터파기 공사 사고의 경제적 영향 사례분석

A Case Analysis of the Economic Impact on Accidents during Excavation

고 광 노* 이 강** 최 명 석***
Go, Kwang-Ro Lee, Ghang Choi, Myung-Seok

Abstract

As the land price in the downtown area increases, buildings are becoming bigger, deeper and higher. Consequently, the importance of underground construction has increased. Although construction engineers make every effort to complete underground construction without any problem, construction failures like landslides and the collapse of a retaining wall occur because of the uncertainty of the soil conditions as well as the unexpected risks of excavation work. In order to prevent potential excavation accidents, it is essential to understand the causes and impacts of such accidents. However, there are only a few examples of construction failures, which show the economic impact on accidents during excavation because of the sensibility of the information. This paper presents two cases of excavation accidents, which were investigated by construction insurance company. The compensation for the accidents paid by the insurance company was compared with the estimated costs calculated based on the estimation method for excavation accidents proposed by our previous study. The comparison results showed that the estimate calculated by our method was much less than the actual compensation because the estimate solely focused on the construction costs whereas the compensation included other external factors.

키 워 드 : 터파기 공사, 흙막이 공사, 붕괴 사고, 건설공사보험, 경제적 피해
Keywords : Excavation Methods, Retaining Wall, Construction Failure, Construction Insurance Contracts, Economical Impact

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

도심지 지가 상승으로 지하 공간 활용에 대한 필요성이 높아지면서 신축되는 건축물의 경우, 터파기 공사가 인접대지경계선에 매우 근접하여 이루어지는 경우가 많다. 이러한 도심지 건설의 특성상, 주변 건물과 시설물에 대한 피해를 최소화하고, 공사 진행 과정 중에 발생하는 민원을 줄이기 위해서 계획 및 설계 단계에서부터 시공 및 관리에 이르기까지 많은 노력을 기울이고 있지만 여전히 여러 가지 어려움이 있다. 지하공사 과정에서 충분한 지질조사계획에 의해서 지하공사 방법을 선정한 뒤 시공을 하더라도, 본래부터 균일하지 않은 지반의 불확실성과 정확한 지반 성상 파악의 어려움으로 인해 지하 공사 관련 사고가 많이 발생하고 있다.

터파기 공사 사고로 인한 흙막이 벽체의 붕괴는 본 공사의 목적물뿐만 아니라 주변 건물의 침하 및 지하 매설물에 대한 피해로 이어져 경제적 손실이 크다. 또한 때로는 인명을 앗아가기도 하기 때문에 건설 프로젝트를 수행하는 데 있어서 큰 걸림돌이 되고 있다. 충분한 조사와 연구를 통하여 적극적인 대비책을 마련할 수 있다면, 많은 경우 이러한 사고를 미연에 방지하거나 최소화할 수 있겠지만, 자료의 특성상 그 구체적인 정보, 특히 경제적 피해 정도에 대한 접근이 쉽지 않다. 따라서 실제 사고의 피해규모가 어느 정도인지, 원인이 무엇인지 등이 공식적으로 보도된 바가 많지 않다.

본 연구에서는 도심지 건설 프로젝트에서 지하 공사 사고 사례를 통하여 전체 공정 및 총 공사비에 어느 정도의 영향을 미치는지 측정 가능한 경제적 수치로 파악해 보고자 한다. 건설공사보험 보상 사례를 통하여 흙막이 붕괴 등 터파기 공사 사고 피해의 심각성을 경제적 수치로 살펴보고, 지하 공사 사고가 전체 공사에 미치는 영향력 및 지하 공사 계획 및 시공의 중요성을 재고해 보고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 흐름

본 연구는 터파기 공사나 흙막이 공사 도중 사고로 인하여 공사 시설물 일부 또는 전체가 붕괴되거나, 주변 건물이나 시설물에 피해가 발생한 경우에 대해서 살펴보고자 한다. 터파기 공사 사고는 공식적으로 보고된 사례가 많고, 인명사고나

* 연세대학교 건축공학과 학부과정, 정회원
** 연세대학교 건축공학과 조교수, 정회원
*** 연세대학교 건축공학과 석사과정, 정회원

대형 피해로 이어진 경우 매스컴에서 빈번하게 다루어지지만, 사고 발생에 대한 피해금액이 외부에 공개되는 것에 대한 부담감이 있기 때문에 흙막이 붕괴사고가 어느 정도의 경제적 피해가 발생하였는지 알 수 있는 방법이 거의 없다. 본 연구는, 건설공사보험사에 보고된 몇몇 접근 가능한 사례를 분석하여 터파기 공사 사고나 흙막이 붕괴 사고의 경제적 피해규모를 추론해 보고자 한다.

본 논문은 먼저 관련 기존 연구를 고찰하고, 건설공사보험에 대하여 간략히 소개한 후, 두 가지 다른 성격의 터파기 공사 사고 사례분석을 통하여 사고의 경제적 영향을 살펴보았다.

2. 선행연구

터파기 공사와 관련하여 흙막이 붕괴, 사면의 붕괴, 터파기 공사 도중 주변 건물 및 시설물 파괴 등의 사고에 대한 시공사별 또는 터파기 공법별로 정리, 보고된 사례[1)2)]는 많다. 그러나, 이러한 보고서 중 그 경제적 피해규모를 보여주는 사례는 극히 드물다. 개산 견적 기법을 적용하여 터파기 공사 사고 피해액수를 개략적으로 산정하는 것을 시도해 본 연구[3)]가 있었으나, 개략적인 지하 공사 공법 단가 및 몇 개의 기본 변수들만을 고려하여 피해액을 산정하였기 때문에 실제의 피해액과는 다소 차이가 있을 수 있다. 또한 개산 견적 방법으로 예상 되어진 대략의 피해액일 뿐, 실제 피해액과 비교할 수 없었던 한계가 있었다.

본 연구는 이러한 문제점을 극복하기 위하여, 보험사가 터파기 사고 피해액으로 지급한 보험료를 바탕으로 연구를 진행하여 그 피해규모를 살펴보고자 한다.

3. 건설공사보험

3.1 건설공사보험 개요

도심지 대형 건설 프로젝트 관리자는 공사 수행 기간 중 자연적인 위험, 붕괴, 화재 및 도난, 공기지연으로 인한 지체상환금, 건설현장 안전 위험 등 미래에 발생할 수 있는 여러 사고의 위험성으로부터 벗어나기 위해 여러 가지 방안을 마련한다. 그 중 하나로 건설공사보험에 가입한다.

건설공사보험은 토목 및 건축공사의 발주자, 시공자, 기타 공사 관계자가 공사 중에 예기치 못한 돌발적인 사고로 인해 본공사 목적물, 공사용 자재, 가설공사, 공사 중 중장비에 입은 물적 손해와 제 3자에 대한 대인, 대물 배상책임손해를 종합적으로 보상받을 수 있는 보험이다. 건설공사보험은 공사를 착공하는 시점부터 완공하여 발주자에게 인도할 때까지의 전체 공사 기간 중에 공사 수행과 관련하여 발생하는 사고에 대해 보상받을 수 있다. 건설공사보험은 모든 손해에 대해서 보상하는 것이 아니라, 다음 표1과 같이 계약서에 명시되어 있는 손해에 대해서만 보상 받을 수 있다. 이러한 건설공사보험 비용은 전체 공사비의 약 0.7%~2% 정도로써 전체 공사원가에 중대한 영향을 주는 요소이며, 그 처리절차도 복잡하고, 보상이 이루어지기까지 많은 시간이 소요되기도 한다.

표 1. 건설공사보험의 보상 범위

보상하는 손해	보상하지 않는 손해
● 공사수행 중 우연한 사고로 인해 공사목적물에 발생한 손해 ● 공사로 인해 발생한 제3자 (구조물, 사람)의 피해 ● 공사의 지연으로 초래되는 계약자(또는 보험자)의 경제적 손실	● 공사 관계자의 고의 또는 중대한 과실로 인한 손해 ● 피보험자(공사관계자)의 신체에 발행한 손해(근재부분) ● 전쟁, 폭동, 핵연료물질 등으로 발생한 손해 ● 공사의 전부 또는 일부 중지에 의해 발생한 손해

3.2 건설공사보험의 손해보상절차

진행 중인 건설 프로젝트에 사고가 발생하였을 경우, 그 사고가 건설공사보험의 보상 범위에 포함되면, 다음 표 2와 같은 절차에 의해서 손해보상이 이루어진다.

표 2. 손해보상절차

1.사고발생의 통보 및 접수	사고가 발생하면 현장을 보존하고 더 이상 손해가 발생하지 않도록 조치를 취한다.	
2.조사업무 (Investigation)	당사 직원 및 손해 사정 전문가가 현장을 직접 방문하여 사고원인 및 사고 내용에 대해서 정밀하게 조사한다.	
3.평가업무 (Evaluation)	재물 사고	공사도급내역서, 설계도면, 공정표, 공사비내역서, 수량산출근거서 등을 토대로 피해액수를 평가한다.
	배상 책임	작업일지, 피해자 진정서, 사전계측 보고서, 피해건물 건축물 관리대장, 복구비 내역서 등을 토대로 피해액수를 평가한다.
4.지급보험금 산정	손해액 및 보험 가입 조건을 검토하여 지급 보험금의 액수를 산정한다.	
5.보험금 지급	보험금을 지급하고, 관련 서류를 작성한다.	

4. 지하공사 사고 사례

4.1 흙막이 벽체 붕괴 사고 사례

우리나라 국토의 대부분은 장마나 태풍에 의한 집중호우의

1) 김호비, 토류 구조물의 사고 사례 고찰, 건설 기술정보, 제31권, 한진중공업, pp.25~40. 2001

2) 김경식, 토목공사의 하자사례 및 개선방향, 건설기술정보, v.26, pp.12~25, 1999

3) 고광노, 이강. 터파기 공사 사고가 공사에 미치는 경제적 영향. 정기학술발표대회 논문집, 2007-11, pp.643~646, 2007

영향권 안에 있다. 따라서 재해가 발생할 경우, 이것이 천재지변에 의한 것인지, 인재에 의한 것인지 구별하기가 상당히 어렵다. 비록 대부분의 흙막이 벽체 붕괴 사고가 장마철과 태풍이 통과할 때 동반되는 집중호우가 내리는 시기에 발생하지만 지하 공사 공법을 선정할 때 지하수위 및 토압, 그 지역의 강수량 등의 요소를 충분히 반영한다는 점을 감안한다면, 이러한 흙막이 벽체 붕괴 사고가 과연 천재에 의한 것인지, 설계나 시공 상의 문제인지, 아니면 관리상의 문제인지는 결정하기가 쉽지 않다. 표 3은 흙막이 일부가 붕괴한 사고에 관한 내용으로 건설공사보험사로부터 보상을 받은 사례이다.

표 3. A공항 신축공사 흙막이 붕괴 사고

1. 공사명	A공항 신축공사
2. 공사현장	A공항
3. 사고일시	2005/07/26
4. 사고경위	집중호우와 만조의 영향으로 지하수위가 급상승하면서 토압이 증가하게 되어 토류벽(71.12m X 9.70m)이 붕괴됨
5. 사고처리	피해복구비 + 재시공비 + 보강비 + 안전진단비 등 보상 범위에 있는 사항들을 모두 보상함
6. 공사금액	32,427,112,721원
7. 지급보험금	921,000,000원

흙막이 붕괴 사고가 발생한 후에 피해 상태를 면밀히 조사한 후, 사고구간 설계도면, 붕괴구간 재시공 수량산출서, 보강구간 보강공사 수량산출서, 보강구간 재시공 수량산출서, 전문 업체의 안전진단서, 설계변경 공사비내역서 등을 검토한 후, 붕괴구간의 재시공 수량과 보강구간의 보강공사 수량을 직접 산출하고, 해당공사 단가를 적용하여 사고로 인한 공사 목적물의 손해액을 산정하였다. 그 결과, 지급보험금은 순수 재물손해 및 복구비용을 합쳐서 921,000,000원 지급되었다.

선행 연구에서 언급한 개산 견적 기법[4]을 적용하여 위의 흙막이 붕괴 사고가 어느 정도의 경제적 영향을 미치는지 알아보면 다음 표 5와 같다. 지하 공사 공법 단가를 적용하는데 있어서는 표 4의 내용을 참고하였다.

표 4. 가설 토류벽 공법(H-PILE 공법) 단가

회 사 명	공 사 단 가
A 사	50,000 원/㎡
B 사	75,000 원/㎡
C 사	130,000 원/㎡
D 사	240,000 원/㎡
네 개사 평균	약 124,000 원/㎡

4) 고광노, 이강. 터파기 공사 사고가 공사에 미치는 경제적 영향. 정기학술발표대회 논문집, 2007-11, pp.643~646, 2007

표 5. 개산 견적 기법 적용

구 분	금 액(원)	비 고
철거비	42,771,568	공사비의 50%
재시공비	85,543,136	단가(124,000원/㎡)*면적(71.12m*9.70m)
보강비	α	대상 : 전체 흙막이 공사
안전진단비	β	대상 : 전체 흙막이 공사
공사지연손실	γ	전체 공사비의 0.1%~0.15% / Day
합 계	128,314,704 + α + β + γ (원)	

개산 견적 기법을 통해서 수치화된 금액(128,314,704원)을 보험 회사에서 지급한 보험금(921,000,000원)과 비교해 보면 실제 금액의 약 14%에 해당하는 금액으로서 많은 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 보험회사에서 지급한 보험료에는 공사비와 피해복구비 외에도 보강비, 안전진단비, 설계변경비, 사고처리비 등 보상 범위에 있는 모든 사항들이 포함되어 있는 반면, 개산 견적 기법에 의해 산출된 금액은 철거비와 재시공비 부분만 고려했기 때문이다. 개산 견적 기법을 적용해서 피해 금액을 예상하여 볼 때, 다양하고 세분화된 변수들을 고려한다면 비교적 정확한 피해 금액을 산정해 볼 수 있을 것이다.

4.2 인접 건물 피해 사례

굴착을 실시함에 따라 그 주변 지반에는 크고 작은 침하가 발생하며 그림 1과 같이 평면적으로는 동심원 형태로 침하가 발생한다. 이러한 침하나 이동은 인접 건물의 침하로 인한 피해로 이어져 제 3자에게 피해를 입히게 된다. 또, 주변에 가스관이나 상하수도관이 있는 경우 굴착을 하는 쪽으로 휘게 되어, 최악의 경우 가스관 파손으로 폭발이나 화재가 발생할 수도 있고, 수도관의 경우 파손되면 이상토압이 발생하여 흙막이 벽체에서 토사가 유출되는 등 대형 사고로 이어질 수 있다.

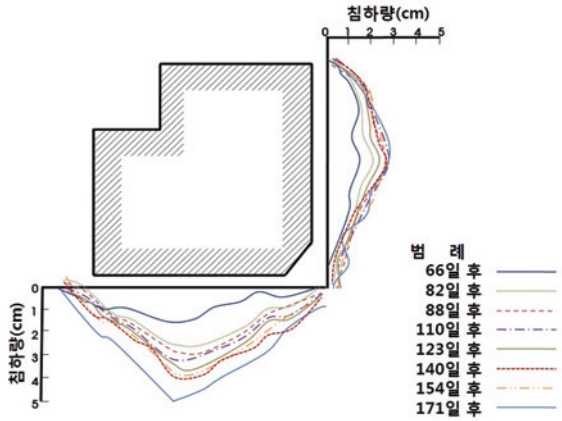

그림 1. 터파기 공사에 따른 주변 지반의 침하 상황 예

표 6는 지하 공사 도중 인접 건물에 피해가 발생한 사고에 관한 내용으로써, 이 사고 역시 건설공사보험에 의해 보상을 받았다.

표 6. B쇼핑몰 신축공사 인접 건물 피해 사고

1. 공사명	B쇼핑몰 신축공사
2. 공사현장	서울
3. 사고일시	2004/09/12
4. 사고경위	지하 공사 중 인접 건물 지반이 침하함에 따라 건물에 균열이 생기고 슬라브에서 누수 현상이 발견됨
5. 사고처리	피해복구비 + 재시공비 + 합의금 등 보상 범위에 있는 사항들을 모두 보상함
6. 공사금액	17,877,703,000원
7. 지급보험금	61,772,897원(합의금:115,000,000원)

그림 2에서 보듯이 지하 공사를 하는 도중 인접 건물 벽체에서 크랙이 발견되고 슬라브에서 누수현상이 발견됨에 따라 공사를 중지하고 인접 건물의 피해 상황에 대하여 보상하였다. 크랙이 발생한 부분에 대해서 재시공하였으며, 슬라브 누수 현상에 대해서 조치를 취하였다. 인접 건물이 입은 피해액을 산정한 결과로 보험금 61,772,897원을 보험회사가 지불하였고, 합의금 115,000,000원은 시공사가 부담하였다.

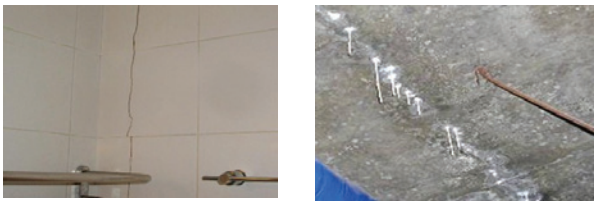

그림 2. 벽체 크랙 & 슬라브 누수

4.3 사례 분석

첫 번째 사례의 경우 약 9억 2천만원 정도, 두 번째 사례의 경우 합의금을 포함하여 약 1억 8천만원 정도의 피해 보상금이 건설공사보험에 의해서 지불되었다. 이는 각각 전체 공사비의 약 3%, 약 1%에 해당하는 금액이다. 이 수치들은 피해금액 액수로 보았을 때나 전체 공사비에서 차지하는 비중으로 보았을 때, 지하 공사 사고가 전체 공사에 심각한 영향을 끼친다는 것을 보여준다. 만약 위의 두 사례에서 사망 사고 등의 인명 피해가 발생하였거나, 회사가 법적 소송에 휘말리게 되었더라면 이로 인한 피해는 걷잡을 수 없이 늘어나서 총공사비와 공사기간에 치명적인 영향을 끼쳤을 것이다.

5. 결론 및 한계점

도심지 건설 공사에서 지하 공사가 차지하는 비중이 커짐에 따라 터파기 공사 공법 개발과 선정에 대한 관심이 높아지고는 있지만, 아직까지 몇몇 지하 공사 전문가의 개인적인 경험이나 노하우에 의해서 터파기 공사가 시행되는 경우가 많다. 또, 터파기 공사는 지하층 공사를 마감하고 지상층 공사를 시작하기 전까지만 버티면 되는 임시적 성격의 구조물이라는 안이한 생각들이 여전히 존재하고 있다. 이러한 안전 불감증은 최근 서울의 상업시설 흙막이 붕괴 사고, 경기도 동탄의 상업 및 주거 시설 흙막이 붕괴 사고로 이어져 인적·물적 피해를 발생시켰다. 건설공사보험사에서 지불한 보험금을 통해서 터파기 공사 사고의 경제적 영향력에 대해서 살펴보았다. 그리고 개산 견적 기법을 적용하여 터파기 사고 사례를 분석해 본 결과, 같은 사고 사례에 대해서 보험회사가 지불한 보험금과 많은 차이가 나지만, 이는 적용된 변수들의 수준과 범위가 일치하지 않는 데서 기인하는 문제이지, 근본적인 차이가 아니라는 것을 확인하였다. 개산 견적 기법이 다양하고 세분화된 변수들을 고려할 수 있도록 개선되고, 터파기 공사 사고의 피해 상황에 관한 자료들이 수집되어 데이터베이스로 구축된다면 지하 공사 사고의 경제적 영향력을 이해하는 데 많은 도움이 될 것이다. 일반적으로 지하 공사는 불확실한 대지조건과 주변 현황 때문에 공사 기간 중 많은 상당히 많은 위험요소를 내포하고 있다. 하지만 지하 공사에 대한 중요성이 때때로 간과되기에 본 연구에서는 실제로 지급된 건설공사보험 보상 금액을 기준으로 터파기 공사 사고로 인한 경제적 피해를 추론해 지하공사에 대한 중요성을 다시 한 번 환기시켜 보았다. 이를 통해 터파기 공사 공법 선정과 시공 관리에 대한 중요성에 대한 관심과 주의를 가지게 됨으로써, 터파기 공사의 불확실성과 위험성 요소를 극복하는데 도움이 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고, 한국건설교통기술평가원에서 시행한 2005년도 건설핵심기술 연구사업 '공기단축형 복합구조시스템 건설기술' (과제번호: 05 RND 건설핵심D02-01)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 고광노, 이강. 터파기 공사 사고가 공사에 미치는 경제적 영향. 정기학술발표대회 논문집, 2007-11, pp.643~646, 2007
2. 김경식, 토목공사의 하자사례 및 개선방향, 건설기술정보, v.26, pp.12~25, 1999
3. 김영재. 성공적인 건설공사보험 가입방안, 정기학술발표대회 논문집, 2007~11, pp.48~53, 2007
4. 김호비, 토류 구조물의 사고 사례 고찰, 건설 기술정보, 제31권, 한진중공업, pp.25~40. 2001
5. Edwaed Allen, Fundamentals of Building Construction, 4th Ed, Wiley, pp.19~68, 2003