근에서 작업시 신호수 배치하여 접근 한계 거리 유지
	붐의 각도를 과하게 올리거나 내리던중 전도	전도	상	붐의 각도는 인양하중 조건표에 따라 적정하게 유지
	자재 인양중 자재가 크게 흔들리면서 충돌	충돌	중	자재 인양시에는 유도로프 등을 사용하여 자재가 인근구조물에 걸려 요동치는 것 방지
	붐대를 세운채로 운행중 크레인 전도	전도	하	붐대를 세운채로 운행 금지
	이동식크레인을 경사지에 설치하여 작업중 전도	전도	하	이동식크레인은 평탄하고 견고한 지반에 거치
	후크 해지장치가 미설치 되어 자재 인양중 자재 낙하	낙하	중	인양후크에는 후크 해지 장치 설치하여 사용
	과부하 방지장치 고장으로 중량물 인양중 붐대 격입	격입	하	과부하 방지장치 등 안전장치 수시 점검

* [평가등급 : 상(사망,중상), 중(경미한 중,경상), 하(경상,앗차사고)] [관리대상여부 :상]

5. 결 론

본 연구에서는 건설현장에서 이동식 크레인을 이용한 안전한 자재 양중작업을 위하여 이동식 크레인 전도사고사례와 위험성 평가를 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 이동식 크레인을 이용한 양중작업시작전에 관리감독자가 해당 작업, 작업장의 지형·지반 및 지층의 상태, 권과방지장치 등에 대한 사전조사 실시하고 중량물의 무게·형상, 인양장비 제원, 정격하중, 작업반경 등을 고려한 중량물 취급작업계획을 작성하여 준수하여야 한다.
- 2) 이동식 크레인의 제작·설계기준 준수를 위하여 이동식 크레인 제조사에서 제공하는 사용(취급)설명서를 준수하여야 한다.
- 3) 양중작업을 위한 이동식 크레인 선정시에는 전방, 후방, 측방작업여부와 제조사에서 제공하는 취급설명서상의 공차시 정격 총하중표, 작업반경~양정도 및 하중지시표 등을 고려하여야 한다.
- 4) 위험성 평가 결과가 실제 이동식 크레인을 사용한 양중작업에 적용 가능하도록 지속적인 관리가 요구된다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 조순문, “건설공사 인양장비 안전작업 매뉴얼”, 한국산업안전보건공단, pp55~59, 1999.
- [2] 노민기, “건설업 공중별 위험성 평가모델”, 한국산업안전보건공단, pp395~396, 2009
- [3] 백헌기, “건설중대재해사례와 대책”, 한국산업안전보건공단, 2011.
- [4] 김선국, “이동식 크레인의 최적 선정 및 안정성 검토 연구”, 경희대학교, 2008.
- [5] 산업안전보건법 산업안전보건기준에 관한 규칙 제9절 양중기, 2011. 7. 6 개정