

철근콘크리트 공사의 효율적 안전관리를 위한 체크리스트 제안에 관한 연구

Highly Efficient Checklist for the Safety Management of Reinforced Concrete construction

심 운 준^{1*}

서 형 석²

안 용 선¹

Shim, Un-Jun^{1*} Suh, Hyung-Suk² Ahn, Yong-Sun¹

Department of Architectural Engineering, Yeungnam University, Keungsan, 214-1, Korea¹

Graduate School, Yeungnam University, Keungsan, 214-1, Korea²

Abstract

Modern construction technology has been highly systemized, which has simplified the construction methods applied to construction sites. However, on reinforced concrete construction sites, there have recently been many new disasters, and these have been bigger than before due to the heavy dependency on manpower. This study investigates the cause and cases of disasters during reinforced concrete construction. In addition, the study surveyed the psychological condition of construction site personnel in relation to the safety awareness and the causes of disasters, while deriving the basic components related to disasters on construction sites in order to analyze the relationship between each component to suggest an efficient safety management measures checklist.

Construction site personnel should utilize the results drawn from this study as a disaster prevention tool to use in a safety education class, and not consider this simply as statistical data, but as a checklist to ensure full awareness of the appropriate priorities for safety categories to utilize in the reinforced concrete construction in order to execute reasonable safety management.

Keywords : Check List for Security Management, Analyzing accidents, Reinforced Concrete

1. 서 론

1.1 연구의 목적

21세기 건설 산업은 첨단 기술과 과학이 발전함에 따라 기술적, 생산적인 면에서 상당한 수에 이르게 되었다. 첨단 기술 발달로 건설현장은 시스템화 되었으며 건설공법 역시 다양해졌다. 거푸집 설치나 콘크리트 타설 방법의 개선으로 구체공사가 단순해지고 위험요소가 줄었지만 여전히 현장에

서는 재해가 많이 발생하고 있다. 붕괴사고와 같은 대형 사고에서부터 추락사고, 협착사고, 감전사고 등 표면화 되지 않은 사고들로 인하여 전문 노동력의 상실과 엄청난 경제적, 정신적 피해를 발생시켰다. 이로 인해 산업재해 방지를 위한 안전관리 방안의 강구와 제도적 뒷받침이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

산업안전관리공단[10]의 발표에 따르면 산업재해로 인한 부상이나 사망이 2004년 이후부터 점차 감소하고 있는 것으로 나타났다. 하지만 산업재해 발생 빈도는 줄어들고 있으나 건설공사에서의 재해율은 여전히 높은 수치를 나타내고 있다.

그리고 건설현장의 시스템화로 인해 공법이 단순해졌다고는 하나 인력 의존도가 여전히 높은 철근 콘크리트공사에서는 새로운 재해사태가 늘고 있으며 재해 역시 대형화 되고 있다.

이에 본 연구는 건설 현장에서 발생하는 심각한 재해의

Received : August 5, 2010

Revision received : September 17, 2010

Accepted : November 26, 2010

* Corresponding author: Shim, Un-Jun

[Tel: 82-53-810-3971, E-mail: unjun@hanmail.net]

©2010 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

대부분을 차지하고 있는 철근콘크리트 공사를 중심으로 효율적 안전관리 방안을 위한 체크리스트를 제안하는 것을 본 연구의 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

건설공사현장에서의 종합적인 안전관리에 중점을 둔 연구 [1,2,4,8]가 많이 있다. Kang[1]은 건설공사의 전반의 재해 사례를 중심으로 연구를 진행하였고. 기타 연구[2,4,8]는 안전관리 제도개선에 관한 연구이다. 본 연구는 건설공사의 여러 공정 중에서 사고빈도가 가장 많은 철근콘크리트공사에 범위를 한정하였다. 좀더 구체적인 접근을 위해 철근콘크리트공사를 거푸집 및 동바리 작업, 철근가공조립작업, 콘크리트 타설 작업으로 분류 하여 재해현황을 분석 하였고 이후 8가지의 소단위 작업으로 분류하여 연구를 진행 하였다.

본 연구의 연구흐름을 도식화하면 다음과 같다.

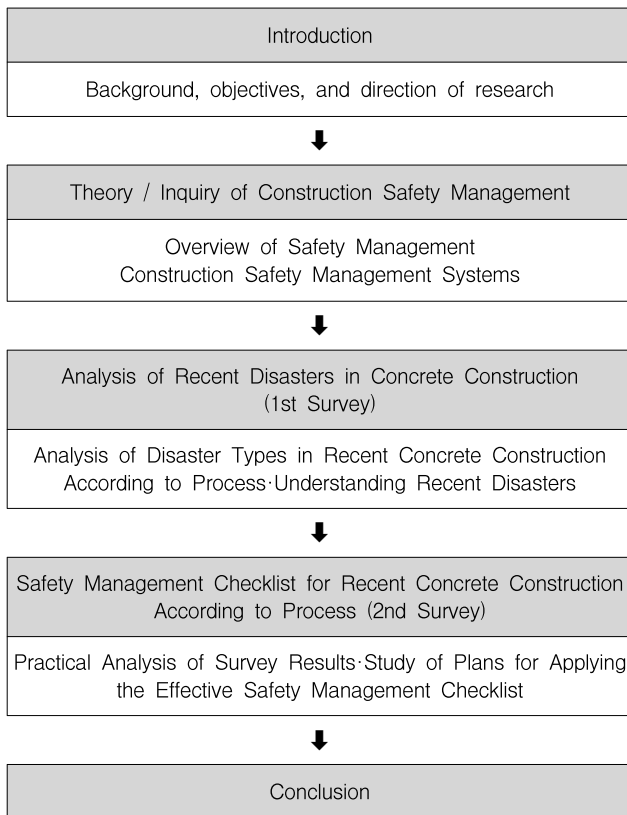


Figure 1. Research Process Flowchart

2. 건설안전의 이론적 고찰

2.1 안전관리의 개요

안전관리란 생산성의 향상과 손실을 최소화시키기 위하여 비능률적 요소인 사고가 발생하지 않는 상태로 유지하기 위

한 활동으로서 계획적이고 체계적인 제반 활동을 말한다. 즉, 안전관리는 발생할 가능성이 있는 사고의 원인을 제거함으로써 근로자 작업 능률을 높이고 작업에 열중할 수 있는 환경을 만들어 준다. 또한 재해에 의해 발생하는 공기 지연, 피해 보상 등 직·간접 비용손실을 방지하여 기업의 이윤을 보장하는 수단이 된다.[13]

이러한 의미에서 볼 때 건설공사의 안전관리는 생명의 보전과 노동력을 보호함은 물론 근로자가 작업중 느낄 수 있는 불안요소를 제거하여 작업의 애착과 열성을 제고하고, 기업에 있어서는 자산보호와 생산능률을 향상시킴과 동시에 숙련된 근로자의 노동력을 보전하여 보다 큰 이윤추구가 가능하며, 나아가 사회·경제적인 면에서 기여하는바가 크다고 할 수 있다. 이 같은 안전관리의 필요성은 인도주의적 측면, 작업능력 향상의 측면, 경영 관리적 측면, 심리적인 측면으로 구분할 수 있다.[12]

1) 인도주의적 측면

인간에게 발생할 수 있는 사고를 예방하기 위한 제반 대책을 수립하고 시행하여 귀중한 생명과 재산을 보호 할 수 있도록 해야 하며 이것은 곧 인간존중의 사상이라는 관점에서 가장 중요한 요소라 할 수 있다.

2) 작업능력 향상의 측면

작업의 3요소인 인간, 기계, 환경 중 인간의 마음이 일정하게 안정될 때 비로서 숙련이 가능하고 기술이 향상된다. 인간은 누구나 사고를 일으킬 잠재요소를 지니고 있으므로 안전관리를 통하여 근로자를 보호하여야 향상된 작업능률이 가능하다.

3) 경영 관리적 측면

건설공사 현장에서 재해로 인한 건설용 기자재의 손실과 노동력의 상실은 재해의 사전방지를 통하여 예방이 가능하고 동시에 손실의 극소화는 이윤의 극대화로 연결되어 경비절감의 효과가 있다.

4) 심리적인 측면

근로자의 심리상태는 안전에 미치는 무형적 요인으로서 작업 또는 생산성 향상에 커다란 영향을 미친다. 안정되지 못한 심리상태는 사고를 초래할 가능성이 높음을 의미하며 이와 같은 사고의 잠재적 위험성을 없애기 위하여 안정된 작업 환경을 조성하여야 한다.

2.2 안전관리의 이론적 고찰

건설 산업은 공장에서의 전형적 작업과는 달리 부정형적인 작업이다. 건설재해를 방지하려면 재해가 일어날 수 있는 모든 요인을 고려해 공사 착공 전 종합적인 안전관리 계획을 세우고, 작성된 계획을 바탕으로 공사 관리를 하여야 한다.

또한 공사에 관련된 모든 사람은 건설공사 실무에 대한 내용 뿐만 아니라 안전에 관련된 법규를 충분히 이해하여야 한다. 법규의 간과는 안전관리계획의 작성을 불가능하게 하며 재해가 발생하였을 경우 법적인 문제도 발생하게 된다.

따라서 건설재해의 방지를 위한 안전관리의 기본원리는 발생재해의 원인을 파악하고 그 예방책을 다각적으로 강구하는 것이라 할 수 있다. 건설 재해의 발생은 아직까지도 불가항력적이며 우발적인 것으로 이해되고 있으나, 이는 반드시 불안정한 행위와 조건이 선행된다는 것이 과학적으로 밝혀지고 있고, 현재 많은 작업장에서 무재해의 기록을 달성하고 있는 것이 이를 입증한다. 따라서 재해를 방지하기 위하여 불안정한 행위를 과학적으로 통제해야 한다.[11]

1) 조직

건설 안전관리에서 선행되어야 할 작업은 조직의 구성이다. 재해의 예방을 위한 계획의 수립, 실천, 안전업무의 수행 및 점검은 조직을 통해서만이 가능한 것이다.

2) 사실의 발견

안전관리 기록의 점검, 사고의 조사, 관찰 및 보고서의 연구, 안전회의 등을 통한 불안전 요소의 발견은 건설안전 뿐만 아니라 산업 전반의 안전관리 분야에 기본이 된다.

3) 분석

발견된 사실 또는 재해의 원인 분석은 불안정한 작업조건 및 요소를 토대로 건설재해의 직간접적인 원인을 찾아낼 수 있게 된다. 또한 분석은 재해발생 현장의 조사결과, 사고보고, 환경조건, 안전의식 등을 대상으로 이루어진다.

4) 시정방법의 선정

분석을 통하여 색출된 원인을 토대로 개선방법의 선정이 필요하다. 개선방법을 선정하기 위하여 안전의식 제고를 위한 교육과 훈련, 안전관리 행정의 개선, 기술적 향상 등 재해원인의 제거를 위한 노력이 필요하다.

5) 시정방안의 적용

시정방안의 적용은 교육, 기술, 독려를 통해서 가능하다. 안전의식과 관련된 교육과 훈련의 미비점을 보완하고 시설 및 장비 등의 불안전 요소를 제거하며 재해의 방지를 위한 안전규칙의 준수를 철저히 하도록 독려해야 한다.

2.3 국내 안전관리 법규 체계

국내 건설안전에 관한 법규는 일원화 되어있지 못하고 산업안전보건법, 건설기술관리법, 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 건축법, 소방법, 환경법, 건축물의 피난방화구조 등의 기준에 관한 규칙 등의 각기 다른 법규에 의해 적용을 받고 있다. 이러한 관련법규들 중 대표적으로 적용받는 법률들을 건설 사업프로세스별로 살펴보면 Figure2와 같으며,

국내에는 기획·타당성 단계에서 적용되는 안전에 관련한 규정은 없는 실정이다.

| 국내 안전관리 법규 체계 | | | | |
|---------------|--------|--|--|---|
| 분류 | 기획·타당성 | 설계단계 | 시공단계 | 유지관리단계 |
| 법규 | | - 건축법 - 소방법 | - 산업안전보건법 - 건설기술관리법 | - 시설물의 안전관리에 관한 특별법 - 건축법, 소방법 |
| 규제사항 | | 건축법 - 건축물 구조 및 재료의 규정 (피난을 위한 설계규정, 방화구획, 마감재료 등의 규정) - 건축설비의 규정 등 사항 소방법 - 소방시설 설치 (소화, 경보, 피난, 소화용수, 소화발동 설비) - 소방시설의 설계 등 사항 | 산업안전보건법 - 안전보건관리 규정의 작성 - 위험, 위험 방지 조치 (안전상 조치, 보건상 조치, 근로자 준수사항, 기술상 지침 및 작업환경 기준, 유해작업 도급금지, 도급사업의 안전·보건조치, 교육, 유해 위험 기계·기구방호장치) 건설기술관리법 - 안전관리 조직구성 - 안전관리계획 수립 및 교육 (단위공사 종류별 목적별 안전내용규정, 대상시설별별 건설공법 및 공정별 시공절차 규정) - 안전관리비 | 시설물의 안전관리에 관한 특별법 - 시설물의 안전 및 유지관리 계획의 수립 시행에 관한 사항 - 안전점검 및 정밀안전진단 사항 - 시공제한 및 설계도서 보존 건축법, 소방법 - 건축물 구조 및 설계 기준 - 지역 지구 구분 및 승강기 규정 - 소방시설 유지규정 - 피난, 방화시설의 유지관리 - 소방시설의 적용기준 및 정기점검 |
| 목적 | | 건축법 - 건축물 사용자의 안전을 위한 설계 제한규정 소방법 - 건축물 사용자의 소방안전을 위한 설계 제한규정 | 산업안전 - 건설현장의 근로자의 유해하고 위험한 곳으로부터 보호하고 쾌적한 작업 환경조성으로 재해방지 건설기술관리법 - 건설공사의 안전을 확보하기 위한 공사구조물의 안전한 상태유지 및 공사현장주변의 안전성 도모 | 시설물의 안전관리에 관한 특별법 - 시설물의 안전점검과 적정한 유지 관리를 통하여 재해 및 재난을 예방하고 시설물의 효율을 증진시킴으로써 공중의 안전은 확보 건축법 - 건축물 사용자의 안전을 위한 유지관리 제한규정 |

Figure 2. A System of Construction Safety Management Rules in Domestic

건설 관계법률상 건설안전시공 조항 및 기준 중에서 주요 사항을 요약하면 다음과 같다.

1) 산업안전보건법

산업 안전 보건법은 전 사업에 걸쳐 근로자의 안전과 보건을 유지·증진함을 목적으로 현장근로자에 대한 안전보건관리체계, 유해위험 예방조치, 안전보건교육 등 주로 근로자의 안전대책에 대해 규정하고 있으며, 건설현장에서도 주로 이 법에 근거하여 현장작업자의 안전보건 관리를 수행하고 있다.

2) 건설기술관리법

건설기술관리법은 건설기술의 연구·개발을 효율적으로 이용·관리하게 함으로써 건설기술수준을 향상시키고 건설공사 시공의 적정을 기하며 공공복리의 증진과 국민경제의 발전에 이바지함을 목적으로 하고 있으며, 주로 건설공사의 품질향상을 위한 설계 및 시공기준, 품질관리, 감리·감독 및 건설기술 인력 관리에 대한 사항이 규정되어 있다.

3) 기타 관련 법률의 안전규정

이상에서 언급한 주요 건설법규의 안전규정 외에 여러 가지 법률로서 안전사항을 규정하고 있다.

Table 1. The Present Status of Safety Regulation Forms

| | Content |
|---|--|
| Disaster Management Act | Regulations to protect life and property from disasters |
| Gas Enterprises Act | Standards for laying / installing gas pipes |
| Road Traffic Act | Road Traffic Act |
| Food Hygiene Act | Prevent food hygiene-related problems Strive for qualitative improvements in food nutrition |
| Atmosphere Environment Preservation Act Water Environment Preservation Act | Prevention of health problems and Environmental dangers caused by air and water pollution |
| Atomic Energy Act | Research·development·production·use of atomic energy and regulations for its safety management |
| Ports Act | Regulations for the designation·development·management·use of ports |

2.4 건설안전교육의 체계

산업안전 보건교육은 근로자가 재해의 위험과 중요성을 인식하고 해당 사업장이나 기업이 실시주체가 되어 행하는 것이 바람직하지만 산업의 구조나 교육효과를 고려하여 교육의 종류와 내용에 따라서 기업자체나 국가 및 관계 단체에서 실시하고 있다.

산업안전보건법에서 규정하고 있는 산업안전보건교육은 법 제31조에 의거 사업주가 당해 사업장 근로자에게 실시하는 안전보건교육은 근로자를 채용 할 때, 작업내용을 변경 할 때, 유해 또는 위험작업에 근로자를 사용 할 때 안전·보건에 관한 교육을 실시하여야 하며, 법 제37조에 의해 실시하는 산업안전보건교육은 당해 사업장에서 안전·보건관리업무를 수행하고 있는 관리 책임자·안전관리자·조건관리자 및 산업보건의, 안전관리 대행기관·보건관리 대행기관의 종사자, 법 제30조 4항의 규정에 의한 전문기관의 종사자, 기타 노동부령이 사업의 사업주·관리감독자 및 안전담당자 등 안전보건관계자들을 대상으로 노동부장관이 실시하는 안전·보건교육을 받도록 하고 있다.

3. 건설공사 재해원인 및 철근콘크리트 공사 재해 유형

3.1 건설안전사고의 대표적 재해 원인

건설공사 재해의 형태와 직간접적인 원인을 분석한 결과 건설재해가 발생하는 주요 원인이 안전의식 부족, 구체 공사

중 시설하자 및 부주의, 불안정한 작업 환경 및 자세에 의한 것으로 조사되었다.[9] 그 외에도 여러 가지 사항이 있으며 조사한 내용을 바탕으로 기술적인 측면, 관리적 측면, 제도적 측면과 사회적 측면 등으로 그 원인들을 분류하여 간단히 나타냈다.

건설 안전사고의 대표적인 원인은 Table 2와 같이 크게 4가지로 나뉘질 수 있다.

Table 2. The Cause of Construction Negligent Accident(9)

| Classification by field | Details |
|-------------------------|---|
| Technical | 1. Insufficient investigation during design stage |
| | 2. Unstable design |
| | 3. Improper specifications |
| | 4. Improper application of new technology |
| Management | 1. Insufficient funds for safety management |
| | 2. Insufficient safety facilities |
| | 3. Worker carelessness |
| | 4. Insufficient concern for industrial safety |
| | 5. Negligence in managing personnel or materials |
| Systemic | 1. Lack of a central safety management office |
| | 2. Necessity for instilling sense of group responsibility |
| | 3. Insufficient training programs for disaster prevention |
| | 4. Too many safety inspection agencies |
| Social | 1. Ignorance of social safety |
| | 2. Tendency to neglect safety precautions |
| | 3. Indiscriminate, irresponsible reportage by the press |

3.2 철근콘크리트 공사의 재해 유형

철근콘크리트 공사를 작업순서 및 주요공정으로 크게 분류하면 거푸집 및 동바리 작업, 철근가공조립작업, 콘크리트 타설 작업으로 이루어진다. 따라서 본 논문에서는 철근콘크리트 공사를 크게 3가지 작업으로 분류하였다.

작업분류 후 각 작업의 재해유형을 조사하여 1차 예비 설문조사를 실시하였다. 설문조사의 대상은 종합건설회사 및 철근콘크리트 전문 건설업, 감리업 종사자, 중에 공동주택 사업을 수행해 본 경험이 있는 전문가를 대상으로 하였다. 조사방법은 서울, 대구 등은 직접설문, 기타 지방은 인터넷과 우편 등으로 11개 회사, 23명의 전문가를 통하여 실시하였다. 1차 설문을 통하여 도출된 공정별 상위 9가지 재해유형 Table 3,4,5와 같다.

1) 거푸집 및 동바리 작업

거푸집 및 동바리 작업은 현장의 작업 여건이 다양하고 변동사항이 많기 때문에 반드시 안전관리 현장 책임의 선임이 필요하며 선임된 책임자의 지휘에 따라 작업이 진행되어야 한다.

Table 3. Accident Types of Forms and Supports Installing Works

| Item | Disaster Type |
|------|--|
| 1 | Fall from form scaffolding while material is being moved into a building |
| 2 | Fall during unwise attempt to transfer material from inside form over to form of adjacent building |
| 3 | Fall together with scaffolding while breaking down scaffolding in order to reinstall it |
| 4 | Weak concrete in rail anchor causes overturn and fall during salvaging/ installation of form |
| 5 | Worker loses balance and falls from scaffolding |
| 6 | Worker falls due to a faulty safety rail in outer wall mold |
| 7 | While salvaging side wall mold, rings come off and mold falls |
| 8 | Worker is hit by material falling from breast wall framework during assembly |
| 9 | Nail injures on eye when it flies during hammering to stabilize mold |

거푸집 및 동바리 작업의 재해 유형 중 Table 3의 항 1,2,3,5,6과 같이 추락에 의한 재해가 절반에 가까운 수치로 기록이 되었으며 낙하와 강타 등의 재해도 높은 순위에 있다. 이러한 경향은 거푸집 및 동바리 작업의 특성상 이동이 많고 공사가 진행 중 인 곳에서 작업을 하는 경우도 많으며 추락에 대비한 안전장치 부족 및 안전의식의 부족이 주요 원인으로 분석되었다.

2) 철근가공 조립작업

철근가공 조립작업은 주로 현장에서 이루어지며 장비를 이용한 작업이 많고 철근이라는 자재가 무겁고 운반하기 힘들기 때문에 운반 및 가공 중에 재해가 발생하는 경우가 많다.

Table 4. Accident Types of Rebar Manufacturing Works

| Item | Disaster Type |
|------|---|
| 1 | Fire hazard from damage to oxygen, LPG hoses |
| 2 | Get pricked on remaining rebars after processing |
| 3 | Rebars sparked while processing injuring worker |
| 4 | Fall from scaffolding while working on wall framework |
| 5 | Hit by falling bundle of rebar while working on underground parking lot |
| 6 | Fall from scaffolding while assembling pillar rebar |
| 7 | Electric shock while working on making anchor hole to assemble rebar |
| 8 | Back injury caused by carrying too much rebars |
| 9 | Fall of rebars hung by the end of slay |

철근가공 조립작업은 다른 공정과 달리 Table 4의 항 2,3,5와 같이 강타에 의한 재해가 제일 많이 나왔지만 추락 역시 비중이 크며 철근 가공 시 사용되는 장비로 인해 감전에 의한 재해의 숫자가 다른 공정에 비해 많이 나왔다. 무거운 자재를 옮기는 철근 공사 시에 많은 주의가 필요한데 거기에 대한 교육이 필요한 실정이다.

3) 콘크리트 타설작업

콘크리트 타설작업은 전체 철근콘크리트 공사에서 가장 중요한 부분이며 시공 불량시 공사 전체를 다시 해야 되는 매우 민감한 작업이다.

Table 5. Accident Types of Concrete Placing Works

| Item | Disaster type |
|------|--|
| 1 | Remicon Vehicle collisions during entry and evacuation |
| 2 | Collision of pump car while backing up to set equipment |
| 3 | Pump car overturns due to faulty base while placing concrete |
| 4 | Electrocution due to contact of pump car with high-tension wire |
| 5 | Worker trapped during installation of distributor |
| 6 | Fall while fixing brackets to balcony during transfer pipe installation |
| 7 | Trapped between cement truck while it backs up to place cement, and front of pump car hopper |
| 8 | Slip and fall from temporary scaffold used for placing concrete |
| 9 | Collapse of support post while at rest due to improper concrete placement |

콘크리트 타설작업은 Table 5의 항 1,2,7과 같이 콘크리트 타설시 사용되는 대형 장비의 운행 시에 일어나는 사고가 많았다. 또한 항 8과 같이 추락사고 역시 비중이 크며 콘크리트 작업 전의 공정인 거푸집 공정에서의 실수가 콘크리트 타설시 재해로 이어져 한 공정만 신경을 쓸 것이 아니라 전체 공정 간의 유기적인 연동이 필요 하겠다.

4. 철근콘크리트 공사의 재해 유형 분석

4.1 설문조사

철근콘크리트 공사의 재해유형들 중 안전관리 우선순위체 크리스트를 도출하기 위하여 2차 설문조사를 하였다. 3.2 장에서 철근콘크리트 공사를 크게 3가지 작업으로 분류하여 공정별 상위 재해 유형을 도출하였다. 분류된 3가지 작업은 다시 작업자의 업무 흐름에 따라 8가지의 소단위작업으로 세분하였다. 1차 설문에서 상위 9가지에 포함되지 않은 유형들과 Table 3,4,5를 8가지 단위작업으로 정리 분류하여 우선순위

항목 5가지와 각 유형의 중요도를 도출 하였다. 설문지의 배포 및 수집은 2009년도 5월10일부터 6월 25일 까지 45일간 대구 및 서울 등의 지역에 건설회사 5개 업체 및 감리업체 2개 회사로부터 68부를 배포하여 50부를 회수하여 최종 회수율은 73.5%로 집계되었다. 수도권 및 그 외 지역은 우편으로 의뢰, 회수하였다.

우선순위 선정 방식에 의해서 5개의 영향 요인을 응답자가 판단해서 제시한 값을 SPSS Package Program 12.0을 이용하여 기술 통계 분석하였다.

철근콘크리트 공사 안전관리의 유형별 중요도를 파악하기 위하여 중요도 지수분석을 실시하였다. 중요도 지수(Importance Index)분석을 통하여 철근 콘크리트 공사의 안전관리 장애요인을 우선순위 분석하였으며, 중요도 지수가 높을수록 철근콘크리트 공사에서 안전관리의 영향력이 많이 미치는 중요한 항목이라고 할 수 있다. 중요도 지수 식은 아래와 같다.

$$\text{중요도 지수} = \left(\sum_{i=1}^5 W_i \times f_{xi} \right) \times \frac{100}{4n}$$

여기서, W_i = 각 응답에 대한 가중치
 f_{xi} = 각 항목에 대한 응답빈도
 n = 전체 응답자수

그리고 중요도 지수분석은 다음의 Table 6과 같은 방법으로 분석하였다.

Table 6. The Example of Importance Factor Choosing

| Item | Weight(W_i) | Response(f_{xi}) | Index of importance ($W_i \times f_{xi}$) |
|-------------|-----------------|----------------------|---|
| ① Very low | 0 | 0 | 0 |
| ② Low | 1 | 9 | 9 |
| ③ Average | 2 | 7 | 14 |
| ④ High | 3 | 26 | 78 |
| ⑤ Very high | 4 | 42 | 168 |
| Total | 10 | 84 | 269 |

Index of Importance = $[269 / (84 \times 4)] \times 100 = 80.0$

즉, 하나의 리스크 요인에 대해 각 응답항목에 대해 가중치를 ①→0, ②→1, ③→2, ④→3, ⑤→4 와 같이 부여한 다음 각각의 항목의 응답수가 0, 9, 7, 26, 42 라고 가정한다면 각 항목의 중요도는 [가중치(W_i)×응답수(f_{xi})]가 된다. 그리고 각각의 중요도 지수를 합한 80.0을 사용하여 하나의 요인의 중요도 지수를 구하였다.

4.2 철근콘크리트 공사의 재해 유형 분석

1) 자재반입 및 운반 작업의 재해 유형

철근콘크리트 공사의 자재반입 및 운반 작업 중 나타나는 재해유형의 순위는 Table 7에서 나타나는 바와 같다.

Table 7. Construction Materials Carrying Works

| Type | Carrying in / carrying material | Importance Index | Rank |
|------|--|------------------|------|
| 1 | Projected foreign substances and obstacles causing injury in the middle of carrying material | 81.56 | 2 |
| 2 | Falling materials due to faulty belt while carrying material using tower crain | 72.86 | 4 |
| 3 | Careless actions causing injury while organizing materials | 83.24 | 1 |
| 4 | Europium shifts and collides during transport by tower crane | 78.45 | 3 |
| 5 | Materials hit building and fall during transport by tower crane | 64.87 | 5 |

이러한 재해를 극복하기 위해서는 자재 반입과 운반에 대한 계획을 체계적으로 수립하여 실시하여야 할 것이고, 점점 협소해지는 작업공간에 맞추어 능동적인 사고방식이 필요 할 것으로 사료된다.

2) 거푸집 제작 및 조립작업 재해 유형

철근콘크리트 공사의 거푸집 제작 및 조립작업 중 나타나는 재해유형의 순위는 Table 8에서 나타나는 바와 같다.

Table 8. Making and Assembling of Forms Works

| Type | Mold Fabrication and Assembly | Importance index | rank |
|------|---|------------------|------|
| 1 | Mishandling of machinery and non-use of safety equipment | 79.86 | 4 |
| 2 | Collapse from overloading materials on mold | 82.98 | 3 |
| 3 | Collapse from weakened base during demolition in gang form | 88.26 | 1 |
| 4 | Collapse from weakened base of beam mold due to heavy weight | 84.45 | 2 |
| 5 | Wire used to tie lumber stacks breaks and causes lumber to fall | 77.24 | 5 |

이는 작업자들의 대부분이 숙련자이기 때문에 경험을 바탕으로 작업을 처리하려는 경향이 있는 실정인여서 매뉴얼이나 시방서의 활용도를 높이고 근로자에 대한 적극적인 안전 관리가 필요 할 것으로 판단된다.

3) 거푸집 조립 및 동바리 설치 작업 재해 유형

철근콘크리트 공사에서 거푸집 조립 및 동바리 설치 작업 중 나타나는 재해유형의 순위는 Table 9에서 나타나는 바와 같다. 이러한 재해를 극복하기 위해서는 작업전의 철저한 사전 안전조사 및 안전유무를 확인해야 하고 위험장소에서 작업 시에는 안전장치를 필히 착용해야 할 것이 요구된다.

Table 9. Forms and Supports Installing Works

| Type | Mold fabrication and puncheon installation | Importance index | rank |
|------|--|------------------|------|
| 1 | Faulty outer wall mold safety rail causes collapse | 86.48 | 2 |
| 2 | Weakened base during mold fabrication causes collapse | 87.86 | 1 |
| 3 | Too much space between gang form and building wall causes collapse | 83.25 | 3 |
| 4 | Material not stored properly on scaffolding at gang form (or ACS) site, and falls through gap during raising of form | 78.68 | 5 |
| 5 | During demolition/salvaging of outer gang form, shaking causes material in gang form to fall, causing injury | 83.25 | 4 |

4) 거푸집 해체 작업 재해 유형

철근콘크리트 공사에서 거푸집 해체 작업 중 나타나는 재해유형의 순위는 Table 10에서 나타나는 바와 같다.

Table 10. Form Dismantling Works

| Type | Mold Demolition | Importance index | rank |
|------|--|------------------|------|
| 1 | Collapse on scaffolding during demolition of outer wall mold | 85.65 | 2 |
| 2 | Collapse during demolition of scaffolding in gang form | 77.98 | 4 |
| 3 | From unfamiliarity with use of equipment during gang form demolition | 74.65 | 5 |
| 4 | Forcing equipment during gang form demolition resulting the equipment to vibrate injuring worker | 87.26 | 1 |
| 5 | Fall from temporary scaffolding while demolishing outer wall mold | 82.36 | 3 |

안전한 거푸집 해체 작업을 위해서는 무엇보다 작업자의 주의가 가장 먼저 필요하고 안전한 해체작업을 위한 체계적인 계획이 필요하며 고소작업시 안전줄과 같은 안전장치가 필요 할 것으로 사료된다.

5) 철근 운반 및 가공 작업 재해 유형

철근콘크리트 공사의 철근 운반 및 가공작업 중 나타나는 재해유형의 순위는 Table 11에서 나타나는 바와 같다.

Table 11. Carrying and manufacturing of Rebar Works

| Type | Moving rebars and processing | Importance index | rank |
|------|--|------------------|------|
| 1 | When using crane to move materials, rings and/or sling belt, signal system are faulty, or mistake during operation | 81.75 | 3 |
| 2 | Loss of balance while moving rebars | 74.82 | 5 |
| 3 | Safety features like rebar caps are not intalled properly | 83.68 | 2 |
| 4 | Faulty processing at manufacturing plant | 78.94 | 4 |
| 5 | Problems with barriers and materials while moving rebars | 85.24 | 1 |

철근 운반 시 작업장의 각종 자재와 기계의 정리정돈이 잘 되어 있어야 하고 타워크레인 이용 시 적재량을 초과해서는 안되며 작업전 인양 고리 확인 및 자재를 묶은 철선이 느슨한 곳이 없는지 확인해야 한다. 또한 안전한 운반을 위해서는 작업자간의 의사소통이 필요 할 것으로 판단된다.

6) 철근배근 및 조립작업 재해 유형

철근콘크리트 공사의 철근배근 및 조립작업 중 나타나는 재해유형의 순위는 Table 12에서 나타나는 바와 같다.

Table 12. Arrangement of Rebar and Installing Works

| Type | Arrangement and assembly of rebars | Importance index | rank |
|------|--|------------------|------|
| 1 | Not wearing safety equipment | 83.85 | 2 |
| 2 | Faulty scaffolding while arranging rebar and lack of safety rails | 73.86 | 5 |
| 3 | Material falls during assembly of rebars | 85.63 | 1 |
| 4 | Fall from scaffold during assembly of post rebars | 82.14 | 3 |
| 5 | Slip/ fall due to faulty scaffolding and no safety rail while arranging rebars for breast wall | 78.56 | 4 |

이러한 재해를 극복하기 위해서는 중심을 잃었을 경우에 추락하지 않도록 안전장치를 항상 착용해야 하며 작업자에게 보호구의 착용, 안전 고리 장착 등 안전의식의 중요성을 일깨워주어야 할 것으로 사료된다.

7)콘크리트 작업 재해 유형

철근콘크리트 공사에서 콘크리트 작업 중 나타나는 재해 유형의 순위는 Table 13에서 나타나는 바와 같다.

Table 13. Concrete Placing Works

| Type | Concrete-related accidents | Importance index | rank |
|------|--|------------------|------|
| 1 | Not wearing safety gear while working on temporary scaffolding | 85.63 | 1 |
| 2 | Injury caused by poor placement method | 77.56 | 5 |
| 3 | While placing concrete using a crane | 83.64 | 2 |
| 4 | Collapse of support post due to poor placement of concrete | 83.64 | 3 |
| 5 | Slip/fall from temporary scaffolding while placing concrete | 80.87 | 4 |

콘크리트 타설시 정확한 타설법으로 타설해야 하며 타설 작업시 미끄러짐 등의 안전여부를 확인해야 한다. 또한 장비의 노후가 있는지 체크하여 타설시 발생할 수 있는 사고를 사전에 방지해야한다. 편하중으로 인한 붕괴를 방지하기 위해 정격규격 및 간격의 유지가 철저히 요구된다.

8)양생 및 기타작업 재해 유형

철근콘크리트 공사에서 양생 및 기타 작업 중 나타나는 재해유형의 순위는 Table 14에서 나타나는 바와 같다.

Table 14. Curing Works and Miscellaneous

| Type | Surface curing and etc. | Importance index | rank |
|------|---|------------------|------|
| 1 | Losing balance while working on a scaffold | 85.84 | 1 |
| 2 | Injury caused while guiding driving equipment | 85.84 | 2 |
| 3 | Injury caused while warming and curing during winter | 80.34 | 4 |
| 4 | Concrete wall falls to the ground from the scaffolding during tacing | 79.21 | 5 |
| 5 | Caught in the wheel of bulldozer as it backs up during operation standstill | 83.12 | 3 |

이러한 재해를 개선하기 위해서 작업자와 유도자간의 의사소통이 원활하게 이루어지고 체계적인 안전교육이 필요하며 양생 중 온도유지로 인한 이산화탄소 발생을 제거하기 위해 통풍구를 두거나 덕트 등을 설치하여야 할 것으로 사료된다.

4.3 철근콘크리트 공사의 주체별 상위 요인 분석

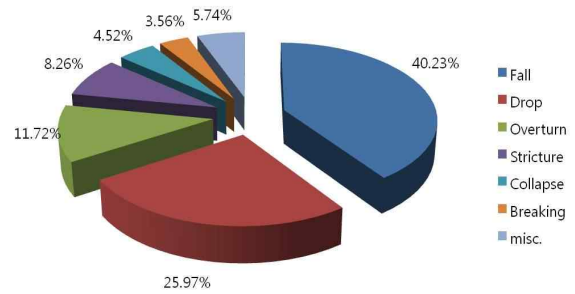


Figure 3. Analysis of Disaster Factors each Subject

Table 7~14의 재해유형을 Figure 3과 같이 철근콘크리트 공사의 각 주체별로 재해요인을 분석한 결과 “추락 40.23%”, “낙하 25.97”, “전도 11.72%”, “협착 8.26%”, “붕괴 4.52%”, “절단 3.56%”로 순으로 나타났다. 이는 철근콘크리트 공사에서 추락이나 낙하에 의해 안전재해가 많이 발생하였는데 근무자들의 안전에 대한 부주의로 인해 작업 중 추락이나 낙하로 재해가 발생하였다. 이러한 재해 발생은 근무자들에게 안전관리에 대한 교육을 통해 안전지식을 알아야 한다.

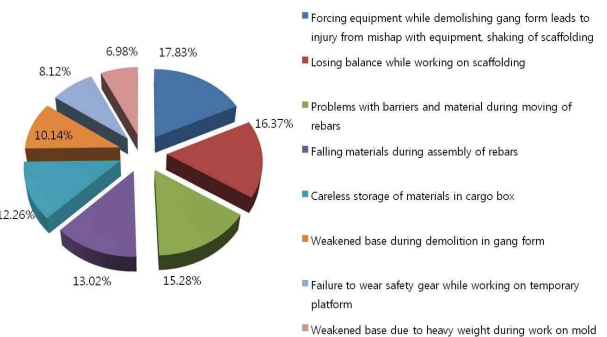


Figure 4. Analysis of High Rank Ractors each Subject

Figure 4와 같이 철근콘크리트 공사의 주체별 상위 요인 분석 결과 “갱폼 해체 작업 중 작업 장비에 무리를 해서 장비 이탈하여 갱폼이 진동, 작업자가 상해를 입은 재해 17.83%”, “비계 위에서 작업 중 몸의 균형을 잃어서 일어나는 재해 16.37%”, “철근 운반 중 각종 장애물 및 자재로 인해 일어나는 재해 15.28”, “철근 운반 중 낙하한 자재에 의한 재해 13.02”, “적재함에서 자재정리 중 부주의로 인한 재해 12.26”, “갱폼 내부에서 해체 중 하중을 견디지 못하여 일어난 재해 10.14”등으로 나타났다. 이는 주로 안전장치 미착용과 근무자들이 안전에 대한 미숙지로 인해 발생 되었다고 볼 수 있다. 이러한 재해를 극복하기 위해서 갱폼등과 같은 대형시스템 거푸집에 대한 체계인 안전

관리 교육 및 관리법을 숙지 시켜야 한다. 뿐만 아니라 안전 보호구를 잘 착용하고 공정에 맞는 안전장치를 설치하여야 한다.

5. 결 론

국내 건설기술 및 과학 산업의 발전으로 규모적으로 나 질적으로 급속하게 건설시장이 성장하여 왔다. 하지만 이에도 불구하고 산업재해는 큰 위협이 되고 있고, 인명의 손실 뿐만 아니라 산업 전반에 큰 손실을 초래하고 있다. 특히 건설공사는 그 특성상 위험을 감수 할 수밖에 없어 합리적인 안전관리가 필요하다.

본 연구에서는 건설 공사 중 안전사고가 가장 많이 발생하는 철근콘크리트공사를 문헌조사와 사례조사, 설문조사 및 면담을 통하여 많은 재해 유형들을 도출하였으며 각 재해 유형별 중요도분석을 통하여 철근콘크리트공사의 합리적인 안전관리를 위한 공정별 체크리스트를 제안하고자 본 연구를 수행하였으며 결과는 다음과 같다.

첫째로, 철근콘크리트공사의 주요공정을 1)거푸집 및 동바리 작업, 2)철근가공조립작업, 3)콘크리트 타설 작업으로 분류하여 주요 재해유형을 1차설문을 통해 도출하였다. 도출된 재해유형을 1)자재반입 및 운반작업, 2)거푸집제작 및 조립작업, 3)거푸집 조립 및 동바리 설치 작업, 4) 거푸집 해체작업, 5) 철근 운반 및 가공 작업, 6) 철근 배근 및 조립 작업, 7) 콘크리트 작업, 8) 양생 및 기타 작업까지 8개의 단위작업으로 분류하였으며, 2차 설문을 실시하여 중요도분석과 주체별 요인분석을 실시하여 결과를 도출하였다.

둘째로, 각 작업별로 도출된 체크리스트는 Table 15이고 결론은 다음과 같다.

Table 15 . Check Listfor Safety Management in the Reinforced Concrete construction

| Type | Check List |
|--|--|
| Carrying in / carrying material | 1 Careless actions causing injury while organizing materials |
| | 2 Projected foreign substances and obstacles causing injury in the middle of carrying material |
| | 3 Equipment shifts and collides during transport by tower crane |
| | 4 Falling materials due to faulty belt while carrying material using tower crane |
| | 5 Materials hit building and fall during transport by tower crane |
| Mold Fabrication and Assembly | 1 Collapse from weakened base during demolition in gang form |
| | 2 Collapse from weakened base of beam mold due to heavy weight |
| Mold fabrication and puncheon installation | 3 Collapse from overloading materials on mold |
| | 4 Mishandling of machinery and non-use of safety equipment |
| | 5 Wire used to tie lumber stacks breaks and causes lumber to fall |
| | 1 Weakened base during mold fabrication causes collapse |
| | 2 Faulty outer wall mold safety rail causes collapse |
| Mold Demolition | 3 Too much space between gang form and building wall causes collapse |
| | 4 During demolition/salvaging of outer gang form, shaking causes material in gang form to fall, causing injury |
| | 5 Material not stored properly on scaffolding at gang form (or ACS) site, and falls through gap during raising of form |
| | 1 Forcing equipment during gang form demolition resulting the equipment to vibrate injuring worker |
| | 2 Collapse on scaffolding during demolition of outer wall mold |
| Moving rebars and processing | 3 Forcing equipment during gang form demolition resulting the equipment to vibrate injuring worker |
| | 4 Collapse during demolition of scaffolding in gang form |
| | 5 Forcing equipment during gang form demolition resulting the equipment to vibrate injuring worker |
| | 1 Problems with barriers and materials while moving rebars |
| | 2 Safety features like rebar caps are not installed properly |
| Arrangement and assembly of rebars | 3 When using crane to move materials, rings and/or sling belt, signal system are faulty, or mistake during operation |
| | 4 Faulty processing at manufacturing plant |
| | 5 Loss of balance while moving rebars |
| | 1 Material falls during assembly of rebars |
| | 2 Not wearing safety equipment |
| Concrete-related accidents | 3 Fall from scaffold during assembly of post rebars |
| | 4 Slip/ fall due to faulty scaffolding and no safety rail while arranging rebars for breast wall |
| | 5 Faulty scaffolding while arranging rebar and lack of safety rails |
| | 1 Not wearing safety gear while working on temporary scaffolding |
| | 2 While placing concrete using a crane |
| Surface curing and etc. | 3 Collapse of support post due to poor placement of concrete |
| | 4 Slip/fall from temporary scaffolding while placing concrete |
| | 5 Injury caused by poor placement method |
| | 1 Losing balance while working on a scaffold |
| | 2 Injury caused while guiding driving equipment |
| | 3 Caught in the wheel of bulldozer as it backs up during operation standstill |
| | 4 Injury caused while warming and curing during winter |
| | 5 Concrete wall falls to the ground from the scaffolding during tacing |

1) 자재반입 및 운반 작업

자재 반입과 운반에 대한 계획을 체계적으로 수립하여 실시하여야 할 것이고 자재 반입 및 운반 작업에 대한 중요성을 인식하고 지속적인 관심을 가져야 할 것이며, 작업공간의 확보를 위한 정리정돈과 바닥에 떨어져 있는 이물질 등을 제거하여 점점 협소해지는 작업공간을 적절하게 관리하여 사용하는 능동적인 사고방식이 필요할 것으로 사료된다.

2) 거푸집 제작 및 조립 작업

작업자들의 대부분이 숙련자이기 때문에 경험을 바탕으로 작업을 처리하려는 경향이 있는 실정이어서 매뉴얼이나 시방서의 활용도를 높이고 안전장구 착용을 관리하고, 높은 곳에서 작업시 안전 벨트 등 보호 장비를 갖추어 근로자에 대한 적극적인 안전관리가 필요할 것으로 판단된다.

3) 거푸집 조립 및 동바리 설치 작업

작업 전 철저한 사전 안전조사 및 안전유무를 확인해야 하고 설계도서상에서 세부도면을 만들어 시공시 계획성 있는 작업을 할 수 있도록 하며, 위험장소에서의 작업 시에는 안전장치를 착용해야 할 것으로 사료된다.

4) 거푸집 해체 작업

안전한 거푸집 해체 작업을 위해서는 무엇보다 작업자의 주의가 가장 먼저 필요하고 안전한 해체작업을 위한 체계적인 계획이 필요하며 해체한 거푸집을 정리 및 운반시에도 주의를 기울여야 한다. 또한 고소작업 시 안전 줄과 같은 안전장치가 필요할 것으로 판단된다.

5) 철근 운반 및 가공 작업

철근 운반 시 작업장의 각종 자재와 기계의 정리정돈이 잘 되어 있어야 하고 타워크레인 이용 시 주변의 장애물을 유의하며 기사의 유도에 따라 안전하게 운반해야 하며 적재량을 초과해서는 안 되며 작업 전 인양 고리 확인 및 자재를 묶은 철선이 느슨한 곳이 없는지 확인해야 한다. 또한 가공 작업 시에는 안전장구 착용 및 주변 정리정돈을 통해서 사고를 미연에 방지하고 각 작업자간의 원활한 의사소통을 통해 작업장에서의 주의사항 전달 등이 필요할 것으로 사료된다.

6) 철근 배근 및 조립 작업

철근 배근 및 조립 작업의 재해를 극복하기 위해서는 중심을 잃었을 경우에 추락하지 않도록 안전장치를 항상 착용해야 하며 작업자에게 보호구의 착용, 안전 고리 장착 등 안전의식의 중요성을 일깨워 주어야 할 것으로 사료된다.

7) 콘크리트 작업

콘크리트 타설시 정확한 타설방법으로 타설해야 하며 타설 작업 시 미끄러짐 등의 안전여부를 확인해야 한다. 또한 장비의 노후가 있는지 체크하여 타설시 발생할 수 있는 사고를 사전에 방지하고, 편하중으로 인한 붕괴를 방지하기 위해 정격 규격 및 간격을 유지가 필히 요구된다.

8) 양생 및 기타 작업

재해를 개선하기 위해서 작업자와 유도자간의 의사소통이 원활하게 이루어지고 체계적인 안전교육이 필요하며 양생 중 온도유지로 인한 이산화탄소 발생을 제거하기 위해 통풍구를 두거나 덕트 등을 설치하여야 할 것으로 판단된다.

마지막으로, 건설재해를 예방 또는 감소시키기 위해서는 건설사의 노력도 필요하지만 건설현장의 안전 환경에 직접적인 관계자인 건설종사자 모두의 적극적인 안전 활동과 안전의식 개선이 우선되어야 한다.

즉, 위에서 도출된 각 작업별 주요 안전관리 체크리스트를 숙지하여 우선순위 유형을 안전관리의 도구로 활용하여 철근 콘크리트 공사의 합리적인 안전관리를 수행하여야하며 단순히 통계의 분석으로 볼 것이 아니라 여기서 도출된 내용을 바탕으로 안전 교육시에 적극 활용하고 연구하여 재해예방에 노력을 기울여야 할 것이다.

요 약

현대 건설기술의 발달은 건설현장의 시스템화로 이어져 공법이 단순해졌다고는 하나 인력의존도가 높은 철근 콘크리트공사에서는 여전히 새로운 재해가 늘고 있으며 대형화 되고 있다. 본 연구는 철근콘크리트 공사를 중심으로 재해사례 및 원인을 조사하였다. 아울러 건설현장 관계자들을 대상으로 설문조사를 하여, 안전의식 및 재해발생과 관련한 근로자의 심리적 상태를 파악하였다. 그리고 건설현장의 재해와 관련된 기본적인 요인을 도출하여 각 요인들 간의 상관성을 분석하여 효율적 안전관리 방안을 위한 체크리스트를 제안 하였다. 본 연구의 수행으로 도출된 안전관리 체크리스트를 숙지하여 우선순위 유형을 안전관리의 도구로 활용하여 철근 콘크리트 공사의 합리적인 안전관리를 수행하여야하며 단순히 통계의 분석으로 볼 것이 아니라 여기서 도출된 내용을 바탕으로 안전 교육시에 활용하고 연구하여 재해예방의 도구로 활용하여야 할 것이다.

키워드 : 안전관리, 재해유형 분석, 철근콘크리트

References

1. Kang BS. A Study on the Industrial Accidents in Construction Sites and Accident Prevention [MA dissertation]. Busan: Dong-E University; 2002.
2. Kang UM. A Study on the Security Management and Suggestion for Accident Prevention [MA dissertation]. Jinju: Kyoung Sang University; 2001.

-
3. Kwon JH. A research on the Improvement of Security Level of Construction Company [MA dissertation]. Jaechun: Semyong University; 2002.
 4. Kim SY. A Study on the Improvement of Security Management System [MA dissertation]. Seoul: Kyoung-Hee University; 2000.
 5. Kim TH. Suggestions on the Leadership Enhancement of Managers of Construction Sites [MA dissertation]. Seoul: Jung-Ahng University; 2004.
 6. Mhun GA. A Suggestion on the Improvement of Security Management for the Prevention of Industrial Accidents [MA dissertation]. Kwangju: Chosun University; 2001.
 7. Son YH. A Research on Efficient Distribution of Security Management Functions [MA dissertation]. Suncheon: Suncheon University; 2002.
 8. Lee DG. A Research on the Improvement of Security Management [MA dissertation]. Kwangju: Chosun University; 2001.
 9. Construction security confirmation literature. Korea Industrial Safety Association; 2002. p.20-65
 10. <http://www.kosha.or.kr/>;Korea Occupational Safety & Health Agency.
 11. Kim DH. Administrative Work of Security Management; 1997. p.5-45
 12. Micheal O. Journal of Safety Research, The Relationship between employees' perceptions of safety and organization culture 2002;33(2):231-243.
 13. Occupational Safety and Health Branch. Labour Department. Hong Kong: Occupational Safety and Health Statistics Bulletin; 2002. p.8-25.
 14. Petersen D. Safety Management: Amer Society of Safety Engineers; 2000.