

국내 건설현장 타워크레인

안전진단 관리시스템 모델에 관한 연구

Article 06

A Study on the Safety Inspection System Model of The Tower Crane a Construction Site in Korea



윤인수
우리협회 이사
한국안전경영 대표
건설안전 기술사 / 공학박사

1. 서론

1.1 연구의 배경과 목적

최근 국내에서는 인구의 도시 집중, 지가의 상승 등으로 아파트 및 상업용 초고층 건축물에 대한 수요급증과 산업플랜트, 교량, 그리고 댐 공사 등의 구조물 역시 대형화되는 추세에 있다. 국내초고층 건축물의 건설은 주상복합 등의 주거용 건축물을 중심으로 빠른 속도로 증가하고 있다.

이러한 작업 환경에서의 타워크레인에 대한 재해는 대부분 대형사고로 이어지고 있다. 이에 대한 안전대비책이 시급한 실정이다. 이러한 상황에서도 건설 현장의 고층화와 작업반경의 광역화 등으로 인한 타워 크레인의 효율성은 더욱 더 확대되고 있다. 그리고, 타워크레인의 높은 효율성과 작업 성과에도 불구하고 타워크레인으로 인한 중대재해는 여전히 줄지 않고 있는 실정이며, 오히려 타워크레인 사고의 결과는 중상 또는 사망재해로 연결되어 높은 재해 강도를 나타내고 있다.

본 연구에서는 타워크레인의 중대 재해 요인과 영향인

자를 현장 전문가 집단의 설문 조사를 통하여 재해 발생 형태별로 분석 할 것이다. 그리고, 불안정한 상태의 기인물을 평가하는 작업을 설계 단계에서부터 제시하고, 구조적인 안전성을 평가하며, 설치, 운전 및 해체작업 단계에서의 안전성을 평가하는 절차 및 안전진단 모델을 구축하고, 국제 관련 제도와 이들 사고의 예방차원에서 사전 점검 및 검사가 어떻게 이루어지는지를 살펴보고, 그 대안으로 적절한 타워크레인 안전성확보를 위한 관리시스템 모델을 사례로서 제시하고자 한다.

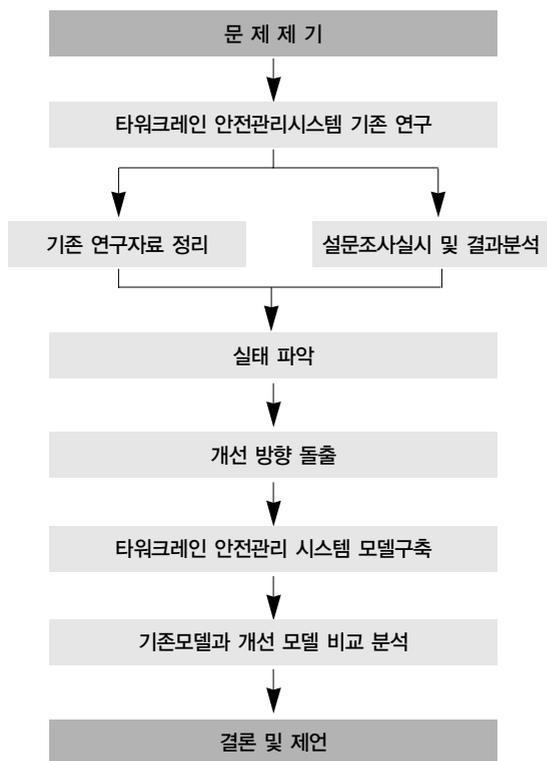
1.2 연구 범위와 방법

1.2.1 연구 범위

본 연구는 현재 건설현장에서 건설자재 등 중량물을 용이하게 운반하기위해 많이 사용되고 있는 타워크레인을 대상으로 현장 조사 및 문헌을 통하여 결과를 정리 하였으며, 국제 관련 제도와 산업안전보건법 제34조, 36조 등에 의한 검사제도의 운영에 대한 타워크레인 관리시스템을 연구하였다.

1.2.2 연구 방법

본 연구는 아래 [그림 1-1]에서와 같이, 우리나라의 건설현장에서 사용되고 있는 타워크레인의 현황과 특성, 관련법령의 고찰, 외국의 검사시스템 등을 파악하고, 이를 토대로 하여 설문지의 항목을 선정 후 각계에 현실을 정확히 파악하여 우리나라의 새로운 타워크레인 관리시스템을 제시하고자 한다.



[그림 1-1] 연구 방법

2. Tower Crane의 정의 및 유형

2.1 Tower Crane의 정의

타워크레인은 산업안전보건법 제34조에서 크레인의

근원적인 안전성을 확보하기위하여 “크레인의 제작기준·안전기준 및 검사기준”마련하였고 제3조 용어의 정의에서 “타워크레인(TOWER CRANE)”이라 함은 수직 타워의 상부에 위치한 지브를 선회시키는 크레인을 말한다.”고 언급하고 있다. 특히, 타워크레인은 “건설장비 중 하나로 전기를 사용하여 모터로 움직이는 건설기계로 인력으로 운반할 수 없는 대형 건축 자재들을 동력을 사용하여 들어 올리거나 이것을 수평으로 운반하는 것을 목적으로 하는 설비”라고 할 수 있다. 특히, 대도시의 밀집 고층 건축 공사에 많이 사용되어 지고 있다. 최근에는 플랜트 건설, 철탑 건설 또는 항만 하역용의 타워크레인이 다양하게 제작, 운영되고 있다.

2.2 Tower Crane의 유형

타워크레인의 종류를 크게 나누자면 2종류로 나뉘어 지게 된다. 먼저 우리나라에 가장 많이 있는 T자형

[표 2-1]. 타워크레인 기능에 따른 분류

타워크레인 유형	특징
 <p>T자형</p>	국내 타워크레인의 주종을 이루는 형식이다. 주로 작업반경내에 장애물이 없을 때 사용한다.
 <p>LuffingJib형</p>	T형 타워크레인은 지브가 고정되어 있는데 비하여, LuffingJib형은 고공권 침해 또는 타 건물에 간섭이 있을 경우 선택되는 장비로 Mobile Crane처럼 지브를 상하로 움직여 작업물을 인양할 수 있다.

[표 2-2]. 연도별사고발생현황(1991~2006)

발생연도	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
사고발생 건수	1	1	2	4	5	9	4	5
발생연도	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
사고발생 건수	7	2	4	6	10	4	6	3

타워크레인' 이 있다.

그리고 2번째는 'Luffing Jib 형 타워크레인' 있는데 차이점은 아래 [표 2-1]과 같다.보통 T자형 타워크레인 같은 경우는 고공방해가 없는 현장에 설치를 하게 되지만 현장 주변에 높은 건물들이 있을 때에는 메인집이 다른 건물에 접촉이 되기 때문에 운용이 쉽지가 않다. 따라서, 이런 현장 여건에 맞추어진 타워크레인이 러핑형 타워크레인이다.

이 밖에도, 설치 유형별로 타워크레인을 고정형, 센트럴 발라스트형, 상승형, 주행형으로 나눌 수 있다.

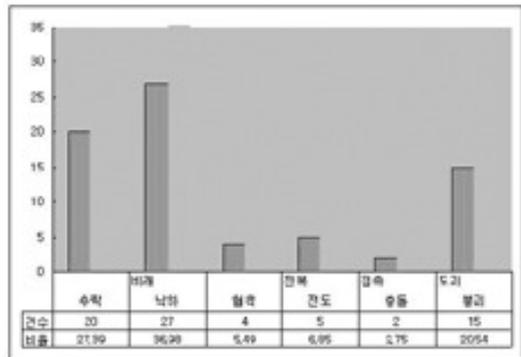
2.3 국내 Tower Crane의 사고 현황

타워크레인의 사고 분석은 총사고 건수 73건에 대하여 실시하였으며 본 자료는 한국산업안전공단, 노동부 등의 사고보고 자료를 인용하였다. 기간은 1991년부터 2006년 5월까지에 해당되는 자료임.

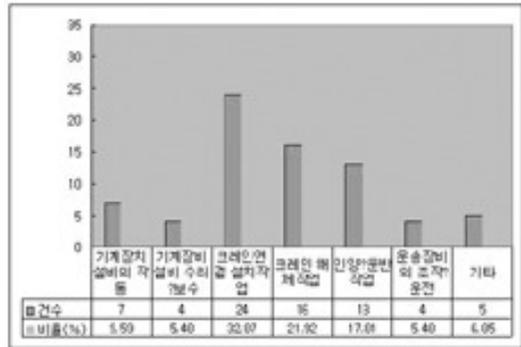
연도별 사고발생 현황을 살펴보면 크레인 재해가 가장 많이 발생한 해는 '03년도로서 10건(13.69%), '06년도 9건(12.33%), '99년 7건(9.59%), '05, '02년도 6건(8.22%)의 순으로 발생되었으며, 총 69건의 크레인 사고로 인한 사상자수는 144명으로서 사망 81명(56.25%), 부상 63명(43.75%) 발생으로 타워 크레인 재해 발생시 상당한 재산상의 손실뿐 아니라 그중 재해자 중 약56%가 사망재해로 사고 발생시는 중대한 인명피해를 가져오고 있다. [2] [6]

73건의 사고 중 낙하·비레가 27건(36.98%), 추락이 20건(27.39%), 붕괴·도괴가 약 15건(20.54%)으로서 낙하, 비레 및 추락 재해가 전체 재해의 약 65%를 차지하고 있다.

이 수치를 <그림 2-1>가 보여준다.



[그림 2-1] 발생형태별 사고 빈도



[그림 2-2] 작업내용별 사고빈도

작업내용별 발생 현황을 분석하여 보면 <그림 2-2>처럼 크레인 설치작업 시 24건(32.87%), 크레인 해체 작업 시 16건(21.92%), 인양·운반작업 시 13건(17.81%), 기계장치 설비의 작동 시 7건(9.59%)의 순으로 발생되었다.

2.4 재해 증가원인 및 문제점

타워 크레인 재해 증가원인으로는 최근 타워크레인 설치·해체물량은 크게 증가하고 있으나 숙련공의 수는 증가하지 아니하여 작업일정에 맞추기 위해 신호체계, 작업 순서 등 안전수칙을 무시한 채 성급하게 작업을 강행하는 경향 때문이다. 또한, 타워크레인 사고는 주로 설치·해체 과정에서 볼트를 제대로 체결하지 않는 등 작업순서 미 준수, 시공업체와 임대업체가 장비 임·대차 및 설치·해체공사에 대해 대부분 일괄하여 계약하고, 임대업체는 설치·해체업자에게 외주를 주어 시행함으로써 시공업체는 전문지식 부족 등을 이유로 관리감독자를 배치하지 않고, 임대업체도 장비관리자만 입회시켜 사실상 설치 및 해체작업자 독립으로 작업을 수행한다.

대부분 업체가 고정인력을 보유하지 아니하고 필요시 팀을 구성하여 설치·해체작업을 수행하고 있다. 타워 크레인은 최초 설치 시 안전검사를 받은 후, 3개월마다

자체적으로 중간검사를 하도록 하고 있다. 그러나 외부 기관의 검사가 아닌 건설현장의 자체검사에 그치 때문에 공정성과 객관성에 문제가 제기되고 있다. [8] [10]

2.5 Tower Crane 검사시스템문제분석

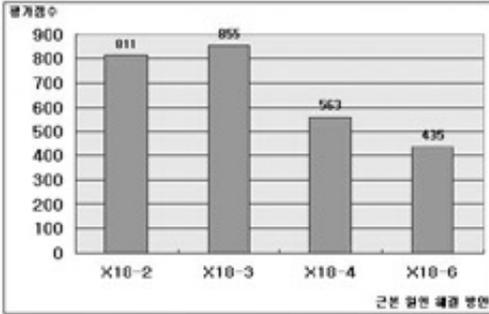
본 연구에서는 타워크레인 안전진단 검사시스템 문제점과 안전관리실태 분석에서의 재해 증가 원인 및 문제점, 현장 관리감독 시스템 설문조사를 통하여 타워크레인 안전관리시스템 구축 및 재해를 줄일 수 있는 중요변수를 아래 <표 2-3>에서 정리하였다.

분석방법은설문분석 후 다차원 회귀분석을 통한 항목 X18-2, 3, 4, 6에서의 근본 해결 원인변수와타워크레인 사고 현황 및 분석하였다. 또한 국내 건설사 사례를 통하여 현장 중요변수를 지정하고, 최대한 객관적인 연구관점을 도출하기 위하여, 2명의 현장전문가와 1명의 진단전문가를 통하여 브레인스토밍과 X-Y Matrix 기법을

[표 2-3]. X-Y Matrix 기법을 적용한 문제분석

현장 중요 변수		설문항목 중요변수											
		X18-2			X18-3			X18-4			X18-6		
		시급성(A1), 실행가능성(A2), 개선정도(A3) (상 9점, 중 5점, 하 1점)											
중요도 (매우 중요 9점, 보통 5점, 낮중요 3점)	중요도 적용	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
안전수칙을 무시한 작업일정 및 작업순서	9	9	9	9	9	5	9	1	5	9	5	5	9
전문지식 부족 및 외주업체 관리제도	5	5	9	1	5	9	5	5	1	1	5	1	1
비정규 고정인력팀 구성을 통한 작업 활동	5	1	5	1	9	5	1	5	5	5	1	5	5
건설현장 관리감독 검사기준 미준수	9	9	5	9	5	5	9	1	5	5	1	1	1
국제표준 규격 및 법적 기준의 미비한 관리감독	9	5	5	5	9	1	5	1	1	1	1	5	5
타워크레인 현장근무자 사전지식 미비	5	1	1	1	1	5	1	1	5	5	1	1	1
진단 전문 검사 요원 및 현장 근무자의 불성실	3	5	1	5	1	1	5	1	5	1	1	1	1
미비한 현장 교육활동	5	1	5	1	5	5	1	5	5	9	1	1	1
항목별 소 합계		277	277	257	313	225	277	113	209	241	109	145	181
총 평가점수		811			855			563			435		
우 선 순 위		2			1			3			4		

적용하여 중요변수를 우선 순위화를 하였다. 그리고 해결해야 할 근본 원인을 관리적 관점에서 제시하였다.



[그림 2-3] XY-Matrix 평가 결과

앞 <표 2-3>와 [그림 2-3]의 결과, XY-Matrix 기법을 적용한 타워크레인 안전진단 관리시스템의 근본 해결 방안은 현장에서의 중요변수와 근본 해결 방안에서의 변수들을 고려한 결과 1순위 X18-3(안전점검 확인 및 강력한 법적 규제), 2순위 X18-2(안전진단 실시간 모니터링 시스템 구축 및 확인), 3순위 X18-4(안전교육 및 전문직 종사자 현장 운영) 4순위 X18-6(전문 안전진단 외부 업체 선정)으로 나타났다.

종합적 관점에서 본다면, 일반적인 요구사항일 수도 있지만, 본 연구에서의 조사 결과, X18-2와 X18-3은 현장의 관리·감독·진단을 모두 포함하는 관점이고, X18-4와 X18-6은 현장 내부에서의 선택적 활동이기 때문에 현장 관리차원에서의 해결 방안이 될 것으로 판단된다.

타워크레인 관리시스템상의 문제는 재해 및 사고를 최소한으로 줄이고, 안전한 현장을 관리 감독할 수 있는 현실적인 강력한 근본 해결방안은 X18-2와 X18-3이 가장 중요한 우선 개선 대상으로 평가된다. [11][12][13]

3. Tower Crane의 관리시스템 모델 구축

3.1 관리시스템의 개요

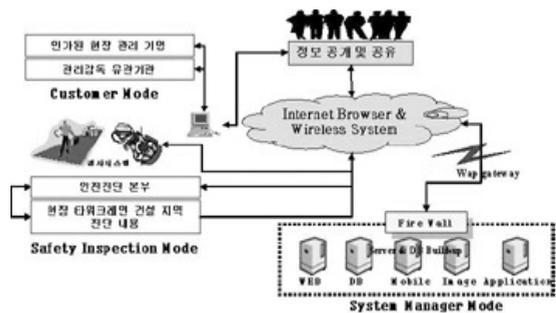
3.1.1 Tower Crane 관리시스템 개발의 필요성

Tower Crane은 그 사용 범위가 날로 확대되어가고 있다. 건설업의 대규모 프로젝트에 타워크레인이 도입되면서 효율성은 여실히 입증되었다. 일례로는 경부고속철도에 교량 가설 구간 및 고층건물의 건설현장의 각 공정에 필요한 가설부재 및 공사용 자재들을 신속하고 정확하게 이송시키는 데 사용되고 있다. 때에 따라 신속한 작업을 위해 무리하게 운행하여 안전사고로 이어지는 경우가 있다.

이와 더불어 타워크레인의 지속적인 안전운행을 위해서는 형식적인 검사를 탈피하여 장비 반입 전부터 해체 시까지 해당 관계자들이 모두 참여하여 확인하는 정확한 관리시스템이 운영이 되어야 할 것이다.

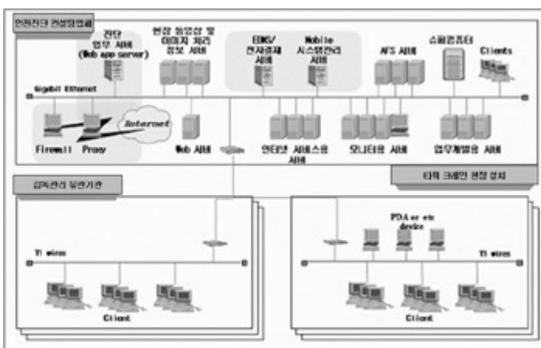
3.1.2 Tower Crane 관리시스템

타워크레인 안전관리시스템 구성도는 아래 [그림 3-1]과 같고 타워 크레인 진단 시스템은 [그림 3-2]와 같



[그림 3-1] 타워크레인 관리시스템 구성도

다. 시스템 구성도를 보면, 건설 현장 관리 기업, 관리감독 유관기관, 안전진단 컨설팅업체, 타워크레인 설치현장 진단내용이 실시간으로 구성되도록 하였으며, 차후 RFID 와 GPS를 연동할 수 있도록 고려하였다. 제안된 관리시스템 구성에서 본 연구는 3-Tier 관점에서 구현 Web Application을 통한 안전진단관리시스템의 효율성과 효과성을 제시하는 것이므로, 이에 대한 구현사례를 본문 내용 다음절에서 제시하였다.



[그림 3-2] 타워크레인 진단시스템 Infra Architecture

3.1.3 Tower Crane 안전진단시스템구현

시스템 개발도구는 Visual Basic 6.0, 드림위버, ASP를 이용하여 개발하였으며, 특히, 드림위버를 주 개발도구로 선택하였다.

‘드림위버’은 XML, CSS의 주요 기능이 확장되어 짧은 시간에 더 많은 작업을 할 수 있다. 또한, HTML 확대기능과 현장에서의 진단 내용을 다루는 템플릿작성 작업 효율성을 누릴 수 있고, 본 연구에서의 구현을 통한 논의 관점을 충분히 반영할 수 있기 때문에 사용되었다. 그리고 서버와 DB는 Hosting 전문업체를 통한 코로케이션을 이용하였다.

본 연구에서의 논의관점의 일부인 안전진단 관리시스

템 개발은 관리적 측면에서의 Application을 통한 효율성과 효과성을 확인하고, 이에 대한 논의 관점을 제시하는 것이 목적이다. 결과적으로, 원격 네트워크시스템을 이용하여 타워크레인 관리시스템과 현장 진단내용 사이의 정보 전달과 작업 상황 등의 실시간 모니터링 시스템을 실제 적용하기 위한 사례를 구축하고자 한다.

[그림 3-3]에서는 관리자 로그인 화면이다. 건설 현장 관리 기업에 대한 식별 회사코드, 아이디, 비밀번호, 신규등록을 통하여 관리모드를 컨트롤 할 수 있다.



[그림 3-3] 관리자 로그인 화면



[그림 3-4] 안전진단 등록업체 정보

관리자 모드를 통해서 건설 현장 관리기업 로그인 확인이 되면, 위 [그림 3-4]와 같은 등록 업체의 기본정보와, 현재 타워크레인 안전진단 정보를 통하여 건설현장, 일자, 진단프로세스 상태, 연락처, 진단 내용 및 조치 사

결과적으로, 위에서 제시한 타워크레인 관리시스템 도입 후에는 산업재해를 줄일 수 있으며, 국내·외 타워크레인 안전관리시스템 규격과 실시간 모니터링을 통하여 타워크레인관련 모든 기관에 대해서 정보를 공유할 수 있는 이점을 확인할 수 있었다.

앞으로, 본 연구에서 제시된 개선방안을 기준으로 시스템을 확장하여, HSDPA, 무선영상 송·수신 및 제어 기술과 RFID, GPS 기술을 이용하여 타워크레인 운전원에게 양중자재 및 이동정보를 실시간으로 정확히 제공할 수 있는 지능형 타워크레인의 개발이 된다면 실용성이 있는 현장 관리감독 및 정확한 진단 확인이 보다 더 정밀하게 진행할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론 및 제언

본 연구에서는 산업재해를 최소화 할 수 있는 안전진단관리시스템 모델 구축을 위해 타워크레인의 중대 재해 요인과 영향인자를 현장 전문가 집단의 설문 조사, 사고사례, 국가별 제도, 기업별 사례를 통해서 찾아내고, X-Y 매트릭스 평가기법을 통하여 이에 대한 개선방안을 제시하였다.

따라서 계획에서 종료보고서 완료에 이르기 까지 전체적인 타워크레인 안전관리 시스템을 통한 빠른 Feedback 의사결정 지원, 현장 관리에 대한 조치 및 확인이 가능하다.

이에 대한 결과로 타워크레인으로 인한 산업재해를 최소화하는데 도움이 될 것으로, 본 연구논의 관점은 의미가 클 것으로 판단된다.

타워크레인 역시 이제는 글로벌 경쟁 환경의 경쟁도구로 등장함에 따라 한국 표준 규격(KS)을 국제규격에 맞게 제정하고 있다. 과거 외국의 여러 타워크레인을 사용한 우리는 규격 제정에 둔감했지만 지금 현재는 우리나라 자체 타워크레인의 보급률이 날로 높아지고 있어 이러한 변화는 당연한 것이라 볼 수 있다.

더불어 강조되고 있는 사항은 있는 사항은 역시 안전 관리에 대한 지적과 그 중요성의 증가라 할 수 있다.

특히, 타워크레인 종사자들의 영세성을 감안하여 특별 교육 대상으로 타워크레인 운영자들을 포함하였고 타워크레인의 설치 및 해체 시 안전관리를 유도하기 위해 현장 관리감독자를 배치하여 작업을 지휘케 하고 있다.

향후 안전 검사 매뉴얼도 국제 규격에 맞추어 나갈 예정이다.

건설현장에서는 산업안전보건법에 의한 형식적인 검사가 이루어지기 쉽고 문제점 발견 시에는 즉각적인 유지·보수의 후속조치가 이루어지지 못하고 있어 Tower Crane의 근원적 안전 확보를 위한 검사시스템의 도입의 계기가 마련되었으면 한다.

또한 향후, 본 연구에서 제시된 시스템을 기준으로 HSDPA, 무선영상 송·수신 및 제어기술과 RFID, GPS 기술을 이용, 현 시스템을 보완하여 타워크레인 운전원에게 양중자재 및 이동정보를 실시간으로 정확하게 제공하고 현장안전관리감독자에게는 신속한 진단내용 확인이 가능케하는 등 즉시 대처할 수 있도록 하여 재해를 최소화 할 수 있는 지능형 타워크레인으로 개발되고 발전되기를 기대한다.

참고 문헌

1. 이원근, “타워크레인 안전성제고 방안 연구-웹기반 실시간 모니터링 시스템 개발을 통하여”, 2002
2. 건설사망재해시리즈 11, 타워크레인 사용작업편, 한국산업안전공단, 1996
3. 김덕윤 편, 실용 크레인 편람, 대광서림, 1998
4. 노동부 (1993), 「크레인 제작기준·안전기준 및 검사 기준」, 93(29) 1, 노동부 고시.
5. 포스코건설 (2005), 「타워크레인 자체검사 보고서」.
6. 한국산업안전공단 (1991~2006), 「타워크레인 재해현황」.
7. 한국산업안전공단 (2003), 「선진검사기관 및 제작 업체 검사기술 습득 출장 결과 보고」.
8. 한국산업안전공단 (2003), 「타워크레인설치, 해체작업안전」.
9. 한국산업안전공단 (2005), 「타워크레인 검사 선진기술 및 최신기기 자료습득 출장결과보고」.
10. 한국산업안전공단 (2005) 「타워크레인 재해예방대책」.
11. 한국산업안전공단 (2006), 「크레인·프레스 검사기준의 선진화 개선연구」.
12. 한국산업안전학회 (1997), 「각국의 건설안전제도의 현황과 비교」.
13. 한국 산업안전공단 (2000), 「한국산업안전공단 주요외국의 산업안전보건제도 및 재해활동」.
14. Anil Sawhney, and Andre Mund 2002, “Adaptive Probabilistic Neural Network-Based Crane Type Selection System”, Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 128, No. 3, pp.49.
15. Arthur W.T.(1999). “Leung, and C.M. Tam, Models for Assessing Hoisting Times of Tower Cranes”, Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 125, No.6, pp.385-391.
16. Asfahl C R (1997), "Industrial Safety and Health Management", Prentice hall, 2nd. ed.
17. ISO (1995-1999), "ISO TC96 SC7 Tower Crane 표준 규격집".
18. Rober L.B. (1990), "Safety and Health for Engineers", Van nostrand reinhold.[19. Sue cox, etc..(1996), "Safety System and People journal", V15.