

전문 건설업 재해분석과 위험도 산정방안 Formulation for Producing Risk Level of Each Construction Work

손기상*·갈원모**·최재남***

Ki-Sang SON*·Won-Mo GAL**·Jea-Nam CHOI***

Abstract

Risk level for each construction work can be very important factors to establish advanced prevention measures. But it is important how to produce it. There are three different methods to set it up for construction situation. They are as follows;

- 1) occurrence frequency = the number of accident workers of each work kind / yearly accident workers
- 2) occurrence frequency = the number of accident workers of each work kind / yearly workers
- 3) occurrence frequency = the number of accident workers of each work kind / the total workers

All these three concepts(=averaged concept)are analyzed. Additionally frequency based on discrete curve, and severity based on continuous curve are also combined for producing risk level with more scientific approach.

This risk level can be very useful to make prevention plan or take measures at construction sites.

This study result can change existing risk level concept to new concept of it, namely rail way work and in-water work showed be high risk level and RC work be low risk level, different from the situation which we have thought commonly, so far.

Keywords : risk level, countermeasures, occurrence frequency, severity rate, in-water work, RC work

* 서울산업대학교 안전공학과

** 을지대학교 보건환경안전학과

*** 서울산업대학교 에너지환경대학원

1. 서론

작은 공사일수록 감리가 부실해질뿐더러, 자체관리가 미치지 못함에 따라 위험에 노출된 채로 공정이 진행될 수밖에 없는 현실에 놓여 있다. 이에 대하여 행정적으로 또는 제도적으로 관리대책이 요구된다.

이해를 돕기 위하여 예를 하나 들어 본다면 약 20억원의 공사비로 지하 1층, 지상 2층을 짓는 건축공사장에서의 사례연구이다.

약5m를 굴착하고 지하층 골조작업을 위하여 골조팀은 쌍줄비계를 설치하고 발판을 설치하지 아니한 채로 외부 거푸집을 진행하고 있었다. 원청이 대형 건설업체이므로 현장에 안전팀이 구성되어 있는데 때마침 안전팀이 안전점검을 실시하고 각 단마다 발판을 설치하도록 지시했다.

하청업체의 현장소장이 허둥대면서 하도급 공사계약내역을 살펴보니 지하층 골조공사에는 쌍줄비계 항목이 누락되어 있었다.

원청에 설계변경을 요청했으나 총액입찰이므로 거절당했다. 그렇지 않아도 저가수주 공사인데다 계속 공사비(발판 설치비)를 투입할 수 없다고 버티자 원청 안전팀은 공사를 즉각 중단시켰다. 하청에 대책을 요구하자 할 수 없이 발판을 설치하겠다고 약속하고 현장소장은 본사에 추가예산을 요청했다.

하청업체 본사에서는 적자가 커지니 현장에서 적당히 알아서 처리하도록 추가예산승인을 거절했다. 현장은 우왕좌왕하는 사이에 근로자들은 일이 잘 안된다고 현장을 떠나기 시작했다.

이 사정을 눈치 챈 감리원은 현장검측을 고의적으로 뒤로 미루고 공정진행을 눈감아주었다. 안전팀도 무슨 일이 있었는지 더 이상 현장을 나오지 않았다. 그러자 근로자들이 하나, 둘, 다시 나와 발판없이 안전벨트도 매지 않은 채 쌍줄비계 위를 타고 거푸집 작업을 강행한다. 이를 본 하청업체의 직원은 그저 “조심하세요”라고 외칠 뿐이다. 이것이 저가수주와 관련된 생생한 안전관리의 한 단면이다.

연구의 제1단계는 2007 전문건설업 사고 총 19,050건 중에서 발생재해원인 분석대상으로 선정하기 위하여 각 업종별 위험도, 4대 발생재해, 요양일수 환산지수 5.0 이상을 기준으로 한다. 위험도는 발생강도(해당업종 총 요양일수 합 / 해당업종 총 재해자수)와 발생빈도(해당업종 재해자수 / 해당업종 근로자수)를 곱한 값으로 산정한다.

위험도, 4대 발생재해, 요양일수 환산지수 5.0 이상의 범위내에 포함된 총 재해 917건과 위험도는 2.0 미만이지만 재해자수가 많은 공사업종들의 재해건수 227건을 합하여 총 1,146건을 분석대상으로 한다.

제2단계 위험요인의 도출에는 근로자의 불안정한 행동으로 인한 위험요인, 사용자재 및 물질에 의한 위험요인, 작업방법에 의한 위험요인 및 사용기계·기구에 대한 위험요인의 확인이다.

제3단계는 위험도 계산으로 2단계에서 파악된 대상공종 및 작업의 유해·위험요인에 대하여 그 유해 위험요인이 사고로 발전할 수 있는 발생빈도(발생 가능성)와 발생강도(사고발생시 사고의 중대성 또는 손실 크기)를 단계별로(Level)을 정하고 이를 조합하여 위험도(위험의 크기) 계산한다. 즉, 각 위험 요인에 대한 위험도 계산은 발생빈

도 수준과 발생강도 수준의 조합으로 위험도(위험의 크기) 수준 결정한다.

위험도 = 사고의 발생빈도 × 사고의 발생강도 (여기서, 사고의 발생빈도는 위험이 사고로 발전될 확률, 폭로 빈도와 시간이며, 사고의 발생강도는 부상 및 건강장애 정도, 재산손실 크기이다.)

발생빈도 = (세부공종별 재해자 수 / 전체 재해자수) × 100%,

발생강도 = 세부공종별 산재요양 일수의 환산지수 합계 / 세부 공종별 재해자 수로 나타낸다.

<Table. I-1> 위험도 수준에 따른 리스크 점수

빈도 \ 결과	매우کم	상당히 کم	보통	경미
매우 자주발생(very likely)	1	2	3	4
가끔 발생(likely)	2	3	4	5
드물게 발생(unlikely)	3	4	5	6
거의 발생하지 않음(very unlikely)	4	5	6	7

2. 업종별 위험도 산정

건설업체 자율안전관리 능력 제고에 관한 연구2)에서는 자율안전관리의 여러 가지 제도 및 방법 중 기 시행되고 있는 자율안전관리업체들의 유해위험방지계획서 자체심사능력 정도를 파악 및 분석하여 자체심사능력 제고 방안을 도출, 건설현장에서 구조물 붕괴 등이 이어지는 핵심공정에 대한 공종별 현장조사를 통해 유해위험요인을 도출한 다음 이에 따른 각각의 작업공정 개시전 공정별 작업 안전계획을 수립하여 적기에 능동적이고 유기적인 사전위험요인 제거가 가능한 공정별 안전관리제도의 도입 방안을 제시한다.

2.1 1차 위험도 산정

이것은 재해자수 기준 방법이며, 발생빈도 산출시 해당공종 재해자수를 분모로 하였을 경우이고, 기존 자료(2006 건설업 위험성 평가모델)를 참고한 방법이다.

공단 식에 따른 위험도 산정 1차

“2006 건설업 공종별 위험성평가 모델(한국산업안전공단)”에서 위험도 산정을 위해

1. 발생빈도 = 해당공종 재해자수 / 당해연도 전체 재해자수 × 100%
2. 발생강도 = 요양일수 환산지수 합계 / 해당공종 재해자수 × 100%
3. 위험도 = 발생빈도 × 발생강도로 위험도를 산정한다.

본 과제에서도, 건설업 위험성평가를 위한 유사기준이 없어서 상기 문헌의 방식을 이용하여 산정한다.

2.2 2차 위험도 산정

『발생빈도 = 해당공종재해자수 / 2007년도 총 근로자수』에서 분모가 재해자수인데, 분자도 재해자수 개념은 빈도가 될 수 없다.

『발생강도 = 요양일수환산지수 합계 / 해당공종재해자수』에서 산재요양일수를 지수로 합계하게 되어 축소된 일수의 합계가 되어 분자의 크기가 실제와 달리 근사한 범위 내에 포함되므로, 결과적으로 위험도 산정 숫자가 “3.0~4.0” 내에 대부분 작업공종들이 해당되어 변별력이 없는 결과를 초래하였다. 이것은 “2006년 건설업 위험성 평가모델” 앞서의 문헌의 결과에서도 같은 결함이 나타나 있다.

따라서

발생빈도 = (해당공종재해자수 / 총 근로자수 2007년) × 100만(보정숫자)

발생강도 = (해당공종 요양일수 합계 / 해당공종재해자수) / 100(보정숫자)

로 하여 상기의 2가지 문제점이 해결되었다.

다음은 이러한 근거에 의한 전문건설업종별/세부공종별/작업 활동별/발생형태별/위험도이다.

2.3 3차 위험도 산정

발생빈도 = 해당공종 재해자수 / 해당 공종별 근로자수(2007년)

발생강도 = 해당공종 총 요양일수 / 해당공종 재해자수 에서

위험도 = 발생빈도 × 발생강도 일 때, 결국

위험도 =

$$\frac{\text{해당공종 재해자수}}{\text{해당 공종별 근로자수}} \times \frac{\text{해당공종 총 요양일수}}{\text{해당공종 재해자수}}$$

$$= \frac{\text{해당공종 총 요양일수}}{\text{해당 공종별 근로자수(2007년)}}$$

가 되어, 총 근로자수에서의 해당공종재해자수는 점유율이 되는 것으로 빈도수는 되지 못한다. 빈도수 개념을 위해 총 근로자수 개념이 아니고 해당공종의 총 근로자수가 분모가 되어야 하는 것으로 개념이 설정된다.

이 경우, 대부분 세부공종, 작업활동에서 재해자는(=분자)가 많은 경우 분모인 근로자수도 많기 때문에, 빈도수 숫자들이 공종별 특성이 있음에도 불구하고, 근사한 숫자 범위 내에 포진되는 결함을 볼 수 있지만, 개념적으로는 빈도수 의미에 가장 근접한 것으로 인정된다.

기존의 1차, 2차 위험도 산정 방식에서 산출된 1,097건에서, 3차 산출방식(발생빈도= 해당 공종 재해자수 / 해당 공종 근로자수)으로 적용한 결과 917건으로 선정되었다. 1차, 2차와 같은 위험도 2.0, 4대 발생형태별, 요양환산지수 5.0 이상의 범위로 선정된 재해건수이었다. 917건에는 1차, 2차때와는 다른 양상으로, 재해건수는 적지만 발생강도가 높은 주로 사망인 재해들이 49건으로 8업종(철도·궤도공사업, 수중공사업, 승강기설치공사업, 가스시설공사업, 보링·그라우팅공사업, 시설물유지관리업, 포장공사업, 준설공사업)이 추가되었다.

3차에서 구한 방식으로 해당 재해건수가 917건으로 감소되었지만, 위험도는 3차 방식에 의한 값으로 2.0 미만일지라도 재해건수가 많은 작업활동들 229건을 추가하여, 총 1,146건(1,097+49)건으로 선정되었다.

3. 위험도 산정

3.1 평균개념 위험도

1차 위험도 분석은 (해당공종의 재해자수 / 해당년도 총 재해자수) = 발생빈도, (요양일수 환산지수 합계 / 해당공종 재해자수) = 발생강도로 하여 작업활동별 발생강도의 차이가 거의 없는(특성이 다음에도 불구하고) 결과가 제시되었다. (2006년 위험도 평가모델)

위험도에 순서가 왜 이렇게 나올 수밖에 없는 상황을 정리하고 재해자수에 의한 위험도는 얼마나 문제가 있는지를 비교분석하여도 좋은 연구 자료와 향후 이 방향으로 가야 실제적 분석이 나온다는 것을 언급할 필요가 있겠다.

지금까지는 위험도(공단 등)계산할시 빈도수는 해당공종의 재해자수 / 해당년도 총 재해자수 이었는데, 재해자수를 재해자수로 나눈 것은 문제가 있는 것으로 제기되어, 해당공종의 1년간 총 하도급 금액을 해당공종의 노무비율로 곱하고, 일평균 근로자 임금(월평균 노무비 고시액×12개월/300)으로 나누어 해당공종의 근로자수를 곱하고 해당공종의 재해자수를 나눈 것인데 전체적인 위험도 분포가 우리나라 공사장 현실에 부합되는 것으로 판단되었다.

4. 분석

2장에서는 자문회의 결과 확정된 위험도 2.0 이상, 발생형태별 4대재해(건수가 많은 철근·콘크리트 공사업의 거푸집 동바리, 철근가공 및 조립가공은 5대 재해), 요양일수 환산지수 5.0이상(=6개월 이상 입원)을 2007년도 총 재해 19,050건중의 재해원인 분석대상 선정원칙으로 결정하였다.

먼저 위험도 산정에서 지금까지의 국내 건설업 위험성 평가의 기준으로 간주되었던 “2006 건설업 위험성 평가모델(한국산업안전공단, 2007)”의 발생빈도, 발생강도 산정식의 모순에 대한 지적이 9월 17일 개시회의에서 개진되었다.

따라서 1차 위험도 산정식은 "발생빈도 = 해당공종의 재해자수 / 총 재해자수", 에서 분모의 모순이 지적되어, 2차 위험도 산정식에서는 이 분모를 2007년도 "총 근로자수"로 대체하여, 전 업종들이 공통분모를 갖고 발생빈도를 산출토록 하였으나, 10월 23일 발표에서 다시 지적되었다. 분모가 해당공종에 투입된 근로자수로 되어야 그 업종의 특성이 반영될 수 있다는 것이었고, "발생강도 = 요양일수 환산지수 / 해당 공종재해자수"로 할 경우 업종간 변별력이 없게 되어 "발생강도 = 총 요양일수 합 / 해당공종의 재해자수"로 바꾸어 3차 위험도 산정식에 의한 결과를 도출하였다. 결국, 1차, 2차, 3차 각각 산정식에 기초한 위험도를 산정 비교하게 되었다.

철도궤도공사가 가장 높은 것으로 나오는데 이 분야는 2007년도 사고사례는 대부분 사망사고로 발생강도에 해당되는 요양일수가 사망 시는 7500일로 계산되므로 사망 시는 위험도가 높을 수밖에 없다.

실내 건축의 경우 사고건수는 많은데 중상, 사망 등은 거의 없고 발생빈도는 많아도 발생강도가 낮으므로 위험도는 생각보다 낮을 수밖에 없다.

일반적으로 생각하는 거푸집 동바리, 철근작업, 콘크리트 공사는 따라서 위험도가 낮은 편에 포함된다. 골조공사부분이 위험도가 많은 것으로 생각하는 지금까지의 통념은 현실적 현장 실정을 반영하지 못한 견해를 알 수 있다.

2차 위험도 계산은 (해당공종 재해자수 / 2007년도 총 근로자수) = 발생빈도, 요양일수환산지수가 아니라 (요양일수 자체의 총 합계 / 해당공종의 재해자수) = 발생강도로 계산되었는데, 작업활동별 상대비교는 가능하지만, 발생빈도 개념보다는 총 근로자수에 대한 점유율 개념이 되어 문제가 있었다.

본 연구 위험도 계산은 (해당공종재해자수 / 2007 해당공종 근로자수) = 발생빈도, (해당공종 총 요양일수 합계/해당공종재해자수)=발생강도를 도입하여 공종별 특성이 반영된 것으로 사료된다.

비계공사 설치 및 해체의 위험도가 높은 것은 외국에서는 대부분 틀비계나 시스템 비계를 사용하는데 국내 대부분현장(특히 중소규모현장)에서만 사용되는 강관비계를 작업발판 없이 조립이 가능하여 이것을 설치하거나 이용하는 비계공, 거푸집공, 미장공, 석공들의 사고가 많이 발생하는 것으로 판단된다.

기타 우리의 산업안전조치가 미치지 않는 철도작업자들은 재해자는 많지 않으나 사고가 발생되면 사망이 많고 중사자가 많지 않으므로 안전관리만 되면 재해를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

강재 및 철골작업자들은 작업의 위험도가 매우 높고 이것은 외국에서도 많이 발생되나 우리나라는 특히 소규모 공장건설 및 가시설 설치에 많은 재해가 발생되어 이것에 관한 관리가 필요하다.

기타 가스설비 및 일반기계배관, 승강기 설치작업도 매우 위험한 공정인데도 불구하고 실제로는 발주를 별도로 하는 관계로 안전관리가 안되고 있어서 재해가 많이 발생되고 있으며, 수중, 상하수도작업, 시설물 유지관리 등 소규모공사에서 재해의 위험도가 높기 나왔으므로 사업주와 발주처에서 이런 작업은 공사규모가 작더라도 안전관리자 등 전문가의 통제를 받도록 강제할 필요가 있다.

5. 결 론

3차 위험도 산정식에서, 지금까지의 상식, 즉 거푸집 동바리에서 사고건수가 많으므로 가장 위험하다는 방식이 옳지 않음을 증명하였다. 이 공종은 공사투입인원수가 많아 사고건수가 많아진 것일 뿐으로 위험성이 높은 공종은 철도·궤도공사들과 같이 적은 인원이 투입되지만 사망사고가 많은 업종들이 위험도가 높게 나타나는 논리가 합당함을 증명하였다. 정책적 전략적 계획이 이에 기초 되어야 함을 알 수 있다.

위험도 분석에서 도장 및 지붕, 석공, 미장공사 등에서 위험도가 높은 것을 보면 현장에서 안전관리를 초기공종(골조작업)에만 치중하는 경향이 있는데 이런 경향은 잘못 되었으며 오히려 재해를 줄이기 위해서는 높은 곳에서 작업이 작은 편으로 안전관리를 하면 효과가 높은 마감공정에 더욱 더 관리하여야 된다는 것을 알 수 있다.

본 연구에서는 처음의 위험도 산정식은 (발생빈도+발생강도)는 무의미(trivial solution)이고, 상기에서 연구된 (발생강도×발생강도)는 평균 산정 개념으로 단순화된 평균 산정식으로 목표에 근접한 것으로 평가될 수 있는 것으로 사료된다.

향후 연구에서는 빈도수 그래프(discrete)에 의한 분포도와, 발생강도 그래프(continuous)를 조합한 컴파운드(compound) 그래프를 구하여 표준편차를 구하는 것이 위험도 산정방식으로 제시되어야 할 것으로 사료된다.

또한, 본 연구에서 설정한 기준으로 선정된 917건과 1, 2,차에서 포함된 위험도 2.0미만의 229건을 포함한 총 1,146건에 대하여 재해원인 분석 및 관리대책을 적용하는 것이 효과적일 것으로 사료된다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 오병한, 이병열, 오지환, “건설업 공종별 위험성 평가 모델”, 한국산업안전공단, 2006. 11.
- [2] 이송 외 7명, “건설업체 자율안전관리능력 제고에 관한 연구”, 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 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] 한국물가협회, “노무비율 실태조사 및 제도개선 방안 연구”, 2006. 12
- [7] 한국산업안전공단, “2006년 업종별 세부공종별 작업활동별 재해현황자료”, 2006