

최근 건설사고 사례 분석 및 예방대책



글 신주열 \ 한국시설안전공단 건설안전실장 \ 전화 031-910-4152 \ E-mail juyeoul@kistec.or.kr



1. 건설재해와 안전 불감증

최근 발생한 판교 테크노밸리 환풍구 추락사고, 사당종합체육관 붕괴 및 용인 도로공사 교량상판 붕괴사고 등 연이은 대형 건설사고로 국민적 불안은 가중되고 안전에 대한 사회적 관심은 높아지고 있다. 이와 같이 대형 사고가 발생될 때마다 정부는 다양한 건설현장 안전대책을 마련하고 있으나 건설 안전사고는 좀처럼 감소하는 모습을 보이지 않고 있다. 게다가 세월호 참사 이후 국가 안전시스템을 확 뜯어 고치고 시민들의 안전의식 또한 새롭게 하자는 분위기는 일었지만 한국사회는 여전히 안전불감증을 앓고 있다. “나는 괜찮겠지”하는 안일한 생각으로 인해 판교 테크노밸리 환풍구 추락사고로 27명의 사상자가 발생했다. 안전한 시공에도 문제가 있었지만, 당시 행사 진행자가 “환풍구에는 추락위험이 있으니 내려오라”는 안내방송을 했음에도 아이돌 공연을 보던 시민들은 안전불감증에 걸려 진행자의 안내에 귀 기울이지 않았다. 통계청의 2014년 준법수준 조사에 따르면 다른 사람이 평소 법을 잘 지키는지에 대한 물음에는 국민 34.7%만이 ‘법을 준수한다’고 응답했지만, 스스로는 이보다 두 배 높은 67.0%가 법을 준수한다고 응답했으며, 자기가 법을 안 지킨다고 보는 국민은 1.9%에 불과했다. 즉, 스스로의 준법의식은 높게 평가하면서 타인의 준법의식은 낮게 보는 모순적인 태도를 보이고 있다.

1-1. 건설재해 현황

세월호 사고 이후 정부는 ‘국가 대 개조’까지 내걸며 대대적인 대개혁 작업을 펼쳐서 일까? 2008년 이후 지속적으로 증가하던 건설업 재해율은 2014년에는 주춤하는 모습이다. 그러나 고용노동부

가 발표한 ‘2014년 산업재해 발생현황’에 따르면 2014년 건설업의 재해자가 23,669명으로 전년 대비 0.3%가 증가했으며, 건설업 사망자(434명, 업무상 사고) 또한 전체 업종 중 가장 많은 43.8%의 사망자가 발생하고 있는 실정이다.

표 1 고용노동부 재해율 통계(단위 : %)

연도	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
전체산업 재해율	0.71	0.70	0.69	0.65	0.59	0.59	0.53
건설업 재해율	0.64	0.65	0.70	0.74	0.84	0.92	0.73

[표 1]과 같이 지난 7년간의 재해율 현황을 보면 전체산업에 대한 재해율은 '08년 0.71%에서 '14년 0.53%로 25% 감소한 반면, 건설업의 재해율은 오히려 0.64%에서 0.73%로 지난 7년 동안 14.1%나 증가하였다. 2013년까지의 건설업 재해율만 본다면 0.92%로 43.7%가 증가하였다.

건설재해 중 공사비 20억원 미만의 소규모 건설현장에 발생한 재해자수('14년)가 전체 건설재해자수의 72%(16,489명)를 차지하고 있을 만큼 소규모현장에서 재해가 집중되고 있다. 안전보건공단이 조사한 사망재해 공사종류별 발생현황을 보면 건축공사에서 전체의 73.7%인 73명의 사망사고가, 토목공사에서 16.2%인 16명의 사망사고가 발생한 것으로 조사되었다.

이러한 건설재해로 인해 지난 10여 년간 건설현장에서 매년 2만 여명이 넘는 부상자와 600명을 넘는 사망자가 발생하여 국가적인 손실이 연간 12조원을 상회할 것으로 추정하고 있다. 이러한 건설사고는 직접적인 경제적 손실 외에도 국가 신인도 저하, 사회적 불안을 가중시켜 국가적인 부담을 주는 요인으로 작용하고 있다.

1-2. 건설사고 원인

중대 건설사고의 원인은 직접적인 원인과 간접적인 원인으로 분류할 수 있다. 중대 건설사고의 직접적인 원인은 대부분 취약공종의 안전관리 미흡에 있다고 할 수 있다. 국토교통부('14.12)의 '건설공사 안전관리업무 매뉴얼'에 따르면 취약공종에서 유사한 안전사고가 지속되고 있다고 언급하고 있다. 다양한 건설공종 중 가시설공(거푸집, 동바리), 지반굴착(터파기), 비탈면 굴착을 취약공종으로 선정하고 관리기준을 적시하고 있다. 이중 최근에 가장 많이 발생되고 있는 공종은 단연 가설동바리 즉 가시설공이라 할 수 있다. 간접적인 원인으로는 최저가낙찰제로 인한 저가수주, 현실을 반영하지 못한 짧은 공사기간, 공사비 삭감의 수단으로 활용되는 실적공사비, 발주자의 불공정 공사비 삭감, 발주자의 안전관련 불공정 조치, 사업주의 근로자 안전의식 개선노력 미흡, 근로자의 안전의식 부족, 외국인 근로자 증가로 인한 의사소통 미흡, 소규모 현장에 대한 관심부족, 시공자 중심의 안전관리체계, '빨리빨리' 사회문화 등이 있을 것이다.

1) 직접적인 원인

가. 가설구조물 붕괴 원인

사당중합체육관 붕괴, 용인 교량붕괴사고에서와 같이 건설공사중 가설구조물(동바리, 거푸집, 비계 등) 붕괴사고가 빈발하고 있다. 특히 주목할 점은 가설구조물 붕괴사고가 발생되면 많은 사상자가 발생하는 중대재해가 된다는 점이다. 최근 5년간의 가설동바리 관련 중대재해 현황은 [표 2]와 같으며, 가설동바리 주요 발생원인은 아래와 같다.

- ① 구조검토 미실시 또는 미흡 : 구조검토 및 조립도를 작성하지 않거나 안전성 검토가 미흡(수평하중 미고려 등)하여 거푸집 및 동바리 지지력 부족에 의한 붕괴
- ② 가설구조물 설치 불량 : 동바리 수직도 불량, 경사면 썩기 미설치, 수평연결재 미설치 또는 설치불량(철선고정 등), 가새 등의 수평하중 지지부재 미설치, 지반침하 등에 의한 붕괴
- ③ 가설구조물 재료 불량 : 목재의 웅이, 균열, 강재의 부식, 힘 등 불량한 재료를 사용하여 부재 파손 등에 의한 붕괴
- ④ 작업방법 불량 : 콘크리트 집중 타설, 슬래브 및 벽체 일괄 타설, 슬래브 거푸집 위에 자재 집중적치 등에 의한 붕괴

표 2 가설동바리 붕괴사고 현황

연도	'14	'13	'12	'11	'10
발생건수(건)	8	8	9	3	5
사망자수(명)	3	11	7	5	3
부상자수(명)	14	11	20	16	26

*출처 : 한국비계기술원 및 안전보건공단 자료 편집

나. 지반굴착(터파기) 붕괴 원인

지반굴착공사 중 발생하는 붕괴사고의 원인을 분석하기 위하여 주요 흙막이 공법, 붕괴양상 그리고 붕괴원인을 조사한 결과, 그 원인을 다음과 같은 유형으로 분류할 수 있다

- ① 지반조사의 불충분 : 필자가 2010년 연구사업을 통하여 조사한 결과, 지반굴착 중 발생된 붕괴사고의 가장 큰 원인은 지반조사 단계에서 취약부분을 제대로 파악하지 못한데 있었다. 전체 조사대상 붕괴사고(25건)의 48%가 지반조사를 제대로 하지 않아서 발생한 사고이다.
- ② 가시설 구조체 불안정 : 앵커 또는 H-Pile, Rock Bolt, Strut 등 가시설벽체를 지탱하여 주는 구조체의 결함 또는 설계결함으로 붕괴가 주로 발생될 수 있으며, 결함의 형태는 아래와 같으며 전체 붕괴사고의 36%를 차지하고 있다.
 - 앵커, H-Pile의 근입심도 부족으로 인한 굴착바닥면 파괴
 - 버팀보 시스템의 파괴 또는 좌굴
 - 과도한 휨모멘트에 의한 엄지말뚝 파괴
 - 2단 흙막이벽 설치시 연결부위 파괴 등
- ③ 이 밖의 원인으로 Boiling 또는 Heaving에 대한 굴착바닥면의 불안정과 차수, 배수 등 지하수 처리 미흡에 따른 불안정, 시공상의 실수, 과다 굴착, 사면활동, 관리소홀 등이 있다.

다. 비탈면 붕괴 원인

비탈면의 붕괴원인은 사면종류(토사, 암반, 혼합), 사면의 형상(사면의 경사 등), 불연속면의 특성(풍화정도, 방향성, 연속성, 충전물, 암종 등) 및 내·외부적인 환경(집중강우, 지하수위, 토층심도, 배수 시설 등)에 따라 다양하고 복합적인 원인에 의해 발생한다. 계층분 석방법(AHP)에 의한 사면붕괴 원인별 가중치를 보면 아래와 같다.

- ① 토사사면 : 집중강우에 의한 영향이 28%로 가장 높아 장마철 및 집중호우 시 사면현장 집중관리가 필요함을 알 수 있음
- ② 혼합사면 : 집중강우와 인장균열이 55%를 차지하는 것으로 조사
- ③ 암반사면 : 지질적 인자 49%, 수리적 인자 34% 순으로 조사되어 불연속면의 방향성과 집중강우에 따른 대책수립이 필요

2) 간접적인 원인

- ① 최저가낙찰제로 인한 저가 수주 : 건설현장에서 최소한의 안전을 확보하기 위해서는 적정공사비가 확보되어야 한다. 철도시설공단의 최근 5년간 안전사고 분석결과를 보면, 저가낙찰 현장(전체의 17%)에서 전체 건설사고의 77.8%가 발생하였으며, 건설산업연구원 발표에서도 최저가낙찰제 현장에서의 재해율이 16배나 높은 것으로 나타났다. 이는 저가수주 현상은 상대적으로 안전관리를 위한 인력과 비용을 적절하게 투입하지 못할 뿐만 아니라 원가를 맞추기 위해, 공기를 단축하기 위해 무리한 공사를 추진하는 등으로 안전작업에 소홀할 수 밖에 없다.
- ② 짧은 공사기간 : 공사기간의 부족이 사고 발생원인의 상당부분을 차지하고 있다. 시공사는 공기단축을 통한 원가절감 및 공사지체에 따른 지체보상금 부과 회피를 위하여 무리한 작업을 하게 되고 이로 인해 부실공사 및 재해가 발생된다.
- ③ 이외에도 발주자의 공사비 삭감 및 불공정 안전조치, 사업주의 근로자 안전의식 개선 노력 미흡, 근로자의 안전의식 부족, 외국인 근로자 증가 및 의사소통 미흡, 소규모 현장의 안전관리 관심 부족, 시공자 중심의 안전관리체계, 빨리빨리 안전문화 등 다양한 간접적인 원인이 있다.

2. 중대 건설재해 저감을 위한 노력

건설재해는 물적 재해와 인적 재해로 구분할 수 있다. 가시설 부실 또는 근로자의 부주의로 인해 발생하는 인적재해는 고용노동부 및 산업안전보건공단이 담당하고 있으며, 중대재해가 발생하는 구조물 자체의 안전성 확보를 통한 재해예방 업무는 국토교통부에서 담당하고 있다.

2-1. 건설현장 안전관리체계 개선방안 마련

국토교통부에서는 최근 발생된 대형 건설사고에서 도출된 문제점 즉, 시공단계 중심의 안전관리, 규제강화 위주의 안전대책 수립 및 소규모 건설현장의 안전대책 미흡 등의 문제점을 해결하기 위하여 '건설현장 안전관리체계 개선방안(14.4)'을 마련하여 추진 중에 있다. 개선방안에서는 '안전한 건설환경 조성으로 행복 실현'이라는 비전과 '2017년까지 건설사고 손실액을 반으로 줄이기'를 목표로 정하고 있다.

모두가 참여하는 건설사업 생애주기형 안전관리

추진 전략

시공자 중심	➔	모든 건설주체가 참여
시공단계 중심	➔	건설 순단계의 안전관리
규제 중심	➔	자발적 참여 유도
대형공사 중심	➔	소규모 공사까지 확대

1) 4대 추진전략

건설현장 안전관리체계 개선 방안으로 안전한 건설환경 조성으로 국민행복 실현을 위하여 수립한 4가지 추진전략은 아래와 같다.

- ① 시공자 중심의 안전관리에서 발주처, 건설관리자, 시공사, 근로자 등 모든 건설주체가 참여하는 안전관리로 전환
- ② 시공단계 중심으로 안전관리를 실시하던 정책에서 설계부터 준공까지 전단계에서 위험요소를 발굴하여 배제하기 위한 노력을 기울이는 건설 전단계 안전관리를 실시
- ③ 그 동안 규제 위주의 안전관리를 발주자부터 근로자까지 자발적으로 안전의 중요성을 인식하고 안전 활동에 참여하도록 유도
- ④ 대형공사 중심의 안전관리에서 소규모 건설공사까지로 확대

2) 세부 추진전략

- ① 모든 건설주체가 건설안전에 참여하기 위한 세부 추진방안
 - 설계부터 준공까지 필요한 모든 건설주체의 역할을 정리한 '건설공사 안전관리 업무지침' 마련
 - 건설현장의 위험요소(Hazard)를 발굴하여 가급적 설계단계에서부터 위험요소를 배제할 수 있도록 DFS(Design for Safety) 의무화
- ② 설계부터 준공까지 전단계 위험요소 관리를 위한 세부 추진방안
 - 생애주기형 안전관리를 위한 세부추진 방안으로 설계단계에서 설계도면 '사전안전성평가'를 실시하고 평가결과를 설계에 반영
 - 설계단계에서 해결할 수 없는 위험요소는 공사시방서에 명기하여 시공단계에서 해소할 수 있도록 유도
- ③ 자발적 안전관리를 유도하기 위한 세부 추진방안
 - 건설참여자(발주자, 건설사업관리자, 시공사)에 대한 안전역량평가 제도 도입
 - 종합심사낙찰제 도입 및 시범 실시
- ④ 소규모 공사의 안전관리 강화를 위한 세부 추진방안
 - 안전관리계획서 수립대상을 소규모 공사까지 건설기술진흥법을 개정하여 확대하는 방안
 - 건축공사 착공 신고 시 기술지도계약서 제출을 의무화 하도록 건축법 시행규칙을 개정

VISION

안전한 건설환경 조성으로 국민행복 실현

2017년까지 건설사고 손실액 반으로 줄이기
 총 공사비 1천억원당 12.7억원('12) ➔ 6.3억원('17)
 ※ ('12) 12.7 ➔ ('13) 11.4 ➔ ('14) 11.1 ➔ ('15) 8.8 ➔ ('16) 7.6 ➔ ('17) 6.3

2-2. 건축물 안전종합대책 마련

국토교통부의 '건설현장 안전관리체계 개선방안'과 별도로 '건축물 안전종합대책'을 마련하여 추진 중에 있다. 국토교통부는 현행 건축물 안전제도가 국민보다는 운영적 측면을 우선시한 결과로 대형 건축물 안전에 집중한 반면 소규모 건축물에 대해서는 관심과 주의를 부족했다고 판단하고 안전에 취약한 소규모 건축물에 대한 안전관리를 강화하고 있다. 주요 내용은 아래와 같다.

- ① One Strike-Out : 불법행위 건축물 안전사고로 사망사고가 발생한 경우, 연루된 건축관계자는 건축업무를 금지하는 제도 도입
- ② Two Strike-Out : 그 밖의 불법행위 적발 시 6개월간 업무를 제한하고, 2년간 2회 적발 시 건축 업무를 제한하는 제도 도입
- ③ 건축물 안전영향평가 : 최근 지반침하 등 초고층 건축물(50층 이상)과 대형건축물(연면적 10만㎡ 이상)에 대한 구조안전과 인접대지에 대한 안전성을 공사 착수 전에 전문기관을 통하여 종합적으로 평가하는 제도 도입
- ④ 건축지원센터 설립 : 인허가 관청의 전문성 제고를 위하여 지자체에 건축지원센터를 설치하고 이행강제금 재원을 활용해 건축사, 구조기술사 등을 채용하여 설계도서 검토, 현장조사 등 인허가 관청의 건축행정 업무를 지원토록 하는 제도 도입
- ⑤ 다중이용건축물 확대 : 불특정 다수가 이용하는 건축물의 기준을 현행 5천㎡에서 1천㎡이상으로 범위를 확대 적용
- ⑥ 주요 공정 동영상 촬영 및 제출 : 건축 주요 공정을 동영상으로 촬영하여 사용 승인 시 인허가 기관에 제출토록 하는 제도

2-3. 건설기술진흥법 개정을 통한 안전 강화

국토교통부는 건설기술진흥법 개정을 통해 안전관리계획서 검토 강화, 건설기술용역 및 시공평가 확대, 가설구조물 설계강화 및 지반침하 대책수립 등 건설공사 안전관리 제도를 강화하고 있다.

- ① 안전관리계획서 심사 강화 : 발주청 또는 인허가 기관이 안전관리계획을 심사할 때, '시설물의 안전관리에 관한 특별법' 대상 1종 및 2종 시설물이 포함된 안전관리계획은 의무적으로 한국시설안전공단 검토를 받도록 기준 강화(건설기술진흥법 시행령 제98조 제4항)
- ② 건설기술용역, 시공평가 및 종합평가 : 공사비 100억원 이상의 건설공사에 대해서는 건설기술용역(기본설계, 실시설계) 및 시공평가를 실시하고, 종합평가를 실시하여 우수건설용역업자 선정(건설기술진흥법 제50조)

- ③ 가설구조물 설계 및 확인 강화 : 건설기술용역업자는 설계도서를 작성할 때, 가설구조물을 포함한 구조물에 대한 구조검토를 실시(건설기술진흥법 제48조 제5항)토록 하였고, 건설업자 또는 주택건설등록업자는 동바리, 거푸집, 비계 등 가설구조물 설치를 위한 공사를 할 때에는 가설구조물의 구조적 안전성을 관계전문가에게 확인(건설기술진흥법 제62조 제7항)토록 안전 강화(2015년 7월 6일 시행)
- ④ 지반침하(싱크홀) 예방대책 마련 및 추진 : 최근 발생한 싱크홀(지하공동)에 대한 예방대책으로 '지하공간 통합지도'를 3D기반으로 구축하여 '기술지원센터'를 한국시설안전공단에 설치하고 지반탐사 전담반 설치 및 안전관리 매뉴얼을 배포하는 등 지자체 안전관리 활동을 지원하며, 이의 효과적인 시행을 위해 지하공간의 안전관리에 관한 특별법(가칭) 제정 및 R&D 투자 확대 계획 마련

2-4. 건설안전정보시스템(COSMIS) 운영

1) 구축 배경

건설현장에서 비슷한 유형의 건설사고가 지속적으로 반복되고 있으나, 사고원인 조사보다는 처벌을 위한 현장조사 위주로 이루어지고 있어 현장에서는 사고 은폐에 급급하여 사고 보고 및 관련 사고기록을 남기지 않고 있어 건설현장 사고의 정확한 원인을 파악하고 재발방지 대책을 수립하는데 어려움이 있다. 유사한 사고의 재발방지를 위해서는 발생사고 및 부실사례에 대한 철저한 원인 분석 및 재발방지 대책을 수립하고 설계 및 현장 기술자들에게 Feed Back하여 유사한 건설사고가 발생되지 않도록 하는 노력이 필요하다.

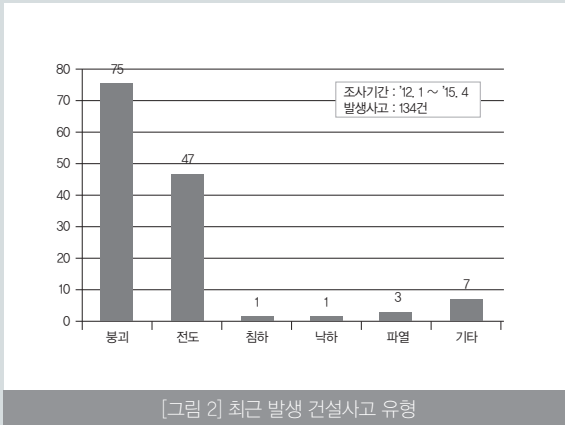
이러한 노력의 일환으로 국토교통부와 한국시설안전공단은 건설안전정보시스템(COSMIS, www.cosmis.or.kr)을 개발하여 온라인을 통해 서비스를 제공하고 있으며, 향후, 이를 '건설공사 안전관리 종합정보망'으로 확대하여 운영할 계획이다.

2) COSMIS 콘텐츠

- ① 시스템 소개 : 건설안전정보시스템이란?, 시스템 이용안내, 사이트 맵
- ② 사고사례 DB : 사고사례 검색
- ③ 안전관리 우수사례 : 건설공사 안전관리 우수사례, 안전교육자료
- ④ 현황 및 통계 : 공사종류별, 사고유형별, 발생공종별, 사고원인별
- ⑤ 커뮤니티 : 공지사항, 게시판, 자료실, FAQ



[그림 1] 건설안전정보시스템 홈페이지



[그림 2] 최근 발생 건설사고 유형

* 출처 : COSMIS

3. 중대 건설재해 저감대책

3-1. 취약공종 안전대책

1) 가설구조물 안전사고 예방대책

우리나라의 건설공사 중 사망자의 약 27% 정도가 가설구조물 불량으로 발생한 안전사고로 발생한다고 보고되고 있으며, 최근 발생한 사망종합체육관 붕괴, 용인 도로공사 교량붕괴사고 등 가설구조물 붕괴사고가 빈발하고 있다. 이러한 가설구조물 붕괴사고를 예방하기 위한 대책은 아래와 같다.

- ① 거푸집 및 동바리 구조검토 철저 : 이를 위하여 수직하중에 대한 안전성 검토, 콘크리트 축압 검토 및 축압, 풍하중, 지진하중 등에 대한 거푸집 및 동바리 구조검토가 필요하며, 거푸집 및 동바리 구조검토는 수직하중, 수평하중, 균지 않은 콘크리트의 축압, 특수하중 등으로 인한 비틀림, 처짐, 좌굴 등에 충분한 강성을 가지도록 검토하여야 함
- ② 거푸집 및 동바리 조립도 작성 철저 : 구조검토 결과에 따른 거푸집 및 동바리 조립도를 작성하고, 조립도는 보, 슬래브, 벽체,

기둥 등을 구분하여 구조검토 후 작성하여야 하며, 조립도에는 부재의 재질, 단면규격, 설치간격, 이음방법 등을 상세하게 명기하여야 함

- ③ 거푸집 및 동바리 재료검사 철저 : 거푸집 및 동바리 자재 반입 시 책임자가 검사 후 사용하도록 조치하고, 거푸집 및 동바리 부재는 성능이 검증된 제품 사용하여야 하며, 손상(균열 등), 부식 등에 의한 결함으로 구조 안전성 확보가 곤란한 자재는 사용을 금지하여야 함
- ④ 거푸집 및 동바리 조립기준 준수 : 일반 준수사항, Pipe Support 조립 시 준수사항, 보(폐코브, 호리보 등)로 구성되는 거푸집 및 동바리 조립 시 준수사항, 시스템 동바리 조립 시 준수사항, 강품, 클라이밍폼, 코핑폼 등 대형(특수) 거푸집 조립기준의 준수
- ⑤ 콘크리트 타설 작업기준 준수 : 거푸집 및 동바리 변형, 변위, 지반침하 유무 등에 대한 작업 전 점검, 감시인을 배치하여 타설 작업 중 변형, 변위, 침하 등에 대한 감시, 콘크리트 타설순서 준수, 벽체, 기둥 등은 설계조건에 의한 1회 타설높이 이내에서 작업, 콘크리트 타설 시에는 분산타설 등 집중하중 방지 조치, 콘크리트 양생기간을 준수하고 거푸집 해체, 펌프카 사용 시 압송관 등 임시 시설물 점검, 아우트리거 설치, 지반침하 방지 조치, 주변전로 확인 등의 안전 조치 등
- ⑥ 거푸집 및 동바리 조립·해체 작업기준 준수 : 작업구간 관계 근로자 외의 근로자 출입금지 조치, 약천후 시 작업중지, 거푸집 및 동바리 조립·해체 시 작업순서 준수 및 자재 낙하방지 등의 위험방지조치, 양중기로 자재 운반 시에는 2줄 걸이, 수평 운반 등 안전하게 운반, 추락위험 장소에는 작업발판 설치, 안전대 사용 등 추락위험 방지 조치, 근로자 개인보호구(안전모, 안전대 등) 착용상태 확인 등

2) 지반굴착(터파기) 안전사고 예방대책

지반굴착에 따른 붕괴형태를 유형별로 구분하면, 앵커시스템의 파괴, 과도한 휨모멘트에 의한 엄지말뚝의 파괴, 흙막이 벽체의 근입심도 부족에 의한 굴착바닥면 파괴, 사면활동에 의한 파괴, 배면의 과도한 침하에 의한 파괴, 2단 흙막이 벽체 설치 시 연결부위 파괴, 엄지말뚝 근입깊이를 암반에서 종료했을 때 암반파괴, 지지구조의 평면배치가 역학적으로 불리한 경우의 파괴, 과도한 굴착에 의한 파괴, 암질침하에 의한 인접구조물의 손상, 흙막이 벽체의 변형과 전도 및 활동에 의한 파괴, 부지의 지반고 차이에 의한 파괴 등이 있다. 이와 같은 안전사고를 예방하기 위한 대책은 아래와 같다.

- ① 충분하고 내실있는 지반조사 실시 : 지반조사의 불충분 또는 지

반조사에서 취약대를 제대로 파악하지 못하여 발생한 붕괴사고가 가장 많은 것으로 조사되었다. 이는 현장에서 예산과 공기를 절감하기 위한 국내 건설업계의 관행에 기인한다.

- ② 지반굴착 코너부 설계 및 시공 철저 : 가시설 구조체가 불안정하여 파괴가 발생한 사례를 살펴보면 코너부분에 설치된 버팀재의 파괴가 발생한 사례가 많다. 그 원인은 코너 버팀재의 구조적인 취약성으로 인하여 코너 버팀보가 비대칭 구조를 이루거나, 편토압과 같은 불규칙한 토압이 작용한 것으로 판단된다.
- ③ 앵커 설계 및 시공품질 관리 철저 : 앵커는 정착장의 역할이 매우 중요하다. 앵커는 지반조사 미비로 활동파괴면 계산을 잘못하여 앵커의 정착장 길이가 짧아 활동면 내부에 앵커가 정착되는 경우가 발생되고 있다.
- ④ 지하수 관리 철저 : 지하굴착 현장 인근도로 지반침하 및 인접 구조물 손상의 1차적인 원인은 대부분 토사 및 지하수 유출이다. 흙막이 벽체 배면에 지하수가 유입될 경우 수압이 증가하여 흙막이벽체의 파괴를 유발하게 된다. 이와 같은 지하수의 관리를 위해서는 다음과 같은 세심한 관리가 필요하다.
 - 공사 계획단계에서 주변 지반의 매설물 및 지장물의 철저한 조사
 - 공사 시 공사장 인근 관로 손상 주의
 - 지반조사 시 주변지반의 지질학적 구조(계곡부, 단층대 등) 파악

3) 비탈면 안전사고 예방대책

사면 붕괴원인은 수리적인 원인, 지질적인 원인 및 인위적인 원인으로 구분하며, 사면 및 사면부대시설의 안정성을 저해하는 각각의 붕괴원인에 대해서는 적절한 대책을 수립하여야 한다.

- ① 정확하고 신빙성있는 지반조사 실시 : 지반정수 산정 및 지질학적 특성 정보의 정확한 파악은 붕괴사고를 예방하는데 중요한 항목이다. 대부분의 비탈면 사고는 지반조사를 불충분하게 하거나 취약대를 파악하지 못하면 사고가 발생하게 된다. 또한 시공단계에서도 현장 지반여건이 변경되면 즉시 안정성 검토를 실시하여 현재상태의 안정성 여부를 판단해야 한다.
- ② 우수 등 수리제어 철저 : 시공 중 비탈면 붕괴의 1차적인 원인은 강우 등으로 인한 간극수압의 증가에 따른 전단강도 감소이다. 따라서 다음과 같은 세심한 관리가 필요하다.
 - 계획단계에서 비탈면 내부 및 외부의 지형조사 철저(집수지형 등)
 - 지반환경에 대한 수리조건 및 풍화도 고려
 - 지반조사 시 주변지반의 지질학적 구조(계곡부, 단층대 등) 파악

- ③ 시공 시 안전확보 대책 수행 : 비탈면은 대부분 고각을 형성하고 있어 시공 중에 붕괴 및 안전 사고가 빈번히 발생된다. 따라서 암파쇄 방호시설을 철저히 준비하고 비계 등 안전시설을 설치할 필요가 있다.

3-2. 간접적인 안전대책

1) 안전의식 전환

정부의 제도개선 노력과 더불어 건설현장의 재해 저감을 위한 가장 근원적인 방법은 우리 모두가 안전을 최우선으로 하는 인식전환이 필요하다. 정부뿐만 아니라 발주자나 건설사의 최고경영자 및 근로자 모두가 생각을 바꾸어야 한다. '안전과 이익은 경쟁관계가 아니다', '안전은 이윤이다', '안전은 번거로운 것이 아니라 행복이다'라는 생각으로 인식을 바꿔야 한다. 이를 위해 정부는 적정 공사비와 공기 확보 및 '빨리빨리'가 아닌 안전 최우선의 문화가 정착될 수 있도록 정책 추진과 노력을 더욱 기울여야 한다. 시공사의 최고경영자는 안전을 최우선하는 경영방침을 정하고 최고경영자의 의지가 현장에서 시행될 수 있도록 직접 안전을 챙기는 노력이 필요하다. 근로자는 스스로 안전인식을 바꾸고 안전교육에 적극 참여하는 등 안전한 건설현장을 만들기 위해 지속적으로 노력하여야 한다.

2) 적정 공사비 확보

건설현장에서 최소한의 안전을 확보하기 위한 적정 공사비 확보가 우선되어야 한다. 저가수주로 인한 안전사고 발생빈도가 높다는 사실은 많은 자료에서 이를 증명하고 있다. 철도시설공단이 최근 5년간 100억원 이상 123개 현장에서 발생한 안전사고를 분석한 결과 70% 이하 저가낙찰 현장 27개 현장에서 21건(77.8%)의 안전사고가 발생하였으나, 70% 이상 67개 현장에서는 24건(35.8%)의 안전사고만 발생되었으며, 건설산업연구원에 따르면 '04년부터 '08년까지의 건설현장 평균 재해율이 0.2%도 안됐지만, 최저가낙찰제로 발주된 현장의 재해율은 3.25%로 16배나 높게 조사되었다. 정부에서는 이의 개선을 위해 300억 이상의 건설공사에 대하여 종합심사낙찰제를 도입하고 있다. 그러나 전체 건설재해자의 72%가 20억 이하의 소규모 현장에서 발생된다는 점을 고려한다면 소규모 현장에서도 적정공사비가 확보될 수 있도록 제도를 보완할 필요할 것으로 보인다. 영국은 '90년대부터 최고가낙찰제를 채택하였고, 일본은 최저낙찰방식을 폐지했으며, 미국도 '94년부터 최저가낙찰제를 줄여가고 있다고 보고되고 있다.

3) 적정 공사기간 확보

최근 발생한 중대 건설재해 원인을 분석하여 보면 공사기간 부족이 사고 발생원인의 상당부분을 차지하고 있다는 것을 알 수 있다. 공사가 지체되어 준공기일을 맞추지 못할 경우 시공사에게 지체 보상금이 부과되기 때문에 시공사는 공기단축을 위해 무리한 작업을 하게 되고 이로 인해 부실공사 및 재해가 발생하게 된다. 공기부족의 원인은 현장여건을 고려하지 못한 부실설계, 발주자의 전시행정을 위한 준공일자 지정, 민원발생 및 보상지연, 돌발적인 요인발생, 하도급 업체의 부도, 매장 문화재 발견, 건설장비 및 자재 공급지연 등 다양한 원인이 있을 수 있으며, 적정 공기확보를 위해서 발주자는 충분한 설계기간을 확보하고 단체 민원, 돌발 상황, 문화재 발견 등 부득이한 상황이 발생할 때에는 적절한 공기연장을 보장해야 하며, 설계자는 현장여건을 충분히 고려하여 적정한 공기를 설계에 반영해야 한다. 시공자는 돌발 상황에 대비하여 충분한 검토와 준비를 통해 공기에 쫓기어 부실공사 및 안전사고가 발생되지 않도록 노력하여야 한다.

4) 설계단계 안전관리 체계도입

안전사고가 발생하면 시공사의 잘못으로만 치부하는 현행 시스템으로는 근본적인 건설재해를 저감하는데 한계가 있으므로 위험요소 프로파일 개발을 통한 DFS(Design for Safety) 도입 외에도 건설 기획 및 설계 단계에서부터 안전관리 및 시공경험이 풍부한 건설안전 전문가가 안전총괄책임자로 참여하여 발주자를 지원하고 설계단계에도 안전전문가가 적극 참여하여 안전을 고려한 설계가 이루어 질 수 있도록 해야 한다.

5) 소규모 건설공사 안전관리 강화

대부분의 소규모 건설현장은 민간이 발주한 건설공사로서 안전보다는 최소 비용으로 시설물을 건설하는 데에만 관심이 있어 건설 안전에는 근원적으로 소홀할 수 밖에 없다. 따라서 안전관리계획서 작성 대상을 소규모 건설공사까지 확대하고 현장에서 최소의 안전관리비가 확보될 수 있도록 규정을 강화할 필요가 있으며, 실버 전문기술자를 활용한 '안전감시 및 기술지원' 제도를 도입 및 활용하여 소규모 취약시설에 대한 상시 모니터링, 관리 및 지원 방안이 검토되어야 한다.

이와 더불어 발주자, 최고경영자, 근로자 모두의 생각이 바뀌어야 한다. 시공사 최고경영자는 현장 안전시설에 대한 과감한 투자와 더불어 CEO가 직접 안전을 챙기는 노력이 필요하며 근로자 안전의식 개선을 위해서도 지속적인 투자 및 노력이 필요하다. 근로자들은 처음에는 번거롭고 불편하겠지만, '안전을 지키는 것이 훨씬 쉽고 편리한 것이다'라는 생각으로 안전의식이 바뀌어야만 한다.

4. 마무리

4-1. 의사결정권자의 의식 변화

안전은 규제대상이 아니다. 건설기술이 급속도로 고도화·복잡화 되어감에 따라 이에 걸맞는 각종 규정 제정이 시도되고 있으나, 안전 또한 규제개혁의 대상으로 인식되어 번번히 발목이 잡히고 있다. 또한 안전담당자의 잦은 부서 이동 및 보직 변경으로 기술력 및 경험이 축적되지 않아 전문성이 떨어지고 있다. 이러한 잦은 보직 변경의 악순환은 안전부서가 기피부서 즉, 징계만 받는 자리, 승진과 거리가 먼 자리, 아무 권한도 없는 자리로 인식되고 있기 때문이다. 이 악순환의 고리는 고위공무원 및 최고경영자의 의식 변화를 통해 반드시 끊어야만 한다.

4-2. 작은 것부터 실천하는 자세

실천하는 자세가 중요하다. 정부 및 발주청은 안전을 최우선한 정책을 수립하고, 안전이 최우선시 될 수 있는 건설환경을 만들어야 하며, 시공사는 과감한 안전투자와 최고경영자가 직접 안전을 챙기는 마음가짐이 필요하다. 더불어 근로자는 안전활동이 습관화될 때까지 기본을 지키려고 노력하는 자세가 필요하다.

최근 쌍용건설 해외현장에서 의미있는 세계신기록을 달성했다. 싱가포르 도심지하철 921공구에서 그 어느 누구도 달성하지 못한 1,500만 인시 무재해 세계신기록을 달성한 것이다. 쌍용건설은 2009년 6월 착공 이래 2015년 1월까지 단 한건의 재해도 발생하지 않아 발주처인 싱가포르 육상교통청(LTA)으로부터 1,500만 인시 무재해 인증서를 받았다. 특히 본 현장은 건설공사 중 가장 어렵다고 평가받는 도심지하철공사에서 달성한 무재해 기록이라 더욱 의미가 크다.

이와 같이 건설공사의 안전확보가 불가능한 일이 아니다. 건설공사 중대재해를 예방하기 위하여 작은 것부터 정부뿐만 아니라 시공사의 CEO, 현장소장 및 모든 참여자들이 실천하고자 하는 노력이 필요하다. S

참고문헌

- ① 건설공사 안전관리 개선방안 연구, 2010, 국토교통부
- ② 건설공사 참여자의 안전역량 평가체계 개발, 2014, 국토교통부
- ③ 건설현장 안전사고 감소방안 마련을 위한 연구, 2013, 국토교통부
- ④ 사면붕괴 위험수준 결정기법 연구, 2008, 한국시설안전공단
- ⑤ 국가정책조정회의 자료 '건설현장 안전관리체계 개선방안', 2014.7
- ⑥ 국무회의자료 '안전혁신 마스트플랜 기본방향(안)', 2014