

OSH

안전보건 연구동향 2013 가을 RESEARCH BRIEF

Vol.7 No.4(통권 61호)

시론(時論)

사업장 안전보건관리체제의 이해와 올바른 운영

제언(提言)

작업표준 준수와 위험 확인의 작업자 안전문화 정착

특집 I · 건설공사 안전성 확보

건설공사 설계 단계의 안전성 확보

초고층공사 사고 분석과 연구동향

국내 건설환경(특성)과 사망재해 감소 해법

특집 II · 건설공사 공중별 유해요인

일반 건축공사 근로자의 공중별 작업환경 유해요인

토목공사 근로자의 공중별 작업환경 유해요인

연구동향

청력 보존문화의 변화 단계와 소음 감소 프로그램의 실행

노동조합과 회사의 적극적 발암물질관리 사례

최적의 과거노출재구성 방법 선정

막장면 안전관리 시스템(T.S.M)의 개발과 시험 적용

탐방기

핀란드 산업보건연구원(FIOH)을 다녀와서

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



春夏秋冬

안전보건

건설업계 패션 경향은 거꾸로?

이제 노출의상은 여성들 사이에서 일명 ‘엣지(edge·모서리, 날카로움을 뜻하나 최근 패션계에서 스타일리쉬로 통함)’ 스타일로 패션 키워드 중의 하나로 자리 잡았다.
그러나 이런 노출 패션 경향과는 다르게 오히려 갖춰 입어야 하는 분야가 있었으니...

건설 현장에서 일컫는 패션이란 바로 작업복이다.
안전대나 안전화, 안전모 등이 기능성, 심미성, 상징성을 가진 건설 패션의 상징이라 할 수 있다.
패션의 선두주자들은 노출 의상을 즐겨 입을지 모르지만, 건설 현장에서 노출 패션은 곧 안전성과 직결되기 때문에 주의를 해야 한다.
오히려 더 많이 갖추고 챙겨 입어야 하기 때문에 건설계의 작업복 패션은 일반 패션 경향과는 정반대라 할 수 있다.

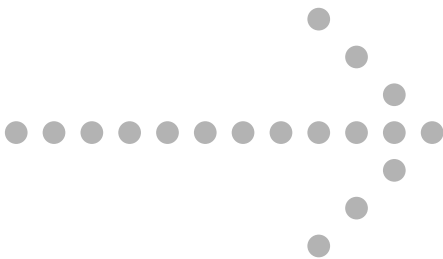
- ‘안전한 나날을 그리다’ 중에서



OSH

안전보건 연구동향 RESEARCH BRIEF

안전보건 연구동향 / 제7권 / 제4호(통권 61호) / 발행주기 계간 / 발행일
2013년 10월 1일 / 등록번호 ISSN 1976-345X / 발행처 산업안전보건
연구원 / 403-711 인천광역시 부평구 무네미로 478 (구산동) / 전화
032)5100-903 / oshri.kosha.or.kr / 편집위원장 박정선 / 편집위원 김태구,
김치년, 이명구, 정경숙, 정지연, 정진주, 하동명, 이경용, 신운철, 김은아,
송세욱, 김기식, 이관형 / 편집·제작 (주)광고연합 / 전화 02)2264-7306



2013년 가을호
건설 경기는 불황인데 건설재해는
여전히 감소하지 않고 있다.
재해 감소의 결실을 얻는 새로운 전환의 시기를
만들 수 있기를 기원한다.

CONTENTS

시론(時論)

- 04 사업장 안전보건관리체제의 이해와 올바른 운영 정진우

제언(提言)

- 10 작업표준 준수와 위험 확인의 작업자 안전문화 정착 갈원모

특집 I · 건설공사 안전성 확보

- 14 건설공사 설계 단계의 안전성 확보 이명구
20 초고층공사 사고 분석과 연구동향 강경인
26 국내 건설환경(특성)과 사망재해 감소 해법 최돈홍

특집 II · 건설공사 공종별 유해요인

- 34 일반 건축공사 근로자의 공종별 작업환경 유해요인 박현희
42 토목공사 근로자의 공종별 작업환경 유해요인 김갑배

연구동향

- 50 청력 보존문화의 변화 단계와 소음 감소 프로그램의 실행 박미진
56 노동조합과 회사의 적극적 발암물질관리 사례 김신범
62 최적의 과거노출재구성 방법 선정 이석원
70 막장면 안전관리 시스템(T.S.M)의 개발과 시험 적용 김영배

탐방기

- 78 핀란드 산업보건연구원(FIOH)을 다녀와서 서동현

사업장 안전보건관리체제의 이해와 올바른 운영



정진우 지청장
고용노동부 성남고용노동지청

들어가며

현행 산업안전보건법(이하 '산안법'이라 한다)은 제2장과 제3장에서 사업장의 자율적 안전보건관리를 위해 사업주에게 사업장의 안전보건관리체제를 구축하도록 규정함으로써 사업장을 단위로 하여 산재예방활동이 체계적이고 효율적으로 이루어지도록 규정하고 있다.

산업안전보건상의 안전보건관리체제는 크게 개별 사용 종속 관계에 착목한 것과 하도급 혼재 작업 관계에 착목한 것으로 구분된다. 전자에는 안전보건관리책임자(산안법 제13조), 관리감독자(산안법 제14조), 안전·보건관리자(산안법 제15조·제16조), 산업의(산안법 제17조)가 있고, 후자에는 안전보건총괄책임자(산안법 제18조)가 있다.

안전보건관리체제에는 사업장 안전보건에 관한 노사 심의·의결기구인 산업안전보건위원회와 안전보건관리체제를 문서로 규정하는 안전보건관리규정이 포함된다.

이러한 안전보건관리체제를 구축하고 운영할 의무는 사업주¹⁾에게 있다. 구체적으로 말하면, 사업주는 안전보건관리체제를 구축하는 것뿐만 아니라 제대로 운영될 수 있도록 여건을 조성할 의무가 있다. 결국 사업주에게는 법령에 규정되어 있는 구체적인 안전보건 조치를 하여야 할 의무 외에도 개별 사업장의 실정과 특성에 적합한 안전보건관리, 즉 자율적 안전보건관리를 할 의무가 부과되어 있는 것이다. 안전보건관리는 기업 경영에서 법적으로 필수적 요소라 말할 수 있다.

금년 6월 12일 개정·공포된 산안법에서는 이같은 안전보건관리체제의 취지를 살려 사업주에게 안전보건관리체제를 구축·운영할 의무가 있음을 명확히 규정하였다. 즉 개정법에 의하면, 산안법상 안전보건관계자를 선임·지정하는 의무뿐만 아니라 이들이 해당 업무를 충실히 수행할 수 있도록 여건을 조성하고 지도·관리할 의무가 있다. 지금까지 많은 사업주는 사업장의 안전보건관리가 사업주 자신들의 일(책임)이라는 생각을 하지 못하고 안전·보건관리자(안전·보건관리대행기관²⁾) 또는 안전보건 관계 부서의 일이라고 치부하여 왔다. 앞으로 사업장 안전보건관리체제가 이처럼 운영되는 것이 확인되면, 구체적인 안전보건 조치 의무 위반에 대한 사법 조치와는 별도로 안전보건관리체제 운영 위반 책임을 물어 과태료 부과 대상이

1) 사업주는 법인인 경우에는 법인 그 자체를, 개인 기업의 경우에는 경영자를 각각 가리킨다.

2) 2013년 6월 12일 개정·공포된 산안법은 사업주의 안전·보건관리에 대한 책임성을 강화하기 위한 조치의 일환으로 안전·보건관리대행기관의 명칭을 안전·보건관리전문기관으로 수정하였다.

“

사업주는 안전보건관리체제를 구축하는 것뿐만 아니라
제대로 운영될 수 있도록 여건을 조성할 의무가 있다.
결국 사업주에게는 법령에 규정되어 있는
구체적인 안전보건 조치를 하여야 할 의무 외에도
개별 사업장의 실정과 특성에 적합한 안전보건관리,
즉 자율적 안전보건관리를 할 의무가 부과되어 있는 것이다.”

될 뿐만 아니라 법 위반 상태의 제거를 위해 시정(개선)
명령의 대상이 되는 점에 유의할 필요가 있다.

안전보건관리책임자

산업재해를 예방하기 위해서는 무엇보다도 최고경영자
가 안전보건을 스스로의 문제로 인식하고 솔선하여 노력
할 필요가 있고, 사업장에서의 안전보건을 확보하는 관리
체제 확립이 중요하다.

이를 위하여 산안법(제13조)에서는 안전보건관리가 기
업의 생산 라인과 일체적으로 운영되는 것을 기대하여,
일정 규모 이상의 사업장에 대해 해당 사업의 실시를 총
괄관리하는 자를 안전보건관리책임자로 선임하도록 하
고, 이 자로 하여금 안전관리자와 보건관리자를 지휘·감
독하는 것과 아울러 당해 사업장의 안전보건에 관한 업
무의 총괄관리를 행하게 하는 것을 사업주에게 의무화하
고 있다.

안전보건관리책임자는 해당 사업장에서 그 사업을 실질
적으로 총괄관리하는 사람이어야 한다(시행령 제9조 제2
항). 사업을 실질적으로 총괄관리하는 사람이란, 공장장,
현장소장 등 명칭을 불문하고 당해 사업장에서의 사업의
실시에 대하여 실질적으로 총괄관리하는 권한과 책임을
가지고 있는 자를 말한다.

안전보건관리책임자는 사업장의 안전보건 관계 업무 전
체를 도맡아 관리하는 것이고, 이 자가 선임된 것에 의해
사업주가 강구하여야 할 구체적인 안전보건 조치의 이행
책임이 안전보건관리책임자로 이전하거나 면제되는 것은

아니다.

안전보건관리책임자제도는 철저한 안전보건관리를 위
해서는 본래의 지휘 명령 계통을 통해 행하는 것이 효과
적이라는 점에 착안해서 사업장의 경영책임자인 공장장
등을 안전보건관리책임자로 선임하여 라인을 통한 안전
보건관리를 하도록 할 목적으로 제정된 것이다. 사업장의
최고경영자이면 그 사업장의 모든 근로자에 대해서도 상
사라는 것은 틀림없는 사실일 것이기 때문이다.

안전보건관리책임자는 산업재해예방계획의 수립, 안전
보건관리규정의 작성 및 그 변경, 근로자의 안전보건교육
에 관한 사항, 작업환경의 측정 등 작업환경의 점검 및
개선, 근로자의 건강진단 등 건강관리, 산업재해의 원인
조사 및 재발 방지대책 수립 등의 직무를 수행한다.

안전보건관리책임자의 업무는 앞에서 열거한 업무가 적
절하고 원활하게 실시되도록 필요한 조치를 강구하고 그
실시 상황의 감독 등 당해 업무에 대하여 책임을 가지고
종합하는 것 외에 안전관리자와 보건관리자를 지휘·감
독하는 것이다.

본 조항의 취지는 사업주가 안전보건관리책임자로 하여
금 사업장의 안전·보건관리 업무를 총괄관리하도록 하
는 데 있다. 안전보건관리책임자로 하여금 총괄관리하도
록 하기 위해서는 사업주는 안전보건관리책임자가 책임
을 충분히 다할 수 있도록 그에게 필요한 권한을 부여하
여야 한다.

정부는 금년 6월 12일 산안법을 개정하여 안전보건관
리책임자가 해당 직무를 수행하지 않거나 태만히 한 사
실이 드러나면 '사업주가 안전보건관리책임자로 하여금

해당 업무를 실시하도록 하지 않은 것'으로 보아 사업주에게 과태료를 부과하는 한편 시정 명령을 내리게 하였다. 또한 최근 개정된(2013. 8. 6) 산안법 시행령에 따라 사업주는 안전보건관리책임자를 선임하였을 때에는 그 선임 사실 및 법 제13조 제1항 각 호에 따른 업무의 수행 내용을 증명할 수 있는 서류를 갖춰 뒀다.

관리감독자

산안법은 사업장 내 부서 단위에서의 산재예방활동 촉진 위해 경영조직에서 생산과 관련되는 업무와 소속 직원을 직접 지휘·감독하는 부서의 장이나 그 직위를 담당하는 자를 관리감독자로 지정하여 해당 직무와 관련된 안전보건상의 업무를 수행하도록 하고 있다(산안법 제14조).

산안법상의 관리감독자는 스태프 조직의 하나인 안전관리자, 보건관리자와 달리 계선조직의 담당자로서 직장, 조장, 반장 등 작업근로자를 직접 지휘·감독하는 현장감독자를 가리킨다.

사업주는 라인을 통한 안전관리를 철저히 하기 위하여 관리감독자에게 업무 수행에 필요한 권한을 부여하고 시설·장비·예산, 그 밖의 업무수행에 필요한 지원을 하여야 한다. 따라서 사업주가 관리감독자에게 안전관리 업무 수행을 위한 권한을 부여하지 않거나 시간과 예산 등을 지원하지 않으면 사업주에게 과태료가 부과될 뿐만 아니라 권한 부여와 지원을 하도록 시정 명령이 부과된다.

관리감독자는 직무와 관련된 안전보건상의 업무를 수행하는데, 구체적으로 살펴보면 사업장 내 관리감독자가 지휘·감독하는 작업과 관련되는 기계·기구 또는 설비의 안전보건 점검 및 이상 유무의 확인, 해당 관리감독자에게 소속된 근로자의 작업복·보호구 및 방호장치의 점검과 그 착용·사용에 관한 교육지도, 해당 작업에서 발생한 산업재해 관련 보고 및 이에 대한 응급 조치, 해당 작업장의 정리·정돈 및 통로 확보 확인·감독과 해당 사업장의 산업보건, 안전관리자 및 보건관리자의 지도·

조언 협조 등의 업무를 수행해야 한다. 그리고 위험 방지가 특히 필요한 작업에 대해서는 특별교육 중 안전에 관한 교육, 유해·위험기계 등의 안전 성능검사, 그 밖에 해당 작업의 성격상 유해 또는 위험을 방지하기 위한 업무로서 고용노동부령으로 정하는 업무³⁾ 등을 수행하도록 되어 있다(산안법 제14조 및 시행령 제10조).

안전·보건관리자(안전·보건관리대행기관)

산안법은 사업장 내 산업안전·보건에 관한 전문·기술적인 사항에 관하여 사업주 또는 안전보건관리책임자를 보좌하고, 관리감독자에게 지도·조언을 하도록 하기 위해 안전·보건관리자 제도를 규정하고 있다(산안법 제15조, 제16조). 사업주는 안전·보건관리자를 자체 선임하지 않고 안전·보건관리 업무를 전문적으로 수행하는 기관인 안전·보건관리대행기관에 안전·보건관리 업무를 위탁할 수 있다(산안법 제15조 제4항, 산안법 제16조 제3항).

종전에는 많은 사업장에서 안전·보건관리자를 선임(안전·보건관리대행)하기만 하면 그것으로 의무를 이행한 것으로 생각하고 안전·보건관리자의 업무 수행 자체에 대해서는 관심이 없어 동 업무가 제대로 이루어지지 않는 경우가 많았다.

이러한 문제를 해결하기 위해 지난 6월 12일 개정·공포된 산안법에서는 사업주에게 안전·보건관리자를 선임할 의무뿐만 아니라 해당 업무를 수행하도록 지도·관리할 의무도 있음을 명확히 하고(산안법 제15조 제1항, 제16조 제1항 참조), 안전·보건관리자가 해당 직무를 수행하지 않거나 태만히 한 사실이 드러나면 '사업주가 안전·보건관리자로 하여금 해당 업무를 실시하도록 하지 않은 것'으로 보아 사업주에게 과태료와 시정 명령을 부

3) 산업안전보건기준에 관한 규칙 제1편 제5장 제35조.

과하도록 하였다. 다시 말해서, 개정된 산안법에서는 안전·보건관리자의 충실한 업무 수행의 책임은 궁극적으로 사업주에게 있음을 분명히 한 것이다.

아울러 사업주는 선임된 안전관리자 또는 보건관리자로 하여금 대통령령으로 정하는 안전·보건관리자의 업무를 종합적으로 수행하도록 하여야 한다(시행령 제13조, 제17조 참조). 따라서 안전·보건관리자의 업무 중 일부 업무만 수행하도록 하는 것은 법 위반이 된다. 고도로 전문적인 안전·보건관리가 필요한 경우에는 자체 선임된 안전·보건관리자가 이미 있다 하더라도 외부에 안전·보건관리 업무를 부분적으로 위탁하거나 안전·보건관리자를 추가로 자체 선임할 필요가 있다. 결과적으로 사업장의 안전·보건관리 업무가 누락 없이 모두 이루어져야 하기 때문이다. 또한 사업주는 안전·보건관리자(안전·보건관리대행기관을 포함)가 해당 업무를 수행할 수 있도록 필요한 권한을 부여하고, 시설·장비·예산 및 그 밖의 업무 수행에 필요한 지원을 하여야 한다(시행령 제13조 제5항, 제17조 제3항). 그리고 안전·보건관리자의 업무 수행 내용을 기록·유지하여야 한다. 이를 위반하면 마찬가지로 해당 사업주에게 과태료가 부과됨과 함께 시정 명령이 이루어지게 된다.

이러한 안전·보건관리자의 선임대상 사업장은 상시근로자 50명 이상인 사업장으로, 그 중 상시 근로자 300명 이상인 사업장과 공사금액 120억원 이상인 건설업에서는 안전관리자의 직무만을 전담하는 안전·보건관리자를 두어야 한다. 다만, 상시 근로자 300명 미만을 사용하는 사업장에서는 안전·보건관리 업무에 지장이 없는 범위 안에서 다른 업무를 겸할 수 있다(시행령 제16조 제2항 참조).

한편, 도급사업 시에는 같은 장소에서 이루어지는 도급사업의 공사금액 또는 수급인(하수급인을 포함, 이하 같음)이 사용하는 상시 근로자 수는 각각 해당 사업의 공사금액 또는 상시 근로자로 본다. 여기서 수급인이 안전·보건관리자 선임의무 대상사업(시행령 [별표 3] 및 [별표 5]에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다(시행령 제12조 제3항)). 다만, 도급인 사업주가 자신이 선임하여야 할 안전·보건관리자를 두고 안전·보건관리자를 두어야 할 수급인인 사업주의 업종별 상시 근로자 수(공사금액)를 합계하여 그 근로자 수 또는 공사금액에 해당하는 안전·보건관리자를 추가로 선임한 경우에는 해당 수급인은 안전·보건관리자를 선임하지 않아도 된다(시행규칙 제15조의2 참조).



안전·보건관리자의 선임대상 사업장은 상시근로자 50명 이상인 사업장으로, 그 중 상시 근로자 300명 이상인 사업장과 공사금액 120억원 이상인 건설업에서는 안전관리자의 직무만을 전담하는 안전·보건관리자를 두어야 한다.

안전보건총괄책임자

산안법은 원청 사업주 중 제조업, 건설업 등에 속하는 사업주로 하여금 도급 관계에 있는 사업주의 근로자가 같은 장소에서 시간적·장소적으로 밀접하게 작업을 하는 경우에 그가 사용하는 근로자와 그의 수급인이 사용하는 근로자가 같은 장소에서 작업을 할 때 발생할 수 있는 산업재해를 예방하기 위하여 근로자의 합계가 50명 또는 100명 이상인 경우에 안전보건총괄책임자를 지정하여 일정한 업무를 총괄관리하도록 하는 것을 정하고 있다(산안법 제18조 제1항 및 시행령 제23조 참조).

안전보건관리책임자를 두어야 하는 사업장에서는 이 자를 안전보건총괄책임자로, 안전보건관리책임자를 두지 아니하여도 되는 사업장에서는 그 사업장에서 사업을 총괄 관리하는 자를 각각 안전보건총괄책임자로 지정하여야 한다(산안법 제18조 제1항).

안전보건총괄책임자로 지정된 자는 산업재해 발생의 급박한 위험이 있을 때 또는 중대재해가 발생하였을 때의 작업의 중지 및 재개, 도급사업에서의 안전·보건조치, 수급인의 산업안전보건관리비의 집행 감독 및 그 사용에 관한 수급인 간의 협의·조정 등의 직무를 수행하여야 한다(시행령 제24조).

최근(2013. 6. 12) 산안법이 개정되어, 안전보건총괄책임자가 해당 직무를 수행하지 않거나 태만히 한 사실이 드러나면 '사업주가 안전보건총괄책임자로 하여금 해당 업무를 실시하도록 하지 않은 것'으로 보아 사업주에게 과태료를 부과하는 한편 지정 명령을 하도록 하였다. 또한 최근 개정된(2013. 8. 6) 산안법 시행령에 따라 사업주는 안전보건총괄책임자를 선임하였을 때에는 그 선임 사실 및 법 제13조 제1항 각 호에 따른 업무의 수행 내용을 증명할 수 있는 서류를 갖춰 뒤야 한다.

산업안전보건위원회

사업장에서의 안전보건 확보는 본래 사업주의 책임으로

실시되어야 하는 사항이지만, 산업재해의 발생 원인에는 여러 가지가 있고, 효과적인 대책을 추진하기 위해서는 근로자의 의견을 파악하고 이를 대책에 반영하는 것이 필요하다. 이 근로자의 의견을 반영하는 장의 하나로서 산업안전보건위원회(이하 '위원회'라 한다)가 있다.

위원회는 근로자의 참가를 얻어 사업장의 안전보건 및 건강관리 문제에 대하여 심의·의결하는 장이다. 따라서 그 운영에서 단체교섭, 노사협회의 장과는 달리 노와 사로서의 입장 틀을 넘어 노사가 협력하여 사업장에서의 산업재해예방과 건강관리의 방향을 정해서 그 추진을 도모하는 것을 목적으로 하고 있다.

산안법은 상시 근로자 100명 이상을 사용하는 사업장(단, 유해·위험업종은 상시 근로자 50명 이상 사용하는 사업장) 또는 건설업의 경우에는 공사금액이 120억원 이상인 사업장에서는 위원회를 설치·운영하도록 의무화하고 있다(산안법 제19조).

위원회는 근로자와 사용자가 같은 수로 구성하여 설치·운영하여야 하는데, 근로자 위원은 근로자 대표, 명예산업안전감독관, 근로자 대표가 지명하는 9명 이내의 해당 사업장 근로자로 구성되고, 사용자 위원은 사업의 대표자, 안전관리자 1명, 보건관리자 1명, 산업보건의 1명, 해당 사업의 대표자가 지명하는 9명 이내의 해당 사업장 부서의 장으로 구성된다(시행령 제25조의2). 회의는 분기별로 정기회의를 개최하고 위원장이 필요하다고 인정할 때에는 임시회의를 소집할 수 있다.

위원회에서는 산업재해예방계획의 수립, 안전보건관리 규정의 작성 및 그 변경, 근로자의 안전보건교육에 관한 사항, 작업환경측정 등 작업환경의 점검 및 개선, 근로자의 건강진단 등 건강관리에 관한 사항, 중대재해의 원인조사 및 재발 방지대책의 수립, 유해하거나 위험한 기계·기구와 그 밖의 설비를 도입한 경우 안전·보건 조치에 관한 사항 등을 심의·의결한다(산안법 제19조 제2항).

위원회의 위원장은 위원회에서 심의·의결된 내용 등 회의결과를 사내방송, 사내보 게시 또는 자체 정례조회,

그 밖의 적절한 방법으로 근로자에게 신속히 알려야 한다(시행령 제25조의6). 그리고 사업주와 근로자는 본 위원회에서 심의·의결 또는 결정한 사항을 성실히 이행하여야 한다(산안법 제19조 제5항).

안전보건관리규정

안전보건관리규정은 산업재해예방을 위한 관리책임체제의 명확화 및 산재예방기준의 확립, 자율적 활동의 추진에 의하여 근로자의 안전과 건강을 확보하는 것을 목적으로 한다. 산안법에서는 사업주로 하여금 노사가 합의하여⁴⁾ 사업장의 특성에 맞는 안전보건관리규정을 작성해서 각 사업장에 게시하거나 갖춰 두고 이를 근로자에게 알려야 한다고 규정하고 있다(법 제20조). 즉, 안전보건관리규정 작성 자체와 그 절차가 법에 의해 직접적으로 강제되어 있다.

생산 시스템, 기계·설비의 진보가 현저히 진행되는 상황에서는 법령에 새롭게 발생하는 문제의 해결을 포함하여 모든 대책을 망라하는 것은 어렵다. 또한 최저기준으로서의 법령에 규정된 사항을 준수하는 것만으로는 많은 원인에 발생하는 산업재해를 온전히 예방하는 것은 불가능하므로, 사업주의 충실한 자율적 안전보건관리활동이 불가결하다. 안전보건관리규정은 그 구체화의 하나라고 말할 수 있다.

이와 같이 안전보건관리규정은 사업장의 자율적 안전보건관리활동을 제대로 하기 위하여 문서로 작성된 규칙으로서 사업장 내의 산안법이라고 말할 수 있다. 그리고 안전보건관리규정은 취업규칙과의 관계에서는 취업규칙의 부속규정 또는 세칙이라는 위상을 가지고 있고, 작업절차서·작업 매뉴얼 등을 작성하는 근거가 되기도 한다. 사업주 및 근로자는 제정된 안전보건관리규정을 준수할 의무가 있다(산안법 제22조 제1항).

안전보건관리규정의 내용으로는 안전보건관리조직과 그 직무에 관한 사항, 안전·보건교육에 관한 사항, 작업장 안전관리에 관한 사항, 작업장 보건관리에 관한 사항,

사고조사 및 대책 수립에 관한 사항 등을 포함하여야 한다(산안법 제20조 제1항).

마치며

산업재해는 여러 가지 원인과 요인에 의해 발생한다. 이러한 산업재해를 방지하기 위해서는 과거의 산업재해를 교훈으로 삼아 산안법 등에 규정되어 있는 여러 사항을 준수하는 것은 물론, 사업장에 잠재하는 유해위험요인을 일상의 안전보건활동 중에서 노사가 협력하여 파악하고 이것을 제거하는 적절한 안전보건대책 실시 시스템 구축이 중요하다. 안전보건관리체제는 사업장에서 이를 실현하기 위한 핵심적인 수단이라고 말할 수 있다.

최근 산안법 개정으로 지금까지 다분히 형식적으로 운영되던 안전보건관리체제의 운영 내실화 토대가 마련되었다. 고용노동부에서는 개정 취지에 따라 사업장에서 안전보건관리체제가 내실 있게 운영될 수 있도록 최근 이에 대한 감독지침을 시달하였다. 종전에는 감독이 산안법상의 구체적인 안전보건 조치 위반 여부에만 초점을 맞추었다면, 앞으로는 이것에 추가하여 안전보건관리체제의 구축·운영에 대해서도 아울러 감독이 이루어질 예정이다.

사업장의 자율적인 산재예방활동의 활성화 여부가 안전보건관리체제의 내실 있는 운영 여부에 달려 있다고 볼 때, 이번의 법 개정에 의해 향후 사업장에서 안전보건관리체제가 실질적으로 운영되기를 기대해 본다. 

4) 위원회가 설치되어 있는 사업장에서는 본 위원회의 심의·의결을 거쳐야 하고, 위원회가 설치되어 있지 아니한 사업장의 경우에는 근로자 대표의 동의를 받아야 한다(산안법 제21조).

작업표준 준수와 위험 확인의 작업자 안전문화 정착



갈원모 학회장 · 교수
(사)대한설비관리학회
울지대학교 보건환경안전학과

도입말

우리나라는 정부 각 부처별로 안전 관련 부서와 산하 기관을 설치하여 안전관리활동을 추진해 왔고 안전문화 증진에 대해서도 기관별 확산을 위하여 제각기 노력을 경주하고 있다. 특별히 화학물질 누출 등 커다란 사고가 연이어진 올해 산재 발생과 관련하여 사회적 이슈가 있을 때면 언론 기관에서는 매뉴얼 미비와 작업자 안전 수칙 미준수 등 안전 불감증 문제를 사회적 관심거리로 공론화하고 있으며, 이는 작업표준 준수 풍토 조성과 작업자 안전문화가 핵심적 현안이라고 할 수 있다. 최근 삼성그룹에서도 설비 보수 작업 등 위험 작업을 대상으로 매뉴얼을 새롭게 정비하고 있으며, 작업 위험성 확인과 평가에 근로자 참여를 가속화할 수 있는 작업자 안전문화 정착을 위한 전략과 방향 재설정이 꼭 필요하다고 하겠다. 따라서 안전문화활동과 관련하여 선진 국가의 제반활동에 대해 그 주요 특징과 국내와의 차이점 등을 비교해 봄으로써 국내 근로자 안전문화 운동의 방향 설정과 세부 추진전략에 대하여 의견을 제시하고자 한다.

안전문화의 개념과 핵심 요소

최근 안전문화에 대한 용어는 원자력뿐만 아니라 자연재해, 교통, 건설 및 서비스 분야 등 대중적인 부분과 정부 부처, 지자체, 공공 기관에 걸쳐 광범위하게 사용되고 있는 실정이다. 외국의 문헌에서는 안전문화를 다양하게 정의하고 있으며, 다음과 같이 기술된 ACSNI(Advisory Committee on the Safety of Nuclear Installations)의 정의가 널리 사용되고 있다.

“한 조직의 안전문화는 안전보건관리의 형태 및 효과, 안전보건관리에 대한 몰입을 결정하는 개인 및 그룹의 가치, 태도, 인식, 능력 그리고 행동 유형의 결과물이다. 긍정적인 안전문화가 정착된 조직은 상호간의 신뢰에 따른 의사소통과 안전의 중요성에 대한 공유된 인식, 예방 조치의 효과를 자신 있게 인정하는 것에 의해서 구별된다.”

이와 관련하여 국내 사업장의 안전도를 개선시키기 위한 노력은 기술적인 대책과 작업자 개개인의 실수예방에 중점을 두고 추진되어 왔지만, 사고예방의 핵심 사항은 조직의 안전방침 설정과 작업절차서 등에 작업자 안전문화 요소를 반영하고 있어야 한다는 점을 시사하고 있다.

안전문화 개념의 변화와 방향 설정

조직의 안전문화는 당연히 그 조직 구성원의 계층문화와 불가분의 관계가 있다. 근래 IAEA(International Atomic Energy Agency)는 조직문화의 3계층 모델(MIT의 Edgar Schein)을 사용하여 안전문화를 가시적 유형물과 행동(artefacts and behavior), 공유 가치(shared value), 기본 가정(basic assumption)으로 설명하고 있다. 그런데 유형물은 현장조사를 통하여 그리고 가치는 구성원 인터뷰를 통해 파악이 가능하나 기본 가정은 추론을 통해 파악해야 하는 어려움이 있다. 안전문화는 단일의 방법으로 다양한 문제를 모두 파악하기에 어려움이 있기 때문에 계층별로 적합한 방법을 다각도로 사용하는 종합적 접근이 필요하다. 또한 근래에는 안전 활동에 대한 확실한 가치 부여, 책임의 명확화, 모든 활동에서의 안전성 고려, 안전에 대한 명확한 리더십, 안전에 관한 지속적 학습 등 다음과 같은 '안전문화의 5가지 차원(dimensions)'으로 조직의 안전문화를 평가하고 있다.

- 안전성이 조직 내에서 명확하게 인지되는 가치인가?
- 조직 내에서 안전성에 대한 책임은 명확한가?
- 안전성이 조직 내의 모든 활동에 골고루 잘 퍼져 있는가?
- 조직 내에 안전성 리더십 과정이 존재하는가?
- 안전문화가 조직 내에서 학습에 의하여 추구되고 있는가?

안전문화의 근본(root)은 해당 사업장의 방침(policy)과 관련된 모든 문서에서 찾아볼 수 있다. Johnson & Johnson 사의 경우, 회사의 사명(mission)과 철학(philosophy)에서 근로자들 및 인근 주민들의 안전보건과 관련된 회사의 관점을 명확하게 진술하고 있다. 또한 공정안전지침서와 교육·훈련을 통해 해당 내용을 구체적으로 보완하여 안전관리를 위한 기준으로서 제공하고 있으며, 다음의 기준들을 제시하고 있다.

- 지침 기준(Guiding Principles)
 - 우리는 안전보건을 가장 높은 가치로 인식한다. 모든 사고와 상해는 예방할 수 있다. 우리는 지속적인

개선에 기반을 두고 운영되고 있다. 안전은 모든 사람의 책임이다.

- 우리는 끊임없이 안전에 대해 얘기한다.
- 작업교육과 긍정적인 피드백은 필수적인 사항이다.
- 안전은 우리의 우수 보건 프로그램(Excellence Health Program)의 핵심 요소이다.
- 회사 외부에서의 안전(Off-the-job Safety) 확보도 안전 노력의 중요한 부분이다.

영국의 안전보건청(HSE: Health and Safety Executive)에서는 이러한 안전문화의 특성을 파악하고 안전문화와 안전성과의 연결 방안을 모색하기 위해 1998년 이후에 발표된 80여 권의 안전문화 관련 연구문헌들을 정리하였고, 다음과 같은 네 가지의 결과물을 제시하고 있다.

- '문화'는 조직 내에서 조직원의 태도와 행동에 영향을 미치는 공유된 가치를 설명하는 개념이다. '안전문화'는 조직문화의 한 부분으로서 안전보건 성과에 대해 조직원의 태도와 믿음에 영향을 미치는 것이며, '안전 분위기'는 근로자의 태도와 인식에서부터 구별되는 안전문화의 현재 상태를 의미하지만 안전문화와 안전 분위기는 명확히 구분되지 않고 혼용되고 있다.
- 조직의 안전문화 정착을 위한 핵심이 되는 영향력은 사업주에게 있으며 관리계층별로 서로 다른 방법으로 안전보건에 영향을 미치게 된다. 즉, 관리자들은 의사소통을 통해서 안전보건 활동을 하며 감독자들은 근로자와의 공정한 상호 작용을 통해서 안전보건에 영향을 미치게 된다. 사업주의 태도와 행동은 다음과 같은 안전 측면에 영향을 미치게 된다.

- 안전보건 추진 노력의 성공
- 사고 및 아차사고의 보고
- 근로자가 안전하게 작업하거나 작업상의 위험을 감수하는 행동
- 생산 압력
- 안전하게 행동하도록 하기 위한 개입 조치의 실행
- 건강하게 작업하도록 하기 위한 개입 조치의 실행
- 안전담당자 및 안전보건위원회의 효과 및 신뢰

• 하부문화(subculture)는 일관된 안전문화 정착을 방해하기도 하며, 동일한 조직 내에서도 근로자들이 서로 다른 작업 조건을 경험할 때 발생하기 쉽다. 또한 근로자들이 작업하는 방식에 따라 위험을 보는 시각도 다르게 된다. 일반적으로 하부문화를 부정적인 요소로 인정하지는 않으며, 작업 그룹별로 그들이 경험하는 서로 다른 잠재 위험(hazards)을 보다 명확히 파악하기 위한 유용한 정보를 제공할 수 있다.

• 생산 목표 달성과 집단별 성과에 대해 제공되는 금전적인 보너스는 안전문화 정착에 악영향을 미칠 수 있다. 생산 목표 달성에 대해 제공되는 보너스는 작업 속도를 증가시켜 불안정한 행동을 야기하거나 이를 보고도 인정하는 분위기를 정착시키며, 집단별 성과에 대해 제공되는 보너스는 동료들로 하여금 보너스를 잃지 않기 위해 사고를 보고하지 못하도록 압력을 주게 된다.

안전문화 측정 도구 개발에 가장 활발한 연구를 실행하고 있는 곳은 영국의 HSE로서 1990년대 중반부터 학계 및 산업체와의 공동연구를 통해 안전문화 측정도구들을 개발하여 배포하고 있다. 1997년 12월에 HSE가 독자적으로 개발한 HSCST(Health and Safety Climate Survey Tool)라는 안전문화 측정 도구는 특정 산업에 국한되지 않은 일반 도구이며 많은 기업에서 사용하고 있다. HSCST는 작성자에 대한 일반 정보(개인 정보, 업무 내용)를 제외하고 다음과 같이 총 10개의 평가 항목에 71개의 질문 사항이 있으며 각 항목 당 수준에 따라 1점(strongly disagree)에서 최대 5점(strongly agree)까지 부여하는 Likert형 5점 척도로 평가한다.

- 조직 차원의 몰입 수준 및 의사소통(Organizational commitment and communication)
- 현장관리자의 몰입(Line management commitment)
- 감독자의 역할(Supervisor's role)
- 개개인의 역할(Personal role)
- 동료 근로자의 영향(Workmate's influence)
- 전 직원의 능력(Competence)

- 위험 감수 행위 및 영향요인(Risk taking behaviour and some contributory influences)
- 안전한 행동에 대한 장애 요소(Some obstacles to safe behaviour)
- 작업허가체계(Permit-to-work systems)
- 사고 및 아차사고의 보고(Reporting of accidents and near misses)

작업표준 준수와 위험 확인의 작업자 안전문화 활동의 연계

안전문화 결여에 의한 사고 사례를 대표적 세 가지 유형으로 분류한다면 첫째, 규정과 절차의 무시(작업자의 태도 / 절차서 미준수), 둘째, 동일 문제점에 의한 동일 사건의 재발생, 셋째, 시정 조치 시 관리 계층의 근본 대책 수립 미흡이다.

국내에서는 정부 차원에서 안전에 대한 의지를 표명한 안전 정책 성명이나, 정부가 주도하고 안전 관련 산하 기관들이 추진 실무를 담당하는 '매월 4일 안전 점검의 날' 행사, 안전행정부와 고용노동부, 지자체 등 정부 기관 주도의 안전문화 운동 등이 많이 추진되어 왔다. 삼성그룹이나 포스코 등 일부 대기업의 안전문화 확산을 위한 노력과 성과는 있었으나 대다수를 점유하는 중소기업 근로자에게는 수동적인 측면이 강하며, 이러한 사항이 현재 재해를 정체의 문제로 도출되어 자율안전관리체제로의 전환에 걸림돌로 작용하고 있다.

작업자 안전문화는 조직의 기강, 근로자의 태도, 안전 작업표준, 리스크 커뮤니케이션 활성화 등의 다양한 문제를 포함하고 있으나 실제적 핵심 사항인 작업자 위험 확인과 작업표준 관련 업데이트 반영 등이 사업장 안전문화 추진의 핵심 내용에 포함되어야 그 효율을 높일 수 있다. 고용노동부와 안전보건공단은 2013년 안전문화 추진 방향을 새롭게 설정하여 협력 기업과 인턴 사원, 외국인 근로자, 야외 작업자 등 근로 약자를 고려한 작업자 안전문화의 정착을 위해 노력해야 한다. 따라서 작업표준의 재정비와 정비 보수 등의 비정형 작업, 외주공사 위험 작

업 등과 관련하여 안전 작업표준과 수칙 등을 스마트폰 앱 등으로 다운받아서 언제 어디에서든 당해 작업 관련 위험성을 확인할 수 있는 작업안전정보체계 구축 등의 안전문화 정보화사업을 기획하는 등 외부 전문가들을 작업자 안전문화 확산에 적극 참여를 유도하는 전략 수립과 더불어 새로운 추진이 필요하다.

작업자 안전문화 추진 방안

국내 작업자 안전문화 추진을 위하여 다음과 같은 다각적인 접근 방안이 필요하다.

- 작업자 안전문화의 증진을 위해서는 우선 안전문화의 본질과 속성에 대한 이해가 선행되어야 한다. 경제 상황이 어려워질수록 근로 약자인 단기 근로자와 외국인 근로자, 인턴 사원, 파견직 등이 비정형 작업, 위험 작업을 담당하는 사례가 늘어나고 있음에 따라 각 지자체 및 노동단체와 관련 협의회 등을 통해 안전 작업표준 업데이트를 비롯한 작업자 안전문화 운동에 대한 전파와 확산을 위한 개별 노력이 필요하다.
- 안전문화 캠페인을 주도하며 안전문화를 확산해야 하는 공공기관의 최고 경영층은 안전 관련 경력과 경험을 가진 자를 우선적으로 선임해야만 기관 자체의 안전문화 정착을 위하여 노력을 경주할 수 있다. 그동안 사업장의 안전문화 증진을 위해 안전보건공단이 기울인 노력에 비해 정작 자체의 안전문화에는 소홀하였던 측면이 있으므로 자체적으로 조직 구성원의 안전문화에 대한 인식을 철저히 확산시키는 것이 중요하다. 조직 구성원들에게 작업자 안전문화에 대한 명확한 교육을 실시하고 안전 수칙 준수를 일상 업무에서 생활화하여 해당 분야 최고 수준의 조직문화를 선도하도록 개선해야 한다.
- 최고경영자가 회사 차원에서 안전에 대한 최우선의 공약을 천명하는 안전방침을 선포하고 그것을 준수하고자 하는 의지가 확고함을 지속적으로 종사자들에게 알리며 관리자들을 교육할 수 있도록 유도해야 한다.

국내 우수기업의 최고경영자가 안전 추진에 대한 의지를 중요 자리에서 여러 통로를 통하여 표명하고 본사 안전부서에 우수 인력을 배치할 수 있도록 하는 전략 수립도 중요하다. 또한 업종별·지역별 작업자 관련 안전문화협의체를 구성하여 단체별 확산과 참여 유도 방안 강구와 합리적 추진이 필요하다.

- 안전문화에 대한 학제적 차원에서의 종합적 연구가 수행되어야 한다. 해당 전문가 중심에서 행동과학, 심리학, 조직학, 사회학, IT 연구자들이 참여하는 학제적 연구가 이제는 꼭 필요하다.
- 안전문화에 대한 노력이 그동안 정부 기관별, 기업별로 산발적으로 경주되어온 점을 고려해서 고용노동부는 작업자 안전문화의 체계적 확산을 위하여 근로 관련 협의체를 구성하여 안전문화 세미나, 심포지엄, 토론회 등의 지속적인 개최와 그 결과 홍보를 통해 국민과 기업들에게 홍보와 자극을 유도해야 한다.

이상에서 국내 현안을 근간으로 작업자 안전문화 추진 관련 방안을 제시하여 보았다. 국가와 국민이 안전보건 문제를 보다 중시하고 있음을 명확함에 따라 각 기업들이 작업자에 대한 작업표준 재정비와 청년층 고용 확대 및 노동 약자 보호 차원에서의 새로운 안전문화전략 수립과 실천을 강화한다면 국내 작업자를 위한 안전보건관리도 빠른 시간 내에 선진국 수준으로 높아질 것으로 사료된다. 🌈

참고문헌

- Safety Culture, Safety series No.75-INSAG-4, IAEA, 1991.
- 최광식, 원자력 안전문화 - 국내외 동향 분석 및 증진 방안, 원자력산업 15, 2001년 11·12월호.
- 최광식, 원자력 안전문화 국제 동향과 국내 정책 방향, 원자력산업 2, 2006년 3월호.
- PSM 이행 수준 제고를 위한 공정안전문화 측정 방법연구, 산업안전보건연구원, 2003. 11.
- 국민 안전의식 선진화 추진전략에 관한 연구, (사)한국정책과학회, 2007. 12.

건설공사 설계 단계의 안전성 확보



이명구 교수
울지대학교
보건환경안전학과

들어가며

최근 노량진 배수지 공사 현장의 수몰사고, 방화대교 및 장남교 상판 붕괴사고, 저수조 폭발 사고 등 대형사고들이 잇달아 일어나 건설공사의 안전성에 많은 우려를 하고 있으며, 이를 근본적으로 해결하고자 하는 노력들이 관련 정부 부처 및 각계 전문가, 기관으로부터 일고 있다.

그러한 일환으로 건설공사제도상의 문제점들을 도출하고 이에 대한 개선의 목소리는 매우 높은 실정이며, 구체적인 안들이 가시적으로 나타나고 있다. 그러나 용두사미의 결말이 나지 않기를 기대하며, 건설안전의 근원적인 대책으로서 일선에서 주장하고 있는 몇 가지를 강조하고자 한다.

건설공사가 국내 총생산에 미치는 영향

산업재해로 발생되는 경제적 손실은 약 18조원¹⁾으로, 이는 한국은행에서 발표한 2011년 GDP 1,235조원의 1.5%에 해당되는 금액이다. 한국은행의 발표자료²⁾에 의하면 2013년 들어 국내 건설 수주액은 전년 동기 대비 -52~-15.3%이며, 국내 건설 기성액은 전년 동기 대비 4~18% 수준이어서 그나마 유지는 하고 있으나 향후 건설시장의 활성화는 매우 큰 어려움을 겪으리라 예상된다. 건설경기는 악화되고 있는데 오히려 대형 건설사고는 늘고 있고 전년 대비 건설재해는 증가되고 있어 근원적인 문제점을 해결하지 않고는 개선되기 어려운 시점에 도달한 것으로 판단된다.

근로복지공단 발표자료에 의하면 2011년 건설사업장 수는 28만 3,000개 소로서 국내 총사업장 수 대비 16.3%를 점유하고 있고, 건설 근로자 수는 308만 7,000명으로서 국내 총근로자 수 대비 21.5%를 차지하고 있으며, 건설업의 산재보험급여액은 1.1조원으로서 전체 산재보험급여액의 31.1%를 차지하고 있다고 한다. 건설사업에 종사하는 근로자는 경제활동 국민 5명 중 1명 이상을 차지하여 국민의 안전과 행복에 미치는 영향은 지대하다 할 것이다.

정부의 국정 운영에서 제시한 비전이 '국민 행복과 국가 발전이 선순환하는 새로운 패러다임의 시대'이며, 3대 과제로 '경제 부흥, 국민 행복, 문화 융성'을 국민과 함께 만들어 가겠다

1) 근로복지공단, 2011년 재해통계, 2012.

2) 한국은행 경제통계 시스템, http://ecos.bok.or.kr/flex/Key100Stat_k.html

“

최근 발생한 건설 중대재해는 건설 현장의 기술 검토상의 절차, 설계도서의 미흡, 건설 관련 제도상의 문제점 등 복합적인 요인으로 인하여 발생되었다. 이는 어느 일방의 책임이라 단정하기보다는 국내 건설산업의 진흥과 안전성 확보를 위하여 일선에서 제기되고 있는 문제점을 근본적으로 개선하고자 하는 노력을 경주하는 것이 우선이며, 용두사미의 결말이 아니라 근원적인 제도 개선이 요구된다.

”

고 한다. 이는 복지국가의 실현에서 필수적인 요소로 국민의 행복을 최우선 국정 운영 방침으로 설정하고 있는 셈이다. 국민의 행복과 직결되는 것이 국민의 안전이라 할 수 있으며, 이는 정부의 가장 큰 책무라 할 것이다.

따라서 건설업에 대한 국가의 관심은 더욱 증가되어야 하며, 심각하게 대두되고 있는 문제점들은 이번 기회에 반드시 해결되어야 할 것으로 판단된다.

건설공사 관련 법령체계

건설업은 국가경제에 미치는 영향이 지대한 만큼 여러 가지의 법령으로 복잡하게 규정되어 있고 이들의 적용을

받고 있다.

건설산업기본법에서는 건설업의 종류로서 종합건설업과 전문건설업으로 구분하여 그들의 등록 및 시공 능력 관리를 하고 있으며, 건설 관련 주체(정부, 발주자, 건설업자)의 책무를 부여하고 있다. 건설기술관리법에서는 건설기술진흥과 기술용역 및 공사관리, 품질관리 및 안전관리, 설계사 및 감리사의 업무 내용 등에 관한 사항을 규정하고 있다. 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률에서는 계약에 관한 절차 및 방법을 규정하고 부정당업자의 입찰참가자격정지제도 및 입찰참가자격심사제도 등을 정하고 좀 더 구체적인 내용은 기획재정부의 계약예규에서 정하고 있다. 이외에도 건축법, 주택법, 도로법, 국토

〈표 1〉 산업안전보건법 상의 건설 관련 주체의 책무³⁾

구분	책무	관련 법령
정부	• 산업안전·보건 정책의 수립·집행·조정 및 통제 • 사업장에 대한 재해예방 지원 및 지도 • 유해하거나 위험한 기계·기구·설비 및 물질 등에 대한 안전·보건상의 조치기준 작성 및 지도·감독 • 안전·보건을 위한 기술의 연구·개발 및 시설의 설치·운영	산업안전보건법 제4조
발주자	• 산업안전보건관리비 지급 의무 • 안전하고 위생적인 작업 수행 여건 제공 의무 • 재해 발생 위험이 높은 가설구조물의 설계 변경 의무	산업안전보건법 제30조 동법 제29조 제8항 동법 제29조의3
건설업자 (사업주)	• 산업재해예방을 위한 기준의 준수 • 근로자의 생명을 지키고 안전 및 보건을 유지·증진시킬 의무 • 지속적으로 사업장 유해·위험요인에 대한 실태를 파악하고 이를 평가하여 관리·개선하는 등 필요한 조치를 수행할 의무	산업안전보건법 제5조
근로자	• 사업주의 안전보건 조치 준수 의무	산업안전보건법 제25조

3) 산업안전보건법상의 내용 중 주요 부분만을 정리한 것임.

〈표 2〉 건설산업기본법 및 건설기술관리법상의 건설 관련 주체의 책무

구분	책무	관련 법령
정부	• 품질과 안전을 확보하기 위한 각종 기준 수립·보급 • 건설자재의 품질과 규격에 관한 기준 수립·보급 • 도급계약의 방법 등에 관한 사항 수립·보급 • 건설업자의 시공 능력, 자본금, 경영 실태 및 공사 실적 등의 정보 제공	건설산업기본법 제7조 제1항
발주자	• 능력 있는 건설업자를 선정하고 적정하게 시공되도록 노력할 의무 • 건설공사의 안전관리에 노력할 의무 • 안전관리에 필요한 비용을 공사금액에 계상할 의무	건설산업기본법 제7조 제1항 건설기술관리법 제26조의2 제1항 및 제8항
설계사	• 관계 법령에 따라 성실하고 정당하게 그 업무를 수행할 의무 • 국토교통부장관은 시설물의 주요 구조부가 손괴되거나 손괴될 우려가 있을 경우 또는 일반인에게 위해를 끼치거나 끼칠 우려가 현저한 경우 1년 이내의 설계 용역 업무 수행을 정지할 수 있음	건설기술관리법 제20조의2 제20조의4
감리사	• 시·도지사는 감리전문회사가 건설공사의 안전관리 지도·감독을 성실하게 수행하지 아니함으로써 중대한 재해⁴⁾가 발생한 경우 그 등록을 취소하거나 1년 이내의 기간을 정하여 업무의 정지를 명할 수 있음 • 시·도지사는 감리원이 안전관리 지도·감독을 성실하게 수행하지 아니함으로써 중대한 재해가 발생하거나 발생할 우려가 있을 경우 2년 이내의 기간을 정하여 책임감리 등의 업무의 정지를 명할 수 있음 • 감리자의 책무로서 책임감리는 '안전관리의 확인', 시공감리는 '안전관리의 지도'를 부여하고 있음	건설기술관리법 제30조 제1항 제12호 동법 제33조 제1항 제4호 동법 시행령 제105조 제1항 제8호, 제2항 제9호
건설업자	• 시설물의 품질과 안전이 확보되도록 성실하게 업무를 수행할 의무 • 건설공사 실적, 기술자 보유 현황, 재무 상태, 그 밖에 시공 능력과 관련된 정보를 바르게 제공할 의무	건설산업기본법 제7조 제1항

의 계획 및 이용에 관한 법률, 환경 관련 법령, 국가재정법 등 수없이 많은 법령의 적용을 받고 있으며, 국토교통부 소관 법규만 하더라도 365개의 법·령·시행규칙을 갖고 있고, 안전과 직간접적으로 관련된 것만도 163개가 된다.

건설재해를 방지하기 위해서는 이러한 건설공사 관련 법령의 전반적인 사항을 검토하고 근원적인 문제점을 해결해야 한다. 그렇지 않고서는 임시 방편의 미온책에 그치고 말 것이라고 본다.

건설안전에 관한 건설공사 참여자의 역할

건설공사 참여자는 크게 정부, 발주자(소유자 또는 건설사업자), 건설업자, 설계자, 감리자 등으로 나눌 수 있다. 건설재해를 방지하기 위해서는 각 건설공사 주체들이 각

에 사료된다.

산업안전보건법상의 건설 관련 주체의 책무로서 주요한 사항만을 요약하면 〈표 1〉과 같으며, 건설산업기본법 및 건설기술관리법에서 건설안전에 관하여 규정하고 있는 건설공사 참여자의 책무를 정리하면 〈표 2〉와 같다.

산업안전보건법에서는 근로자의 재해에 관하여 규정하고 있으며, 건설산업기본법 및 건설기술관리법에서는 기술기준에 따른 구조물의 손괴 등 물적 손실과 근로자뿐만 아니라 일반인의 인적 손실에 관한 사항을 규정하고 있다.

정부는 각종 기술기준 정립과 건설산업 진흥 책무를, 발주자는 안전한 작업환경을 조성할 의무를 부여받고 있다. 그리고 설계자 및 감리자는 공용시설의 품질과 안전을 확보할 의무가 있고 책무의 불성실로 인하여 발생된

4) '중대한 재해'란 건설기술관리법 제2조 제15호 및 시행규칙 제2조에서 '1. 사망자가 발생한 재해, 2. 3개월 이상 요양이 필요한 부상자가 동시에 2명 이상 발생한 재해, 3. 부상자가 동시에 10명 이상 발생한 재해'로 규정하고 있다.

사안에 대한 업무정지명령을 받을 수 있으며, 건설업자는 품질과 안전을 확보할 의무를 부여받고 있다.

설계 단계에서의 안전성 확보의 중요성

건설재해는 차량계 건설기계에 의한 협착, 슬래브 단부에서의 추락 등 건설 근로자의 인적 손실만을 초래하는 경우도 있으나 대부분의 중대재해는 구조물의 불안정한 상태에서 발생하는 교량 상판의 붕괴, 콘크리트 거푸집의 붕괴, 흙막이지보공의 붕괴 등으로부터 발생되고 있다. 이는 귀중한 인적 손실뿐만 아니라 막대한 물질 손실을 병행하는 것으로서 근원적인 대책이 요구된다 할 것이다.

2012년 9월 22일 발생한 장남교 상판 붕괴사고(2명 사망, 12명 중상)는 슬래브 콘크리트 타설 과정에서 상판에 과하중이 작용하여 발생하였다. 그 원인은 특허권자·설계자·시공자 간에 충분한 협의가 이루어지지 않고 시공하다가 사고가 난 것으로 규명되었다. 이는 설계도면상에 공사 단계별 가설 공법에 대한 도면이 미흡하였기 때문이며, 이에 대한 지식이 부족한 공사업자가 공사 단계별 안전한 공법을 적용하지 못하여 발생되었다.

2013년 7월 30일 방화대교 남단 접속도로교 상판 전도사고(2명 사망, 1명 중상)의 경우에는 설계상에서 교량 내측 하중 8톤, 외측 하중 242톤이어서 내·외측 편심하중이 1 : 30으로 지나치게 편심되어 작은 시공상 오류에도 전도의 가능성이 매우 큰 상태였으며, 시공 단계별 안전성을 고려하지 않았기 때문인 것으로 조사결과 밝혀졌다.

2013년 7월 15일 노량진 배수지 하수관 공사장의 수물사고(7명 사망)에서는 공사중 발생될 수 있는 수해(水害)를 방지하기 위한 조치가 당초 설계도서에 반영되었으면 더 좋았을 것이다. 그러나 안전성 검토가 부족한 차수막을 설치하여 이에 의존한 나머지 수직구조 유입된 수압을 견디지 못하고 차수막이 붕괴됨으로써 중대사고가 발생한 것으로 조사되었다.

이와 같이 최근 건설 현장의 중대사고는 거의 모든 것이 설계도서의 미흡 또는 구조적인 안전성 부족으로 인하여 발생한 사고라고 할 수 있다.

설계도서는 제3자가 이해할 수 있도록 작성되어야 하며, 작업 방법, 작업 순서 등이 명기되는 것이 중요하다. 특히 특허권 등이 있는 경우에는 아직 보편화되지 않고 시공 경험이 많지 않을수록 더욱 그러한 시공상의 주의 사항을 도면 또는 시방서에 명기하여 시공자가 설계자의 의도를 정확히 인지할 수 있도록 할 필요가 있다. 그러하지 아니할 경우에는 설계사가 시공사의 시공에서 안전한 작업이 될 수 있도록 기술 지원을 하여야 한다. 만약 특허권 유출 등을 우려하여 시공상의 적극적 협조가 이루어지지 않아 중대사고로 이어진다면 누가 그런 공법을 적용하겠는가를 생각하여야 할 것이다.

아울러 설계는 도면대로 완공된 상태에서는 안전하다고는 하나 시공 단계별 안전성도 확보되어야 하며, 불확실한 요소 또는 시공 오차에서도 안전할 수 있도록 충분한 안전율을 고려하여야 한다. 그러하지 아니할 경우에는 시공상 주의 사항을 명기하여 위험 요소 또는 시공상 중점 관리하여야 할 사항들을 시공자가 사전에 인지할 수 있도록 설계도면이나 시방서에 명기하여야 할 것으로 판단된다.

고용노동부에서 시행하고 있는 건설 현장의 안전관리지도감독체계로는 이와 같은 사항을 사전에 검토하여 걸러내는 것에는 한계가 있을 것으로 사료된다. 그러므로 이는 각종 건설사업과 관련된 제도적인 개선이 이루어지지 않고는 동종의 사고가 반복적으로 발생될 수밖에 없다고 본다.

노량진 배수지 수물사고의 사고조사결과를 살펴보면, 건설 현장의 발주자, 감리자, 시공자의 현 실태를 여실히 보여주고 있다. 발주자는 감리자에게 수방 대책 수립을 지시하고, 감리자는 시공자에게 발주자의 지시 사항을 답습하여 시공사에게 수방 대책을 지시하였다. 이를 받은 시공사는 그의 하수급인에게 수방 대책을 지시하고, 하수

급인은 수방 대책으로 차수막 도면을 작성하였으며, 작성한 도면과도 상이한 구조의 차수막을 설치하여 사고가 발생되었다고 한다.

지시만 있지 이를 검토 확인한 자는 없다. 현재 국내 건설 현장 대부분의 실태를 단적으로 보여주는 안타까운 실정이다. 이는 업무체계 및 공사비와 직접적인 관계가 있는 것으로서 설계 변경과도 무관하지 않을 것이다.

더 적나라하게 서술하고 싶은 충동이 있으나 확인되지 않은 사항을 추측으로만 기술하는 것이 고인 또는 관계자들에게 더 큰 아픔을 줄 수 있을지도 모른다는 생각에 이 정도로 자제하는 것이 좋겠으며, 근본적인 제도 개선을 기술하는 것이 필요하다.

관련 제도의 정비

건설공사 참여자는 정부, 발주자, 설계자, 감리자, 시공자로 크게 구성되며, 그 업무 성격상 지위체계도 전술한 순서로 이루어지고 있다. 공사는 '어느 일방이 알아서 하는 것이 아니라 상호간 협조체계에 있으면서 공동으로 이루어 나가는 것'이라는 생각에서 출발하는 것이 무엇보다 중요할 것이라 생각된다. 공사 참여자의 업무 범위

와 책임 소재를 분명히 할 필요가 있을 것이며, 각 단계별로 상호 검증하는 체계의 정립이 필요하다.

건설공사에서 정부는 건설산업을 진흥할 책무가 매우 크다. 이를 위하여 각종 기술기준을 수립하고 보급하며 건전한 계약관계가 유지될 수 있도록 제도 및 건설업자를 관리하여야 할 책무가 있다. 따라서 설계 및 공사계약 단계에서 다음과 같은 제도 개선이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

- 공사비 원가계산에서 공통가설경비(건기법상의 안전관리비 포함)를 공사 종류 및 공사 금액에 따라 일정요율로 계상할 수 있는 기준의 정립 필요
 - 현재의 최저가낙찰제도에서는 입찰자가 공사의 난이도 등을 제대로 인지하지 못하여 공사비 산출에서 이를 누락하고 입찰한 경우 낙찰자로 선정될 가능성이 상대적으로 높고, 이를 성실히 반영한 우수업체는 상대적으로 투찰 금액이 높아 낙찰자로 선정되지 못하는 우를 범하는 경우가 많음
- 주요 가설공사의 설계도면 작성 의무화
 - 주요 공법에 대해서는 설계도서(도면, 시방서, 내역서 등)에 시공사가 설계사의 의도를 정확히 알 수 있도록 시공 방법 및 순서 등을 명기하여 시공사의 잘



최근 대형사고들이 잇달아 일어나 건설공사의 안전성에 많은 우려를 하고 있으며, 이를 근본적으로 해결하고자 하는 노력들이 관련 정부 부처 및 각계 전문가, 기관으로부터 일고 있다.

못된 판단에 의해 발생하는 사고를 방지할 수 있도록 할 필요 있음

- 시공 단계별 구조안전성 확보 여부를 반드시 평가하고 이에 대한 결과를 제공할 의무 부여
- 현재 흠막이지보공을 위주로 가설공사에 대한 도면이 의무화되어 있으나 이외에도 콘크리트 타설공사, 주요 구조물 조립 공법 등 위험 공종에 대해서는 설계도면 작성의 의무화를 검토하고 적절한 공사비도 계상될 수 있도록 하여야 함. 현재의 관행은 개선 필요

• 불명확한 설계도서 및 주요 공법에 대해서는 책임 있는 기술자의 검증 단계를 정립할 필요가 있음

- 공사 현장에서는 설계도서에 명기된 사항만으로는 시공이 곤란한 경우가 있고, 현장에서 자체적으로 시공상세도를 작성하여 감리사 또는 감독의 승인을 득하고 시공하는 경우가 있으며, 이에 대해서는 책임 있는 기술자의 확인 단계를 반드시 거치도록 의무화할 필요가 있음
- 이 때 책임 있는 기술자란 대상 시설물에 대한 구조적 안전성 검토의 기술 능력을 갖는 외부 또는 내부 기술자를 말하며, 검토한 내용에 대하여 책임을 질 수 있어야 함
- 설계도서의 불명확함으로 인하여 책임 있는 기술자가 재검토함에 소요되는 경비는 발주자가 지급하는 것을 의무화하는 것이 필요하며, 그것이 보다 더 나은 설계도서를 작성하려는 설계사의 노력으로 이어질 것으로 기대됨(설계사에 대해 발주자가 '갑'의 위치에 있기 때문)

• 건설공사 참여자의 역할 분담 및 공동 책임의 명확화 필요

- 발주자, 설계자, 감리자, 시공자, 건설기술자가 상호 협력하여 목적 구조물을 형성하는 것이며, 어느 일방의 책임이 아니라 각자가 맡은 역할이 다를 뿐이라는 인식이 필요
- 일방적인 지시에 그치는 것이 아니라 수립된 대책이

적정한지를 승인하고 수립된 대책이 엄격히 수행되고 있는지를 확인하는 절차를 엄격히 갖추어야 하며, 그러한 과정에서 승인하고 확인하는 것에 대해서는 공동의 책임으로 진행되는 문화가 형성될 때만이 건설 기술은 합리적으로 향상될 것임

결론 및 제언

건설업자도 우리나라 국민이며 이들이 국내 기간산업 육성에 기여한 자들임을 인지하고 이들을 보호하는 체계를 구축하여야 한다. 그런데도 마치 건설업자는 대부분 비리에 연루된 듯한 선입견을 갖는 분위기가 만연하고, 자기들끼리 싸워서 이기든 말든 자본주의 경쟁체계에 내몰리고 있는 듯한 인상을 지워버릴 수가 없다. 물론 일부 건설 현장에서는 건전한 사회 질서를 문란하게 하는 경우들도 있으나 대부분의 건설 현장에서는 각자가 맡은 바 책무를 성실히 수행하고 있다. 그러나 제도적 또는 기술적 환경으로 말미암아 발생하는 불가항력적 사건들에 대하여 온갖 비난을 감내하는 경우들도 종종 있어 왔다.

모든 경영이 그러하듯이 어느 개인의 노력만으로는 한계가 있고 시스템적으로 잘 정비된 환경에서 구성원들의 역할이 원만히 이루어질 때만이 건설산업이 육성되고 안전한 작업환경이 형성되리라 사료된다. 이는 어느 일방의 책무만이 아니라 고용노동부, 국토교통부, 기획재정부 등 중앙행정기관의 제도 개선 노력과 건설공사에 참여하는 기술진 및 경영진의 안전의식 제고만이 건설재해를 방지할 수 있을 것이라 생각된다.

옛말에 '첫 단추를 잘 꿰어야 한다'는 말이 있듯이, 안전한 작업을 수행할 수 있는 여건을 조성하는 데 가장 기초가 되는 것은 안전성을 고려한 설계도서의 작성이다. 최근 발생한 중대재해는 이것이 무엇보다 중요하다는 사실을 시사하고 있다. 🌸

초고층공사 사고 분석과 연구동향



강경인 교수
고려대학교
건축사회환경공학과

들어가며

초고층 건설시장은 세계적인 경기 불황에도 중국 등 신흥시장을 중심으로 꾸준한 성장을 보이고 있으며, 국내에도 주상복합 중심의 초고층 건물이 지속적으로 건설되고 있다.

이러한 초고층 건축물은 사업성 확보를 위해 빠른 공기가 요구되며, 생산성 향상을 위해 다양한 첨단 시공 기술과 자동화된 장비들이 적용된다. 초고층공사의 시공 기술은 꾸준히 발전되어 현재 한 층 당 3~4일 공기로 시공할 수 있는 수준에 이르렀다. 그러나 초고층공사의 재해는 시공 기술의 지속적인 발전에도 불구하고 감소하지 않고 있는 실정이다.

초고층공사는 작업 공간이 높고 다양한 중장비가 적용되기 때문에 사고 시 바로 중대재해로 이어질 수 있어 일반공사보다 철저한 안전관리를 요구한다. 또한 일반공사보다 많은 장비가 한정된 작업 공간에 배치되어 장비 간 충돌 및 작업자 사고 발생 확률이 높다. 이에 현장에서 낙하물방지망 설치와 안전대 착용 등을 통해 떨어짐에 대한 안전관리를 실시하고, 장비에 대한 교육과 신호수 배치를 통해 안전한 장비 운영을 실시하고 있다. 하지만 이같은 관리에도 불구하고 초고층공사의 재해는 해마다 줄지 않고 있으며 떨어짐 사고의 경우는 오히려 증가하고 있는 추세이다.¹⁾ 이에 초고층 현장의 특성을 파악하여 재해의 근본적 원인 분석과 해결을 위한 안전 기술에 대한 고찰이 요구되고 있다.

본고에서는 초고층공사의 특징을 통해 사고를 분석하여 문제점을 파악하고 최근 안전관리의 연구동향을 제시하여 보다 더 효율적이고 자동화된 안전관리 방안들을 마련하고자 한다.

초고층공사 사고 분석

건설산업 사고

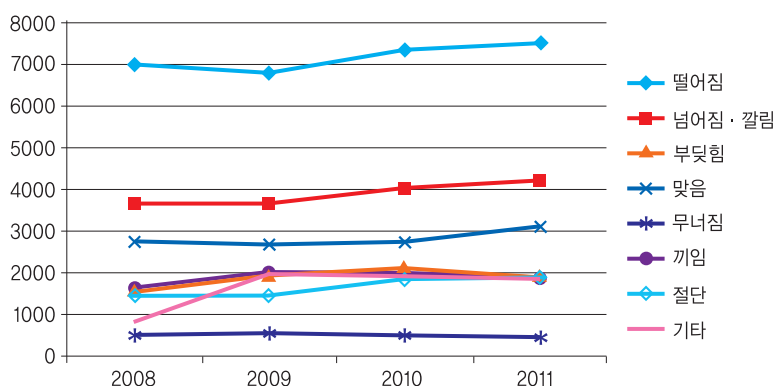
건설산업의 사고를 2008년부터 2011년까지 발생유형별로 분류한 결과, 떨어짐 사고가 매년 35% 이상으로 가장 많았고, 다음으로 넘어짐이 18%, 맞음이 13%로 나타났다. 이 세 가지 사고유형을 합치면 약 65%로, 건설재해에 주요한 사고 유형으로 볼 수 있다. 또한 이 세 사고유형은 2008년부터 지속적으로 증가해왔다. 국내 건설 기술은 거듭 발전했지만 사고의 경우 해마다 2만 건을 넘어서며 줄어들고 있지 않아 다음 유형의 사고에 대한 근본적인 원인을

1) 고용노동부, 2008-2011 산업재해 현황 분석.

“

초고층 건축공사는 생산성 향상을 위해 다양한 첨단 시공 기술과 자동화 장비들이 적용되고 발전하고 있는 반면, 재해 및 사고는 해마다 늘어나고 있다. 이같은 재해 및 사고를 방지하기 위해 최근 안전관리연구는 실시간 관리 및 모니터링 기술을 통해 작업자의 안전을 도모하고 장비 간의 간섭으로 인한 사고를 사전에 예방하는 것에 중점을 두고 있다.”

”



[그림 1] 건설산업 사고 유형별 분석

파악할 필요가 있다.

떨어짐과 맞음의 경우는 국내 건축물의 평균 높이가 계속 높아지면서 작업자들의 고층 작업시간이 늘어남에 따라 떨어짐 사고도 증가하는 것으로 판단된다. 건물의 높이가 높아지면서 고소작업량도 증가하여 그만큼 작업자가 외부에 노출되는 시간이 길어진 것이 원인으로 보인다. 넘어짐 사고의 경우도 대형공사가 많아짐에 따라 투입되는 건설 장비의 대수와 사용빈도 수 증가에 의해 장비의 넘어짐 사고 또한 늘어난 것으로 예상할 수 있다. 이러한 현상은 다음 초고층공사의 특징에서도 찾을 수 있다.

초고층공사 사고 분석

초고층공사는 사고 측면에서 일반 건축물과 비교하여 다음의 세 가지 특징을 가진다.

첫째, 외부 고소 작업이 증가한다. 초고층공사는 외벽에 창호 설치나 도장공사를 위해서는 작업자가 곤돌라를 이

용하여 작업해야 한다. 초고층은 일반 건축물에 비해 넓은 외부 면적을 가지기 때문에 외부 마감 작업자는 외부에서 작업하는 시간이 증가하고 높이로 인해 고소 작업이 이루어지는 빈도가 증가한다. 또한 골조 작업의 경우에도 ACS(Auto Climbing System)의 인상과 갱폼의 설치·해체를 위해 거꾸집 작업자

는 외부 거꾸집 발판에서 작업하는 빈도가 높다. 이처럼 외부의 고소 작업시간과 빈도가 증가할 경우 떨어짐에 대한 사고의 위험성이 커지며, 실제로 고층공사의 곤돌라 작업 중 떨어짐 사고가 많이 발생하고 있다.

둘째, 개구부의 면적이 증가한다. 초고층 건축물의 구조는 일반적으로 시공성 향상을 위해 슬라브와 기둥으로 구성되는 플랫플레이트 구조가 대부분이다.²⁾ 이러한 플랫플레이트 구조는 외부에 벽이 없어 개구부 면적이 증가하고, 커튼월이나 창호는 골조가 완성된 후 8~10개 층 밑에서 설치되기 때문에 창호 설치 전까지 작업자는 외부에 노출되어 있다. 또한 초고층 건물 내부에는 엘리베이터 홀과 덕트 등의 일반 건축물에 비해 그 수와 면적이 넓어 작업자들은 건물 내부에서도 떨어짐에 대한 위험이 높은 실정이다. 이에 따라 일반 건축물에 비해 떨어짐 및

2) 김태훈, 초고층 시스템 거꾸집 공법 및 시공계획 모델, 고려대학교 박사학위논문, 2013. 2.



(사진 1) 기존 초고층 건설 현장의 떨어짐 및 날아옴 방지



(사진 2) 장비 간 충돌로 인한 사고

날아옴의 위험성이 크다. 이를 방지하기 위해 낙하물방지망(사진 1)을 설치하여 날아옴 및 떨어짐을 방지하고 있지만 사후 대처의 성격에 머물러 떨어짐 및 날아옴 사고는 증가 추세에 있는 실정이다.

셋째, 투입 장비의 수가 증가한다. 초고층공사는 양중 물량이 증가함에 따라 투입 양중 장비의 수가 증가하고, 생산성 향상을 위해 ACS, CPB(Concrete Placing Boom) 등의 자동화 장비가 투입된다. 이렇게 많은 장비가 한정된 공간에서 같이 운영되므로 장비들 간 운영상의 간섭이 빈번하게 발생하여 장비의 충돌로 인한 넘어짐 위험이 높다. 실제로 초고층 사고 중에는 타워크레인 과 타워크레인 또는 CPB와 충돌에 의한 장비의 넘어짐

사고의 빈도가 높다. 또한 ACS와 CPB 같은 장비들은 전문적인 교육을 받은 작업자가 인상해야 하지만 일반 작업자가 미숙한 조작으로 장비가 무너지거나 탈락하는 사고도 발생하고 있다.

초고층공사 사고 감소 방안

초고층공사의 특성에 의한 주요 사고 발생 유형은 고소 작업과 개구부의 증가에 의한 떨어짐 및 날아옴 사고의 증가, 다수의 장비 투입으로 인한 장비 충돌에 의한 넘어짐으로 분석되었다. 이에 초고층 현장에서는 낙하물방지망 설치와 작업자 안전교육, 장비 운영 시 신호수 배치 등으로 안전관리를 실시하고 있지만 관련 사고가 매년 꾸준히 증가하고 있다.

기존의 초고층공사 안전관리 방안은 개구부에 낙하물방지망 설치와 외부 작업자의 안전대 착용 등 주로 사고 발생 후의 대응과 장비교육 및 신호수 배치로 인력에 의존하고 있어 근본적인 사고예방에는 한계가 존재한다. 그러나 근본적인 사고를 예방하기 위해서는 외부 작업의 안전성을 높일 수 있는 작업발판의 시스템화와 사전·후 대응 방식이 아닌 실시간으로 관리

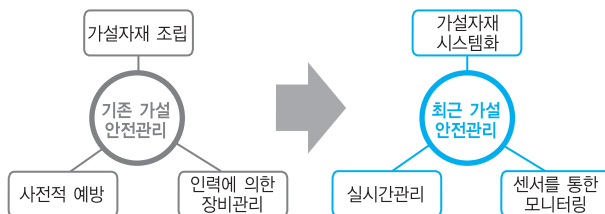


[그림 2] 초고층공사에 사용되는 장비들

하고 즉각적인 대응을 할 수 있는 인력 및 장비에 대한 관리 시스템이 요구된다.

초고층공사 안전관리 연구동향

최근 초고층공사 안전관리의 문제점을 해결하기 위해 안전 시스템 기술과 USN(Ubiquitous Sensor Network) 기술을 접목한 다양한 연구가 수행되고 있다. 이러한 연구동향들은 크게 ‘가설자재 시스템화, 센서를 통한 실시간 안전관리, 건설 장비 모니터링 기술’로 분류할 수 있다. 이러한 기술들은 기존의 조립식 가설자재의 안전성을 크게 높일 수 있고, 사전 방지나 사후 대처 개념의 안전관리를 센서를 통해 실시간으로 관리할 수 있는 장점이 있다. 또한 각 장비의 안전 사각지대를 대응하고 장비의 안전 상황을 지속적으로 모니터링하여 장비 사고를 미연에 방지하고 사고 발생 시 즉각 대응이 가능한 장점이 있다.



[그림 3] 초고층공사 안전관리 연구동향

가설안전 시스템 연구 사례

가설자재의 시스템화

기존 고층 건축물의 외벽 마감공사에서는 승강 장치와 와이어로프 혹은 달기 강선에 매달린 작업대를 부착하여 제작된 곤돌라와 같은 장비를 이용한다. 그러나 이 장비는 바람의 영향을 크게 받아 작업이 불안정하며 떨어짐 및 날아옴의 위험성이 크다.

이러한 재해를 방지하며, 동시에 작업의 생산성 또한 증가시키는 안전일체형 작업 틀을 이용한 외벽 마감공사



(사진 3) 외벽 적층시공 가설 시스템

가설 시스템³⁾이 있다. 이것은 반복적으로 연속 시공이 가능한 가설 시스템으로, 일체형 작업틀이 체결된 가이드레일을 슬라브 및 벽체 브라켓에 고정하고 자동 인양 장치를 이용하는 방식이다(사진 3). 작업자는 ACS와 마찬가지로 외부의 일체화된 작업 공간으로 기존의 흔들리며 불안정한 작업과 떨어짐의 위험을 예방할 수 있으며, 상부 낙하물에 의한 안전 문제도 해결할 수 있다. 또한 작업자들의 안정된 작업으로 인해 생산성이 향상될 수 있으며, 다음 현장에서 재사용이 가능하므로 비용을 절감할 수 있다.

센서를 통한 실시간 관리

떨어짐 및 날아옴, 넘어짐 등과 같이 건설 현장에서의 사고 원인은 안전난간이나 수직보호망과 같은 사전 방지와 낙하물방지망과 같은 사후 대처의 개념으로 작업자들의 안전에 대한 지속적인 관리가 어렵다는 점이다. 이를 해결하기 위해 최근에는 센서를 이용하여 실시간으로 안전관리를 할 수 있도록 현장에 네트워크를 구축하는 연구들이 수행되고 있다. 이와 같은 센싱 기술을 통해 실시간으로 현장의 안전관리를 수행하는 연구는 다음의 사례가 있다.

기존에 개구부에 대한 떨어짐 및 날아옴의 사고를 방지

3) C사 제품 기준.

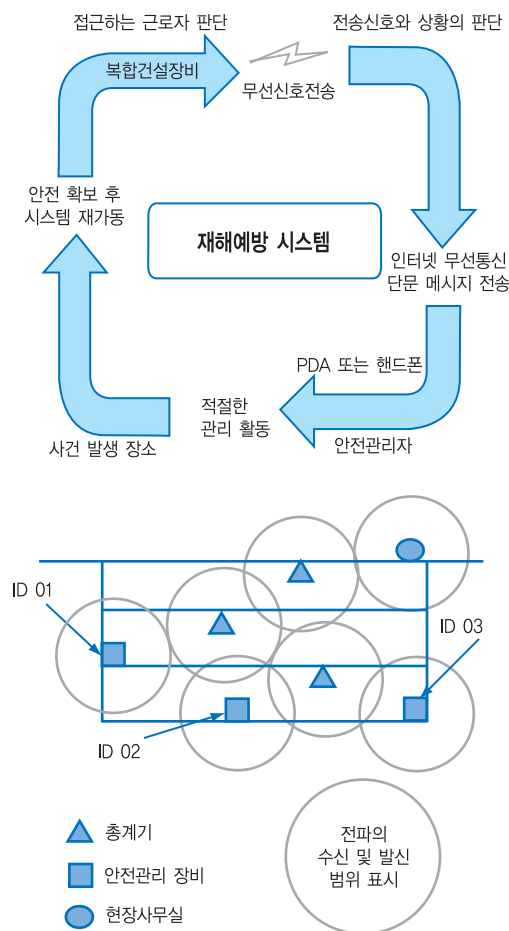
하기 위해 복합형 센서를 이용한 안전관리 시스템이 개발되었다. 이 시스템은 작업자들이 안전표지판과 안전대가 설치되어 있음에도 불구하고 개구부에 떨어지는 사고를 사전 예방하기 위함이다. 안전 표지판과 안전난간에 복합 센싱 장비를 부착하여 작업자가 위험지역에 가까울 시 경보음을 울리는 동시에 슬라브에 설치되어 있는 중계기를 통해 안전관리자의 휴대통신장치로 전송하여 적절한 안전관리를 용이하게 한다. 여기서 복합형 센싱 장비는 인체열을 감지하여 사람인지, 자재와 같은 물건인

지 구별함과 동시에 위험지역으로부터 작업자의 거리를 측정 가능하며, 3단계를 걸쳐 경고할 수 있도록 한다.⁴⁾ 이를 통해 작업자는 별도의 장치 부착없이 개구부 및 위험지역에 대한 인식이 자동으로 이루어지며, 관리자는 각 작업자들의 위험 정도에 따른 실시간 관리가 가능하다. 이는 기존의 수동적인 대응의 개념에서 적극적인 관리의 개념으로 사고 사전 방지 및 관리를 통해 떨어짐 및 날아옴 사고를 크게 줄일 수 있는 장점이 있다.

장비 모니터링을 통한 사고예방

초고층공사의 특성상 장비 의존도가 크다. 한정된 공간에 배치된 장비 간의 간섭이나 건물로 인한 사각지대로 인하여 크고 작은 사고가 종종 발생한다. 특히, 타워크레인 같은 경우 조종석이 공사 현장의 가장 높은 곳에 위치하고 있기 때문에 작업 상황이 잘 보일 것이라고 생각하기 쉽지만 조종석에서 직접 내려다보면 여전히 사각지대가 여러 곳 존재하며, 주변의 구조물을 고려하여 자재를 지속적으로 관리하기 어렵다. 그래서 크레인 운전자는 무전을 통한 신호수의 신호에 의존하거나 조종석의 창문에 직접 얼굴을 내밀어 아래를 내다보며 작업을 하게 된다. 이렇게 작업을 하는 경우 안전성뿐만 아니라 효율성도 크게 떨어진다.⁵⁾

이러한 문제점을 해결하기 위한 타워크레인 안전관리 연구는 주로 센서 기반의 충돌 방지 시스템과 카메라 장치를 통한 모니터링 시스템 위주로 진행되어 왔다. 충돌 방지 시스템은 타워크레인의 주요 부위에 부착되어 작업자에게 선회각도, 높이, 길이 등의 정보를 제공하며, 카메라 장치는 타워크레인 지브의 끝단에 수직 설치되어 작업 상황을 비디오 영상으로 조종사에게 보여준다. 이를 통해 타워크레인 조종사는 신호수에 의존하지 않고



[그림 4] 센서를 이용한 개구부 낙하물 방지 시스템

4) 이웅균, 무선 센서 네트워크 기반의 건축공사재해예방 시스템, 고려대학교 박사학위논문, 2008. 8.

5) 이정호 외 3명, GPS 및 머신비전을 활용한 타워크레인 양중 작업 효율화 방안, 대한건축학회지, 18(11), 2002, 133-140.

사각지대가 없는 안정적인 운전이 가능하게 되며, 타워 크레인 운전에 정략적인 정보의 전달로 효율적인 운행이 가능하다.⁶⁾



(사진 4) 타워크레인 실시간 모니터링 기술

다음으로 초고층공사의 대표적인 양중 장비인 건설 리프트의 효율적인 관리 기술과 안전 모니터링 기술에 대한 연구이다. 그동안 총별 정지 위치 인식 및 양중의 과부하를 점검하는 수준으로 연구가 진행되어 왔다면 최근 연구는 실시간으로 리프트를 모니터링하여 초고층 현장에서 리프트 고장과 사고를 미연에 방지하는 연구가 수행 중에 있다. 리프트의 운행 이력관리를 통해 소모성 부품의 교체 시기를 미리 파악하여 점검하고, 사고의 원인이 되거나 고장이 빈번한 부품을 지속적으로 모니터링해서 문제가 발생했을 경우 즉각적인 대처가 가능하다. 향후 초고층 리프트 각 부위에 센서가 부착되고, 무선통신 기술을 이용하여 데이터를 전송·저장하여 리프트 안전 관리에 활용될 전망이다. 그리고 저장된 데이터는 현장

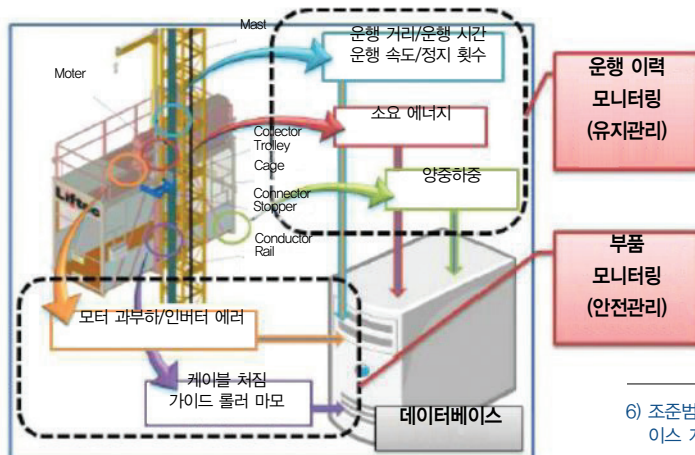
통합관리 시스템에도 적용되어 보다 안전하고 효과적인 운행계획 수립에 공조할 것이다.⁷⁾

결론

본고에서는 초고층공사 사고의 특징을 분석하고 이를 해결하기 위한 최신 연구동향을 살펴보았다.

연구동향 분석결과 초고층공사의 안전관리는 발판과 비계와 같은 재래식 안전자재에서 점점 일체화되고 자동화된 시스템으로 변화하고 있었고, 사전 대응과 사후 대처의 개념에서 USN 기술을 통한 실시간 안전관리 개념으로 바뀌고 있었다. 이러한 동향은 향후 안전관리가 실시간 관리의 개념으로 바뀌면서 안전관리자가 없이도 작업자의 안전을 실시간으로 관리할 수 있으며, 자동화된 장비와 자재의 증가로 각 장비의 간섭 때문에 발생할 수 있는 문제를 모니터링 기술을 통해 사전에 예방하는 안전 관리가 중요시될 것으로 예상된다.

초고층공사는 안전보다는 공정 중심의 공사가 많이 이뤄지고 있는데 이러한 기술들이 현장의 안전관리에 대한 과감한 투자로 근시일 내에 적용되어 초고층공사의 사고를 효과적으로 예방할 수 있기를 바란다. 🌸



[그림 5] 리프트 안전 모니터링 기술

6) 조준범, 타워크레인 내비게이션 시스템 개발 : 휴먼 인터페이스 개선을 중심으로, 연세대학교 석사학위논문, 2011, 2.

7) 이준복·소지윤, 초고층 건설 리프트의 자동화 기술 개발 방향, 한국건축시공학회지, 13(1), 2013, 5-8.

국내 건설 환경(특성)과 사망재해 감소 해법



최동홍 부장
안전보건공단 경기북부지도원

서론

국내 업무상사고사망만인율은 2012년 기준 0.73으로 외국¹⁾과 비교하여 상당히 높은 수준이다. 사망재해를 효율적으로 감소시키려면 사망재해가 다발하는 업종, 작업장 규모, 발생 형태, 장소 등을 정확히 분석하여 그 특성에 맞는 사망재해예방 기법을 적용하는 것이 중요하다.

건설 근로자는 전 근로자의 약 21%를 차지하고 있으나 건설 사망자는 전 산업 사망자의 약 44%를 점유하고 있고, 건설 떨어짐 사망자는 전 산업 떨어짐 사망자의 약 68%를 차지하고 있는 등 건설업에서 전 산업 떨어짐 사망자의 대부분을 차지하고 있다. 따라서 산재사망만인율 감소는 건설 떨어짐 사망자 감소가 선행되어야 한다.

건설 작업은 대부분 고소 작업으로 작업발판을 우선 설치하여야 하고, 작업 여건상 작업발판을 설치할 수 없는 경우 안전방망을 설치해야 한다. 국내 건설 현장 대부분은 작업 순서·방법상 작업발판을 제대로 설치할 수 없는 강관비계가 사용되고 있기 때문에 안전방망을 설치하거나 작업발판을 잘 설치할 수 있는 시스템 비계로 교체하여야 한다. 그러나 국내 건설 현장에서 강관비계 사용은 이미 오래전부터 정착되었고 시스템 비계는 강관비계보다 매우 고가²⁾이기 때문에 사업주는 시스템 비계를 설치하지 않는다.

따라서 정부에서 시스템 비계 설치 유도를 위하여 최근 시스템 비계 소요 비용 중 일부를 지원하는 건설 클린사업을 추진하고 있으나 사업주의 이해 부족³⁾, 협력업체(골조업체)의 저항·반대⁴⁾ 등으로 활성화가 안 되고 있다. 또한 지원 규모 한계⁵⁾로 단기적인 떨어짐 사망재해 감소 효과는 매우 어려울 것으로 보인다. 그러므로 동 사업은 장기적인 효과를 기대하며 꾸준히 추진하여야 한다. 사업주의 안전의식·자금력 등 안전 역량 향상으로 정부 지원 없이 사업주의 비용으로 시스템 비계를 설치하는 환경이 되려면 상당히 오랜 기간이 필요하고, 그 때까지 떨어짐 사망재해는 계속 발생될 것이다.

이러한 강관비계를 이용하는 국내 건설 환경을 감안할 때 떨어짐 사망재해 예방을 위하여

1) 미국 : 0.37, 일본 : 0.19, 영국 : 0.13 등.

2) 10억원 소규모 현장 기준으로 강관비계는 약 300~400만원, 시스템비계는 약 1,200~1,700만원.

3) 시스템비계 이용으로 인한 산재 발생 비용 절감, 작업성 향상에 따른 인건비 절감, 품질 향상과 계약자 신뢰도 향상에 따른 분양·임대율 향상 등.

4) 업체가 보유한 강관비계 사용률 저하 등.

5) 20억원 미만 현장의 약 2.6% 지원(2013년 70억원 → 약 700~800개 소 지원, 소규모 건축 현장 : 약 3만개 소 추산).

‘강관비계공법’에 적합한 떨어짐 방지 시설인 안전방망을 떨어짐 위험 위치에 정확히 설치하는 것이 매우 중요하다. 그러나 대부분 건설 현장은 안전방망을 정확하게 설치하지 않고 있으며, 특히 재해가 다발하는 20억원 미만 소규모 건설 현장은 안전방망을 전혀 설치하지 않아 건설 떨어짐 사망자는 매년 약 280명⁶⁾이 발생되고 있는 실정이다.

2024년까지 산재사망만인율 0.3을 달성하려면 건설안전 사각지대인 20억원 미만 소규모 건설 현장을 중심으로 높이 3~20m 구간에서 집중 발생하는 떨어짐 사망재해부터 근본적으로 예방해야 하며, 이를 위하여 작업 높이 3~5m 구간을 ‘떨어짐 방지 집중관리구역’으로 정하고 안전방망을 정확히 설치할 수 있도록 안전규정⁷⁾을 보완해야 한다. 그리고 재해가 빈발하나 안전 의식과 자금력 등 안전 역량이 부족한 소규모 건설 현장을 대상으로 안전방망 설치 비용 일부를 정부에서 지원하는 등 떨어짐사고 방지를 위한 정책 및 활동을 집중적으로 전개하여야 한다.

건설 사망재해 특성

건설업에서 발생하는 사망재해의 주요 특성은 다음과 같다. 첫째, 건설업에 발생하는 사망재해가 전 산업의 사망재해의 상당 부분을 점유하고 있다. 건설업에 종사하는 근로자는 전 산업에 종사하는 근로자의 약 21%에 불과하나 건설업에서 발생하는 사망자는 전 산업에서 발생하는 사망자의 약 44%를 점유하고 있으며, 건설 사망만인율은 약 1.59로 전 산업 사망만인율 약 0.79에 비하여 월등히 높다. 따라서 사망재해 감소는 건설업에서부터 우선 이루어져야 한다.

둘째, 건설 사망재해는 20억원 미만 소규모 건설 현장에서 집중적으로 발생하고 있다. 20억원 미만 소규모 건설 현장의 근로자 수는 건설업 전체의 약 30%에 불과하나 사망자는 건설업 전체의 약 52%, 재해자는 건설업 전체의 약 74%를 차지하는 등 건설재해는 20억원 미만 소

규모 건설 현장에서 집중적으로 발생하고 있다.

이와 같이 재해가 다발하는 20억원 미만 소규모 건설 현장의 사업주는 자금력과 안전 의식 등 안전 역량이 부족하여 안전 시설을 설치하지 않은 상태에서 작업을 강행하는 등 안전 사각지대로서 안전 조치가 매우 시급한 실정이다.

셋째, 건설업에 발생하는 사망재해는 주로 떨어짐의 형태로 발생하고 있다. 전 산업사망재해의 떨어짐 점유율 36%에 비교하여 건설 사망재해의 떨어짐점유율은 약 57%로 높은 편이고, 전 산업 떨어짐 사망재해의 약 68%가 건설업에서 발생하고 있는 등 떨어짐 사망재해는 건설업에서 주도하고 있다.

안전보건에 관한 규칙 제14조, 제42조의 규정을 보면 떨어짐·맞음 방지 위하여 안전방망을 높이 10m 이내로 설치토록 규정하고 있으나 소규모 건설 현장은 (사진 1~2)와 같이 높이가 10m 이상임에도 대부분 안전방망을 설치하지 않은 상태에서 작업을 강행하여 떨어짐재해가 끊임없이 발생되고 있다.

〈표 1〉 최근 5년간 전 산업 대비 건설 사망자 점유율 (단위 : 명)

구분	연도	전 산업	건설업	점유율
근로자	2008	13,489,986	3,259,512	
	2009	13,884,927	3,206,526	
	2010	14,198,748	3,200,645	
	2011	14,362,372	3,087,131	
	2012	15,548,423	2,786,587	
	계	71,484,456	15,540,401	
	연평균	14,296,891	3,108,080	21%
재해자	2008	95,806	20,835	
	2009	97,821	20,998	
	2010	98,645	22,504	
	2011	93,292	22,782	
	2012	92,256	23,349	
	계	477,820	110,468	
	연평균	95,564	22,094	23%
업무상 사고성 사망자	2008	1,172(2,146)	535(613)	
	2009	1,136(1,916)	487(534)	
	2010	1,114(1,931)	487(542)	
	2011	1,129(1,860)	499(543)	
	2012	1,134(1,864)	461(496)	
	계	5,685(9,717)	2,469(2,728)	
	연평균	1,137(1,943)	494(546)	44%
사망 만인율(5년 평균)		0.79	1.59	

* ()는 질병 사망자를 포함

* 출처 : 고용노동부 산업재해 현황 분석

6) 〈표 3〉 참조.

7) 산업안전보건기준에 관한 규칙 제42조.

〈표 2〉 공사규모별 사망자·재해자 현황

(단위 : 명)

구분	연도	공사 규모별 재해자, 사망자					분류 불능	계
		20억원 미만	20~ 120억원	120~ 300억원	300억원 이상	소계		
근로자	2008	1,010,842	527,954	334,448	1,371,323	3,244,567	14,945	3,259,502
	2009	980,357	510,349	327,462	1,365,703	3,183,871	22,655	3,206,526
	2010	905,892	577,028	338,688	1,337,530	3,159,138	41,507	3,200,645
	2011	920,757	509,059	320,050	1,316,062	3,065,928	21,203	3,087,131
	2012	839,996	467,045	252,338	1,205,252	2,764,631	21,956	2,786,587
	계	4,657,844	2,591,435	1,572,986	6,595,870	15,418,135	122,266	15,540,401
	점유율	30%	17%	10	43	100		
사망자	2008	279	156	45	112	592	21	613
	2009	236	97	42	137	512	22	534
	2010	274	89	43	112	518	24	542
	2011	288	95	38	95	516	27	543
	2012	267	99	43	74	483	13	496
	계	1,344	536	211	530	2,621	107	2,728
	점유율	52%	20%	8%	20%	100%		
재해자	2008	14,111	3,759	824	1,496	20,190	645	20,835
	2009	14,415	3,444	700	1,510	20,069	929	20,998
	2010	16,096	3,385	578	1,215	21,274	1,230	22,504
	2011	16,888	3,266	658	1,035	21,847	935	22,782
	2012	17,168	3,881	716	1,090	22,855	494	23,349
	계	78,678	17,735	3,476	6,346	106,235	4,233	110,468
	점유율	74%	17%	3%	6%	100%		

* 출처 : 안전보건공단 현황 통계

넷째, 건설 떨어짐 사망재해는 작업높이 3~20m구간 (특히 3~10m 구간)에서 집중적으로 발생하고 있다.

건설 떨어짐 사망재해는 〈표 4〉와 같이 높이 3~10m 구간에서 56%가 발생하고 있고, 높이 10~20m 구간에

서 24%가 발생하는 등 건설 떨어짐 사망재해의 80%가 높이 3~20m 구간에서 집중적으로 발생하고 있다. 따라서 높이 3~20m 구간을 타깃으로 효율적인 떨어짐 방지 조치가 이루어져야 한다.

지금까지 살펴본 건설 사망재해의 특성을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 건설 떨어짐 사망재해가 전 산업 떨어짐 사망재해를 주도(약 68%)

둘째, 20억원 미만 소규모 건설 현장에서 집중 발생(약 52%)

셋째, 떨어짐 형태로 발생(약 57%)

넷째, 작업높이 3~20m 구간(특히 3~10m 구간)에서

〈표 3〉 최근 5년간 건설업 떨어짐사망자 점유율 (단위 : 명)

구분	연도	전 산업	건설업	점유율
업무상 사고 사망자	2008	1,172(2,146)	535(613)	
	2009	1,136(1,916)	487(534)	
	2010	1,114(1,931)	487(542)	
	2011	1,129(1,860)	499(543)	
	2012	1,134(1,864)	461(496)	
	계	5,685(9,717)	2,469(2,728)	
	연평균	1,137(1,943)	494(546)	44%
떨어짐 사망자	2008	435	312	
	2009	417	267	
	2010	417	278	
	2011	424	294	
	2012	373	248	
	계	2066	1,399	
	연평균	413	280	68%
떨어짐 사망 점유율		36%	57%	

* ()는 질병사망자를 포함

* 출처 : 고용노동부 산업재해 현황 분석



(사진 1) 안전방망 미설치 실태 1 (H=15m)



(사진 2) 안전방망 미설치 실태 2 (H=13.5m)

〈표 4〉 최근 5년간 높이별 떨어짐사망자 현황 (단위 : 명)

발생 연도	3m 미만	3m 이상~ 10m 미만	10m 이상~ 20m 미만	20m 이상~ 30m 미만	30m 이상	계	분류 불능	합계
2008	20	165	68	17	24	294	2	296
2009	20	130	51	21	25	247	4	251
2010	22	168	69	19	17	295		295
2011	29	162	67	18	9	285	3	288
2012	23	141	67	12	13	256	3	259
합계	114(8%)	766(56%)	322(24%)	87(6%)	88(6%)	1,377(100%)	12	1,389

* 3~20m 구간에서 발생한 떨어짐사망자(1,088명)가 전체 떨어짐사망자(1,377명)의 80%를 차지(3~10m 구간에서 56% 차지)

* 건설업 중대재해 보고서 분석 결과임



(사진 3) 작업 높이 3~20m 구간 떨어짐 사망 사례 1



(사진 4) 작업 높이 3~20m 구간 떨어짐 사망 사례 2



(사진 5) 국내 건설 현장 작업 환경 1(작업발판 불량·미흡, 안전난간, 안전대, 안전모 없음)



(사진 6) 국내 건설 현장 작업 환경 2(작업발판 비미·불량·미흡, 안전난간, 안전대, 안전모 없음)

집중 발생(약 80%)

사망재해를 단기간에 효율적으로 감소시키려면 건설안전 사각지대인 공사금액 20억원 미만 소규모 건설 현장을 중심으로 높이 3~20m 구간에서 발생하는 떨어짐 사망재해를 근절하기 위한 정책과 활동이 체계적으로 추진되어야 한다.

공사금액 20억원 미만 소규모 건설 현장 안전관리 실태

공사금액 20억원 미만 소규모 건설 현장의 안전관리 실태는 다음과 같다.

첫째, 소규모 건설 현장은 작업발판이 없거나 불안정하게 설치되어 떨어짐 위험이 매우 높다. 떨어짐 위험이 높은 강관비계를 사용하고 있는 소규모 건설 현장은 형틀 등 골조 작업 중에는 작업발판을 설치하지 않고, 조적 등 마감 작업 시에는 강관비계 위에 (사진 5~6)과 같이 형틀재인 유로폼과 유공발판⁸⁾ 등 불법 가설재가 작업발판 용도로 사용되고 있다.

둘째, 소규모 건설 현장 대부분은 작업발판 단부에 안

전난간을 설치하지 않는다. 소규모 건설 현장 대부분은 작업발판 단부에 안전난간을 설치하지 않거나 중간난간 누락 등 안전난간을 제대로 설치하지 않는다.

셋째, 소규모 건설 현장은 강관비계를 설치함에 따라 작업발판과 안전난간이 잘 설치되지 않아 떨어짐 위험이 높아 안전방망을 반드시 설치하여야 하나 대부분은 안전방망을 설치하지 않은 상태에서 작업을 강행하고 있다.

산업안전보건법에는 떨어짐 위험 작업 시 10m 이내 가장 가까운 장소에 안전방망을 설치토록 규정⁹⁾ 되어 있으나 소규모 건설 현장에서는 높이가 10m 이상임에도 안전방망을 설치하지 않아 떨어짐 사망자가 다발하고 있으며, 높이 3~10m 구간에서 떨어짐 사망자의 약 56%가 집중 발생하고 있는 실정이다. 소규모 건설 현장의 안전방망 미설치와 국내 건설 현장의 강관비계 건설 환경으로 건설안전 보건 지킴이, 건설재해예방 위탁 등 각종 재해예방사업의 추진에도 불구하고 사망재해 감소 효과는 미미하였다.¹⁰⁾

8) 건설 현장에서는 '아나방'으로 호칭.

9) 산업안전보건에 관한 규칙 제42조.

10) 건설 떨어짐 사망자 : 535(2008), 487(2009), 487(2010), 499(2011), 461(2012).



(사진 7) 안전방망 미설치 상태 3(H=12m)



(사진 8) 안전방망 미설치 상태 4(H=12m)

국내 건설공법인 강관비계 특성

건설 작업은 대부분 고소 작업으로 떨어짐 위험이 높다. 고소 작업 시 작업발판 설치를 위한 비계공법은 작업 초기부터 작업발판과 안전난간이 잘 설치되는 시스템 비계공법¹¹⁾과 그렇지 못한 강관비계 공법으로 분류할 수 있다.

프랑스, 독일 등 선진국에서는 시스템 비계가 주로 사용되고 있으나 국내 건설 현장 강관비계가 오래전부터 사용되어 비계·발판 관련 기인물¹²⁾의 떨어짐재해가 약 50% 이상을 점유¹³⁾하고 있다. 강관비계 공법의 주요 특성은 다음과 같다.

첫째, 강관비계 설치·해체는 작업발판이 없는 상태에서 실시되어 떨어짐 위험이 매우 높음에도 작업 특성상 작업자는 개인보호구인 안전대를 착용하지 않는다.

시스템 비계는 비계 설치·해체를 포함한 모든 작업을 작업발판 위에서 안전하게 할 수 있으나 강관비계는 지름이 4.8cm인 작은 원형 파이프(수평비계) 위에서 위험하게 설치·해체 및 이동하기 때문에 안전대를 착용할 수 없고, 비계 설치 후 비로소 작업발판을 설치할 수 있는 등 떨어짐 위험이 매우 높다.

둘째, 강관비계는 건축물 벽면 작업 시 건축물 전체에 작업발판을 설치하지 않고 당해 작업 장소에만 설치하여



(사진 9) 강관비계 조립·해체 : 발판 없는 상태에서 실시



(사진 10) 시스템 비계 조립·해체 : 발판 위에서 실시

작업이 이동됨에 따라 그 설치와 해체를 반복하기 때문에 떨어짐 위험이 매우 높다.

시스템비계는 비계 설치 초기 단계부터 작업발판을 설치하고 그 위에서 비계 등을 설치하며 건축물 전체에 작업발판과 안전난간을 설치한 후 건축물 벽면 작업을 실시하기 때문에 안전하다. 그러나 강관비계는 건축물 전체에 작업발판을 설치하지 않고 당해 작업 장소에만 설치하고 작업이 완료되면 해체해서 다음 작업 장소로 운반하여 다시 설치하는 특성으로 떨어짐 위험이 매우 높다.

이와 같이 강관비계를 이용한 작업은 '작업발판 설치 - 작업발판 위에서 작업 - 작업발판 해체 - 작업발판 운반 - 작업발판 설치' 등의 작업을 지름 4.8cm의 작은 원형 파이프(수평비계) 위에서 반복하여 수행하기 때문에 떨어짐 위험이 매우 높고 떨어짐 사망재해가 지속적으로 발생된다.

셋째, 강관비계가 설치된 소규모 건설 현장은 작업발판 용도로 사용할 수 없는 형틀재인 유로폼, PSP 유공발판 등을 발판으로 이용하여 떨어짐 위험이 높고 재해가 빈발한다.

넷째, 강관비계는 대부분 안전통로가 없어 작업발판으로 진입하기 위하여 창문, 개구부, 수평 비계 등을 이용하므로 떨어짐 위험이 매우 높다.

시스템비계는 작업발판에 진입할 때 안전계단 등 안전한 통로를 이용할 수 있으나 강관비계 대부분은 안전통로가 없고 수평비계·창문 등으로 진입하여 떨어짐 위험이 매우 높다.

다섯째, 강관비계는 대체로 수직도·수평도 등이 정확치 않고 변형·변위가 있어 불안정하다.

시스템비계는 수직재·수평재 등 각 재료들의 규격화·시스템화로 수직도·수평도 등 설치 상태가 정확하고 안정적이다. 그러나 강관비계는 4.8cm 한 종류의 비계 재

11) 유사 공법 : 틀비계, 조립비계 등.

12) 작업발판, 비계, 사다리.

13) 최돈홍(2010) 건설 현장 작업발판의 사용 실태조사연구.



(사진 11) 강관비계 : 작업 장소에만 작업발판 설치



(사진 12) 시스템 비계 : 건물 전체에 작업발판 설치



(사진 13) 시스템비계 : 전 구간에 안전계단 있음



(사진 14) 강관비계 : 발판 진입하는 안전통로 없음



(사진 15) 강관비계 : 변형·변위 많음, 설치 간격 부정확



(사진 16) 시스템 비계 : 변형·변위 없음, 설치 간격 정확



(사진 17) 동바리 수평연결재



(사진 18) 형틀벽체 고정



(사진 19) 안전난간, 가설통로



(사진 20) 가설 담장

료를 접합부재인 클램프를 이용하여 수직재·수평재 등 모든 구성재를 도면 없이 작업자의 경험에 따라 현장에서 임의대로 설치하기 때문에 수직도·수평도 등 설치 상태가 부정확하고 휨·처짐 등 변위·변형이 많아 떨어짐 사고가 다발하고 있다.

여섯째, 시스템 비계는 오직 작업발판을 설치하기 위한 용도로만 사용되나 강관비계는 동바리 수평연결재, 형틀

벽체 고정 등 다양한 용도로 사용되어 활용도가 높으나 비계·발판 설치·해체 시 떨어짐 위험이 높고 건축물 전체에 발판이 설치되지 않는 문제가 있다.

강관비계 이용 시 떨어짐 방지

작업발판이 잘 설치되지 않아 떨어짐 위험이 높은 강관비계 이용 시 떨어짐 방지 방법별 떨어짐 방지 효과는 다음과 같다.

- 작업발판 : 강관비계 설치 후 작업발판 설치-사용-해체-운반-설치 및 비계 해체 등 각 단계별 작업이 대부분 작업발판 없이 실시되어 떨어짐 위험이 매우 높다. 건축물 전체에 작업발판을 설치하지 않고 당해 작업 장소에 부분적으로 설치한 후 작업이 완료되면 사용했던 작업발판을 해체하여 다음 작업 장소로 이동·운반을 반복하기 때문에 떨어짐 위험이 매우 높다. 한편, 작업발판이 설치된 경우 떨어짐 위험에 대한 분석은 다음과 같다.

- 건축물 방향 : 건축물 방향은 작업 수행 공간으로 안전난간을 설치할 수 없어 떨어짐 위험이 있음으로 벽과 발판 사이를 30cm 이내로 유지하여야 하나 대부분 건축물 벽면이 요철(凹凸) 형상으로 그 간격이 50~100cm 이상 벌어져 떨어짐 위험이 매우 높다.
- 외측 방향 : 작업 공간이 아니므로 안전난간을 설치할 수 있으나 20억원 미만 소규모 건설 현장 대부분은 안전난간을 설치하지 않거나 중간난간 미설치 등 제대로 설치하지 않는다.

- 안전대 : 안전대는 개인보호구로서 작업자가 한 장소에서 작업할 경우 일시적인 떨어짐 방지 효과가 있으나 강관비계와 같이 비계 조립·해체 및 발판 설치-이용-해체-운반-발판 설치 등의 작업 시는 안전대를 착용하기 어렵다.
- 안전방망 : 강관비계가 설치된 작업장에서 떨어짐 방지를 위해서는 안전방망이 가장 효율적이다.

- 안전방망을 벽에 밀착 설치함으로써 떨어짐 사망재해를 막을 수 있으며, 건설 현장에서 떨어짐 시 안전

방망으로 떨어진 경우 재해로 이어지지 않는 경우¹⁴⁾가 대부분이다.

- 안전방망은 작업을 간섭하지 않는다 : 안전방망은 방망 설치 위치 상부 작업을 간섭하지 않아 안전방망 설치 상태에서 방망 위 작업을 수행할 수 있으므로 떨어짐 방지에 효과적이다.
- 안전방망은 유지·관리 및 안전관리가 효과적이다 : 안전방망은 외부에 시각적으로 노출되어 안전방망 설치 상태를 쉽게 확인할 수 있는 등 안전방망 유지·관리가 효과적이다.

- 분석 결과 : 강관비계에서 떨어짐 사망재해 방지 방법에 대한 분석 결과는 다음과 같다.

강관비계 특성상 비계 설치부터 작업발판 설치·사용과 비계 해체에 이르는 전 과정에 걸쳐 작업발판이 제대로 설치되지 않고, 안전대는 개인보호구로서 떨어짐 사망재해 방지 효과가 극히 제한적이나 안전방망을 벽에 밀착하여 설치함으로써 떨어짐 사망재해를 완벽히 막을 수 있다.

강관비계가 설치된 소규모 건설 현장에서 작업발판, 안전난간, 안전대 방법으로 떨어짐 사망재해를 방지하는 것은 한계가 있다. 떨어짐재해를 단기간에 효율적으로 감소시키기 위해서는 떨어짐 사망재해를 막을 수 있는 높이 3~5m 구간을 '떨어짐 방지 중점관리구역'으로 설정하고 이 구간에 안전방망 설치를 위한 '자금 지원, 기술 지원, 산안법 개정, 국토해양부 등 발주처 협조' 등의 추진이 필요하다.

시스템 비계와 안전방망의 떨어짐 방지

떨어짐 사망재해를 예방하고 작업을 안전하게 하기 위해서는 작업발판을 잘 설치할 수 있는 시스템 비계를 설치해야 하나 국내 건설 현장은 강관비계 사용이 이미 오래전부터 정착되었고 시스템 비계는 강관비계에 비하여 비용이 고가이므로 사업주는 시스템 비계를 설치하지 않는다.

떨어짐 위험의 강관비계 건설 환경을 안전한 시스템 비계 환경으로 변화시키려면 사업주가 고가인 시스템 소요

비용을 부담해야 하고, 강관비계를 보유한 골조 협력업체¹⁵⁾ 및 임대·유통업체의 협조가 필요하나 사업주가 정부 지원 없이 시스템 비계를 자율적으로 설치하는 것은 현실적으로 어렵고 골조업체, 임대업체 등의 협조를 기대하는 것도 어렵다.

최근 사업주의 안전 의식 향상과 동기 부여를 위하여 소규모 건설 현장을 대상으로 시스템 비계 소요 비용 중 일부를 지원하는 건설 클린사업이 추진되고 있으나 사업주가 정부 지원 없이 시스템 비계를 자율적으로 설치하는 환경이 되려면 긴 기간이 필요하고, 그때까지 건설 떨어짐사망재해는 계속 발생될 것이다. 따라서 건설 현장의 떨어짐 사망재해를 효율적으로 예방하려면 강관비계에 적합한 떨어짐 방지 기법인 안전방망을 떨어짐 재해를 막을 수 있는 위치¹⁶⁾에 설치토록 하여야 한다. 이를 위하여 안전규정 개정과 소규모 건설 현장을 대상으로 안전방망 소요 비용 일부를 지원하는 사업 등 필요한 정책을 추진하여야 한다.

떨어짐 사망재해 감소 방안

떨어짐 사망재해를 줄이기 위한 방안은 다음과 같다.

첫째, 산재사망만인율을 감소시키려면 전 산업 떨어짐 사망자의 약 68%를 차지하는 건설 떨어짐 사망자를 우선 감소시켜야 한다.

둘째, 높이 3~20m에서 집중적으로 발생하는 건설 떨어짐 사망재해 근절을 위하여 높이 3~5m 구간을 '떨어짐 방지 집중관리지역'으로 지정하고 재해예방활동을 집중 전개하여야 한다.

셋째, 건설재해의 74%, 건설 사망재해의 52%를 차지하는 20억원 미만 소규모 건설 현장을 대상으로 높이 3~5m 구간에 설치되는 안전방망 소요 비용 일부를 정

14) 아차사고.

15) 20억원 미만 소규모 건설 현장은 형틀, 철근, 콘크리트, 비계 등을 한 골조업체에 일괄 계약하여 시공되는데 대부분 골조업체는 강관비계를 보유하고 있다.

16) 높이 3~5m 위치.



(사진 21) 3~5m 높이 안전방망 설치 사례

부에서 일정 기간 동안 지원하는 등 안전방망 설치에 대한 동기 부여와 분위기를 조성해야 한다.

넷째, 쾌적한 작업환경 조성을 위하여 추진되고 있는 건설 클린사업은 사업주의 안전 의식 향상과 동기 부여로 자율적으로 시스템 비계를 설치할 때까지 계속 추진되어야 한다.

안전방망 비용은 시스템 비계 비용보다 매우 적어 많은 소규모 현장에 지원이 가능하므로 단기간에 사망재해 감소 성과를 얻을 수 있다. 따라서 '높이 3~5m 위치 안전방망 지원사업'과 안전한 건설 작업환경 조성을 위한 '시스템비계 지원사업'을 병행·추진한다면 단기적인 떨어짐 사망재해 감소 효과와 장기적인 안전한 건설환경 조성 효과를 얻을 수 있다.

다섯째, 높이 3~5m 위치에 안전방망을 설치하도록 산업안전보건법을 보완하여야 한다. 산업안전보건법¹⁷⁾에 '안전방망을 10m 이내에 설치'토록 규정되어 있어 건설 현장 대부분은 작업 높이 9~10m 위치에 안전방망을 설치하기 때문에 높이 3~10m에서 발생하는 떨어짐 사망자의 약 56%를 막지 못한다. 그러므로 높이 9~10m 위치의 안전방망을 3~5m 위치로 변경 설치토록 안전규정을 보완하여야 한다.

※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제42조(추락의 방지)

1. 안전방망의 설치 위치는 가능하면 작업 면으로부터 가까운 지점에 설치하여야 하며, 작업 면으로부터 망의 설치 지점까지의 수직 거리는 10m를 초과하지 아니할 것(단, 지상 및 바닥으로부터 높이 3~5m 위치에는 안전방망을 반드시 설치하여야 한다)

17) 산업안전보건에 관한 규칙 제42조

요약 및 제언

떨어짐 사망재해가 다발하는 건설업의 사망재해를 감소 시키려면 20억원 미만 소규모 건설 현장을 중심으로 3~5m 위치에 안전방망을 설치토록 해야 한다.

국내 건설 현장에서는 작업발판이 잘 설치되지 않아 떨어짐 위험이 높은 강관비계 사용이 오래전부터 정착되었다. 안전한 작업환경을 위하여 작업발판을 잘 설치할 수 있는 시스템 비계를 설치하는 것이 바람직하나 시스템 비계는 강관비계에 비교하여 매우 고가이므로 사업주는 시스템 비계를 설치하지 않는다. 최근 시스템 비계 소요 비용 중 일부를 지원하는 건설 클린사업의 추진에도 불구하고 동 사업이 국내 소규모 건설 현장 중 극히 일부 현장에 지원되어 건설 떨어짐 사망재해 감소 효과는 미미하다. 더구나 사업주가 안전 의식이 개선되어 정부 지원 없이 자율적으로 시스템 비계를 설치하는 것은 소요 비용 고가, 강관비계 보유업체 저장 등으로 단기간에는 어렵고 건설 떨어짐 사망재해 발생은 계속될 것이다. 따라서 건설 현장의 안전한 작업 환경을 위하여 시스템 비계 설치를 유도하는 '건설업 클린사업'을 장기적으로 추진하며, 강관비계 건설 현장의 떨어짐 사망재해 감소를 위하여 높이 3~5m 구간을 '떨어짐 사망재해 방지 핵심관리구역(The important zone for prevent fall accident)'으로 지정하고 그 위치에 '안전방망을 설치하는 사업'을 추진하여야 한다. 이를 위해 안전법령 보완, 발주처 협조, 안전 캠페인, 마스크 홍보, 소규모 건설 현장 대상 일정 기간 동안 안전방망 비용 일부 지원, 기술 지원 등 다각적인 활동을 펼쳐야 한다. 🌸

참고문헌

- 최돈홍, 건설 현장 작업발판 사용 실태조사연구, 2010.
- 안전보건공단, 산업재해 발생통계 2008~2012년.
- 고용노동부, 산업안전보건기준에 관한 규칙(추락/비계/작업발판에 관한 조항), 고용노동부령 제49호, 2012. 3. 5.

일반 건축공사 근로자의 공종별 작업환경 유해요인



박현희 차장
산업안전보건연구원
직업건강연구센터

들어가며

건설업 근로자는 전체 산업재해 보험 적용대상 근로자(1,542만 2,213 명, 2012년 12월 기준)의 약 19.1%(295만 1,783명)를 차지하고 있으나 재해자 발생 비율은 전체 재해자(9만 2,256명, 2012년 12월 기준)의 약 25.3%(2만 3,349명)로 근로자 수에 비하여 높은 편이다(안전보건공단 산업재해통계 자료). 반면, 업무상질병의 경우는 전체 업무상 질병자(7,472명, 2012년 12월 기준)의 약 8.97%(670명)로 근로자 수와 비교하여 낮은 편이다. 업무상질병의 발생을 발견할 수 있는 특수건강검진 및 작업환경측정의 시행이 제조업과 비교하여 상대적으로 취약한 건설업의 경우, 업무상질병 발생 비율이 낮은 것은 다소 과소평가되고 있을 가능성을 의심해볼 만하다.

건설업은 작업환경의 특성상 보건관리에 어려움이 많다. 첫째, 건설업은 옥외 작업장이며, 단위 작업에 따라 건설 현장의 작업환경이 수시로 변하므로 작업환경측정 실시에 어려움이 있다. 둘째, 많은 건설 근로자들이 일용 또는 임시직 형태의 고용관계를 가지고 있어 근로자의 직업병 예방을 위한 건강진단이 원활하게 시행되지 못하고 있다. 이로 인해 직업병의 조기 발견 및 조기 치료 등 예방과 신속한 사후관리 대책의 수립이 대체로 미흡하다. 셋째, 최근에는 건설 현장 근로자의 고령화 현상이 보이고 있으며, 다양한 새로운 건설공법의 적용에 따라 고강도 작업, 고성능 화학물질의 사용이 발생하고 환경오염 및 주변 민원인의 불만에 따라 오염물질을 옥외로 배출하기보다는 옥내에 가두어 두는 등 작업자들의 근로환경은 더욱 열악해지고 있어 화학물질 중독, 요통, 뇌심혈관계질환 등의 직업병 발생이 증가할 우려가 있다.

그동안 건설업은 안전관리자 선임 의무만 있었고 보건관리자의 선임 의무가 없었다. 그러나 이러한 사회적 문제의 인식에 따라, 최근 고용노동부에서 2015년 1월 1일부터 공사 금액 800억원 이상인 건설 현장(토목공사는 1,000억원 이상)에 대해서는 보건관리자 선임을 의무화하도록 산업안전보건법 시행령을 개정(2013. 8. 6)하였으며, 이번 시행령 개정으로 건설업 보건관리를 체계적으로 시행할 수 있는 기초가 마련되었다.

산업안전보건연구원에서는 건설업 보건관리의 체계적 운영과 직업성질환 예방에 기여하고자 '건설업에 적용 가능한 보건관리 매뉴얼'이라는 주제로 연구 과제를 선정하여 일반 건축물 및 토목공사에 대한 작업 내용을 분석하고 노출 유해인자와 관리방안을 연구하였다.

본고에서는 다양한 건설공사 중 공사가 가장 많은 아파트 등 일반 건축물공사 현장 대상으

“

건설업은 다양한 화학물질, 분진, 소음 등이 존재하고
중량물 취급에 따른 근골격계질환 발생 위험도가 매우 높은 업종으로
알려져 있다. 또한 건설 일용 근로자의 망간 중독,
플랜트 건설 일용 근로자의 화학물질 중독 등 건설업의 업무상질병은
지속적으로 문제가 제기되어 왔다. 그러나 그동안 보건관리자 선임의무가 없었고,
건강검진 및 작업환경 측정의 어려움 등 건설업의 특성상
건설업 근로자의 보건관리는 체계적으로 이루어지지 못하였다.

”

로 공사 현장을 기초 파일 공사부터 미장공사까지 12개
공종으로 분류하였고, 주요 공종별 유해인자를 파악하여
관리 방안을 제시하였다.

기초 파일 공사

기초 파일 공사는 연약 지반에 건축물을 축조할 때 기초의 지내력을 증대시키기 위해 지반에 파일을 박거나 구축하는 공사로 자재 반입, 말뚝 시공(직타공법, 프리보링 공법), 두부정리(말뚝머리 커팅)의 단위 작업으로 구성된다.

항타기를 사용하여 말뚝을 박는 작업을 할 때는 충격소음이 발생되고 항타 작업 후 높이가 일정하지 않은 콘크리트 말뚝을 커터기로 자르거나 해머로 파쇄하는 작업 시 높은 소음과 고농도의 콘크리트 분진에 노출될 위험이 높다.



기초 파일 공사는 지반에 파일을 박거나 구축하는 공사이다.

■ 관리 방안

- 항타기는 저소음 모델의 장비를 선정하고 주기적인 장비 점검이 필요하다.
- 방음보호구(귀덮개 등)를 착용하고 소음에 대한 주기적인 특수건강진단을 통해 청력 손실을 감시한다.
- 고농도의 콘크리트 분진 발생 시는 물을 뿌리는 등 습식으로 작업하여 비산먼지 발생을 최소화하고, 방진마스크를 지급 및 착용케 한다.
- 목욕 시설을 설치하여 작업 후 근로자 노출을 최소화한다.

굴착공사

굴착공사는 건축물을 구축하기 위해 계획한 깊이로 땅을 파는 작업을 말한다. 토사의 붕괴를 막기 위해 주변에



굴착공사는 건축물을 구축하기 위해 계획한 깊이로 땅을 파는 작업을 말한다.

흙막이보공을 설치하고 흙막이 내부의 토사를 굴착하는 작업으로서 굴착장비 반입, 굴착, 굴착 토사 반출의 단위 작업으로 구성된다.

굴착장비의 사용이 많으므로 굴착장비의 이동에 따른 배기 가스 및 굴착한 토사를 트럭에 옮기는 작업 중 토사 분진 노출 및 흙이나 풀에서 노출된 찌꺼기 등 미생물 노출 위험이 높다.

■ 관리 방안

- 굴착 및 이송에 사용되는 장비 및 차량의 연료는 저유

황 디젤유(황 함유량 0.05% 이하)를 사용하고 디젤가스 배출구에 여과장치를 부착한다.

- 차량 내부에는 공기 정화 필터를 장착하고 디젤엔진을 정기적으로 유지 보수한다.
- 토사 중 찌꺼기 등 미생물 노출을 예방하기 위하여 긴 소매 옷, 긴 바지를 착용하도록 한다.
- 작업 현장에서는 음식물 섭취를 제한하고 작업 장소와 격리된 안전한 곳에서 휴식 및 식사를 제공한다.
- 곤충에 물렸는지 확인하고 이상 증상 발생 시 의사의 진료를 받는다.

〈표〉 일반 건축공사 작업 공종별 유해요인 및 발생 가능 직업성질환

공종	단위 작업	작업 내용	유해요인	노출 가능 질병
기초 파일 공사	항타 작업	지주 파일을 해머로 박는 작업 항타 작업 후 말뚝머리 커팅 및 해머 파쇄 작업	충격소음(유압집 해머: 103~113dB(A)) (콘크리트 조인트커터: 99~102 dB(A)) 콘크리트 분진 전신 및 국소진동	소음성 난청, 규폐증, 요통, 레이노드 현상
굴착공사	굴착 작업	굴착기, 불도저 등을 이용한 터파 기 작업	디젤 분진 찌꺼기 등 미생물	호흡기질환, 찌꺼기 등
발파공사	발파 작업	폭약과 뇌관을 폭파시켜 암석을 파쇄	폭발소음, 암석 파쇄(브래커) 소음 산화규소(Silica) 분진	소음성 난청, 규폐증
흙막이공사	토류벽 설치 흙막이보공 설치 작업	토사 붕괴 방지를 위해 H-Pile 및 나무판을 시멘트 및 벤토나이트로 양생 토류벽면 가설받침대 설치작업	크레인 및 오거드릴 소음 시멘트(6가크롬) 용접흄(중금속류) 자외선	소음성 난청, 시멘트 피부질환, 용접공폐, 눈 손상, 중금속 중독
거푸집공사	거푸집 설치	콘크리트 면에 박리제를 바르고 제 작된 거푸집 설치	수용성 박리제, 유성 박리제(유기용제류) 근골격계 부담 작업, 목분진 등	신경계 예방 조치, 근골격계질환, 피부질환
철근공사	철근 가공 작업	철근 절단, 구부림	소음, 분진 근골격계 부담 작업	소음성 난청, 근골격계질환
콘크리트 공사	콘크리트 타설	젖은 콘크리트 타설 작업	젖은 콘크리트(강알칼리성, 6가크롬 성분) 양생촉진제(염화비닐계열, 휘발성 유기 화합물)	자극성 피부염, 접촉성 피부염
철골공사	철골부재 용접 데크플레이트 설치	철골부재를 조립도에 따라 용접 데크플레이트 운반	용접흄(중금속류), 자외선 중량물 취급	용접공폐, 눈 손상, 중금속 중독, 근골격계질환
조적공사	조적 작업	재료 운반, 모르타르 제조, 장시간 모래 비빔	근골격계 부담 작업 모래 먼지, 젖은 모르타르	요통, 호흡기질환, 피부 질환
미장공사	미장 작업	모래를 체로 거르는 작업 등 장시 간 반복, 고정 작업	근골격계 부담 작업 모래먼지, 젖은 모르타르	요통, 호흡기질환, 피부 질환
건축공사	건축 작업	양생된 콘크리트 표면을 그라인더 를 사용하여 다듬는 작업	고농도 산화규소(Silica) 노출 국소진동(핸드그라인더)	규폐증, 레이노드 현상
방수공사	아스팔트 등 방수 작업	액체방수, 아스팔트 방수, 우레탄 방수, 에폭시 방수 등	아스팔트흄, 우레탄 및 에폭시 수지, 유 기용제류, 고열	호흡기 자극, 발진, 위장 장애, 유기용제 중독, 피부염, 천식, 질식 등

발파공사

발파공사는 건축물을 구축하기 위한 지하 암석의 파쇄 작업을 말한다. 암석에 구멍을 뚫고 폭약과 뇌관을 천공 구멍에 넣어 폭발시키면 화약의 폭발력으로 암석이 파쇄 되는 작업이다. 천공, 장약, 발파, 버력 처리(발파 암석 처리)의 단위 작업으로 구성된다.

발파공사 시에는 폭발의 충격소음이 발생하고 암석에 구멍을 뚫는 작업, 깨어진 암석을 모아 외부로 이송하는 과정에서 소음 및 암석 비산먼지(산화규소, SiO_2 함유)의 노출 위험이 있다.

■ 관리 방안

- 방음보호구(귀덮개 등)를 착용하고 소음에 대한 주기적인 특수건강검진을 통해 청력 손실을 감시한다.
- 톱-다운(Top-Down) 방식 등을 통해 실내에서 작업이 이루어지는 경우에는 시간 당 공기 교환 횟수가 충분하도록 전체 환기를 실시한다.
- 산화규소 분진에 대한 유해성 및 보호구 착용 방법교육을 실시하고 폐기능검사, 흉부방사선 검사를 포함하는 특수건강진단을 실시한다.

흙막이공사

흙막이공사는 지하를 굴착할 때 토사가 붕괴되지 않도록 지중에 흙막이 벽체를 설치하는 작업이다. 이는 H-Pile 설치, 차수 벽체 조성(토류벽공사), 흙막이지보공 설치 및 해체의 단위 작업으로 구성된다.

천공 작업에서 발생하는 소음, 토류벽 설치 시 노출되는 시멘트 및 가설받침대 설치 작업에 따른 용접흡 등에 노출 위험이 높다.

■ 관리 방안

- 밀폐된 장소에서 용접 작업을 실시할 경우

에는 이동식 국소배기장치를 사용하고, 옥외 작업 시에는 바람을 등지거나 팬을 이용하여 흠을 호흡기 반대 방향으로 불어 노출을 최소화한다.

- 시멘트 취급 작업 시에는 알칼리 저항성 보호장갑을 착용한다.
- 회 반죽과 젖은 콘크리트에 노출되지 않도록 긴 팔과 긴 바지의 보호복을 착용한다. 소매는 장갑 안으로, 바지단은 부츠 안으로 넣고 충분한 높이의 방수 부츠를 신는다.
- 시멘트에 피부가 노출된 경우 가능한 빨리 차가운 물에 씻는다.

거푸집공사

거푸집은 구조체의 골격이 되는 재료인 콘크리트를 부어넣은 후 콘크리트의 응결 및 경화가 서서히 진행되는 동안 타설된 콘크리트를 일정한 형상과 치수로 유지시키고 외부로부터의 충격과 기온의 영향으로부터 보호하며 수분의 누출을 방지하기 위한 역할을 하는 외부 틀이다. 거푸집을 만드는 작업은 거푸집 제작, 기름칠(거푸집과 콘크리트가 맞닿는 면에 분리가 잘 되도록 바리제 등을 도포하는 작업), 거푸집 설치 및 해체의 단위 작업으로 구성된다.



일반 건축공사 현장의 거푸집공사(알루미늄폼)

거푸집 작업에서는 박리제 사용에 따른 다양한 화학물질(유기용제류)에 노출된다. 그리고 목재 거푸집의 경우는 수용성 박리제를 사용하는 반면, 철재 및 알루미늄 거푸집은 유성 박리제를 사용하므로 유기화합물에 의한 피부질환, 신경계질환 예방 조치가 필요하다. 한편, 철재 및 알루미늄 거푸집의 경우에는 중량물 취급(유로폼 약 20kg, 알루미늄폼 약 30kg)에 따른 근골격계질환 발생 위험이 높다.

■ 관리 방안

- 거푸집에 도포하는 유성 박리제를 수성 박리제로 대체한다.
- 박리제 등 취급 화학물질의 물질안전보건자료를 확보하여 함유물질의 성분을 확인하고 물질에 적합한 방독 마스크를 지급·착용케 한다.
- 거푸집 등 중량물 취급에 따른 근골격계 부담 작업 유해요인조사를 실시하고 중량물 무게 표시, 적절한 작업 공구 지급 및 올바른 작업 자세교육을 실시한다.

철근공사

콘크리트로만 만들어진 구조체는 압력축에는 강하나 인장력은 압축강도의 1/10 정도밖에 되지 않아 인장력이 크게 작용하는 스패인 긴 구조물을 만들 수 없다. 따라서 콘크리트 부재의 인장력 작용 부분에 철근을 배근해서 부재 내부에 작용하는 인장응력을 철근이 부담하도록 하여 구조를 만든다. 이를 철근 콘크리트 구조라고 한다. 철근공사는 이러한 철근콘크리트 구조를 만들기 위해 철근을 가공, 조립, 설치하는 작업을 말한다. 철근 작업은 철근 반입, 철근 가공, 철근 조립의 단위 작업으로 구성된다.

철근공사 중에는 철근 절단, 구부림 등 가공 과정에서 소음, 분진, 근골격계질환 발생 우려 등의 위험이 있다. 철근 배근 작업 중에는 일부

용접 작업을 실시하지만 양이 적고 환기가 비교적 잘되는 실외에서 이루어지므로 위험 수준은 크게 높지는 않다.

■ 관리 방안

- 중량물을 취급하는 경우 근골격계 부담 작업 유해요인 조사를 실시하고 중량물 무게 표시, 적절한 작업공구 지급 및 올바른 작업 자세교육을 실시한다.
- 옥외 용접 작업 시에는 바람을 등지거나 팬을 이용하여 노출을 최소화한다.
- 소음 발생 작업 시 방음보호구 및 분진 발생 작업 시 방진마스크를 지급·착용한다.

콘크리트 공사

콘크리트라 함은 시멘트, 자갈, 물, 기타 혼화재 등의 재료가 혼합되어 굳어진 구조체를 말한다. 콘크리트 작업은 철근 콘크리트 구조물에서 철근 배근과 거푸집 설치작업을 완료하고 거푸집 내에 콘크리트를 부어 넣어 철근 콘크리트 구조물을 만드는 작업이다. 콘크리트 반입, 콘크리트 타설 및 다짐, 콘크리트 양생의 단위 작업으로 구성된다.

콘크리트 공사 과정 중에는 젖은 콘크리트를 이용하여 타설하기 때문에 분진 발생은 거의 없으나 콘크리트 내에 함유되어 있는 6가크롬 성분에 의해 젖은 콘크리트가



콘크리트공사에서 콘크리트라 함은 시멘트, 자갈, 물, 기타 혼화재 등의 재료가 혼합되어 굳어진 구조체를 말한다.

피부에 접촉될 경우 강알칼리성에 의한 자극성 피부염과 알레르기성 접촉성 피부염을 유발하게 된다. 콘크리트 양생 과정을 촉진하기 위해 사용하는 양생촉진제 중 염화비닐 계통과 휘발성 유기화합물 계통의 물질도 잠재적 화학적 유해요인이라고 할 수 있다.

■ 관리 방안

- 시멘트 취급 작업 시에는 알칼리 저항성 보호장갑을 착용한다.
- 화반죽과 젖은 콘크리트에 노출되지 않도록 긴 팔과 긴 바지의 보호복을 착용한다. 그리고 소매는 장갑 안으로, 바지단은 부츠 안으로 넣고 충분한 높이의 방수 부츠를 신는다.
- 시멘트에 피부가 노출된 경우 가능한 한 빨리 차가운 물에 씻는다.
- 양생촉진제 등 취급 화학물질의 물질안전보건자료를 확보하여 함유물질의 성분을 확인하고 물질에 적합한 방독마스크를 지급, 착용케 한다.

철골공사

철골공사는 H-Beam 등 철골부재를 공장에서 제작하여 현장에 운반해 온 후 이를 조립도에 따라 기초 위에



철골공사에서 데크플레이트로 바닥을 구성하는 작업

볼트, 리벳, 고력 볼트, 용접 등을 사용하여 조립하고 빔(Beam) 위에 데크플레이트(Deck Plate)를 설치해서 바닥을 구성하는 작업이다. 이는 철골 부재 반입 및 운반, 철골부재 인양, 조립, 철골 데크플레이트 설치의 단위 작업으로 구성된다.

철골공사 중에는 철골부재를 조립도에 따라 용접하는 작업 중 발생하는 용접흠과 데크플레이트를 운반하는 작업 중 발생하는 중량물 취급으로 인한 근골격계질환 발생 위험이 높다.

■ 관리 방안

- 데크플레이트 등 중량물 취급에 따른 근골격계 부담 작업 유해요인조사를 실시하고 중량물 무게 표시, 적절한 작업공구 지급 및 올바른 작업 자세교육을 실시한다.
- 옥외 용접 작업 시에는 바람을 등지거나 팬을 이용하여 흠을 호흡기 반대 방향으로 불어 노출을 최소화한다.

조적공사

조적공사는 벽돌, 블록, 돌 등의 건축재료를 접착재료 및 연결 철물 등을 사용하여 외부 치장이나 칸막이 벽체를 형성하는 공사를 말하며, 벽돌을 쌓을 작업면의 수



벽돌, 블록, 돌 등의 건축재료를 접착재료 및 연결 철물 등을 사용하여 외부 치장이나 칸막이 벽체를 형성하는 조적공사

직·수평을 맞추는 먹줄 작업을 시작으로 벽돌의 부착을 위한 모르타르 작업, 벽돌쌓기 작업으로 진행된다.

재료를 운반하는 작업, 모르타르 제조를 위해 장시간 모래 비빔 작업을 하는 경우에는 요통을 비롯한 근골격계 질환 발생 위험이 있으며, 조적을 위해 모르타르를 제조하는 과정에서 모래먼지 및 젖은 모르타르에 대한 피부 노출 위험이 있다.

■ 관리 방안

- 적절한 작업공구 지급 및 올바른 작업 자세교육을 실시한다.
- 시멘트 취급 작업 시에는 알칼리 저항성 보호장갑을 착용한다.
- 시멘트에 노출된 피부는 가능한 한 빨리 차가운 물에 씻는다.

미장공사

미장공사는 건축물의 최종 마무리 또는 그 바탕이 되는 공사로 건축물의 내구, 내화, 방수, 단열, 흡음 등에 영향을 미치게 된다. 작업은 모래, 시멘트를 혼합하여 모르타르를 만드는 작업과 미장 부위에 바르는 작업으로 나누어 볼 수 있다.

미장공사에서 가장 유해한 인자는 모르타르 중 함유하고 있는 6가크롬이며, 6가크롬 성분에 의해 젖은 모르타르가 피부에 접촉될 경우 강알칼리성에 의한 자극성 피부염과 알레르기성 접촉성 피부염을 유발하게 된다. 이 외에도 모래를 체로 거르는 작업 시 모래와 시멘트 분진에 노출될 수 있고, 장시간 동안 반복적인 작업과 고정된 자세로 작업하기 때문에 근골격계 질환 발생 위험이 있다.

■ 관리 방안

- 시멘트 취급 작업 시에는 알칼리 저항성 보호

장갑을 착용한다.

- 회 반죽과 젖은 콘크리트에 노출되지 않도록 긴 팔과 긴 바지의 보호복을 착용한다. 그리고 소매는 장갑 안으로, 바지단은 부츠 안으로 넣고 충분한 높이의 방수 부츠를 신는다.
- 시멘트에 피부가 노출된 경우 가능한 한 빨리 차가운 물에 씻는다.
- 근골격계 부담 작업에 대한 유해요인조사를 실시하고, 적절한 휴식시간 배분 및 다양한 자세로 작업을 할 수 있도록 작업의 다양성 제공 또는 작업 순환을 실시한다.

건출공사

건출공사는 콘크리트 타설 이후 아무것도 손대지 않은 거푸집을 탈형한 그 상태 자체가 마감이 되도록 한 고급 마감기법 중 하나로 거푸집을 탈형한 후 거친 콘크리트 표면을 다듬는 마감 공정이다.

건출공사는 콘크리트 표면을 그라인더를 사용하여 다듬는 작업으로 콘크리트 먼지 및 고농도의 산화규소(실리카)에 노출되어 규폐증의 위험성이 있으며, 핸드그라인더를 통해 손에 국소진동이 전달되어 진동장애 발생 위험이 높다.



건출공사는 거푸집을 탈형한 후 거친 콘크리트 표면을 다듬는 마감 공정이다.

■ 관리 방안

- 산화규소 분진에 대한 유해성 및 보호구 착용 방법에 대한 교육을 실시하고 폐기능검사, 흉부방사선검사를 포함하는 특수건강진단을 실시한다.
- 콘크리트 그라인딩에 적합한 이동식 국소환기 덮개를 설치하면 분진 노출을 5~20배까지 줄일 수 있다.
- 콘크리트를 파쇄할 때는 물분무장치가 부착된 잭 해머를 사용할 경우 분진 노출을 70~90% 정도 줄일 수 있다.
- 핸드그라인더를 사용할 때에는 진동 방지 장갑을 착용하고 그라인더 손잡이에 진동 전달 방지제를 부착한다.

방수공사

방수는 지붕, 벽체, 바닥 등 건물 내부로 침투하는 물이나 습기를 막는 것을 말한다. 따라서 물이나 습기에 대하여 저항이 강한 재료를 사용, 구조물에 작용하는 수압으로 인한 물의 침투, 온도 변화에 의한 습기 등으로부터 보호하는 공사로 액체방수공사, 아스팔트 방수공사, 우레탄 방수공사, 에폭시 방수공사 등으로 나누어 볼 수 있다.

방수 작업 시 발생하는 아스팔트흙은 급성적으로 호흡기계 자극과 점막 이상, 피부 자극, 발진, 위장계 통증, 식욕 감퇴, 두통, 피로 등을 유발하며, 만성적으로 노출될 경우

위암을 유발하는 것으로 알려져 있고, 우레탄과 에폭시 계열은 피부염을, 우레탄 수지는 천식 유발 위험이 높다.

■ 관리 방안

- 아스팔트 방수 작업 시는 아스팔트흙이 적은 재료로 대체하고, 아스팔트 가열용기로부터 근로자가 멀리 떨어져 작업하도록 한다.
- 아스팔트 가열용기에 덮개를 설치하고 가열 시 적정 온도를 유지한다.
- 고온용 안전화, 호흡용 보호구를 지급하고, 고온 작업 이므로 적절한 휴식시간을 배분하여 제공한다.
- 에폭시 및 우레탄 방수의 경우는 유기용제 함량이 낮은 제품으로 대체하고, 실내 작업인 경우에는 전체 환기를 실시한다.

마치며

아파트 등 일반 건축물 건설 현장에서는 작업의 종류와 공정에 따라 다양한 유해인자가 존재하는 것으로 확인되었다. 그런데 옥외에서 이루어지는 작업이 대부분이고 지속적으로 작업이 이루어지는 경우도 많지 않은 특성 때문에 제조업에 비해 상대적으로 근로자의 노출 위험은 적은 편이다. 다만, 작업과

근로자의 직종에 따라 소음이나 진동과 같은 물리적 인자에 노출될 위험이 높을 우려가 있다. 그리고 화학적 인자로는 특히 분진에 대한 노출 가능성이 상대적으로 높게 나타났으며, 화학물질의 사용도 증대하고 있다. 야외 작업의 특성상 쏘쓰가무시병 등 생물학적 인자에 대한 노출 우려도 존재하였다. 따라서 이 분야에 대한 지속적인 연구가 요망된다고 할 수 있다. 🌸



산업안전보건연구원에서는 건설업 보건관리의 체계적 운영과 작업성질환 예방에 기여하고자 일반 건축물에 대한 작업 내용을 분석하고 노출 유해인자와 관리방안을 연구하였다.

토목공사 근로자의 공종별 작업환경 유해요인



김갑배 차장
산업안전보건연구원
작업건강연구센터

들어가며

산업안전보건연구원에서는 건설업의 보건관리를 체계적으로 운영하고 직업성질환 예방에 기여하고자 '건설업에 적용 가능한 보건관리 매뉴얼'이라는 주제로 연구 과제를 선정하여 2011년 일반 건축물공사에 대한 연구를 실시한데 이어 2012년 토목공사 작업 내용을 분석하고 노출 유해인자와 관리 방안을 연구하였다.

일반 건축공사 현장은 거의 옥외 작업으로 이루어지나, 도로·교량·지하철공사 등의 토목공사 현장은 부분적으로 터널 작업을 포함한다. 또한 한정된 공간에서 작업을 함으로써 작업 시 발생하는 화학물질, 분진, 소음 등의 근로자들에 대한 영향이 옥외 작업장에 비해 높을 수 있다. 반면, 작업 현장에 대한 접근성 등의 제한으로 유해요인 파악 등 관련 연구가 쉽지 않은 편이다. 유해요인 파악을 위하여 공종별 유해요인 파악 후 공종별로 1~3개 소의 현장을 직접 방문하여 현장조사 및 관리자 면담을 통해 유해요인을 확인하였다.

본고에서는 도로공사, 철도공사, 지하철공사 등의 토목공사 현장을 대상으로 공사 현장을 케이스 작업, 터널 굴착 작업, 포설 및 다짐 작업 등 15개의 단위 공종별로 분류하여 주요 공종별 유해인자를 파악한 뒤 관리 방안을 제시하였다

케이스 작업

케이스(caisson) 작업은 교량의 기초, 해양구조물의 안벽(해안에 설치하는 콘크리트 벽체) 등을 설치하기 위한 대형 콘크리트 구조물 제작 작업으로 케이스 제작, 케이스 운반 및 거치, 케이스 속채움의 단위 작업으로 구성된다. 케이스 작업에서는 케이스 제작 시 발생하는 소음과 케이스 운반 및 거치 작업 시 잠수부들에게 발생할 수 있는 이상 기압에 의한 장애 및 케이스 내 속채움 작업 시 속채움용 사석으로 인한 소음과 분진에 노출될 위험이 있다

■ 관리 방안

- 잠수기, 송기관, 호흡용 공기통, 압력계 등을 잠수 작업 전 점검하고, 잠수 작업자와 연락을 담당하는 감시인을 배치한다.
- 방음보호구(귀덮개 등)를 착용하고 소음에 대한 주기적인 특수검감검진을 통해 청력 손실을 감시한다.

“

건설 현장에서 일반 건축공사 현장은 대부분 옥외 작업으로 이루어지나, 도로·교량·지하철공사 등의 토목공사 현장은 부분적으로 터널 작업을 포함한다. 또한 한정된 공간에서 작업을 함으로써 작업 시 발생하는 여러 가지 화학물질, 분진, 소음 등의 근로자들에 대한 영향이 옥외 작업장에 비해 높을 수 있다.

반면, 작업 현장에 대한 접근성 등의 제한으로 효율적인 유해요인의 파악과 관리 등이 쉽지 않은 제한점을 지니고 있다.”

• 방진마스크를 착용하고 고농도의 분진 발생 시는 물을 뿌리는 등 습식으로 작업한다.

긴 바지의 보호복을 착용한다. 그리고 소매는 장갑 안으로, 바지단은 부츠 안으로 넣고 충분한 높이의 방수 부츠를 신는다.

강교 설치 작업

강교 설치 작업은 교량의 상부구조를 볼트, 리벳, 용접 등으로 강부재를 박스 또는 트러스 구조로 연결하여 설치하는 작업인데 굴착 부재 반입, 운반, 인양, 조립, 슬라브 시공의 단위 작업으로 구성된다.

강교 설치 작업에서는 강교 부재 조립 시 소음 및 도장 작업 시 유기용제에 노출될 우려가 있다. 콘크리트 공사 과정 중에는 젖은 콘크리트를 이용하여 타설하기 때문에 먼지 발생은 거의 없으나 콘크리트 내에 함유되어 있는 6가크롬 성분에 의해 젖은 콘크리트가 피부에 접촉될 경우 강알칼리성에 의한 자극성 피부염과 알레르기성 접촉성 피부염을 유발하게 된다.

■ 관리 방안

- 도장작업 시 취급 화학물질의 물질 안전보건자료를 확보하여 함유물질의 성분을 확인하고 물질에 적합한 방독마스크를 지급·착용케 한다.
- 젖은 콘크리트에 노출되지 않도록 알칼리 저항성 보호장갑 및 긴 팔과

PSC 교량 작업

PSC(Prestressed Concrete) 교량 작업이란 PSC 거더를 지상에서 제작한 후 교각에 인양, 거치하여 상부구조를 형성시키는 작업이다. 이는 PSC 거더 제작, 거더 인양 및 상차, 거더 운반, 거더 인양 및 거치, Cross Beam 설치, 슬라브 시공의 단위 작업으로 구성된다.

PSC 교량 작업에서는 PSC 거더 제작 및 Cross Beam 시공중 휴대용 장비(목재가공용 둥근 톱 등) 등의



PSC(Prestressed Concrete) 교량 작업이란 PSC 거더를 지상에서 제작한 후 교각에 인양, 거치하여 상부구조를 형성시키는 작업이다.

〈표〉 토목공사 작업 공종별 유해요인 및 발생 가능 직업성질환

공종	단위 작업	작업 내용	유해요인	노출 가능 질병
케이스 작업	케이스 제작, 운반, 거치, 케이스 내 속채움	케이스 거치장소에서 수중사석 고르기 작업 거치된 케이스 내부를 사석을 이용하여 채움	철근 작업 중 소음, 용접흄 수중 사석 고르기 작업 중 이상 기압	소음성 난청, 용접공폐증, 잠함병
강교 설치 작업	강교 슬라브 시공	데크 플레이트 설치를 위한 철근 작업 펌프카를 이용한 콘크리트 타설	도장작업 시 유기화합물 소음, 용접흄 젖은 콘크리트(6가크롬 성분)	호흡기질환, 신경장해, 피부질환, 소음성 난청, 용접공폐증, 접촉성 피부염
PSC 교량 작업	Cross Beam 설치 슬라브 시공	목재가공용 동근 톱, 용접기를 사용하여 Beam 설치 펌프카로 콘크리트를 타설하여 슬라브 시공	배기가스(Diesel Exhaust) 국소진동, 소음, 용접흄 콘크리트	호흡기질환, 레이노드 현상, 소음성 난청, 접촉성 피부염
가체절 작업	흙막이 시공	항타기, 항발기를 이용한 파일작업 버팀보 등 설치를 위한 용접 작업, 토사 하역 작업	충격소음 용접흄, 분진, 산화규소 분진	소음성 난청, 용접공폐증, 규폐증
그라우팅 작업	천공 및 그라우팅 시공	천공 장비를 이용하여 땅에 구멍을 뚫고 시멘트 등의 그라우팅재 주입	소음 시멘트(6가크롬)	소음성 난청, 접촉성 피부염
수직구 작업	보강, 굴착, 토사 반출 흙막이보강 시공	시멘트 약액을 주입하여 지반 보강 후 굴착 토류벽 및 가설받침대 설치	소음, 분진, 산화규소 분진 용접흄, 배기가스	소음성 난청, 규폐증, 용접공폐증, 호흡기질환
포장 작업	포장 시공	아스팔트 포설 후 롤러를 이용하여 다짐 콘크리트 깔고 페이버로 표면 마무리	콘크리트, 아스팔트흄 고열	접촉성 피부염, 호흡기 자극, 열사병
포설 및 다짐 작업	포설 및 다짐	보조가충 형성 위해 자갈 및 토사 포설 그레이더 등을 이용하여 노상 성토 및 다짐	소음, 분진 배기가스	소음, 규폐증, 호흡기 자극
터널 굴착 작업	천공, 장약, 발파 및 버력 처리	굴착작업 폭약과 뇌관을 폭파시켜 암석을 파쇄	폭발소음, 암석 파쇄(브레이크) 소음 산화규소(Silica) 분진	소음성 난청, 규폐증
터널 보강 작업	강지보, 슛크리트, 락볼트 및 특수보강 작업	강지보, 락볼트 작업으로 터널 보강 Shotcrete를 분사하여 터널 보강	시멘트(6가크롬), 모르타르 소음, 국소진동	접촉성 피부염, 소음성 난청, 레이노드 현상
갱구부 작업	벌목 및 표토 제거 갱구부 보강	초기 갱구부 형성을 위한 벌목 작업 및 표토 제거 갱구부 보강을 위한 천공 작업 및 그라우팅 작업	소음, 국소진동 시멘트(6가크롬)	소음성 난청, 레이노드 현상 접촉성 피부염
터널 방수 작업	방수 시트 설치	그라인더로 슛크리트 면 정리 타정총으로 란델 설치	소음 국소진동	소음성 난청, 레이노드 현상
특수 터널 작업	TBM, SHIELD	장비 조립을 위한 용접 굴진 장비를 이용한 터널 굴진	소음, 분진, 용접흄	소음성 난청, 용접공폐증
라이닝 거푸집 작업	라이닝 거푸집 설치 및 해체	라이닝 거푸집 표면 그라인딩 또는 샌드블라스트 작업 목재가공용 동근 톱을 이용한 측면 홈 가공	근골격계 부담작업, 소음, 국소진동, 분진	근골격계질환, 소음성 난청, 레이노드 현상
슬립폼(슬라이딩폼) 작업	슬립폼 제작 후 콘크리트 타설 및 슬립폼 해체	유압잭으로 지지하면서 연속적으로 철근 조립 및 콘크리트 타설을 반복하여 거푸집을 상향으로 인양	소음, 국소진동, 콘크리트	소음성 난청, 레이노드 현상, 접촉성 피부염

소음에 노출되며, 슬라브 시공 및 PSC 거더 제작 시 콘크리트에 노출된다.

■ 관리 방안

- 젖은 콘크리트는 강알칼리성을 띠기 때문에 노출에 따른 피부질환을 예방하기 위하여 알칼리 저항성 보호장갑 및 긴 팔과 긴 바지의 보호복을 착용한다.

가체절 작업

가체절 작업이란 댐 공사 등 수상구조물 작업 시에 본 구조물의 육상 작업을 위하여 일시로 가체절에 의한 물막이 작업을 실시하는 것을 말하며, 가체절(물막이) 장비 반입, 흙막이 시공의 단위 작업으로 구성된다.

가체절 작업에서는 천공 작업에서 발생하는 소음, 진동 및 덤프트럭 토사 하역 작업 시 분진 비산 및 버팀보 등 설치 작업에 따른 용접흠에 노출된다.

■ 관리 방안

- 용접 작업 시 보안면, 보안경, 1급 방진마스크를 지급 및 착용하고 옥외 작업 시 바람을 등지거나 팬을 이용하여 흠을 호흡기 반대 방향으로 불어 노출을 최소화 한다.
- 천공 작업 시 최소한의 진동만 발생시키는 인간공학적 장비를 선정하고, 전신 진동을 저감시키는 의자 등의 보조장비 사용 및 방음보호구(귀덮개 등)를 착용하며, 적절한 휴식시간을 배분한다.

그라우팅 작업

그라우팅(grouting) 작업이란 지반의 역학적 성질을 개량하여 물의 침투를 방지하거나 지반의 지지력을 강화할 목적으로 지반에 주입재, 침투재를 주입하는 작업이며, 그

라우팅 장비 및 자재 반입, 천공 및 그라우팅 시공의 단위 작업으로 구성된다.

그라우팅재 주입을 위한 천공 작업 시 소음에 노출된다. 물의 침투를 방지하거나 지반의 지지력을 강화하기 위한 그라우팅재의 종류는 시멘트계, 철분질계(鐵粉質系), 아스팔트계, 약액(藥液) 그라우트(케미컬그라우트) 등이 있다. 그라우팅 작업 시에는 근로자가 시멘트 및 화학물 질에 노출된다.

■ 관리 방안

- 시멘트 취급 작업 시에는 알칼리 저항성 보호장갑을 착용하고, 시멘트에 피부가 노출된 경우에는 가능한 빨리 차가운 물에 씻는다.
- 천공 작업 시 방음보호구(귀덮개 등)를 지급 · 착용한다.

수직구 작업

수직구 작업은 터널 굴착 작업에서 터널 환기 시설, 지하 터널과 수직 연결 통로 설치 등을 위해 지반을 수직 굴착하는 작업으로 보강, 굴착, 토사 반출, 흙막이 지보공 시공의 단위 작업으로 구성된다.

수직구 작업에서는 보링기를 이용하여 구멍을 뚫는 작업, 흙막이 지보공 설치 및 해체 작업 시 소음에 노출될



그라우팅 작업은 그라우팅 장비 및 자재 반입, 천공 및 그라우팅 시공의 단위 작업으로 구성된다.

우려가 있으며, 토사 반출 작업에서는 분진 비산 발생 가능성이 있다. 그리고 흙막이 지보공 시공 시 가설받침 대(띠장, 버팀보, 앵글)를 설치할 때는 용접흠에 노출될 우려가 있다.

■ 관리 방안

- 소음 발생 작업 시 방음보호구(귀덮개 등)를, 토사 반출 작업 시 방진마스크, 용접 작업 시 보안면, 보안경, 1급 방진마스크 등 적절한 보호구를 지급·착용한다.

포장 작업

포장 작업이란 도로 등과 같이 차량의 교통 하중을 직접 받는 아스팔트, 콘크리트 등으로 도로 표면에 포설하여 포장층을 형성하는 작업을 말하며, 장비 반입, 포장 시공의 단위 작업으로 구성된다.

콘크리트 포장 시공 시에는 젖은 콘크리트를 이용하여 타설하기 때문에 먼지 발생은 거의 없으나 콘크리트 내에 함유되어 있는 6가크롬 성분에 의해 젖은 콘크리트가 피부에 접촉할 경우 강알칼리성에 의한 자극성 피부염과 알레르기성 접촉성 피부염을 유발하게 된다. 아스팔트 포장 시공 시 발생하는 아스팔트흠은 급성적으로 호흡기계 자극과 점막 이상, 피부 자극, 발진, 위장계 통증, 식욕 감퇴, 두통, 피로 등을 유발하며, 만성적으로 노출될 경우에는 위암을 유발하는 것으로 알려져 있다. 또한 아스팔트의 고열에 근로자 노출이 우려된다.

■ 관리 방안

- 콘크리트 포장 시공 시 알칼리 저항성 보호장갑 및 긴팔과 긴바지의 보호복을 착용한다.
- 아스팔트흠이 적게 발생하는 재료로 대체하고 호흡용 보호구를 제공 및 착용한다.
- 고온 작업이므로 고온용 안전화를 제공하고 적절한 휴식시간을 배분한다.

포설 및 다짐 작업

포설 및 다짐 작업은 도로 등을 건설하기 위해 도로면 하부에 자갈, 토사 등 보조기층을 포설하고 다짐하는 작업이다.

포설 및 다짐 시공에서는 도로 보조기층을 형성하기 위하여 트럭으로 운반된 자갈 및 토사 하역 작업 및 굴삭 작업 시 분진에 노출되며, 굴삭기, 그레이더 및 운반 트럭 등에서 소음 및 디젤배기가스(Diesel Exhaust)에 노출될 우려가 있다.

■ 관리 방안

- 차량에서 발생하는 배기 가스는 알데히드류와 다핵방향족 탄화수소 등 폐암, 방광암 발생 물질을 함유하고 있으므로 차량 내부 공기정화 필터를 장착하고 디젤가스 배출구에 여과 장치를 장착 설치하며 저유황 디젤 유(황 함유량 0.05% 이하)를 사용한다.

터널 굴착 작업

터널 굴착 작업이란 터널 단면을 형성하기 위해 폭약에 의한 발파력을 이용하여 계획된 파괴 단면을 형성해서



터널 굴착 작업(점보드릴 작업) 시 암석 비산먼지에 노출될 우려가 있다.

지반 내로 굴진해 나가는 작업을 말하며, 천공, 장약, 발파, 버력 처리의 단위 작업으로 구성된다.

터널 굴착 작업의 발파공사에서는 암석을 파쇄하기 위한 폭발 등 충격 소음 및 암석에 구멍을 뚫는 작업, 깨어진 암석을 모아 외부로 이송하는 과정에서 발생하는 소음에 노출된다. 아울러 암석의 파쇄 과정에서 발생하는 암석 비산먼지(산화규소, SiO_2 함유)에 노출될 우려가 있다.

■ 관리 방안

- 산화규소 분진에 대한 유해성 및 보호구 착용 방법에 대한 교육을 실시하고 폐기능 검사, 흉부방사선 검사를 포함하는 특수건강진단을 실시한다.
- 충격 소음 및 소음 발생 작업 시 방음보호구(귀덮개 등)를 지급·착용한다.

터널 보강 작업

터널 보강 작업은 터널 굴진 과정에서 라이닝 콘크리트 작업이 완료될 때까지 원지반의 이완으로 인한 지지력 저하의 방지 및 안정성 확보를 위하여 와이어메쉬(Wire Mesh), 강지보(Steel Rib), 슛크리트(Shotcrete), 락볼트

(Rock Bolt) 등에 의한 보강 작업을 말한다. 이는 강지보, 슛크리트, 락볼트, 특수 보강 작업으로 구성된다.

터널 보강 작업에서 유해한 인자는 슛크리트 중 함유하고 있는 6가크롬이며, 6가크롬 성분에 의해 젖은 모르타르가 피부에 접촉할 경우 강알칼리성에 의한 자극성 피부염과 알레르기성 접촉성 피부염을 유발하게 된다. 이 외에도 천공 작업 시 소음 및 장시간 동안 반복적인 작업과 고정된 자세로 작업하기 때문에 근골격계질환 발생 위험이 있다.

■ 관리 방안

- 슛크리트 취급 시 알칼리 저항성 보호장갑 및 긴팔과 긴바지의 보호복을 착용한다.
- 근골격계 부담 작업(천공 작업 등)에 대한 유해요인조사를 실시하고 적절한 휴식시간 배분 및 다양한 자세로 작업을 할 수 있도록 작업의 다양성 제공 또는 작업 순환을 실시한다.
- 천공작업 시 방진장갑 및 방음보호구(귀덮개 등)를 지급·착용한다.

갱구부 작업

갱구부 작업이란 터널 굴진 전에 지반이 연약한 갱 입구를 보강하고 터널 작업을 안전하게 하기 위해 터널 입구에 설치하는 터널 형상 구조를 말하는데 벌목 및 표토 제거, 갱구부 보강의 단위 작업으로 구성된다.

갱구부 작업에서는 벌목 및 표토 제거 작업 시 사용하는 절단용 톱 및 굴삭기 등에서 소음, 진동에 노출 우려가 있다. 그리고 갱구부 보강의 그라우팅 작업에서는 시멘트(6가크롬)에 노출될 수 있으며, 천공 작업 시에는 소음에 노출될 우려가 있다.



터널 보강 작업(슛크리트 작업)

■ 관리 방안

- 소음·진동 발생 작업 및 시멘트 취급 시 적절한 보호구를 지급·착용한다.

터널 방수 작업

터널 방수 작업은 방수 시트를 터널 면에 설치해서 터널 면에 방수층을 형성하여 침투수를 배수구로 유도시키는 작업이다.

터널 방수 작업에는 슛크리트 면 정리에 사용하는 그라인더 및 란델 설치를 위해 사용하는 타정총으로 인해 소음 및 국소 진동에 노출될 우려가 있다.

■ 관리 방안

- 국소진동에 의한 장애를 예방하기 위하여 진동방지 장갑을 착용하고 타정총 손잡이에 진동 전달 방지재를 부착한다.
- 타정총 사용 작업 시 방음보호구(귀덮개 등)를 지급·착용한다.

특수 터널 작업

특수 터널 작업은 NATM(New Austrian Tunneling Method) 터널 외에 터널 굴진 장비를 이용한 터널 굴착공법으로, 국내의 대표적인 특수 터널 작업으로는 주로 연약 지반에 적용하는 SHIELD 굴착공법과 암반에 적용하는 TBM(Tunnel Boring machine) 굴착공법이 있다.

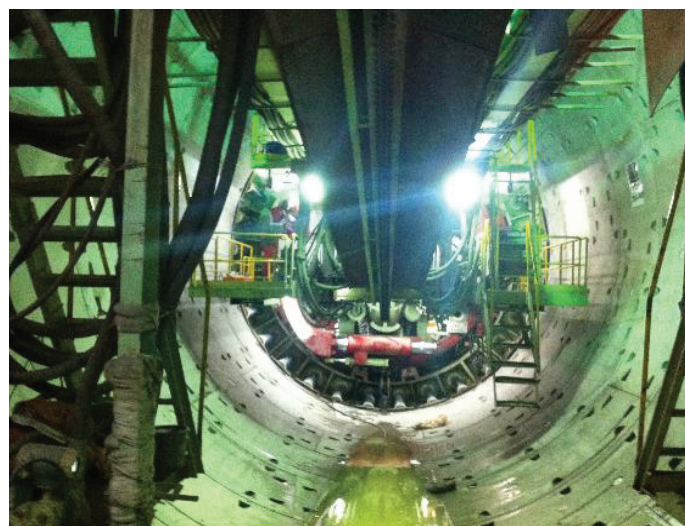
TBM 공법은 커터 헤드의 회전에 의해 암반을 뚫어내는 방식으로 굴착 후 암반 보강이 필요하고 별다른 지지 구

조물은 필요하지 않다. SHIELD 공법은 비교적 무른 토사에 적용하므로 굴착 후 허물어지지 않도록 지지가 필요한데 보통 Precast 콘크리트로 원호상의 단편(segment)을 이어 붙여서 터널 형상을 만드는 공법이다.

TBM 공법 및 SHIELD 공법과 같은 특수 터널 작업에서는 TBM 장비 및 버럭 처리용 운반 장비에서 발생하는 배기 가스 및 소음에 노출될 우려가 있다. 터널 굴진 작업 중에는 버럭 처리 시 분진 노출 우려가 있다.



터널 방수 작업은 방수 시트를 터널 면에 설치해서 터널 면에 방수층을 형성하여 침투수를 배수구로 유도시키는 작업이다.



특수 터널 작업에서 SHIELD 공법은 주로 연약 지반에 적용된다.

■ 관리 방안

- 소음 발생 작업 시 방음보호구(귀덮개 등)를, 분진 발생 작업 시 방진마스크를 지급·착용한다.

라이닝 거푸집 작업

라이닝(lining) 거푸집은 터널 굴착 완료 후 터널 내부에 라이닝 콘크리트를 타설하기 위하여 설치하는 철제 대형 거푸집을 말한다. 자재 반입, 하역, 라이닝 거푸집 설치, 라이닝 거푸집 해체의 단위 작업으로 구성되며, 거푸집은 제작 후 설치, 해체를 반복적으로 수행한다.

라이닝 거푸집 작업에서는 라이닝 거푸집 표면 그라인딩 작업 및 측면 흙 가공 작업 중 목재 가공용 둥근 톱 작업 시 소음, 국소진동에 노출 우려가 있다.

■ 관리 방안

- 소음·진동 발생 작업 시 적절한 보호구를 지급·착용한다.

슬립폼(슬라이딩폼) 작업

슬립폼 또는 슬라이딩폼 콘크리트 타설 시 시공 조인트

(joint)가 발생하지 않도록 거푸집을 일정한 속도로 상승시키며 콘크리트를 연속적으로 타설하는 공법이다. 연돌 및 교량의 교각 등에 적용되며, 슬립폼 제작, 슬립폼 인양, 슬립폼 해체의 과정을 거치는 작업으로 구성된다.

슬립폼(슬라이딩폼) 작업에서는 슬립폼 제작 및 인양 작업 중 콘크리트 타설 시 콘크리트에 노출된다.

■ 관리 방안

- 시멘트 취급 작업 시에는 알칼리 저항성 보호장갑을 착용하고, 시멘트에 피부가 노출된 경우에는 가능한 빨리 차가운 물에 씻는다.

마치며

토목공사 현장에서는 작업의 종류와 공정에 따라 다양한 유해인자가 존재하는 것으로 확인되었다. 물리적 인자로는 소음, 진동(전신진동, 국소진동), 고열, 자외선 등이 있었으며, 화학적 인자로는 유기용제류, 납 함유 페인트, 시멘트(6가크롬), 콘크리트 분진(산화규소), 산화철 분진, 석면, 목분진, 용접흄, 디젤분진, 아스팔트흄 등이 있었고, 작업 관련성 인자로는 뇌심혈관계질환, 근골격계 질환, 생물학적 인자로는 세균, 바이러스 그리고 밀폐 공간 작업에 따른 질식재해의 위험이 있었다.

본 연구결과를 통해 건설 현장 보건관리에 대한 정부, 사업주, 안전관리자, 근로자들의 관심을 유도하고, 토목공사 현장 각 공중별로 근로자들에게 노출될 수 있는 유해요인의 정확한 파악과 이를 통한 적절한 관리 방안의 적용에 의해 건설 현장 종사 근로자의 직업병 예방에 기여하고자 한다. 🌱



산업안전보건연구원에서는 2012년 토목공사 작업 내용을 분석하고 노출 유해인자와 관리 방안을 연구하였다.

청력 보존문화의 변화 단계와 소음 감소 프로그램의 실행

- 한 사업장의 40년 청력 보존 관련 활동을 통한 고찰

소음 사업장에서 '소음 감소'라는 실질적인 문제 해결의 과정을 한 사업장의 40년 청력 보존문화의 역사적 분석을 통해 살펴보았다. 사업장에서 보건관리자를 거쳐 EHS 팀장 등 안전보건 관련 업무를 20년 가까이 지속하면서 필자는 '사업장에서 작업자의 건강 보호를 위해 유해요인의 감소라는 근본적인 변화를 어떻게 이룰 수 있을까?' 하는 질문의 답을 찾기에 몰두하였다. 필자가 15년 근무했던 다국적 기업의 반도체 조립 테스트 공장에서 가장 주된 건강 유해요인은 '소음'이었던 이유로, 소음에 관한 연구를 통해 이 질문에 대한 의견을 제시하고자 한다.



박미진 박사
(주)두산 사업부문 부장

들어가는 말

산업안전보건법의 시행에 의해 측정과 검진이 실시되었지만, 이것이 소음 감소에 기여하지는 못했다. 또한 청력 보존 프로그램에 대한 미국 본사의 감사(audit)를 통해 작업자들의 청력 보호구 착용이 강조되고, 임직원의 소음과 청력 보존의 중요성에 대한 인식을 어느 정도 자각시킬 수는 있었지만, 근본 원인 제거인 소음 감소에 직접적으로 기여하지는 못했다. 그리고 사업장에서 행해지는 산업보건활동에 법이나 정책이 매우 중요한 역할을 했지만, 그것은 법의 실질적인 감독이 있는 부분에 한정되었다.

복잡한 소음원의 제거는 각 생산 라인의 장비 전문가들의 Action Learning 활동에 의해 비용편익적으로 가능하였으며, 이러한 전사적인 활동이 가능하였던 것은 청력 손실자의 증가가 미래 회사에 미칠 악영향에

대한 강조와 그 대안 제시가 계기를 만들었기 때문이다. 이러한 과정은 소음과 청력 보존에 대한 임직원의 생각과 태도, 행동이 변하는 문화 변화의 과정으로 설명될 수 있다.

향후 법에 의한 감독은 소음 감소와 청력 보존에 대한 생각, 태도, 행동을 변화시킬 수 있는 동기 부여가 가능하여야 하며 소음 감소를 위한 회사의 실질적인 정책이 이루어지도록 하는 데 집중할 필요가 있다. 산업보건 전문가 역시 소음 감소를 위한 실질적인 노력에 기여할 수 있도록 측정과 검진 그 자체보다 그 자료의 해석을 바탕으로 소음 예방이 가능한 자각과 훈련을 시행하고, 그 소음의 지속적인 노출이 회사에 미칠 영향을 경영층에 설명하여 소음 감소 프로그램을 실시하도록 유도하는 역량 배양에 주력해야 한다.

사업장에서 보건관리자를 거쳐 EHS 팀장 등 안전보건 관련 업무를 20년 가까이 지속하면서 필자는 '사업장에

서 작업자의 건강 보호를 위해 유해요인의 감소라는 근본적인 변화를 어떻게 이룰 수 있을까? 하는 질문의 답을 찾기에 몰두하였다. 필자가 15년 근무했던 다국적 기업의 반도체 조립 테스트 공장에서 가장 주된 건강 유해요인은 ‘소음’이었던 이유로, 소음에 관한 연구를 통해 이 질문에 대한 의견을 제시하고자 한다.

이 공장의 과거 자료 그리고 직접 실행했던 프로그램의 내용과 성과를 통한 관찰과 분석으로 청력 보존문화의 단계를 5단계로 구분할 수 있었다. 본 연구에서 청력 보존문화라고 칭한 것은 조직문화 및 안전문화 개념을 청력 보존에 응용했기 때문이다.

문화란 그 조직을 특징짓는 공유된 가치와 신념을 뜻하며, 안전문화는 안전에 관한 개인과 그룹의 가치, 태도, 자각, 역량, 그리고 반복된 행동 패턴을 말한다(HSC, 1993). 즉, 조직 내 사람들이 안전을 행할 때 어떤 생각을 하고, 어떤 태도로, 어떻게 행동하는지를 뜻하는 것이다(HSE, 2005). 청력 보존문화란 소음과 청력 보존에 대한 사람들의 생각과 태도와 행동을 의미하는데 이러한 청력 보존문화를 변화시키고자 했던 노력의 결과를 통해 산업보건의 방향성에 시사점을 제공하고자 한다.

연구 대상 사업장의 청력 보존문화의 변화 단계 기술 : 횡단면과 종단면 서술 방법 및 연구결과

다국적기업의 한 반도체 조립 테스트 공장의 1967년에서 2009년까지 청력 보존문화를 고찰하였다.

소음과 청력 보존문화와 관련하여 본 연구가 횡단면으로 서술하는 주요 항목은 네 가지(3W1H)이다. 첫째, 소음 및 청력 보존과 관련하여 무슨 프로그램이 있었는지(What), 둘째, 그러한 프로그램이 시행된 계기가 어떠했는지(How), 셋째, 그 활동에 주요한 역할을 한 사람이 누구인지(Who), 넷째, 그러한 활동의 내면에 있는 소

음에 대한 위험 인식이 어떠했는지(Why)이다. 본 연구에서 위험 인식은 청력 손실예방에 대해 각 시기마다 공유된 가치와 신념을 보다 구체적으로 표현한 것이라 할 수 있다. 이러한 위험 인식은 실제 사람들이 그 유해요소를 어떻게 느끼느냐를 의미하며, 안전문화의 세 가지 측면 중 심리학적인 측면으로 조직의 안전 분위기(safety climate)의 일부로 묘사될 수도 있다(Cooper, 2000; HSE, 2005).

변화의 종단면에 대한 분석은 Schein의 변화 3단계인 ‘unfreezing(해빙) - change(변화) - refreezing(재결빙)’을 기본으로 해빙 전 2단계가 추가되어 총 5단계로 구분할 수 있다. 고전적 조직문화 방법은 흔히 변화 이전의 모습을 변화 이후의 바람직한 모습과 대비하곤 했다(Wilkins & Patterson, 1985). 이를 본 연구의 주제에 적용하면, 변화 이전의 모습은 청력 손실을 일으킬 수 있는 소음이 감소되지 않은 상태이다. 변화 이후 바람직한 모습은 소음이 감소되어, 소음성 난청 예방이 가능한 상태로 지속적으로 저소음이 유지될 수 있는 상태라고 할 수 있다.

제1단계: 유해요인 인식과 프로그램의 부재 단계 (1967~1986)

이 단계에는 회사 내 산업보건 프로그램이 실시되지



청력 보존문화란 소음과 청력 보존에 대한 사람들의 생각과 태도와 행동을 의미한다.



그동안 국내 대부분의 사업장에서는 청력 보존에 대한 인식이 없었으며, 이를 위한 스킬이나 보호구의 교육 또한 적절하지 않아 보호구가 소개는 되었으나 착용 의무 홍보나 교육은 없었다.

않았으며, 소음과 청력 보존에 관한 어떤 활동 기록도 없었다.

제2단계: 기술적 프로그램 단계(1987~1992) - 해빙 전 단계

제2단계는 1981년 12월에 제정된 산업안전보건법이 실제 사업장에서 실행된 결과(How)로서 이 사업장에서 소음에 대한 측정과 청력 검진이 진행(What)된 기간이다.

청력 보존에 대한 인식이 없었으며, 이를 위한 스킬이나 보호구의 교육 또한 적절하지 않아 보호구가 소개는 되었으나 착용 의무 홍보나 교육은 없었다. 측정과 검진은 외부 기관에 의해 진행되었으며, 내부 담당자(Who)는 측정과 검진을 진행하도록 하고, 당시 노동부에 보고서를 보내는 역할만을 하였다. 이 당시 의사와 간호사는 사내에 있었으나 작업장 노출과 제어 그리고 그로 인한 예방 활동은 하지 않았으며 일반 진료 업무만을 진행하였다.

산업안전보건법의 실행은 사업장에 측정과 검진을 하게 하는 중요한 계기가 되었다. 하지만 이것이 근로자 보호를 위한 조치임에도 불구하고, 근로자를 보호하기

위한 실질적인 조치(소음 감소 또는 최소한 보호구의 의무 착용, 그를 위한 자각과 훈련)는 진행되지 않았다. 측정의 경우도 도시메타에 의한 시간가중평균이 측정되지 않아 이후의 자료와 비교하는 것에 한계가 있었으며, 대상자 선정이나 검진 과정에 대한 일관성이 없어 자료로서 사용하기에 한계가 있었다.

이 시기에 근무했던 직원들에 따르면 유해인자로서의 소음에 대한 인식이나 대책의 개념이 없었던 것으로 파악된다. 즉, 소음이 유해성은 있을 수 있겠지만 생산을 위해서는 어쩔 수 없다(위험 인식: Why)는 인식이 공유된 개념이라고 할만하다. 소음 감소의 실현이 변화이고 변화를 위한 전제들이 형성되는 과정이 해빙 단계라고 보았을 때, 이 단계는 소음 감소를 위한 인식이 형성되지 않아 해빙 전 단계라 할 수 있다.

제3단계: 청력 보존 프로그램 시행(1992~1997) - 해빙 단계

이 시기에는 미국 청력 보존 프로그램에서 요구하는 기본 소음 서베이, 소음 모니터링, 청력 보존교육 및 훈련, 청력 보호구 교육 및 착용, 기록관리, 부분적인 소음

향후 법에 의한 감독은 소음 감소와 청력 보존에 대한 생각, 태도, 행동을 변화시킬 수 있는 동기 부여가 가능하여야 하며 소음 감소를 위한 회사의 실질적인 정책이 이루어지도록 하는 데 집중할 필요가 있다. 산업보건 전문가 역시 소음 감소를 위한 실질적인 노력에 기여할 수 있도록 측정과 검진 그 자체보다 그 자료의 해석을 바탕으로 소음 예방이 가능한 자각과 훈련을 시행하고, 그 소음의 지속적인 노출이 회사에 미칠 영향을 경영층에 설명하여 소음 감소 프로그램을 실시하도록 유도하는 역량 배양에 주력해야 한다.

조절 그리고 청력검사(What)가 시행되었다. 이것은 이 회사의 미국 본사에서 미국법에 의한 청력 보존 프로그램과 체크리스트를 제시하고 담당자를 훈련시킨 후 시행결과에 대한 구체적인 감사를 실시하였기에 가능하였다(How).

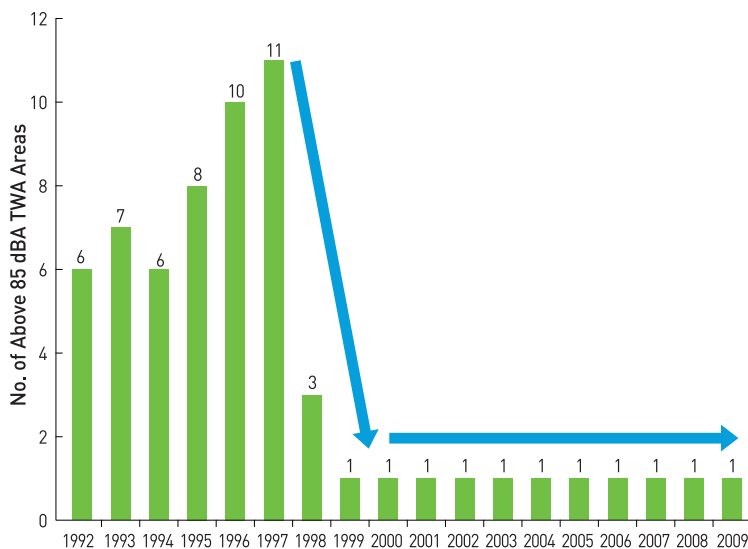
청력 보존 프로그램의 운영은 산업위생 대학원 과정을 전공하고 미국 본사에서 직접 훈련을 받은 산업위생 담당자에 의해 이루어졌다(Who). 그 결과, 경영진 및 작업자들이 소음에 대한 유해성, 청력 손실예방의 필요성 및 청력 보호구의 중요성을 알게 되었다. 하지만 소음 감소

지역은 개선되지 않았으며, 보다 체계적인 소음 측정과 검진으로 소음지역이 늘어나고[그림], 그에 따른 청력 보존지역에서 근무하는 사원의 수도 증가하였다. 이 시기에는 소음 노출은 관리될 필요가 있다는 공유된 인식(위험 인식: Why)은 있었으나, 아직 소음이 적극적으로 감소되어야 할 대상으로 여겨지지 않았다.

제4단계: 소음 감소 Task Force Team 활동 (1998~1999) - 변화 단계

이 시기에는 산업위생 담당자가 주도하여 외부 소음 감소 전문가와 함께 소음지역이 있는 각 부서의 중간관리자들로 구성된 소음집중감소팀(task force team)을 만들어 소음 감소활동을 시행하였다(What). 이 활동을 통해 소음원 255곳이 식별되었고, 작업 현실성, 편의성, 경제적 실현 가능성에 따라 149개 조치가 취해졌다. 일부 협업을 제외한 대부분의 조치들은 공학적 계산이 필요 없는 기본 대책을 응용하는 것을 통해 이루어졌으며, 생산 라인의 소음지역 수가 10곳에서 3곳으로 70% 감소하는 성과를 이루었다[그림]. 이 단계에서 회사의 소음 감소활동이 활발하게 이루어진 이유(How)는 외부적인 것이 아니라 내부적인 것이었다.

구체적으로 세 가지를 이야기할 수 있는데, 첫째, 제3 단계에서 이루어진 본사 경영방침에 따른 회사 내 전반적인 산업보건에 대한 인식 증진, 둘째, 소음과 청력 손실이 미래의 회사에 부담이 될 것이라는 위기의식 전파, 셋째, 그 대안으로서 소음감소집중팀을 통해 라인 정비 및 생산 관리자들이 소음 개선활동을 실행해야 한다는 공감대 형성이었다. 이러한 세 가지 노력은 이 시기 유해요인 개선을 위한 산업위생가의 중요한 활동이었고, 이것을 토대로 소음집중감소팀을 구성하고 운영할 수 있었다. 소음감소팀의 참가자들은 소음을 조절되어야 할 대상으로 여기게 되었으며, 실제로 조절될 수



[그림] 대상 사업장의 소음지역(시간 가중 평균 85dBA) 수(1992~2009)

있다는 개념(위험 인식: Why)을 공유하고 실현하였다. 이 단계는 실질적인 소음 감소가 이루어진 ‘변화 단계’라 이야기할 수 있다.

제5단계: 장비 구입 시 저 소음 정책 실현(2000년~ 현재 - 재결빙 단계)

이 시기에는 장비 구입 시 구매 요청 단계에서부터 장비의 소음 수준이 배경 소음 70dBA 미만일 때, 소음원에서 50cm 떨어진 곳에서 80dBA 미만을 유지할 수 있도록 제작될 것이 요구되었다. 기계가 만들어지고, 회사에 도입되기 전에 소음 수준이 측정되었고, 실제 장비가 운행되기 직전에도 소음 수준이 확인되었다(What).

제4단계에서 소음 감소활동을 통해 기계가 라인에 들어 온 후 소음을 감소시키는 일이 가능하기는 하나 번거로운 일이라는 것을 알게 되어 사전에 소음이 낮은 기계를 도입하는 것의 필요성을 공감(How)하게 되었으며, 엔지니어나 정비사는 이러한 활동에 대한 순응도가 높았다. 이 시기의 관계자들은 소음을 예방하여야 할 유해요인으로 인식하고 있었다(위험 인식: Why).

고찰

우리나라의 작업환경 측정률은 97%(노동부, 2010)가 넘고 특수건강검진 실시율도 99%(고용노동부, 2011)로 대부분의 사업장은 본 연구 대상 사업장의 제2단계에서와 같은 측정과 검진 활동을 하고 있다.

우리나라 작업환경 측정결과와 노출 기준 초과 사업장의 97%가 소음이지만, 노출 공정에서 방음, 격리, 밀폐 등의 소음 방지 대책 실시 건수는 2009년 상반기의 예를 보면 초과 공정 7만 2,032건의 3.3%인 243건에 불과하여 소음 조절에 대한 근본적인

우리나라의 작업환경 측정률은 97%(노동부, 2010)가 넘고 특수건강검진 실시율도 99%(고용노동부, 2011)로 대부분의 사업장은 본 연구 대상 사업장의 제2단계에서와 같은 측정과 검진 활동을 하고 있다. 우리나라 작업환경 측정결과와 노출기준 초과 사업장의 97%가 소음이지만, 노출 공정에서 방음, 격리, 밀폐 등의 소음 방지 대책 실시 건수는 2009년 상반기의 예를 보면 초과 공정 7만 2,032건의 3.3%인 243건에 불과하여 소음 조절에 대한 근본적인 대책은 매우 미약함을 알 수 있다.

대책은 매우 미약함을 알 수 있다. 즉, 본 연구의 제2단계와 마찬가지로 소음 감소라는 실질적인 변화는 이루어지지 않고 있다.

우리나라는 2003년 청력 보존 프로그램 시행(산업안전보건법 보건 규칙 64조)이 법제화되어 본 연구의 제3단계에 접어들 가능성이 열렸다고 볼 수 있다. 사업장에서 유해요인 감소에 대한 생각과 태도, 행동이 문화화되기 전까지 산업보건 내 활동은 감독기관에서 감독하는 항목에 매우 의존적이다.

예를 들면, 측정과 검진결과를 고용노동부에 보고해야 하는 법적인 행위에 대한 요청 때문에 이의 순응을 위해 사업장에서는 측정과 검진을 수행한다. 이 사업장에서



실질적 소음 감소 조치는 작업장의 경영층이나 관리자가 그 문제를 자신이 해결해야 할 경영상의 문제로 받아들이기 때 가능하다.



청력 보존 프로그램이 원래의 취지에 맞게 잘 시행되고 있는지에 대한 감독과 감사가 없다면 그것이 실질적인 활동으로 진행되고 있다고 확신하기 어렵다.

제3단계인 청력 보존 프로그램이 행해진 것은 미국 본사가 명확한 실행 항목을 제시하고 이를 감사(audit)하였기 때문이었다. 실제 청력 보존 프로그램과 관련한 자료는 1992년 이전에 본사에 의해 제공되었음을 확인할 수 있었지만, 그에 따른 교육이나 보호구에 대한 의무 착용 등의 구체적인 행동은 본사의 감사 이전에는 실행되지 않았다. 따라서 우리나라에서 청력 보존 프로그램이 원래의 취지에 맞게 잘 시행되고 있는지에 대한 감독과 감사가 없다면 그것이 실질적인 활동으로 진행되고 있다고 확신하기 어렵다.

그렇다면 이 연구의 가장 큰 관심사인 실질적인 변화, 즉, ‘소음원의 감소’는 어떠한 계기로 이루어졌는가? 실질적 소음 감소 조치는 작업장의 경영층이나 관리자가 그 문제를 자신이 해결해야 할 경영상의 문제로 받아들일 때 가능하다. 따라서 소음과 같은 유해요인을 개선하자면 경영층이나 관리자가 유해요인 개선에 대한 절박성을 인식할 수 있게 하는 자료와 대안의 제시가 필요하다. 측정과 검진은 구체적인 규제가 따르는 법을 통해서, 교육이나 보호구의 의무는 구체적인 감사가 따르는 정책으로 이루어졌지만, 소음 감소는 생각과 행동과 태도를 바꾸기 위한 자각과 훈련에 더불어 추가의 노력이 요구되었다. 그것은 청력 손실로 인해 회사에 미치게 될 악영향과 그에 관한 대안을 제시하는 것이었고, 결국 라

인의 생산 및 정비 책임자들을 Action Learning과 같이 소음의 이론을 배우면서 자신의 라인에서 실습하는 과정을 통해 소음 감소 업무의 일원으로 스며들게 할 수 있었다. 🌸

참고문헌

- 노동부, 2009년 작업환경 측정결과 분석(2010).
- 고용노동부, 2010년 근로자건강진단 실시결과(2011).
- Cooper, M.D.(2000). Towards a Model of Safety Culture. Safety Science, 36, 111-136.
- United States. Occup Environ Med; 63: 343-51.
- HSC. (1993). ACSNI study group on human factors. 3rd report: Organising for safety. London: HMSO, Health and Safety Commission.
- HSE. (2005). Research report 367. Are view of safety culture and safety climate literature for the development of the safety culture inspection tool kit. Norwich: HMSO, Health and Safety Executive.
- Schein, E. H. (2002). Models and tools for stability and change in human systems. Reflections, 4(2), 34-46.
- Wilkins, A. L., & Patterson, K. J. (1985). "You Can't get the refrom here: What will make culture-change projects fail". in R. H. Kilmann, M. J. saxton, R. serpa & associates(eds). gaining control of the corporate culture. (pp.262-291). SanFrancisco: Jossey-Bass.

노동조합과 회사의 적극적 발암물질관리 사례¹⁾

우리사회는 이제 사업장의 발암물질관리가 필요한지 묻는 단계는 넘어선 것으로 보인다. 어떻게 잘 관리할 것인가 하는 질문이 던져지고 있고, 답을 찾기 위한 노력이 시작되고 있다. 노동환경건강연구소는 발암물질관리 필요성을 가장 앞서 주장한 책임을 지기 위해 성공적 관리 모델 마련을 시도했다. 타타대우상용차 사례는 첫번째로 탄생한 사업장 차원의 노사 공동관리 모델이다. 첫번째임에도 알찬 성과를 거두었다. 우리 연구소의 노력도 있었지만 타타대우상용차 노사의 진심이 없었다면 불가능한 일이었다. 지난 3년의 땀과 결실을 여기 소개한다.



김신범 실장
노동환경건강연구소
화학물질센터

서언

2009년 이후 한국 사회에서는 발암물질관리에 문제가 있다는 분위기가 형성되었다. 이제는 어떻게 해결해 나갈 것인지 모델이 되는 시범적인 사례들이 만들어져야 했다. 그래서 노동환경건강연구소 화학물질센터는 2012년부터 2013년까지 세 가지 형태의 발암물질관리 사례를 만들어 낼 계획을 수립했다.

세 가지 모델이란, 사업장 노사 공동관리 모델과 지역 노사 공동관리 모델 그리고 마지막으로 노동조합이 없는 지역 산단의 관리 모델이다. 먼저, 사업장관리 모델이 타타대우상용차에서 만들어졌다. 타타대우상용차 노사가 ‘발암성 고위험물질관리체계 선진화사업’을 통해 2012년 2월 ‘Toxic Free TATADAEWOO 선언(이하 타타선언)’을 하였고, 1년간 실무회의를 통해 고독성물질 저감이 가능함을 보여준 것이다. 지역의 노사 공동관리 모델은 이제 막 만들어지고 있다. 전국금속노동조합 경주지부와 경주지역 8개 사업장 사업주는 2013년 9월 5일 ‘발암물질 등 고독성물질 저감을 위한 노사합의문(이하 경주합의)’에 사인을 하였다. 앞으로 1년이 더 지나면 경주지역의 공동관리 모델이 소개될 수 있을 것이다. 노동조합이 없는 지역 산단의 관리모델은 사업주들과 지자체 그리고 지역주민의 관계 속에서 공동의 노력 방안을 만들어내는 것으로 현재 울산에서 개발중에 있다.

1) 우리 연구소는 본고를 통하여 사업장 차원에서 발암물질관리를 어떤 시각으로 어떻게 추진하는 것이 좋겠는지 제안할 기회를 갖게 된 것을 기쁘게 생각한다. 물론, 이 두 사례는 모두 노동조합이 있는 사업장, 특히 전국금속노동조합 소속 사업장의 이야기이다. 타타대우상용차는 1,000인 이상 사업장으로 노사 협력적 문화를 가지고 있으며 관리 능력이 있는 사업장이기도 하다. 이것을 명심하고 읽어주시기 바란다. 특수하다면 특수할 수 있는 사업장의 이야기이지만, 사업장의 발암물질관리를 고민하는 분들에게는 조금이나마 참고할 가치가 있을 것이다. 만약, 타타대우상용차 사례를 자세히 알고 싶은 분들은 올해 안전보건연구원의 연구비를 지원받아 수행된 『국내 기업의 CMR 물질관리 및 대체물질 사용 사례 조사연구 보고서』(2014년 공개 예정)를 읽어주시기 바란다.

타타선언이 만들어지기까지, 그리고 그 후 1년

타타선언[자료 1]과 경주합의문[자료 2]은 서로 형식은 다르지만, 작성 목적과 내용에서 매우 유사하다. 둘 다 사업주와 노동자 대표의 적극적 의지 표명을 담았고, 발암물질 등 고독성물질에 대한 관리는 노출관리가 아니라 사용 저감이 우선함을 큰 원칙으로 상정했다. 그렇다면, 이러한 노사 공동 선언은 어떻게 가능했을까? 타타 대우상용차의 사례를 간단히 소개하겠다. 굳이 단계를 구분하자면, 총 3단계로 나눌 수 있다.

1단계는 2010년부터 2011년 5월까지이다. 이 시기는 사업 준비기였다. 2010년 타타대우상용차 노동조합²⁾은 노동환경건강연구소와 함께 발암물질조사를 추진한다. 그리고 그 결과를 안전보건교육시간을 활용해 조합원들에게 보고하였다. 보고서는 회사에게도 전달되었다.

회사의 안전보건팀은 HR(총무)본부에 속해 있었는데, 담당 차장이 이 사안에 관심을 갖고 노동조합과 함께 연구소를 방문하였다. 이후 타타대우상용차 회사는 적극적으로 발암물질관리에 나서는 것이 맞다고 판단하였

고, 2011년 5월부터 '발암성 고위험물질관리체계 선진화 방안연구'를 추진한다. 안전보건팀이 소속된 HR본부에서는 생산팀장들이 모두 참여하는 워크숍을 기획하여 사업의 의미를 공유함으로써, 이 사업이 안전보건팀만의 사업이 아니라 회사 전체가 함께해야 할 사업임을 분명히 하였다. 이 과정에서 회사의 생각은 발암물질 문제를 근본적으로 문제처럼 만들지 말아야 한다는 것이었다. 노사 간의 대립적 주제가 아닌 공동의 노력을 통해 해결할 수 있는 방안을 마련함으로써 불필요한 갈등이 생기지 않도록 하는 것이 회사의 목적이었다.

이제 2단계인 발암물질조사 및 관리 대책 수립 단계로 넘어간다. 2011년 5월 이후 노사는 6개월간 발암물질조사를 함께하면서 전반적인 화학물질관리 실태를 이해하게 되었고, 발암물질 등 고위험물질의 관리에 자신감을 갖게 되었다.

유럽의 REACH에서 구분하는 SVHCs(Substances of Very High Concern) 기준을 적용했을 때, 전체 220여 개 제품 중에서 단 13종의 제품이 고위험 제품으로 구분되었다. 이 제품들 중에서 대체나 함량 제한이 불가능한

[자료 1] 타타선언

Toxic Free TATADAEWOO 선언문

타타대우상용차 노사는 직원, 협력사, 지역 주민, 고객을 화학물질로 인한 위험으로부터 보호하기 위하여 매년 고위험 우려물질(SVHCs)들을 지속적으로 저감해 나갈 것이며 안전한 화학물질을 사용하는 Toxic Free TATADAEWOO를 달성하고자 다음과 같이 선언합니다.

- 타타대우상용차는 임직원들에게 약속합니다.
일하면서 사용하는 화학물질로 인해 암이 발생되지 않도록 회사는 최선을 다해 유해물질을 줄여나가고 작업환경을 관리하겠습니다.
- 타타대우상용차 회사와 노동조합은 군산시민들에게 약속합니다.
타타대우상용차에서 현재 사용하는 유해물질을 점차 줄여나감으로써 군산의 좋은 환경을 다음 세대에 물려주도록 노사가 최선을 다하겠습니다.
- 타타대우상용차 회사와 노동조합은 고객 여러분들에게 약속합니다.
여러분이 구입할 차량은 사람과 환경에게 해를 주지 않는 공정에서 생산될 것이며, 먼 훗날 수명을 다해 폐기될 때에도 환경에 부담을 적게 만들 것입니다.
- 타타대우상용차 회사와 노동조합은 약속합니다.
우리 회사에서 고위험 물질을 줄여 나가면서 얻은 모든 노하우를 다른 기업 및 노동조합들과 공유함으로써, 더 많은 기업이 우리와 같은 노력을 할 수 있도록 지원할 것입니다.

[자료 2] 경주합의

발암물질 등 고독성물질 저감을 위한 노사합의문

전국금속노동조합 경주지부와 사용자는 노동자, 지역 주민 및 고객의 건강과 환경을 보호하기 위하여 고독성물질(발암물질, 생식독성물질, 변이원성물질, 환경호르몬, 생체잔류성 / 농축성물질)을 지속적으로 저감해 나갈 것이며, 이를 위하여 다음과 같이 합의한다.

첫째, 화학물질로 인해 암과 생식계통의 피해가 발생되지 않도록 발암물질 등 고독성물질의 사용을 최대한 자제하는 것을 원칙으로 하며, 불가피하게 사용하는 발암물질에 대하여 작업환경을 철저히 관리한다.

둘째, 노사 공동으로 구매금지물질 목록을 작성함으로써 고독성물질의 구입부터 차단할 수 있는 선진적 화학물질관리체계를 구축한다.

셋째, 현재 사용중인 발암물질 등 고독성물질에 대해서는 보다 안전한 대체물질을 찾아 대체를 추진한다.

넷째, 이상의 합의 사항을 추진하기 위해 노사 공동으로 구성된 실무위원회를 운영하기로 하며, 세부적인 운영 방안 및 규정에 대해서는 별도로 협의하기로 한다.

* 전국금속노동조합 경주지부와 경주지역 8개 사업장 사업주가 사인한 '발암물질 등 고독성물질 저감을 위한 노사합의문'

2) 정식 명칭은 '전국금속노동조합 전북지부 타타대우상용차지회'라고 해야 옳지만, 편의상 타타대우상용차 노동조합이라 하겠다.

제품은 단 한 가지밖에 없었다. 그런데 문제가 있었다. 현재의 신규물질 검토(생산기술팀) 및 구매(구매팀) 프로세스를 그냥 둘 경우, 언제 다른 고위험물질이 함유된 제품이 새로이 구매되어 현장에서 사용될지 모르는 상황에 놓여 있었다. 결국, 노사는 고위험물질을 개별적으로 관리하기보다는 블랙리스트를 만들어서 해당물질이 함유된 제품은 구매 단계에서부터 차단하는 방식으로 관리하는 것이 가장 효과적이고 합리적인 방식이라는 인식에 도달했다.

타타대우상용차의 금지 및 사용 제한 물질 목록이 만들어졌고, 이것을 '타타대우리스트'라고 이름 붙였다. 생산팀에서는 이렇게 금지물질 목록을 만드는 것에 대해 생산단가의 상승 등을 이유로 우려를 표하기도 하였지만, 지속적으로 고위험물질을 관리할 수 있는 도구를 만드는 것은 절대적으로 필요한 일이었다. 타타대우리스트를 만들어 발암물질관리를 적극적으로 하자는 경영진의 의지가 확인되었고, 타타대우상용차 노사는 노사대표의 공식적 의지 표명을 추진한다. 이것이 타타선언이다. 안전보건팀에서는 경영진의 약속을 확보함으로써 사업의 지속성을 확보했고, 노동조합은 노사공동선언을 통해 노동조합의 관심과 참여 의지를 보여주었으며 회사의 적극성을 끌어낼 장치를 확보한 것으로 평가했다.

마지막 3단계 사업이 시작되었다. 타타선언이 만들어졌기 때문에 실무는 추진하면 될 일이었다. 노사는 선언 이후 Toxic Free 실무위원회를 구성하여 다시 1년간 발암물질 대체 및 작업환경관리에 나선다. 회의는 한 달에 한 번 열렸다. 이 과정에서 안전보건팀과 노동조합 외에 구매팀과 생산기술팀이 중요한 역할을 수행하였다.

구매팀에서는 타타대우리스트에 오른 고위험물질이 없는 제품을 찾는 역할을 수행하였고, 생산기술팀은 신규물질 테스트 단계에서부터 MSDS가 확보되고 독성이 평가될 수 있도록 협조하였다. 그 결과, 다수의 유해 제품이 사용 중단 또는 대체되었으며, 대체가 불가능한 발암물질은 현장의 공기 중 농도를 저감시켜 위험도를 감소시켰다. 그리고 마지막으로 구매 시스템과 안전보건

타타대우상용차 회사는 적극적으로 발암물질관리에 나서는 것이 맞다고 판단하였고, 2011년 5월부터 '발암성 고위험물질관리체계 선진화 방안연구'를 추진한다. 안전보건팀이 소속된 HR본부에서는 생산팀장들이 모두 참여하는 워크숍을 기획하여 사업의 의미를 공유함으로써, 이 사업이 안전보건팀만의 사업이 아니라 회사 전체가 함께해야 할 사업임을 분명히 하였다. 이 과정에서 회사의 생각은 발암물질 문제를 근골격계 문제처럼 만들지 말아야 한다는 것이었다.

시스템을 통합하는 화학물질 구매 및 관리 프로세스를 구축하였다.

성공의 열쇠

타타대우상용차는 1,000인 이상 사업장으로서 사업장의 안전보건관리 능력이 평균 수준 이상이였다. 경영진과 노무관리 조직은 안전보건 분야의 가치를 이해하고 있었고, 노동조합과 함께 대화로 문제를 해결해야 한다는 입장을 견지하였다. 노동조합은 문제 제기만 하는 것이 아니라 좋은 대안을 사업장에 정착시키기 위해 합리적 태도를 견지하였다. 이러한 특수성을 감안하여 타타대우상용차의 발암물질관리가 성공한 원인을 정리하면 다음과 같다.

노사 공동 노력의 전제조건

회사의 관리자들은 발암물질이 노사 간에 큰 갈등의 제로 부상할 가능성이 있다고 보았다. 발암물질이 혹여나 제2의 근골격계질환이 되지는 않을까 우려하였다. 그래서 발암물질을 사용해온 사실을 인정하고 관리를 강화하는 것이 좋겠다는 판단을 내리고 있었다.

노동조합은 그동안 사용해온 발암물질에 대해 정확한 실태를 파악하고, 발암물질을 현장에서 줄여 나가기 위한 대책을 수립해야 한다고 보았다. 사업장의 화학물질 관리가 잘 되고 있다고 보지 않았기 때문에 이번 기회에

체계적으로 관리할 수 있게 되기를 희망했다.

노사가 공동 노력해야 할 필요는 확인되었지만, 이것으로 충분하지는 않았다. 우리 연구소는 노사에게 “노동조합은 회사가 잘 몰라서 관리를 허술하게 해온 발암물질에 대해 비난하지 않으며, 대신에 회사는 발암물질의 사용 현황을 숨김없이 공개하고 앞으로 철저히 관리하겠다는 의지를 밝힌다”는 약속을 제안했다. 노사 공동 노력은 여기에서 시작되었다.

문제를 충실히 드러내는 것, 구체적인 신뢰의 출발점

타타대우상용차는 ‘발암물질 등 고위험물질’이라는 표현을 사용하여 사업의 범위를 정의했다. 기왕 조사하는 김에 발암물질, 생식독성물질, 변이원성물질, 환경호르몬, 잔류성 / 농축성물질까지 포함하는 유럽의 SVHCs 기준에 부합하는 물질에 대해서는 모두 조사하자는 것이 회사의 입장이었다.

그 이유는 크게 두 가지로 볼 수 있었다. 우선, 고용노동부가 위험성평가제도를 도입하려 하기 때문에 모든 화학물질의 독성을 잘 파악하는 것이 회사에게는 필요한 일이었다. 발암물질만 파악하는 것은 손해라는 뜻이다. 둘째, 상호 신뢰를 위해서는 회사가 숨기는 것이 없

어야 했다. 회사는 노동조합이 무엇을 싫어하는지 잘 알고 있었다. 조금이라도 숨기려 하다가 노동조합으로부터 의심을 받게 되는 것이 얼마나 큰 손실인지 경험을 통해 잘 알고 있었다. 오히려 회사가 모든 것을 드러내려 하였기 때문에 노동조합에게도 합리적인 태도를 요구할 수 있다는 생각을 관리자들이 가지고 있었다.

중요한 의제로 다루기 위한 조건, 노무 담당 책임자의 결함

만약, 어떤 사업을 한 다음 그 성과가 지속적이기를 바란다면 사업주가 의지 표명을 하도록 만들어야 할 것이다. 발암물질관리를 위해서도 사업주의 의지 표명이 반드시 필요하다. 특히, 발암물질 대체나 저감과 같은 입장이 사업주의 입을 통해서 나오도록 하는 것이 매우 중요하다. 그런데 속상하게도, 많은 사업장에서 안전보건 조직은 경영진이 마음 쓰기 전에 문제를 잘 해결하는 것을 사명으로 생각하는 것 같다. 사업주가 알게 하고 의지를 표명하도록 하는 것과는 반대 방향으로 가는 경우가 많다.

발암물질사업의 범위를 결정하는 것에서부터 조사결과에 따른 전사적 대책 수립이나 노사공동선언과 같은 문제를 결정할 수 있는 회사 대표는 따로 있다. 노무관



타타대우상용차는 1,000인 이상 사업장으로서 사업장의 안전보건관리 능력이 평균 수준 이상이었다. 타타대우는 노사 공동의 노력을 통해 발암물질관리의 해결 방안을 마련했다.

리 조직의 책임자가 바로 이 사람들이다. 따라서 사업의 실무적인 내용은 안전보건 담당자와 의논하되, 사업의 진행 상황과 의미를 공유하고 사업결과물의 활용 방안을 의논하는 것은 노무 담당자가 되어야 한다.

타타대우상용차에서는 안전보건 조직이 총무에 속해 있었고, 해당 부서의 임원인 이사가 모든 문제를 결정하였다. 타타대우상용차에서 노사 공동의 선언이 가능했던 이유는 안전보건 실무자가 아니라 사업주와 소통할 수 있는 노동담당 임원이 사업에 관여했기 때문이라고 할 수 있다.

명확한 관리기준의 설정, 분명한 비전의 확립

타타대우리스트는 독창적인 것이 아니다. 볼보자동차의 볼보리스트는 이미 잘 알려진 금지 및 사용 제한 목록이다. 이러한 목록을 기업이 보유하는 것은 관리의 기준을 명확히 세웠다는 것을 의미한다.

경영진에게는 이것이 매력적이다. 고독성물질을 애매하게 잘 관리하겠다는 것이 아니라, 우리 기업에서 금지나 사용 제한할 물질을 명확하게 정함으로써 구매 단계에서부터 사용 단계까지 무엇을 어떻게 하는지 분명하게 이미지를 그릴 수 있게 되었다. 그리고 이러한 방향은 유럽의 선진 기업들이 추구하는 방식과 일치하므로, 선진적 화학물질관리체계를 구축했다는 자부심을 가질 수도 있었다.



볼보자동차의 볼보리스트는 이미 잘 알려진 금지 및 사용 제한 목록이다.

고위험물질을 사용 제한함으로써 직원과 지역 사회를 보호하고 사회 전체적으로 위험을 감소시키는 데 기여한다는 목표는 기업의 사회적 책임과 연결되어 경영진에게 전달되었다. 타타대우상용차는 마침 ‘대한민국에서 가장 존경받는 기업’이라는 기업비전을 가지고 있었기에, 고위험물질 사용 저감과 기업 비전의 연결 고리도 쉽게 마련할 수 있었다.

생산 기술과 구매 그리고 안전보건의 협력 프로세스 구축

타타대우상용차의 Toxic Free 실무위원회를 운영할 때 생산기술팀과 구매팀에서 회의에 결함하였다. 생산기술팀은 공정 설계와 운전 조건을 결정할 수 있으며, 이 과정에서 신규 화학물질의 도입을 검토한다. 구매팀은 생산 부서 및 생산기술팀에서 요구하는 물질에 대해 검토하여 가장 저렴하면서 기능적으로 만족할 수 있는 제품을 찾아낸다. 그러나 이 과정에 안전보건팀은 아무런 역할이 없다. 그렇기 때문에 안전보건팀에서 보유한 화학물질 목록에는 이미 사용이 중단된 오래된 제품이 많고, 신규 제품은 누락된 것이 많게 된다. 당연히 MSDS도 없을 수 있다. 이것은 화학물질관리에 큰 구멍이 뚫려 있는 것과 마찬가지이다.

타타대우상용차에서는 생산기술팀과 구매팀에서 이러한 문제를 잘 인식하였고, 문제 해결에 적극 동참하였



노사의 신뢰를 확보하기 위해서는 먼저 약속을 하는 것이 중요하다.

발암물질이더라도 노출량이 적을 경우 문제없다고
 생각한다면, 조금만 더 생각을 업그레이드해보자.
 우리 기업은 화학물질을 구매해서 사용하는 소비자기업이다.
 그런 소비자기업에서 같은 돈을 주고
 굳이 위험한 제품을 사서 써야 하는가?
 그 위험한 제품 때문에 작업환경 측정,
 특수건강검진을 해야 하고,
 또 발암물질 사용 기록을 작성하거나 하는 등의
 새로운 규제 의무를 이행해야 할지도 모른다.
 비용과 노력 모두 손실이 아닐 수 없다.
 발암물질은 구매와 사용을 우선 제한하는 것으로 하고,
 어쩔 수 없는 물질에 대해서는 작업환경관리를
 철저히 하는 것으로 물을 정하는 것이 가장 합리적이다.

다. 그 결과, 신규 제품 테스트, 구매, MSDS 확보 및 고
 위험물질 검토, MSDS 신뢰성평가와 같은 절차가 하나
 의 프로세스로 통합하게 되었다. 안전보건팀에서
 MSDS를 확인하지 않고서는 테스트도 할 수 없게 절차
 를 확립한 것이다.

사업장의 발암물질관리를 위한 제안

때로 우리는 사실이 아닌 것을 사실처럼 믿고 있다
 가 낭패를 본다. 화학물질관리에서도 이런 문제가 존
 재한다.

첫째, 사업장에 안전보건 담당자가 있을 경우, MSDS
 는 확보하고 있을 것이며 현장에서 사용하는 제품 목록
 을 실시간으로 업데이트하면서 관리하고 있다고 생각하
 지 말자. 대부분 사업장은 안전보건 담당자가 MSDS를
 일부 가지고 있으며, 그 중의 다수는 이미 현장에서 사
 용이 중단된 것들이다. 발암물질관리란 화학물질의 체
 계적 파악에서부터 새로이 시작하는 일이 될 것이다. 마
 찬가지로 발암물질관리사업의 종착지는 생산 기술과 구
 매와 안전보건관리가 통합되는 프로세스를 구축하는 것
 이 될 것이다.

둘째, 사업주의 관심과 의지가 없기 때문에 발암물질
 관리를 잘 할 수 없다고 생각한다면, 그것도 큰 착오이

다. 우선, 발암물질 문제는 사업주에게 보고되지도 않는
 다. 그러니 사업주에게 보고하고 사업주의 의지를 이끌
 어낼 수 있는 주체가 참여해야 한다. 안전보건담당자는
 실무자에 불과하다. 노무 담당 임원이 사업을 보고받고
 중요 사항을 결정할 수 있도록 해야 한다. 그리고 사업
 주가 이해할 수 있게 명확한 도구를 제시해야 한다. 사
 업장의 금지 및 사용 제한물질 목록을 통해 구매 단계에
 서부터 사용까지 전 과정을 관리하겠다는 목표를 세우
 는 것은 경영진의 이해를 빠르게 하는 길이다.

셋째, 발암물질이더라도 노출량이 적을 경우 문제없
 다고 생각한다면, 조금만 더 생각을 업그레이드해보자.
 우리 기업은 화학물질을 구매해서 사용하는 소비자기
 업이다. 그런 소비자기업에서 같은 돈을 주고 굳이 위
 험한 제품을 사서 써야 하는가? 그 위험한 제품 때문에
 작업환경 측정, 특수건강검진을 해야 하고, 또 발암물
 질 사용 기록을 작성하거나 하는 등의 새로운 규제 의
 무를 이행해야 할지도 모른다. 비용과 노력 모두 손실
 이 아닐 수 없다. 발암물질은 구매와 사용을 우선 제한
 하는 것으로 하고, 어쩔 수 없는 물질에 대해서는 작업
 환경관리를 철저히 하는 것으로 물을 정하는 것이 가장
 합리적이다.

넷째, 노사의 신뢰를 확보하기 위해 반드시 지켜야 할
 것이 있다. 먼저 약속을 하라. 노동조합은 '회사가 잘
 몰라 관리하지 못한 것을 비난하지 않겠다'고 약속하
 고, 회사는 '이번부터 숨기지 않고 다 찾아내서 제대로
 관리하겠다'고 약속하라. 그 다음에는 발암물질조사 범
 위를 확대하라. 고용노동부가 정한 노출기준 고시에 표
 시된 CMR 물질조사로 제한하지 말고, 노동조합과 함
 께 유럽의 SVHCs 물질을 다 찾아내보겠다고 욕심을
 부려보자. 그러면 회사는 노동조합에게 불신을 받을 리
 없을 것이다. ✚

최적의 과거노출재구성 방법 선정

과거노출재구성은 근로자가 과거 작업환경에서 직무활동 중 잠재적으로 노출되었던 대표적인 노출인자에 대해 정성·정량적으로 관련 정보를 수집하고 근로자 직무별 노출량을 과학적으로 추정함으로써 현존하지 않는 과거 작업환경에서의 잠재적 노출 수준을 재구성하는 것이다. 객관적으로 신뢰할 만한 정보를 활용하여 과거의 노출량을 산출(추정)하는 방법으로 정량적·반정량적·정상적 노출재구성 방법에 대해 정리하였다.



이석원 책임연구원
삼성전자 건강연구소

최적의 노출재구성 방법 선정의 중요성

최적의 노출재구성 방법을 선정하는 것은 중요하다. 노출재구성 방법을 선정할 때에는 다음의 사항을 모두 고려해야 한다.

- 평가결과의 특성(발암 잠복기 및 노출량)
- 대상물질 확인·측정을 위한 시험분석법의 효율성(유사한 물질로부터 구분 능력)
- 다양한 노출 경로(호흡, 피부 노출)

세계보건기구(WHO)는 노출재구성 방법으로 정성적·정량적 방법을 혼합하는 방식의 직접 데이터(측정)와 간접 데이터(시뮬레이션 및 모델링)를 활용하는 혼합 접근

법(combination approach)을 활용할 것을 제안하였다.

이와 아울러 과거 측정자료가 없는 경우에는 내삽법(interpolation), 수학적 모델링(modeling) 또는 노출 결정 인자들을 활용한 추정(estimation)과 같은 방법들을 활용할 수 있다. 직접적인 측정 데이터(정량적 측정결과)를 활용하여 산출된 노출량은 업무 관련성평가에 대한 신뢰도를 높인다. 정량적 과거노출자료가 결여되었다면 활용 가능한 모든 종류의 노출정보를 활용하는 방법도 고려해야 한다.

여러 가지 가능한 노출재구성 방법들을 혼합, 적용하는 것이 해당 노출 시나리오를 평가하는 데 가장 적절한 방법이다. 따라서 방대한 문헌 고찰을 통해 주요 노출재구성방법을 체계화하고 표준화하여 직무별 과거 누적 노출량을 산출함으로써 더욱 신뢰할만한 업무 관련성 평가를 할 수 있도록 하여야 한다.

* 공동 집필 : 김수근 교수(성균관대학교 의과대학 직업환경의학교실)

정량적 노출재구성 방법

정량적 노출재구성을 위한 최적의 정보원은 과거나 현재의 개인별 노출자료나 해당 혹은 유사 직무를 가진 근로자의 지역 노출자료, 생물학적 모니터링 자료가 있어야 한다. 그렇지 않으면 시뮬레이션을 하여 정량적인 노출재구성이 가능하다.

과거에 측정된 개인 노출자료는 재구성에서 최고의 정보이며, 노출량을 정확한 정량적 단위(예 : ppm, mg/m³, ppm-years 등)로 추정할 수 있다. 과거의 개인 노출자료를 이용할 때는 공정의 변화, 노출 제어장치 사용 유무, 노출기준의 변화 양상, 개인 간 훈련 정도, 개인 보호구 사용 유무, 측정 샘플 개수 등을 고려하여야 한다.

과거 측정자료는 무작위(random) 수집 방법 등 체계적인 접근법을 활용하지 않은 경우가 많다. 그리고 분석 기술의 한계로 인하여 과거의 검출한계(LOD; Limit of Detection)가 현재 수준보다 높았기 때문에 과거 노출량 추정치는 실제 수준보다 과대평가 가능성이 있다.

개인 노출자료를 활용한 노출재구성

현재의 개인 노출자료를 활용하여 과거의 노출량을 정량적으로 추정하는 것이 가능하다. 그러나 시간 흐름에 따른 공정, 직무훈련, 노출기준의 변화 때문에 현재 개인 노출자료를 활용하기란 현실적으로 어렵다.

최근 노출자료에만 의존하는 후향적 노출재구성은 기본적으로 시설, 운영 및 특정 직무가 오랜 기간 동안 변하지 않고 그대로 남아 있는 경우에만 적용되어야 한다. 시설, 공정, 직무(작업 내용), 노출 기간 등이 시간 흐름에 따라 거의 변하지 않은 경우, 현재 개인별 측정결과(노출농도)에 노출 기간을 단순히 곱하여 누적 노출량을 산출할 수 있다.

지역 노출자료를 활용한 노출재구성

개인 노출자료가 제한적이거나 누락되었지만 지역 노출자료와 비교하였을 때 큰 차이점이 없는 경우에는 자료를 활용하여 개인 노출량을 추정할 수 있다. 대부분 개인 노출량과는 차이가 있기 때문에 개인과 지역 측정자료의 다양한 결정 요인들을 고려해야 한다. 즉, 개인 노출량은 노출원, 환기장치, 개인별 특성 등 다양한 요인들에 의해 밀접한 영향을 받기 때문에 지역노출량과는 다른 결과를 나타낸다. 따라서 이런 경우에는 개인과 지역 측정자료 간의 연관성을 분석하고, 그 결과를 활용하는 것이 정확하다.

노출 시뮬레이션을 활용한 노출재구성

노출량 산출을 위해서 노출 시뮬레이션을 활용할 수 있다. 이를 위해서는 측정결과, 인터뷰 등 모든 가용자료를 수집하여 환기, 측정결과, 노출 기간, 직무 이력 등 다양한 변수들을 처리하는 것이 필요하다. 노출 시뮬레이션 결과는 과거 노출량을 대표할 수 있는 정량적 추정치로 활용 가능하다. 시뮬레이션의 가장 큰 장점은 실제 노출 수준의 크기에 관한 대체 가능한 증거를 제공한다는 점과 상대적으로 비용이 저렴하다는 것이다.



정량적 과거노출자료가 결여되었다면 활용 가능한 모든 종류의 노출정보를 활용하는 방법도 고려해야 한다.

정량적 노출재구성 방법론 위한 통계적 고려 사항

과거 혹은 현재 정량적 노출자료는 산출 방식(실제 측정, 추정, 시뮬레이션)에 관계없이 통계적 고려 사항이 반드시 필요하다.

현재까지 발표된 연구결과를 살펴보면, 특정 직무에 대한 노출평가 측정결과의 기하평균값은 왼쪽으로 치우친 로그 정규 분포하는 경향이 있음에도 불구하고 일반적으로 근로자 노출 수준을 평가하는 데 활용되었다. 정량적 노출자료 분산의 통계적 특성은 노출 분류의 정확성을 확인하는 데 매우 중요하다. 만일 노출군의 표준편차가 3.5를 넘을 경우, 현재 노출 분류의 범주가 너무 넓어 재평가가 필요하다. 적절한 통계적 보정은 검출한계(LOD) 미만의 정량적 측정자료를 처리하는 데 매우 유용하다.

일명 비공개 자료(censored data)라고 불리는 검출한계(LOD) 미만의 측정결과들은 시료 수집 및 분석기술의 향상으로 인하여 시간에 따라 검출한계가 변화(대체로 감소)하거나 대부분(측정값의 90% 이상)이 검출한계 미만일 경우 문제가 된다. 그러나 검출한계를 2 또는 $\sqrt{2}$ 로 나눈 값으로 대체하는 간단한 추정 방법을 활용함으로써 이러한 비공개자료를 정량화할 수 있는데 기하표준편차가 3 이상이면 검출한계의 1/2로 간주하고(1/2 LOD), 측정결과가 정규 및 대수 정규 분포를 만족시키면서 기하표준편차가 3 이하이면 검출한계의 $1/\sqrt{2}$ 로 간주($1/\sqrt{2}$ LOD)하였다(Hornung and Reed, 1990).¹⁾

노출재구성을 위한 혼합접근법

혼합접근법(combination approach)은 노출평가 측정자료 혹은 노출 시나리오를 통해 예측한 추정치(정량자료)와 전문가 판단(정성자료)을 혼합하여 자료의 갭(gap)을 채워 활용 가능한 모든 정성·정량자료를 분석해서 노출재구성하는 방법이다. 이 방법은 정성·

정량자료를 수집하여 혼합하기 때문에 대상 노출 시나리오에 가장 적합한 재구성 방법을 결정하는 데 매우 유용하며, 최적의 과거노출량 산출(추정)을 가능하게 한다.

최근 정량적 또는 반(半)정량적 자료와 전문가 판단(정성자료)을 통계적으로 결합하여 과거 또는 현재 노출량을 결정하는 방식의 베이지안 의사결정법(BDA; Bayesian Decision Analysis)이 노출재구성의 혼합접근법으로 가장 많이 사용되고 있다. 베이지안 의사결정법(BDA)을 활용하여 과거 노출 수준 및 노출 결정인자에 대한 전문가 판단을 통해 사전 정보(prior information)로 표현되고 통계적으로 기존 측정자료 혹은 생성된 추정치와 결합하여 최종적으로 평가하게 된다.

즉, 산업위생 혹은 노출평가 전문가들은 베이지안 의사결정법을 활용하여 특정 노출 시나리오와 작업환경을 정성적으로 평가, ‘사전분포(prior distribution)’를 생성하고, 해당 직무에 대한 정량적 노출량인 ‘가능분포(likelihood distribution)’를 조합하여 최종 ‘사후분포(posterior distribution)’를 산출함으로써 실제 노출 양상(exposure profile)이 어떤 노출 수준에 속하는지 확률적으로 추정한다.

반(半)정량적 노출재구성 방법

만일 과거 노출자료가 부정확하거나 불완전한 경우 수학적 모델링 또는 외삽(extrapolation)과 같은 방법과 불완전한 과거 정량자료를 결합하여 보완하는 반정량적 노출재구성 방법(semiquantitative reconstruction approach)을 고려한다. 반정량적 노출재구성은 직무-노출 매트릭스(JEM; Job-exposure Matrix), 노출 결정인자(exposure determinant), 외삽 및 수학적 모델(mathematical model)을 활용하여 과거 노출량을 추정하는 다양한 방법들이 있다.

직무-노출 매트릭스를 활용한 노출재구성

직무-노출 매트릭스(JEM)는 분류된 직무와 연관된

1) Hornung WH, Reed DR. (1990). Estimation of Average Concentration in the Presence of Nondetectable Values. Appl Occup Environ Hyg 5: 45-50.

정량적 노출재구성을 위한 최적의 정보원은
과거나 현재의 개인별 노출자료나 해당 혹은
유사 직무를 가진 근로자의 지역 노출자료,
생물학적 모니터링 자료가 있어야 한다.
그렇지 않으면 시뮬레이션을 하여
정량적인 노출재구성이 가능하다.
과거 측정자료는 무작위(random) 수집 방법 등
체계적인 접근법을 활용하지 않은 경우가 많다.
그리고 분석기술의 한계로 인하여
과거의 검출한계(LOD)가 현재 수준보다 높았기 때문에
과거 노출량 추정치는 실제 수준보다 과대평가 가능성이 있다.

잠재적 노출량에 대한 정보를 연결하기 위해 활용 가능한 모든 정보를 결합하는 것이다. 과거 직무 또는 작업 환경으로 외삽한 정보들과 결합된 형태로 동일 시대의 노출자료 및 과거 작업활동 또는 작업환경에 대한 정보를 외삽하여 결합한 현재의 정량 노출자료, 노출 기간, 직무, 장소, 과거 작업 및 공정 과정(시간 흐름에 따른 변화 포함), 개인보호구 등과 같은 다양한 정보들을 포함한다.

일단 직무-노출 매트릭스가 구축되면 개인별·직무별 근무 이력에 따라 과거 누적노출량을 강한 통계적 검증력을 토대로 산출 가능하다. 반면 노출 오분류 가능성, 과거자료 및 기록의 정확성 문제, 부정확한 통계적 유의성 등 약점이 있다.²⁾

노출결정인자를 활용한 노출재구성

노출결정인자(exposure determinant)를 활용하여 노출재구성을 할 수 있다.

노출 결정인자는 노출 강도에 영향을 주는 요인들이다. 이들 결정인자들은 대부분 반정량적이며(직무훈련, 사용 장비, 환기 시설, 보호구 등) 노출 시나리오의 독특한 특성들을 반영함으로써 과거노출 추정치를 개선하는데 활용된다. 일반적으로 노출 결정인자에 대한 정보는 근로자와의 인터뷰 또는 설문조사 방식을 통해서 수집된다.

외삽 또는 내삽법을 활용한 노출재구성

외삽 또는 내삽접근법을 통해 이미 알려진 값으로부터 알려지지 않은 값을 추정할 수 있다. 외삽은 알려진 데이터 값 세트 외부에서 새로운 데이터 값들을 생성하는 방법이고, 내삽은 알려진 데이터 값 내부에서 새로운 데이터 값들을 생성하는 것이다. 외삽의 결과는 알고 있는 데이터 값 외부에서 생성되어 내삽보다는 덜 유용하고 불확실성이 크다.

시간 흐름에 따른 노출 경향(trend) 또는 패턴(pattern)을 확인하고 기존자료의 갭을 채우기 위해 이 방법을 사용한다. 실제 시간에 따른 작업환경의 변화(공정 및 원재료의 변화)와 노출 제어장치의 변화(기술 발전에 따른 제어 효율성 증가 등) 때문에 현재 노출자료로부터 과거 노출 경향(trend)을 추정하는 것은 부정확한 단점이 있다.

수학적 모델을 활용한 노출재구성

수학적 모델을 이용한 노출량 추정(estimation)은 외삽, 내삽 및 직무노출 매트릭스 등을 활용할 수 없는 경우에 이용한다. 이 방법은 수학적 모델(single-zone 또는 two-zone model)을 활용하여 과거노출량을 수학적으로 산출하는 것이다. 가장 일반적으로 사용되는 흡입 노출량 확인을 위한 수학적 결정 모델로 균일 박스 모델(well-mixed box model)이라고 불리는 단일영역 모델(single-zone model)이 있다.

Gaffney 등(2008)은 반도체 제조 시설에서의 작업자 메탄올 과거노출량을 추정하는 연구를 실시하였는데 실제 모의실험을 통해 과거 작업환경 및 노출 시나리오를 재현하여 노출 시뮬레이션을 실시하고, 단일영역 모델

2) Dosemeci M, Stewart A, Blair A. (1990). Three proposals for retrospective, semiquantitative exposure assessments and their comparison with other assessment methods. Appl Occup Environ Hyg 5:52-59.

3) Gaffney S, Moody E, McKinley M, Knutsen J, Madl A, Paustenbach D. (2008). Worker exposure to methanol vapors during cleaning of semiconductor wafers in a manufacturing setting. J Occup Environ Hyg 5:313-324.

(single-zone model) 및 두 영역 모델(two-zone model)을 활용하여 공기 중 메탄을 농도를 추정하였다.³⁾

이 연구를 통해 수학적 모델로 추정한 과거노출량이 실제 작업자 노출평가를 통한 측정값과 다르지 않아 모델의 신뢰성을 검증할 수 있었다. 이러한 수학적 모델 접근법은 비용 절감 및 시간 절약이 가능하다는 장점을 가지고 있지만, 여전히 모델 자체의 불확실성이 매우 크고 과거 작업환경을 재현하지 못하거나 복잡한 노출 시나리오를 평가하는 데 제한이 있다. 이러한 제한점에도 불구하고 모든 노출 결정인자를 입력한 수학적 모델(항상 상태에서 보수적인 두 영역 모델)을 활용한다면 합리적인 수준에서 과거 근로자의 노출 추정(exposure estimation)이 가능하다.

정성적 노출재구성 방법

전문가 판단을 활용한 노출재구성

정성적 노출재구성 방법으로 활용되는 전문가 판단은 알려지지 않은 과거노출량을 추정하는 일반적인 방법이다. 전문가란, '산업위생기술사, 직업환경의학 전문의, 화학공학 엔지니어, 화학공정 관련 전문가' 등으로 과거 화학물질노출량을 평가할 수 있는 직무훈련, 경험, 지식 등을 활용하는 넓은 범주의 전문가를 말한다. 정성적 노출재구성은 주관적이지만 다음과 같은 기준을 활용하여 과거노출량을 추정하는 것이 가능하다.

- 해당 과거정보는 최대로 수집 및 분석 필요 : 과거 작업환경, 직무이력, 작업시간 · 빈도, 환기장치, 보호구, 유해인자 등
- 특정 노출 시나리오에 적절하게 맞는 정보만을 분

류하여 활용 : 과거 노출정보가 더 상세할수록 과거노출량을 더욱 정확하게 추정 가능함

- 전문가는 개인이 아닌 팀으로 구성 : 대학교수, 산업 위생기술사, 안전보건관리자, 정부기관 감독관 등

확률론적 방법의 적용

확률론적 방법 또는 몬테카를로 기법을 적용하여 노출재구성에 사용된 변수들에 내재하는 분산 및 이와 연관된 불확실성을 평가하는 것이 필요하다.

확률론적 방법은 과거 15~20년 중 가장 많이 비약적으로 발전한 노출량 추정 방법 중 하나이다. 확률론적 분석을 적용하면 노출량 추정치를 보수적으로 가정하거나 한 가지 노출 결정인자에만 의존하지 않아도 된다.

몬테카를로 분석법은 특정 확률론적 평가 방법으로 넓은 범위에서 여러 가지 다양한 변수들을 활용하여 위험도를 평가하는 데 사용되고 있다. 이 방법을 활용하면 예상 노출량의 참평균(true mean)과 함께 50%와 95%에 해당하는 노출 집단(exposure population)의 노출 범위를 추정할 수 있다.

불확실성 평가

불확실성 평가는 목적에 따라 간단하게 진행될 수도 있고 매우 복잡한 방법을 이용해야 할 경우도 있다. 불확실성의 특성을 파악하여 어떤 불확실성 평가를 수행해야 하는지에 대해 결정하며, 적절한 불확실성 평가 수행 여부를 결정한다.⁴⁾

노출재구성은 다양하고 방대한 양의 정보와 기술을 필요로 한다. 노출재구성을 위한 모든 자료가 갖추어져 있는 경우는 대부분 흔치 않고, 활용 가능한 자료도 신뢰도 및 정확성이 검증되지 않기 때문에 다음과 같이 노출재구성에서 불확실성 평가가 반드시 필요하다.

- 여러 종류의 방대한 자료로부터 온 불확실한 정보를 합하여 사용하기 때문이다.

4) 불확실성은 기술하는 정도에 따라 불확실성 결정(uncertainty characterization) 또는 불확실성평가(uncertainty assessment)로 나눌 수 있다. 불확실성 결정은 특정자료나 측정치, 시나리오 등의 선택을 결정하는 정성적인 과정을 말하며, 정량적 자료가 충분하지 않은 간단한 노출평가의 경우는 불확실성 결정만으로도 충분하다. 반면에 불확실성평가에서는 정량적인 면을 더 고려하여, 간단한 방법에서부터 정교하고 세분화된 측정 및 분석기술을 사용하게 된다.



최근 노출자료에만 의존하는 후향적 노출재구성은 기본적으로 시설, 운영 및 특정 직무가 오랜 기간 동안 변하지 않고 그대로 남아 있는 경우에만 적용되어야 한다.

- 불확실성을 감소시키기 위해 추가적인 자료를 수집할 것인지, 그리고 추가 수집한 자료는 어떻게 활용할 것인지를 결정해야 한다.
- 정확하지 않지만 소위 최상의 추정치가 될 수 있다는 경험적인 증거는 많다. 궁극적인 목표와는 약간 다르더라도 불확실성 평가를 통해 신뢰도를 향상시켜야 한다.
- 노출재구성은 반복적으로 문제를 해결하기 위한 적절한 확실한 방법을 탐색하여 불확실성을 최소화하고 평가결과의 정확성을 높여 활용해야 한다.
- 노출재구성은 오랜 기간에 걸쳐 여러 평가 과정을 거친 후 최종 결론에 도달하게 되기 때문에 노출과 연관된 불확실성 분석을 활용하여 담당 연구자 혹은 의사결정권자(decision-maker)가 신뢰성 있는 노출재구성평가를 가능하게 한다.
- 노출평가자는 노출재구성의 결과로 산출된 수치뿐만 아니라 결과 분석에서의 제한점과 함축적 의미를 불확실성 분석을 통해 명확하게 설명해야 한다.

이에 따라 과학적 기반에 근거한 신뢰성 있는 노출재구성의 실행과 불확실성 분석은 항상 병행되어야 하며, 불확실성 분석을 배제한 노출재구성은 평가 자체가 불가능하다. 설령 노출재구성을 수행할지라도 그 평가결과에 대한 신뢰성과 정확성은 매우 낮기 때문에

이 두 가지는 서로 불가분의 관계에 있다고 할 수 있다. 불확실성은 노출재구성 과정에 내포되어 있으며 다음과 같다.

- 발생원에서 노출 경로를 거쳐 체내 흡수에 이르는 시나리오 내에서 발생하는 시나리오 불확실성(scenario uncertainty)
- 모델에 사용되는 변수를 결정하는 과정에서 발생하는 변수 불확실성(parameter uncertainty)
- 노출 과정을 설명하는 모델을 적용하는 과정에서 자료의 갭으로 인하여 발생하는 모델 불확실성(model uncertainty)

노출 시나리오 불확실성(Scenario uncertainty)

노출 시나리오 불확실성은 재구성의 목적을 충족하기 위한 노출 시나리오를 구성하는 데에 내포한 것이다. 불확실성의 원인으로는 기술 오차(descriptive errors), 통합 오차(aggregation errors), 전문가 판단 오차(errors in professional judgment)와 불완전 분석(incomplete analysis)을 들 수 있다.

기술 오차는 해당 유해인자의 사용된 정보의 오류를 의미한다. 통합 오차는 근사치를 합침으로써 발생하는 오차이며, 여기에는 모집단이 동일하다는 가정과 항상 상태(steady state)라는 가정에서 발생하는

공간적·시간적 근사치의 합산에서 기인한 오차가 포함된다. 전문가 판단 오차는 실제로 과거노출재구성의 전반적인 영역(적절한 노출 시나리오, 적절한 모델, 대표적인 환경조건을 결정하는 영역)과 관련된 오차이다.

변수 불확실성(Parameter uncertainty)

변수 불확실성은 측정 오차(measurement errors), 표본 오차(sampling errors), 변수의 다양성 및 대용자료(generic or surrogate data) 사용으로 발생된다.

측정 오차는 무작위 오차(random error)와 계통 오차(systematic error)로 분류된다. 무작위 오차는 측정 과정의 부정확성에서 발생하고, 계통 오차는 참값에서 벗어난 편향(경향)이다. 만약 노출량 산출에서 다른 목적으로 생산된 자료를 이용하게 된다면, 이용하는 자료가 분석하고자 하는 노출 시나리오를 대표하지 못하기 때문에 불확실성이 생겨나게 된다. 또한 노출재구성평가에 필요한 자료의 부재로 대용자료(surrogate data)를 활용했을 때도 입력변수로 인한 불확실성이 발생할 수도 있다.

검증은 대표성 재구성된 산출치 실제 측정자료와 비교하여 검사하는 과정이다.

재구성을 통해 추정된 노출량은 직접 측정한 자료, 다른 정보를 활용한 노출 추정치, 모델링을 통해 구한 추정치들과 비교함으로써 검증할 수 있다.

또 다른 가능한 검증전략으로는 유사한 작업환경에서 비슷한 노출인자에 대한 측정 농도들과

재구성한 추정치를 비교하는 것이다.

그 외에도 노출 강도에 따른 건강 영향 발생 비교, 재구성한 노출량 추정치와 생물학적 모니터링 데이터의 비교, 다수의 노출재구성 방법들의 활용 등이 있다.

모델 불확실성(Model uncertainty)

모델 불확실성은 측정자료와 과학적 지식 사이에 존재하는 갭으로, 노출 결정인자로 인한 연관성을 정확하게 평가하는 것을 제한하는 불확실성이다. 이는 중요한 변수의 누락, 노출 변수와의 연관성 부족, 상세정보의 부적절성 등으로 발생된다.

모델 불확실성(model uncertainty)은 주로 관계 오차(relationship errors)와 모형 오차(modeling errors)에 의해 발생된다. 우선 관계 오차는 화학적 성질, 구조반응관계와 환경거동 모델 간의 관계로부터 발생된 오차를 말한다. 그러므로 모델 불확실성을 최



과거에 발생된 질병의 원인이 되는 노출요인(노출원)과 노출 수준을 확인하고 인과관계를 평가하는 업무 관련성평가에는 과거노출재구성의 결과가 매우 중요한 기준과 증거자료로 활용될 수 있다.

소화하면서 노출재구성에서 활용 가능한 가장 적절한 모델 선정이 매우 중요하며, 타당한 선정 근거 및 객관적 증거자료는 반드시 확보해야 한다.

검증(validation)

정량적 노출재구성평가결과의 품질은 불확실성 분석과 검증(validation)을 통해 확인할 수 있다. 특히 검증방법을 통해 평가결과의 신뢰성을 높일 수 있다. Armstrong 등(2009)은 노출재구성에 필요한 검증단계를 제안했는데 노출재구성평가에 활용된 과거정보에 대한 신뢰성, 관련 참고문헌과의 일관성(노출 시나리오 및 대상물질), 다양한 측정 및 시뮬레이션(모델)을 통해 수집한 데이터에 대한 정확성, 평가결과에서의 분산에 대한 적절한 고려 여부 등이 이러한 검증단계에 포함되었다.⁵⁾

검증은 대표성 재구성된 산출치 실제 측정자료와 비교하여 검사하는 과정이다. 재구성을 통해 추정된 노출량은 직접 측정한 자료, 다른 정보를 활용한 노출 추정치, 모델링을 통해 구한 추정치들과 비교함으로써 검증할 수 있다. 또 다른 가능한 검증전략으로는 유사한 작업환경에서 비슷한 노출인자에 대한 측정 농도들과 재구성한 추정치를 비교하는 것이다.⁶⁾ 그 외에도 노출 강도에 따른 건강 영향 발생 비교, 재구성한 노출량 추정치와 생물학적 모니터링 데이터의 비교, 다수의 노출재구성 방법들의 활용 등이 있다.

다수의 노출재구성 방법은 다양한 방법을 활용하여 유사한 결과를 얻는다는 것을 확인하는 데 유용하다. 그러므로 다양한 노출재구성 방법론을 활용한 노출재구성 추정치의 검증 단계는 연구자에게 독립적으로 새

로운 연구를 기획하고 실행하는 것 이상으로 번거롭고 부가적인 노력을 요구하지만, 노출재구성의 평가결과에 대한 신뢰성 확보에는 가장 효과적이다.

결론

과거노출재구성은 근로자가 과거 작업환경에서 직무 활동 중 잠재적으로 노출되었던 대표적인 노출인자에 대해 정성·정량적으로 관련 정보를 수집하고 근로자 직무별 노출량을 과학적으로 추정함으로써 현존하지 않는 과거 작업환경에서의 잠재적 노출 수준을 재구성하는 것이다.

과거에 발생된 질병의 원인이 되는 노출요인(노출원)과 노출 수준을 확인하고 인과관계를 평가하는 업무 관련성평가에는 과거노출재구성의 결과가 매우 중요한 기준과 증거자료로 활용될 수 있다. 그러나 신뢰할 만한 업무 관련성평가를 위해 정량자료에 대한 통계적 보정과 정성자료의 사실 여부 판단이 반드시 필요하다. 또한 과거정보의 양과 질에 따라 어떤 노출재구성 방법론을 선택해야 할지 결정하는 것도 매우 중요하지만, 과거정보의 신뢰성 확인(불확실성 분석 및 검증)이 더욱 중요하다. 객관적으로 신뢰할만한 정보를 활용하여 과거의 노출량을 산출(추정)하는 것이 과거노출재구성의 핵심이기 때문이다. 그러므로 과거노출재구성은 업무 관련성평가를 위해 가장 핵심적인 평가도구로 간주되어야 한다. 그리고 평가자가 노출재구성을 위한 통합적인 정보 수집과 체계적인 지식 습득, 실제 평가 사례를 검토하고 활용하는 것이 필요하다. 🌸

5) Armstrong TW, Boelter FW, Rasmuson JO. (2009). Exposure reconstruction. In: Keil C, Simmons C, Anthony TR eds. Mathematical Models for Estimating Occupational Exposure to Chemicals. Fairfax, VA: American Industrial Hygiene Association Press.

6) Stewart PA. (1999). Challenges to retrospective exposure assessment. Scand J Work Environ Health 25:505-10.

막장면 안전관리 시스템(T.S.M)의 개발과 시험 적용

현재 도로·철도의 직선화, 고속화 및 지하화로 인해 터널 공사는 매년 10% 정도 증가하는 추세이나 경험 축적 및 기술 발전에도 불구하고 붕괴사고는 계속 발생하며 최근 20년간 50여 건(국토해양부, 터널 공사 현장 안전관리 개선 대책)이 발생하였다. 이러한 붕괴사고는 특히 막장면에서 빈번하게 발생되고 있으므로 막장면 부근 작업자들이 보다 큰 위험에 노출되어 있다. 막장면 안전관리 시스템은 이런 피해를 줄이기 위해 터널 공사 시 막장면의 거동(전조 현상)을 실시간으로 계측하여 현장 및 외부에서 실시간으로 변위 확인을 가능하게 함으로써 작업자 위험의 최소화 및 인명 피해를 사전에 예방하는 데 그 목적이 있다.



김영배 대표이사
케이앤씨컨설턴트주식회사

서론

터널의 지질 구조는 복잡한 단층 파쇄대 등의 취약부가 다수 분포하고 있어 시공 시 굴착 작업 중 막장면이 붕괴되는 경우가 빈번하다.

이런 붕괴를 예측하여 적절한 대책을 실시하고 굴착 작업의 안전성을 향상시키기 위해서는 막장면 전체의 거동을 연속적으로 감시하여 그 안전성을 평가하는 것이 매우 중요하다.

우선 실내 시험을 행하여 측정 대상 요철의 정밀도에 대한 영향을 검토하였으며, 그 후 불량 지반 터널 현장에서의 막장면 거동 계측에 시험 적용하여 그 실용성을 검증하였다. 각종 시험과 그 적용결과, 막장면의 변위량

을 최소 1초 간격으로 1mm 이내의 측정 정밀도를 유지하며 다점 동시 계측이 가능한 것을 확인하였다.

터널 공사 구간은 많은 경우 복잡한 지질 구조로 형성되어 있어 시공 시 붕괴하기 쉬운 지반을 만나는 경우가 있다. 특히 주로 사용되는 N.A.T.M(New Austrian Tunneling Method) 공법의 경우 굴진장의 굴착, 버력 처리 후에서부터 1차 지보공 시공 완료 시까지는 막장면이 자립할 필요가 있다. 이런 일련의 작업을 안전하게 시공하기 위해서는 거동을 상시 감시하면서 그에 대응하는 적절한 대책 수립이 합리적인데 이는 안전 시공의 요점이 된다.

이에 따라 막장면 전체의 거동을 레이저 거리계에 의한 실시간 다점 동시 계측이 가능하고 거동의 변화를 인근에 있는 작업자에게 즉시 경고하는 막장면 안전관리 시스템의 개요와 시험 적용결과에 대하여 소개하고자 한다.

* 공동 집필 : 이근배 · 조용량(케이앤씨컨설턴트주식회사)

막장면 거동 감시 기술과 과제

감시 대상 지반의 특징

터널 굴착에서 만나는 지반을 종별로 괴상지반, 층상 지반, 연질지반의 세 가지 유형으로 구별하고 지반 성상을 <표 1>과 같이 설정하였다.

괴상지반은 랜덤(random)의 절리가 발달하여 있고, 막장면 안정성은 균열의 방향과 성상에 의해 좌우된다. 층상지반의 경우는 층상·편상의 균열이 연속하여 분포하여 있고, 막장면의 안정성은 층리나 편리의 성상과 주향경사에 의해 좌우된다. 연질지반은 잠재적인 균열이 분포하는 연암으로 막장면의 안정성은 지반의 강도나 잠재적 균열에 의해 좌우된다.

이러한 지반이 막장면에서 붕괴하는 경우, 일반적으로 괴상지반(사진 1)은 붕괴 전의 변위가 적고 용수를 동반한 돌발적인 붕괴가 발생한다. 연질지반(사진 3)의 경우는 굴착 후 변위의 발생 증가를 보인 뒤 붕괴한다. 층상지반(사진 2)에서는 괴상지반과 연질지반 모두의 성상을 가지고 있다. 이들 지반에 대하여 변위계측으로 막장면 붕괴를 예측하는 경우에는 괴상지반에서는 변위 계측에 준하여 예측이 곤란하고, 연질지반에서는 예측이 가능하다고 할 수 있다.

현재의 막장면 거동 감시 기술과 과제

막장면의 거동을 계측, 평가하고 그 붕괴를 예측하는 기술로는 변형 또는 변위의 계측 기술이나 물질의 파괴와 동시에 발생하는 미소 소음을 계측하고 그 발생 빈도로부터의 붕괴 가능

성 판단 기술 등이 있지만 여기서는 터널 기술자가 계속해서 그 결과를 즉시 평가 가능한 지반 변위 계측 기술에 착안하였다. 기존 계측 기술의 개요와 특징은 <표 2>와 같다.

막장면 부근에서는 천공, 장약, 발파, 버력 처리, 지보공 시공 등 일련의 작업이 연속적으로 실시되므로 막장면의 거동 계측은 <표 2>와 같이 비접촉 변위 계측이 가능한 광학적 계측 기술이 적용되고 있다.

Non Prism 자동 추적형 Total Station은 3차원 변위

<표 1> 감시 대상 지반의 성상과 막장면 붕괴의 특징

대상 지반	괴상지반	층상지반	연질지반
항목			
지반의 성상	- 랜덤(random)한 균열 - 막장면 안정성은 균열의 방향과 성상에 좌우됨	- 층상·편상의 균열 - 막장면 안정성은 층리, 편리의 성상과 주향경사에 좌우됨	- 잠재적 균열 - 막장면 안정성은 지반의 강도, 잠재 균열에 좌우됨
암편의 구분	중경암에서 경암	연질에서 중경암	연질
붕괴 전의 변위	미소	미소에서 중	중에서 대
붕괴의 돌발성	큼	소에서 중	적음
지반 변위 계측에 의한 붕괴 예측 가능성	적음	있음	큼

<표 2> 지반 변위 계측 기술의 개요와 특징

측정 방법	Non Prism 자동추적형 Total Station	레이저 변위계	레이저 거리계
개요	전용 타깃을 설치하지 않아도 임의 개소의 3차원 변위 계측	측정기에서 피측정물까지의 거리를 레이저 광선을 이용하여 고정밀 측정	측정기에서 피측정물까지의 거리를 레이저 광선을 이용하여 측정
3차원 계측	가능	불가능	불가능
측정정밀도	±1mm	±1μm	±1mm
측정 거리의 범위	최대 100m 정도	최대 1m 정도	최대 200m 정도
다점 동시 계측	측점 수가 증가하면 동시 계측은 곤란	측점 수가 증가하면 동시 계측은 곤란	측점 수가 증가하여도 동시 계측이 가능



(사진 1) 괴상지반의 붕괴 예



(사진 2) 층상지반의 붕괴 예



(사진 3) 연질지반의 붕괴 예

계측이 가능하지만 1측점의 계측에 5~10초 정도의 시간이 필요하고, 다점 동시 계측이 불가능하다. 레이저 변위계는 측정 정밀도가 $\pm 1\text{mm}$ 로 고정밀도이지만 측정 범위가 최대 1m 정도로 막장면에 접근하여 계측할 필요가 있다.

한편, 레이저 거리계의 경우는 측정 정밀도가 $\pm 1\text{mm}$ 정도로 레이저 변위계보다 못하지만 측정 범위는 최대 200m로 크며 다점 동시 계측이 가능하다. 따라서 본 개발에는 연질지반에서 붕괴 전의 변위량이 1mm 이상의 붕괴 거동을 감시하는 것을 목적으로 레이저 거리계를 이용한 막장면 안전관리 시스템 개발을 목표로 하였다.

막장면 안전관리 시스템의 개요

개발 목표

레이저 거리계를 이용한 막장면 안전관리 시스템의 개발 시 장비의 필수 기능은 다음 항목으로 설정하였다.

- 막장면 전체 감시 및 다점 동시 계측이 가능할 것.
- 계측 데이터를 지정한 시간 간격(최소 1초 간격)으로 연차적으로 보존하고 그 경과 시간에 따른 변화 파악이 가능할 것.
- 계측 데이터가 관리기준을 넘는 경우 경보음, 경고등 작동으로 작업자에게 경고가 가능할 것. 동시에 시스템에 접속한 카메라로 디지털 화상 보존이 가능할 것.
- 막장면 전체의 변위 거동을 시각적으로 파악 가능할 것.
- 취득한 계측 데이터를 일괄 관리하여 변위량이나 변위 속도를 연차 계산해서 막장면의 안정성 평가를 실시간으로 할 수 있을 것.
- 막장면에서 작업중인 작업자에게 평가결과를 신속하게 주지하여 적절한 행동(작업 중지, 막장면에서 피난 등)을 할 수 있도록 주의 환기할 수 있을 것.

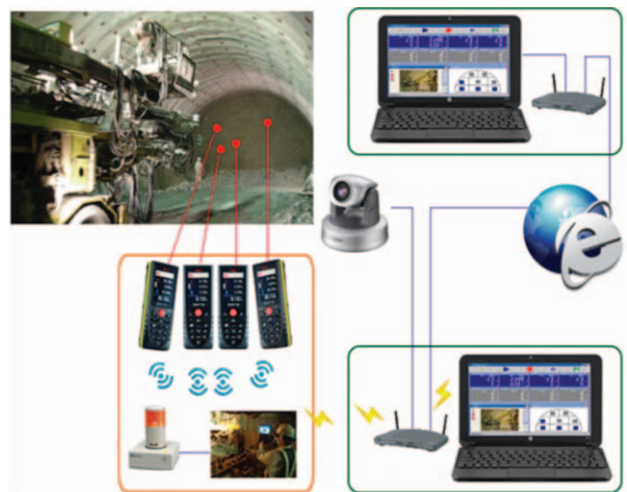
시스템의 개요

[그림 1]은 여러 대의 레이저 거리계에 의한 다점 동시 계측이 가능한 막장면 안전관리 시스템의 구성 예를 표

시하고 있다. 레이저 거리계는 삼발이(사진 4) 혹은 막장면 부근의 강재지보공(사진 5)에 설치하고, 계측 데이터는 인근에 설치한 제어용 PC에 무선으로 전송한다.

제어용 PC에서는 연산 처리를 행하고, 계측 데이터가 관리 기준을 넘는 경우에는 유선 혹은 무선으로 접속한 경보 장치의 경보음 및 경고등이 작동한다. 사용한 레이저 거리계의 사양은 다음과 같다.

- 측정 방식 : 고정밀도 레이저 거리계
- 측정 범위 : 0.05~200m
- 정밀도 : $\pm 1\text{mm}$
- 측정 빈도 : 최소 1초 간격
- 비고 : 제어용 PC로의 데이터 전송은 Bluetooth 사용 가능



[그림 1] 막장면 안전관리 시스템의 구성 예



(사진 4) 삼발이 설치 예



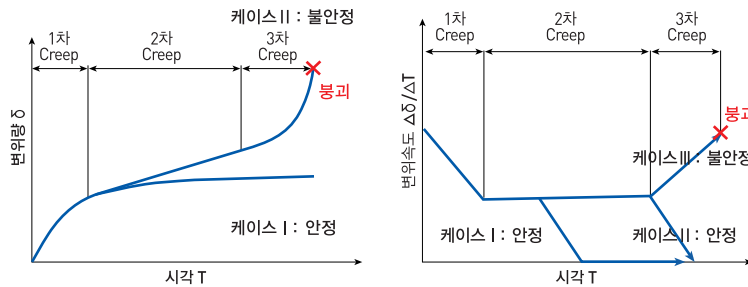
(사진 5) 강재지보공 설치 예

계측결과의 평가 방법

막장면 안전관리 시스템에 의하여 취득한 계측 데이터는 레이저 거리계에서부터 측점까지의 거리이며, 그 거리를 연속적으로 계측하는 것이다. 여기서 레이저 거리

〈표 3〉 계측결과와 평가 지표와 기준

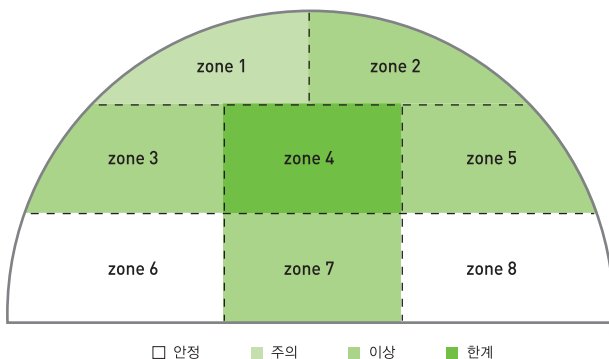
평가 지표	1. 변위량	2. 변위 속도	3. 변위 속도의 역수
평가 기준	한계변형에 의하여 산정한 변위량이나 수치 해석에 의한 변위 예측값과 비교하여 지반의 안정성을 판단함	변위속도의 증감으로 지반의 안정성을 판단함	변위 속도의 역수가 0이 되는 시각에서 붕괴를 예측함



[그림 2] Creep 파괴를 가정한 평가 방법의 개요

계는 막장면에 대한 법선 방향에 설치되는 것에 국한되지 않으므로 측정값은 막장면의 변위량과 일치하지 않는다. 그렇지만 막장면에서 20m 후방의 도로 2차선 단면(폭 10m)의 측벽에 레이저 거리계를 설치한 경우, 막장면 중앙에서 100mm의 변위량이 발생하면 측정값은 103mm가 된다. 이 두 값의 차는 3% 정도로 적어 실용상 문제가 없을 것으로 판단된다.

〈표 3〉에서 레이저 거리계의 측정으로 얻어진 평가지표와 평가기준을 표시하였다. 지반의 변위량을 평가지표로 하는 경우, 지반의 한계 변형에서 얻어지는 변위량이나 사전 수치 해석에서 예측된 변위량과 크기 비교를 하는 것으로 평가가 가능하다.

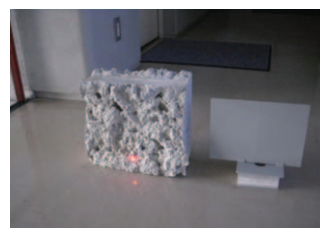


[그림 3] 막장면 안정성의 구역 표시 예

본 개발에서 대상이 되는 연질지반 막장면의 변위는 [그림 2]에 표시된 Creep 곡선을 따르는 것으로 가정하면, 변위 속도를 평가지표로 하여 변위 속도가 수렴되는 경우는 안정([그림 2] 하단의 Case 1, Case 2), 변위 속도가 증가하는 경우에는 불안정([그림 2] 하단의 Case 3)으로 판단 가능하다. 또한 변위 속도의 역수를 평가지표로 하면 막장면 붕괴까지의 시간도 예측이 가능하게 된다.

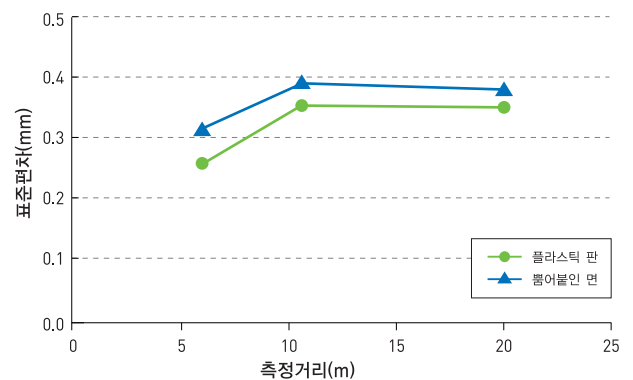
본 연구에서 개발한 막장면 안전관리 시스템은 현재 1대의 제어용 PC로 최대 8측점까지의 변위 계측을 할 수 있다. 굴착 폭 10m 정도의 터널에는 [그림 3]과

같이 막장면을 8개 구역으로 나누고 안정성을 색상에 의해 식별하여 실시간 표시가 가능하다. 이에 따라 시각



(사진 6) 측정 대상물의 외관

적으로 확인할 수 없는 취약부의 분포나 그 추이가 시각적·정량적으로 확인 가능하며 지반 안정 대책공의 설계 및 시공에 활용 가능하다.



[그림 4] 측정면의 요철 경향

실내 정밀도 시험결과

레이저가 투사된 측정 대상물의 요철이 측정 정밀도에 주는 영향을 파악하기 위하여 평단면과 뽑아 붙인 면을

대상으로 실내 정밀도 시험을 수행하였다.

(사진 6)에는 측정 대상물을, [그림 4]에는 시험결과를 표시하였으며 평단면의 경우는 플라스틱제의 판으로 측정 거리를 5~25m로 하였다. [그림 4]의 시험결과 측정 값 표준 편차는 투사면의 종별에 관계없이 모두 0.5mm 미만으로 양자의 차이가 미미해 투사면의 요철이 측정 정밀도에 미치는 영향은 작은 것으로 판단된다.

시험 적용

연질화된 경석응회암지반의 사례

■ 적용 터널 현장의 개요

변질열화에 의하여 연질화된 경석응회암지반에서 막장면 붕괴가 자주 발생한 도로 터널에 대해 본 연구에서 개발한 막장면 안전관리 시스템을 시험 적용하였으며, 터널 공사의 개요는 다음과 같다.

- 공사명 : ○○고속도로 터널 공사
- 공기 : 2007년 3월 20일~2011년 2월 28일
- 터널 연장 : 2,089m
- 굴착 단면 : 89m²

연질지반에서는 레이저 거리계를 이용하여

다점 동시 계측하고 변위량의 수렴 경향이나 변위 속도에 의거하여 막장면의 안정성평가 가능성을 확인하였으며, 평가를 토대로 터널 작업자들의 위험을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

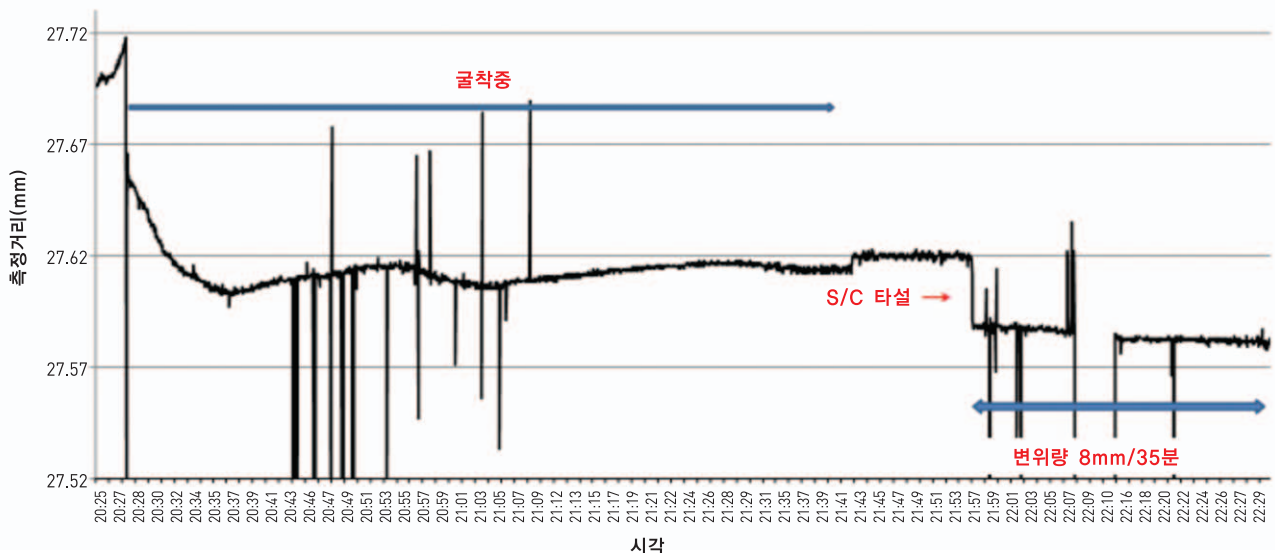
또한 향후 유사지반이나 상이한 암종에서의 적용 사례를 수집하고 관리기준의 설정 방법에 대하여 연구개발을 더하여 본격적으로 막장면의 안전관리에 적용하고자 한다.

이와 아울러 본 시스템은 후대가 간편하고, 지반이나 구조물의 변위거동 원격 감시가 가능해 출입이 곤란한 법면이나 구조물 등의 동태 감시에도 활용이 가능하다고 판단된다.

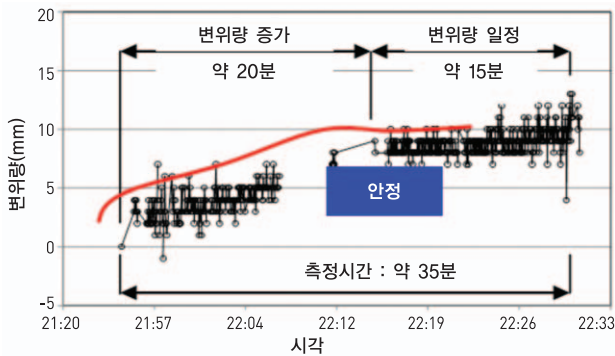
■ 계측결과와 고찰

[그림 5]는 경석응회암이 분포하는 상반 중앙부 막장면 (사진 7)에서 측정한 측정 데이터를 표시한 것이며, [그림 6]은 각각 Shotcrete 타설 완료 후 약 35분간의 변위량 변화를 표시한 것이다.

[그림 5]로부터 굴착에서 Shotcrete 타설 완료 시까지의 막장면의 거동이 연속적으로 계측되는 것을 알 수 있다. 또한 계측 개소에 타설 전·후 30mm 정도의 거리가 변화하고 있는 것으로 Shotcrete 두께관리에도 활용



[그림 5] 막장면의 경시 변화도



[그림 6] 막장면의 경시변화도(정 : 압출)

가능하다.

한편, [그림 5]의 계측 데이터에서 측정값이 크게 변동하고 있는 것은 레이저 거리계 설치 지점과 막장면 측정 사이의 작업자나 굴착 기계가 작업중에 기인한다. 본 시스템에서는 측정 데이터의 변동 한계치를 설정하고 그 한계값을 넘는 경우에는 계측 데이터를 자동적으로 폐기하는 기능을 가지고 있다. [그림 6]에는 Shotcrete 타설 완료 후 막장면의 변위량은 20분에 8mm 정도가 발생하였으며 이후 수렴하고 있는 것을 알 수 있다.

본 측정 단면에는 막장면의 변위량이 10mm 정도로 나타났으며, 막장면의 거동은 [그림 2]의 아래 그림과 같이 Case 2에 분류되어 측정 개소의 지반은 안정된 것으로 판단 가능하다.

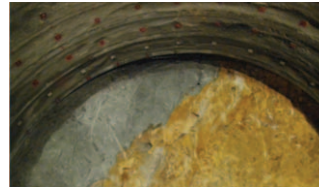
이상에서 막장면 붕괴 전에 비교적 큰 변위가 발생하는 연질지반에서는 막장면을 복수의 구역으로 구분하고 구역별로 변위량이나 변위 속도의 변화를 파악하여 안정성을 평가할 수 있음이 증명되었다.

미고결 사질지반의 사례

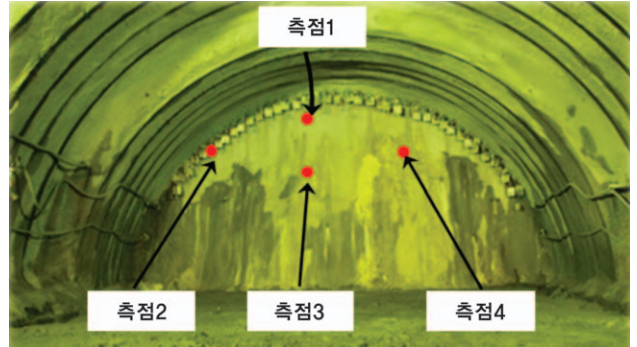
■ 적용 터널 현장의 개요

지하 수위 아래의 미고결 지반에서 지반 안정 대책으로 주입식 강관다단공법이 적용된 도로 터널에 대하여, 주입식의 막장면 거동 감시에 시험 적용하였다. 터널 공사의 개요는 다음과 같다.

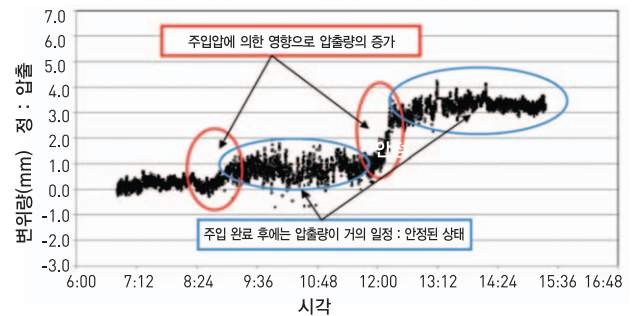
- 공사명 : ○○국도 터널공사



(사진 7) 상반 막장면 상황 : 경석응회암



(사진 8) 막장면의 감시 상황



[그림 7] 막장면의 경시변화도(측정 No. 3)

- 공기 : 2010년 2월 26일~2012년 2월 29일
- 터널 연장 : 전장 2,420m(상반 굴착 628m, 하반 굴착 690m)
- 굴착 단면 : 102m²

■ 계측결과와 고찰

막장면 추출량 계측은 (사진 8)과 같으며 지반 안정 대책공 시공중에 4대의 레이저 거리계를 이용하여 실시하였다. [그림 7]에는 측정 No. 3의 막장면의 경시변화도를 표시하였다.

Shotcrete 타설로 보강된 막장면은 우레탄계 주입재의 주입에 의하여 1mm 정도 압출된 후 일정 값으로 수

렴된 것을 알 수 있다. 특히 2차 주입 시에 2.5mm 정도 압출된 것을 알 수 있다. 이것으로 본 시스템이 지반 안정 대책공 시공중의 안정성 감시평가가 가능함이 증명되었다.

안전관리 및 품질관리 사례

■ ○○도시철도 2호선 ○○○공구 (안전, 품질)

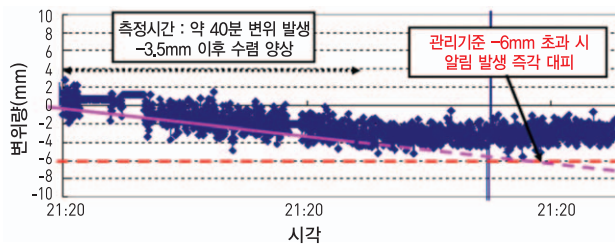


(사진 9) 막장면 관통 시의 감시 상황(굴진 방향)

연암~보통암 강도의 심한 풍화~보통 풍화 상태를 나타내는 터널에 대하여 지보공 설치 작업 시의 변위 양상을 측정하였다. 지보공 설치 작업 시 막장면 상부 켜기형 단층파쇄대 구간(사진 9), [그림 8]에서 -3mm 정도의 변위가 나타나 수렴 확인 후 이후 공정을 진행하였다.

만약, 지속적인 변위 발생으로 관리기준 초과 시에는 즉각 경보음이 발생하며, 이 경우 작업자들이 대피토록 안전교육을 실시하였다.

만약, 지속적인 변위 발생으로 관리기준 초과 시에는 즉각 경보음이 발생하며, 이 경우 작업자들이 대피토록 안전교육을 실시하였다.



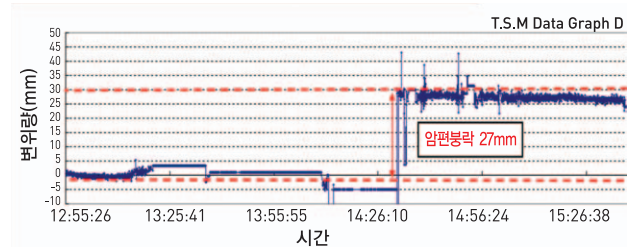
[그림 8] 막장면의 경시변화도(측정 No. 4)

■ ○○~○○ 간 도로건설공사(안전)

연암~풍화암 강도의 심한 풍화~보통 풍화 상태를 나타내는 터널에 대하여 강관다단 천공 작업 시의 변위 양상을 측정하였다. 강관다단 천공 시 천단부 압편 붕락(사진 10)으로 27mm 정도의 변위를 나타내었다. 압편 붕락 시 경보음이 발생으로 작업자들이 대피하였으며, 이로 인해 본 시스템의 효과를 입증하였다.



(사진 10) 강관다단 천공 시의 압편 붕락 전(좌)·후(우)



[그림 9] 막장면의 경시변화도(측정 No. 1)

■ ○○~○○ 간 도로 건설공사 ○○공구(안전, 품질)

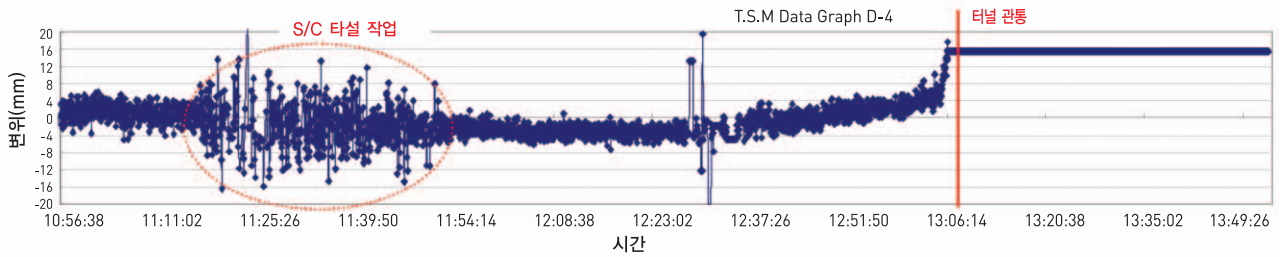
풍화암~풍화토 강도의 심한 풍화~보통 풍화 지반 상태를 나타내는 강관다단으로 지반 보강된 기계 굴착 터널에 대하여 터널 관통 시 굴진 막장면(사진 11) 및 굴진 반대 막장면(사진 12)을 측정하였다. 측정결과 굴진 막장면[그림 10]의 경우는 Shotcrete 타설 작업에 따라 -4mm 정도의 변위를 나타내었으며, 관통 시



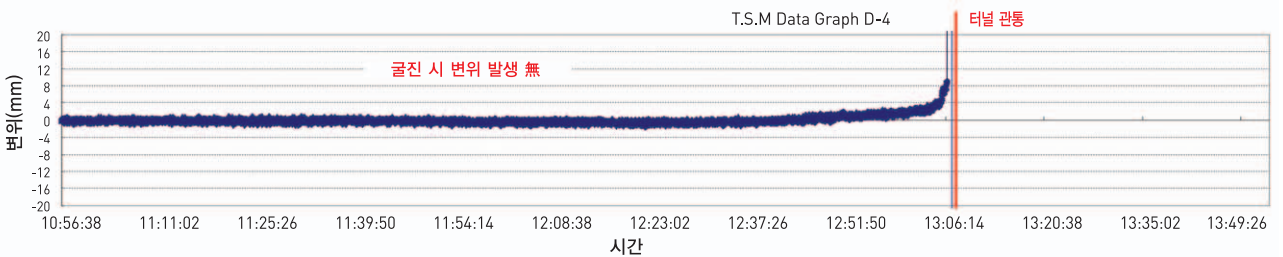
(사진 11) 막장면 관통 시의 감시 상황(굴진 방향)



(사진 12) 막장면 관통 시의 감시 상황(굴진 반대 방향)



[그림 10] 막장면의 경시변화도(굴진 방향)



[그림 11] 막장면의 경시변화도(굴진 반대 방향)

14mm 정도의 변위를 나타내었다. 굴진 반대 막장면 [그림 11]의 경우에는 수렴 경향을 보이다 관통 시 10mm 정도 변위가 발생하였다. 통상적으로 터널 관통 시 응력 해방으로 붕락사고가 빈번하게 발생하지만 본 시스템 적용이 안전 시공 및 품질 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단되었다.

맺음말

터널의 시공에 대하여 굴착 작업이 집중되는 막장면의 변위 거동을 상시 감시하고 그 안정성을 실시간 평가하는 것은 굴착공사의 안정성 향상을 위해 필요한 요소이다. 본고에서는 토목·건축공사의 측량에 사용되는 레이저 거리계를 이용하여 비교적 변위량이 큰 연질지반을 대상으로 막장면 안전관리 시스템의 개발 개요와 시험 적용결과를 서술하였다.

그 결과, 연질지반에서는 레이저 거리계를 이용하여 다점 동시 측측하고 변위량의 수렴 경향이나 변위 속도에 의거하여 막장면의 안정성평가 가능성을 확인하였으며, 평가를 토대로 터널 작업자들의 위험을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 향후 유사지반이나 상이한

암종에서의 적용 사례를 수집하고 관리기준의 설정 방법에 대하여 연구개발을 더하여 본격적으로 막장면의 안전관리에 적용하고자 한다.

이와 아울러 본 시스템은 휴대가 간편하고, 지반이나 구조물의 변위거동 원격 감시가 가능해 출입이 곤란한 법면이나 구조물 등의 동태 감시에도 활용이 가능하다고 판단된다. 🌸

참고문헌

- 시오타니·아오기·후지이, 미소 소음 사면 붕괴 예측 수법에 대한 기초연구, 토목학회논문집 No.523 / III - 32, p.163-173, 1996.
- 세타니, Non 타깃식 레이저 변위계를 이용한 터널 지반평가, 사도공업(주) 기술연구소 No.34 p.37-42, 2009.
- 사쿠라이, NATM의 현장 계측과 관리기준값, 지질과 기초 Vol.34 No.2, p.5-10, 1966.
- 후쿠소노, 표면 이동 속도의 역수를 이용한 강우에 의한 사면 붕괴 발생의 예측법, 토지붕괴 Vol.22, No.2, p.8-13, 1985.
- 테라시마·오가와·쿠마가이·마즈다·사케오가, 다점 동시 측측에 의한 막장면 안전감시 시스템의 개발과 불량 지반에 대한 시험 적용, 터널공학보고집 제20권, p.219-223, 2010.
- 케이앤씨컨설팅(주): 막장면 안전관리 시스템의 시험 시공보고서, p.5-50, 2012.

핀란드 산업보건연구원(FIOH)을 다녀와서

필자는 공동연구 과정으로 2012년 1월부터 2013년 1월까지 1년간 핀란드 산업보건연구원(FIOH; Finnish Institute of Occupational Health)에 다녀왔다. 본고에서는 핀란드 및 FIOH에 대한 간단한 소개를 비롯하여 핀란드의 산업 구조, 산업안전보건 관련 제도, 산재 현황 등에 대해서 통계자료와 함께 설명하고 필자의 경험과 소감을 간단히 소개하고자 한다.



서동현 과장
산업안전보건연구원
안전경영정책연구실

핀란드는 어떤 나라인가?

미국의 월간지 『리더스 다이제스트』에서는 지난 2007년도에 핀란드를 세계에서 가장 살기 좋은 나라로 선정하기도 했다.

우리나라에서는 핀란드라고 하면 사우나와 자작나무에서 나오는 자일리톨(Xylitol) 그리고 노키아(Nokia)가 많이 알려져 있다. 실제로 핀란드에는 아파트를 포함한 대다수의 집에 사우나가 설치되어 있고 그 수는 200만 개가 넘는 것으로 추정되고 있으며(Statistics Finland), 가장 흔한 나무 중의 하나가 자작나무이고 마트에서는 다양한 자일리톨 껌을 판매하고 있다. 한편, 유명한 비디오 게임인 앵그리버드(Angry Birds)를 제작한 로비오(Rovio Entertainment Ltd.)의 본사도 핀란드에 있다.

핀란드의 면적은 우리나라의 3배 정도이지만 인구는

1/10 수준이다. 우리나라와 비슷하게 전 국토의 70% 이상이 삼림지역이기 때문에 도심지역을 벗어나면 끝없는 숲이 이어지고, 사람을 만나기가 쉽지 않다.

핀란드는 자원이 많지 않으며 토지가 척박하고 열악한 기후 조건(1년의 반 정도가 겨울) 때문에 사람을 최고의 자원으로 생각하고 교육에 많은 투자를 하고 있다. 대학교는 물론 대학원까지도 무상교육이 이루어지고 있는 나라이며, 유학생을 포함한 외국인도 학비가 면제된다. 핀란드가 OECD에서 3년마다 실시하는 PISA(Programme for

〈표 1〉 한국과 핀란드의 기본 현황

구분	핀란드	한국
면적(2011)	303,890 km ²	97,100 km ²
삼림 면적 비율(2011)	72.9%	64.0%
인구(2012)	541만명	5,000만명
인구밀도(2011)	18 명/km ²	513 명/km ²
GDP(2012)	2,500억 USD	11,300억 USD
GNI per capita(2012)	46,940 USD	22,670 USD

* 자료 출처 : Worldbank homepage, <http://data.worldbank.org>

International Student Assessment) 테스트에서 1위를 한 사실은 우리나라에도 익히 알려져 있다.

FIOH는 어떤 기관인가?

FIOH는 1945년에 설립된 핀란드의 산업보건연구원으로 사회복지보건부(Ministry of Social Affairs and Health)로부터 예산 승인을 받고 있다. 예산의 약 50% 정도는 정부로부터 받고 나머지는 자체 수익 사업을 통해 조달하고 있다. FIOH에는 약 800여 명의 직원이 근무하고 있는데 그 중 연구인력은 700여 명에 이르고 있어 유럽을 넘어 세계 최고 수준의 산업안전보건 관련 연구 기관 중 하나라고 할 수 있다. 인구가 5,000만명인 한국의 산업안전보건연구원이 1989년도에 설립되어 현재 약 140명의 인력이 근무하고 있는 것과 비교하면 FIOH가 산업안전보건 분야에서 얼마나 큰 연구 기관인지 알 수 있다.

핀란드는 고령화 사회로 들어감에 따라 노동력이 부족하게 되어 사업장의 안전과 보건을 개선시켜 근로자가 더 오랜 기간 동안 일할 수 있도록 노력하고 있다. FIOH에서는 이것을 경영전략체제에 반영하여 직장에서의 웰빙(Well-being at work)을 위한 연구와 노력을 기울이고 있다. 즉, FIOH의 경영전략은 좋은 작업장에서 근로자가 열정을 갖고 더 오랜 기간 일을 할 수 있도록 하는 것에 초점이 맞춰져 있다.

핀란드의 산업 구조

핀란드의 근로자는 약 240만명 정도이며(Statistics Finland, 2010) 이들 중 68%가 서비스업에 종사하고 7%가 건설업, 22%가 제조업, 3%는 농업·임업에 종사하는(Elinkeinoelämän keskusliitto, 2011) 것으로 조사되었다.¹⁾

가장 위험한 산업 중 하나인 농림·어업의 비율은 한국이 핀란드보다 약 2배 정도 높게 나타났고, 제조업 비율은 핀란드가 한국보다 높게 나타났다.

핀란드의 산업안전보건법

핀란드에서 산업안전 관련 법규가 처음으로 도입된 것은 1889년이다.

산업안전보건법(Occupational Safety and Health Act)은 EU 지침(the directive of the European Union)에 기반을 두고 있으며, 법의 기본 원리는 작업장에서의 위험성평가와 산업안전개선계획이다. 법의 목적은 모든 위험을 예방하는 것이며 사업주는 위험예방에 대한 주된 의무가 있는 것으로 되어 있다(Finlex, 2002).²⁾

핀란드의 산재보상보험체계

핀란드의 재해보험은 보험법에 근거를 두고 있다. 모든 임금 종사자에게 산재보험이 적용되며 자영업자는 자발적으로 보험에 가입할 수 있다. 사업주는 13개 보험사 중 하나를 선택할 수 있다(Tynkkynen, 2012).

산업재해가 발생했을 때 재해자는 감독기관에 신고해야 하고 사업주는 보험회사에 보상 요구를 해야 한다. 보험회사는 사업주에게 재해자의 임금을 보상하며, 재해자에 한해 핀란드의 공식 통계는 이처럼 보상이 결정된 것을 기초로 작성된다.

한편, 농민만을 위한 별도의 보험회사인 농민사회보험기관(Farmers' social insurance institution)이 있는데 이 기관은 약 7만명의 핀란드 농민의 의무연금과 고용산재보험을 관리한다(Mela).³⁾

1) 2011년 통계청 자료에 의하면 우리나라의 근로자 약 2,370만명 중에서 69%가 서비스 산업에 종사하고 7.3%는 건설업, 17.5%는 제조업, 5.2%가 농업·임업·어업에 종사하는 것으로 나타났다. 2012년 말 기준 산재보험 적용 대상 근로자는 약 1,555만명이었다.

2) 우리나라는 1953년에 근로기준법에 산업안전보건 기준이 포함되었고, 1981년에 독립법인 산업안전보건법이 제정되었다.

3) 우리나라의 산재보험 적용 대상은 근로자 1인 이상 고용(사용)하는 모든 사업장이다. 그러나 상시 근로자 수가 5명 미만인 농업·임업(벌목업 제외)·어업·수렵업 등과 2,000만원 미만 소규모 건설 현장, 자영업자 등은 적용 대상에서 제외되고 있다(근로복지공단 홈페이지).

핀란드의 산업재해

2010년도에 핀란드에서의 산업재해는 13만 5,009건이 발생했는데 이 중 4일 이상 요양을 요하는 재해는 6만 1,211건이었다. 자영업자 및 농민을 제외한 임금 근로자의 재해자 수(4일 이상 요양)와 사망자 수는 각각 4만 4,971명과 33명으로 재해율(근로자 100명 당 재해 건수)은 2.1%, 사망만인율은 0.16이었다. 이 수치는 출·퇴근 중 교통사고에 의한 재해 건수는 포함하지 않고 있다<표 2>.⁴⁾

〈표 2〉 한국과 핀란드의 재해 현황

구분	핀란드(2010년)*	한국(2012년)**
재해자 수	44,971	92,256
재해율	2.1%	0.59%
사망자 수	33	1,864
사망만인율	0.16	1.2

* Statistics Finland, http://www.stat.fi/til/ttap/2009/ttap_2009_2011-11-30_en.pdf : 농민과 자영업자를 제외한 임금 근로자만 대상으로 함. 사망자 수 및 사망만인율은 통근 중 교통사고를 제외함

** 고용노동부 보도자료, 2013. 3. 26 : 산재보험에 가입된 근로자만을 대상으로 함. 사망자 수 및 사망만인율은 사업장 외 교통사고, 체육 행사, 폭력 행위 제외

핀란드의 안전보건 경험 및 소감

한 번은 눈 내리는 겨울에 FIOH 직원들과 함께 건설현장을 방문한 적이 있는데 직원들은 안전모와 안전화는 기본이고 보안경까지 준비하는 등 방문 전부터 안전에 많은 신경을 쓰는 모습이었다. 그 모습에 굳이 보안경까지 준비할 필요가 있겠는가 싶었다. 물론 안전 관련 연구원이라서 특히 더 신경을 쓰겠거니 하고 추측했지만 현장을 직접 방문했을 때 그 이유를 깨닫게 되었다. 한국의 건설 현장과는 다르게 안전모와 안전화 외에 보안경까지 반드시 착용해야 현장을 방문할 수 있었다.

또한, 더욱 놀라웠던 것은 공사중인 실내의 작업 현장이었다. 밝은 눈이 내리는 영하의 날씨였지만 작업중인



핀란드의 건설 현장에서는 안전에 대한 투자를 확실하게 하고 있다.

근로자들은 대부분이 반팔 셔츠 차림으로 일하고 있었다. 공사중인 건물 외부에는 덮개를 설치하고 내부에서는 히터를 별도로 가동하면서 임시 작업등을 여러 개 설치하여 작업장 온도와 조도를 사무실 수준으로 유지하고 있었다. 실내의 전기 설비는 안전장치가 부착된 것들만 설치되어 있었다.

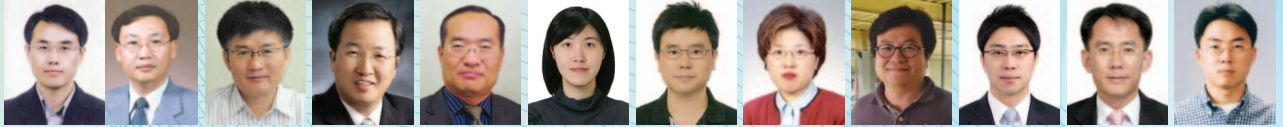
핀란드에서의 건설 현장 방문은 일종의 문화적 충격이었다. 인간의 생명을 지키기 위해 안전에 투자하고 그에 따른 공사 기간의 길어짐을 당연하게 받아들이는 그런 문화에 대한 부러움이 스쳐지나갔다. 🌸

참고문헌

- Elinkeinoelämän keskusliitto, (2011). The industries in Finland, the share of national production. 12.9.2011/rak2/jka/EKI Talousgraafit, (in Finnish)
- Finlex, (2002). Työturvallisuuslaki, 23.8.2002/738. Law of occupational safety. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>, (in Finnish)
- Mela, <http://www.mela.fi/en/>
- Statistics Finland, Buildings and summer cottages, http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_asuminen_en.html
- Tynkkynen, M. (2012). Statutory accident insurance system in Finland. Helsinki: Federation of Accident Insurance Institutions.

4) 우리나라의 2012년도 재해율은 0.59%, 사망만인율은 1.2로 발표되었는데 한국의 재해율이 핀란드보다 낮지만 사망만인율은 한국이 핀란드보다 7배 이상 높게 나타났다.

이번 호 필자 여러분께 감사드립니다



정진우 차장정 고용노동부 성년고용노동지청
갈원모 학장 교수 (사)대한산업관리학회 을지대학교 보건환경안전학과
이명구 교수 을지대학교 보건환경안전학과
강경인 교수 고려대학교 건축사회환경공학과
최돈홍 부장 안전보건공단 경기북부지회
박현희 차장 산업안전보건연구원 직업건강연구센터
김갑배 차장 산업안전보건연구원 직업건강연구센터
박미진 박사 (주)두산 사업부문 부장
김신범 실장 노동환경건강연구소 화학물질센터
이석원 책임연구원 삼성전자 건강연구소
김영배 대표이사 케이엔씨컨설팅주식회사
서동현 과장 산업안전보건연구원 안전경영정책연구소

독자 여러분의 원고를 모집합니다

안전보건 연구동향 OSH RESEARCH BRIEF

산업안전보건과 관련된 최신 국내·외 학술정보, 제도 및 정책 등의 다양한 내용과 흐름을 제공하고 있는 『안전보건 연구동향』에서 독자 여러분의 원고를 기다립니다. 우리나라 산업안전보건 발전을 선도하기 위해 여러 분야의 전문가들과 공유하고 싶은 내용이 있으시면 언제든지 원고를 보내주십시오. 편집위원회의 심의를 거쳐 게재 여부를 결정하고, 게재된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 드립니다. 원고를 보내주실 때는 소속 및 연락처를 꼭 기입해 주시기 바랍니다.

! 보내실 곳 !

인천광역시 부평구 무네미로 478(구산동) 안전보건공단 산업안전보건연구원 안전경영정책연구소
『안전보건 연구동향』 담당자 앞 • e-mail : brief@kosha.net

! 문의사항 !

원고 및 본문 내용과 관련한 문의사항은 안전보건공단 산업안전보건연구원 안전경영정책연구소로 연락하시면 됩니다.
• 담당자 : 서동현 과장 Tel. (032)5100-903

산업재해 예방을 위한 인터넷 및 우편교육 안내

한국산업안전보건공단 교육원에서는 사업장 근로자, 관리감독자 및 안전 보건관계자 등에 대한 교육을 통하여 산업재해예방에 기여하고자 인터넷 및 우편교육 과정을 운영하고 있습니다.

인터넷 직무교육(산업안전보건법에 의한 의무교육)

- 교육대상 : 안전보건관리책임자, 안전관리자, 보건관리자
- 학습기간 : 1개월(수시접수 가능)
- 신청방법 : 직무교육센터 홈페이지(dutycenter.net)
- 수료시 혜택(산업안전보건법 제32조 관련) : 수료증 발급 및 법정교육시간 인정
- 과정소개

과정	시간	교육비	과정 특징
안전보건 관리책임자	신규 6	44,000원	인터넷 교육만으로 법정교육 이수 가능
	보수 6	44,000원	
안전관리자	신규 12/34	65,000원	법정교육 이수시간 중
보건관리자	보수 8/24	47,000원	일부를 인터넷으로 수강

• 교육 이수 시기 :

최초 선임일 기준 3개월 이내에 신규교육 이수
(이후 매 2년마다 보수교육 이수)

이러닝콘텐츠 보급사업

- 교육대상 : 이러닝 지원 시스템 구축 사업장
- 공단 보유 콘텐츠 : 810차시(제조, 건설, 서비스, 학교안전 등)
- 비용 : 차시별 15만원(제공기간 1년)

인터넷 교육

- 교육대상 : 사업장 근로자 및 관리감독자 중 희망자
- 학습기간 : 1개월(매월 1일 개강)
- 교육비 : 3만원
- 신청기간 : 매월 25일까지 접수(11월 15일 마감)
- 신청방법 : 이러닝센터 홈페이지(safetyedu.net)
- 수료시 혜택(산업안전보건법 제31조 관련) : 관리감독자 정기교육(연간 16시간) 인정
- 과정소개

과정	구성	주요 내용
정규	직무기본 과정 또는 전 공분야 추천 과정 중 1개 과정 선택	업종 또는 직종별 특성에 알맞은 과정을 선택하여 시간과 장소의 제약없이 온라인상에서 자율학습
맞춤	사업장 특성에 알맞게 16시간 과정 설계하여 운영	

※예비산업인력 및 안전문화 과정은 무료로 운영

우편교육

- 교육대상 : 사업장 근로자 및 관리감독자 중 희망자
- 학습기간 : 2개월(매월 1일 개강)
- 교육비 : 3만원
- 신청기간 : 매월 15일까지 접수(10월 15일 마감)
- 신청방법 : 이러닝센터 홈페이지(safetyedu.net)
- 수료시 혜택(산업안전보건법 제31조 관련) : 관리감독자 정기교육(연간 16시간) 인정
- 과정소개

과 정	내 용	학습 방법
기계안전 전기안전 화공안전 건설안전 산업보건	업무 특성에 맞는 과정을 선택 하여 학습	작업 특성별로 집필, 발행한 우편교육 교재를 매월 1권씩 수령하여(총 2권) 자율학습 (매월 1회 온라인 평가 포함)

문의 1644-5656

인터넷, 우편 : <http://www.safetyedu.net> 이러닝센터
인터넷 직무 : <http://www.dutycenter.net> 직무교육센터

산업재해예방
안전보건공단



행복한
대한민국을 여는

정부 3.0

[개방 · 공유 · 소통 · 협력]

국민의 기대와 희망을 모아 새로운 변화를 시작합니다.
국민 한 분 한 분을 위해 특별한 내일을 준비합니다.
개인의 행복이 커질수록 함께 강해지는 새로운 대한민국
그 희망의 새 시대를 정부3.0이 함께 열어가겠습니다.



국민 모두가 행복해지는 정부3.0



공공정보 공개확대로
「국민의 알권리」 충족



국민의
정부정책 참여확대



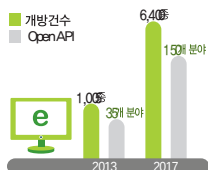
정부 내 칸막이 제거로
통합적 행정서비스 제공



개인맞춤형 서비스 제공



정보 취약계층
서비스 접근 제고



공공데이터 민간활용으로
새로운 일자리창출



정보공유와 디지털협업으로
더 나은 행정서비스 제공



데이터에 기반한
과학적 행정구현



창업과 기업활동
지원 강화



새로운 정보기술을 활용한
맞춤형 서비스 제공