

## 건설업 직종별 노출 가능 유해인자 및 노출강도에 관한 평가

박현희\* · 김세동

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

### Evaluation on Probability and Intensity of Hazards Exposure by Construction Occupations

Hyunhee Park\* · Sedong Kim

Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA

#### ABSTRACT

**Objectives:** Construction workers are exposed to various hazardous substances simultaneously. However, little is known about the exposure hazards in construction industry. This study was aimed at identifying the risk of exposure hazards among construction workers.

**Methods:** The expert survey (n=29) was conducted, including construction industry health managers (n=11) and work environment monitoring experts (n=18), on exposure probability, intensity and risk of hazardous substances by construction occupations

**Results:** The exposure hazards of 30 construction occupations were identified and summarized through a literature review and expert survey. The most prevalent hazards were in order of noise, awkward posture, heat/cold, crystalline silica, cement/concrete dust, metal fumes, and volatile organic compounds. The hazards with highest risk score(over seven points) at construction occupations were noise(formwork carpenter, concrete finisher, rebar worker, demolition worker, driller/rock blaster), hazardous rays(welder), heat/cold (earthworks, formwork carpenter, rebar worker, concrete placer, scaffolder), awkward posture(bricklayer, caulker/tile setter, rebar worker) and heavy lifting(bricklayer, rebar worker). Among construction workers, the job types with the highest risk of exposure to carcinogens, and in which occupational cancer has been reported, were in order of stonemason, concrete finisher, rock blaster, welder, insulation installer, painter, scaffolder, plant worker and earthworks in order

**Conclusions:** Systematic research and discussion on occupational disease among construction workers and its various hazardous factors are needed to establish job exposure matrix for facilitating standard for promptly processing the workers' compensation.

**Key words:** construction worker, hazard probability, intensity, risk of occupational cancer

#### I. 조사개요

건설업은 다른 산업과 비교하여 노동의존도가 매우 높은 산업이다(Shim et al., 2012). 국내 건설근로자 규모를 고용노동부 산업재해 현황에서 살펴보면, 2021년 기준 약 2,378,751명으로 전체 근로자 19,378,565

명의 약 12.3%를 차지하였고, 업무상 질병자는 3,055명으로 전체 업무상 질병자 20,435명의 약 15%를 차지하였다(MoEL, 2022a). 건설업의 업무상 질병 만인율은 2012년 2.4‰에서 2021년 12.8‰로 급격히 증가하여, 전 산업의 업무상 질병 만인율 10.55‰(2021년)를 초과하였다(MoEL, 2013; 2022a). 최근 업무상

\*Corresponding author: Hyunhee Park, Tel: 010-5065-9835, E-mail: bioaerosol@kosha.or.kr  
400, Jongga-ro, Jung-gu, Ulsan, 44429, Republic of Korea

Received: July 5, 2023, Revised: August 10, 2023, Accepted: September 14, 2023

 Hyunhee Park <http://orcid.org/0000-0003-1506-9505>

 Sedong Kim <http://orcid.org/0000-0001-8691-3545>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

질병 인정에 있어 상병, 직종, 근무 기간 등을 충족할 경우 업무 관련성이 강한 것으로 판단할 수 있는 추정 의 원칙(고용노동부 고시 제2022-40호)이 적용되었다(MoEL, 2022b), 이에 따라, 전 산업의 업무상 질병이 증가하였는데, 특히, 작업장 이동이 많아 증거자료 제출에 어려움이 있었던 건설근로자의 업무상 질병 인정이 크게 증가하였다.

건설근로자는 다양한 유해인자에 복합적으로 노출되는 특성이 있는데, 노출되는 유해인자 중 산화귀소 결정체, 디젤엔진배출물, 아스팔트 흙, 석면, 납, 금속 흙, 및 휘발성 유기화합물은 발암성 및 생식독성이 있는 물질로 알려져 있으며(Jarvholm B, 2006), 직업성 암으로 인한 사망자 중 석면, 산화귀소 결정체, 다환방향족 탄화수소, 도장작업으로 인한 폐암 발생의 절반 이상은 건설근로자에게서 발생한다는 보고가 있었다(Rushton L et al., 2007). 국외 연구에서는 과거부터 건설업 근로자가 일반 업종의 근로자와 비교하여 암, 호흡기 질환, 근골격계질환(Arndt V et al., 2005) 및 피부종양, 접촉성 피부염(Stocks SJ et al., 2010) 등의 발생이 높다는 보고가 있었다. 특히, 건설근로자의 직업성 암에 관련한 문헌이 다수 보고되었는데, 폐암(Keller et al., 1993; Nakagawa et al., 2000; Koskinene et al., 2002; Sun et al., 2002; Arndt et al., 2004; Dement et al., 2009; Stocks et al., 2011; Calvert et al., 2012; Consonni et al., 2015; Lacourt et al., 2015), 호흡기계암(Arndt et al., 2005; Wang et al., 2016), 피부암(Hakanson et al., 2001; Koskinene et al., 2002; Stocks et al., 2011), 석면에 의한 악성 중피종(Dement et al., 2009; Jarvholm et al., 2014), 혈액암(Hakanson et al., 2001), 방광암(Farzaneh et al., 2017; Zatisu et al., 2019), 전립선암, 기타 위암, 간암, 인후두암, 부비동암(Binazzi et al., 2015) 등이 보고된 바 있다.

국내에서도 건설근로자공제회 퇴직공제 DB를 활용하여 직종별 건강 영향에 대한 분석을 실시하는 건설업 종사자 코호트 연구가 수행되었으며, 연구 결과, 건설근로자의 업무 관련성이 높은 질환으로 악성종양(호흡기계 및 석면 관련 암), 호흡기질환(만성폐쇄성폐질환, 간질성폐질환, 진폐증, 석면폐증, 흉막판, 조경, 미장, 용접원 등 일부 직종의 천식 등), 근골격계질환(만성 퇴행성 질환), 손상 및 중독 등이 공무원 대비 높은 발생률을 보였다(Kim et al, 2022). 또한 건강 영향은 직종에

따라 상이하였는데, 폐암, 만성폐쇄성폐질환 및 호흡기 등의 악성신생물은 조경공, 방수공, 건축목공에서 평균 발생률이 높았고, 진폐증과 석면폐증은 석공, 파킨슨병은 조경공, 보통인부, 방수공에서 높았으며, 무릎 관절염, 회전근개 증후군, 경추 등 추간판 장애 및 척추증은 미장공, 조적공 등에서 높다고 하였다(Kim et al, 2022).

그동안 건설근로자들의 작업 관련성 질환 및 건강 증상에 대한 연구는 다수 보고되었으나, 직종별 주요 작업에서 노출되는 유해인자에 대해서는 거의 알려져 있지 못하였다. 이번 연구에서는 건설업 주요 직종을 대상으로 노출 유해인자, 노출량, 노출 인구분율을 조사하여 유해 위험도를 추정하고, 직종별 노출 유해인자가 발생하는 주요 단위작업을 파악하고자 하였다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 전문가 설문조사

#### 1) 조사 대상

건설업 보건관리자 및 작업환경측정 전문가를 대상으로 건설업 직종별 노출 유해인자, 노출량, 노출분율에 관한 설문조사를 2020년 6월부터 7월 중 실시하였다. 전문가는 건설보건학회의 추천으로 선정된 11명의 건설현장 보건관리자와 건설현장 측정 경험이 있는 산업위생관리기사 18명(총 29명)으로 구성하였다. 조사 대상 건설 직종은 건설근로자공제회에서 발간한 건설근로자 종합실태조사(CW, 2016)에서 건설근로자의 전반적인 현황을 살펴보기 위해 나눈 32개 대표 직종 중 유해인자 노출에 특이성이 없는 보통인부, 작업반장 등을 제외한 27개 직종(①토공, ②도로포장공, ③형틀목공, ④건축목공, ⑤조적공, ⑥미장공, ⑦견출공, ⑧방수공, ⑨코킹타일공, ⑩석공, ⑪도장공, ⑫철근공, ⑬철골공, ⑭콘크리트공, ⑮창호/창호목공, ⑯비계공, ⑰내장/유리공, ⑱배관/보온공, ⑳철거공, ㉑기계설비공, ㉒설비공, ㉓건설기계 운전원, ㉔조경공, ㉕용접공, ㉖전공, ㉗전기공, ㉘내선전공)에 업무상 질병 발생이 많았던 ⑲플랜트공, ⑳잠수공, ㉑착암/발파공을 추가하여 30개 직종(Appendix 1)으로 하였다.

설문조사 내용은 직종별 (1) 노출 가능한 유해인자 (2) 노출량(노출기준 또는 노출기준의 의미에 따라 상당하는 농도의 10% 이하, 10-50% 이하, 50-100% 이하, 100% 초과) (3) 해당 직종에서 작업속련도 등을 고려하

여 유해인자에 실제 노출되는 작업자 인구분율(10% 이하, 10-50% 이하, 50-75% 이하, 75% 초과) (4) 노출 가능 유해인자의 주요 발생 작업을 작성하도록 하였다. 유해인자는 문헌조사(Thiene & Spee, 2008; Lee et al., 2011)를 통해 선정한 화학적 인자(13종: ①석면, ②시멘트/콘크리트분진, ③산화규소 결정체, ④금속 흡, ⑤6가크롬, ⑥납, ⑦이소시아네이트류, ⑧유기용제류, ⑨일산화탄소, ⑩목분진, ⑪목재방부제, ⑫디젤엔진배출물, ⑬아스팔트 흡), 물리적 인자(5종: ⑭소음, ⑮진동, ⑯유해광선, ⑰이상기압, ⑱폭염/한랭), ⑲생물학적 인자, 근골격계질환 유발인자 (2종: ⑳중량물 취급, ㉑부적절한자세)를 대상으로 하였다

2) 자료분석

건설업 직종별 유해인자 노출 가능성(exposure probability) 점수는 평가 대상자(29명) 중 해당 유해인자에 노출 가능하다고 표시한 응답 수를 퍼센트(%)로 환산하여 산출하였다. 유해인자별 노출량(exposure intensity)은 10% 미만은 1점, 10-50%는 2점, 50-100%는 3점, 100% 초과는 4점으로 환산하였고, 노출 인구분율(exposure proportion)은 10% 미만은 1점, 10-50%는 2점, 50-75%는 3점, 75% 초과는 4점으로 환산하였다.

직종별 유해인자의 노출량과 노출 인구분율 설문에 모두 응답한 전문가의 노출량과 노출 인구분율 점수를 서로 곱하여 전문가 개인별 노출 위험(risk) 값을 구하고, 이를 평균하여 직종별 유해인자 위험( $\Sigma risk/n$ )을 산출하였다. 노출위험은 낮음(2점 이하), 보통(2점 초과-4점 이하), 높음 (4점 초과-9점 이하), 매우 높음(9점 초과)으로 분류하였다.

2. 건설업 직업성 질병 발생 분석

국내 건설업 근로자의 업무상 질병 승인 자료(근로복지공단, 2009-2018년)를 산업안전보건공단 산업재해 현황통계 DB에서 추출한 후(KOSHA, 2020), 작업 관련성 질환(work-related disease)을 제외한 직업병(occupational illness) 610건에 대해서 직종별로 발생 현황을 분석하였다. 데이터베이스에 세부적인 직종 분류 구분이 없어, 재해 개요를 통해 파악한 주요 작업 내용을 통해 Appendix 1의 직종별 작업내용과 가장 근접한 직종을 구분하여 분류하였다. 직종은 설문조사에 활용한 30개 직종과 단순노무, 관리자 및 구분되지

않는 기타 직종을 포함하여 분류하였다. 직업성 질병은 산업재해통계 DB에서 작성된 분류에 따라 물리적 유해인자(소음성 난청, 열사병, 고기압에 의한 질병, 진동장애), 생물학적 유해인자(미생물에 의한 감염성 질환), 화학적 유해인자(직업성 암, 석면질환, 피부질환, 유기화합물, 유기용제류, 수은, 벤젠, 독성간염, 천식, 크롬)에 의한 질병으로 분류하였다.

III. 결 과

1. 전문가 설문조사 결과

1) 직종별 노출 가능 유해인자 평가

전문가 29명이 표시한 직종별 노출 가능 유해인자 21개에 대해 빈도수가 높은 순서를 살펴보면, 소음, 부적절한 자세, 폭염·한랭, 중량물 취급, 산화규소 결정체, 시멘트/콘크리트 분진, 진동 등 순으로 많았다. 전문가 29명이 각 직종별 유해인자에 대해 노출 가능하다고 응답한 수를 백분율(%)로 나타내면 Table 1과 같다. 각 직종별 노출 가능성이 50% 이상인 유해인자를 높은 순으로 살펴보면 다음과 같다. 토공(소음, 산화규소 결정체, 진동, 폭염/한파), 도로포장공(시멘트 분진, 산화규소 결정체, 아스팔트 흡, 폭염/한파, 소음), 형틀목공(소음, 목분진, 부적절한 자세, 폭염/한파, 중량물 취급, 시멘트 분진), 건축목공(소음, 목분진, 부적절한 자세, 중량물 취급), 조적공(시멘트 분진, 산화규소 결정체, 중량물 취급, 소음, 부적절한 자세), 미장공(시멘트 분진, 산화규소 결정체, 부적절한 자세, 소음), 견출공(소음, 시멘트 분진, 산화규소 결정체, 부적절한 자세, 진동), 방수공(유기용제류, 이소시아네이트류, 시멘트 분진, 소음), 코킹/타일공(시멘트 분진, 산화규소 결정체, 유기용제류, 부적절한 자세), 석공(소음, 산화규소 결정체, 중량물 취급), 도장공(유기용제류, 이소시아네이트류), 철근공(소음, 부적절한 자세, 폭염/한파, 중량물 취급, 금속 흡), 철골공(소음, 금속 흡, 부적절한 자세, 폭염/한파, 유해 광선), 콘크리트공(소음, 시멘트 분진, 산화규소 결정체, 부적절한 자세, 폭염/한파, 진동), 창호/창호목공(소음, 중량물 취급, 부적절한 자세), 비계공(소음, 부적절한 자세, 폭염/한파, 중량물 취급), 내장/유리공(소음, 부적절한 자세, 중량물 취급, 유기용제류), 배관/보온공(소음, 금속 흡, 부적절한 자세), 플랜트공(금속흡, 소음), 철거공(소음, 콘크리트분진, 부적절한 자세, 중량물 취급), 기계설비공(소음, 설비공(부적절한 자세),

Table 1. Hazards exposure probability(%) by occupations

No.	Occupations	Chemical Agent										Physical Agent						Micro organism		Musculoskeletal		
		Asbestos	Cement dust	Silica	Metal fume	Hexavalent chromium	Lead	Isocyanates	VOCs	Carbon Monoxide	Wood dust	Wood preservative	Diesel Engine Exhaust	Asphalt fume	Noise	Vibration	Hazardous rays	High Pressure	Heat/Cold		Microorganism	Heavy lifting
1	Earthworks	24.1	93.1	31.0				17.2	24.1	24.1		48.3		100.0	69.0	20.7		65.5	65.5	41.4	27.6	41.4
2	Paving laborer	79.3	72.4				20.7					27.6	62.1	58.6	31.0			58.6		13.8	13.8	31.0
3	Formwork carpenter	58.6	44.8				17.2		79.3	48.3				100.0	24.1			65.5		62.1	62.1	72.4
4	Finish carpenter	13.8	13.8						82.8	44.8				86.2	20.7			48.3		62.1	62.1	72.4
5	Bricklayer	93.1	72.4											58.6				48.3		65.5	65.5	58.6
6	Plasters	96.6	79.3	20.7										51.7	13.8			34.5		41.4	41.4	72.4
7	Concrete finisher	96.6	82.8											100.0	65.5			41.4		27.6	27.6	72.4
8	Waterproof	55.2	37.9				69.0	100.0						55.2				37.9		24.1	24.1	48.3
9	Caulker /Tile setter	79.3	65.5				24.1	65.5						41.4	17.2			24.1		31.0	31.0	51.7
10	Stonemason	24.1	82.8	17.2										89.7	27.6			44.8		62.1	62.1	44.8
11	Painter	17.2	13.8	31.0			48.3	62.1	100.0					44.8				41.4		34.5	34.5	48.3
12	Rebar worker	20.7	20.7	62.1			13.8	13.8						93.1	13.8	44.8		65.5		62.1	62.1	69.0
13	Steelworker			72.4	20.7	27.6								93.1	13.8	51.7		62.1		48.3	48.3	65.5
14	Concrete placer	89.7	58.6											89.7	51.7			55.2		44.8	44.8	58.6
15	Window and door installer	17.2	13.8	24.1			31.0	27.6	48.3					55.2	20.7			27.6		55.2	55.2	55.2
16	Scaffolder													75.9	20.7			58.6		58.6	58.6	62.1
17	Interior finishing worker/Glazier		17.2				41.4	55.2	34.5					58.6	17.2			31.0		55.2	55.2	58.6
18	Plumber/Insulation installer		13.8	72.4	24.1		13.8	31.0						72.4	17.2	24.1		34.5		37.9	37.9	51.7
19	Plant worker			72.4	41.4		17.2							65.5	13.8	34.5		31.0		34.5	34.5	48.3
20	Demolition worker	37.9	69.0	41.4	20.7	20.7			27.6					89.7	34.5			48.3		51.7	51.7	55.2
21	Mechanical technician			31.0	17.2		13.8							62.1	24.1	13.8		24.1		31.0	31.0	48.3
22	Equipment operator		13.8	17.2	17.2		13.8							48.3	17.2			31.0		34.5	34.5	51.7
23	Heavy equipment operators		31.0	41.4							34.5			72.4	34.5			24.1				27.6
24	Landscaper		17.2	37.9										51.7				48.3		44.8	44.8	55.2
25	Underwater technician																37.9			13.8	13.8	13.8
26	Welder		13.8	93.1	55.2									79.3		58.6		48.3		20.7	20.7	62.1
27	Powerline technician						13.8							31.0				27.6		13.8	13.8	37.9
28	Lineman		13.8				13.8							37.9				41.4		31.0	31.0	55.2
29	Wireman		17.2											31.0				24.1		27.6	27.6	55.2
30	Driller/Rock blaster		20.7	75.9				17.2						96.6	48.3			37.9		24.1	24.1	48.3

건설기계운전원(소음), 조경공(부적절한 자세, 소음), 용접공(금속 흡, 소음, 부적절한 자세, 유해광선, 6가크롬), 전기/내선전공(부적절한 자세), 착암/발파공(소음, 산화규소 결정체).

2) 직종별 유해인자 노출위험 평가

직종별 노출 가능성이 50% 이상인 유해인자에 대해 노출량과 노출 인구분율을 각 4점으로 환산하여 응답자 별로 곱하여 평균한 노출 위험은 Table 2와 같다. 유해

**Table 2.** Hazards risk score by occupations with 50% or higher exposure probability

No	Occupations	Hazards	Probability		Intensity, A		Proportion, B		Risk(A*B)		
			n (out of 29)	%	n	Score (mean)	n	Score (mean)	n	Score (mean)	Category
1	Earthworks	Noise	29	100.0	27	2.41	26	2.62	26	6.50	High
		Vibration	20	69.0	13	1.77	14	1.64	12	3.08	Medium
		Heat/ cold	19	65.5	14	2.43	15	3.13	14	7.93	High
		Silica	27	93.1	27	1.56	24	2.63	24	4.58	High
2	Paving laborer	Noise	17	58.6	17	2.24	17	2.12	16	5.06	High
		Heat/ cold	17	58.6	12	2.25	14	2.71	11	6.36	High
		Cement dust	23	79.3	22	1.41	21	2.10	20	3.20	Medium
		Silica	21	72.4	20	1.25	17	2.12	16	2.81	Medium
		Asphalt fume	18	62.1	15	1.67	14	2.64	13	4.62	High
3	Formwork carpenter	Noise	29	100.0	28	2.68	27	2.96	27	8.89	High
		Heat/ cold	19	65.5	13	2.85	17	3.47	13	10.00	Very High
		Cement dust	17	58.6	14	1.43	14	2.64	14	3.86	Medium
		Wood dust	23	79.3	22	1.86	22	2.14	21	4.24	High
		Heavy lifting	18	62.1	13	2.15	17	3.00	12	6.92	High
		Awkward posture	21	72.4	15	2.20	19	2.84	14	6.64	High
4	Finish carpenter	Noise	25	86.2	23	2.39	22	2.59	21	6.86	High
		Wood dust	24	82.8	23	1.74	20	2.45	20	4.45	High
		Heavy lifting	18	62.1	16	2.31	17	2.35	14	5.50	High
		Awkward posture	21	72.4	16	2.19	19	2.58	15	5.93	High
5	Bricklayer	Noise	17	58.6	17	1.94	17	2.00	17	4.53	High
		Cement dust	27	93.1	27	1.93	25	2.88	25	5.88	High
		Silica	21	72.4	20	1.70	18	2.67	18	4.89	High
		Heavy lifting	19	65.5	15	2.20	17	3.06	14	7.21	High
		Awkward posture	17	58.6	15	2.47	16	2.75	13	7.00	High
6	Plasters	Noise	15	51.7	15	2.07	16	2.06	14	4.57	High
		Cement dust	28	96.6	28	2.04	26	2.92	26	6.19	High
		Silica	23	79.3	23	1.70	19	2.42	19	4.11	High
		Awkward posture	21	72.4	16	2.19	19	2.84	14	6.64	High
7	Concrete finisher	Noise	29	100.0	28	2.75	26	2.85	24	8.21	High
		Vibration	19	65.5	14	2.43	15	3.00	9	6.76	High
		Cement dust	28	96.6	28	2.43	27	3.04	25	6.13	High
		Silica	24	82.8	24	1.96	21	2.86	16	5.56	High
		Awkward posture	21	72.4	16	2.13	19	2.74	12	5.33	High
		Noise	16	55.2	16	1.94	16	2.19	15	5.00	High
8	Waterproofer	Cement dust	16	55.2	16	1.38	17	1.88	16	2.69	Medium
		Isocyanates	20	69.0	18	1.22	18	2.11	17	2.76	Medium
		VOCs	29	100.0	28	1.82	28	2.39	27	4.41	High
		Cement dust	23	79.3	22	1.50	22	2.18	21	3.48	Medium
9	Caulker /tile setter	Silica	19	65.5	18	1.44	17	1.94	15	2.80	Medium
		VOCs	19	65.5	18	1.22	18	1.94	17	2.53	Medium
		Awkward posture	15	51.7	11	2.36	14	2.79	10	7.00	High
		Noise	26	89.7	26	2.31	25	2.32	25	5.88	High
10	Stonemason	Silica	24	82.8	21	1.86	21	2.76	20	5.50	High
		Heavy lifting	18	62.1	13	2.23	16	2.50	12	5.92	High
		Isocyanates	18	62.1	17	1.24	15	1.93	15	2.53	Medium
11	Painter	VOCs	29	100.0	29	1.93	27	2.74	26	5.81	High

Table 2. Continued

No	Occupations	Hazards	Probability		Intensity, A		Proportion, B		Risk(A*B)		
			n (out of 29)	%	n	Score (mean)	n	Score (mean)	n	Score (mean)	Category
12	Rebar worker	Noise	27	93.1	25	2.40	24	2.71	24	7.29	High
		Heat/ cold	19	65.5	14	2.14	17	3.12	13	7.23	High
		Metal fume	18	62.1	18	1.22	17	1.76	17	2.35	Medium
		Heavy lifting	18	62.1	15	2.53	16	3.00	12	7.83	High
		Awkward posture	20	69.0	14	2.50	17	3.00	13	8.08	High
13	Steelworker	Noise	27	93.1	26	2.23	23	2.43	23	6.00	High
		Hazardous rays	15	51.7	10	1.50	12	1.67	9	2.78	Medium
		Heat/ cold	18	62.1	16	2.19	16	2.94	13	4.92	High
		Metal fume	21	72.4	14	1.93	18	2.33	14	6.50	High
		Awkward posture	19	65.5	15	2.33	17	2.82	12	5.75	High
14	Concrete placer	Noise	26	89.7	25	2.40	25	2.44	25	6.40	High
		Vibration	15	51.7	12	2.17	14	2.14	12	4.75	High
		Heat/ cold	16	55.2	15	2.73	16	3.06	15	8.60	High
		Cement dust	26	89.7	26	1.81	25	2.80	25	5.52	High
		Silica	17	58.6	17	1.94	14	2.57	14	5.86	High
15	Window and door installer	Awkward posture	17	58.6	15	2.47	16	2.81	13	6.69	High
		Noise	16	55.2	15	1.80	14	1.57	13	3.08	Medium
		Heavy lifting	16	55.2	14	2.21	14	2.29	12	5.67	High
16	Scaffolder	Awkward posture	16	55.2	14	2.29	14	2.36	12	5.00	High
		Noise	22	75.9	21	2.29	21	2.62	21	6.43	High
		Heat/ Cold	17	58.6	15	2.40	15	2.93	14	7.93	High
		Heavy lifting	17	58.6	15	2.33	16	2.69	14	6.64	High
17	Interior finishing worker/glazier	Awkward posture	18	62.1	16	2.25	17	2.76	15	6.33	High
		Noise	17	58.6	16	2.19	16	1.63	15	4.07	High
		VOCs	16	55.2	15	1.47	15	2.07	15	3.07	Medium
		Heavy lifting	16	55.2	14	2.21	15	2.13	12	4.75	High
18	Plumber/insulation installer	Awkward posture	17	58.6	14	2.29	16	2.25	13	5.23	High
		Noise	21	72.4	21	2.10	21	2.10	21	4.67	High
		Metal fume	21	72.4	21	1.43	20	2.00	20	3.30	Medium
19	Plant worker	Awkward posture	15	51.7	13	2.23	14	2.36	12	5.92	High
		Noise	19	65.5	19	2.11	19	2.47	18	5.72	High
		Metal fume	21	72.4	21	1.62	20	2.05	20	3.55	Medium
20	Demolition worker	Noise	26	89.7	25	2.36	24	2.79	24	7.17	High
		Cement dust	20	69.0	19	1.95	18	2.67	18	5.67	High
		Heavy lifting	15	51.7	12	2.00	15	2.33	11	4.45	High
		Awkward posture	16	55.2	13	2.00	15	2.53	12	5.50	High
21	Mechanical technician	Noise	18	62.1	18	2.06	17	1.76	17	3.94	Medium
22	Equipment operator	Awkward posture	15	51.7	14	2.07	14	2.29	13	5.54	High
23	Heavy equipment operators	Noise	21	72.4	20	2.25	19	2.47	19	6.11	High
24	Landscape worker	Noise	15	51.7	13	2.31	14	1.71	13	4.54	High
		Awkward posture	16	55.2	14	2.29	14	2.57	12	6.08	High
26	Welder	Noise	23	79.3	23	2.30	23	2.74	21	6.86	High
		Hazardous rays	17	58.6	13	2.46	13	2.92	11	7.45	High
		Metal fume	27	93.1	27	2.15	26	3.12	25	6.92	High
		Hexavalent chromium	16	55.2	14	1.50	14	2.29	12	4.08	High
		Awkward posture	18	62.1	16	2.25	17	2.76	14	6.21	High
28	Lineman	Awkward posture	16	55.2	15	2.00	15	2.20	14	4.86	High
29	Wireman	Awkward posture	16	55.2	15	2.00	14	2.00	13	4.46	High
30	Driller/rock blaster	Noise	28	96.6	28	2.57	28	2.75	27	7.78	High
		Silica	22	75.9	22	1.82	20	2.55	20	5.00	High

인자별 위험직종을 살펴보면 다음과 같다. 소음은 형틀 목공(8.89), 견출공 (8.21), 착암발파공(7.78), 철근공 (7.29), 철거공(7.17), 건축목공(6.86), 용접공(6.86), 토공(6.50) 등에서 '높음' 수준이었다. 진동은 견출공 (6.76), 콘크리트공(4.75), 유해광선은 용접공(7.45)에서 '높음' 이었다. 폭염/한파는 형틀목공(10)에서 '매우 높음'이었고, 콘크리트공(8.60), 토공(7.93), 비계공 (7.93), 철근공(7.23) 등이 '높음'에 해당하였다. 시멘트 /콘크리트 분진은 미장공(6.19), 견출공(6.13), 조적공 (5.88), 철거공(5.67), 콘크리트공(5.52)에서 '높음'이었다. 산화규소 결정체는 콘크리트공(5.86), 견출공(5.56), 석공(5.50), 착암발파공(5)등에서 '높음' 이었다. 유기용

제류는 도장공(5.81), 방수공 (4.41), 금속 흡은 용접공 (6.92), 철골공(6.50), 중량물 취급은 철근공(7.83), 조 적공(7.21), 형틀목공(6.92), 비계공(6.64) 등, 부적절한 자세는 철근공(8.08), 조적공(7), 코킹타일공(7), 콘크리 트공(6.69), 형틀목공(6.64) 등에서 '높음' 수준이었다.

2. 건설업 직업성 질병 발생 분석

국내 건설업 근로자의 업무상 질병 발생 현황을 살펴 보면, 10년간(2009-2018년) 총 7,902건이 있었으며, 이 중 작업 관련 질병이 6,648건(84.1%), 진폐 644건 (8.1%), 직업병(진폐 제외) 610건(7.7%)이 발생하였다 (Table 3). 작업 관련 질병 6,648건 중에서는 사고성

Table 3. Status of number of workers with occupational disease among construction workers in South Korea from 2009 to 2018 (unit: persons)

Occupational diseases	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total
<b>Total</b>	<b>731</b>	<b>619</b>	<b>595</b>	<b>670</b>	<b>708</b>	<b>734</b>	<b>845</b>	<b>869</b>	<b>931</b>	<b>1,200</b>	<b>7,902</b>
<b>Work-Related Diseases</b>	<b>624</b>	<b>543</b>	<b>502</b>	<b>572</b>	<b>618</b>	<b>630</b>	<b>721</b>	<b>717</b>	<b>756</b>	<b>965</b>	<b>6,648</b>
Liver disease		1							1		2
Cerebrovascular disease	48	51	37	41	52	42	50	45	50	81	497
Non-accidental back pain	191	210	101	102	8	61	95	42	86	118	1,014
Accidental back pain	287	174	279	314	386	301	271	325	256	298	2,891
Carpal tunnel syndrome		5	8	1		2	4	2	2	8	32
Body burden work	79	76	63	96	138	195	275	281	325	409	1,937
Heart disease	12	16	13	12	17	19	18	18	21	30	176
Others	5	8		2	4	2	6		2	1	30
Mental illness	2	2	1	4	13	8	2	4	13	20	69
<b>Pneumoconiosis</b>	<b>22</b>	<b>35</b>	<b>55</b>	<b>63</b>	<b>57</b>	<b>52</b>	<b>68</b>	<b>85</b>	<b>97</b>	<b>110</b>	<b>644</b>
Pneumoconiosis	22	35	55	63	57	52	68	85	97	110	644
<b>Occupational illness caused by</b>	<b>85</b>	<b>41</b>	<b>38</b>	<b>35</b>	<b>33</b>	<b>52</b>	<b>56</b>	<b>67</b>	<b>78</b>	<b>125</b>	<b>610</b>
Noise	8	9	11	9	9	11	11	20	19	38	145
Physical factors(Heat wave)	1	3		3	13	6	4	9	8	28	75
High pressure	1	1	2	2	2	9	6	10	5	4	42
Vibration		1				1	1			1	4
Bacteria, Virus	55	18	9	6		9	3	5	13	6	124
Occupational Cancer	1	1	8	6	3	4	9	9	12	24	77
Asbestos	5	2	2		3	9	2	8	9	17	57
Occupational Skin Disease	5	4	4	4	1		2		5	1	26
Organic Compound Others	4	1	1	4					4		14
Solvents		1							1	1	3
Mercury, Amalgam							12				12
Benzene	4		1							1	6
Toxic Hepatitis									2		2
Occupational Asthma					1		1				2
Chromium	1										1
Others				1	1	3	5	6		4	20

**Table 4.** Status of number of workers with occupational illness by the type of hazardous substances and construction occupations (unit: persons)

No	Occupation	Physical agent				Biological agent				Chemical agent							Total	
		Noise	Heat wave	High Pressure	Vibration	Bacteria, Virus	Cancer	Asbestos	Skin disease	Organic compounds	Solvents	Mercury	Benzene	Toxic Hepatitis	Asthma	Chromium		Others
	<b>Total</b>	<b>145</b>	<b>75</b>	<b>42</b>	<b>4</b>	<b>124</b>	<b>77</b>	<b>57</b>	<b>26</b>	<b>14</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>610</b>
1	Earthworks	7	2		4	4	2										1	16
2	Paving laborer		1															1
3	Formwork carpenter	1	5		2	2												8
4	Finish carpenter	2			1	1												4
5	Bricklayer	1																1
7	Concrete finisher	23				10	1	1	1							1	1	36
8, 11	Waterproofing/Painter	2	1		3	3		2	3	3	3	1	2	2	2	3	3	23
9	Caulker/Tile setter					1												1
10	Stonemason	7				11		1	1							5	5	24
12	Rebar worker	1	5		1													7
13	Steelworker	2			8													10
14	Concrete placer	2	3		3			4	3									15
16	Scaffolder	1	2		3	3	1	1	1									8
15, 17	Window and door installer Interior finishing worker/Glazier (including panel worker)		4		1	1	1	1										7
18	Plumber/ Insulation installer	1			1	5	14		1									22
19	Plant worker				3	1			1									5
20	Demolition worker	3	5		1	1	10	1	1		12							33
21	Mechanical technician	3	1															4
22	Equipment operator	2			1	1	3	2	2									8
23	Heavy equipment operators	2			1	1	1											5
24	Landscaper		6		72													78
25	Underwater technician	1	42		1													44
26	Welders	9	2		3	6	9	2	2		2			1	2	2	2	36
28,29	Wireman, Lineman	1			2	4												9
30	Driller/ Rock blaster	41			4	1	9											55
-	General Laborer	14	31		9	3	4									1		62
-	Manager	1			1	1	2											5
-	Others	22	3		14	14	5	14	4	4	1					6		83

요통 2,891건(44%), 신체에 과도한 부담을 주는 작업이 1,937건(29%), 비사고성 작업 관련성 요통 1,014건(15%), 뇌혈관질환 497건(7%), 심장질환 176건(3%), 정신질환 69건(1%) 등 순이었다. 직업병(진폐 제외) 610건 중에서는 소음성 난청 145건(24%), 세균바이러스에 의한 질병 124건(20%), 직업성 암 77건(13%), 물리적 인자로 인한 질병 75건(12%), 석면 57건(9%), 이상기압에 의한 질병 42건(7%) 등 순이었다. 직업병 610건의 재해 개요를 통해 확인한 직종별 발생 현황은 Table 4와 같다. 소음성 난청은 착암공, 견출공, 단순노무, 석공 등 순으로 다발하였다. 물리적 인자에 의한 질병(열사병 등)은 단순노무직에서 가장 많았고, 조경공, 철거공, 형틀목공, 철근공 순으로 많았다. 직업성 암은 석공, 견출공, 착암공, 용접공, 보온공, 단순노무, 도장공 등에서 다양하게 발생하였다. 석면에 의한 질병은 보온공, 철거공 순으로 발생하였고, 세균바이러스에 의한 질병은 조경공(공공근로 포함)에서 대부분을 차지하였다.

#### IV. 고 찰

본 연구를 통해 건설현장 주요 30개 직종에 대한 노출 가능 유해인자, 노출량, 노출 인구분율을 조사하고, 노출 위험도 및 유해인자별 주요 발생작업을 살펴보았다. 건설업 작업환경 분야 전문가 29명을 대상으로 실시한 설문조사에서 응답 수가 가장 높았던 노출 가능 유해인자는 소음 > 부적절한 자세 > 폭염/한랭 > 중량물 취급 > 산화규소 결정체 > 시멘트/콘크리트 분진 > 진동 > 금속 흙 > 유기용제류 순이었다. 소음, 폭염/한파, 중량물 취급 및 부적절한 자세는 일부 직종을 제외하고, 대부분의 직종에서 노출 가능하며, 위험도도 높아, 작업환경개선이 우선적으로 필요한 유해인자임을 알 수 있었다. 노출 위험성이 가장 높은 직종-유해인자는 형틀목공의 폭염/한파와 소음, 콘크리트공의 폭염/한파, 견출공의 소음, 철근공의 부적절한 자세, 토공과 비계공의 폭염/한파, 철근공의 중량물 취급, 착암발파공의 소음, 용접공의 유해광선 등 순으로 높았다. Thiene & Spee(2008)는 건설업 직종별 노출 가능 유해인자에 대해 보고하였는데, 목공은 목분진, 목재방부제, 분진, 유기용제류 등에 노출되고, 배관공은 석면, 분진, 산화규소 결정체, 미장공은 시멘트분진, 산화규소 결정체, 유기용제류, 조적공은 시멘트 분진, 산화규소

결정체, 도장·방수공은 분진, 에폭시, 우레탄, 유기용제류, 산화규소 결정체, 타일공은 시멘트 분진, 산화규소 결정체, 에폭시, 우레탄, 유기용제류, 콘크리트공은 시멘트 분진, 콘크리트 분진, 철거공은 석면, 콘크리트 분진, 산화규소 결정체, 목분진, 미네랄유, 아스팔트 흙, 견출공은 콘크리트 분진, 산화규소 결정체, 건설기계운전원은 디젤엔진배출물, 아스팔트 도로 포장공은 아스팔트 흙, 산화규소 결정체, 유기용제류 및 디젤엔진배출물, 굴착공은 디젤엔진배출물 등에 노출 가능하다고 보고하여, 이번 연구 결과의 주요 유해인자와 유사하였다.

유해인자별 주요 노출 단위작업은 Appendix 1의 주요 작업(major activities)과 같다. 토공은 기초파일 작업을 위한 천공 및 항타 시 소음, 진동, 디젤엔진배출물에 노출되고, 콘크리트 파일의 절단, 암석의 반출작업 등에서 산화규소 결정체에 노출 가능하였다. 도로포장공은 아스팔트 포장인 경우, 아스팔트 흙과 바닥 포설 장비에서 발생하는 디젤엔진배출물에 노출되며, 콘크리트 도로포장인 경우, 시멘트 분진에 노출 가능하였다. 형틀목공은 알루미늄폼, 유로폼, 갱폼 등과 같은 거푸집의 조립, 해체 등 작업에서 소음에 높게 노출되고, 옥외작업이 대부분으로 폭염/한파에 위험이 높았다. 건축목공은 목재의 절단 작업에서 소음 및 목분진에 노출되고, 조적·미장공은 모래, 시멘트의 배합작업에서 시멘트 분진, 산화규소 결정체에 노출되었다. 견출공의 콘크리트 깨기 및 연마작업과 착암발파공의 암석 천공 등 작업에서 소음과 산화규소 결정체 노출수준이 높은 것으로 조사되었다. 방수공 및 도장공은 취급하는 도료의 종류(수성, 유성, 에폭시, 우레탄 도료 등)에 따라 노출되는 유기용제류의 농도 수준 및 화학물질의 종류가 상이하였다. 철근철공공은 철근과 데크플레이트 등의 절단, 용접작업에서 소음과 금속 흙 노출이 많았고, 옥외작업이 대부분으로 폭염/한파에 위험이 높았다. 콘크리트공은 젖은 시멘트의 피부 노출 위험이 있었다. 배관공, 용접공 및 플랜트공은 용접작업 시 용접 모재의 종류에 따라 노출되는 금속의 종류가 상이하였는데, 일반 건축물 급수배관 등 아연도금관을 용접하는 경우 산화아연, 스테인리스 스틸을 용접하는 경우는 크롬, 니켈 등, 카본 스틸을 용접하는 경우 망간의 노출 위험이 있었다. 철거공은 철거하는 건축물의 자재(목구조물, 콘크리트, 석면 등)에 따라 노출 유해인자가 상이하였다.

건설업의 작업환경측정 사업장 수는 2015년 보건관리자 선임이 의무화된 이후 지속적으로 증가하고 있다.

2014년 약 1,102개소(상·하반기 중복사업장 제외)에서 2020년 4,978개소로 증가하였고, 전체 작업환경측정 사업장 중 건설업이 차지하는 비율이 2014년 1.8%에서 2020년 6.6%로 증가하였다(MoEL, 2014; 2020). 건설업에서 가장 많이 보고(2013-2019년)된 작업환경 측정 유해인자는 소음, 기타 광물성 분진, 산화철 분진과 흙, 이산화티타늄, 규산염(포틀랜드 시멘트), 망간 및 그 무기화합물, 용접흙 등 순이었다(Park et al., 2020). 2021년 작업환경측정 결과보고에 따르면(MoEL, 2022), 소음을 측정한 사업장 3,861개소 중 노출기준을 초과한 사업장은 54개소로 1.4%에 불과하였으며 분진은 3,836개소 중 2개소, 유기화합물은 1,106개소 중 1개소, 금속류 2,513개소 중 1개소였으며, 다른 유해인자에서 노출기준을 초과한 사례는 보고되지 않았다. 건설업에서 측정 사업장 중 노출기준을 초과한 유해인자를 보유한 사업장은 전체의 0.3% 수준으로 전체 산업의 초과율 3.2%보다 현저히 낮았다. 현행 작업환경측정 제도는 제조업 중심으로 6개월에 한 번, 단위작업 장소당 최고노출근로자를 대상으로 하고 있으나, 건설현장과 같이 작업환경이 지속적으로 변화하는 경우, 측정주기 및 유사노출그룹 지정에 어려움이 있다. 이러한 제도 하에서는 측정 누락 작업이 많이 발생하고, 측정값간의 일간 변이가 큰 작업의 경우, 측정 결과의 대표성은 매우 낮아지는 문제가 발생하여 건설업에서 발생하는 유해인자의 노출농도 수준을 구체적으로 파악하기에 제한점이 발생한다. 향후 건설업의 작업환경측정을 단위작업장소가 아닌 직종별 측정 필수 작업과 유해인자를 지정 운영하고 측정 주기를 조정하는 등 건설업에 특화된 작업환경측정 방안 및 제도개선에 대한 논의가 필요하다.

직종별로 대표적인 유해인자와 직업병 발생 현황을 살펴보면, 토공(착암발파공 포함)은 소음, 진동, 폭염/한파, 산화규소 결정체가 주요 유해인자이며, 소음성 난청, 직업성 폐암, 세균성 감염질환, 진동 장애와 열사병이 발생하였다. 도로포장공은 아스팔트 흡과 유기용제류, 폭염/한파 노출 위험이 높았는데, 직업병은 열사병에 대한 보고가 있었다. 형틀목공은 소음, 폭염/한파, 건축목공은 목분진, 조각·미장공의 시멘트 분진과 산화규소 결정체 등 노출이 우려되나 직업병은 열사병에 대한 일부 보고만 있었다. 견출공은 소음, 진동, 시멘트 분진과 산화규소 결정체 노출 위험이 높고 소음성 난청과 직업성 폐암의 발생 보고가 많았다. 방수공과 도장

공은 유기용제, 금속류 등 화학물질에 의한 중독, 피부 질환 및 간염 등 발생보고가 있었다, 석공은 산화규소 결정체 노출에 따른 직업성 폐암 노출 보고가 높았고, 보온, 단열공 및 철거공은 석면에 의한 질환 보고가 많았다. 용접공은 소음, 금속 흡 노출 위험에 따른 소음성 난청과 직업성 암, 석면에 의한 질병 보고가 있었고, 조경공의 세균성 감염과 잠수공의 이상기압에 의한 질환 등이 보고되었음을 알 수 있었다.

건설근로자의 직업성 질병 발생 분석 결과, 전 산업 근로자보다 근골격계질환의 발생비율이 높은 특성이 있었고, 진폐를 제외한 직업병으로는 소음성 난청, 감염성 질환, 직업성 암, 열사병, 석면으로 인한 질환 등 순으로 많이 발생하였다. 소음성 난청은 착암공, 견출공, 단순노무, 석공, 토공, 배관공, 용접공, 철거공 등 순으로 다발하였고, 열사병 등의 물리적 인자에 의한 질병은 단순노무직에서 가장 많았고, 조경공, 철거공, 형틀목공, 철근공 등 순이었다. 직업성 암은 석공, 견출공, 착암공, 용접공, 보온공, 단순노무, 도장공, 비계공, 플랜트공, 토공 등에서 다양하게 발생하였으며, 약 75%는 기관지 및 폐의 악성신생물에 의한 암이었다. 석면에 의한 질병은 보온공, 철거공, 배관공에게서 많이 발생하였다. 세균바이러스에 의한 질병은 조경공(공공근로 포함)이 대부분을 차지하였고, 유기화합물에 의한 질병은 도장공, 직업성 피부질환은 콘크리트공과 방수공 등에서 발생이 보고되었으며 대부분이 접촉성 피부염 및 알레르기성 피부염이었다. 유해인자 노출과 직업병 발생 직종과 살펴보면, 소음과 소음성 난청, 폭염과 열사병, 직업성 암과 실리카, 용접 흙, 유기용제류 등의 노출과 관련이 있음을 추정할 수 있었다.

Lacourt et al.(2015)는 건설업 종사자의 폐암 위험에 대한 연구를 수행하였는데, 건설업 종사 경험이 있는 그룹에서 경험이 없는 그룹보다 폐암의 발생위험(odds ratio, OR)이 1.15배(OR 1.15, 95% confidence interval, CI 0.94-1.41)로 보고하였으며, 생산직 근로자를 대상으로 하였을 때, 건설업 종사 경험이 있는 그룹에서 경험이 없는 그룹보다 폐암의 발생위험이 1.11배(OR 1.11, 95% CI 0.90-1.38)라고 보고하였다. 폐암을 유발하는 주요 원인물질로 석면, 산화규소 결정체, 포틀랜드 시멘트, 토양 먼지, 유리섬유, 벽돌분진 등이 있었다. Calvert et al. (2012)는 1998년-2007년 사이 미국 캘리포니아주 암 등록부에서 확인된 110,937건의 폐암 사례를 통해 건설노동자와 건설업 고용과 무관한

사람을 대상으로 환자-대조군 연구 결과, 건설업 종사자에서 폐암에 대한 위험이 현저히 높았다고 보고하였다. 건설업 모든 직종의 폐암 이환율위험(morbidity odds ratio, MOR)이 비건설업 종사자보다 1.57배 높았는데(MOR 1.57), 특히, 용접공(MOR 2.16)과 지붕공(MOR 2.62)의 폐암위험이 높았고, 건설업 종사자들이 비건설업 종사자와 비교하여 젊은 나이에 진단을 받았고, 3년 생존율이 현저히 낮았다고 보고하였다. Wang et al.(2016)은 건설근로자 폐암 발생의 주요 원인으로 약 50%는 석면, 약 25%는 산화규소 결정체를 원인으로 지목했다. 폐암 발생 위험이 높은 직종으로 시멘트 석공, 지붕공, 엔지니어, 단순노무자, 전기기사, 철골공, 목공, 배관공, 벽돌석공과 판금 작업자가 해당된다고 보고하였다. Consonni et al.(2012)는 이탈리아 인구기반 사례연구(2002-2005년)에서 조적공(벽돌공)에 대한 폐암 발생위험 (OR 1.57, 95% CI 1.12-2.21; 147 cases, 81 controls)이 높다고 보고하였다.

국내 건설 근로자의 석면에 의한 질병은 보온공, 철거공, 배관공에게서 많이 발생하였고, 중피종, 석면폐증, 폐암(기관지 및 폐의 악성신생물)이 약 80%를 차지하였다. Jarvholm et al.(2014)은 스웨덴의 건설근로자 189,896명을 대상으로 석면 노출로 인한 악성중피종 발생률을 연구하였는데, 석면 노출이 높은 직종으로 절연공(insulators), 배관공(plumbers and pipefitters), 전기공(electrician), 철판(판금)공(sheet-metal workers), 지붕공(roofers), 바닥감공(floor layers) 등이 있었다. Koskinen et al.(2002)은 16,696명의 남성 건설 노동자를 핀란드 일반 인구와 비교하여 폐암의 위험은 보온공(RR 3.7, 95% CI 1.4-9.9)에서 가장 높았다고 보고하였다. 건설근로자들의 직종, 노출기간, 폐 섬유화여부가 폐암의 위험을 확인하기 위한 좋은 지표가 된다고 보고하였다.

Tjoe et al.(2005)는 건설현장에서 산화규소 결정체에 누적 노출이 높은 작업자 1,335명을 대상으로 추적 관찰한 결과, 노출기준 이상의 산화규소 결정체에 노출된 작업자의 5% 이상이 규폐증 발생위험이 있다고 보고하였다. 산화규소 결정체 노출 빈도가 높은 직종으로는 콘크리트 드릴, 연마 작업자, 벽돌공, 건축물 해체제거업자, 바닥감공이 있다고 하였고, 노출농도 수준이 높은 직종으로 콘크리트 연마 작업자, 천장 설치작업자, 건축물 해체제거업자, 벽돌가공작업자가 있다고 보고하였다. Nakagawa et al.(2000)은 일본 도야마현의 터

널 건설노동자와 분진 노출 이력이 없는 주변 마을 근로자를 17-18년 추적 관찰한 결과 터널 건설근로자의 사망률이 2.15배 높았다고 보고하였다. Karjalaine et al.(2002)는 기존 천식이 없는 25-59세 핀란드 건설노동자와 사무직 종사자의 천식 발병 상대 위험비(relative risk, RR)를 조사한 결과, 조사된 거의 모든 건설 직종에서 위험이 증가했지만, 용접 및 화염 절단 작업자(RR 2.34), 아스팔트 지붕 작업자(RR 2.04), 배관공 (RR 1.90) 및 벽돌공 및 타일공(RR 1.83)에서 가장 높았다고 보고하였다.

세균바이러스에 의한 질병은 조경공(공공근로 포함)이 58%로 대부분을 차지하였고, 유기화합물에 의한 질병은 도장공, 직업성 피부질환은 콘크리트공과 방수공 등에서 발생이 보고되었으며 대부분이 접촉성 피부염 및 알레르기성 피부염이었다. 건설업 근로자의 업무상 질병 발생을 직종별로도 살펴보았는데(Stocks et al, 2011), 피부 종양(skin neoplasia)은 지붕방수공(standardized incidence rate ratio, SRR 6.3 (95% CI 3.1-13.1))과 도장공(SRR 2.1 (95% CI 1.2-3.6))에서 높았고, 용접공은 천식(SRR 3.8 (95% CI 2.8-5.0))과 근골격계질환(SRR 1.7 (95% CI 1.1-2.8)) 발생이 높다고 보고하였다. Sun et al, (2002)는 일본 건강보험에 가입된 건설노동자 17,668명을 대상으로 1973-1998년까지 코호트 연구를 실시한 결과, 비계공과 철근공의 폐암, 배관공의 식도암, 도장공과 비계공의 만성 간질환과 간경변 사망률이 일반 사무직 종사자와 비교하였을 때 높았다고 보고하였다.

건설근로자의 작업 관련 전반적인 건강 영향에 관한 문헌도 다수 보고되었는데, Stocks et al.(2010)은 영국의 업무상 질병 보고 네트워크를 통해 건설근로자들(65세 미만)의 직업성 질병의 표준발생비(SRR)를 전 업종 근로자의 발생과 비교하여 살펴본 결과, 호흡기질환(SRR 3.8, 95% CI 3.5-4.2), 피부질환 (SRR 1.6, 95% CI 1.4-1.8) 및 근골격계 질환(SRR 1.9, 95% CI 1.6-2.2) 발생비가 높았다고 하였다. 특히, 호흡기 질환으로 중피종(7.1, 95% CI 6.0-8.3), 폐암(5.4, 95% CI 3.2-8.9) 및 진폐증(5.5, 95% CI 3.7-8.0)이 높았다. Dement et al. (2009)는 미국 건설노동자 8,976명을 코호트로 하여 원인별 표준화 사망비(standardized mortality ratios, SMR)를 산출하였는데, 전체 사망비(SMR 0.93, 95% CI 0.86-1.01)는 건강한 근로자 효과(healthy worker effects) 등으로 인해 다소 낮았지

만, 모든 암 (SMR 1.28, 95% CI 1.13-1.45), 폐암 (SMR 1.54, 95% CI 1.24-1.87), 악성종피종 (SMR 5.93, 95% CI 2.56-11.68), 석면폐증 (SMR 33.89, 95% CI 18.03-57.95)에서는 높은 사망비를 나타내었다고 보고하였다. Alicandro et al.(2019)는 이탈리아 인구조사(2011년)와 건설업 근로자의 사망기록(2012-2015년)을 기반으로 1,068,653명의 코호트 연구를 수행하여 표준화사망률(MRR: standardized mortality rate ratios)를 살펴본 결과, 타업종의 비육체노동자와 비교하면, 모든 원인 (MRR 1.34), 모든 신생물(종양)에 의한 암 (MRR 1.30), 두경부암 (MRR 2.05), 위암 (MRR 1.56), 간암 (MRR 1.62), 폐암 (MRR 1.80), 전립선암 (MRR 1.24), 방광암 (MRR 1.60)에 의한 사망률이 높았다. 호흡기질환 (MRR 1.41), 간질환 (MRR 1.79), 모든 외부적 요인 (MRR 1.87), 떨어짐 (MRR 2.87)과 자살률 (MRR 1.58)도 높았다고 보고하였다. 다만, 일부 암, 간질환, 호흡기질환 등에 의한 사망률은 건설업 근로자들의 낮은 교육수준과 불규칙한 생활습관을 주요 원인으로 분석하였고, 전립선암으로 인한 사망률은 추가적인 조사연구가 필요하다고 하였다.

이번 연구의 제한점으로 첫째, 국내 종사 근로자수가 많은 대표 직종을 대상으로 수행되어 교량, 터널 등 토목공사에 종사하는 직종 및 종사 자수가 적은 직종 (문화재 시공, 한옥 건설 등) 등 다양한 직종에 대한 평가를 수행하지 못하여, 향후 추가적인 조사연구가 요구된다. 둘째, 국내 건설현장에 대한 경험 많은 전문가가 부족하여, 조사 대상 전문가의 수가 제한적이었으며, 건설현장 전문가라 하더라도 실제 유해인자 노출평가에 대한 경험에 따라 설문조사 과정의 일부 무응답 자료가 발생하는 등, 향후 신뢰도 평가를 통한 보완이 요구된다. 셋째, 설문조사 전문가는 대부분이 대형현장 측정 및 관리 경험을 바탕으로 노출량 등이 응답되어 소규모 건설현장에 대해서는 가중치 등의 적용이 필요하며, 현재 시점으로 조사되어, 과거 노출농도를 추정하는 자료로 활용하기에는 제한점이 있다.

## V. 결 론

건설업 근로자의 유해인자 노출과 업무상 질병의 업무 연관성을 확인하기 위해 주요 30개 직종을 대상으로 전문가 설문을 통해 노출 가능성 및 위험도를 추정한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 건설근로자의 노출 유해인자 조사 결과, 소음, 부적절한 자세, 폭염/한파, 중량물 취급, 산화규소 결정체, 시멘트(콘크리트) 분진, 진동, 금속 흡, 유기용제류 등 순으로 노출 가능성이 높았다. 노출 가능성 50% 이상 유해인자 수가 5개 이상인 직종은 형틀목공, 콘크리트공, 도로포장공, 조적공, 견출공, 철근공, 철골공, 용접공이 해당되었다.

2. 건설현장에서 노출 위험도(7점 이상)가 높은 유해인자(직종)은 소음(형틀목공, 견출공, 철근공, 철거공, 착암발파공), 유해광선(용접공), 폭염/한파(토공, 형틀목공, 철근공, 콘크리트공, 비계공), 부적절한 자세(조적공, 코킹/타일공, 철근공), 중량물 취급(조적공, 철근공)으로 우선적인 작업환경 개선 및 관리가 요구되었다.

3. 건설근로자의 업무상 질병 발생을 전 산업 근로자와 비교하면, 근골격계질환의 발생비율이 높은 특성이 있었고, 진폐를 제외한 직업병으로는 소음성 난청, 세균바이러스에 의한 감염성질환, 직업성 암, 열사병, 석면으로 인한 질환, 피부질환 등 순으로 많았다.

4. 직업성 질병별 주요 발생 직종으로 소음성 난청(토공, 견출공, 용접공, 석공, 단순노무), 세균성 감염(조경공), 직업성 암(석공, 견출공, 착암공, 용접공, 보온공), 열사병(단순노무, 조경공, 철거공, 형틀목공, 철근공), 석면에 의한 질병(보온공, 철거공, 배관공), 피부질환(콘크리트공), 수은중독(철거공), 유기용제중독, 천식(도장공) 등이 있었다.

이번 연구는 설문조사 과정의 일부 제한점에도 불구하고, 향후 다양한 물리, 생물, 화학적 및 인간공학적인 유해인자에 의한 건설업 종사자의 직종별 노출 가능 유해인자 및 노출 위험도를 파악하여 건설현장 보건관리 및 업무상 질병 인정을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다. 국내 전문가 설문조사에서는 소음, 폭염/한파, 부적절한 자세, 중량물 취급 등의 유해인자에 의한 소음성 난청, 열사병, 근골격계질환 위험이 높게 평가되었으나, 국외 연구에서는 호흡기질환, 피부질환 및 직업성 암 등에 대한 연구가 활발하였다. 향후, 후속연구로 국내 건설현장의 다양한 직종별 노출 유해인자 농도 수준 및 건강영향에 대한 체계화된 연구 및 건설업에 특화된 작업환경측정 제도 등에 대한 논의가 필요하다.

## 감사의 글

설문에 참여해 주신 건설현장 보건관리자, 대한산업

보건협회 관계자 및 설문자료 정리에 도움주신 한국산업안전보건공단 울산지역본부 김영태 대리에게 감사드립니다.

## References

- Arndt V, Rothenbacher D, Daniel U, Zschenderlein B, Schuberth S et al. Construction work and risk of occupational disability: a ten year follow up of 14,474 male workers. *Occup Environ Med.* 2005 Aug; 62(8):559-66.
- Binazzi A, Ferrante P, Marinaccio A. Occupational exposure and sinonasal cancer: a systematic review and meta-analysis. *BMC Cancer.* 2015 Feb 13;15:49.
- Calvert GM, Luckhaupt S, Lee SJ, Cress R, Schumacher P et al. Lung cancer risk among construction workers in California, 1988-2007. *Am J Ind Med.* 2012 May; 55(5):412-22.
- The Center for Construction Research and Training (CPWR). Construction Solution. Available from: URL:<http://cpwrconstructionsolutions.org>
- Consonni D, Matteis S, Pesatori A, Bertazzi P, Olsson A et al. Lung cancer risk among bricklayers in a pooled analysis of case-control studies. *Int J Cancer.* 2015 Jan 15;136(2):360-71.
- Construction Workers Mutual Aid Association(CW). A Comprehensive survey on construction workers: 2016. Available from: URL:<https://cw.or.kr/design/includes/engIndex.jsp>
- Dement J, Ringen K, Welch L, Bingham E, Quinn P. Mortality of older construction and craft workers employed at Department of Energy (DOE) nuclear sites. *Am J Ind Med.* 2009 Sep;52(9):671-82
- Farzaneh F, Mehrparvar A, Lotfi M. Occupations and the risk of bladder cancer in Yazd province: a case-control study. *Int J Occup Environ Med.* 2017 Oct;8(4): 191-198.
- Ghosh R, Cullinan P, Fishwick D, Hoyle J, Warburton C. Asthma and occupation in the 1958 birth cohort. *Thorax.* 2013 Apr;68(4):365-71
- Hakansson N, Floderus B, Gustavsson P, Feychting M, Hallin N. Occupational sunlight exposure and cancer incidence among Swedish construction workers. *Epidemiology.* 2001 Sep;12(5):552-557
- Jarvholm B. Carcinogens in the construction industry. *Ann NY Acad Sci.* 2006;1076:421-428.
- Keller J, Howe H. Cancer in Illinois construction workers: a study. *Am J Ind Med.* 1993 Aug;24(2):223-30.
- Kim SY, Kang DM, Kim HY, Kim JE, Choi SJ. The Cohort operation for construction workers, Research report of Occupational safety and health research institutes, 2022
- Korea Occupational Safety and Health Agency. Status of Occupational Accident and Disease (Intranet Data Base), 2020
- Koskinen K, Pukkala E, Martikainen R, Reijula K, Karjalainen A. Different measures of asbestos exposure in estimating risk of lung cancer and mesothelioma among construction workers. *J Occup Environ Med.* 2002 Dec;44(12):1190-6.
- Lacourt A, Pintos J, Lavoue J, Richardson L, Siemiatycki J. Lung cancer risk among workers in the construction industry: results from two case-control studies in Montreal. *BMC Public Health.* 2015 Sep 22;15:941.
- Lee IS, Park HH, Seo HK. Health Hazardous Substances in Construction Processes. Occupational Safety and Health Research Institute. 2011.
- Ministry of Employment and Labor. Analysis of industrial accident status, 2013; 2022a
- Ministry of Employment and Labor. Notification(2022-40) of necessary matters for determining whether cerebrovascular disease or heart disease and musculoskeletal disease are recognized as work-related diseases, 2022b
- Nakagawa H, Nishijo M, Tabata M, Morikawa Y, Miura K. Dust exposure and lung cancer mortality in tunnel workers. *J Environ Pathol Toxicol Oncol.* 2000; 19(1-2):99-101.
- Rushton L, Hutchings S, Brown T. (2008). The burden of cancer at work: estimation as the first step to prevention. *Occup Environ Med.* 65:789-800
- Shim K, Kim J, Lee H. Systematic fostering of construction craftsmen and safeguarding of imports. 2012. Korea Institute of Construction Industry.
- Stocks SJ, McNamee R, Carder M, Agius RM. The incidence of medically reported work-related ill health in the UK construction industry. *Occup Environ Med.* 2010 Aug;67(8):574-6.
- Stocks SJ, Turner S, McNamee R, Carder M, Agius RM. Occupation and work-related ill-health in UK construction workers. *Occup Med (Lond).* 2011 Sep;61(6):407-15. doi: 10.1093/occmed/kqr075. Epub 2011 Jul 13.
- Sun J, Kubota H, Hisanaga N, Shibata E, Kamijima M et al. Mortality among Japanese construction workers in

- Mie Prefecture. *Occup Environ Med.* 2002 Aug; 59(8):512-6.
- Thienen G, Spee TO. Health effects of construction materials and construction products. *Journal of Applied Occupational Health Sciences.* 2008 no 1
- Tjoe Nij E, Hilhorst S, Spee TO, Spierings J, Steffens F et al. Dust control measures in the construction industry. *Ann Occup Hyg.* 2003;47(3): 211-8.
- Wang SW, Qian H, Weisel C, Nwankwo C, Fiedler N. Development of solvent exposure index for construction painters. *J Occup Environ Hyg.* 2011 Jun;8(6):375-86
- Wang X, Dong XS, Welch L, Largay J. Respiratory cancer and non-Malignant respiratory disease-related mortality among older construction workers—findings from the health and retirement study. *Occup Med Health Aff.* 2016;4:235.
- Zaitso M, Lee HE, Lee S, Takeuchi T, Kobayashi Y et al. Occupational disparities in bladder cancer survival: a population-based cancer registry study in Japan. *Cancer Med.* 2019 Dec 11

### <저자정보>

박현희(선임연구위원), 김세동(과장)

### Appendix 1. Description of definition and main tasks for 30 occupations

No	Occupation type	Occupation description (craftsmen who are engaged in ~)	Major activities
1	Earthworks	The work of excavating and completing the space to the ground surface necessary for constructing a foundation or basement.	Ground drilling, pile driving, soil excavation, ground cutting, rock blasting, earth anchoring, grouting, earth support installation (welding), braced wall installation (wooden plank), etc.
2	Paving laborer	The work of laying pavement and aggregates that flatten the road surface by reinforcing it with asphalt mixture or concrete.	Asphalt road pavement, concrete road pavement
3	Formwork carpenter	The work to manufactures, assembles, installs, and dismantles molds and supports for concrete pouring	Mold installation, mold dismantling, oil-based separating agent application
4	Finish carpenter	The construction of buildings and the production, installation, or dismantling of indoor wooden structures, and finishing the interior of the building by using a decorative material.	Wood cutting, wood planer work, wood preservatives application, wooden construction
5	Bricklayer	The work of stacking and dismantling bricks and blocks, and filling gaps in walls and walls with mud.	Installation and dismantling of bricks and blocks , agitation (mixing) of sand, cement, mortar, etc., mud filling work
6	Plasters	The work on the interior and exterior surfaces of structures using cement, mortar, plaster, plaster, plaster, and other plasters.	Agitation (mixing) of sand, cement, mortar, etc., Plastering work
7	Concrete finisher	the work to smooth and finish surfaces of poured concrete, such as floors, walks, sidewalks, roads, or curbs using a variety of hand and power tools.	Concrete chipping, concrete grinding
8	Waterproofeer	The work to prevent leakage of the structure's floor, wall, roof, etc.	Base surface treatment (concrete base treatment), paint mixing work, urethane primer and resin application, cement mortar waterproofing, asphalt sheet waterproofing
9	Caulker/tile setter	The work of putting a filler in a small gap for watertightness or airtightness with an adhesive or adhesive material for waterproofing or fixing window frames and bathtubs/The work to attache tiles such as tiles or asyls to the surface of the structure using adhesive	Sealant (butyl, acrylic, urethane, silicone, acetic acid-free, etc.) injection, Mixing and attaching tile adhesives (white cement, mortar, etc.), Tile attachment (floating, pressing, adhesion, adhesion method)
10	Stonemason	The work of constructing structures by attaching stones and stones formed by processing stones or by performing general stacking	Stone (marble, etc.) cutting and polishing, stone fixing and attaching(cement or epoxy adhesive)
11	Painter	The work of painting walls, equipment, buildings, bridges, and other structural surfaces, using brushes, rollers, and spray guns.	Oil-based painting, water-based painting, epoxy resin painting
12	Rebar worker	The work of positioning and securing steel bars or mesh in concrete forms in order to reinforce concrete.	Rebar cutting, bending and welding
13	Steelworker	The work to raise, place, and unite iron or steel girders, columns, and other structural members to form completed structures or structural frameworks.	Steel frame assembly and dismantling, Steel deck plate installation
14	Concrete placer	the work to chop or spray shotcrete using cement, sand, gravel, water rub and pour and vibrate to make concrete of the desired weight and volume	Concrete delivery work with pump car and pressure pipe, concrete pouring work in the formwork, shotcrete spraying, concrete curing (hot air, solid fuel, etc.)

Appendix 1. Continued

No	Occupation type	Occupation description (craftsmen who are engaged in ~)	Major activities
15	Window and door installer	The work in manufacturing or installing windows and doors from wood, steel, sash, etc. in a building, and a craftsman engaged in manufacturing or installing wooden windows and doors in a building	Window(wood, aluminium, PVC, steel) installation and fixing, sealant (butyl, acrylic, urethane, silicone, acetic acid-free, etc.) injection, insulation construction (use of urethane foam filler)
16	Scaffolder	The work of installation and dismantling of scaffolds, carriers, workbenches, protective nets, etc.	Scaffold assembly and dismantling
17	Interior finishing worker/glazier	The work to finish with interior materials in building, Craftsmen who install glass in windows, skylights, store fronts, and display cases, or on surfaces, such as building fronts, interior walls, ceilings, and tabletops.	Attachment and detachment of interior materials, glass cutting, installation, decoration, Insulation, plasterboard work
18	Plumber/insulation installer	The work to assemble, install, alter, and repair pipelines or pipe systems that carry water, steam, air, or other liquids or gases. May install heating and cooling equipment and mechanical control systems/ to apply insulating materials to pipes or ductwork, or other mechanical systems in order to help control and maintain temperature.	Piping installation, repair, pipe welding
19	Plant worker	The work of piping and welding for facility of petrochemical plant construction	Cutting and bonding of insulation materials
20	Demolition worker	The work of carrying out the process of removing (collecting, transporting, processing) all the wastes generated while dismantling the structure (apartments, houses, underground structures and facilities),	Dismantling of buildings (asbestos, concrete, wooden structures, metal structures, etc.)
21	Mechanical technician	The work of mechanic operates various construction machines	Machine facility assembly, installation, adjustment, inspection, and maintenance
22	Equipment operator	The work of assembly, installation, adjustment, inspection and maintenance of general mechanical equipment	Assemble, install, adjust, inspect and maintenance of general mechanical equipment
23	Heavy equipment operators	The work to operate one or several types of power construction equipment, – such as motor graders, bulldozers, scrapers, compressors, pumps, derricks, shovels, tractors, or front-end loaders to excavate, move, and grade earth, erect structures, or pour concrete or other hard surface pavement.	Construction machinery operation
24	Landscaper	The work of artificially decorating natural scenery using trees, flowers, and stones.	Planting trees, grass, etc., pesticide spraying work landscaping facility construction
25	Underwater technician	The work to enter the water for construction of bridges, ports, etc. and works with the operator of a crane and collecting rocks.	Underwater construction work
26	Welder	The work to weld steel frame, pipe or equipment on construction site	Welding of building piping and facilities, etc., carbon steel, stainless steel, alloy
27	Powerline technician	the work of operation, maintenance, and repair of electrical equipment at construction sites	
28	Lineman	The work of electricity and communication work, Craftsman engaged in the main electrical work of structures or temporary facilities	Electrical equipment repair, Indoor switchboard installation, transmission, distribution, substation, cable work
29	Wireman	The work of installation and maintenance of indoor electric wires	
30	Driller/Rock blaster	The work of drilling into the bedrock using memorization, Craftsmen who drills a hole in the rock and uses explosives to break the rock.	Blasting drilling, blasting agent injection, blasting, rock treatment