

갱폼 공사 중대재해 사고 예방을 위한 체크리스트 개발

정경태¹ · 김시유¹ · 오정은¹ · 이동훈^{1,*}

¹한밭대학교 건축공학과

Checklist Development for Preventing of Major Accidents of Formwork Using Gang-form

Jeong Kyeongtae¹, Kim Siyu¹, Oh Jeongeun¹, Lee Donghoon^{1*}

¹Department of Architectural Engineering, Hanbat National University

Abstract : Gang-foam is used in many construction projects because it is not only precise in terms of vertical, horizontal, and specifications, but also easy to install and dismantle. However, major accidents occur every year due to non-compliance with safety rules and work order, also manuals and checklists currently in use are insufficient. Thirty-seven surveys was conducted by analyzing major accident cases of domestic gang-form construction project and deriving 20 risk factors and 43 check points. Based on the survey, the importance and appropriateness of check points were evaluated. As a result of this study, a checklist was presented, check points were placed in the order of importance based on assembly, installation, dismantling, and lifting of the Gang-form process. The checklist was organized so that workers could comply with safety rules and work order. Through this, it is expected to prevent major accidents and contribute to efficient safety management.

Keywords : Gang-form, Safety management, Checklist, Construction project, Major accidents

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

갱폼은 사전에 정밀 제작되어 수직, 수평, 규격이 정밀할 뿐만 아니라 설치와 해체 또한 용이하므로 품질 향상 및 경제성에서 상당한 이점을 가지고 있다 (Kim, 2004). 그러나 갱폼 자체의 내구성과 안전성에도 불구하고 작업순서와 안전수칙의 미준수 중량물 취급과 양중장비 사용 전 볼트 해체로 인한 추락 등으로 매년 다양한 원인의 중대재해 사례가 발생하고 있다(Koo et al., 2021). 한국산업안전보건공단의 보고서(사망사고 다발 기인물)에 따르면 개구부, 갱

폼, 낙하물방지망, 이동식 비계, 건설기계장비 등이 포함되어 있다(KOSHA, 2021). 이에 따라 유해 위험방지 계획서를 작성하고 있지만 갱폼 공사 시, 매년 사망사고가 발생하고 있고 그에 따른 안전대책이 미흡한 실정이다. <Table 1>은 2017년 2월 “건설현장 갱폼 관련 중대재해 현황”으로 지난 5년간 갱폼 공사 시, 발생한 중대재해는 총 21건이 발생했다(KOSHA, 2017). 21건의 재해는 재해 형태와 공정별로 분류할 수 있다. 재해 형태는 갱폼 탈락을 포함한 5가지 항목으로 분류되며, 공정별로는 갱폼 해체작업을 포함한 5가지 항목으로 분류된다.(KOSHA, 2017).

이처럼 갱폼 관련 중대재해는 다양한 요인에 의해 발생하며, 건설현장에서 위험성 및 사망률 측면에서 중요한 부분을 차지한다 (Ham, 2020). 따라서 안전사고에 대한 유해 위험방지와 안전대책을 위해 갱폼 공사 중대재해 사고 예방을 위한 체크리스트를 개발하고자 한다. 본 연구에서는 갱폼 공사 건설현장에서 발생하는 추락, 협착, 낙하, 전도, 화

* Corresponding author: Lee, Donghoon, Department of Architectural Engineering, Hanbat National University, Daejeon, Korea

E-mail: donghoon@hanbat.ac.kr

Received December 27, 2022

Revised January 5, 2023

Accepted January 9, 2023

Table 1. Number of major accidents in formwork using gang-form

| 재해발생 형태 | 건수 | 비율 | 재해발생 공정 | 건수 | 비율 |
|-------------|----|------|-----------|----|------|
| 갱폼 탈락 | 13 | 61.9 | 갱폼 해체작업 | 8 | 38.1 |
| 작업발판 연결부 파단 | 4 | 19.0 | 갱폼 인양작업 | 7 | 33.3 |
| 작업발판 개구부 추락 | 2 | 9.5 | 이동 중 추락 | 3 | 14.3 |
| 갱폼과 충돌 | 1 | 4.8 | 작업발판 설치작업 | 1 | 4.8 |
| 기타 | 1 | 4.8 | 기타 | 2 | 9.5 |
| 총 합계 | 21 | 100 | 총 합계 | 21 | 100 |

재 등에 대한 사례와 원인을 조사하여 안전 점검 사항을 도출한다. 갱폼 공정 순서인 조립, 설치, 해체 및 인양, 기타 등을 기준으로 중요도가 높은 체크항목 순으로 정리하여 효율적인 안전관리가 가능한 체크리스트를 제작하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 갱폼 공사에서 발생하는 중대재해를 감소시키기 위해 <Fig. 1>과 같은 순서로 체크리스트를 개발하고자 한다. 기존 건설현장 안전사고 예방을 위한 체크리스트 개발 및 개선에 관한 연구를 분석한다. 국내 갱폼 관련 중대재해 현황에 대해 분석 및 위험요인을 도출한다. 이를 바탕으로 체크리스트 항목을 도출하여 설문조사를 진행한다. 설문조사를 통해 갱폼 공사현장의 관리 현황과 인식 및 기존 체크리스트에 대한 문제점을 파악하고 각 항목의 중요도 평가를 반영하여 체크리스트를 개발한다.

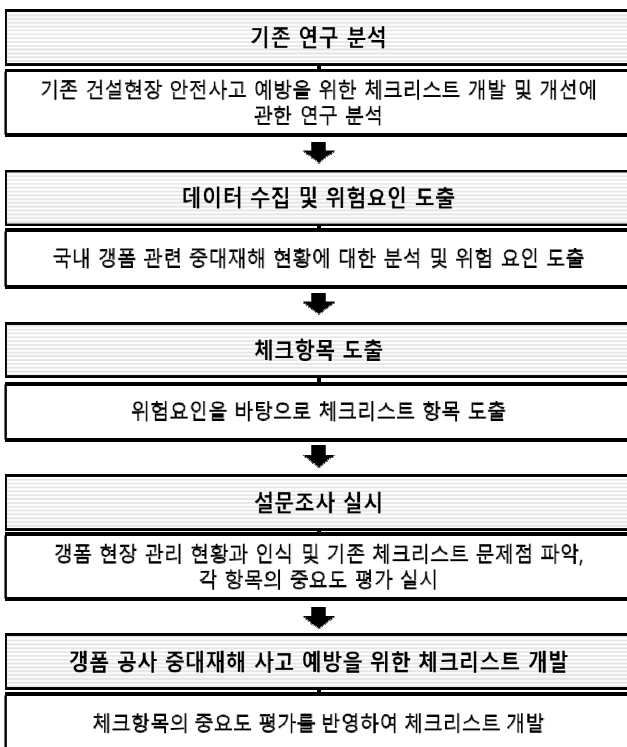


Fig. 1. Research method

2. 이론적 고찰

본 연구는 갱폼 공사 중대재해 사고 예방을 위한 체크리스트를 개발하기 위해 기존 건설현장 안전사고 예방을 위한 체크리스트 개발 및 개선에 관한 연구를 분석하였다. 기존 건설공사현장에 대한 안전관리 체크리스트에 관한 연구로는 <Table 2>와 같다. 건설공사 안전관리 체크리스트 개선과 공정관리와의 연계 운영 방법, 거푸집 공사 안전사고 예방을 위한 체크리스트 개발, 동절기 건설 현장 안전관리 체크리스트 개선으로 건설현장 안전관리를 위한 체크리스트에 관한 연구가 진행되었다.

Yang et al. (2004)은 건설공사 안전사고 예방을 위한 체크리스트가 세부적인 작업레벨에서 작성되지 않고 체계적으로 분류되지 않아 선행 또는 후속작업 간의 연관관계와 상호 간에 미치는 영향을 포함하지 않고 있다고 주장하였다. 따라서 안전관리 체크리스트를 체계적으로 활용하기 위해 세부적인 작업 분류체계를 설정하여 체크리스트의 개선 방법을 제시하였다 (Yang et al., 2004). 본 연구에서는 위 선행 연구에서 제시한 체크리스트 개선 방안을 참고하여 갱폼 공사 시, 안전사고에 대비할 수 있는 체크리스트를 개발하고자 한다.

Jo et al. (2017)은 지난해 발생한 전체 산업재해자 중 기타의 산업이 가장 많았고, 건설업이 두 번째이며 건설업의 재해 현황을 작업 공종별로 분석하면 거푸집 작업 중 발생한 재해자 수가 가장 많았다고 주장하였다. 국내 건설현장에서 거푸집 작업 중 발생했던 재해 사례를 분석하여 위험요인 및 체크항목을 도출하고 안전관리 전문가에게 검토를 받는 것으로 체크리스트를 개발하였다 (Jo et al., 2017). 하지만 거푸집 공사의 범위는 광범위하기 때문에 개발된 체크리스트로는 거푸집 공사의 세분화된 공종별로 안전사고를 예방하기 어렵다. 따라서 거푸집 공사를 더욱 세분화시켜 체크리스트를 개발할 필요성이 있다. 이에 본 연구에서는 거푸집 공사 중 사고 발생이 많은 갱폼 공사를 대상으로 하여 안전사고 예방을 위한 체크리스트를 개발하고자 한다.

Park and Lee (2020)는 동절기에 발생하는 한파, 폭설, 강풍 및 동결 등의 기후적 특성에 따라 건설현장에서는 난방, 전열, 용접 기구 사용과 콘크리트 구조물 양생을 위한 연료 사용으로 유해가스 중독 및 질식, 화재 등을 유발한다

Table 2. Development research of safety management checklist

| 분류 | 저자 | 년도 | 연구제목 |
|--------------------------------|-----|------|--|
| 건설공사 안전관리 체크리스트 개선 및 개발에 관한 연구 | 양용철 | 2004 | 건설공사 안전사고 예방을 위한 안전관리 체크리스트 개선과 공정관리와의 연계운영 방법 |
| | 조예림 | 2017 | 중소규모 건설현장의 거푸집 공사 안전사고 예방을 위한 체크리스트 개발 |
| | 박아영 | 2020 | 동절기 건설현장 안전관리 체크리스트 개선방안 연구 |

고 주장하였다. 따라서 동절기에 발생하는 재해 및 사고를 감소시키기 위해 기존 동절기 건설현장 안전관리 체크리스트의 문제점을 분석하여 설문조사를 시행하였다. 건설업 관련 종사자들의 인식을 파악하고 체크리스트에 추가할 새로운 항목을 도출하여 체크리스트를 개선하였다 (Park and Lee, 2020). 본 연구에서는 위 선행 연구에서 제시한 개선된 체크리스트의 포맷, 항목, 설문을 참고하였으며 이를 바탕으로 갱폼 공사 시, 안전사고에 대비할 수 있는 체크리스트를 개발하고자 한다.

3. 갱폼 공사 안전관리 항목

3.1 위험 요인 도출

갱폼 공사 건설현장의 체크리스트 항목을 도출하기 위하여 국내 건설현장에서 발생했던 1명 이상의 사망사고가 발생한 중대재해 사례를 분석하였다. 한국산업안전보건공단에 의하면 2004년에서 2021년까지 국내 건설현장에서 발생한 재해 중 거푸집에 관한 재해는 136건이다. 이 중 갱폼 관련 중대재해는 36건으로 26%를 차지한다. 갱폼 공사에서 발생하는 재해유형은 추락, 협착, 낙하, 전도, 화재 순으로

Table 3. Risk factor of formwork using gang-form

| 재해 유형 | 위험 요인 |
|-------|---|
| 추락 | 외벽 갱폼 해체 및 인양작업 중 앵커볼트의 파단으로 갱폼과 함께 추락 |
| | 외벽 갱폼 보양용 천막 보수작업 중 작업발판 이외의 장소에서 작업하여 추락 |
| | 갱폼 해체 작업 중 발코니 밖으로 상체를 내밀고 작업하는 등 무리한 작업으로 인해 개구부를 통하여 추락 |
| | 갱폼 작업발판 인양 중 크레인에 수평으로 고정되지 않고 작업을 진행 중 자재가 기울면서 추락 |
| | 측벽 갱폼 인양 작업 중 추가 작업을 작업발판 이외의 장소에서 진행하던 중 추락 |
| | 수직 보호망 보수 작업 중 안전대 미착용으로 인한 추락 |
| | 갱폼 작업 중 개구부 발생에 대한 후속 조치 미흡으로 인해 추락 |
| | 갱폼 작업 중 갱폼 지지용인 매립형 앵커볼트의 작업미흡으로 갱폼이 벽체에서 탈락하면서 추락 |
| | 콘크리트 타설을 위한 천막 보양 작업 진행중 개구부를 통해 추락 |
| | 작업발판 양 끝단부에 적절한 안전 난간 설치미흡으로 추락 |
| 협착 | 갱폼 인양 작업 중 크레인에 갱폼이 고정되기 이전에 Tie Bolt를 해제하던 중 흔들림에 의해 작업자가 자재에 부딪침 |
| | 갱폼 인양 작업 중 크레인의 도괴에 의해 자재에 부딪침 |
| | 갱폼 인양 후 추가 작업 진행시, 갱폼의 하부가 돌출된 부분에 걸려 간섭되면서 갱폼 자재에 부딪침 |
| 낙하 | 갱폼 인양 작업 공간 하단부에서 추가 작업 진행 중 추락한 자재에 맞음 |
| | 갱폼 조립 전, 소운반 시 크레인으로 자재를 이동시키던 중 타워 크레인과 자재의 결속이 끊어져 추락하여 작업자가 자재에 맞음 |
| | 갱폼 작업발판에 적재되어 있던 철근이 낙하하여 작업자가 자재에 맞음 |
| 전도 | 작업 장소 이동 중 갱폼 작업발판 끝단부에서 발코니 코너 부위로 이동 중 넘어짐 |
| | 작업 장소 이동 중 작업발판에 놓인 자재에 걸려 넘어짐 |
| 화재 | 갱폼의 수평부재 용단 작업 중 발생된 불티에 의해 자재에 화재가 발생 |

높게 추정되었다. 재해사례를 통하여 재해 발생상황과 원인을 분석하였다. 총 20개의 위험요인을 도출하였으며 (Table 3)과 같이 재해 유형별로 정리하였다(KOSHA, 2021).

3.2 안전관리 항목 도출

국내 건설현장에서 발생했던 중대재해 사례를 분석하여 도출된 위험요인을 사전에 점검하기 위해 총 43가지 안전관리 항목을 도출하였다. 안전관리 항목은 유형별로 추락 15개 항목, 낙하 7개 항목, 전도 7개 항목, 협착 5개 항목, 화재 9개 항목으로 구성하였으며, 안전관리 항목의 결과는 (Table 4)와 같다.

Table 4. Safety management items

| 재해 유형 | 체크 항목 |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| 추락 | 작업자의 안전대 사용 교육 실시 여부 |
| | 작업자의 안전대 사용 감독 여부 |
| | 보호구의 착용 및 사용에 대한 관리 감독 여부 |
| | 앵커볼트 해체 전에 양중장비와 갱폼의 결합 여부 |
| | 수직보호망의 설치여부 및 안전성 검토 여부 |
| | 갱폼 설계, 제작 및 설치 시 표준 안전난간 설치 기준 준수 여부 |
| | 중량물 취급에 관한 작업 계획 수립 여부 |
| | 작업발판 수평 연결부 손상 및 정확한 장착 여부 |
| | 양중장비 인양 고리 손상 여부 |
| | 갱폼 인양 작업 시 작업발판에 작업자 탑승 금지 여부 |
| 낙하 | 작업 순서, 방법 교육 실시 여부 |
| | 개구부 발생 시 안전덮개 설치 및 안전 표시 부착 여부 |
| | 작업발판 이외 장소 작업 금지 및 적절한 작업발판 사용 여부 |
| | 갱폼과 건물 벽체 사이 상태 확인 여부 |
| | 갱폼 작업발판 조립 시 안정적인 고정 여부 |
| | 갱폼 공사 구역 주변 작업 시 안전거리 유지점검 여부 |
| | 갱폼 공사 구역 하부에 출입금지 조치 및 감시자 배치 여부 |
| | 소운반시 갱폼 자재를 고정하는 벨트의 안정적인 결속여부 |
| | 소운반시 갱폼 자재와 양중장비의 안정적인 결속여부 |
| | 소운반시 하부 및 주변에 관리자 배치 및 출입금지 조치 여부 |
| 양중장비 사용 시 작업 공간에 감시자 및 신호수 배치 여부 | |
| 전도 | 작업자와 양중장비 기사 간의 통신 수단 확보 여부 |
| | 작업 장소 이동을 위한 가설통로 설치 여부 |
| | 작업발판 양 끝단부에 안전난간 설치 및 방호조치 여부 |
| | 작업공간의 정리 여부 |
| | 작업발판의 습기, 빙결, 기름 등의 제거 여부 |
| | 폭설, 폭우 및 강풍 시 작업 금지 원칙 준수여부 |
| | 기상 조건을 포함한 외부 환경 고려 여부 |
| | 장갑, 안전화 등 보호 장구 습기 점검 여부 |
| | 작업발판 주위 돌출 부위 점검 여부 |
| | 갱폼 인양 시 흔들림에 방지를 위한 보조로프 사용 여부 |
| 협착 | 양중장비의 정격하중 및 작업 반경 점검 여부 |
| | 갱폼 인양 시 작업발판의 수평 유지 여부 |
| | 자재 운반 시 작업자와 관리자의 소통 여부 |
| | 화재 발생 위험장소 점검 및 표시판 비치 여부 |
| | 용접, 용단 작업 시 불티 비산 방지 조치 여부 |
| | 비상 탈출 경로 지정 및 교육 여부 |
| | 소화기 비치 여부 |
| | 화기 작업 전 주변의 가연성 물질 제거 및 이동 배치 여부 |
| | 화기 작업 시 화재 감시자 배치 여부 |
| | 경보설비 운영 여부 |
| 화재 | 보양 작업 시 난방기구 주변 가연성 물질 점검 여부 |
| | 난방기구 사용 시 관리자 배치 여부 |

4. 설문조사 및 결과 분석

4.1 설문조사의 개요

본 연구는 갯골 공사 중대재해 사고 예방을 위한 체크리스트를 개발하고자 한다. 국내 건설업 종사자를 대상으로 갯골 건설현장 안전관리에 대한 현황, 문제점 및 기존 체크리스트에 대한 인식을 파악한다. 또한 체크리스트의 개선안에 대한 적절성과 재해유형에 따른 위험요인을 분석하여 도출된 체크항목의 중요도를 평가하기 위해 설문지를 작성하였다. 설문은 현재 건설현장에서 근무하고 있는 시공 관리자, 안전 관리자, 감리, 형틀 기술자를 대상으로 하였으며 설문 응답한 인원은 총 37명이다.

4.1.1 응답자의 인식

갯골 공사에 대해 상세한 안전관리 대책의 필요성과 건설업 관련 종사자들이 갯골 공정 과정 중 가장 중요하게 생각하는 공정 과정 및 체크리스트의 사용이 안전관리에 어느 정도의 중요성을 차지하고 있는지에 대해 조사하였다. 또한 현재 건설현장에서 사용되고 있는 기존 매뉴얼과 체크리스트가 갯골 공사 안전을 위한 대책으로 적절한지를 파악하기 위해 설문을 구성하였다.

4.1.2 체크리스트 개선안에 대한 평가

체크리스트 개선안에 대한 평가로는 첫째, 시행일시와 체크일시, 장비번호와 규격 및 특이사항을 기재할 수 있도록 하는 것이 적절한지에 대해 평가하고자 하였다. 둘째, 갯골 공정 과정인 조립, 설치, 해체 및 인양, 기타를 기준으로 중요도가 높은 항목들을 우선적으로 배치하는 것이 효율적인지에 대해 평가하고자 하였다.

4.1.3 체크항목에 대한 중요도 평가

체크리스트 항목의 상대적 중요도를 평가하기 위한 목적으로 설문을 구성하였다. 리커트 척도 기법의 5점 척도를 적용하여 1점 전혀 중요하지 않음, 2점 중요하지 않음, 3점 보통, 4점 중요함, 5점 매우 중요함으로 중요도를 평가하였다.

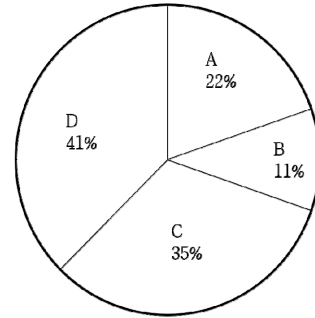
4.2 응답자의 인식 결과 분석

연구 결과는 다음과 같다.

1) 갯골 작업에 대해 현행보다 상세한 안전관리 대책이 필요하다고 생각하십니까?

1번 질문에 대한 답변은 '예'가 100%(37표), '아니오'가 0%(0표)로 집계되었다. 따라서 갯골 작업에 대해 현행보다 상세한 안전관리 대책은 반드시 필요하다.

2) 갯골 공사에 대해 상세한 안전관리 대책이 필요한 과정을 체크해 주시기 바랍니다. (중복 답변 포함)



- A. 갯골은 거푸집과 작업발판 케이스가 일체화되어 실용적이지만, 안정적인 조립과정과 관리가 필요하다.
- B. 갯골 설치 시 발생할 수 있는 개구부와 양끝 단부 등 설치과정에서의 세밀한 안전관리가 필요하다.
- C. 갯골 해체/인양 시 작업 순서와 양중장비의 점검 등에 대한 사전 교육과 관리가 필요하다.
- D. 작업자의 보호구 착용 및 사용과 안전대 사용에 관한 교육 등 기본 안전사항에 관한 관리가 더욱 필요하다.

Fig. 2. Survey result of question 2

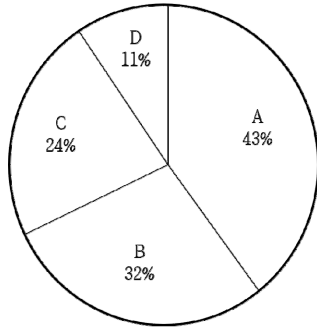
2번 질문에 대한 답변은 <Fig. 2>와 같이 '갯골은 거푸집과 작업발판 케이스가 일체화되어 실용적이지만, 안정적인 조립과정과 관리가 필요하다.'가 22%(8표)이고, '갯골 설치 시 발생할 수 있는 개구부와 양 끝단부 등 설치과정에서의 세밀한 안전관리가 필요하다.'가 11%(4표)이고, '갯골 해체/인양 시 작업 순서와 양중장비의 점검 등에 대한 사전 교육과 관리가 필요하다.'가 35%(13표)이고, '작업자의 보호구 착용 및 사용과 안전대 사용에 관한 교육 등 기본 안전사항에 관한 관리가 더욱 필요하다.'가 41%(15표)로 집계되었다. 따라서 갯골 공사의 안전관리에 있어 작업자의 기본 안전사항에 관한 교육과 관리, 해체/인양 작업 전 사전 교육에 대해 상세한 안전관리 대책이 필요하다.

3) 기존 갯골 공사 체크리스트가 건설현장에서 안전관리를 하는데 있어 어느 정도의 중요성을 차지하고 있다고 생각하십니까?

3번 질문에 대한 답변으로 '매우중요'가 24%(9표)이고, '중요'가 62%(23표), '보통'이 14%(5표), '거의 중요하지 않음'과 '매우 중요하지 않음'은 0%(0표)로 집계되었다. '거의 중요하지 않음'과 '매우 중요하지 않음'의 결과가 0%(0표)로 집계되었듯이 건설업 종사자들이 갯골 공사 시 체크리스트의 중요성을 인지하고 있다.

4) 기존 갯골 공사 체크리스트가 사고요인에 대한 체크사항을 충분히 포함하고 있다고 생각하십니까?

4번 질문에 대한 답변은 '예'가 41%(21표), '아니오'가 59%(30표)로 집계되었다. 따라서 현행 갯골 공사에 대한 체크리스트의 체크항목에 대해 추가적인 개선이 필요하다.



- A. 방대하고 포괄적인 내용
- B. 상세하지 않은 사례
- C. 미흡한 체크리스트
- D. 작업 과정과 맞지 않는 내용

Fig. 3. Survey result of question 5

5) 기존 갯뚝 공사 체크리스트/매뉴얼의 문제점에 해당하는 사항을 체크/기술 해주시기 바랍니다. (중복답변 포함)

5번 질문에 대한 답변은 <Fig. 3>과 같이 '방대하고 포괄적인 내용'이 43%(16표)이고, '상세하지 않은 사례'가 32%(12표)이고, '미흡한 체크리스트'가 24%(9표)이고, '작업 과정과 맞지 않는 내용'이 11%(4표)로 집계되었다. 따라서 체크리스트 개선 시 현행작업에서 필요한 체크항목을 작업 과정에 맞게 상세하게 정리할 필요가 있다.

4.3 체크리스트 개선안에 대한 평가

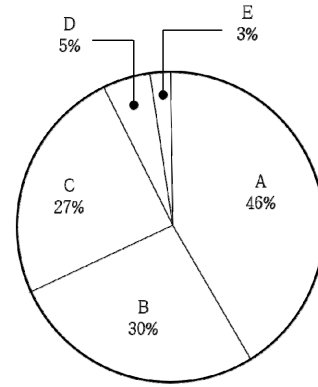
연구 결과는 다음과 같다.

1) 갯뚝 공정 순서인 조립, 설치, 해체/인양, 기타를 기준으로 체크항목을 배치하고, 장비번호/규격, 시행일자/체크일자 및 특이사항 칸을 추가한 체크리스트의 방식이 실무적인 안전관리에 적합하다고 생각하십니까?

6번 질문에 대한 답변은 '예'가 95%(35표), '아니오'가 5%(2표)로 집계되었다. 6번 질문에 대하여 과반 수 이상이 긍정적으로 답변하였다. 하지만 '아니오'의 답변 중에는 작업과정에서 참고할 수 있는 사진, 명확한 작성자 표시, 보호구의 올바른 착용법 등을 제시하여 추가적인 개선이 필요하다는 의견이 있었다.

2) 개선된 체크리스트를 사용할 경우 기대할 수 있는 사항을 체크/기술 해주시기 바랍니다. (중복답변 포함)

7번 질문에 대한 답변은 <Fig. 4>와 같이 '현재 진행 중인 공정 과정에 맞춰 체크리스트 활용가능'이 46%(17표), '시행일시와 체크일시를 기재하여 세밀한 체크리스트 활용가능'이 30%(11표), '가변적인 건설 환경에서 발생할 수 있는 특이사항을 기재하여 현 현장에 적합한 체크리스트 응용가능'이 27%(10표), '장비번호 및 규격을 기재하여 양중장비 사용 시 적정한 정격하중과 작업 반경 체크가능'이 5%(2표), '기타' 3%(1표)로 집계되었다. 따라서 갯뚝 공정



- A. 현재 진행 중인 공정 과정에 맞춰 체크리스트 활용가능
- B. 시행일시와 체크일시를 기재하여 세밀한 체크리스트 활용가능
- C. 가변적인 건설 환경에서 발생할 수 있는 특이사항을 기재하여 현 현장에 적합한 체크리스트 응용가능
- D. 장비번호 및 규격을 기재하여 양중장비 사용 시 적정한 정격하중과 작업 반경 체크가능
- E. 기타의견

Fig. 4. Survey result of question 7

과정을 기준으로 체크항목을 구성하는 것과 시행/체크일자 및 특이사항을 기재하는 것으로 효율적인 안전관리를 기대할 수 있다.

4.4 체크항목에 대한 중요도 평가

연구 결과는 다음과 같다.

1) 갯뚝 공사 중대재해 사고 예방을 위한 체크리스트의 각 항목에 대한 상대적인 중요도를 평가하기 위한 목적으로 리커트 5점 척도를 적용하였다. 중요도 수치는 체크리스트의 항목들 중에서 우선적으로 점검해야 할 항목을 결정하는데 기준으로 활용한다. 중요도 평가가 완료된 43개의 항목에 대한 결과는 <Table 5>와 같다. 중요도 평가에 대한 평균으로는 재해유형 별로 추락 3.34점, 낙하 3.57점, 전도 3.04점 협착 3.50점, 화재 3.54점으로 나타났으며, 전체항목의 중요도 평균은 3.40으로 나타났다. 평균 3.40이상의 항목으로는 추락 8개 항목, 낙하 6개 항목, 전도 2개 항목, 협착 4개 항목, 화재 6개 항목으로 집계되었다.

Table 5. Result of importance evaluation

| 재해 유형 | 체크 항목 | 중요도 |
|-------|--------------------------------------|-----|
| 추락 | 앵커볼트 해체 전에 양중장비와 갯뚝의 결합여부 | 4.1 |
| | 갯뚝 작업발판 조립 시 안정적인 고정 여부 | 3.9 |
| | 양중장비 인양 고리 손상 여부 | 3.8 |
| | 보호구의 착용 및 사용에 대한 관리 감독 여부 | 3.7 |
| | 갯뚝 설계, 제작 및 설치 시 표준 안전간격 설치 기준 준수 여부 | 3.5 |
| | 수직보호망의 설치여부 및 안전성 검토 여부 | 3.5 |
| | 작업자의 안전대 사용 감독 여부 | 3.4 |
| | 작업 발판 수평 연결부 손상 및 정확한 장착 여부 | 3.4 |
| | 작업자의 안전대 사용 교육 실시 여부 | 3.3 |

Table 5. Continued

| 재해 유형 | 체크 항목 | 중요도 |
|-------|-----------------------------------|-----|
| 추락 | 개구부 발생 시 안전덮개 설치 및 안전 표시 부착 여부 | 3.2 |
| | 작업발판 이외 장소 작업 금지 및 적절한 작업발판 사용 여부 | 3.2 |
| | 갭폼과 건물벽체 사이 상태 확인 여부 | 3.2 |
| | 중량물 취급에 관한 작업 계획 수립 여부 | 3.0 |
| | 갭폼 인양 작업 시 작업발판에 작업자 탑승 금지 여부 | 2.5 |
| | 작업 순서, 방법 교육 실시 여부 | 2.4 |
| 낙하 | 소운반시 갭폼 자재와 양중장비의 안정적인 결속여부 | 4.0 |
| | 양중장비 사용 시 작업 공간에 감시자 및 신호수 배치 여부 | 3.8 |
| | 소운반시 하부 및 주변에 관리자 배치 및 출입금지 조치 여부 | 3.8 |
| | 갭폼 공사 구역 하부에 출입금지 조치 및 감시자 배치 여부 | 3.8 |
| | 소운반시 갭폼 자재와 양중장비의 안정적인 결속여부 | 3.8 |
| | 갭폼 공사 구역 주변 작업 시 안전거리 유지 점검 여부 | 3.4 |
| 전도 | 작업자와 양중장비 기사 간의 통신 수단 확보 여부 | 2.4 |
| | 폭설, 폭우 및 강풍 시 작업 금지 원칙 준수여부 | 3.5 |
| | 작업발판 양 끝단부에 안전난간 설치 및 방호조치 여부 | 3.5 |
| | 기상 조건을 포함한 외부 환경 고려 여부 | 3.2 |
| | 작업 장소 이동을 위한 가설통로 설치 여부 | 3.0 |
| | 작업공간의 정리 여부 | 2.9 |
| 협착 | 작업발판의 습기, 빙결, 기름 등의 제거 여부 | 2.7 |
| | 장갑, 안전화 등 보호 장구 습기 점검 여부 | 2.5 |
| | 작업발판 주위 돌출 부위 점검 여부 | 4.0 |
| | 갭폼 인양 시 흔들림에 방지를 위한 보조로프 사용 여부 | 3.8 |
| | 양중장비의 정격하중 및 작업 반경 점검 여부 | 3.5 |
| | 갭폼 인양 시 작업발판의 수평 유지 여부 | 3.4 |
| 화재 | 자재 운반 시 작업자와 관리자의 원활한 소통 여부 | 2.8 |
| | 화기 작업 시 화재 감시자 배치 여부 | 4.1 |
| | 비상 탈출 경로 지정 및 교육 여부 | 4.0 |
| | 소화기 비치 여부 | 3.8 |
| | 용접, 용단 작업 시 불티 비산 방지 조치 여부 | 3.7 |
| | 화기 작업 전 주변의 가연성 물질 제거 및 이동배치 여부 | 3.7 |
| 화재 | 보양 작업 시 난방기구 주변 가연성 물질 점검 여부 | 3.4 |
| | 경보설비 운영 여부 | 3.2 |
| | 화재 발생 위험장소 점검 및 표시판 비치 여부 | 3.1 |
| | 난방기구 사용 시 관리자 배치 여부 | 2.9 |

5. 갭폼 공사 중대재해 사고 예방을 위한 체크리스트

5.1 체크리스트의 구성

본 연구의 결과로 갭폼 공사 중대재해 사고예방을 위한 체크리스트를 개발하였으며 그 결과는 Table 6과 같다. 갭폼 공사 중대재해 사고 예방을 위한 체크리스트의 구성으로는 첫째, 시행일시와 체크일시를 기입할 수 있도록 하였다. 정확한 시행일시와 체크일시를 기입하여 세밀한 체크리스트 활용으로 현장을 점검하는 것이 가능하다. 체크리스트를 활용한 날짜에 모든 체크 항목이 점검 되도록 하며 일시별로 데이터 축적이 가능하다. 둘째, 갭폼의 장비번호와 규격을 기입할 수 있도록 하였다. 해당 현장에서의 장비번호와 규

격을 기입하고 정격하중과 작업 반경을 사전에 체크하도록 하여 안전사고를 예방할 수 있도록 하였다. 셋째, 특이사항을 기입할 수 있도록 하였다. 건설현장마다 다르게 존재할 수 있는 가변적인 요소와 준수사항을 사전에 기입하여, 현 현장에 적합한 체크리스트 응용이 가능하도록 하였다. 넷째, 갭폼 공정 과정인 조립, 설치, 해체 인양, 기타를 기준으로 중요도가 높은 순서로 체크항목을 정리하여 효율적인 체크리스트 활용이 가능하도록 하였다.

5.2 체크리스트의 활용 절차 및 방법

체크리스트의 시행일시를 기입하고, 당 현장에서의 장비 번호와 규격을 기재한다. 체크리스트 항목의 순서인 조립, 설치, 해체 인양을 순서로 중요도가 높은 항목 순으로 체크리스트를 활용하는 것이 원칙이다. 그러나 현장 사정에 따라 진행되고 있는 작업에 맞추어 활용할 수 있다. 각 항목의 체크사항을 점검한 후에 문제가 없다고 판단했을 경우 확인한 날의 날짜를 기재한다. 갭폼의 설치와 해체 인양은 반복적인 작업으로서 진행되므로 설치와 해체 인양 시에 반복적으로 체크리스트를 활용하여 날짜순서로 데이터를 축적한다. 당 현장에서의 가변적인 요소와 준수사항이 있을 경우 특이사항에 기재하여 추가 점검을 할 수 있도록 한다. 기타항목의 경우 모든 작업과정에서 발생할 수 있는 화재, 기상 조건, 작업환경 개선 등을 점검하기 위한 체크사항으로서 조립, 설치, 해체 인양 시에 반복적으로 점검한다.

6. 결론

갭폼은 사전 제작으로 작업발판과 케이지 등이 일체화되어 안전성이 높고, 설치와 해체 또한 용이하므로 품질 향상 및 경제성에서 상당한 이점을 가지고 있다. 그러나 고층 작업 환경에서의 안전수칙과 작업순서 미 준수 등으로 매년 다양한 요인의 사망사고가 발생하고 있다. 갭폼은 기존 재래식 거푸집과 작업방식에서 차이점이 있지만 현재 건설현장에서의 갭폼 작업에 관한 안전대책은 미흡한 실정이다. 현행 체크리스트의 경우 방대하고 포괄적인 내용, 상세하지 않은 사례, 미흡한 체크리스트, 작업 과정과 맞지 않는 내용 등과 같은 문제점이 있다. 본 연구에서는 갭폼 건설현장의 중대재해 사고의 위험요인을 도출하기 위해 국내 갭폼 건설현장에서 발행했던 사고사례를 수집하고, 사전에 위험요인을 점검하기 위한 체크항목을 도출하였다. 이후 설문조사를 통해 체크리스트의 개선점과 각 체크항목의 상대적인 중요도를 평가하여 체크리스트를 제작하였다. 갭폼 작업순서에 맞게 체크항목을 정리하는 것으로서 작업자 스스로가 안전수칙과 작업순서를 인지할 수 있도록 개선하였다. 또한 설문을 통하여 도출된 각 항목의 중요도가 높은 순서로 체크항목을 배치하였다. 시행일시, 체크일시, 장비번호 및 규

Table 6. Checklist

| 체크리스트 시행일시: | | 장비번호: | 규격: TON | | |
|------------------|--|-------|---------|----------------------|------|
| Types of process | Checklist | | | Degree of importance | Date |
| 조립 | • 소운반시 갱동 자재와 양중장비의 안정적인 결속여부 | | | 4.0 | |
| | • 갱동 작업발판 조립 시 안정적인 고정여부 점검 | | | 3.9 | |
| | • 소운반시 하부 및 주변에 관리자 배치 및 출입금지 조치 여부 | | | 3.8 | |
| | • 소운반시 갱동 자재를 고정하는 벨트의 안정적인 결속여부 | | | 3.8 | |
| | • 갱동 설계, 제작 및 설치 시 표준 안전난간 설치 기준 준수 여부 | | | 3.5 | |
| | • 갱동 공사 구역 주변 작업 시 안전거리 유지 점검 여부 | | | 3.4 | |
| | • 작업자의 안전대 사용 교육 실시여부 | | | 3.3 | |
| | • 중량을 취급에 관한 작업 계획 수립 여부 | | | 3.0 | |
| | • 자재 운반 시 작업자와 관리자의 원활한 소통 여부 | | | 2.8 | |
| | • 작업 순서, 방법 교육 실시 여부 | | | 2.4 | |
| 설치 | • 보호구의 착용 및 사용에 대한 관리 감독 여부 | | | 3.7 | |
| | • 수직 보호망의 설치여부 및 안전성 검토 여부 | | | 3.5 | |
| | • 작업발판 양 끝단부에 안전난간 설치 및 방호조치 여부 | | | 3.5 | |
| | • 작업자의 안전대 사용 감독 여부 | | | 3.4 | |
| | • 작업발판 수평 연결부 손상 및 정확한 장착 여부 | | | 3.4 | |
| | • 개구부 발생 시 안전덮개 설치 및 안전표시 부착여부 | | | 3.2 | |
| | • 작업발판 이외 장소 작업 금지 및 적절한 작업발판 사용 여부 | | | 3.2 | |
| | • 갱동과 건물벽체 사이 상태 확인 여부 | | | 3.2 | |
| | • 작업 장소 이동을 위한 가설통로 설치 여부 | | | 3.0 | |
| | • 작업발판의 습기, 빙결, 기름 등의 제거 여부 | | | 2.7 | |
| | • 장갑, 안전화 등 보호 장구 습기 점검 여부 | | | 2.5 | |
| 해체/인양 | • 앵커볼트 해체 전에 양중장비와 갱동의 안정적인 결함 여부 | | | 4.1 | |
| | • 양중장비의 정격하중 및 작업 반경 점검 여부 | | | 4.0 | |
| | • 양중장비 사용 시 작업 공간에 감시자 및 신호수 배치 여부 | | | 3.8 | |
| | • 갱동 인양 작업 시 흔들림 방지 보조로프 사용 여부 | | | 3.8 | |
| | • 갱동 공사 구역 하부에 출입금지 조치 및 감시자 배치 여부 | | | 3.8 | |
| | • 양중장비 인양 고리 손상 여부 | | | 3.8 | |
| | • 작업발판 주위 돌출 부위 점검 여부 | | | 3.5 | |
| | • 갱동 인양 시 작업발판의 수평 유지 여부 | | | 3.4 | |
| | • 갱동 인양 작업 시 작업발판에 작업자 탑승 금지 여부 | | | 2.5 | |
| | • 작업자와 양중장비 기사 간의 통신 수단 확보 여부 | | | 2.4 | |
| 기타 | • 용접, 용단 작업 시 불티 비산 방지 조치 여부 | | | 4.1 | |
| | • 화기 작업 시 화재 감시자 배치 여부 | | | 4.0 | |
| | • 보양작업 시 난방기구 주변 가연성 물질 점검 여부 | | | 3.8 | |
| | • 화재 발생 위험장소 점검 및 표지판 비치 여부 | | | 3.7 | |
| | • 화기 작업 전 주변의 가연성 물질 제거 및 이동배치 여부 | | | 3.7 | |
| | • 폭설, 폭우 및 강풍 시 작업 금지 원칙 준수 여부 | | | 3.5 | |
| | • 비상 탈출 경로 지정 및 교육 여부 | | | 3.4 | |
| | • 난방기구 사용 시 관리자 배치 여부 | | | 3.2 | |
| | • 기상 조건을 포함한 외부 환경 고려 여부 | | | 3.2 | |
| | • 소화기 비치 여부 | | | 3.1 | |
| | • 작업공간의 정리 여부 | | | 2.9 | |
| • 경보설비 운영 여부 | | | 2.9 | | |
| 특이사항 | | | | | |

격, 특이사항을 기재하여 세밀한 체크리스트 활용이 가능하다. 하지만 본 연구에서 개발한 체크리스트는 완전히 개발되었다 할 수 없다. 그 이유는 첫째로, 개발한 체크리스트를 바탕으로 실제 현장에서 적용하지 않았다. 둘째로, 체크리스트에 대한 적합성 검증을 위한 표본(설문응답자)의 수가 부족하다고 판단될 수 있다. 위와 같은 문제를 개선하기 위해서는 상당한 시간이 필요하다. 따라서 본 저자는 추후 연구를 통해 실제 건설 현장에서 적용하고 이에 대한 검증을 위해 표본(설문응답자)의 수를 추가하는 등 지속적으로 체크리스트를 보완 및 개발할 계획이다. 마지막으로, 본 연구에서 제시하는 갱폼 공사 중대재해 사고 예방을 위한 체크리스트가 향후 효과적인 안전관리에 사용될 수 있을 것으로 판단되며 갱폼 건설현장에서의 사망자와 재해자가 줄어들 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국 연구재단(과제번호: 2020R1C1C1012600)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

References

- Kim, S. H. (2004). "Safety Management Counter plain of Gangform by Accident Cases Analysis." *Journal of the Korea Safety Management & Science*, 16(3), pp. 231-237.
- Koo, K. J., Lee, J. H., Cho, D. H., and Kang, J. W. (2012). "Development of Worker's Checking Table for Safety Management in Apartment Gang-form Works." *Proceedings of the Korean Institute of Building Construction Conference*, 12(1), pp. 317-318.
- KOSHA. (2021), Construction risk prevention plan, Available from : https://www.kosha.or.kr/kosha/business/confirmation_d.do
- KOSHA. (2017), Construction risk prevention plan, Available from : https://www.kosha.or.kr/kosha/business/confirmation_d.do
- Ham, Y. J., Kee, J. H., and Park, J. Y. (2020). "Quantitative Risk Assessment based on Fault Tree Analysis for Gangform Accident." *Journal of the Korean Society of Safety*, 35(4), pp. 40-47.
- Yang, Y. C., Choi, H., and Kim, J. J. (2004). "An Integrated Operation Method of Safety Checklist and Schedule for Construction Accident Prevention." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 5(2), pp. 123-135.
- Jo, Y. L., Shin, Y. S., and Shin, J. K. (2017). "Checklist Development for Prevention of Safety Accidents in Form Work in Small and Medium Sized Construction Sites." *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 17(6), pp. 587-594.
- Park, A. Y., and Lee, K. J. (2020). "A Study on the Improvement of Safety Management Checklist for Construction Sites in Winter." *Nat. Volatiles & Essent. Oils*, 8(5), pp. 2052-2062.

요약 : 본 연구에서는 갱폼 건설현장의 안전사고에 대한 유해 위험방지와 안전대책을 위해 갱폼 공사 중대재해 사고 예방을 위한 체크리스트를 개발하였다. 연구 방법은 갱폼 공사 건설현장의 체크리스트 항목을 도출하기 위하여 국내 건설현장에서 발생했던 1명 이상의 사망사고가 발생한 중대재해 사례를 분석하였다. 국내 건설현장에서의 중대재해 사례 36건을 분석하여 총 20개의 위험요인을 도출하였으며, 위험요인을 사전에 점검하기 위한 안전관리 항목 총 43가지 항목을 도출하였다. 도출된 안전관리 항목의 중요도와 체크리스트 형식에 대한 적합성을 평가하기 위해 안전관리전문가 37명을 대상으로 설문조사를 진행하였다. 본 연구의 결과로 체크리스트를 도출하였으며, 갱폼 공정순서인 조립, 설치, 해체/인양, 기타를 기준으로 체크항목을 중요도 순서로 배치하여 작업자 스스로가 갱폼의 작업순서와 안전수칙을 준수할 수 있도록 체크리스트를 구성하였다. 본 연구의 결과가 갱폼 건설현장에서의 사망자와 재해자가 줄어들 수 있기를 기대한다.

키워드 : 갱폼, 안전관리, 체크리스트, 건설현장, 중대재해
