

건설현장 화학물질의 위해도 평가에 관한 연구

양홍석 · 권영준 · 김수근 · 김장화 · 최상준 · 김용규 · 임형준 · 이강복 · 강경식

1. 서 론

건설업은 70년대 해외건설공사부분에서 비약적인 발전을 이루어 우리나라 고도 경제성장에 크게 기여한 바 있다. 그러나 건설업이 국민경제에 큰 비중을 차지하면서 성장 발전하여온 이면에는 산업재해의 다발에 의한 많은 인명의 손실과 재산상의 피해가 있었다.

건설업은 토지 위에 자본과 자재 및 노동력을 투입하여 반영구적인 구조물을 건축하는 산업으로서 복잡하고 다양한 생산구조와 단계를 가지고 있다. 건설업은 제품을 생산한 후 이를 소비자에게 판매하는 제조업과는 달리 소비자의 주문과 요구에 따라 생산하는 주문생산산업으로 수요의 불안정성이 높은 편이다. 또한 생산구조나 생산시설은 다른 산업에 비하여 규모가 매우 크며, 최근의 건설공사는 신기술, 신공법이 적극 도입, 적용되고, 건물구조물 자체가 점차 고층화, 대형화 추세에 있어 일시에 많은 인원을 동원하고 사용설비도 복잡 다양화됨에 따라 위험요소도 복잡화, 다양화 되고 있다.

건설현장에서는 여타 제조업 공정에 비해 다양한 작업이 이루어지고 있는 만큼, 여러 유해요인에 노출될 가능성이 높고 그로 인한 직업병 발생 위험이 훨씬 높으나 제조업과는 달리 공정이 수시로 바뀌고 작업인원이 유동적이며 공사규모가 대형화, 고층화, 심층화되고 있는 실정이고 열악한 작업환경과 또한 외부작업, 교통장애, 인근 구조물, 지하구조물 등의 산재예방의 위험이 동반되는 악조건이 항상 상존하고 있다.

산업안전보건법에 건설업의 작업환경측정은 2004년도부터 의무 시행되도록 규정되었으나 그 진행이 제대로 되지 않고 있다. 2005년도 초에 노말렉산에 의하여 외국인 근로자에게 발병된 직업병인 앓음뱅이병(다발성신경장애)은 유해물질의 사용에 따른 공학적, 관리적 대책의 미비 및 근로자 교육의 미흡에 기인한 것이나 작업환경측정제도에 대한 불신도 증폭시킨 계기가 되었다. 이러한 계기로 구성된 작업환경측정 혁신위원회에서는 작업환경측정분야에 기존의 단순한 측정이 아닌 작업환경평가의 개념을 접목해 위해도 평가의 실시를 노동부에 건의한 바 있다. 이 제도는 현재 노동부에서 입법 검토되고 있다.

건설업에 대한 작업환경 평가를 위해서는 건설업의 특성상 제조업과 같은 일정한

제품을 만들지 않고 계약에 의해 특정한 건물이나 구조물, 도로 등을 한정된 기간 내에 주문 생산 하는 것으로 보기 때문에 현장마다 그 특성이 매우 다르다는 점과 시간에 따라 사용하는 재료와 장비, 인적 구성이 달라지므로 노출 특성도 변한다는 점을 고려해야 한다.

본 연구에서는 이러한 건설업의 공정 및 직종의 다양성과 시간적 변이의 특수성을 고려할 때 기존 제조업 중심의 작업환경 평가 방법을 활용하여 실측 조사를 수행하는 데는 한계가 있다고 판단하며 실측조사 자료를 축적하기 보다는 건설업 작업자들의 유해요인 노출에 영향을 주는 변수들(공중 특성, 취급물질, 노출경로, 작업특성 등)을 문헌조사와 현장 방문조사를 통해 수집 정리하는데 주력하고자 하였다. 따라서 본 연구에서는 첫째, 공중 및 직종별 특정 유해요인에 대한 노출실태와 안전사고 및 질병 사례 등을 문헌 및 조사결과를 이용하여 정리하고 둘째, 건설업의 특성을 고려한 작업환경 중 위험도 평가의 방법론을 고찰함으로써 향후 추가 연구 및 관리의 방향을 제시하고자 한다.

2. 연구 목적

본 연구에서는 건설현장의 건강위험요인 발생 실태를 조사하여 정리 하고, 이에 대한 대책으로서 건설업체에 대한 산업보건관리 방안을 제시하고자 하는 것이다. 즉, 건설현장에 필요한 보건관리에 관한 전반적인 내용을 정리하여, 건설현장의 보건관리란 무엇인가에 대한 답을 제시하고자하는 것이다. 이를 위하여 다음과 같은 구체적인 목적을 가지고 연구를 수행하고자 한다.

- 건설공사를 수행하는 건설업체와 건설근로자들의 사회적 특성을 파악하여 새로운 건설보건제도를 제안하고 실효성을 확보하기 위한 근거로 활용한다.
- 건설현장의 건강위험요인의 발생 실태(특히 화학적 인자에 대한 광범위한 정보를 수집한다)를 이론 및 실제 조사를 통하여 조사하여, 건설근로자의 건강문제 발생을 예방하고 위험요인을 제거할 수 있는 제도적 방안을 제시하는 근거로 활용한다.
- 건설현장 화학물질의 노출평가 모델을 제시하고 건설현장에서 실효를 거두기 위해서 기본적으로 필요한 '건설업체에 대한 보건관리 지침'을 작성하여 건설현장 보건관리방안을 제시한다.

따라서 본 연구 결과를 통하여 생산되는 성과물은 첫째 건설보건 제도화 방안, 둘째 건설공사현장의 주요 보건관리대상으로서 유해위험요인의 발생 실태 파악 및 정리, 셋째 건설공사 현장의 위해도 평가방안이다.

3. 연구내용 및 방법

본 연구의 내용은 앞에서 언급된 3가지 주요 연구 성과물을 생산하기 위한 이론적 고찰과 실제 현장조사를 하는 것에 대한 내용으로 되어 있으며, 특히 3분야와 관련된 현재까지의 이론적 고찰 결과를 중심으로 기술하면서 본 연구과정을 통해서 보다 구체적으로 달성해야 할 내용들을 확인하는 것으로 하였다.

구체적 연구 내용과 방법은 다음과 같다.

1) 건설현장 산업보건 실태조사

○ 건설현장의 방문조사를 통해 작업공정별 유해인자 및 작업환경실태조사 실시

2) 건설 근로자 산업보건관리 방안 마련

○ 건설현장의 유해물질에 대한 노출평가 모델을 제시한다.

4. 건설업의 유해요인

미국 산업안전보건연구원(NIOSH)에서는 주택 현장에서 최소한 77가지의 독성 물질이 존재하고 있음을 보고하였다. 작업자의 흡입 노출로 인한 유해요인으로서는 석면, 실리카, 납, 용접 흠, 루핑용 타르나 아스팔트 흠, 유기용제, 내연기관의 배출가스 등이 있고, 피부를 통해서 건강에 피해를 주는 요인으로서는 시멘트, 유기용제, 에폭시 수지, 물질과 도구를 다룰 때의 피부 손상 등을 들 수 있다. 현대의 건설공사에는 페인트, 접착제, 마루방수제, 목재방부제 등의 사용이 증가하고 있다. 이와 같은 화학물질에 오염된 건설현장에서 일하는 건설근로자들은 건강상에 큰 피해를 입을 수 있다. 그러나 건설현장에서 사용되는 많은 화학물질들은 집에서 사용하는 경우가 많아서 그 위험성을 제대로 인지하지 못하는 경우가 많다. 물리적 유해요인으로서는 불편한 자세와 중량물의 인력운반, 인간공학적으로 설계되지 않은 도구, 반복동작, 소음, 국소 진동과 전신진동, 전기 쇼크, 고열과 한랭, 방사선, 안 좋은 기후조건, 고압 하에서의 작업 등을 들 수 있다. 이렇게 건설업 작업자는 다양한 유해요인에 노출될 위험성을 갖고 있으나 현재까지 건설 근로자에게 연구된 노출 자료는 상대적으로 매우 적다.

본 연구에서는 건축공사를 중심으로 공종별 조사를 실시하였고 시설물에 따라 공종의 차이는 있으나 기본적으로 건축공사는 건물해체공사, 가설공사, 토공사, 기초공사, 거푸집공사, 철근공사, 콘크리트공사, 방수공사, 조적공사, 미장공사, 견출공사, 마감공사의 공정으로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 일반적인 건축공사의 공종 단계와 함께 유해물질에 노출이 이루어지는 직무군과 각 공종별로 발생하는 유해인자에 대하여 조사하였다.(표 1참조)

공 정 명	주요직무군	발생유해인자	비 고
건물해체공사	operator, 관리감독자	석면,분진,소음진동	
가 설 공 사	보통인부,비계공,건축기술자	근골격계질환	
토 공 사	장비운전공,보통인부,건축기술자	소음,분진(디젤,시멘트),용접흠	
기 초 공 사	건설기계운전사,보통인부	콘크리트분진,소음	
거 푸 집 공 사	보통인부,비계공,크레인기사	오일미스트,콘크리트분진	박리제
철 근 공 사	철근공,크레인기사	소음,중금속분진,근골격계질환	
콘크리트공사	보통인부,콘크리트공	6가크롬,유기용제	양생촉진제
방 수 공 사	방수공,미장공	소음,실리카분진,아스팔트흠, 유기용제	아스팔트방수공법
조 적 공 사	조적공,줄눈공,보통인부	6가크롬,	모르타르
미 장 공 사	미장공,보통인부	6가크롬,근골격계질환	
건 출 공 사	건출공,형틀목공	콘크리트(실리카)분진,소음	
마 감 공 사	타일공,창호목공,도장공,샷시공, 절단공등	유기용제	타일 공사, 창 호 공 사, 샷 시 공 사, 도 장 공사등

표1. 건축공사공종별 주요직무군과 발생유해인자

5. 건설업 근로자에게 적합한 노출평가 모델

사업 현장 노동자들의 유해요인에 대한 노출량은 발생 유해요인의 크기(농도 또는 세기)와 노출시간의 함수로 결정된다.

$$E(\text{exposure}) = C(\text{concentration or intensity}) \times T(\text{time})$$

전통적으로 작업 현장 노동자들의 노출평가는 1일 8시간, 주 5일 작업을 기준으로 반복적인 유해요인의 노출량을 대표할 수 있는 값(TWA, Time-Weighted Average), 즉 8시간 TWA를 구하기 위해 실시되었으며 가장 일반적인 측정 전략은 무작위로 추출한 날에 하루 8시간 동안 하나, 혹은 둘 이상의 시료로 연속적인 노출량을 측정하는 것이다. 이렇게 측정된 값은 해당 사업장의 반복적인 노출량의 대푯값으로 활용되고 동일한 근거에 의해 만들어진 노출기준(OEL, Occupational Exposure Limit)과 비교하여 노출수준을 평가하게 된다. 그러나 이러한 측정전략은 노출량에 영향을 주는 노출 농도와 노출시간의 변이가 크지 않는 경우에만 적합하며 작업 상황에 따라 대푯값으로 평가하기에는 한계가 있다.

따라서 노출평가 방법은 유해요인의 농도와 작업자의 노출기간에 대한 특성에 따라 접근전략이 달라진다(그림 1).

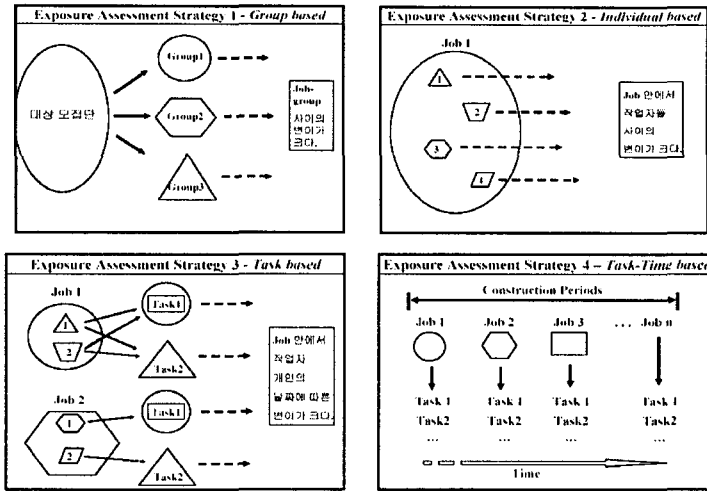


그림 1. 직업적 유해요인 노출평가 방법 비교

(1) Group-based sampling strategy

작업공정이 연속적이고 매일 반복적인 경우에는 해당 공정 작업자들을 하나의 유사 직무군(Job)으로 분류하고 직무군 중 무작위 표본 추출을 통해 전체 작업시간(Full-shift)동안 노출평가를 수행하는 Group-based sampling strategy를 활용한다. 일반적인 제조업에 적용하고 있는 방법이라고 할 수 있다.

(2) Individual-based sampling strategy

만약 하나의 직무군(공정)에서도 작업자 개개인이 맡은 업무가 다르다면 동일 공정에서 일을 하지만 노출수준은 작업내용에 따라 서로 다를 수 있다. 이러한 경우에는 직무군내에서 표본추출 방식으로 노출평가를 수행할 수 없으며, 각 개개인이 하나의 직무군으로 분류하여 개별적인 노출평가를 수행하는 Individual-based sampling strategy를 활용할 수 있다. 대개 제조업의 유지보수 업무를 수행하는 부서에 대한 노출평가 방법으로 활용할 수 있다.

(3) Task-based sampling strategy

하나의 직무군내에서 각자 수행하는 단위작업이 동일하거나 다르면서 작업계획서에 따라 매일 수행하는 내용이 다른 경우가 있다. 가장 복잡한 직무형태라고 할 수 있는데, 이 경우에는 직무군 내 전원에 대한 전수조사를 수행한다고 하더라도 언제 수행했느냐에 따라 완전한 노출평가를 수행하는데 한계를 갖게 된다. 이러한 경우에는 작업자가 수행하는 단위작업(Task)이 노출을 결정하는 가장 중요한 변수가 되며 동일한 단위작업을 수행하는 작업자는 유사한 수준의 노출위험이 있다고 할 수 있다. 따라서 이런 경우에는 단위작업이 수행되는 단위시간에 대한 노출평가를 수행하고 각 작업의

빈도와 주기를 고려하여 작업자의 노출평가를 수행하는 Task-based sampling strategy를 활용해야 한다.

(4) Task-Time-based sampling strategy

건설업의 경우에는 Task-based sampling strategy를 적용해야 하는 특징과 함께 작업장소와 공정 자체가 유동적이라는 특징을 고려해야 한다. 즉, 건설업은 하나의 공사를 중심으로 보면 일괄식(Batch type) 공정이며, 한 공사의 진행방식을 고려하면 연속적인 공정이라고 할 수 있다. 또한 공사의 흐름에 따라 서로 다른 직무군이 투입되는 특징이 있다. 따라서 건설업에 대한 유해요인 노출평가를 하나의 사업장 규모로 수행하기 위해서는 건설업체가 수주하여 실시하는 한 공사의 전체 기간과 그 기간 동안의 공사 현장을 하나의 사업장이라고 이해할 수 있고, 이 사업장에서 작업하는 직무군은 동일 시간대에 모두 존재하는 것이 아니라 공사 진행에 따라 필요에 의해 투입되기 때문에 전체 공사 흐름을 각 단계별로 개별 공정으로 나누고 각 공정에 투입되는 직무군의 종류와 특성을 분류한 후 각 직무군이 수행하게 되는 단위작업별로 유해요인에 대한 노출평가를 수행해야 한다.

5.1 건설업의 작업 특성과 노출평가 전략의 관계

건설업에 대한 유해인자 노출평가 방법에 대해 미국의 근로자 권익보호 센터(Center to Protect Workers' Rights)의 Susi 등은 1995년에 T-BEAM(Task-based exposure assessment model) 방법을 제안한바 있고 이 모델에 근거하여 각 건설 공정 및 유해인자별로 노출평가를 수행해 오고 있다. T-BEAM의 근본적인 문제의식은 건설업이 갖고 있는 작업특성에 따른 노출량의 변이가 매우 크다는 것이며 이러한 변이의 구성요소로 다음과 같은 세 가지를 고려하고 있다.

(1) 하루 중 작업변이(Within-day task variability)

하루 중 작업변이는 크게 두 가지의 형태로 발생 가능하다. 첫째는 유사한 작업을 간헐적으로 서로 다른 시간동안 하루에 진행하는 경우이고, 둘째는 서로 다른 작업을 하루중 간헐적으로 수행하는 경우이다. 이러한 작업 상황에서의 노출특성은 장시간 동일한 수준으로 노출되지 않고 작업의 종류와 각 작업이 실시되는 시간에 따라 동일한 유해요인에 노출된다 하더라도 단위별 노출량은 매우 큰 차이를 갖게 된다. 이러한 상황을 무시하고 8시간 TWA 측정방법으로 평가를 하면 경우에 따라서는 평균값은 매우 낮은 수준으로 평가될 수 있다. 그러나 유해요인의 종류에 따라서는 dose-rate effect를 갖는 경우 총 누적 노출량 보다는 노출기간동안 얼마나 순간적으로 많은 양에 노출되는가가 생리학적인 독성영향에 큰 영향을 주게 되는데 이러한 영향을 평가

하기 위해서는 8시간 TWA 측정방법으로는 한계가 있으며 단위 작업 중심의 평가가 수행되어야 한다.

(2) 동일 사업장 내 작업변이(Within-job task variability)

동일 사업장 내 작업변이는 동일 직종의 작업자가 날짜가 변함에 따른 수행하는 작업의 종류 혹은 작업량의 변이(day-to-day variability)를 말한다. 이는 동일 직종의 작업자가 직접 수행하는 작업의 종류와 양이 날짜에 따른 차이로 인해 발생하기도 하지만 공사기간이 진행됨에 따라 다른 직종이 투입되고 자신이 일하는 주변에 다른 직종의 작업에 의해 또 다른 유해요인에 추가적인 노출(bystander exposure) 가능성도 포함되는 개념이다.

(3) 사업장 이동에 따른 작업변이(Between-job task variability)

건설업은 다단계 하청에 의해 계약되는 경우가 많으며 개별 작업자도 1년 내에 여러 곳의 공사현장에서 작업을 하는 경우가 많다. 이런 경우 동일 직종을 갖고 있는 작업자라 하더라도 공사 현장이 어디냐에 따라 해당 현장의 공사 형태와 진행률에 따라 수행하는 작업이 달라지게 되며 이러한 변이를 between-job task variability라고 할 수 있다.

이렇게 건설업은 일반적인 제조업과 달리 노출량의 대푯값을 측정하기 위해 매우 다양한 변이의 요인을 고려해야 한다. T-BEAM은 이러한 변이들을 고려하여 단위 작업을 기본 측정단위로 하여 전체 평균적인 대푯값을 추정하기 위해 개발된 개념이다. 그러나 T-BEAM 방법을 적용하기 위해서는 정해진 도구가 있는 것이 아니고 각 건설 공정과 작업방법, 취급 물질 및 관리방법 등 다양한 변수들을 고려하여 각 상황에 맞게 개발되고 평가되어야 한다.

5.2 T-BEAM의 활용도

T-BEAM 방법은 단순히 건설업이 갖고 있는 작업의 변이를 고려하기 위한 측정방법이라기 보다 건설업 작업자들의 유해요인에 대한 노출평가를 정확히 함과 동시에 측정에서 끝나지 않고 어떻게 관리하고 개선할 것인가를 파악하기 위한 목적도 갖고 있다. 즉 어떠한 시간과 작업상황에서 특정 유해요인에 가장 노출 위험이 큰가를 파악 함과 동시에 그러한 노출위험을 크게 만드는 작업방식과 상황이 무엇인지에 대한 정보도 얻게 된다는 것이다. 이러한 정보는 건설 노동자들에게 보다 정확한 안전보건 교육(intervention)과 훈련 프로그램을 개발하는데 도움이 된다. 또한 유해요인에 대한 노출량을 줄이기 위해 사용된 관리 도구가 있다면 T-BEAM 방법을 통해 해당 관리대책이 효율적인지 문제는 무엇인지 등을 파악할 수도 있다.

건설업 노동자들의 노출평가 전략에 있어 T-BEAM이 갖는 중요성은 바로 여기에 있다. 건설업은 그 다양성과 유동성으로 인해 노출평가도 힘들지만, 그만큼 안전보건에 대한 관리와 개선도 힘든 산업이기 때문이다. 따라서 기존의 8시간 TWA 방법으로 접근할 경우 측정한 날의 8시간 평균값은 얻을 수 있지만 그 값이 높게 나올 경우 대책을 수립하는 데는 큰 한계를 갖고 있는 것이다.

5.3 T-BEAM 활용에 필요한 기초정보

건설업 노동자에 대한 T-BEAM의 제안과 활용은 1990년대 초반 미국 노동자권익 보호센터(Center to Protect Workers' Rights, CPWR)에서 주도하여 제안하고 있다. CPWR의 Pam Susi는 건설업에 대한 T-BEAM 활용을 위해서는 기본적으로 다음과 같은 7가지 기초 자료수집이 필수적이라고 제안하였다.

(1) 작업자에 대한 기초정보 기록(Record keeping)

평가 대상 작업자에 대한 기초적인 이름, 나이, 성별 등의 정보와 함께 참여하고 있는 공사명과 공사의 성격 및 직종의 구분 등을 포함하게 된다(그림 2). 이러한 기초 정보는 향후 T-BEAM을 이용한 평가 자료를 역학조사에 활용하거나 직업병 발생에 대한 원인 조사 등에도 활용될 수 있다.

• 이름:	주민번호:
• 직업분류코드:	
• 사업주명:	
• 공사구분(Sector):	
• 공사명(Project):	
• 일자:	나이:
• 성별:	전화번호:
• 기폭자:	

그림 2. 작업자에 대한 기초정보 기록 항목 예.

(2) 단위작업 기술(Task description)

T-BEAM의 가장 핵심적인 내용은 어떠한 단위작업 및 작업 요소들로 구성되어 있고 어떤 단위작업에 어떠한 물질이 취급되고 위험성이 있는지에 대한 자세한 분석이라고 할 수 있다. 따라서 단위작업을 기술할 때는 <그림 3>과 같이 주요작업(major task)을 먼저 구분하고 해당 주요작업에 대한 세부작업(task elements)으로 구분하여

• 주요 작업명:						
• 작업 번호:	비디오/슬라이드 번호:					
세부작업	번호	작업자수	도구 형태	도구명	취급물질	작업시간

그림 3. 단위작업 기술 항목 예.

각 작업단위 세부 번호를 명시하여 이후 조사되는 정보를 각 번호에 기초해 연결하게 된다. 단위작업 기술 부분은 T-BEAM의 가장 핵심되는 부분이며 가능한 세부적인 작업단위로 구분하여 각 작업단위에 대한 작업형태와 취급 도구, 물질, 작업시간, 작업자 수 등 자세한 정보를 파악해야 한다. 이 작업을 보다 효율적으로 수행하기 위해 비디오 촬영 기법을 활용하기도 한다.

(3) 노출정보(Exposure data)

앞서 단위작업에 대한 세부적인 정보를 정리하게 되면 각 단위작업별로 노출 위험인자에 대한 측정을 실시하게 되고 측정결과에 대한 최종 농도를 정리하는 단계이다. 여기서 가장 중요한 것은 노출정보의 측정 농도는 반드시 앞에서 기술한 단위작업 기술 정보에서의 작업번호와 연결되어야 한다는 점이다(그림 4).

작업번호	경제적 노출경로	분석대상 물질	시료번호	농도	단위

그림 4. 노출정보 기록 항목 예.

(4) 측정 및 분석 정보(Sampling and analytical data)

측정 및 분석정보는 노출정보를 얻기 위해 산업위생 전문가들에 의해 작성되는 기술적인 단계라고 할 수 있으며, 크게 공기 중 화학물질에 대한 채취 시료와 고형 혹은 작업대와 구조물 표면 시료 등으로 구분 할 수 있다. 세부적인 기술 항목의 예는 <그림 5>에 제시하였으며 가장 중요한 점은 T-BEAM의 핵심 요소인 단위작업 기술에서 정해진 작업번호를 중심으로 연결하여 기록한다는 점이다.

인기운 시료:

작업번호	시료번호	시료구분 (거말/지예)	판트번호	시료채취 위치	유형	시료채취 시기	측정방법

고형(Bulk) / 표면(Water) 시료:

작업번호	시료번호	시료구분 (고형/표면)	발생원	매트릭스 (도장/물)	분석대상물질	농도	단위

그림 5. 측정 및 분석 정보 기록 항목 예.

(5) 주변 동료에 대한 정보(Bystander data)

건설업의 위험요인 노출 특성 중 하나는 동일 현장에서 다양한 직종의 작업자들이 공간적으로 동일한 곳에서 작업이 이루어질 수 있다는 점이다. 따라서 본인 작업이 아닌 주변 동료의 작업 내용에 따라 추가적인 위험요인에 노출될 가능성이 있다. 이러한 영향을 bystander effect라고 할 수 있으며 직종의 특성상 bystander effect를 무시할 수 없는 경우도 있기 때문에 반드시 주변 동료들의 직종과 작업자 수, 작업 정보 등을 기록할 필요가 있다(그림 6).

작업번호	발생원으로부터 거리	Bystander 직종	주변 작업자수	시료채취 여부	시료번호

그림 6. Bystander 정보 기록 항목 예.

(6) 보호시설 및 환경 정보(Control/environmental data)

작업자의 노출위험성을 줄일 수 있는 보호조치(공학적 환기설비, 개인보호장비 등)에 대한 정보와 작업공간의 특성(실내, 외)에 대한 정보등을 기술해야 한다(그림 7). 이러한 정보는 노출평가 결과에 대한 해석과 관리 대책 마련을 위해 활용하게 된다.

• 환기설비형태:	작업공간 : 실내 / 실외
• 밀폐정도 : 1면 / 2면 / 3면 / 4면 / 5면 / 전체	
• 초음보조구 형태:	(착용 / 미착용)
• 보호구 착용점검 상태:	
• 보호구 카트리지 교체주기 :	
• 보호장갑 형태 :	(착용 / 미착용)
• 보호의 형태 :	(착용 / 미착용)
• 특별한 작업승려 :	

그림 7. 보호시설 및 환경 정보 예.

(7) 노출력(Exposure history)

노출력 자료는 두 가지 측면에서 매우 중요한데 하나는 건설 노동자의 개인적인 노출력과 동일 직종의 노출력 정보를 파악하고 현재의 평가 결과와 연결지어 해석한다는 점이며, 다른 하나는 단위작업에 초점을 두었을 경우 해당 작업에 대한 빈도와 시간에 대한 정보를 기록함으로써 유사 직종 및 해당 작업에 대한 기초 노출 정보를 기록한다는 측면이다(그림 8)

- 작업번호:
- 시료 채취한 날 작업시간:
- 연평균 해당 작업 비율:
- 1년 중 해당 직종으로 고용된 기간:
- 해당 직종으로 고용된 총 기간:

그림 8. 노출력 조사 항목 예.

6. 결론

6.1 단순한 노출농도 측정이 아닌 위험성평가제도를 도입해야 한다.

개별적인 위해도 평가제도는 매우 다양하지만 유럽지침에서 기본원리로 채택함으로써 알려지기 시작한 위해도 평가제도는 기본적으로 i)유해성 파악(hazard identification), ii)위해성 평가(risk assessment), iii)위해성 관리(risk control), 3가지 요건으로 구성되며, 이를 한마디로 위험관리(risk management)로 표현할 수 있다. 여기에 근로자 또는 유해·위험과 관련된 당사자에게 위해성을 고지 또는 정보제공(risk notice or informing)하는 것과 근로자의 참여를 포함시키는 확장된 개념이 '위해도 평가제도'라고 할 수 있다. 이러한 위해도평가제도가 기존의 작업환경측정제도의 접근법과 다른 점은 평가에 머무르지 않고 관리에 중요성을 둔다는 점과 외부 전문가 혹은 한, 두명의 안전보건 전문가에 의한 평가가 아닌 현장 근로자 모두의 참여를 강조하고 있다는 점이다.

건설업의 화학물질에 대한 노출평가 제도로써 위해도평가제도의 접근법이 필요한 가장 큰 이유는 여기에 있다. 제조업과 같이 공정의 변화가 크지 않고 작업자의 이동이 적은 경우에는 정기적인 작업환경측정 결과를 이용해 안전보건관리자를 통한 관리가 비교적 가능하지만 건설업은 전체 공사기간 동안 계속 다른 직종과 다른 유해인자들이 발생하기 때문에 유해요인에 대한 측정의 접근법만을 고려한다면 전체 공사기간동안 측정만 하다가 결국 공사가 종료되기 때문에 측정은 측정으로 끝날 뿐 공사기간동안 유해·위험요인 관리로는 연결되지 않게 된다. 그렇다면 위해도 평가제도의 형태로 평가한다는 것은 어떤 것을 의미할까? 최근 국제노동기구(ILO)에서는 특히 중소규모 사업장을 대상으로 쉽게 활용 가능한 화학물질 노출평가 및 관리 도구로서 'Control Banding'을 제안하였다. ILO가 제시한 평가 도구는 화학물질의 특징 중 작업자의 노출(특히 흡입노출)량에 영향을 줄 수 있는 화학적

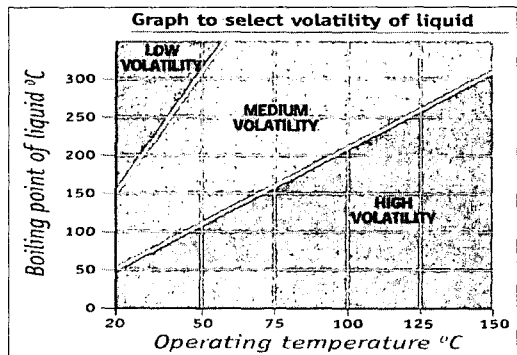


그림 9. 끓는점과 공정온전 온도에 따른 액체의 휘발성구분

성질인 끓는점과 공정 가동 온도와의 관계를 <그림 9>와 같이 비교하여 간단히 휘발성의 저, 중, 고 그룹으로 구분하고 그 물질의 사용량과 유해성 정보를 조합하여 <표 2>와 같은 평가 도구를 제시하였다.

ILO의 평가 도구의 가장 큰 특징은 화학물질의 유해성과 화학적 특성, 사용량 등을 조합하여 위험등급(risk index, RI)을 나누었고 각 위험등급을 하나의 띠(band)라고 할 때 각 band 마다 필요한 최소한의 관리 대책수준을 구분하여 제시하고 있다는 점이다 (표 3 참조).

표 2. ILO 위험성평가 도구의 예

1일 사용량	중발가능성 "저"	중발가능성 "중"	중발가능성 "고"
유해성 그룹 I : 급성독성(치명), 피부, 눈 자극초래 화학물질			
mL	RI I	RI I	RI I
L이하	RI I	RI I	RI II
m3 이하	RI I	RI I	RI II
유해성 그룹 II : 급성독성 초래(치명, 전신독성) 화학물질			
mL	RI I	RI I	RI I
L이하	RI I	RI II	RI II
m3 이하	RI I	RI II	RI III
유해성 그룹 III : 급성독성 초래(치명, 전신독성), 피부, 눈, 호흡기자극, 감각 화학물질			
mL	RI I	RI II	RI II
L이하	RI II	RI III	RI III
m3 이하	RI II	RI IV	RI IV
유해성 그룹 IV : 급성독성 초래(치명, 전신독성), 동물 발암성, 생식독성 화학물질			
mL	RI II	RI III	RI III
L이하	RI III	RI IV	RI IV
m3 이하	RI III	RI IV	RI IV
유해성 그룹 V : 변이원성, 인간 발암성, 호흡기감작 화학물질 그룹 V의 경우 위험 등급은 RI IV로 간주한다.			

표 3. ILO 위험등급별 관리대책 수준(ILO chemical control toolkit)

위험등급	대책
RI I (위험 매우 낮음)	<ul style="list-style-type: none"> - 일반적인 예방조치 원칙 준수(general principles) - 병이나 드럼을 일정 장소에 보관
RI II (위험낮음)	<ul style="list-style-type: none"> - 일반적인 예방조치 원칙 준수(general principles) - 환기가 되는 작업대, 부스에서 취급(ventilated workbench or cupboard) - 액체물질을 운반 이송할 때 컨베이어에 의한 이동 - 반응기에 물질을 투입할 때 드럼이나 병에 있는 들어있는 물질을 체결하여 투입 - 반응기에 드럼을 드럼뎀프로 체결하여 투입 - 액체와 액체를 혼합
R III (위험 중간)	<ul style="list-style-type: none"> - 일반적인 예방조치 원칙 준수(general principles) - 그룹박스(일종의 포위식)에서 취급(ventilated workbench or cupboard) - 국소배기장치에 의한 제거 - 반응기에 드럼을 드럼뎀프로 체결하여 투입 - 액체와 액체를 혼합
R IV (위험 높음)	<ul style="list-style-type: none"> - Toolkit이 제공할 수 있는 일반적인 예방조치 보다는 전문가의 컨설팅이 필요 - R IV의 경우 발암성을 갖거나 천식을 일으키는 등의 심각한 건강영향을 미칠 수 있는 물질, 혹은 안전한 노출 기준을 설정하기 힘든 물질에 적용시킬 수 있음 - 또한 공기 중으로 쉽게 노출될 수 있고 심각한 건강영향을 미칠 수 있는 화학물질을 대량으로 사용할 경우가 이에 해당될 수 있으며 따라서 전문가의 컨설팅이 절대적으로 필요함 - 가능한 한 좀 더 안전한 물질로 대체할 수 있는지 여부를 판단하는 것이 중요하며 그렇지 못할 경우 엄격한 관리 대책을 강구해야 함

ILO의 control banding 접근법은 기존의 작업환경 중 화학물질의 농도를 장비를 이용하여 측정을 통해 평가하는 것에 앞서 해당 사업장을 관리하는 책임자 혹은 현장 작업자 스스로가 취급하는 물질의 목록을 만들고 해당 물질의 화학적 성질과 사용 실태를 파악하는 것 만으로도 위험성을 정성적으로 평가하고 관리 도구와 비교함으로써 필요한 관리대책을 수립할 수 있도록 한다는 점에서 현재의 국내 작업환경측정제도와 의 차이라고 할 수 있으며 건설업의 상황을 고려할 때 적용가능한 방법일 것이다.

2. 노출평가의 기술적 접근 방법은 T-BEAM을 활용해야 한다.

건설업에 대한 화학물질 노출평가는 장기적인 측면에서 위해도평가제도의 접근법을 고려할 때 가장 필요한 내용은 다양한 건설 직종과 공종을 대상으로 취급물질에 대한 목록화와 사용량 및 유해성에 대한 정보 등을 수집하는 것이다. T-BEAM은 작업자의 공기 중 노출수준을 정량적으로 평가함과 동시에 위해도평가에 필요한 기타 정보를 함께 수집하여 평가하도록 접근할 수 있는 방법이다. 기존 선진국의 평가 사례에서 검토하였듯이 건설업 노동자들의 존재 근거라고 할 수 있는 직종별 고유한 기술(skill), 즉 단위작업에 기초하여 유해·위험요인을 평가하고 관리방안을 모색하는 것이 가장 적합한 접근 방법이라고 할 수 있다. 따라서 국내의 건설업 노동자에 대한 화학물질 유해·위험요인 평가의 기술적 첫 접근 방법은 원칙적으로 T-BEAM의 원리와 방법을 활용하는 것이 타당하다고 판단된다.

3. T-BEAM 적용을 위한 현행 제도의 문제점

현재 건설업 노동자들에 대한 화학물질 유해·위험요인 평가의 법적 근거는 산업안전보건법 제42조 작업환경측정 규정이다. 2003년도부터 옥내 사업장으로 작업환경측정 대상 사업장을 제한시켰던 규정이 개정됨으로써 건설업도 측정대상 사업장에 포함되게 되었다. 그러나 실제 작업환경측정이 실시되고 있는 국내 건설현장은 한 곳도 없는 실정이다. 이는 제도에 대한 홍보 미비나 시공 사업주와 현장 노동자들의 의식 부족으로 인해 측정이 실시되지 않기 보다는 현행 제도가 건설업의 특성에 잘 맞지 않기 때문이다. 현재의 작업환경측정제도는 작업공간의 이동이 작고 날짜에 따른 노출 변이가 크지 않은 제조업에 적합한 방식이며, 8시간 full-shift 평균 노출량을 측정하고 노출기준과 비교 평가하도록 하고 있다. 이러한 전통적인 평가 방식은 앞서 기술하였듯이 건설업의 특성을 고려할 때 매우 불가능하거나 매우 제한적으로만 평가가 가능한 방법이다.

또한 현행 작업환경측정 제도는 그 시행 결과를 이용하여 특수건강검진 대상자를 선별하는데 활용하고 있어 측정과 검진이 연계되어 작동되는 시스템을 갖고 있다. 그러나 현재 건설업에서는 현재의 작업환경측정제도 자체가 적합하지 않을뿐더러 현행

제도도 유명무실화되어 시행되고 있지 않기 때문에 측정과 검진을 연계하여 사고할 경우 건설 노동자들의 건강검진을 이용한 보건관리 방안은 시행 자체가 불가능하게 된다. 따라서 건설업은 측정을 통한 사업장 안전보건 관리를 위한 예방조치와 건설 노동자들의 검진을 통한 예방조치를 분리하여 접근 할 필요가 있다.

결론적으로 현행 산업안전보건법의 작업환경측정 규정을 통해서도 건설업 노동자의 화학물질에 대한 위해도 평가 방법으로 T-BEAM을 활용한 위해도평가제도의 접근법을 활용할 수 없다. 따라서 현행 산업안전보건법과는 별도의 건설업에 적합한 안전보건특별규정 마련이 선행되어야 한다.

7. 제언

현재 우리나라의 건설업에 대한 안전보건 제도와 유해·위험요인 평가를 위한 기술적 수준은 상당히 낮은 수준이라고 할 수 있다. 따라서 선연적인 작업환경평가를 법적 틀을 이용하여 규정한다고 해서 실효성 있게 작동될 가능성은 매우 낮다. 이에 장·단기적 대책으로 구분하여 다음과 같은 과제를 수행해야 한다고 판단된다.

▶ 단기적 과제

단기적으로는 건설업의 다양한 직종과 공종 중 취급되는 화학물질 중 가장 위험성이 높은 발암성 물질을 중심으로 집중적인 취급 실태와 노출실태를 T-BEAM 방법을 활용하여 조사하고 단위 작업별 평가 기준과 관리대책을 개발해 나가는 것이다. 선진국의 선행 연구결과와 현장 조사 결과를 종합할 때 시급하게 조사와 관리가 필요한 물질 및 대상 공종을 정리하면 <그림 10>과 같다.

- 석면
 - 건축물 해체 / 산업 플랜트 대보수작업(TA)
- 벤젠
 - 건설 공사 도장 공종 / 산업플랜트 대보수작업(TA)
- 아스팔트 흙
 - 건설 공사 지붕잇기 공종 / 도로 포장
- 실리카
 - 건설 / 토목 공사
- 6가 크롬
 - 건설 공사 콘크리트공, 미장공 등
- 소음

그림 10. 가장 시급히 평가가 필요한 유해요인 및 공종.

▶ 장기적 과제

건설업에 대한 화학물질의 위해도 평가 결과 적절한 관리대책을 수립할 수 있고 사업장 단위에서 스스로 평가하고 점검할 수 있도록 제도화 하는 것이 장기적인 과제라고 할 수 있다. 이를 위해서는 <그림 11>에서와 같이 단계적인 접근이 필요하다. 우선 노동부 혹은 한국산업안전공단 내에 건설업에 대한 위해도 평가를 총괄할 수 있는 주무기구가 필요하며, 위에서 언급한 단기적 과제의 결과들을 데이터베이스화하고 축적된 결과

- 건설업 위해도 평가를 총괄하는 주무 기구 필요
(예: 산업안전공단 내부 건설안전지원국)
- 공공기관 및 외부 전문가를 이용한 용역사업으로 유해성이 매우 큰 유해물질 위주로 T-BEAM을 활용한 노출 실태 조사를 통한 데이터 구축
- 구축된 데이터 베이스를 통한 주요 공종별 평가 대상 직업과 물질, 평가 기준 및 관리 대책 등을 개발/보급
- 건설 관련 특별규정 신설을 통해 '건설 유해 공종에 대한 위해도 평가' 의무화

그림 11. 건설업 위해도 평가 제도마련을 위한 단계적 접근.

를 분석하여 평가기준과 관리대책 등을 개발 보급하며 건설관련 특별규정을 신설하여 실효성 있는 평가 제도와 관리대책, 평가 기준이 개발되면 사업주 스스로 책임지고 위해도 평가를 통해 현장을 관리할 수 있도록 해야 한다. 그러나 이러한 구체적 제도가 실행되기까지는 공공기관 혹은 연구용역 등을 통해 그 내용과 실태에 대한 선행조사가 절실히 필요하다고 할 수 있다.

8. 참고 문헌

작업환경측정제도 혁신위원회, 작업환경측정제도혁신(안), 2005. 11.

최재욱, 건설업 근로자의 작업환경유해요인 및 보건관리실태 평가연구, 1998.

통계청. 한국표준산업분류 http://www.nso.go.kr/newnso/standard/industry/ind_info.html 2005년 10월 14일 접속)

통계청. 2004년 기준 건설업통계조사 결과. 2005.

통계청. 2004년 경제활동 인구조사. 2004.

통계청. 2003년 건설업통계조사. 2004.

<http://www.cdc.gov/clcosh/index.html>

International Labour Office: ILO Chemical Control Toolkit Draft Guidelines (<http://www.ilo.org/safework>), 2003

Susi P, Goldberg M, Barnes P, et al.; The use of a task-based exposure assessment model (T-BEAM) for assessment of metal fume exposures during welding and thermal cutting. *Appl Occup Environ Hyg* 2000;15:26-38.

Susi P, Schneider S.; Database needs for a task-based exposure assessment model for construction. *Appl Occup Environ Hyg* 1995;10:394-8.

Susi, P.; Schneider, S.: Database Needs for a Task-Based Exposure Assessment Model for Construction. *App Occup Environ Hyg* 1995;10:394-399.