

신호체계와 신호수 교육 개선을 통한 양중 작업 중 타워 크레인 사고 저감 대책

윤동훈* · 박종일** · 기정훈***†

Measures to Reduce Tower Crane Accidents During Operation by Improving Signal System and Education for Signalmen

Dong Hun Yun* · Jong Yil Park** · Jung Hun Kee***†

†Corresponding Author

Jung Hun Kee

Tel : +82-2-970-9844

E-mail : Junghunkee@gmail.com

Received : April 1, 2019

Revised : May 3, 2019

Accepted : August 8, 2019

Copyright©2019 by The Korean Society
of Safety All right reserved.

Abstract : As the tower crane accident emerged as a social issue in 2017, various government measures were prepared. Most of the measures are focused on erecting, climbing, and dismantling phases. Analyzes of 84 serious accidents related to tower cranes from 2000 to 2018 and 104 near misses accidents from 2016 to 2018 revealed that 50% of the serious accidents occurred during the operating phase. The main occupation influencing operating phase accidents was signalman(81.6% of serious accidents), whose communication and competency were governing causes. This result was the same in 294 questionnaires to signalmen. Signal systems and education policies for tower crane signalman in Korea and foreign countries were analyzed, and standardization of wireless signal system and improvement of education system were propose.

Key Words : construction safety, tower crane, signalman, signal system, education

1. 서론

리스크 정도를 평가하기 위해 영국 HSE에서는 리스크 허용성(Tolerability of Risk) 개념을 적용한다. 여기서 리스크는 3가지 영역으로 분류되며, 리스크가 큰 순서대로 “수용 불가능한”, “허용 가능한”, “널리 수용 가능한” 리스크로 지칭된다. “수용 불가능한” 리스크란 이를 수용하는 대신 발생하는 이익이 아무리 크더라도 사회적으로 용인될 수 없는 영역을 의미한다. 이 영역에 해당되는 것은 사망만인율이 10‰이상(근로자의 경우에 해당되며 일반대중의 경우 1‰이상) 되거나 사회적 우려가 큰 리스크에 해당된다. 사회적 우려는 단일 사고에 의해 피해자가 다수 발생하거나, 리스크가 취약계층에게 불공평하게 분배된 경우, 일반인이 업무와 무관하게 피해를 입은 경우 등에 생성되며, 이는 리스크의 실제 크기와는 무관하다¹⁾. 이와 유사하게 미국의

국방부에서도 리스크를 측정할 때 사회적 관심을 미디어의 노출정도로 지수화 하여 반영하고 있다²⁾.

2017년 건설업 재해 중 가장 큰 이슈는 타워크레인 관련 사고였다. 최근 5년간(2013년~2017년) 총 26건의 타워크레인 사고가 발생되었으며, 이로 인해 사망자 29명, 부상자 44명이 발생되었다³⁾. 이는 전체 건설 재

Table 1. political sensitivity in risk assessment²⁾

User's Perceived Political Sensitivity of Loss of Asset	Asset Value Rating
Negligible: Media attention would be unlikely	0
Minimal: Media attention would likely be limited to local media	1
Moderate: Media attention would likely extend to national media	3
High: Media attention would likely extend to international media	5

*삼성물산(주) 안전팀 책임 (Department of Safety team, Samsung C&T Corporation)

**서울과학기술대학교 안전공학과 부교수 (Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology)

***서울과학기술대학교 안전공학과 박사과정 (Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology)

해 대비 정량적 리스크가 가장 높다고는 할 수 없지만 재해 발생 시 다수의 사상자가 발생되며 미디어 노출이 높고, 사업장 외부의 대중에게 피해를 줄 수 있어 사회적 관심에 의한 “수용 불가능한” 리스크에 해당되게 된다.

이에 2017년 고용노동부와 국토교통부는 타워크레인 연식제한, 원청·임대업체·설치해체업체의 주체별 안전관리 책임강화, 설비 안전성 관리

강화 등 중대재해 예방대책을 수립하고 산업안전보건법, 건설기술진흥법 등 관련법규를 정비하여 타워크레인 등록에서부터 해체에 이르기까지 전 과정에 걸친 안전 관리를 강화하였다⁴⁾.

이러한 대책은 타워크레인의 설치·해체·상승 등 타워크레인 작업 중 사고에 대한 근본적인 개선 효과가 있을 것으로 기대된다. 하지만 현재 타워크레인의 사고 저감을 위한 방법은 타워크레인 자체의 구조적 결함이나 물리적 안전성 확보에 치중하고 있다. 또한 타워크레인의 위험성 평가 방법에서도 마찬가지로 와이어나프, 권과방지장치 및 브레이크 등의 위험우선순위로 분석이 시행되고 있다. 하지만 이는 주로 발생하는 양중 작업 시 사고에 대한 예방 대책이 상대적으로 미흡하다⁵⁻⁷⁾. 따라서 본 연구에서는 “타워크레인 양중 작업에서 사고의 비중과 중대 재해 및 Near Miss 사례를 분석하여 신호수가 중요한 역할을 한다”라는 결론을 도출하였으며, 국내 표준 신호체계, 국내의 신호수 관리제도 비교 및 설문을 통하여 신호수 관련 개선방안을 제시하고자 한다.

2. 국내 타워크레인 재해 분석

2.1 타워크레인 재해 현황

타워크레인 재해 현황을 위해 타워크레인 관련 한국 산업안전보건공단 중대재해 사례 84건(2000년 3월 ~ 2018년 3월)을 분석하였다.

2.1.1 작업단계 별 분석

타워크레인에서 발생하는 중대재해를 작업 단계별로 분석한 결과 타워크레인 자체 양중 작업 중 발생하는 재해(42건), 설치·해체·상승작업 중 발생한 재해(39건) 순으로 조사되었다(Table 2). 2017년도 타워크레인 사고 안전관리 강화대책으로 노후 크레인 연식제한, 비파괴검사 의무화, 작업내용 녹화 등이 추가되었으며 이로 인해 2018년 설치·해체·상승작업 중 발생한 재해는 감소하였지만, 아래와 같은 양중작업 중 사고는 지속적으로 발생하고 있다.

Table 2. Analysis of tower crane critical disaster (From 2000 to March 2018)

Type	Cause of Incident	(No. of Case) Fatality	Rate(%)
Lifting	Subtotal	42	50.0
	Poor supervision	14	16.7
	Damaged lifting gear	12	14.3
	Miscommunication of signal	9	10.7
	Unsecured attachment of lifting material	4	4.7
	Mechanical Failure	3	3.6
Erection/ Dismantle	Subtotal	18	21.4
	Noncompliance of safety rule	11	13.1
	Noncompliance of work sequence	5	5.9
	Unskilled worker	2	2.4
Climbing	Subtotal	21	25.0
	Noncompliance of safety rule	9	10.7
	Noncompliance of work sequence	12	14.3
Maintenance		2	2.4
Others		1	1.2
Total		84	100

- ✓ 인천 ○○신축공사 : 철재 거푸집 양중작업 중 옆의 폼과의 충돌에 의한 낙하, 작업 중이던 근로자 추락 (2018년 1월 10일)
- ✓ 의정부 ○○신축공사 : 외부 갱폼 양중작업 중 돌풍으로 갱폼 내부에 탑승하고 있던 근로자 추락 (2018년 2월 28일)
- ✓ 부산 ○○아파트 : 타워크레인으로 호퍼 양중작업 중 내려오는 호퍼에 협착 (2018년 3월 6일)

또한 양중 작업 중 발생한 사고원인으로 통계 불량 14건(16.7%), 줄걸이 미확인 12건(14.3%)으로 신호수의 역량에 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 따라서, 양중 작업 중 재해를 예방하기 위한 대책이 요구되고 있다.

2.1.2 양중 작업 중 발생사고 분석

상세 분석을 위해 양중 작업 중 발생한 사고 42건 중 구체적인 사고내용 확인할 수 있는 38건에 대해 검토하였다.

사고 유형별로 살펴보면, Table 3과 같이 낙하 및 비래가 21건(55.3%), 추락 10건(26.3%), 협착 5건(13.2%), 충돌 및 붕괴 각 1건(2.6%) 순으로 분석되었다. 이는 타워크레인 양중 작업 시 줄걸이 불량으로 인해 자재가 낙하/비래하는 사고가 많고, 작업 반경 내 신호수

Table 3. Critical disaster status by type

Type	Falling/ Flying material	Falling	Caught between	Collapse	Crash	Total
No. of case	21	10	5	1	1	38
Rate (%)	55.3%	26.3%	13.2%	2.6%	2.6%	100.0%

Table 4. Effects of accident impact subjects

Influencer	Signal man	Operator	General worker	Mechanical failure	Total
No. of case	31	2	1	4	38
Rate (%)	81.6	5.3	2.6	10.5	100.0

및 일반근로자가 인접하여 떨어지는 자재로 인한 중대 재해가 발생하는 것으로 판단된다. 따라서 양중 시 리스크 감소를 위해서는 타워크레인 작업 환경에 위치한 신호수와 작업자의 역할이 중요함을 알 수 있다.

양중 작업 관련 직종은 운전원, 신호수, 주변 작업자로 구분할 수 있다. Table 4에서는 양중작업 중 사고에 가장 많은 영향을 주는 요인을 나타내고 있다. 가장 영향을 많이 미치는 요인으로는 신호수로 분류되었으며, 이는 전체 사고의 81.6%를 차지하고 있다. 이를 통해 양중 작업의 특성상 신호수의 신호가 작업에 직접적으로 영향을 미치고 있으며, 이에 따라 신호수의 역량 및 수준이 사고 발생의 유무에 큰 영향을 끼치는 것으로 판단된다.

사고의 직접 원인은 Table 5와 같이 분석되었으며 작업자 부주의와 장비결함에 의한 사고를 제외한 전체 재해의 81.6%가 신호수와 관련 있음을 알 수 있다.

Table 5. Direct cause status

Cause	Damaged lifting gear	Poor signal system	Unsecured attachment of lifting	Miss communication of signal	Poor supervision	Mechanical Failure	Careless worker	Total
No. of Case	10	8	6	4	3	4	3	38
Rate (%)	26.3	21.1	15.8	10.5	7.9	10.5	7.9	100

신호수와 관련된 사고 31건에 대해 교육적, 관리적, 기술적 요인으로 분류하면 Table 6과 같다. 신호수 관련 사고에서 가장 큰 문제로는 교육적 원인으로 나타났다. 이는 법적기준에 따라 교육이 진행되고 있으나 실제 신호수의 역량 향상에는 효과적이지 못한 것으로 판단된다.

Table 6. Current status of severe disasters due to educational, administrative and technical factors

Cause	Detail	No. of fatality(Rate)
Educational factor	Subtotal	18 (58.1%)
	Lack of training	10 (32.3%)
	Lack of knowledge	8 (25.8%)
	Improper work order	-
Managerial factor	Subtotal	12 (38.8%)
	Unclear safety rule	6 (19.4%)
	Unprepared work	6 (19.4%)
	Improper worker	-
Technical factor	Subtotal	1 (3.2%)
	Poor maintenance / inspection	1
Total		31 (100%)

2.2 양중 작업 중 Near Miss 원인 분석

안전보건공단 건설안전용어사전⁸⁾에서는 Near Miss란 손실이 발생하지 않은 사고를 의미하며 재해 사례보다 많은 데이터를 수집할 수 있음으로 사전에 재해를 방지 할 수 있다고 설명하고 있다. 싱가포르 WSH⁹⁾과 미국 OSHA¹⁰⁾ 등에서 적극적으로 활용되고 있으며, 국내 건설사에서도 초기 단계이긴 하나 도입 중에 있다. 2000년 1월부터 2018년 3월까지 타워크레인 관련 중대재해는 총 84건이 발생되었다. 하지만 이는 매년 10건 미만의 사고로 사례연구로는 충분한 데이터가 확보되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 Near Miss 사례 분석을 통해 타워크레인 양중작업 관련 통계 자료를 활용하고자 한다. Near Miss 사례는 10대 건설사중 하나에서 3년(2016년~2018년)동안 발생한 양중작업 중 Near Miss 사례104건을 통해 분석하였다.

공정율별(Table 7) Near Miss 비율은 초기 10%미만과 80%이상을 제외하면 전체적으로 유사하게 나타나고 있으며, 공종과 시기에는 유의미한 관계가 없는 것으로 판단된다.

Table 7. Near miss occurrence by process rate

(%) Progress	Under 10	10~20	20~40	40~60	60~80	80 or more	Total
No. of Case	6	20	21	21	27	9	104
Rate(%)	5.8	19.2	20.2	20.2	26.0	8.7	100

양중 작업 중 사고에 가장 많은 영향을 미치는 주체는 재해사례 분석 결과(81.6%)와 동일하게 신호수에 의한 Near Miss 발생이 77.9%를 차지하고 있다.

Table 8. Near Miss Occurrence by Subject

Influencer	Signal man	Operator	General worker	Mechanical Failure	Total
No. of Case	81	9	8	6	104
Rate(%)	77.9	8.7	7.7	5.8	100

직접원인을 분류하면(Table 9), 각 원인 별 비율은 재해 분석 결과와 일부 상이하나 신호수와 관련 있는 원인의 합계(장비결함 및 작업자 부주의를 제외한 직접원인들)의 경우 재해 분석결과(81.6%)와 유사하게 (91.4%) 조사되었다.

Table 9. Near miss direct cause status

Cause	Damaged lifting gear	Poor signal system	Unsecured attachment of lifting material	Miscommunication of signal	Poor supervision	Mechanical Failure	Careless worker	Total
No. of Case	13	19	11	30	22	5	4	104
Rate (%)	12.5	18.3	10.6	28.8	21.2	4.8	3.8	100

교육적, 관리적, 기술적 요인으로 분류했을 때도 (Table 10), 재해 분석 결과(58.1%)와 유사하게 교육적 원인이 전체의 50%를 차지하고 있다.

Table 10. Near miss occurrence by educational, administrative and technical factors

Cause	Detail	No. of Case	Rate(%)
Educational factor	Subtotal	52	50.0
	Lack of training	24	23.1
	Lack of knowledge	18	17.3
	Improper work order	10	9.6
Managerial factor	Subtotal	29	37.5
	Improper worker	17	16.3
	Unprepared work	13	12.5
	Gaps in safety organization	4	3.8
	Unclear safety rule	5	4.8
Technical factor	Subtotal	11	12.5
	Poor maintenance / inspection	13	12.5
Total		104	100

재해 및 Near Miss 분석 결과를 바탕으로 타워크레인 양중 작업 시 재해에 가장 큰 영향을 미치는 주체는 신호수로 나타났다. 또한 신호수의 교육 및 관리체계의 부실에 따라 줄거리 불량, 양중자재 미확인 및 하부 통제 불량 등의 재해가 반복되고 있으며, 이를 방지하기 위해 신호수의 역량을 높이기 위한 관련 법규 및 관리제도 개선이 요구된다.

3. 신호수 설문을 통한 현황 파악

설문조사는 2018년 9월부터 2018년 10월까지 실시하였으며, 국내 19개 대형 건설사 현장에서 타워크레인 신호수 업무를 수행중인 300명을 대상으로 하였다. 이 중 불분명한 응답(6건)을 제외한 총 294건을 대상으로 하여 설문 분석을 실시하였다.

294명의 타워크레인 신호수 중 5년 이상 신호 경험을 가지고 있는 인원이 45%로 나타났으며, 1년 이상 동일 현장에서 근무하는 신호수는 118명(40%), 1년 이내에 현장을 옮기는 인원은 176명(60%)으로 조사되었다.

타워크레인 신호수가 신호방법을 습득하는 방법은 선임 및 작업동료에게 배우는 경우가 166명(56%)으로 가장 많았으며, 전문 교육기관을 통해 신호방법을 배운 신호수는 29명(10%)으로 나타났다. 이는 신호수의 56%가 체계화된 교육을 받은 것이 아니라 경험에 따라 작업동료가 신호하는 것을 보며 신호체계를 습득하고 있는 것으로 파악된다.

신호수 중 71%는 법적 특별안전교육 8시간의 교육을 제대로 이수하지 않고 타워크레인 작업에 투입되는 것으로 확인되었다. 또한 타워크레인 신호수 교육방법이 이론교육 중심으로 진행되고 있다는 응답이 156명(53%)으로 나타났으며, 이는 현행 교육이 이론 위주의 교육으로 진행되고 있는 것으로 파악된다. 이를 토대로 효과적인 교육 방법을 묻는 설문에서는 실습교육이 필요하다는 인원이 121명(41%)으로 나타난 것으로 보아 실질적인 신호수 교육을 위해서는 실습교육이 가장 필요하다고 판단된다.

타워크레인 신호수 자격인정은 교육 이수와 필기 및 실기를 모두 이수하여야 하지만 294명 중 189명(현장 자체 신호수 특별안전교육만을 이수한 작업자 70명(24%), 교육이수 후 필기테스트 합격자 119명(40%))이 실제 타워크레인 신호능력이 검증 되지 않은 채로 타워크레인 신호수 업무를 수행하는 것으로 파악되었다.

작업 중 발생하는 재해 원인으로 현장 및 개인별 신호 방법과 용어가 상이하기 때문이라는 응답이 114명(39%)로 가장 많았으며, 신호방법을 제대로 알지 못한

다는 답변이 96명(46%)으로 신호수의 문제가 총 85%로 나타났다.

신호작업관련 사고를 예방하기 위해 가장 필요한 교육을 묻는 설문에서는 실습 중심의 전문 교육 136명(46%), 동일한 용어 사용 및 신호방법 93명(32%), 신호수 전문자격증 제도 39명(13%), 타워크레인 운전원 실력향상 26명(9%)라고 응답하였다.

신호수 대상 설문조사 결과, 신호수 역량 강화 및 신호체계 정비가 요구되는 것으로 파악되었다.

4. 신호수 신호체계 현황

2001년 1월 타워크레인 신호체계 및 작업 방법과 관련하여 고용노동부 고시 제 2001-8호 “크레인 작업표준신호지침”에서 신호 방법 및 세부내용을 규정하고 있으며 KS B ISO 16715 크레인-수신호(2016년 4.4일 제정)¹¹⁾에서 신호수 및 수신호에 대한 지침을 제공하고 있다. 또한 2013년 국가직무능력표준(NCS, National Competency Standards)에서는 타워크레인 신호체계 확인 내용을 체계화하여 학습 모듈 형태¹²⁾로 제공하고 있다. 하지만 이러한 법령 및 자료는 수신호 및 호각신호에 기초하고 있으며, 타워크레인 신호 시 주로 사용하고 있는 무전기에 대한 신호체계와 관련하여서는 표준 신호체계가 정립되지 않고 있다.

깃발, 수신호, 호각 등의 신호체계는 일반 이동식크레인과 같은 운전원과 신호수 간 시야가 확보된 상태에서는 적합하나 타워크레인과 같이 신호수와 운전원 사이가 먼 작업환경에는 부적합한 신호체계이다. 국가직무능력표준에서는 “스라게”, “마개”등 출처가 불명확한 일본식 표현이 명기되어 있으며, 이를 현장에서 사용 시 혼선이 발생되게 된다. 하지만 산업안전보건에 관한 규칙 제 40조에서 “일정한 신호방법을 정하여 신호하도록 하여야 하며”라고 언급되어 있는 것 외에 구체적인 표준신호체계가 제시되고 있지 않다.

이러한 문제를 줄이고자 일부 건설사에서는 일반적으로 사용되는 무전기 신호방법을 정리하여 신호수 교육 자료로 활용하고 있다. 하지만 각 건설사 및 현장에 따라 무전기 신호방법이 상이하게 운영되어 현장 이동이 많은 건설업 근로자들의 무전체계 혼선으로 인한 사고 위험이 지속적으로 나타나고 있다.

5. 국내외 신호수 관리 체계

5.1 국내 신호수 관리 체계

산업안전보건법 제 31조에서는 “사업주는 해당 사업

장의 근로자에게 고용노동부령이 정하는 바에 따라 정기적으로 안전보건 교육을 하여야 한다”고 명시되어 있다. 또한 “사업주는 유해하거나 위험작업에 근로자를 사용할 시 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 그 업무와 관계되는 안전보건에 관한 특별교육을 해야 한다”고 규정하고 있다. 고용노동부령 제229호, 2018년 10월, 일부 개정된 산업안전보건법 시행규칙 제33조(교육시간 및 교육내용)에서는 산업안전보건법 제31조 제1항부터 제3항까지의 규정과 별표 8 산업안전·보건 관련 교육과정별 교육시간, 별표 8의 2 교육대상별 교육내용에 따라 사업주가 근로자에게 제공해야 하는 교육시간과 내용이 상세히 기술되어 있다.

2018년 3월 개정된 특별안전보건교육 대상 및 작업별 교육내용에 따르면 기존 39호에 타워크레인 작업 시 신호업무를 하는 작업에 있어 8시간의 교육을 이수하도록 하는 40호 내용을 추가하였다.

5.2 국외 신호수 관리 체계

미국, 영국, 일본, 싱가포르 등 일부국가에서는 크레인 작업 시 일정 자격조건을 갖춘 신호수에 한하여 양중 및 신호작업을 수행 하도록 하고 있다. 이는 국내의 크레인 작업 및 타워크레인을 사용하는 작업 시 특별 안전교육을 받는 것과 크게 대비되고 있다.

미국은 연방규정 29 CFR 1926에서는 줄걸이 및 신호수 작업에 대해 기술하고 있다. 1926.1404에서는 크레인의 조립 및 해체에 관한 사항들을 다루고 있으며 1926.1428은 크레인의 신호수 자격에 관한 규정을 포함하고 있다. Subpart CC 부록 A에서는 크레인 표준 수신호 방법을 제시하고 있다. 또한, Third party qualified evaluator에서 자격을 갖춘 신호수만이 크레인의 조립 및 해체 작업을 할 수 있고, 각 기관별 자체시험을 실시하여 신호수 능력을 갖추고 있는지 검증하고 있다¹³⁾.

영국은 줄걸이 및 신호수 관련 작업에 대한 세부적인 내용과 관련하여 양중 작업 및 장비 규정(The Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations 1998)의 8장 리프팅 작업의 구성(Organization of lifting operations)에 자격을 갖춘 근로자가 줄걸이 작업 계획을 작성하도록 명시하고 있다¹⁴⁾.

일본 노동안전위생법 크레인 안전규칙 제222조(특별교육), 제61조(취업의 제한), 안전위생교육에 관한 안전위생교육지침(공시 제4호)을 통해 줄걸이 작업 시 신호수는 의무적으로 안전교육 5시간을 사업주 또는 지정된 교습기관에서 받아야 하며, 크레인 운전자격을 갖춘 작업자 또한 1톤 이상의 크레인에서 줄걸이 작업을

하려면 줄걸이 기능 강습교육 19시간을 노동국장으로 부터 지정 받은 교습기간에서 수료해야 한다. 인양하 중 1톤 미만 크레인 줄걸이 작업을 하기 위해서는 줄 걸이 특별교육 5시간을 시업주 또는 지정된 교습기간 에서 이수하여야 한다. 또한 신호수는 필기시험에서 역학, 크레인 지식, 관련법규, 신호 지식 등 4과목에 대 해 60점 이상을(과락 40점) 취득하여야 하며, 실기 시 험의 경우 타워크레인을 직접 사용하여 신호 및 줄걸 이 테스트에 대해 합격하여야 한다. 일본 노동안전위 생법(령) 제 61조에서 “사업자는 크레인 운전 기타 업 무에서 각령(대통령)으로 정하는 것에 대해서는 노동 국장의 해당 업무에 관련된 면허를 받은 자 또는 노동 국장의 등록을 받은 사람이 실시하는 해당 업무에 관 련된 기능교육을 수료한 자 및 기타 후생노동성령으로 정하는 자격을 가진 사람이 아니면 해당 업무에 종사 시켜서는 안 된다.”라고 규정하고 있다¹⁵⁾.

싱가포르의 산업안전보건법인 Workplace Safety and Health Act (Chapter 354A)의 Section 65에서 법과 관련된 하위 제정법에 대해 명시하고 있으며, WSH (Exemption) Order를 비롯한 전체 24개의 하위 제정법 을 포함하고 있다. 줄걸이 관련 작업은 하위 제정법 Workplace Safety and Health(Operation of Cranes) Regulations 2011로 전문 신호수 관련 내용이 상세히 규정되어 있다. 줄걸이 신호수(Rigger Signalman)와 줄 걸이 관리자(Lifting Supervisor)로 분류하여 교육을 진 행하고 있다. 줄걸이 신호수 교육의 경우에는 크레인 에 관련된 모든 장비 점검, 결함보고 및 신호에 대해서 21시간 교육이 이루어지고 있다. 줄걸이 관리자의 교 육에는 위험성 평가 작성, 적용 및 크레인을 이용한 작 업 실시 전, 후 감독실시에 대해서 32시간 교육을 진행 하고 있다¹⁶⁾.

5.3 국내외 신호수 관리제도의 비교

국내 신호수 관리 제도는 줄걸이 작업안전교육이 체 계적이지 못하고 실무 위주가 아닌 이론중심 교육이 진행됨에 따라 신호수 관련 업무를 선임자의 경험에 의해 배우고 있다. 또한 줄걸이 작업 전 수행해야하는 업무에 대해 체계적인 지식이 없는 것이 국내 실정이다. 반면 국외(미국, 영국, 일본, 싱가포르) 신호수 관리 제도는 국가별로 안전보건 법령과 규정을 통해 전문 신호수 자격 및 교육 관리 제도를 명시하고 있다. 따라 서 국내에서도 국외와 마찬가지로 신호수 자격제, 실 습교육 의무화 등 신호수의 전문성을 향상 시킬 수 있 는 제도 도입이 요구된다.

Table 11. Comparison of domestic and overseas signal management system

Country	Training Time	Training details	Trainer
US	No criteria	- Lifting gear inspection - Hazard identification, Hand signal - Rigging method	Accredited Third-party Training (Private Agency)
UK	No criteria	- Rigger Training : Working under supervision - Level II : Working without supervision - Level III : supervises qualified rigger	Accredited Third-party Training (Private Agency)
Japan	Lifting Skills : 19 hours / Lifting Training : 5 hours / Lifting Safety/Hygiene Training : 5 hours	- Crane knowledge - Signal knowledge - Lifting Mechanism - Relevant regulations	Accredited Training Institution (Government-led)
singapore	Signalman : 21 hours / Supervisor : 32 hours	- Equipment inspection - Signal Method - Lifting gear removal	Accredited Training Institution (Government-led)
Korea	Signalman Training : 8 hours	- Crane Specification - Safety Work Method - Signal Method - Incident prevention while lifting	On Site (Government-led)

6. 신호수 개선 방안

6.1 무선 신호체계 표준화

현재 타워크레인 신호는 무선신호에 대한 표준 신호 체계가 명확하지 않으며, 현장·공중·건설사 별로 무 전신호의 용어와 방법이 달라 사고를 유발하는 요인으 로 작용되고 있다. 타워크레인 무선 신호체계 표준화 는 타워크레인 사고 저감을 위한 중요한 요소이다. 타 워크레인 양중작업 시 발생한 중대재해의 원인은 신호 수 - 신호수간, 운전원 - 신호수간의 신호체계 불량으 로 발생 된 것으로 확인되었다. 따라서 Table 12과 같

Table 12. Improvement of standardization of wireless signal system

	As-is	To-be
Walkie-talkie signal	It is reflected on national standard but not specific and unclear	- Standardization of terminology, signal system and safety rule and reflect national standard
Terminology	- Japanese transcriptions	- Unification of term to understand easily in Korean
Legal basis	- NA	- Obligatory application by legalization through notice from Ministry of Employment and Labor

이 신호방법, 무전기 신호용어, 안전수칙, 주의사항 등을 표준화하고 국가직무표준(NCS)에 반영하여 지속적인 교육 및 활동을 진행한다면 신호체계 불량에 의한 사고를 예방할 수 있을 것으로 판단된다.

6.2 신호수 역량 강화

신호수 역량을 향상시키기 위한 제도적 보완이 필요하다. 국내 타워크레인 신호수는 특별안전교육 8시간을 작업 전 받도록 하고 있으나, 이론 중심교육, 교육 교재 미흡, 교육 강사의 전문성 부족, 신호역량 미검증 등으로 인해 신호수 전문성 부족에 의한 사고가 감소하지 않고 있다. 반면, 국외에서는 타워크레인 작업 전 전문교육기관 운영, 신호수 자격제도 등 체계적인 관리를 통해 신호수의 역량을 검증하도록 제도화 되어 있다¹⁷⁾.

국내에서도 타워크레인 신호수의 전문성 향상을 위해 전문자격제도를 운영하는 것이 가장 효과적이거나, 이는 현장 여건상 바로 적용하기 어려움으로 현재 현장별로 실시하는 특별안전교육을 건설업 기초안전보건 교육과 같이 공인된 전문교육기관을 통해 실습 중심의 교육이 진행되어야 한다. 또한 아래와 같은 교육 주기, 교육 내용 및 교육 방법을 사용한다면 신호수의 역량 강화에 도움이 될 것이라고 판단된다.

Table 13. A Study on the improvement of training system for signalmen of tower crane

	As-is	To-be
Training time	8 hours	8 hours
Training by	Site in-house training (by safety staff, construction staff)	External specialized safety training agency (by professional trainer)
Training cycle	Whenever join new project	3 year validity (Recognized by External specialized safety training agency)
Contents & method	Theory center	theory 40%, practical training 60%
Certificate	Completion of training	Test after completion of training * Extend as national certificate in future
Grade	N/A	Subdivide Level 1~3 Limit lifting equipment according to grade

7. 결론

지금까지의 타워크레인 중대재해 예방대책에서는 설치·해체 작업 시 추락 및 붕괴를 예방하기 위한 대책으로 이루어졌다. 하지만 앞선 연구 조사에 따르면

타워크레인 재해의 50%는 양중 작업 시 발생되고 있으며, 이중 중대재해의 81.6%, Near Miss의 77.9%가 신호수와 관련되어 있다. 이를 해결하기 위해서는 양중 작업 시 신호수의 책임과 역할 그리고 역량이 제고되어야 한다. 이를 위해 타워크레인 표준 신호체계 개선과 교육 강화를 제안한다.

현재 타워크레인 작업 중 사용하고 있는 무전신호는 표준 신호체계가 명확하지 않다. 또한 현장별, 공종별, 건설사별로 무전신호의 용어 및 방법이 달라 사고가 발생할 확률이 높다. 이를 방지하기 위해 무전신호의 용어, 방법, 안전수칙, 주의사항 등을 표준화 및 법제화하고, 국가직무표준(NCS)에도 반영하여 활용하여야 한다.

또한 현재 진행 중인 현장 단위의 자체교육을 개선하고 국외와 같이 신호수 자격제도 및 전문교육기관을 운영하여 체계적인 관리를 실시하고 신호수의 역량 향상 및 역량 검증 후 작업이 진행되도록 하여야 한다.

마지막으로 신호수 역량을 향상시키기 위해 제도적인 보완이 요구된다. 현재 우리나라의 타워크레인 신호수는 현장에 따라 작업 전 특별안전교육 8시간이 요구된다. 하지만 교육 강사의 전문성 부족, 교육 교재 미흡 등 이론 중심의 교육이 진행됨으로서 신호수 전문성 제공에는 한계가 있다고 판단된다. 이를 위해 자체 교육을 개선하여 신호수 자격제도 및 전문 교육기관 운영등을 통해 체계적인 신호수 관리가 제도화 되어야 한다.

본 연구에서는 구체적인 개선안까지는 도출하지 못하였다. 향후 신호 표준화와 교육 개선을 위해서 보다 많은 의견 수렴, 비용-편익 분석, 추가적 통계 분석이 필요할 것으로 판단된다.

References

- 1) Health and Safety Executive, Reducing Risks, Protecting People, HSE Books, Sudbury, UK, 2001.
- 2) Unified Facilities Criteria Program, DoD Security Engineering Facilities Planning Manual (UFC 4-020-01), Manual, Department of Defense, Washington, D.C, 2008.
- 3) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “Member of Congress Cheol Ho Hong, State Audit Submission Materials”, 2018.
- 4) Government Department of Korea, “Tower Crane Prevention Measures”, Conciliation Meeting, pp. 1-11. 2017.
- 5) K. H. Shim and D. H. Rie, “A Quantitative Risk Analysis of Related to Tower Crane Using the FMEA”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 25, No. 6, pp. 34-39, 2010.
- 6) M. G. Lee and M. L. Ro, “Structural Analysis for the

- Collapse Accident of Tower Crane”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 16, No. 4, pp. 147-152, 2001.
- 7) E. J. Lee and S. W. Shin. “Field Survey on Suitable In-service Wind Speed Limit for Tower Crane Operation”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 33, No. 1, pp. 103-108, 2018.
 - 8) Korea Occupational Safety & Health Agency, Construction Safety Glossary, 2010.
 - 9) Korea Occupational Safety & Health Agency, “Singapore, Guidance on Near Miss Reporting Final Announcement”, Global Newsletter on Safety and Health at Work, No. 410, pp. 1-2. 2016.
 - 10) National Safety Council, “Near Miss Reporting Systems”, 2013.
 - 11) Ministry of Employment and Labor, “Crane Operation Standard Signal Guidelines”, Ministry of Employment and Labor Notification, pp. 1032-1034, 2001.
 - 12) National Competency Standards, “Check Tower Crane Signaling System”, pp. 3-25, 2013.
 - 13) Occupational Safety and Health Administration, “CFR, Part Number 1926 Safety and Health Regulations for Construction, Subpart CC Cranes & Derricks in Construction, Standard Number 1926.1427 Operator Qualification and Certification”, 29.
 - 14) Britain Great, “The Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations”, Stationery Office, 1998.
 - 15) Ministry of Health and Welfare (Japan) <http://www.mhlw.go.jp>
 - 16) Tripartite Alliance for Workplace Safety and Health, <http://www.wshc.sg>
 - 17) Construction Workers Mutual Aid Association, “Survey on the General Living Conditions of Construction Workers”, p. 36, 2018.