

중대재해사례와 작업강도를 고려한 건축공사 위험성 평가

허효수 · 장성록 · 이종빈

부경대학교 안전공학부

1. 서 론

1.1 연구의 배경과 필요성

건설공사의 추세가 고층화·복잡화·대형화되고, 건설입지의 확장에 따른 공사계약조건의 증가, 신공법 및 신기술의 도입, 고용의 불안정, 공사물량의 증가, 종합생산적인 건설업의 특수성 등으로 인해 건설공사에서의 재해발생 위험성은 계속 증가하고 있다. 또한 국민총생산 및 취업자 수에서 전체 산업의 10%미만을 차지하는 건설산업은 재해자수면에서는 전체 재해자수의 1/3을 차지하는 대표적인 재해다발산업이다. 이러한 건설재해를 예방하기 위한 국가적 차원의 노력에도 불구하고 건설재해는 여전히 감소추세를 보이지 않고 있다. 2000년부터 2004년까지 아파트, 오피스텔, 학교 등과 같은 건축공사에서 발생한 중대재해자 수는 765명으로 건설업에서 발생한 전체 중대재해자 3,481명 중에서 약 22%를 차지하고 있다. 이와 같은 중대재해는 인간존중의 인도주의적인 측면뿐만 아니라, 경제적인 측면에서도 직·간접적으로 건설생산 활동에 영향을 주고 있으므로 이러한 건설재해의 예방을 위한 노력은 국가적 당면과제로서 절실히 요구되고 있다. 기존의 건설공사 위험지수에 관한 연구들은 재해자수, 사망자수, 재해발생건수, 근로자수, 근로손실 등을 고려하여 재해의 정도를 추정하고 있으나, 기업단위나 산업분류 단위로 지표가 발표되고 있다. 또한 기존의 위험도 평가 기법으로 체크리스트 기법, 결합수 기법 등과 같은 정량적, 정성적 평가기법은 경험이나 위험확률에 기초하여 위험도를 평가하는 것으로 제조업과 같이 반복되는 공정에서 적용될 수 있으므로, 본 연구에서는 건축공사 중대재해와 공종별 작업강도를 고려한 건축공사 공종별 위험지수를 산정하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 건축공사를 대상으로 한국산업안전공단에서 발간한 13년간(1992~2004년)의 건설 중대재해사례 보고집을 공종별로 분석하였고, 공동주택 3곳을 대상으로 공종별 투입인원 및 공사기간의 분석을 통해 작업강도를 도출하였으며, 이를 토대로 중대재해사례와 작업강도를 고려한 건축공사 공종별 위험성을 평가하여 재해예방을 위한 기초적 자료를 제시하고자 한다.

2. 건축공사 위험성 평가를 위한 예비적 고찰

2.1 건축공사 재해현황

Table 1에서는 지난 13년간(1992~2004년) 건축공사에서 발생한 중대재해를 공종별 발생건수와 비율을 나타내고 있으며, 이중에서 거푸집공사의 경우 전체 건축공사에서 발생한 중대재해 1,977건 중 321건이 발생하여 22개의 공종 중에서 가장 높은 발생비율을 나타내고 있다. 다음으로 가설공사, 철골공사, 토공사 및 기초공사, 석/외벽공사의 순으로 높은 중대재해 발생비율을 나타내었다.

Table 1. 건축공사 공종별 중대재해발생건수 및 발생비율

공종	재해발생	중대재해발생건수	중대재해 발생비율(%)	사고발생순서
거푸집공사		321	16.24	1
가설공사		245	12.39	2
철골공사		199	10.07	3
토공사 및 기초공사		132	6.68	4
석/외벽공사		130	6.58	5
콘크리트공사		116	5.87	6
설비공사		110	5.56	7
미장, 건축, 타일공사		105	5.31	8
도장공사		84	4.25	9
양중작업		79	4.00	10
철근공사		66	3.34	11
E/V 공사		53	2.68	12
전기(통신)공사		52	2.63	13
유리 및 창호공사		50	2.53	14
기타		48	2.43	15
조적공사		41	2.07	16
작업 외 이동		41	2.07	16
방수공사		37	1.87	18
해체공사		34	1.72	19
수장공사 및 금속 접철물공사		20	1.01	20
단열공사		9	0.46	21
커튼월공사		5	0.25	22
합 계		1,977	100	

2.2 공종별 작업강도 산정을 위한 예비적 고찰

건축공사 종류별 공사비에 따른 비율은 각 년도에 따라 약간의 변동은 있으나 대한건설협회의 건설업통계를 참조하여 1994년부터 1998년까지의 원도급 공사비에 따라 분석하면 Table 2와 같다. Table 2는 전체 건축공사의 원도급액을 기준으로 각 건축공사의 연간 공사비 비중을 5년간 평균으로 분석한 것으로 정도의 차이는 있으나 기타의 년도에서도 거의 유사한 경향을 나타내었다. Table 2를 살펴보면, 아파트공사가 공사비 비중이 가장 높은 42.3%를 나타내어 본 연구에서는 공종별 투입인원 및 공사기간을 산정하기 위한 샘플링 모델로서 어느 정도 타당성이 있다고 판단된다. 그리고 14.3%를 나타낸 기타 건축시설은 여러 종류의 건축공사(문화재, 전통양식, 위생건물 및 위험물저장소 등)를 포함해서 나타낸 것으로 각 공사를 분류하면 매우 낮은 비중을 차지하는 것을 모아서 정리하다보니 그 수치는 높게 나왔지만 의미는 낮다고 할 수 있다.

Table 2. 건축공사 원도급 공사비에 따른 비중

건축공사 종류	연간 공사비 비중(%)
주택	1.7
아파트	42.3
상가 및 주거용건물	5.0
사무용건물	9.0
호텔, 숙박시설	3.0
관공서 건물	3.0
학교	4.7
병원	1.7
종교용건물	1.0
집회, 전시시설	2.0
공장	12.3
기타 건축시설	14.3

2.3 공종별 투입인원 및 공사기간

건축공사의 공종별 투입인원 및 공사기간을 산정하기 위하여 주택, 아파트, 상가 및 주거용 건물, 호텔, 숙박시설, 관공서 건물, 학교 병원, 종교용 건물, 집회 전시시설, 공장, 기타 건축시설 중에서 연간 공사비 비중이 가장 높은 아파트 공사현장을 규모에 따라 Table 3과 같이 샘플링 하였다.

Table 3. 샘플링한 3개의 아파트 공사현장 개요

구 분	Model 1				구 분	Model 2				구 분	Model 3			
	단위	내역		비고		단위	내역		비고		단위	내역		비고
		아파트	상가				아파트	상가				아파트	오피스텔	
대지면적	M2	150,784.80	5,229.00	근린공원 및 어린이공원 면적 제외	대지면적	M2	165,977	5,125	근린공원 및 어린이공원 면적 제외	대지면적	M2	23,863.0	근린공	
연면적	M2	597,872.63	19,207.63		연면적	M2	810,750	24,563		연면적	M2	136,859.9	93,484.0	원 및
지상층연면적	M2	417,845.30	10,967.97		지상층연면적	M2	585,470	14,241		지상층연면적	M2	95,367.2	55,546.0	어린이
건축면적	M2	19,653.56	2,409.18		건축면적	M2	33,954	3,867		건축면적	M2	7,503.1		공원
건폐율	%	13.03	46.07		건폐율	%	20	56		건폐율	%	31.4		면적
용적율	%	277.11	207.95		용적율	%	353	278		용적율	%	632.4		제외
25평		740		26평		449		37평		30.0				
33평		1,404		31평		593		43평		98.0				
33평 A		659		33평		965	A:482세대, B:359세대, E:124세대	48평		60.0				
33평 B	세 대	339		34평	세 대	876		49평	세 대	152.0				
				34평		696	C:348세대 D:348세대	56평		220.0				
43평		330		44평		1,003		57평외		16.0				
54평		224		50평		276								
계		3,696		계		4,858		계		576.0				
복지후생시설	M2	6,539.00		복지후생시설	M2	9,700		26평(오피스텔)	세 대	100.0				
교육시설		-	단지내 부지확보	교육시설	M2	463	단지내 부지확보	39평(오피스텔)		303.0				
생활편익시설		391.00		생활편익시설		22,568		계		403.3				
체육 및 운동시설		3,574.16		체육 및 운동시설		4,011		-		-				
교통 시설	자전거보관수	개소	-	교통 시설	자전거보관수	개소	16	교통 시설	자전거보관수	개소				
	주차대수	대	4,822.00		주차대수	대	5,771		주차대수	대	1,897.0			
	경비실	개소	141.60		경비실	개소	7		경비실	개소				
기타 시설	오수정화시설		하수처리장	기타 시설	오수정화시설			기타 시설	오수정화시설					
	음식물쓰레기				음식물쓰레기		세대 내 설치		음식물쓰레기					
	감량화시설				감량화시설				감량화시설					

Table 4에서는 거푸집공사에서 커튼월공사까지 22개의 공종에 대한 연간 투입인원 및 공사기간을 나타내었다. 이는 서울, 인천지역 공사현장을 대상으로 공종별 투입인원 및 공사기간을 나타낸 것으로 지난 13년간(1992~2004년) 발생한 총 중대재해건수 1,977건 중에 321건으로 가장 높은 비율을 차지한 거푸집공사의 경우 연간 평균 작업투입인원이 13,720명으로 가장 많은 것으로 나타났다.

Table 4. 건축공사 공종별 평균 투입인원 및 공사기간

공종	Model 1		Model 2		Model 3		Average		
	작업투입 인원(A) (Man)	공사 기간(B) (Month)	작업투입 인원(A) (Man)	공사 기간(B) (Month)	작업투입 인원(A) (Man)	공사 기간(B) (Month)	작업투입 인원(A) (Man)	공사 기간(B) (Month)	연간평균 작업투입인원 (12Month)
거푸집공사	33,000	22	44,000	25	5,322	26	27,440	24	13,720
철근공사	16,000	22	28,000	24	4,716	29	16,238	25	7,794
미장,건출,타일공사	12,650	27	15,500	16	801	28	9,650	23	5,035
유리 및 창호공사	11,540	22	18,900	15	2,362	16	10,934	17	7,718
기타	5,520	33	7,500	34	202	32	4,407	33	1,603
가설공사	5,590	30	8,500	24	618	45	4,902	33	1,783
설비공사	3,870	30	5,600	29	1,134	39	3,534	32	1,325
수장공사 및 금속잡철물공사	5,240	22	8,600	17	440	21	4,760	20	2,856
방수공사	4,980	22	5,800	17	264	23	3,681	20	2,209
전기(통신)공사	3,180	31	5,000	29	763	37	3,981	32	1,493
양중작업	3,650	25	3,400	31	74	46	2,374	34	838
석/외벽공사	3,870	19	5,500	10	344	17	3,238	15	2,590
토공사 및 기초공사	4,800	13	7,100	14	698	20	4,199	15	3,359
콘크리트공사	3,100	20	2,900	24	1,180	27	2,393	23	1,249
조적공사	3,120	17	5,600	16	593	15	3,104	16	2,328
E/V공사	2,830	16	4,500	5	445	15	2,591	12	2,591
도장공사	2,890	9	4,500	15	235	23	2,541	15	2,033
단열공사	3,300	7	4,400	6	265	5	2,655	6	5,310
작업 외 이동	3,100	3	-	-	202	32	1,100	11	1,200
해체공사	1,800	4	-	-	155	3	651	2	3,906
철골공사	-	-	390	9	296	9	228	6	456
커튼월공사	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3. 중대재해 및 작업강도에 의한 위험성 평가

3.1 건축공사 공종별 위험지수 개발

지금까지 우리나라에서는 재해자수, 사망자수, 재해발생건수, 근로자수, 근로손실을 등을 고려하여 재해의 정도를 추정하고 있으나, 기업단위나 산업분류 단위로 지표가 발표되고 있다. 기존의 위험도 평가 기법으로 체크리스트 기법, 결합수 기법 등과 같은 정량적, 정성적 평가기법은 위험확률에 기초하여 위험도를 평가하는 것으로 제조업과 같이 반복되는 공정에서나 적용될 수 있으므로, 본 연구에서는 건축공사의 공종별 위험 정도를 지난 13년간(1992~2004년) 건축공사에서 발생한 중대재해사례와 각 공종별로 투입된 작업인원 및 기간을 고려하여 식(1)을 통해 나타내었다.

$$\text{중대재해자수와작업투입인원및기간을고려한공중별위험도} = \frac{WLD}{TWH} \dots\dots\dots\text{식(1)}$$

○연간근로손실일수(WLD Work Loss Day per year) = $\frac{13\text{년동안발생한공중별중대재해자수(명)}}{13(\text{year})} \times 7,500\text{day}$

○총근로시간수(TWH Total Work Hour) = 공중별작업투입인원수(year)×8hours(1일근무시간)

식(1)과 같이 중대재해자수와 작업투입인원 및 공사기간을 고려한 공중별 위험도를 산정하기 위해 13년간(1992~2004년) 건축공사에서 발생한 중대재해자수를 분석하였으며, 1명의 중대재해자에 대해 7,500일의 근로손실일수를 가산하였고 이를 공중별 연간근로손실일수(WLD : Work Loss Day per year)로 나타내었다. 건축공사의 각 공중별 공사 시작부터 종료될 때 까지 공중별 연간 투입인원수에 1일 근무시간을 8시간, 연간 근로일수는 300일로 산정하여 연간 총 근로시간(TWH : Total Work Hour)을 나타내었다.

3.2 중대재해건수와 작업강도를 고려한 공중별 위험도

식(1)을 통해 지난 13년 동안 건축공사에서 발생한 중대재해자수와 공중별 작업투입인원과 공사기간을 고려하여 Table 5와 같은 공중별 위험도가 나타났다. 건설업 중대재해사례 중에서 가장 재해율이 높게 나타난 거푸집 공사의 경우, 공중별 위험지수는 0.0194로 22개의 공중 중에서 12번째인 것으로 나타나 투입인원과 공사기간에 비해서는 위험율이 높지 않은 것으로 나타났다. 반면 가설공사와 철골작업의 경우는 중대재해건수가 각각 245, 199건으로 높았고 공중별 위험율 또한 0.1142와 0.3622로서 위험한 공중으로 나타났으며, 양중작업, 콘크리트공사, 설비공사, 석/외벽공사, 도장공사, 토공사 및 기초공사 등도 비교적 위험지수가 높은 공중에 포함되었으며, 반면에 단열공사, 유리 및 창호공사, 수장공사 및 금속 잡철물공사 등은 위험지수가 낮은 공중으로 나타났다. 이의 결과와 같이 위험이 비교적 높은 공중에 보다 많은 안전관리시설 및 비용을 집중적으로 투자한다면 재해예방 효과는 더욱 크게 향상될 수 있을 것이다.

Table 5. 중대재해건수와 작업투입인원 및 기간을 고려한 공중별 위험율

공중	연간 근로손실일수 (WLD) (명*year/day)	총 근로시간수 (TWH) (명*hour/year)	공중별 위험율 (WSRR)	공중별 위험지수	작업강도 순서
거푸집공사	185,192	109,760	13.5	0.0194	12
가설공사	141,346	14,264	79.3	0.1142	2
철골작업	114,807	3,648	251.8	0.3622	1
토공사 및 기초공사	76,153	26,872	22.7	0.0328	8
석/외벽공사	75,000	20,720	28.9	0.0417	6
콘크리트공사	66,923	9,992	53.6	0.0772	4
설비공사	63,461	10,600	47.9	0.0689	5
미장,건출,타일공사	60,576	40,280	12.0	0.0174	13
도장공사	48,461	16,264	23.8	0.0333	7
양중작업	45,576	6,704	54.4	0.0782	3
철근공사	38,076	62,352	4.9	0.0070	18
E/V공사	30,576	20,728	11.8	0.0169	14
전기(통신)공사	30,000	11,944	20.1	0.0289	9

유리 및 창호공사	28,846	61,744	3.7	0.0055	20
기타	27,692	12,824	17.3	0.0250	11
조적공사	23,653	18,624	10.2	0.0147	15
작업의 이동	23,653	9,600	19.7	0.0284	10
방수공사	21,346	17,672	9.7	0.0139	16
해체작업	19,615	31,248	5.0	0.0072	17
수장공사 및 금속잡철물공사	11,538	22,848	4.0	0.0058	19
단열공사	5,192	42,480	0.97	0.0014	21
커튼월공사	2,884	-	-	-	-
합계			695.27	1	

4. 결 론

본 연구에서는 지난 13년간(1992~2004년) 건축공사에서 발생한 중대재해사례를 바탕으로 서울, 인천지역 건축공사현장의 공종별 투입인원과 공사기간을 조사 및 분석하여, 중대재해사례와 공종별 작업투입인원 및 기간을 고려한 위험도의 기초 자료를 제시하였으며 이에 따른 결론은 다음과 같다.

- 1) 13년간(1992~2004년) 아파트, 오피스텔, 학교 및 은행 등과 같은 건축공사에서 발생한 중대재해는 총 1,977건으로 이 기간 동안 건설에서 발생한 전체 중대재해 9,243건의 21.32%를 차지하고 있다.
- 2) 건축공사에서 발생한 중대재해 1,977건을 공종별로 중대재해 발생건수 및 발생비율을 분석한 결과, 거푸집공사와 가설공사, 철골작업에서 각각 321건(16.24%), 245건(12.39%), 199건(10.07%)으로 나타나 타 공종에 비해 비교적 재해율이 높은 것으로 나타났다.
- 3) 서울, 인천지역의 건축공사현장에서 공종별 투입인원과 공사기간을 조사하여 이를 연간 공종별 투입인원 및 공사기간으로 분석한 결과, 거푸집공사가 연간평균 투입인원이 13,720명으로 가장 많은 수를 차지하였다.
- 4) 중대재해자수와 건축공사 공종별 작업투입인원 및 공사기간을 고려하여 공종별 위험율을 분석한 결과, 철골작업, 가설공사, 양중작업, 콘크리트공사의 위험지수가 각각 0.3622, 0.1142, 0.0782, 0.0772로 나타났다.

참고문헌

1. 고성석, 송혁, “정량화 의사결정기법을 이용한 빌딩공사 공종별 위험지수산정”, 대한건축학회논문집 21권 1호, pp.139~146, 2005.1.
2. 이민우, 이찬식, “건설공사의 위험도 산정에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 16권 5호, pp.105~112, 2000.5.
3. 건설부제정, 대한건축학회, 건축공사표준시방서.
4. 한국산업안전공단, 건설 중대재해 사례와 대책, 1992~2004.
5. 한국산업안전공단, “건설공사 종류별 위험도조사 및 정량화 지수연구”, 1999.12

6. 이종빈, 고성석, 장성록, “철근콘크리트조 건축공사의 공종별 위험성평가”, 한국안전학회지, 제20권 제1호, 2005, pp119~125.
7. 대한건설협회, 건설업통계연보, 1994~1998.
8. 박필수, “산업안전관리론”, 중앙경제사, pp.150~152, 1997.