

중량물 설치 시 이동식 크레인 기종선택에 관한 연구

정재복, 유호선*[†]

한양대학교 공학대학원 플랜트엔지니어링 전공, *숭실대학교 기계공학과

HA Study on the Selection of Mobile Crane Model for Heavy Equipments Installation

Jae-Bok Jeong, Ho-Seon Yoo*[†]

Course of Plant Engineering, Graduate School of Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

*Department of Mechanical Engineering, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea

(Received May 7, 2012; revision received June 15, 2012)

ABSTRACT : This study focuses on avoiding the failures from the wrong selections by experiences as simulation programs is not available, and suggests the methods which effectively select the alternatives when the selected model is not appropriate for the original plan. First, CC8800-1K of DEMAG has the longest boom whose length is 216 m at the maximum. The combination of the boom is feasible to second level except for MANITOWOC M 2250 (M-1200 RINGER) which is possible to third level. Second, the angle of boom is from 20 degrees to 82 degrees. Suitable angle to work is in the 55-78 degrees. The working load of crawler type and hydraulic one to be applied is 75-85% in the critical loads capacity. As increasing operating radius, crawler type is a favorable position over hydraulic one. Lastly, related problems were verified through examination by suggestions for the design of the selection methods for the case analysis. The major problems are stemming from the selection based on its experiences, unreasonable demand for the existing facility and repeated selections by the designer who accumulates his experiences via same or similar projects.

Key words : plant construction (플랜트 시공), heavy equipment installation (중량물 설치), mobile crane (이동식 크레인), selection of crane (크레인 선정)

1. 서론

플랜트건설프로젝트가 대형화 추세에 있고, 작업여건이 열악한 플랜트시공현장의 공정을 줄여 단위플랜트 주설비의 품질확보 및 공기단축의 방안으로 주설비의 제작 중량은 대형화되고 있다. 현장조건에 따른 최적의 크레인을 선정하는 것은 생산성뿐만 아니라 프로젝트의 원

가, 공기 등의 측면에서 매우 중요하다. 따라서 사전계획에 따라 적합한 크레인을 선정하는 일련의 작업은 전문지식을 필요로 하나 사용기간이 짧은 경우 경험에 의한 크레인의 선정이 아직도 많은 실정이다.

플랜트시공현장의 주설비인 대형물을 들어 올려 정확한 위치에 안착하는 설치공사에 적용할 수 있는 대형 이동식 크레인의 선정은 전문지식을 필요로 하나 구체적으로 정립된 이론이 없어 일부전문가만이 가능하다.

본 연구에서는 대형물 설치 시 적합한 이동식 크레인의 기종 선정방법을 연구하여 경험에 의한 이동식 크레인의 선정 오류로 인한 사고를 방지하고, 시공현장의 상황이

[†] Corresponding author
Tel. +82-2-820-0661; Fax +82-2-820-0668
E-mail address: hsyoo@ssu.ac.kr

선정기종을 사용할 수 없을 경우 유사기종을 쉽게 선정할 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다. 플랜트시공현장의 대형물 설치 시 적합한 이동식 크레인 기종의 선정방법을 연구하기 위하여 다음 세 가지 방법으로 연구하였다.

첫째, 크레인의 정의와 종류를 조사하고 플랜트시공현장의 주설비인 대형물 설치에 주로 사용되는 국내보유 300톤 이상의 대형 이동식 크레인 22기종의 특징을 기종별로 분석하였다.

둘째, 이동식 크레인의 선정 영향요소를 조사하여 작업에 적합한 붐의 각도, 작업하중, 작업반경과 인양하중의 상관관계를 분석하였다.

셋째, 이동식 크레인의 선정방법의 설계안을 제안하여 선정사례분석으로 제안된 설계안을 검증하고, 선정사례를 분석하여 문제점을 도출하고 문제점에 대한 해결방안을 제안하였다.

2. 이동식 크레인에 대한 고찰

2.1 크레인의 정의 및 종류

‘크레인(crane)’이라 함은 동력을 사용하여 중량물을 매달아 상하 및 좌우로 운반하는 것을 목적으로 하는 기계 또는 기계장치를 말한다. 크레인 제작·안전·검사 기준에서는 크레인을 “혹이나 기타의 달기기구를 사용하여 하물의 권상과 이송을 목적으로 일정한 작업 공간 내에서 반복적인 동작이 이루어지는 기계”라고 정의하고 있다.

건설기계관리법상 크레인은 “기중기”라는 명칭으로 분류하고 있으며 그 범위를 ‘무한궤도 또는 타이어식으로 강재의 지주 및 선회장치를 가진 것. 다만, 레일식인 것을 제외한다.’고 규정하였다. 즉, 이동식 크레인만을 건설기계로 포함하며 그 외의 크레인은 포함하지 않는다는 내용이다.

크레인은 용량, 이동유무 등 여러 가지로 분류되고 있지만 건설현장에서 가장 많이 쓰이고 전반적으로 가장 널리 알려진 크레인의 종류에 따른 분류는 이동식 크레인, 타워 크레인, 천장식 크레인으로 나누고 있다.

이동식 크레인은 안정성을 위하여 무게중심과 관련된 고정된 주행로가 필요 없이 주행 및 권상이나 권하를 할

수 있고 마스트와 조합할 수 있는 크레인이다. 타워 크레인은 T형과 러핑형으로 구분되는데 T형 타워 크레인은 수직타워 상부에 위치한 수평지브가 있는 회전 붐 크레인이고, 러핑형 타워 크레인은 수직타워 상부에 위치한 기복(luffing)지브가 있는 회전 붐 크레인이다. 천장식 크레인은 브리지(bridge)를 따라 이동할 수 있는 지브(jib) 크레인 혹은 권상장치(hoist) 및 크랩(crab)에 매달린 하중조절장치를 가진 크레인이다.

2.2 이동식 크레인의 종류

2.2.1 트럭 크레인

트럭 크레인(truck crane)은 주행트럭 위에 360° 선회용 크레인을 장착한 것으로 트럭 운전실과 크레인 운전실이 별도로 설치되어 있다. 기동성이 좋고 20° ~ 40° 경사진 곳까지 올라갈 수 있으나 협소한 공간이나 습지대에서는 작업이 곤란하다. 공간이 넓은 장소에서의 하역작업에 사용되고 있고, 건설공사에는 조립주택, 철골조립, 자재의 적재운반에 사용된다.

2.2.2 휠 크레인

휠 크레인(wheel crane)은 크롤러 크레인의 크롤러 대신 고무타이어를 장착한 것으로 트럭 크레인과 달리 원동기가 한 개로써 크레인 작동과 주행을 한 곳에서 운전사 1명이 조작 가능하므로 편리하고 경제적이다. 주행속도는 트럭 크레인에 비하여 느리고 부수작업, 좁은 공간 작업에 사용된다.

2.2.3 전천후 크레인

전천후 크레인(AT, all terrain crane)은 트럭 크레인과 험지용 크레인의 장점을 조합하여 개발된 전천후 휠 크레인으로 주행성과 협소지 및 험지작업성이 뛰어나고 다용량물 인양 등의 특징이 있다. 구동 및 조향방식은 전륜구동-전륜독립 조향방식이며 주행속도는 시속 70 km에 축 완충장치(suspension)기능을 가지고 있으며, 국내에서는 80 ~ 1,200톤이 상용화되어 있다. 유럽 및 미국 시장은 전천후 크레인이 주류를 이루고 있다.

타이어형 크레인에서 전후, 좌우방향에 안전성을 주어 기중작업을 할 때 전도되는 것을 방지해주는 아우트리저(outriger)는 빔을 완전히 퍼서 바퀴가 지면에서 뜨도록

하고 평탄하고 굳은 지면에 설치해야 한다.

최근 크롤러 크레인은 대상공사의 대형화에 따라 권상 능력의 증대, 안전성의 확보, 원가절감, 공기단축 등의 요구로 대형화의 경향이 현저하다. 용량은 16톤에서 3,200톤까지 골고루 있으며 대형크레인은 초대형발전 소건설, 교량공사, 해상 자켓(jacket)의 조립 등에 사용된다.

대형 크롤러 크레인은 미국, 독일 등에서 개발된 링커(linker), 가이데릭(guy derrick), 트랜스리프터(translifter), 아메리칸 호이스트(american hoist), 대막 크레인(demag crane) 등이 많이 사용되고 있으며 주요 특징은 봄 후방에 높은 마스트(mast)를 설치하여 봄에 작용하는 압축력의 경감을 피하고, 기계후방으로의 전도에 영향을 받지 않는 형으로 카운터 웨이트(counter weight)를 증가하고 마스트로부터 후방의 가이라인(guyline)으로 크레인의 전도를 방지하고 권상능력이 우수하다.

특히 트랜스리프터는 카운터 웨이트를 별도 크롤러에 탑재하여 본체로부터 후방으로 멀리 떨어뜨려 두고, 전방의 봄, 마스트를 지지하여 프레임(frame)과는 빔(beam)으로 연결한 구조이다.

2.2.4 험지용 크레인

험지용 크레인(RT, rough terrain crane)은 봄 3 ~ 4단, 신축식 대형타이어를 장착하여 구동력이 크고 권상주행 시 안정성도 크다. 부정지, 연약지 및 악조건의 도로 등에서 작업이 가능하다. 어태치먼트(attachment)를 부착하여 이동이 가능하고 기초공사용 등에도 사용하며 4륜 조향이 가능하여 좁은 곳에서도 회전이 가능하다. 주행 및 기중작업이 동일 시스템으로 가동되도록 설계 제작된 크레인으로, 주행속도가 시속 40 ~ 50 km로 이동성은 부족하나 일정지역 내 협소지나 험지에서의 소용량물 인양작업에 매우 효율적이며 통상 25 ~ 50톤이 많이 사용되고 있다.

2.2.5 무한궤도식 크레인

무한궤도식 크레인(crawler crane)은 크롤러를 장착한 차대에 크레인을 탑재한 것이다. 안정성이 좋고 30° 경사진 곳까지 올라갈 수 있다. 연약지반이나 협소한 장소에서의 작업이 가능하다. 이동 시 비용이 많이 들고 기동성이 나쁘나 플랜트공사의 설치작업에 많이 사용된다.

2.3 이동식 크레인의 특징분석

크레인 제조기술 보유국은 독일, 미국, 일본이 주도하고 있으며 1990년 후반에 국내 삼성중공업에서 소형 크롤러 크레인을 만들어 판매를 한 적이 있지만 A/S에 문제점이 많아 크롤러 크레인 사업을 포기했다. 크레인 제조 유명 회사로는 독일의 LIEBHERR과 DEMAG, 일본의 KOBELCO와 HITACHI-SUMITOMO, 미국의 MANITOWOC이 있다. 최고 무게중량을 들어 올릴 수 있는 크레인 제조국가는 독일, 미국으로 1,000톤 이상까지 들어 올릴 수 있는 크레인 제작기술을 보유하고 있다.

Table 1 에는 국내에 보유하고 있는 이동식 크레인 중 플랜트시공현장의 주설비인 대형물 설치에 주로 사용되는 300톤 이상의 대형 이동식 크레인 22기종의 특징을 주행장치와 봄의 형식에 따라 분석하여 기종별 특징을 분류하였다. 크롤러 크레인은 격자식 봄을 가진 것이 일반적이며 14기종이었고 신축식 봄을 가진 기종은 없었다. 유압식 크레인은 주행트럭에 신축식 봄을 가진 것이 일반적이며 6기종이며 주행트럭에 격자식 봄을 가진 것은 2기종이 있었다. 봄의 조합은 모든 기종이 2단까지 가능하고 MANITOWOC M 2250(M-1200 Ringer) 기종은 3단까지 조합할 수 있으며, 봄의 길이가 최대인 것은 DEMAG의 CC8800-1K 기종으로 216 m까지 연장이 가능하고 봄의 최대길이를 인양높이를 예측할 수 있다.

3. 이동식 크레인의 선정 영향요소 분석

크레인의 선정은 지형, 작업반경을 고려한 이용가능 면적, 기계가 위치하는 지반강도, 풍향, 풍속, 기온 등의 작업장 조건과 취급물의 단위 중량, 형상, 크기, 이동높이 또는 거리, 이동속도, 이동회수, 작업량 등을 검토하고 작업 시의 기계손료, 운전경비, 기동성, 사용 후의 이동성을 고려하여 종류, 형식, 용량 등을 선택한다.

3.1 봄의 각도

3.1.1 이동식 크레인 봄의 각도

봄의 종류는 마스트 봄과 보조 봄 그리고 지브 봄으로

Table 1. Feature analysis by its models

Maker	Model	Max. capacity (ton)	Travelling mechanism	Boom type	Max. boom length (m)
DEMAG	1) CC8800-1K/Twin	3,200	Crawler	Lattice	108+108
	2) CC8800-1K	1,800	Crawler	Lattice	108+108
	3) AC 700	700	Truck	Telescopic + Lattice	60+90
	4) TC 2800-1	600	Truck	Lattice	96+96
	5) CC 2600	450	Crawler	Lattice	72+78
LIEBHERR	1) LR 11350	1,350	Crawler	Lattice	114+84
	2) LTM 11200-9.1	1,200	Truck	Telescopic + Telescopic	106
	3) LR 1800	1,000	Crawler	Lattice	91+91
	4) LTM 1800	800	Truck	Telescopic + Lattice	60+91
	5) LG 1750	750	Truck	Lattice	91+105
	6) LTM 1500-8.1	500	Truck	Telescopic + Lattice	51+91
	7) LR 1450-K	450	Crawler	Lattice	77+91
	8) LTM 1400	440	Truck	Telescopic + Lattice	50+84
	9) LTM 1300	330	Truck	Telescopic + Lattice	55+70
MANITOWOC	1) M 2250(M-1200 Ringer)	1,300	Crawler	Lattice	61+61+37
	2) M 18000	750	Crawler	Lattice	91+95
	3) M 250	450	Crawler	Lattice	91+37
	4) M 16000	400	Crawler	Lattice	96+84
	5) M 250 S2	300	Crawler	Lattice	91+37
KOBELCO	1) SL 6000	550	Crawler	Lattice	84+84
	2) CKE 4000 C	400	Crawler	Lattice	78+66
	3) KOBELCO 7300	300	Crawler	Lattice	86+36

구분할 수 있다. 마스트 붐은 가장 기본이 되는 붐이며, 철골구조의 상자형이나 유압으로 작동되는 텔레스코픽형 붐이 있다. 보조 붐은 길이를 연장하기 위하여 중간에 끼우는 붐이며, 마스트 붐의 1/2이 가장 이상적이다. 지브 붐은 붐의 끝단에 전장을 연장하는 붐이며, 훅(hook) 작업을 할 때만 사용한다. 지브 붐 길이는 붐 포인트핀 중심에서 지브 붐 포인트핀까지의 직선거리이다.

붐의 최적각도는 66° 30', 최소제한각도는 20°, 최대제한각도는 격자식 붐(lattice boom)은 78°, 신축식 붐(telescopic boom)은 82° 이고, 기계의 능력은 기본 붐의 최대허용각도 75° ~ 78°에서 최대이며 붐의 각도가 작으면 하중을 들어 올릴 수 있는 능력이 떨어지고 각도가

너무 큰 경우는 선회 시 요동이 심하거나 붐이 뒤로 넘어지는 일이 발생하므로 붐의 각도는 55° ~ 78° 범위가 적합하다.

3.1.2 이동식 크레인의 후방안정성

자주식 기중기에 과대한 카운트 웨이트를 다는 것을 피하고 후방에 안정성을 주기 위한 규제무게의 배분상태를 말한다. 이 경우 중량의 배분은 평탄하고 단단한 지표면과 최소작업 반지름 안에서 무부하 상태에서 행하며, 아우트리거가 달린 것인 경우에는 아우트리거를 제거한 상태로 행한다.

① 무한궤도식

중량물 설치 시 이동식 크레인 기중선정에 관한 연구

봄이 향하는 축의 전복지선에 걸리는 하중의 한계가 건설기계 무게의 15% 이상이어야 한다.

② 타이어식

좌우방향으로는 봄의 중심선을 포함하는 연직면이 주행장치의 주행방향과 직각으로 될 경우 그 봄이 향하는 축의 앞바퀴에 걸리는 하중의 합계는 그 건설기계 무게의 15% 이상이어야 한다.

전후방향으로는 봄의 중심선을 포함하는 연직면이 주행장치의 주행방향과 일치할 경우 앞바퀴에 걸리는 하중의 합계가 건설기계 무게의 15%의 값에 평균윤간거리(L_a)를 축간거리(L)로 나눈 값을 곱하여 얻은 값 이상이어야 한다. 식(1)은 타이어식의 후방안정도(S)를 구하는 식이다.

$$S = 15 \frac{L_a}{L} \times 100\% \quad (1)$$

이 경우 평균윤간거리(L_a)는 전·후축의 윤간거리가 틀릴 경우 당해 전·후축의 윤간거리를 산술평균한 값으로 하고 축간거리(L)는 앞축 중심에서 뒷축 중심까지 거리로 하며, 3축이 있는 경우는 앞축 중심에서 중간축과 뒷축 중심까지의 거리로 한다.

3.2 작업하중

트럭 크레인의 작업하중은 임계하중의 85%로 하고, 크롤러 크레인의 작업하중은 임계하중의 75%로 한다.

임계하중이란 들 수 있는 하중과 들 수 없는 하중과의 임계점을 말한다. 즉, 최대하중을 들어 올렸을 때 뒷부분이 들릴려고 할 때 임계하중이 되며 이 하중에서는 작업이 불가하며 좌우로 회전할 경우 크레인이 전복될 우려가 있다.

크레인의 규격은 표준 봄을 사용하여 들어 올릴 수 있는 무게를 톤(ton)으로 표시하고 호칭하중은 최대작업하중으로 표시한다. 작업하중이란 하물을 들어 올려 안전하게 작업할 수 있는 하중을 말한다.

3.2.1 위험지역 작업하중

위험지역의 작업하중은 임계하중의 50%로 한다. 물체를 높이 끌어 올리거나 깊이 구멍이에 물건을 반입시킬

때 와이어로프(wire rope)에 걸리는 스프링효과 때문에 실제의 중량보다 큰 중력을 이겨내야 되므로 이를 고려하여야 한다.

3.2.2 형강류, 철골 트러스, 패널류 등 작업하중 바람에 의한 하중의 요동, 자중에 의한 휨, 크레인의 수평선회에 따른 관성선회, 매다는 부속설비에 의한 중량의 증가, 중심위치의 설정 등의 문제점 때문에 취급할 때보다 작업하중을 충분히 적게 책정하여 안전을 확보한다.

3.3 작업반경과 인양하중의 상관관계

이동식 크레인의 작업반경과 인양하중은 반비례관계에 있다. 즉, 작업반경이 커지면 인양하중은 작아지고 작업반경이 작아지면 인양하중은 커진다. 인양높이와 인양하중과의 관계도 인양높이가 높아지면 인양하중은 작아지고 인양높이가 낮아지면 인양하중은 커지는 반비례관계에 있음을 알 수 있다. 봄의 각도와 인양하중과의 관계는 봄의 각도가 커질수록 인양하중은 커지고 봄의 각도가 작아질수록 인양하중은 작아지는 비례관계에 있음을 알 수 있다. 지브를 사용하면 인양하중은 현저히 작아지고, 어태치먼트(ringer, balast)를 사용하면 인양하중의 증가는 물론 안정성을 확보할 수 있다.

Fig. 1은 작업반경의 증가에 따른 크롤러 크레인과 유압식 크레인의 인양하중변화를 나타내고 있다. 곡선 A는

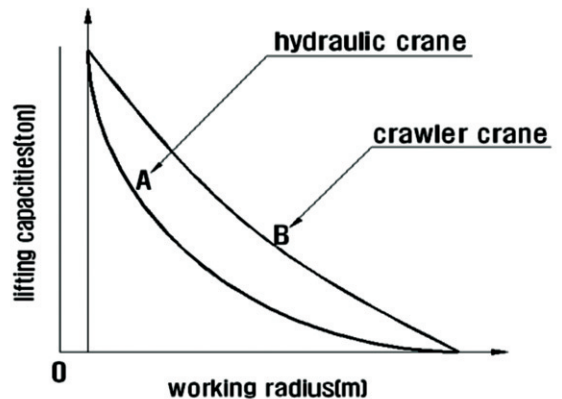


Fig.1 Correlation with working radius and lifting capacities

크롤러 크레인의 인양하중변화이고, 곡선 B는 유압식 크레인의 인양하중변화이다. 즉, 크롤러 크레인은 곡선 A와 같이 작업반경이 커짐에 따라 인양하중의 변화는 비례적으로 거의 직선에 가깝게 변화하지만, 유압식 크레인은 곡선 B와 같이 작업반경이 커짐에 따라 인양하중이 현저히 작아져 작업반경이 커지면 크롤러 크레인이 유리함을 알 수 있다.

4. 이동식 크레인 선정방안의 제안

Fig. 2는 이동식 크레인의 선정 프로세스이며 인양물의 크기, 중량확인, 붐 길이, 작업반경, 인양하중에 의해 인양능력을 검토하여 기종을 선정한다.

① 인양물의 정의

인양물의 규격, 중량을 결정한다. 인양물의 형태에 따라 폭, 높이, 길이, 지름을 확인한다. 중량은 달기기구가 필요할 경우에는 예외하중을 포함한다.

② 설치위치 확인

설치높이, 수평거리를 확인한다. 설치높이는 설치위치의 수직높이에 인양물의 높이 또는 지름을 더하고 달기기구가 필요할 경우에는 그 높이를 더한다. 수평거리는 크레인이 작업할 부지에서의 거리로 한다.

③ 장비제원표 확보

최대인양하중을 고려하여 예상되는 이동식 크레인의 장비제원표를 확보한다. 호칭하중이 인양물의 중량 이상인 기종을 우선하여 큰 기종으로 한다.

④ 작업반경의 결정

인양물의 설치위치에 따라 수평거리를 확인하고 예상 기종의 장비제원표를 확인하여 이동식 크레인의 선회중심으로부터의 작업반경을 결정한다. 작업반경의 결정은 인양물의 설치위치에 의한 수평거리에 이동식 크레인 외형도를 보고 선회반지름만큼의 거리를 더한다.

⑤ 붐 길이 및 조합의 결정

인양물의 설치위치에 따라 지상높이를 확인하고 인양하중범위 내에서의 작업반경에 따른 붐 길이 및 격자식 붐의 조합을 1, 2, 3단으로 결정한다. 붐 조합도(boom combinations), 작업범위도(working range

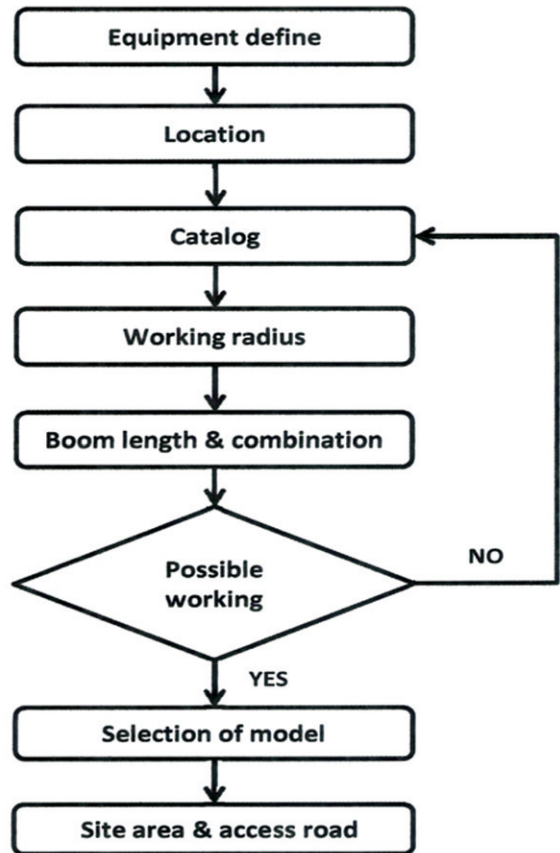


Fig. 2 The process for the selection of mobile crane

diagram), 인양하중표(lift load chart)를 보고 수직높이와 작업반경에 따라 결정한다.

⑥ 이동식 크레인의 용량 및 기종 결정

공정, 공기 등과의 관련성, 경제성을 고려하여 이동식 크레인의 기종을 결정한다.

⑦ 이용가능면적 및 진입로를 확인한다.

선정된 이동식 크레인의 외형도를 보고 진입로 및 작업반경내의 부지면적을 확보하고, 필요시 지반보강을 검토한다.

4.2 이동식 크레인의 선정검토방법

Fig. 3은 이동식 크레인의 선정검토 프로세스이며 설

중량물 설치 시 이동식 크레인 기종선택에 관한 연구

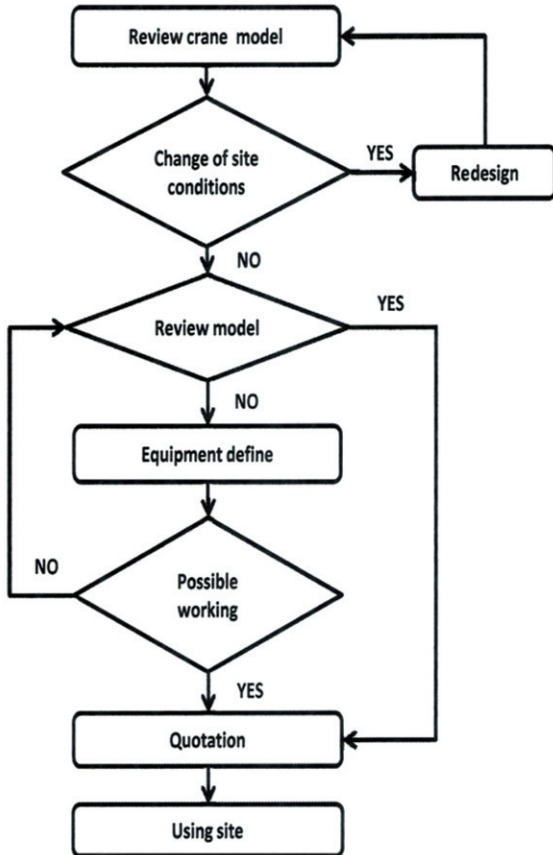


Fig. 3 The process to check the validity of the selection of mobile crane

계된 이동식 크레인을 확인하여 현장여건이 설계당시와 다르다면 재설계하여야 하며, 정확한 기종이 선정되지 않았다면 절차에 따라 재검토하여야 한다.

① 설계 크레인 확인

설계도서에 명시된 크레인의 용량과 기종을 확인한다.

② 현장여건변경

현장상황이 설계당시와 다를 경우 크레인선정은 재설계해야 하며, 현장여건이 설계와 동일하다면 정확한 기종이 선정되었는지 확인한다.

③ 기종선택확인

정확한 기종이 선정되었다면 현장에서 임대 가능한 크

레인을 조사한다.

④ 인양물의 크기 · 중량확인

정확한 기종이 선정되지 않았다면 인양물의 크기 및 중량을 확인하여 수직높이와 작업반경에 따른 인양가능여부를 재확인하여야 한다.

⑤ 작업가능여부판단

인양하중표를 보고 인양가능여부를 확인하여야 하며, 인양 불가능할 경우 다른 기종으로 재확인하는 과정을 반복한다.

⑥ 임대료견적

작업 가능한 크레인의 견적을 받아 비교한다.

⑦ 현장반입사용

최종적으로 선정된 크레인을 현장에 반입하여 사용한다.

5. 선정사례분석에 의한 제안의 검증

5.1 500톤 유압식크레인의 선정사례

500톤 이동식 크레인으로 설치공사가 계획되어 있는 국내 J현장에서 Gas Vessel의 설치중량은 30톤(지름 2.5 m, 길이 10 m)이었으나 15 m 높이의 소나무 숲 장애물이 있었고 이동식 크레인이 접근 가능한 폭 12 m 도로에서의 수평거리는 32 m 이다.

먼저, 인양물의 중량, 설치높이, 작업반경을 결정하고 임대 가능한 이동식 크레인의 견적을 받아 장비제원표를 가지고 인양하중표에 나와 있는 인양하중으로 작업이 가능한지 설비(기기)별로 확인하여야 한다.

5.1.1 500톤 이동식 크레인 능력검토

① 인양물의 정의

- 규격: 길이 10 m, 지름 2.5 m
- 중량: 30톤 (예외하중을 포함)

② 설치위치 확인

- 수직높이: 0(설치높이)+2.5(지름)
+5(달기기구)+15(장애물) = 25.5 m
- 수평거리: 32 m

Table 2 Lift load charts (unit: ton)

Working radius (m)	Telescopic bom 36.9 m + 4 m + Jib boom length(m)				
	21	28	35	42	49
16	92				
18	84	80			
20	77	74	71		
22	72	69	66	61	
24	67	64	62	59	50
26	62	61	58	56	49.5
28		57	55	52	48.5
30		52	52	49.5	47
32		49	48.5	47.5	44.5
34			45	44.5	42.5
36			42.5	42	40.5
38			40	39.5	38.5
40			37.5	37	36.5
42				35	34.5
44				33	32.5
46				31.5	31

③ 장비제원표 확보

- Liebherr LTM 1500-8.1 기종

④ 작업반경 결정

- 32(수평거리)+6(선회중심에서 아우터리거)

= 38 m

이동식 크레인의 외형도를 보고 결정한다.

⑤ 붐 길이 및 조합 결정

- 작업반경 38 m, 수직높이 25.5 m, 중량 30톤
- 붐 길이는 메인 붐 36.9+4 m, 보조 붐 35 m
- 크레인 능력 40톤

⑥ 이동식 크레인의 용량 및 기종의 결정

- 호칭하중 500톤 유압식 크레인, Liebherr LTM 1500-8.1 기종

Table 2 는 Liebherr LTM 1500-8.1 기종의 장비제원 표에 나와 있는 인양하중표를 보고 작업반경 38 m에서 인양하중 30톤 이상을 찾고 붐 조합도를 보고 수직높이를 고려하여 붐 조합을 2단으로 결정하여 크레인의 인양 능력은 40톤임을 확인한 것이다.

Table 3 은 이동식 크레인의 인양능력을 검토한 결과이며 3기종의 크레인 모두 선정 가능하였으나, 3번 크롤러 크레인은 사용기간이 1일인 현장 특성상 운반비용 등의 문제점이 있어 검토대상에서 제외하였다.

5.1.2 500톤 이동식 크레인 임대료 검토

Table 4 는 임대 가능한 이동식 크레인을 조사하여 비교한 것이며 1, 2번 크레인은 Liebherr LTM 1500-8.1 기종으로 동일한 크레인이었으나 현장까지 이동거리에 따라 100 km (=150 km - 50 km)차이로 임대료 차이가 4,000 (=17,000 - 13,000)만 원으로 컸다.

Table 3 Capacity examination for 500 ton hydraulic crane

No	Equipment	Work condition		Weight (ton)	Crane capacity			Remarks
		Working radius (m)	Height (m)		① 500 ton	② 500 ton	③ 500 ton	
1	Gas vessel	38	10	30	40	40	45	
Result					O.K	O.K	O.K	

- ① 500 ton Truck Crane with Hydraulic Boom
- ② 500 ton Truck Crane with Hydraulic Boom
- ③ 500 ton Crawler Crane with Mechanical Boom

중량물 설치 시 이동식 크레인 기종선택에 관한 연구

Table 4 Review for rental cost of 500 ton crane

No	Kind of crane	Max. lifting capa. (ton)	Amount (million won)			
			Period (day)	Rental fee	Distance (km)	Total
1	Truck rane (Hydraulic Boom)	500	1	13	50	13
2	Truck rane (Hydraulic Boom)	500	1	17	150	17

5.1.3 유압식 크레인의 선정

이동식 크레인의 능력검토 결과 모든 크레인이 작업가 능하나 현장까지 이동거리가 상대적으로 가까워서 임대 료가 저렴한 1번의 500톤 유압식 크레인 Liebherr LTM 1500-8.1의 기종을 선정하게 되었다.

5.2 250톤 크롤러 크레인의 재검토 사례

5.2.1 현장개요

국내 I현장에서 강고 설치공사용 이동식 크레인을 250톤 크롤러 크레인으로 선정 하여 사용하던 중 최대인양중량이 60톤 에서 105톤으로 변경됨에 따라 크레인 능 력의 재검토 및 리프팅러그(lifting lug) 의 재검토 사례이다.

5.2.2 250톤 크롤러 크레인의 계속사용

250톤 크롤러 크레인의 능력을 검토한 결과, 39.6 m 붐을 이용하여 계속 사용 가능하였고, 60톤용 리프팅러 그는 15톤 × 4개를 이용하여 인양하도록 설계되어 105 톤을 인양할 수 없으므로 120톤용 리프팅러그 30톤 × 4 개로 재설계하였다.

Table 5 Risk causes in plant utility project

No	Equipment	Work condition		Weight (ton)	Crane capacity			Remarks
		Working radius (m)	Height (m)		① 300 ton	② 350 ton	③ 400 ton	
1	Cooling gas bustle cone Middle cone MBF support Lower furnace cone	13.7	26.6	37.0	87.6	114.7	81.0	
2	Support area shell UBF support ring	13.7	31.9	79.2	87.6	114.7	81.0	
3	Bustle area shell	13.7	37.4	33.0	87.6	114.7	81.0	
4	Roof dome Upper furnace shell	13.7	47.9	43.3	87.6	114.7	67.0	
5	Charge hopper	21.3	72.7	30.0	40.8	105.8	28.0	
6	Vacuum pumps	15.2	6.6	60.0	76.1	114.7	79.0	
7	Adsober Vessels	21.3	5.0	16.3	40.8	105.8	62.0	
8	Buffer vessels	15.2	4.1	67.5	76.1	114.7	79.0	
9	Top gas scrubber	21.3	46.4	12.2	40.8	105.8	58.0	
10	Top gas scrubber	15.2	35.6	57.0	76.1	114.7	76.0	
11	Cooling gas scrubber	15.2	27.4	40.0	76.1	114.7	79.0	
Result					O.K	O.K	N.G	

① 300 ton Truck Crane with Mechanical Boom

② 350 ton Crawler & Ringer Crane with Mechanical Boom

③ 400 ton Truck Crane with Hydraulic Boom

Table 6 Review for rental cost of heavy crane

No	Kind of crane	Max. lifting capa. (ton)	Amount (million won)				
			Period	Monthly rent	Subtotal	Transport(one-way)	Total
1	Truck Crane (Mechanical Boom)	300	11	55	605	40(marine)	645
2	Crawler & Ringer Crane (Mechanical Boom)	350	11	87	957	20(marine) + 46 trailer	977
3	Truck Crane (Hydraulic Boom)	400	11	119	1,309	20(marine) + 11 trailer	1,329

5.3 350톤 링거 크레인의 선정사례

5.3.1 현장개요

국내 H현장의 러핑타입(luffing type) 60톤 타워 크레인 2기로 설계된 설치공사용 크레인을 검토한 결과 제작 설치 비용은 120억 원(60억 원 × 2기)이었고 제작설치 기간은 6개월 이상 소요될 것으로 예상되었으며, 작업속도도 느려 공사기간이 6개월 정도 지연, 공사 후 매각 및 재사용이 불가하여 임대용 이동식 크레인으로 변경을 검토하게 되었다.

5.3.2 주요 사용처별 대형 크레인 능력검토

Table 5 는 크레인의 능력을 검토한 결과이며 3번 크레인은 5번째의 30톤 중량물을 72.7 m 까지 인양할 수 없으므로 선정 불가하다.

5.3.3 대형 크레인 임대료 검토

Table 6 은 국내 H현장에서 임대 가능한 크레인을 조사한 결과이며, 1번 크레인이 임대료가 가장 적은 것으로 나타났다.

5.3.4 350톤 링거 크레인의 선정

조사한 결과 임대가로 본다면 1번의 크레인을 선정하여야 하나 작업안정성과 링거라는 어태치먼트를 장착하면 최대인양하중을 600톤까지 증가시킬 수 있는 2번의 링거 크레인(ringer crane, MANITOWOC 4100W S-1)을 선정하게 되었다.

그 결과 설치공사용 장비비용을 100억 원 정도 절감할 수 있었고, 공사기간도 6개월 정도 단축할 수 있었다.

6. 선정사례의 문제점 해결방안

6.1 선정사례의 문제점

6.1.1 문제점

- ① 500톤 유압식 크레인의 선정사례
 - 작업반경에 이동식 크레인의 선회중심으로부터의 거리를 고려치 않음.
 - 선정기종이 500톤 크레인으로만 명시되어 있었음.
- ② 250톤 크롤러 크레인의 재검토 사례
 - 인양물의 하중결정이 잘못됨.
 - 장기 계약된 이동식 크레인을 그대로 사용하기 위한 무리한 작업계획임.
- ③ 350톤 링거 크레인의 선정사례
 - 동일 프로젝트의 시공에 사용하였던 크레인을 그대로 적용함.
 - 임대 불가능한 크레인의 선정임.
 - 6개월의 공기지연이 예상됨.

6.1.2 선정사례의 분석결과

- ① 500톤 유압식 크레인의 선정사례
 - 장비업체 작업자들의 경험에 의한 주관적인 판단과 기술보조에 의해 수행되는 이동식 크레인의 선정방법으로 경험에 의한 선정방법이라고 할 수 있다.
- ② 250톤 크롤러 크레인의 재검토 사례
 - 전문가의 수작업에 의한 선정이었으나, 시공회사에서 상세설계 시 다른 현장에 사용 중인 크레인을 계속 사용하기 위한 무리한 설계였다.

중량물 설치 시 이동식 크레인 기중선정에 관한 연구

- ③ 350톤 링거 크레인의 선정사례
 - 동일 프로젝트의 수행경험에 의한 상세설계사의 경험적 설계였다.

위의 선정사례별 문제점은 경험에 의한 선정, 전문가에 의한 선정이었으나 위험한 선정, 경험의 반복으로 인한 문제점이었다.

6.2 문제점 해결방안

- ① 500톤 유압식 크레인의 선정사례
 - 500톤 유압식 크레인으로 선정.
 - 작업반경을 $32 + 6 = 38$ m로 결정.
- ② 250톤 크롤러 크레인의 재검토 사례
 - 인양물의 하중을 120톤으로 변경.
 - 15톤용 리프팅리그를 30톤용으로 재설계.
- ③ 350톤 링거 크레인의 선정사례
 - 이동식 크레인으로 변경.
 - 350톤 링거 크레인으로 선정.
 - 약 100억 원 정도의 예산절감.
 - 6개월의 공기단축 가능.

위의 선정사례의 모든 문제점은 제안한 이동식 크레인 선정방법의 설계안으로 검토하고 해결방안을 세워 모두 안전하게 공사를 수행하였으며, 따라서 이동식 크레인 선정방법의 설계안은 실무에 활용 가능할 것이다.

7. 결론

본 연구에서는 대형물 설치 시 이동식 크레인의 적합한 기종의 선정방법을 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 크레인의 정의 및 종류를 조사하고 국내보유 300톤 이상의 대형 이동식 크레인 22기종의 특징을 분석하여 크롤러 크레인 14기종과 유압식 크레인 8기종으로 분류하였고, 붐의 조합은 모든 기종이 2단까지 조합이 가능하며 MANITOWOC M 2250(M-1200 Ringer) 기종은 3단까지 조합이 가능하며, 붐의 길이가 최대인 것은 DEMAG의 CC8800 -1K 기종으로 216 m까지 연장이 가능하다.

둘째, 이동식 크레인의 선정 영향요소를 분석하여 붐의

제한각도는 $20^\circ \sim 82^\circ$ 범위이지만 작업에 적합한 붐의 각도는 $55^\circ \sim 78^\circ$ 이고, 크롤러 크레인과의 유압식 크레인의 작업하중은 각각 임계하중의 75%, 85%로 적용하며, 작업반경의 증가에 따른 인양하중의 저하는 유압식 크레인이 현저히 커서 작업반경이 커지면 크롤러 크레인이 유리하다.

마지막으로, 이동식 크레인의 선정방법의 설계안을 제안하여 선정사례로 제안을 검증하였으며, 사례별 문제점은 경험적 선정, 전문가에 의한 기중장비의 계속 사용을 위한 무리한 선정, 상세설계사의 동일프로젝트 수행경험에 의한 반복적 설계의 문제점이었다. 선정사례는 설계안으로 검토 분석하여 해결방안을 세워 성공적으로 완료한 사례이므로 이동식 크레인의 선정방법의 설계안은 실무에 활용 가능하다는 결론을 얻었다.

참고문헌

1. 호종관, 2007, 이동식 크레인 선정과 안전성검토 시뮬레이션 프로그램 개발, 건축, 제51권 제1호, 대한건축학회, pp. 91-95.
2. 호종관, 서종민, 김선국, 2007, 이동식 크레인 접지 설계 시스템, 한국생태환경건축학회 논문집, 제7권 제6호, pp. 83-90.
3. 김선국, 서종민, 호종관, 2008, 이동식 크레인의 슬링.리그 선정 및 안정성 검토 연구, 한국 건설관리학회 논문집, 제9권 제6호, 건설관리, pp. 164-174.
4. 김아영, 2008, 이동식 크레인의 최적 선정 및 안정성 검토 연구, 경희대학교 석사학위논문.
5. 김홍현, 이강, 2007, 크레인 관련 중대재해사례를 통한 재해 유형 및 원인분석, 한국건축시공학회 학술·기술논문발표회 논문집, 제7권 제1호, 한국건축시공학회, pp. 109-112.
6. 김원기, 2003, 크레인 사망재해 실태와 안전대책에 관한 연구, 계명대학교 석사학위논문.
7. 송요풍, 2000, 건설기계기술사, 도서출판 구민사.
8. G공사, 2011, J 현장 GAS VESSEL 설치공사용 500톤 유압식 크레인 선정보고서.
9. H산업개발, 2010, I 현장 STEEL BOX 설치공사용 250톤 크롤러 크레인 선정보고서.
10. H철강공업주식회사, 1996, H 현장 COREX TOWER 설치공사용 350톤 링거 크레인 선정보고서.