

전문 건설공사 재해원인 분석 기법에 관한 연구

손기상 · 이경용* · 갈원모***

서울산업대학교 안전공학과 · *한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

**을지대학교 보건환경과학부

(2009. 5. 6. 접수 / 2009. 9. 10. 채택)

Analysis Techniques for Accident Causes of Subcontract Work at Construction Site

Ki Sang Son · Kyung Yong Rhee* · Won Mo Gal***

Department of Safety Engineering, Seoul National University of Technology

*Occupational Safety & Health Research Institute, KOSHA

**School of Human & Environmental Sciences, Eulji University

(Received May 6, 2009 / Accepted September 10, 2009)

Abstract : There are many accident causes related to even an accident. As well four(4) stepped causes of one accident at construction sites are analyzed in the study. First, eleven(11) cause factors are set up at each step such as policy level, management, indirect, direct level which are discussed and determined by field experts with 15year experience or more. Therefore, one direct cause occurred in construction site can be connected to the previous cause than in direct and management, and policy problem of previous management. These questionnaires results are analyzed with three different methods such as weighing level by Delphi technique, correlation analysis, critical pass method. Three different methods show their characteristic to see which subcontract work is more dangerous or not. Subcontract or at a construction site can be use the above three different cases as they need at their site in order to make more effective countermeasures.

Key Words : four step of accident causes, countermeasures, cause factor Delphi technique, correlation analysis, critical path method

1. 서론

건설업에서 발생하는 재해는 제조업에서 발생하는 재해와 달리 중층적인 하청구조에 의해 영향을 받는다. 그 동안 건설업의 재해예방을 위한 노력이 하청업체를 관리하는 종합건설업체의 산업안전보건활동에 중점을 두어 왔으나 하청을 통해 공사를 진행하는 전문건설업체의 산업안전보건활동에 보다 관심이 필요한 실정이라 해도 과언이 아니다. 현장에서 체감되는 전문건설업체의 실태는 수주, 계약, 착공 준공 등 각 공정 단계마다 온갖 에너지가 공사대금의 지급 방법 같은 자금조달에 쏠려 있는 실정이다.

예를 들면 공사대금 지급은 현금거래가 원칙이

나, 작금의 현실은 어음을 받는 경우가 아직도 성행하고 있으며, 더욱이 공사대금을 토지나 건물로 대신하는 대물지급이 흔하게 발생한다.

건설현장의 사고발생에 관한 수많은 연구와 정부의 노력에도 불구하고 건설 사고는 감소되지 않고 있다. 이들 사고는 건설 당사자라고 볼 수 있는 발주자, 원도급자, 하도급자(전문건설업체), 근로자 모두 연관되어 있는 경우가 대부분이다¹⁻³⁾. 또한 건설업에서 발생하는 재해의 원인 분석이 주로 기인물과 불안정한 상태 및 불안정한 행동에 초점이 맞추어져 있어 방호장치나 시설 및 근로자에 대한 안전교육 등이 강조되어 왔으며, 이를 위한 현장의 안전보건관리가 중요시되어 왔었다. 그러나 이러한 재해발생 원인들을 둘러싸고 존재하는 제반 조직 환경 및 정책 제도 그리고 시장 환경 등이 간접적인 영향을 미치고 있어 외적 조건에 대한 고려 없이

† To whom correspondence should be addressed.
wongal@eulji.ac.kr

직접적인 원인만으로 재해를 예방하고자 할 경우 한계가 있게 마련이다. 예를 들어 직접원인에 해당되는 특정 재해원인이 개선되기 위해서는 외적인 환경조건이 개선되어야 하지만 그렇지 못할 경우 직접 원인에 대한 개선은 일시적일 수밖에 없다.

본 연구에서는 건설현장의 다양한 작업공정이 서로 다른 전문건설업체에 의해 이루어진다는 점을 고려하여 공사 단계별로 구분되는 전문건설업체의 재해발생 정도를 알아보고, 재해 발생의 원인을 외적 환경까지 고려한 종합적인 시각에서 분석하였다. 특히 외적 환경 조건이 재해발생의 직접적인 원인에 미치는 영향 경로를 파악함으로써 효과적인 재해예방을 위해 외적 환경 특성 중에서 어떠한 요인들이 개선되어야 할 것인지를 알아보았다.

2. 재해원인 도출 방법

2.1. 연구방법

본 연구의 자료는 2007년도에 발생한 건설업의 재해를 대상으로 하였으며, 이 중 일부 재해만을 선별하여 분석에 활용하였다. 선별 방법은 위험도, 4대 발생재해, 요양일수 환산지수 5.0 이상(위험도 = 발생빈도 × 발생강도이며 요양일수 환산지수는 1~10단계까지이고, 10단계 = 사망 = 7,500일로 정의된다. “건설업 공종별 위험성 평가모델”, 한국산업안전공단, 2006년도의 범위 내에 포함된 총 재해 917건과 위험도는 2.0 미만이지만 재해자수가 많은 공사종들의 재해건수 227건을 합하여 총 1,146건을 Table 1에 나타난 바와 같이 분석대상으로 하였다^{4,6)}.

재해발생의 직접적인 원인 이외의 외적 환경조건에 해당되는 특성을 간접적 원인과 관리적 원인 그리고 정책적 원인 등으로 차원을 구분하여 알아보았다. 이 구분은 영국의 BOMEL(2003)사가 연구한 추락재해 예방을 위한 분석 틀을 활용하여 재구성한 것이다⁷⁾. 구체적으로 대상사고 건수마다 전문가회의를 거쳐 4단계, 정책적/관리적/간접적/직접적 단계별로 재해원인들을 결정하기 위해, 각 단계마다 11개씩의 원인요인들이 확정되었다. 이들은 다시 1차 공동연구원들이 선정한 등급을 결정하였고, 2차로 전문가그룹들이 다시 평가하여 평균으로 델파이기법을 통해 업종별 작업활동별 중요도 순위를 결정하여 정책적 3개, 관리적 3개, 간접적 4개, 직접적 6개로 압축되었고, 상관관계 등 통계분석에의거 각 업종별 위험도 값들과 연관성

Table 1. Data status of subcontract work with relationship analysis

코드	전문업종명	데이터 건수
1	실내건축공사업	61
2	토공사업	11
3	미장·방수조적사업	121
4	석공사업	39
5	도장공사업	65
6	비계·구조물해체공사업	163
7	급속구조물·창호공사업	66
8	지붕판금·건축물조립공사업	102
9	철근·콘크리트공사업	333
10	기계설비공사업	53
11	상·하수도설비공사업	27
12	보링·그라우팅공사업	1
13	수중공사업	2
14	조경식재공사업	0
15	조경시설물설치공사업	0
16	승강기설치공사업	8
17	포장공사업	3
18	삭도설치공사업	0
19	강구조물 및 철강계 설치 공사업	68
20	철도궤도공사업	7
21	준설공사업	2
22	시설물유지관리공사업	11
24	가스시설공사업	3
25	난방시공업	0
		1,146

이 있음을 입증하였고, 인과관계를 빈도수로 결정하는 크리티컬패스(critical path)법은 단일 정책적, 다수 정책적 방법으로 추적하여 단계별 원인들을 분석, 제시하였다.

2.2. 재해원인 도출 서식

일반적으로 사고의 50%는 “부적절한 태도”이고, 30%는 작업지식, 기능 부족이며 나머지 20%는 신체적 결함(특히 시력 불량 등)으로 제시하고 있다⁹⁾.

단계별 재해원인 도출 서식 결정과정은 다음과 같다.

정책적, 관리적, 조직적, 행동심리학적, 기술적, 간접적, 직접적 등 7단계로 제시하여, 본 연구의 단계설정을 위해 초안을 제작하여 자문가 그룹(학계, 경영계, 시공전문, 안전관리, 노동계 등) 8~10명을 구성토록 하였고 또한 자문가 그룹의 결정에 의해 결과를 도출하였다.

재해원인 도출의 7단계 구분은 국내의 현장에서 적용되기 어려운 것으로 판단되어 정책적, 관리적, 간접적, 직접적 4단계로 나누고 각 단계별 원인요인들은 12개 이내로 구성토록 논의를 귀결하였다. 조직적, 심리적 요인들은 관리적 단계에서 수용될 수 있는 것으로 간주되어 관리적 차원에 귀속하였다.

정책적 단계는 정부의 정책사업과 제도 특성을 고려한 것으로 규제, 안전관리비제도, 교육, 최저낙찰제 등 크게 4가지로 설정하여 시장 환경도 포함하였다. 관리적 단계는 사업조직의 특성을 반영하는 차원으로 간주하였으며, 실제로 국내 현실에서 대부분 재해발생 요인들이 여기에 해당될 수 있다고 해도 과언이 아니다. 간접적 단계는 개인적, 신용불량, 판단착오, 음주과다 등 직접적 원인들의 이면적 원인으로 정의하였고, 직접적 원인들은 위험인식 부족, 안전시설 미비, 안전장구 미비 등 사고의 직접적 원인으로 정의하였다.

일반적으로 알려진 원인도출의 7단계 구분은 단계별 내용들이 국내 현실에 입각해 볼 때 중복되는 부분이 적지 않아 전문가그룹 검토를 거쳐 4단계로 설정된 요인들을 파악하였다. 실제적 의미에서도 정부→회사→간접→직접, 4단계가 재해발생의 제반 원인과 조건들을 충분히 반영할 수 있다고 보았다. 실제 재해분석 과정에서 재해시나리오(재해개요) 자체가 육하원칙(5W 1H)에 의해 작성

된 경우가 많지 않고, 충실하지 못한 내용들이 많아서 정확하게 단계별 원인요인들을 추적하여 도출할 수 없는 경우도 많았다. 아울러 경험자들인 전문가 그룹들이 현장 하청업체 사장 또는 소장들과 심층 인터뷰를 통해 분석을 시도했으나 관리적, 정책적 단계의 원인이 모호한 경우가 많아 주관적 판단에 의해 요인을 도출한 경우도 있었다.

본 연구를 위해 전문가 그룹을 통해 결정된 “재해원인도출서식”은 Fig. 1과 같다. 좌측에 재해개요(=시나리오)를 기록하고, 하단에 신상정보의 개략, 단계별 정의를 기술하였고 단계별 원인요인들은 12개 이내로 제시하였다. 또한 뒷면(Fig. 2)에 각 단계 각 원인요인들의 해설을 기록하였다.

정책적, 관리적, 간접적, 직접적 단계에서 11~12가지 원인요인들은 소그룹 회의(공당 조사통계팀, 연구진, 관계자)를 거쳐, 자문가 그룹에게 의뢰하여 검토 후 수정·보완 과정을 거쳐서 확정하였다.

통계적으로 재해요인들의 타당성을 검토하기 위해 요인분석을 시도하였다.

2.3. 판별 요인분석

정책적, 관리적, 간접적, 직접적 차원에 포함된 다양한 원인들이 각 차원별로 몇 개의 범주로 구분될 수 있는지를 알아보기 위하여 요인분석을 실시하였다. 연구의 대상에 포함된 전문건설업종은

<p>이제 사건개요를 잘 읽어보고 각 단계마다 재해원인이란 생각되는 단계 표시하십시오.</p> <p>사건개요</p> <p>추가 의견(있을 경우):</p>	<p>직접적 원인</p> <p>가능도</p> <p>직접인적 자원의 일과 질</p> <p>작업자간 상호협조</p> <p>위험상황 인식</p> <p>작업 절차</p> <p>수칙 이행 / 준수</p> <p>안전 시설</p> <p>준비장비, 도구, 기계</p> <p>안전 장비 개인 보호구</p> <p>의사소통 / 신호</p> <p>작업장 기록 / 환견 / 보관</p>						
	<p>간접적 원인</p> <p>가정적 결합</p> <p>작업자서 풀말</p> <p>작업할 과다할당/ 풀말 작업</p> <p>개인적 습관/ 음주/ 음주</p> <p>정신적 결합</p> <p>신체적 결합</p> <p>안전 게시</p> <p>경계 의식</p> <p>작관, 판단오류, 후회, 산만</p> <p>원만한 관계, 왕따 의식</p> <p>팀 응급</p> <p>작업 의식</p>						
	<p>관리적 원인</p> <p>안전 조치</p> <p>관리감독</p> <p>편면</p> <p>지도, 지침, 보수</p> <p>계획</p> <p>품질 체계</p> <p>안전 문화</p> <p>원형회사 지향</p> <p>경쟁자, 관리자 안전 의식</p> <p>작업 게시</p> <p>안전 관리비</p> <p>사고관 리할 코드북</p>						
	<p>정책적 원인</p> <p>법식적, 권 시적, 법규</p> <p>합정력 부족</p> <p>규제의 강제성</p> <p>의제 낙찰제/ 계가추주</p> <p>안전 관리비 제도</p> <p>법 적용 할명령 / 오류</p> <p>처벌 대안</p> <p>경쟁 심사의 일과 질</p> <p>예방 교육의 일과 질</p> <p>경우의 의지력</p>						
<p>재해원인 단계 별 해석></p> <ul style="list-style-type: none"> · 정책적원인 : 시업주의지의 무관한 정부차원의 제도적, 법적, 행정적 문제 등으로 인한 재해발생원인 · 관리적원인 : 근로자 의지와 무관하며 시업주가 주도하는 조직적 문제, 관리적 문제 등으로 인한 재해발생원인 · 간접적원인 : 직접적원인을 유발시키는 2차적 원인으로서는 눈에 보이지 않는 재해자 개인의 행동 심리적 특성, 건강특성, 유전적요소등 제반 개인 환경특성 · 직접적원인 : 사고발생을 주도한 직접적인 원인요소로서 기술적, 기능적 요소와 눈에 보이는 재해자 개인의 행동적 특성 등 							
ID	재해구분	속명명	인명	손상형태	피해손상인수	사후구동	다양활동

Fig. 1. Accident Causes by four step.

<p>결격점</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 안전관리 전이적 행정 : 지속적으로 반복해야 함에도 일시적으로 하고 마는 등, 혼란상태 ■ 방화관리 부족 : 각종 신장품에 등불의 대응을 못하여 공사의 지장을 주는 등 ■ 규제의 강제성 : 규제가 많이 공사진행에 지장을 받는 등 ■ 최저낙상제(저기누추) : 하도급 업체는 공사비 자체가 턱없이 부족함 ■ 안전관리비 제도 : 안전관리비의 실질적 적용보다는 공사비의 일부가 되는 상태 ■ 법적 적용의 합성성/오류 : 같은 위반사항도 회사마다 처벌결과 다름 ■ 처벌 미약 : 위반시 벌액도 처리되지 않거나 제재받으면서 빠져나감 ■ 경찰심사의 양과 질 : 심사기준의 인력부족 또는 자립부족 등으로 적절한 심사 미비 ■ 예방교육의 양과 질 : 숫자상의 실적으로 전락하는 등 ■ 장비의 적절성 : 어문 설계기 등 	<p>유리점</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 안전요리 : 형식적인 도표상의 안전관리조치이고 실제 등 ■ 관리감독 : 관리감독 자체시행 하술하는 등 ■ 훈련 : 일일이 기록하기 위한 등, 실질적 효과를 위한 기법 부족 등 ■ 지도감독부수 : 자재적 지도감독부수를 위한 관리처제 미흡 등 ■ 처벌 : 사전적 처벌될 미비 등 ■ 운영정책 : 공사진행 계획의 잘못으로 시행시 서로 얽혀서 불안전 상태 등 ■ 안전문화 : 진화적인 자재의 안전을 중요시하는 정착된 분위기 여부 등 ■ 원상회복사직업 : 원상회복 사직업은 누가 하는지? 안전회 집행이 되는 순서는 아닌지 등 ■ 경영자관리자 안전의식 : 경영자 및 관리자들의 안전을 얼마나 의식하는지 여부가 중요 ■ 작업지시 : 잘못된 작업지시가 등장은 물론 안전 상태 야기 등 ■ 안전관리비 : 하도급처는 부족한 공사비속에서 안전관리비 0.5%를 감당해야 하는 등 ■ 사고관리 및 대책 : 사고발생처리후 재발방안 안도도록 후속조치들이 부족하고 통상발급 다시 발생 등
<p>간접점</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 가점적 결합 : 재인식용카드 연차, 부부차량, 기술 등 ■ 작업자세불량 : 같은 작업이라도 어떤 자세로 하나에 따라 좌우되는 등 ■ 작업량 과다(합당/불합당) : 도급시 작업지시들은 사고유발의 지름길이 되므로 ■ 개인적 습관/습관 : 술마시고 한강 출근하고, 취한 상태에서 고소 작업 하는 등 ■ 정신적 결합 : 정신적으로 일부라도 부족함 면이 있을 경우 잠재위험요인이 될수 있는 등 ■ 신체적 결합 : 신체적으로 일부라도 결합이 있으면서 잠재위험요인이 되는 등 ■ 안전의식 : 기본적으로 안전이 중요 하지 않은 의식 결여로써 작업하는 등 ■ 안전의식 : 서로 작업경쟁하러다 경쟁심을 잃고 안전을 잊어버리는 등 ■ 착각/합당 오류/취성 : 착각은 인간이 갖추 있는 것이므로 잠재위험요인이 되지 않도록 해야함 등 ■ 원한관계/합당의식 : 지시자에 원한관계가 있는 등 ■ 행동습관 : 주변에서 불안정한 행동을 남들이 하니깐 당당히 따라하는 등 ■ 자습의식 : 결격의식없이 행동하는 원인이 되어 결국 잠재위험이 되는 등 	<p>직접점</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 크기정도 : 작업자 숙련정도가 사고에 영향을 미치는 등 ■ 작업자의 자원의 양과 질 : 작업자의 작업내용에 적합한 인력수, 수순여부 등 ■ 작업자간 상호협조 : 작업자(목수 9명 1명 등) 합성해서 손발 맞추는 팀인지 여부 등 ■ 위험상황인식 : 사고발생전에 작업물중에서 위험을 인식하는지 여부 등 ■ 작업결과 : 해당 작업을 어떤 순서로 하는지? 안전회 집행이 되는 순서는 아닌지 등 ■ 수칙이행/준수 : 한강에 빠져들 수칙을 준수하지 않는 등 ■ 안전사실 : 발부 고너 등 시설이 미비된 것은 없는지 등 ■ 운영정책/도구(기계) : 유사공비, 작업자 안전도구들과 자재의 안전확보 여부 등 ■ 안전관리/개인보호구 : 개인보호구 미착용, 정정미비, 결함관리사용 등 ■ 의사소통/신호 : 서로의 신호전달 잘못, 잘못 전달되고 인식된 의사 발생 등 ■ 작업장기후(환경/조건) : 한강 강우/폭발, 배연, 가스발생, 위험물질 방출 등

Fig. 2. Definitions of each component.

25개 이었으나, 요인분석의 경우 실내건축 공사에 대한 분석결과만을 제시하였다. 요인분석을 위하여 각 요인의 평균값이 0.5 이하인 경우는 분석에서 제외하였다.

2.3.1. 직접적 원인에 대한 요인분석

직접적 원인으로 선별된 항목들 중에서 조건에 맞는 항목들인 위험상황 인식(D4), 작업절차(D5), 수칙 이행 준수(D6), 안전시설(D7), 운영장비, 도구, 기계(D8), 안전장비 개인보호구(D9), 의사소통 신호(D10) 등을 대상으로 요인분석을 하여 Table 2의 값을 얻었다.

Fig. 3에 나타난 바와 같이 직접적 차원에 포함된 재해요인들 중에서 7개의 세부 요인들을 대상으로 요인분석을 시도한 결과 3개의 숨겨진 특성이 발견되었다. 하나는 D4, D9, D10 등으로 위험상황인식과 개인보호구 및 의사소통과 신호 등의 요인이 하나의 범주로 구성되었으며, 두 번째 범주는 D5, D8로 작업절차와 운영 장비, 도구, 기계 등이 하나의 범주로 구성되었다. 그리고 나머지 범주

Table 2. Rotated Factor Loadings and Communality

Variable	Factor1	Factor2	Factor3	Communality
D4	0.597	0.337	0.366	0.604
D5	0.343	0.589	0.114	0.478
D6	0.091	0.146	0.786	0.648
D7	0.296	0.542	-0.660	0.816
D8	0.066	-0.955	0.000	0.916
D9	-0.824	-0.082	0.205	0.727
D10	-0.826	-0.043	-0.068	0.688
Eigenvalue	1.935	1.695	1.248	
Variance(%)	27.6	24.2	17.8	

* Principal component analysis with Kaiser normalization
 * Rotation method: Varimax rotation

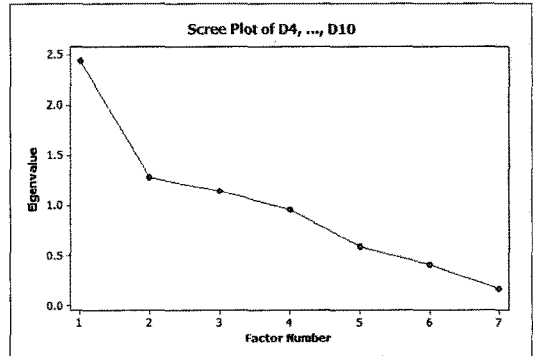


Fig. 3. Scree Plot of D4, ..., D10.

는 D6, D7 등으로 수칙이행 준수와 안전시설 등으로 구성되었다.

2.3.2. 간접적 원인에 대한 요인분석

간접적 원인으로 선별된 항목들 중에서 조건에 맞는 항목들인 작업자세 불량(I2), 작업량 과다 할당, 돌관 작업(I3), 안전지식(I7), 착각, 판단오류, 주위산만(I9), 행동습관(II1) 등을 대상으로 요인분석을 하여 Table 3의 값을 얻었다.

Table 3. Rotated Factor Loadings and Communality

Variable	Factor1	Factor2	Communality
I2	-0.819	0.038	0.672
I3	-0.722	0.154	0.545
I7	0.092	0.888	0.798
I9	0.295	-0.554	0.394
II1	0.522	-0.564	0.591
Eigen value	1.560	1.439	
Variance(%)	31.2	28.8	

* Principal component analysis with Kaiser normalization
 * Rotation method: Varimax rotation

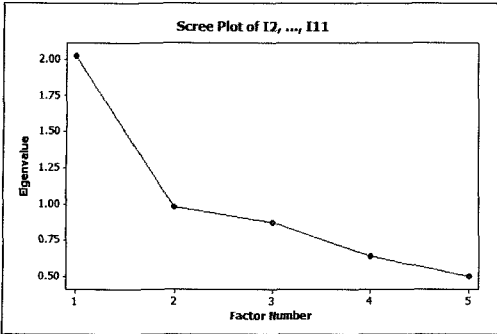


Fig. 4. Scree Plot of I2, ..., I11.

Fig. 4에 나타난 바와 같이 간접적 차원에 포함된 5개 요인들을 요인분석한 결과 두 개의 범주로 재구성되었다. 하나는 I2, I3 등으로 작업 자세불량 및 작업량 과다 할당 등 이었다. 두 번째 범주는 I7, I9, I11 등으로 안전지식, 착각과 판단오류 및 주위산만, 그리고 행동답습 등이 포함되었다.

2.3.3. 관리적 요인 요인분석

관리적 원인으로 선별된 항목들 중에서 조건에 맞는 항목들인 관리감독(M2), 훈련(M3), 지도점검 보수(M4), 계획(M5), 안전문화(M7), 경영자 및 관리자 안전의식(M9), 작업지시(M10) 등을 대상으로 요인분석을 하여 Table 4의 값을 얻었다.

Table 4. Rotated Factor Loadings and Community

Variable	Factor1	Factor2	Factor3	Communality
M2	-0.738	-0.065	0.348	0.671
M3	-0.401	-0.575	0.396	0.648
M4	0.126	-0.710	-0.355	0.646
M5	-0.072	-0.047	-0.902	0.822
M7	0.800	0.005	0.025	0.640
M9	0.611	0.121	0.193	0.426
M10	0.128	0.729	-0.067	0.552
Eigen value	1.756	1.387	1.261	
Variance(%)	25.1	19.8	18.0	

* Principal component analysis with Kaiser normalization
 * Rotation method: Varimax rotation

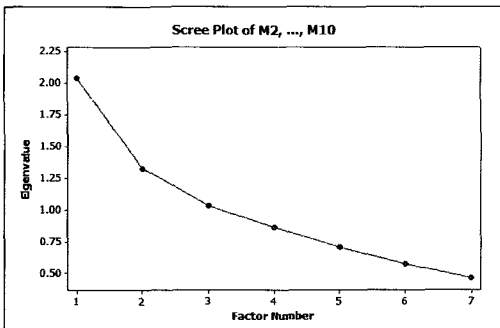


Fig. 5. Scree Plot of M2, ..., M10.

Fig. 5에 나타난바와 같이 관리적 차원에 포함된 7개 요인들을 대상으로 요인분석한 결과 3개의 범주로 재구성되었다. 첫 번째 범주에 포함된 특성은 M2, M9 등으로 관리감독과 경영자·관리자 안전의식 등이었다. 두 번째 범주에 포함된 요인은 M3, M4, M10 등으로 훈련, 지도점검·보수, 작업지시 등 이었다. 그리고 나머지 세 번째 범주에 포함된 요인은 M5로 계획 요인 이었다.

2.3.4. 정책적 요인 요인분석

정책적 원인으로 선별된 항목들 중에서 조건에 맞는 항목들인 행정력 부족(P2), 최저가 낙찰제의 저가 수주(P4), 법적용의 형평성 오류(P6), 점검심사의 양과 질(P8), 예방교육의 양과 질(P9), 정부의 의지력(P10) 등을 대상으로 요인분석을 하여 Table 5의 값을 얻었다.

Fig. 6에 나타난 바와 같이 정책적 차원에 포함된 6개 요인들을 대상으로 요인분석한 결과 3개의 범주로 구분되었다. 하나는 P8, P9 등으로 점검심사의 양과 질, 예방교육의 양과 질 등이 포함되었다. 두 번째 범주에는 P2, P4, P10 등으로 행정력 부족, 최저가 낙찰제의 저가 수주 및 정부의 의지력 등이 포함되었다. 그리고 나머지 범주는 P6으로 법적용의 형평성 오류만이 귀속되었다.

Table 5. Rotated Factor Loadings and Communality

Variable	Factor1	Factor2	Factor3	Communality
P2	0.599	0.632	0.164	0.786
P4	0.017	-0.837	0.120	0.716
P6	0.080	0.166	-0.959	0.953
P8	-0.859	0.265	-0.062	0.812
P9	-0.848	-0.177	0.256	0.817
P10	0.049	-0.668	0.158	0.473
Eigen value	1.825	1.676	1.055	
Variance(%)	30.4	27.9	17.6	

* Principal component analysis with Kaiser normalization
 * Rotation method: Varimax rotation

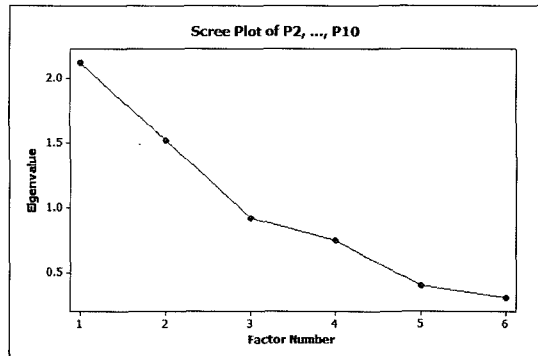


Fig. 6. Scree Plot of P2, ..., P10.

3. 요인평가 및 통계분석

3.1. 전문가 평가

3.1.1. 1차 평가

1차 평가는 공동 연구원들이 평가토록 하였고 각각의 사건의 개요를 읽고 4가지 단계별 해당되는 요인에 점수를 Fig. 7에 기입하도록 하였다. 점수의 척도는 관련성 정도에 따라 가장 큰 경우를 5점으로 하고 가장 낮은 경우를 1점으로 하여 평가하였다. 전혀 해당이 되지 않은 사항은 입력을 하지 않았으며 1,146건(1,097+49)건에 대한 사고를 각각의 공동연구원들에게 배부하고 해당 요인들에 대하여 주관적 점수를 기입토록 하였다.

3.1.2. 2차 평가

1차 공동연구원들에게 평가가 끝난 것을 다시 자문위원회에게 배포하여 점수를 Fig. 8에 기입하도록 하였다. 각각의 주관적 판단이 개입할 수 있고 중요도의 차이가 다르기 때문에 공동연구원과 자문위원의 중요도를 각각 비교하였다. 작은 네모칸 안에는 공동연구원들이 작성한 것이며 이 숫자 앞에 자문위원이 평가한 숫자를 구분하기 쉽게 굵게 표기 하도록 하였다. 평가 결과 공동연구원이 중요하다고 생각했던 부분에 체크가 안 된 곳도 있고 전혀 다른 곳이 중요하다고 체크하는 등 비교 분석이 가능한 귀중한 자료를 얻게 되어 이를 활용하여 좀 더 다양한 원인을 도출할 수 있었다.

자문위원이 작성한 2차 평가를 4단계 원인 중 각 단계에서 점수를 삭제하고 해당되는 원인만 남겨놓은 서식을 다시 자문위원들에게 배포하였다. 이런 과정을 통해 보다 더 쉽게 사건개요에 대해서 어떠한 원인이 해당되고 어떠한 부분을 좀 더

Fig. 7. 1st questionnaire survey.

Fig. 8. 2nd questionnaire survey.

집중적으로 관리해야 하는지 더 자세히 알 수 있는 평가를 시도하였다.

상관관계는 각 요인 별로 좋은 관계 3가지, 악영향 3가지를 분석하였고, 이 중에서 중요 관계만을 재해원인 도출서식에 그림으로 제작하였다. 상관관계도 제작 후, 다시 4가지 차원의 개별 요인들이 서로 영향을 미치는 경로에 대하여 Critical Path 기법을 적용하여 전문가 그룹이 2차 평가한 후 자신들이 했던 업중사례를 다시 배부하여 화살표(Critical Path)를 그리도록 하였다. 이때에 정책적 단계에서는 자신이 경험적으로 판단한 해당 재해시나리오에 가장 영향이 큰 것 1개만을 선정하여, 다음 단계인 관리적, 그 다음 간접적, 마지막으로 직접적 단계까지 해당되는 화살표 추적을 하도록 요청하였다.

따라서 재해원인 도출은 중요도순위 델파이기법, 상관관계 분석법, Critical Path 분석기법 등 3가지 방법으로 정밀 분석을 통해 비교하였다.

3.2. 통계분석

3.2.1. 4단계 재해원인 중요도 순위 델파이 기법

자문가 그룹회의에서 결정된 4단계 의사결정방법을 이용하여 위험도 2.0 이상, 발생형태별 해당공종의 4대재해별, 요양일수 환산지수 5.0 이상(6개월 이상 입원)의 범위에서 선정된 1,097+49 재해건수별로 사건개요, 신상정보를 제공하고 이미 자문가 그룹에서 결정된 각 단계별 11개씩의 원인요소들을 제시한 후, 1차 평가는 공동연구원 9명이 단계별 재해원인들을 선정, 도출하였고, 다시 같은 내용을 전문가 그룹 15명이 2차로 선정 및 평가(아주 중요 5, 덜 중요 1)를 5점 척도로 하도록 요청하였다.

수집된(100%) 데이터 시트를 그래프로 작성하여 전문가 그룹에 2차까지 발송하는 델파이기법으로 중요도 순위를 4단계의 각 단계별 재해원인 요소들을 도출하였다.

이들을 20개 업종별로 1차 분석을 하였고, 다시 각 전문 건설업종의 작업활동 별로 중요도 순위를 산출하였다. 이후에 4단계 각 단계별 1차 공동연구원, 2차 자문위원의 평가를 받아 선정된 원인요인들을 델파이기법으로 중요도 순위를 결정하였다.

건설산업기본법 시행령 별표 1에서 제시된 29개 업종을, 위험도 2.0 이상, 요양일수 환산지수 5.0 이상(=6개월 이상 입원)으로 선정된 재해를 그래프로 제작하였고, 대상 자문위원들에게 3차에 걸쳐 의견을 개진하여 확정토록 하였다.

4단계의 정책적, 관리적, 간접적, 직접적 단계로 검토해 보았을 때, 정책적 단계는 3개 요소(=원인요인들), 관리적 단계는 3개 요소(=원인요인들), 간접적 단계는 4개 요소들, 직접적 단계는 6개 요소들이 전 업종에서 일관되게 높은 중요도를 보였다.

3.2.2. 4단계 재해원인 상관관계

정책적, 관리적, 간접적, 직접적 차원에 포함되는 요인들간의, 차원간 영향력을 알아보기 위하여 서로 다른 차원이 요인들간의 상관관계를 분석하였다. 예를 들어 변수 DI(직접적 원인중의 “수직이행준수”)과 변수 I3(간접적 원인중의 “작업량 과다할당/돌관작업”) 간의 상관관계 정도는 0.560으로 통계적으로 유의한 상관성을 보였다.

	DI
I3	0.560 0.000

서로 유용한 상관관계만을 적용 고려할 때는 양의 상관관계를 검토하면 될 것으로 판단된다.

실내건축, 석공사 등과 같이 위험한 요소가 없다고 생각 할수록 요인들이 산만해지는 경향이 있고, 그만큼 여러 요인들이 관련되는 것으로 선정할 수밖에 없게 되며, 그만큼 어느 하나 중요한 것이 없다는 즉, 큰 영향을 미치는 요소인 원인요인들을 진단해 내지 못하는 의미로 해석될 수 있다.

정책적 단계에선 관리적 단계뿐만 아니라 간접적, 직접적 단계까지도 60% 이상의 높은 상관관계를 갖고 있음은 특이할 만하다. 정책적 단계에서 중요한 요소들을 해결하면 즉 관리적 대책들을 잘 수립하고 재해원인 요소들을 적합하게 처리하면 파급

효과와 어느 정도 상관관계가 있을 것으로 사료된다.

반대로, 위험도 52.95 이상인 비계구조물 해체공사사업인 경우, 본 정책적 단계에서 관리적 단계로, 관리적 단계에서 간접적 단계까지의 원인요인들의 상관관계들이 상호연관성이 매우 높게 교차되고 있음을 나타내고 있어, 재해원인들을 여러 가지 측면에서 고려해야 될 것으로 판단된다.

3.2.3. Critical Path 분석법

1) 단일 정책적 방법

1차 평가(공동연구원), 2차 평가(자문위원) 단계를 거쳐 위험도 2.0 이상, 4대 발생형태별, 요양일수 5.0 이상 재해들로 선정된 1,146(기존 1,097+추가 49건)에 대한 재해원인 평가결과를 델파이기법에 의한 중요도 순위, 상관관계 분석법에 의한 양의 상관관계 3개씩 업종별, 작업활동별로 산출하여 제시했고, 4단계의 정책적, 관리적, 간접적, 직접적 각 단계별 원인요인별 상관관계 값을 산정함으로써 필요로 하는 방향과 범위를 도출한 것은 유용한 연구결과라 할 수 있다.

그러나 상관관계가 곧 인과관계는 아닐 수도 있다는 재해원인요인 2차 평가 시 제시된 형식을 그대로 유지하여(각 단계별, 원인별 점수는 삭제된 형태) 2차 평가했던 자문위원들에게 그대로 전송하여(해당 자문위원들은 똑같은 재해시나리오를 받아보는 형식으로) 정책적 단계에서 가장 중요하다고 경험적으로 생각되는 1개만을 선정하여(이미 선택되어 있는 원인요인들 중에서) 다음 단계인 관리적, 그 다음 단계인 간접적, 그 다음 단계인 직접적 원인요인 단계로 화살표를 그려서 추적해 나가는 영향도를 작성하도록 하였다.

즉, 정책적 단계에서 가장 중요한 것은 선정된 원인요소 1개가 해결되면 다음 단계의 관리적 단계에서 어떤 원인요소들이 근절될 수 있는가를 측정해가는 방식을 3번째 분석방법으로 하여 한번 더 적용하였다.

이것은 상관관계 만에 대한 분석으로 얼마나 영향(impact)이 있는가는 또 다른 문제이기 때문에 Critical Path에서 전문가 그룹에게 정책적 단계에서 가장 중요하다고 생각하는 1개를 선정하여 그 다음 관리적 단계에 미치는 요소(원인요인)들에 화살표를 그리고, 그 다음은 간접적, 그 다음은 직접적으로 화살표가 가도록 Fig. 9와 같이 도시하였다. 이것은 정책적 단계에서 요소 1개를 해결하면 그 다음 단계의 요소들이 해결되는 파급효과를 파악

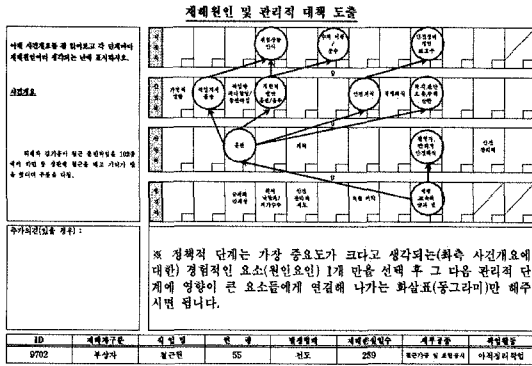


Fig. 9. simple critical path method⁹⁾

하는 과정이다. 1차 공동연구원, 2차 전문가 그룹이 선정되었고, 평가(rating) 했던 것들 중에서 전문가 그룹이 선정한 요소들만을 남겨두고 나머지는 삭제토록 하여 점수가 없는 상태에서 화살표를 표시하도록 하였다. 이때에 점수를 삭제하여 배포한 것은 최고점(5점 부여)을 무의식적으로 인식하는 습관적인 현상이 나타날 수 있는 가능성을 미연에 방지하고자 한 것이다.

각 업종별로 4단계별 핵심 1순위 요소들만을 연결한 인과 관계이므로, 단순/신속/핵심/집중적인 안전관리를 위한 원인들을 선정해야 될 경우, 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

2) 다수 정책적 방법

단일 정책적 Critical Path법은 정책적 단계 내에서 평가된 여러 요인들 중 가장 빈도수가 높게 선정된 요인만을 기준으로 추적해 나가는 방식으로 같은 단계 내의 기타 요인들이 무시된 단점이 있다. 다수 정책적 방법에서는 중요도 델파이 기법에 의거 도출된, 정책적 단계 3개요인, 관리적 단계 3

개요인, 간접적 단계 4개요인, 직접적 단계 6개 요인들에 대해 상/중/하로 선정 빈도수 순위로 경/중을 비교하여 추적해 나감으로서 단일 정책적 방법에서의 단점을 보완토록 하였다.

어느 방법을 선택하는 가는 건설현장별 상황과 건설회사별 경영조건에 따라 선택적으로 적용하여 효율화를 도모할 수 있다. 다수 정책적 방법은 아래 Fig. 10과 같다.

4. 분석결과

지금까지의 업종별, 세부 공종별, 작업활동별 위험도산정, 중요도순위 델파이기법, 상관관계분석, Critical Path법 등 3가지 기법으로 재해원인을 4단계별로 분석을 시도하였다. 위험도가 높은 업종일수록 복잡하게 얽혀있음을 3가지 방법 모두에서 찾아볼 수 있다.

중요도 델파이기법에서 용이하게 4단계 정책적, 관리적, 간접적, 직접적 단계별 요인들을 3개/3개/4개/6개로 중요 요인들을 간략화 할 수 있음을 알 수 있고 이것은 다시 크리티컬패스법 중 다수 정책적 방법에서 각 단계별 요인들을 중요그룹으로 간략화 하는데 바로 적용할 수 있음을 알 수 있었다.

상관관계분석에서는 단계별 요인들이 11개이므로 비교적 요인들이 많아 전체적인 상관성이 전반적으로 높지 않음을 알 수 있음에 따라서 50% 이상이면 높은 것으로 볼 수 있고, 20% 이상은 유의값 0.001 미만만 되면 상관 관계도를 구성하는 것으로 하였다.

상관관계도에서 증대사고가 없는 실내건축공사와 증대사고가 많고 작업자 투입수가 상대적으로 많은 철근콘크리트공사는 단계별 요인들 간의 관계도가 아주 복잡하게 도식화되어 그만큼 많은 요인들이 관련되어 있음을 알 수 있다. 즉, 1개 업종의 사고원인에 대해서는 4단계의 여러 원인들이 관련되고 있음을 입증해주고 있다.

건설업체 입장에서 살펴볼 때 전문적인 시공 능력을 갖춘 기술자를 보유해야 마땅하나 외부 도급의 문제는 건설업체에서 인력을 외부에서 충원하여 투입함으로써 건설업체는 실제로 기술자가 없는 상황이 되기도 한다. 기술자의 직접 고용여부가 중요한 요소임에 따라 한국전력 등은 기술자를 확보한 전문건설 업체에 대해서만 공사 발주를 한다. 즉, 전문건설업체가 기술자를 확보하지 못하면 공사를 수주하지 못함으로써 사고발생 자체가 있을 수 없

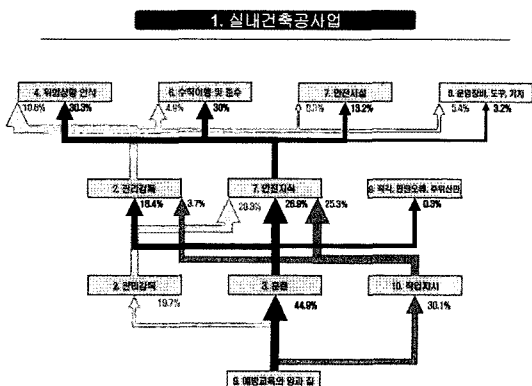


Fig. 10. multiple critical path method⁹⁾

게 된다. 공사규모가 큰 현장은 안전관리자 등 전문기술 인력이 별도로 확보되어 있으나 소규모 현장은 체계적인 안전교육이나 개인보호구 제공 등도 잘 이루어지고 있지 않는 실정이다.

5. 결론

본 연구에서는 재해사례에서 주관적으로 도출된 다양한 차원의 재해발생 원인들을 객관화시키기 위해 3가지 분석기법을 적용하였고, 현장의 각 전문업종별로 예견되는 다양한 대안을 최대한 많이 도출시키고자 노력하였다.

1) 전문건설업종별, 작업활동별 4단계별 원인분석 및 중요도 순위결정 시는 델파이 분석기법이 더 큰 효율성을 가지고 있음이 증명되었다. 요인들 간의 상관관계 파악에는 상관관계 분석뿐만이 아니라 영향도를 보여주는 크리티컬 패스법(단일, 다수)이 크게 유용성을 갖고 있음이 증명되어 공사 각 특성에 맞는 원인들을 도출할 수 있었고 결국 정확한 안전대책 수립의 기초가 될 수 있다.

2) 적정 인원, 적정 임금, 적정 작업물량이 배정 되도록 작업관련 시스템을 개선시키지 않고서는 사고예방이 이루어 질 수 없다는 사실을 3가지 분석기법을 적용한 결과 알 수 있었다.

3) 정책적 단계에서의 인자들이 다음 단계인 관리적 인자들에 가장 영향을 미친 핵심 요인들을 즉각 확인하여 사전 계획 및 전략에 반영할 수 있는 방안들을 증명하였다.

감사의 글 : 이 논문은 2008년도 한국산업안전보건공단의 연구과제 수행 결과로 얻어진 것이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 대한건설정책연구원, “전문건설업체의 BTL 사업 참여 확대방안”, 대한건설정책연구원
- 2) 이송 외 7명, “건설업체 자율안전관리 능력 제고에 관한 연구”, 한국산업안전공단 산업 안전보건연구원, 1999. 12.
- 3) 대한건설정책연구원, “전문건설업 실태조사 분석 보고서”, 대한전문건설협회, 2005, 2006, 2007, 2008.
- 4) 손기상, “건설현장 하도급 안전관리체제 관한 연구”, 대한안전경영과학회, 2008.
- 5) 채준석, “체험으로 본 안전관리 해법”, 2000. 8.
- 6) 오병한, 이병열, 오지환, “건설업 공종별 위험성 평가 모델”, 한국산업안전공단, 2006. 11.
- 7) BOMEL. “Fall from height: prevention and risk control effectiveness”, HSE, 2003.
- 8) 손기상, 갈원모, 최재남 외 6인, “전문건설업종 발생 재해의 원인 분석 및 관리대책 연구”, 2009. 3, pp. 158, 한국산업안전공단 산업안전보건연구원.
- 9) Jack B. REVELLE, “Safety training methods”, John wiley & son, pp. 33, August 1980.