

# 거푸집공사 위험성 평가에 관한 연구

고성석<sup>†</sup> · 오준호

부경대학교 안전공학과

(2002. 6. 24. 접수 / 2002. 8. 6. 채택)

## The Study on the Risk Assessment of Formwork

Seong-Seok Go<sup>†</sup> · Jun-ho Oh

Department of Safety Engineering, Pukyong National University

(Received June 24, 2002 / Accepted August 6, 2002)

**Abstract** : The object of risk assessment is to prevent the accident from arising. The main reason for risk assessment of construction work is to determine priority order of improvement plan about risky work. Formwork is a complicated process that determines the total duration of apartment construction, and occupies 10~15% of total construction expense, and 17% of serious accidents occur during formwork. So, formwork occupies very important roles in work sites, economical efficiency and safety. We need to identify the work type with a high risk of accidents, and to establish suitable safety counterplan and implement intensive safety management.

**Key words** : formwork, construction accident, safety management, risk assessment

### 1. 서론

#### 1.1. 연구의 목적

위험성평가는 계획에 의해 시행되고 있는 제어수단이 적절한지를 판단하여, 사고발생 전에 위험성을 감소시키기 위한 것으로<sup>1)</sup>, 건설공사에서 위험성평가의 주된 이유는 건설작업은 공정이 상호 연결되므로 모두 작업을 관리대상으로 삼아 재해의 발생 위험이 높은 공종을 파악하여 개선계획의 우선 순위를 결정하고 이에 적합한 안전대책을 세워 집중적인 안전관리를 수행하기 위한 것이다.

건설공사의 공종 중 거푸집공사는 전체공사기간의 대략 25%를 차지하고 있으며 일반적으로 공사비 비율은 전체공사비의 10~15%, 철근콘크리트공사비의 20~30%를 차지하고 있어 구조물의 작업성, 경제성 및 안전성에 중요한 역할을 차지한다<sup>2)</sup>. 또한, 아파트 공사의 경우 목공이 차지하는 중대재해의 비율은 17%로 가장 높다<sup>2)</sup>. 이는 거푸집이란 콘크리트가 양생되어 자중과 작업하중을 지지할 수

있을 때까지 필요한 임시 가설구조물로서 콘크리트가 양생되면 곧 해체되므로 설계나 시공면에서 소홀히 다루어짐에 따른 많은 작업상의 위험요소를 포함하고 있기 때문이다<sup>2)</sup>. 이와같이 거푸집공사는 재해측면에서 우선적으로 관리하여야 할 위험공종으로 전체공기를 좌우하는 주공정이다. 그러므로, 거푸집공사를 재해발생의 측면에서 제어하는 것이 안전관리에 있어서 가장 효율적이며 큰 효과를 나타낼 수 있는 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 거푸집공종을 대상으로 재해발생원인에 대한 분석과 재해사례에 대한 통계적 검증을 통해 각 요소 작업에 따른 각각의 위험성등급을 제시하여 안전관리를 위한 기초자료로 하고자 한다.

#### 1.2. 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 시설물의 유형 중 중대재해의 23%<sup>2)</sup>를 차지하고 있는 아파트 건설공사를 대상으로 한국산업안전공단에서 조사한 중대재해 중 1992년 1월부터 2001년 12월까지 발생한 아파트 거푸집공사의 137건에 대해 통계적 방법을 통하여 조사·분석하였다. 이에 따라 거푸집공사의 재해발생원인을 나타내고 위험성을 평가하는 것으로 구체적인

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.  
ssgo@pknu.ac.kr

연구방법은 다음과 같다.

- 1) 건설안전 및 거푸집공사에 대한 이론과 공사 특성 및 시공실태를 고찰한다.
- 2) 거푸집공사 위험요인을 파악하기 위해 각 공법에 따라 재해원인별로 재해사례를 분석한다.
- 3) 거푸집공사 요소작업별로 위험의 발생가능성과 위험의 강도를 나타내어 위험성을 평가한다.
- 4) 거푸집공사 재해발생원인과 위험작업형태 및 위험성을 평가하여 안전관리방안을 제시한다.

## 2. 거푸집공사의 재해원인별 분석

### 2.1. 재해원인 유형간 분석

거푸집공사에서 발생한 재해를 크게 물적원인인 불안전상태와 인적원인이라 할 수 있는 불안전행동으로 나누어 Table 1에서 같이 분석하여 보았다.

거푸집공사에는 불안전 상태 및 행동으로 인한 재해가 61.3%로 매우 높게 나타났다. 공법과 재해원인 유형간의 교차분석결과는 유로폼 및 합판거푸집의 불안전 상태 및 원인이 43.8%로 가장 높게 나타났다. 공법별로는 유로폼 및 합판거푸집에서 불안전 상태 및 행동에 의한 재해가 66.7%, 이어서 불안전 상태와 불안전행동이 각각 16.7%로 분석되었다. 대형거푸집의 경우는 불안전상태 및 행동이 51.1%, 이어서 불안전행동 42.9%, 불안전상태 6.4% 순으로 분석되었다.

공법과 재해원인유형간의 통계학적 교차분석 결과 p값이 0.003으로 0.05보다 작은 것으로 나타나 유의수준 5% 이내에서 공법간에 나타나는 재해원인의 유형이 다르다고 할 수 있다.

### 2.2. 불안전상태별 분석

Table 2는 불안전상태에 대하여 세부적인 원인을 분석한 것이다. 이에 따르면 거푸집공사에서는 안전 시설 및 설비미비로 인한 재해가 66.7%로 가장 높

Table 1. Analysis classified by type of accident cause

공법	원인유형	불안전 상태	불안전 행동	불안전상태 및 행동	합계
유로폼 및 합판	공법(%)	16.7	16.7	66.7	100.0
	전체(%)	10.9	10.9	43.8	65.7
대형	공법(%)	6.4	42.9	51.1	100.0
	전체(%)	2.2	14.6	17.5	34.3
합계(%)		13.1	25.5	61.3	100.0
Chi-Square 검정결과		Exact Test : Value = 11.237 p = 0.003 (Number of Cases = 137)			

게 나타났으며 공법과 불안전상태와의 교차분석결과는 유로폼 및 합판거푸집에서 안전시설 및 설비미비가 전체 123개 중 62개로 가장 높은 발생빈도를 나타내었다. 공법별로는 유로폼 및 합판거푸집의 경우 안전시설 및 설비미비가 70.5%로 가장 높은 비율을 차지하였으며 이어서 비계·발판설치 불량, 기계·기구결합, 작업환경결합, 설치·시공상태 불량 순으로 분석되었다. 대형거푸집의 경우는 불안정한 상태에 의한 세부원인 중 안전시설 및 설비미비가 57.1%로 가장 높은 비율을 나타내었으며 이어서 설치·시공상태 불량, 기계·기구결합, 비계발판, 설치불량 순으로 나타났다.

공법과 불안전상태의 통계학적 교차분석 결과 p 값이 0.021로 0.05보다 작은 것으로 나타나 유의수준 5% 이내에서 공법간에 나타나는 불안전상태가 다르다고 할 수 있다.

### 2.3. 불안전행동별 분석

Table 3은 거푸집공사에서의 불안전행동에 대한 세부적인 원인으로서는 개인보호구 착용불량이 30.1%로 가장 높게 나타났다. 공법과 불안전행동의 교차분석 결과로는 유로폼 및 합판거푸집에서 개인보호구 착용불량이 전체 173개 중 40개로 가장 높은 빈

Table 2. Analysis classified by unsafe state

재해원인	공법		대형		합계	
	Count	%	Count	%	Count	%
안전시설 및 설비미비	62	70.5	20	57.1	82	66.7
설치 및 시공상태불량	2	2.3	6	17.1	8	6.5
기계 및 기구결합	4	4.5	5	14.3	9	7.3
비계 및 발판설치 불량	17	19.3	4	11.4	21	17.1
작업환경 결함	3	3.4			3	2.4
합계	88	100.0	35	100.0	123	100.0
Chi-Square 검정결과	Exact Test : Value = 10.419 p = 0.021 (Number of Cases = 123)					

Table 3. Analysis classified by unsafe act

재해원인	공법		대형		합계	
	Count	%	Count	%	Count	%
개인보호구 착용불량	40	37.4	12	18.2	52	30.1
작업방법 불량	22	20.6	29	43.9	51	29.5
관리감독 및 점검소홀	36	33.6	15	22.7	51	29.5
조립도 및 계획서미작성	1	0.9	8	12.1	9	5.2
불안정한 자세 동작	4	3.7	1	1.5	5	2.9
기타	4	3.7	1	1.5	5	2.9
합계	107	100.0	66	100.0	173	100.0
Chi-Square 검정결과	Exact Test : Value = 22.927 p = 0.000 (Number of Cases = 173)					

도를 나타내었다. 공법별로는 유로폼 및 합판거푸집의 경우 개인보호구 착용불량이 37.4%로 가장 높게 나타났으며, 이는 근로자의 안전의식이 사고예방에 매우 큰 부분임을 알 수 있다. 이어서 관리감독·점검소홀, 작업방법 불량, 불안정한 자세동작, 조립도·계획서 미작성 순으로 나타났다. 대형거푸집의 경우는 작업방법 불량이 43.9%로 가장 높은 비율을 나타내었으며 이어서 관리감독 및 점검소홀, 개인보호구 착용불량, 조립도 및 계획서 미작성, 불안정한 자세동작 순으로 나타났다.

공법과 불안전행동의 통계학적 교차분석 결과 p 값이 0.000으로 0.05보다 작은 것으로 나타나 유의수준 5% 이내에서 공법간 나타나는 불안전행동이 다르다고 할 수 있다.

### 3. 거푸집공사의 위험성평가 방법

#### 3.1. 평가방법에 대한 고찰

‘위험성’이라 함은 특정한 사건이 일어날 가능성과 위험 크기의 결합을 말하며 ‘위험성 평가’라 함은 이와 같은 위험의 크기를 예측하고 위험 허용범위를 결정하는 전 과정을 말한다<sup>1)</sup>. 그러므로 본 연구에서는 위험의 크기를 예측할 수 있는 위험도를 나타내기 위해 위험의 크기와 발생확률의 평가에 의해 결정하기로 한다. 그러나, 위험의 발생가능성과 위험크기의 범위에 대하여서는 거푸집공사에 적합하도록 기존의 연구를 분석하여, 작업의 위험성을 평가하고자 하였다.

Table 4는 이와 같은 위험의 범위 결정에 대한 기존의 방법을 구분하여 나타낸 것이다. 즉, 한국산업안전공단 “안전보건경영시스템 구축에 관한 지침” 중 위험성 평가의 적용범위로는 경영활동규모와 업종 등에 관계없이 모든 사업장을 대상으로 적용할 수 있는 모델을 제시하고 있다. 그러나 건설업에서의 위험성은 작업현장이 대부분 옥외에서 이루어지고 있을 뿐 아니라 작업환경, 작업성격과 공사계약, 고용, 공법기술, 하도급체계 및 공정상에서의 다양한 위험요소가 상호 연관된 복합적인 상태에서 재해가 발생하므로 다른 산업과 매우 다른 독특한 특성을 가지고 있다. 그러므로 발생가능성 및 예상피해의 범위에 관하여 건설업의 특성에 적합한 위험성평가가 필요하다. 건설 A사에서 실시한 위험성평가의 경우는 건설현장의 특성을 반영하여 예측되는 피해의 강도 및 발생 가능성의 범위에 대한 기준을

Table 4. The exiting method to range decision of hazard

구분	한국산업안전공단	건설 A사	MIL-STD-882B
위험 발생 확률	3단계(대, 중, 소)	3단계(매우 높음, 높음, 낮음)	5단계(자주, 보통, 가끔, 거의, 발생 않을 것 같은)
위험 크기	3단계(대, 중, 소)	3단계(치명적, 보통, 경미)	4단계(파괴, 위기, 한계, 무시)
위험 성	5단계(작음, 수용가능, 보통, 중대, 수용불가)	5단계(작음, 수용가능, 온건, 큼, 허용할 수 없는)	4단계(수용가능, 통제아래 수용가능, 바람직하지 못한, 허용불가)
범위 기준	발생빈도 및 발생강도의 구분에 대한 기준 미비	발생빈도 및 강도의 세부적 기준 제시	발생빈도 및 발생강도에 대한 개략적 기준 제시
적용 범위	모든 사업장에	건설현장	모든 사업장
적용 한계	범위의 기준이 제시되어있지 않으며 사업장의 특성을 반영하여 적용하기가 어려움	단기적인 평가기준으로서 과거의 재해사례를 통계적으로 활용하기에는 적합하지 않음	범위의 정성적인 구분에 대하여 사업장의 특성을 반영하여 적용하여야 함

제시하고 있다. 그러나 이는 해당 현장적용 중심의 단기적인 평가기준으로만 제시하고 있어 본 연구에서와 같이 과거의 재해사례를 통계적으로 활용하여 적용하기에는 적합하지가 않은 것으로 판단된다. 미국방성 시스템 안전프로그램인 MIL-STD-882B는 위험의 범위에 대하여 개략적인 기준을 제시하여 모든 사업장을 대상으로 적용할 수 있다. 그러나 이 역시 효율적인 위험성평가가 이루어지기 위해서는 각 사업장의 특성에 맞게 위험에 대한 정의 및 기준을 요구하고 있다.

즉, 사고에 대한 위험의 범위에 대하여 건설현장 적용중심인 건설 A사를 제외하고는 위험의 발생가능성 및 예상피해의 범주에 할당된 내용은 어느 정도의 정량적 값을 가진 “자주”, “때때로” 혹은 “치명”, “중대”, “경미”로 표현되어 있다. 그러나, 이러한 단어의 표현에 대하여 각 사업장의 특성이 반영될 수 있도록 정의되어야 하며, 이는 각 사업장에 해당하는 통계자료의 분석 및 전문가의 의견을 수렴하여 이루어 질 수 있다고 판단된다. 특히, 건설업의 경우는 공정상에서의 다양한 위험요소가 상호 연관되어 복합적인 상태에서 다양한 재해발생형태 및 피해가 발생하기 때문에 위험의 강도 및 발생가능성의 범위에 대하여 세부적인 구분을 필요로 한다. 따라서 본 연구에서는 3개의 모델중 과거의 재해사례를 이용하여 통계적으로 활용할 수 있고 가장 세부적으로 위험의 강도 및 발생가능성에 대한

범위를 구분하고 있는 미 국방성 시스템 안전프로그램인 MIL-STD-882B를 적용하는 것이 건설작업에 따른 위험성을 평가하는 데 있어 가장 적절하다 판단되므로 이를 적용하고자 한다.

### 3.2. 거푸집공사 위험범위 결정

본 연구에서는 위험성의 평가 및 위험작업형태를 도출하기 위해 작업공정 분석을 통하여 공법에 따라 작업형태별로 구분하였으며 재해가 발생한 세부적인 요소작업형태를 파악하였다. 이에 따라 거푸집 재해사례의 통계자료를 이용하여 정량적으로 사고가 발생할 확률을 분석하고, 위험의 강도에 대하여서는 전문가의 의견을 분석하여 이를 종합적으로 Matrix화하여 위험지표를 나타내어 위험성을 평가하였다.

#### (1) 작업공정 분석 및 위험성 파악

위험성 평가의 대상으로는 1992년도부터 2001년도까지 한국산업안전공단의 아파트 거푸집공사의 재해사례 136건을 대상으로 하였으며 공법별로 각각의 작업형태에 대하여 재해가 발생한 세부요소작업을 나타냄으로서 가장 세부적으로 위험성을 평가할 수 있도록 하였다. 이와 같이 유로폼 및 합판거푸집에서는 재해가 발생한 요소작업이 조립작업에서는 11개로 분류되었으며 운반작업에서는 4개, 해체작업에서는 5개의 요소작업으로 분류할 수 있었으며 대형거푸집의 경우는 조립작업에서 3개, 운반작업에서 4개, 해체작업에서 2개의 요소작업으로 분류되었다.

#### (2) 위험강도의 범위 결정

거푸집공사에서 주로 예측되는 피해의 강도를 파악하기 위해 건설경력 5년 이상의 감리원, 안전관리자, 공사과장을 대상으로 각 5명씩 모두 15명의 의견을 분석하였다. 실제 거푸집 복공의 경우는 작업시 위험성을 모른 채 작업하는 것으로 설문 결과 나타나, 본 분석에서 제외 시켰으며 각 요소작업을 위험의 강도에 따라 지수 1~4까지 가중치를 적용<sup>4)</sup>하여 (1)과 같이 강도지수를 산출하고 이를 반올림하여 Table 5에 따라 등급을 결정하였다. 즉, 본 연구에서 위험강도지수는 건설현장의 전문가를 대상으로 분석한 것으로서 재해 발생의 결과를 피해손상 정도의 지수로 구분한 것을 의미한다.

$$\text{위험강도 지수} = \frac{\text{해당직업의 위험강도지수의 합}}{15 (\text{전문가분석 평가수})} \quad (1)$$

#### (3) 위험발생확률의 범위 결정

Table 6은 거푸집공사의 재해통계자료를 분석하여 발생의 가능성을 정량적인 빈도구분으로 나타낸 것이다. 본 연구에서는 거푸집공사 위험성 평가의 대상인 재해사례 136건 중 1건이 발생할 확률이 0.7%이므로 D등급인 “거의 발생하지 않는”의 확률을 1% 미만으로 가정하고 이에 따라 등급별로 발생형태별 분포도에 의거 구분하였다.

위험에 대한 발생확률 등급의 산정은 (2)와 같이 재해가 발생한 거푸집의 요소작업건수에 거푸집공사의 전체 재해건수를 나누어 발생확률을 나타내어 등급을 결정하였다.

$$\text{위험발생 확률} = \frac{\text{거푸집 해당요소작업의 재해건수}}{136 (\text{거푸집공사 재해건수})} \times 100(\%) \quad (2)$$

#### (4) 위험성의 범위 결정

위험성은 위험의 발생가능성과 위험의 강도를 Matrix화하여 Table 7과 같이 위험성의 등급을 산출하고 있으며 이에 따라 다음 4 단계로 RAC (Risk Assessment Code)를 나타내고 있다<sup>5)</sup>.

## 4. 거푸집공사의 위험성평가

### 4.1. 거푸집공사의 위험강도

건설현장 전문가의 의견을 분석하여 거푸집공사의 위험강도를 분석한 결과는 Table 8과 같다.

유로폼 및 합판거푸집에서는 조립작업 중 등바리,

Table 5. Classification of hazard severity

위험범주 (MIL-STD-882B)	등급 (MIL-STD-882B)	강도지수
파괴	I	4
위기	II	3
한계	III	2
무시	IV	1

Table 6. Classification of hazard probability

등급	위험의 정성적 확률구분 (MIL-STD-882B)	위험의 정량적 확률구분
A	자주 발생하는	재해의 10% 이상
B	보통 발생하는	재해의 5~10% 점유
C	가끔 발생하는	재해의 1~5% 점유
D	거의 발생하지 않는	재해의 1% 미만 점유
E	발생하지 않을 것 같은	아직 발생하지 않음

멍에, 장선 설치, 운반작업 중 자재인양, 해체작업중 폼 탈형, 동바리 해체, 작업발판 해체, 작업이동이 위험강도가 가장 높은 작업으로 나타났다. 대형거푸집에서는 조립작업 중 거푸집고정, 거푸집설치, 운반작업 중 자재인양, 인양기 설치, 해체작업 중 폼 탈형작업이 위험의 발생강도가 가장 높은 작업으로 나타났다.

Table 7. Risk assessment code matrix

발생확률	강도			
	I	II	III	IV
A	1	1	1	3
B	1	1	2	3
C	1	2	3	4
D	2	2	3	4
E	3	3	3	4

RAC 1 : 수용할 수 없는(Unacceptable)  
 RAC 2 : 바람직하지 못한(Undesirable)  
 RAC 3 : 통제아래 수용가능한(Acceptable with controls)  
 RAC 4 : 수용 가능한(Acceptable)

Table 8. Hazard severity analysis of formwork

공법	작업	요소작업	응답수				지수 합계	강도 지수	등급	
			IV	III	II	I				
유로폼 및 합판	조립	합판절단	4	9	2		28	1.9	III	
		거푸집 고정	4	9	1	1	29	1.9	III	
		거푸집 설치	2	8	4	1	34	2.3	III	
		거푸집 천공	4	7	4		30	2.0	III	
		동바리 설치		6	8	1	40	2.7	II	
		멍에 설치	1	4	10		39	2.6	II	
		장선 설치		5	9	1	41	2.7	II	
		정리	7	7	1		24	1.6	III	
		합판 깔기	3	9	1	2	32	2.1	III	
		작업이동	4	5	5	1	33	2.2	III	
	운반	작업외(휴식)	10	5			20	1.3	IV	
		자재운반	3	9	3		30	2.0	III	
		자재적재	1	1	9	4	46	3.1	II	
		작업이동	2	11	2		30	2.0	III	
	해체	작업이동	6	5	4		28	1.9	III	
		폼 탈형	1	2	8	4	45	3.0	II	
		동바리 해체		5	5	5	45	3.0	II	
		정리	2	11	1	1	31	2.1	III	
	대형 거푸집	조립	발판해체		3	4	8	50	3.3	II
			작업이동	2	5	4	4	40	2.7	II
거푸집 고정				9	5	1	37	2.5	II	
운반		거푸집 설치		4	9	2	43	2.9	II	
		작업이동	4	7	2	2	32	2.1	III	
		자재인양		4	5	6	47	3.1	II	
		인양기 설치	1	5	9		38	2.5	II	
해체		작업이동	3	5	5	2	36	2.4	III	
		작업점검	5	5	3	2	32	2.1	III	
		폼 탈형		8	2	5	42	2.8	II	
타이 제거	타이 제거	5	4	5	1	32	2.1	III		

#### 4.2. 거푸집공사의 위험발생확률

거푸집공사의 요소작업별 재해건수는 Table 9에서 나타난 바와 같이 유로폼 및 합판-거푸집에서 해체 중 폼 탈형작업이 20건으로 가장 많이 발생하였다. 이와 같이 요소작업별 재해건수에 대한 위험발생확률을 Table 6에 따라 4단계로 분류하면 거푸집공사 전체 재해건수의 10% 이상을 차지(A)함으로 하여 발생가능성이 가장 높다고 할 수 있는 작업형태가 유로폼 및 합판거푸집의 해체작업 중 폼 탈형과 대형거푸집의 운반작업 중 자재인양으로 나타났다.

#### 4.3. 거푸집공사의 위험성

거푸집공사의 재해사례 분석을 통한 위험 발생의 확률과 전문가의 분석에 의한 위험강도를 Table 7에 따라 거푸집공사의 위험성을 평가한 결과는 Table 10과 같다.

가장 위험성이 높은 것으로 평가된 RAC I(수용 불가능한)의 요소작업으로는 유로폼 및 합판거푸집

Table 9. Hazard probability analysis of formwork

공법	작업	요소작업	재해건수	위험발생 확률(%)	등급	
유로폼 및 합판	조립	합판절단	1	0.7	D	
		거푸집 고정	5	3.7	C	
		거푸집 설치	10	7.4	B	
		거푸집 천공	1	0.7	D	
		동바리 설치	4	2.9	C	
		멍에 설치	1	0.7	D	
		장선 설치	2	1.5	C	
		정리	2	1.5	C	
		합판 깔기	1	0.7	D	
		작업이동	7	5.1	B	
	운반	작업외(휴식)	1	0.7	D	
		자재운반	5	3.7	C	
		자재인양	9	6.6	B	
		작업이동	1	0.7	D	
	해체	작업이동	2	1.5	C	
		폼 탈형	20	14.7	A	
		동바리 해체	7	5.1	B	
		정리	1	0.7	D	
	대형 거푸집	조립	발판 해체	5	3.7	C
			작업이동	5	3.7	C
거푸집 고정			2	1.5	C	
운반		거푸집 설치	3	2.2	C	
		작업이동	3	2.2	C	
		자재인양	16	11.8	A	
		인양기 설치	3	2.2	C	
해체		작업이동	1	0.7	D	
		작업점검	2	1.5	C	
		폼 탈형	3	2.2	C	
타이 제거	타이 제거	13	9.6	B		

에서의 운반작업 중 자재인양, 해체작업 중 폼탈형과 동바리 해체, 대형거푸집에서는 운반작업 중 자재인양으로 나타나 재해예방 측면에서 가장 우선적으로 효과적인 해결책이나 개선안을 마련이 될 때까지 계속적으로 많은 자원을 투입하여야 하며, 위험이 줄어들지 않으면 공정을 폐쇄 또는 다른 위험이 낮은 공정으로 대체하여야 한다. RAC 2(바람직하지 못한)로 평가된 요소작업 역시 위험을 줄이기 위한 활동이 계속적으로 이루어져야 하며, RAC 3(통제아래 수용 가능한)으로 평가된 작업은 위험을 줄이기 위한 노력을 일정기준 한도 내에서 계속적으로 실시하고 위험성 평가를 계속 실시하여 피해의 발생 가능성을 더 구체적으로 파악하여 관리방식을 개선할 때 참고하여야 한다. 가장 위험성이 낮은 작업인 RAC 4(수용 가능한)는 추가적인 관리가 필요 없이 계속 유지되도록 감시하여야 한다. 이와 같이 거푸집공사 요소작업에 대한 위험등급을 평가하여 관리 및 투자의 우선순위를 파악할 수 있으므로 효율적인 관리를 할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 10. Risk assessment of formwork

작업	위험성	RAC			
		RAC 1	RAC 2	RAC 3	RAC 4
유로폼 및 합판	조립	-	거푸집 설치 동바리 설치 멍에 설치 장선 설치 작업이동	합판절단 거푸집 고정 거푸집 천공 정리 합판 깔기	작업 외 (휴식)
	운반	자재인양	-	자재운반 자재적재 작업이동	-
	해체	폼 탈형 동바리 해체	발판 해체 작업이동	정리	-
대형 거푸집	조립	-	거푸집 고정 거푸집 설치	작업이동	-
	운반	자재인양	인양기 설치	작업이동 작업정점	-
	해체	-	폼 탈형 폼타이 제거	-	-

### 5. 결론

거푸집공사 재해발생 특성에 따른 효율적인 안전관리를 위해 기존에 발생한 재해원인을 분석, 요소작업별로 각각의 재해발생확률과 위험강도에 따른 위험성을 평가하여 다음과 같은 결론을 제시하였다.

(1) 거푸집공사의 재해발생원인과 공법간의 교차분석결과 유의수준 5% 이내로 상호연관성을 나타내어 공법에 따라 안전관리의 대책 및 위험성의 평가가 이루어져야 한다.

(2) 유로폼 및 합판거푸집에서는 재해발생의 주원인으로서 불안전상태 중 안전시설물의 설치가 70.5%, 불안전행동 중 개인보호구 착용불량이 37.4%로 가장 높게 나타났다.

(3) 대형거푸집 재해발생의 주원인으로서 불안전상태 중 안전시설물의 설치가 57.1%, 불안전행동 중 작업방법불량이 43.9%로 가장 높게 나타났다.

(4) 거푸집공사에 적용 가능하도록 재해사례를 이용 위험발생확률, 위험강도, 위험등급을 선정하고 안전관리의 우선순위를 결정할 수 있도록 하였다.

(5) 위험의 강도가 가장 큰 작업으로는 유로폼 및 합판거푸집의 조립작업에서 동바리, 멍에, 장선설치이고, 운반작업에서 자재인양, 해체작업에서 폼탈형, 동바리해체, 작업발판해체, 작업이동이며, 대형거푸집의 조립작업에서 거푸집고정, 거푸집설치, 운반작업에서 자재인양, 인양기설치, 해체작업에서 폼탈형작업으로 나타났다.

(6) 위험발생확률이 가장 높은 작업으로 유로폼 및 합판거푸집의 해체작업에서 폼탈형작업이며, 대형거푸집의 운반작업에서 자재인양으로 나타났다.

(7) 거푸집공사에서 위험강도와 위험발생의 확률분석을 종합하여 가장 위험성이 높은 것으로 평가된 RAC 1(수용 불가능한)작업으로는 유로폼 및 합판거푸집의 자재인양, 폼탈형, 동바리 해체작업이며 대형거푸집의 운반작업에서 자재인양으로 나타나 재해예방 측면에서 가장 우선적으로 효과적인 해결책이나 개선안이 마련되어야 한다.

### 참고문헌

- 1) 한국산업안전공단, "안전보건경영시스템 구축에 관한 지침," <http://www.safetysite.co.kr/html/data1/etcs07.htm>, 1998.
- 2) 이만호, "거푸집공사의 중대재해 예방에 관한 연구," 연세대학교, pp. 1-2, 1994.
- 3) 한국산업안전공단, "건설중대재해 사례와 대책," 1992~2000년.
- 4) 이승우, "PLANT 건설공사 단위작업공정의 위험성 평가," 서울시립대학교, pp. 17-34, 1997.
- 5) Joe Stephenson, "System Safety 2000," Van Nostrand Reinhold, pp. 117-130, 1991.
- 6) 김은정, 박양규, "윈도우용 SPSS 통계분석 8," 21세기사, pp. 220-226, 2000.
- 7) 이철호, "거푸집공사에서 발생하는 중대재해의 원인 및 개선방안에 관한 연구," 동아대학교, 1999.