

# 터파기 공사 사고가 공사에 미치는 경제적 영향

## The Economic Impact of Excavation Work Failure on a Construction Project

고 광 노\* 이 강\*\*  
Go, Kwang-Ro Lee, Ghang

### 요 약

도심지 지가가 높아짐에 따라 건축물의 공간 활용도에 대한 기대치가 높아지게 되었고, 건축물은 더 크고, 더 깊고, 더 높게 지어지는 방향으로 나아가고 있다. 이에 따라, 공사의 첫 단계이자 전체 건물의 기초가 되는 지하 공사는 그 중요성이 날로 더해가고 있다. 최소한의 비용으로 최단기간에 터파기 공사를 완료해야 하는 도심지 공사의 특성상 공사 관계자들은 지하 공사를 계획, 설계, 시공, 설계하는 과정에서 심혈을 기울이고 있다. 그럼에도 불구하고 지하 공사 전반에 걸쳐 있는 불확실성과 위험 요소 때문에 공사 실패 사례가 발생하고 있다. 더욱이 이러한 사고가 어느 정도의 경제적 피해를 끼쳤는지에 대한 보고나 연구 없이 사고 사례만 알려지기 때문에 지하 공사의 위험성에 대한 경각심이 부족한 것이 우리나라 건축의 현실이다. 이런 사고를 타산지석으로 삼아 터파기 공사 공법을 선정하고 지하 공사를 이행하는데 있어서 하나의 지침이 되기를 바라면서 지하 공사 실패 사례가 과연 어느 정도의 경제적 피해를 발생시키는지를 개산견적 기법을 도입하여 추정해 보았다.

키워드: 터파기 공사, 공법 선정, 공사 실패, 경제적 피해

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

도심지 지가의 상승으로 건축물의 공간 활용도에 대한 기대치가 높아지게 됨에 따라 지하공간은 대규모, 고심도화의 방향으로, 전체 건물은 대형화, 초고층화의 방향으로 나아가고 있다. 도심지 현장의 특성상 민원 발생을 최대한 억제하고, 기존 건축물과 구조물에 대한 피해를 최소화하면서, 최소한의 비용으로 최단기간에 터파기 공사를 하기 위하여 공사 관계자들은 지하 구조물 설계에서 시공에 이르기까지 심혈을 기울이고 있다. 그럼에도 불구하고 지질조사의 한계적 요소와 불확실하고 불안정한 지질 상태 때문에 지하 공사 실패 사례가 많이 발생하고 있다.

지하 공사는 공사 기간, 공사 비용의 측면에서 건축공사 전체 과정에서 차지하는 비중이 매우 크다. 따라서 현장 조건에 적당하지 않은 공법을 선택하거나, 공법을 선정하는 과정에서 설계자의 오류로 인하여 피해가 발생할 경우, 또는 공사중이나 후에 관리자의 부주의나 실수로 인하여 문제가 발생하게 되면, 공사 기간이 지연되거나 공사 비용이 증가하게 되어 지하 공사 자체뿐만 아니라 후속 공정에도 큰 영향을 미친다. 그 예로, 누수의 정도가 심해 공사가 중

단되거나 지연되는 사례나, 최근 서울 가좌역 지반붕괴 사고, 여의도 AIG국제금융센터 흠막이 붕괴 사고와 같은 비교적 대형사건 사례 등이 있는데, 전체 공사에 미치는 금전적, 시간적 파급효과가 매우 크다.

실제로 지하 공사와 관련된 피해 사례들이 많이 발생하고, 보고되고 있지만 사고 사례의 특성상 내부적으로만 보고되고 그 원인이나 정확한 피해규모 등은 보고가 되지 경우가 많다. 사고 사례를 철저히 조사하여 피해 규모를 파악하고 사고 원인을 분석하여 미래에 발생할 가능성이 있는 사고를 예방하고, 적절한 공법을 선정하기 위한 대비책으로 마련하는 것이 중요하지만, 현실적으로 공개를 기피하는 자료에 접근하는데 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 일반적인 개산견적 기법을 과거에 발생하였던 몇몇 터파기 공사 사례들에 적용하여, 그 피해 정도를 측정 가능한 경제적 수치로 환산하고자 한다. 이를 통하여 터파기 공사사고가 전체 공사에 미치는 경제적 영향력 및 지하공사 공법 선정 및 시공의 중요성을 재고해 보고자 한다. 궁극적으로 흠막이 공사 관련 사고가 전체 공사에 미치는 경제적 영향을 추정해 봄으로서, 흠막이 공사를 계획, 설계, 이행, 관리하는 각각의 단계에서 공사 관계자들이 터파기 공법 선정 및 관리에 있어서 보다 과학적이고 객관적인 체계를 도입하도록 유도하고자 함에 본 연구의 목적이 있다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

서언한 바와 같이 본 연구는 지하 터파기 공사 도중 사고로 인하여 붕괴되거나 불가피한 설계변경으로 공사비가

\* 일반회원, 연세대학교 건축공학과, gkn0930@hanmail.net

\*\* 종신회원, 연세대학교 건축공학과 조교수, Ph.D., 교신저자, glee@yonsei.ac.kr

본 연구는 한국공학재단 연구비 지원에 의한 연구의 일부임. 과제번호 2000-21-22.

증가한 사례를 개선견적을 통하여 분석해 보고자 하였다. 지하 공사 사고 사례는 공식적으로 보고된 사례가 많으나, 구체적인 그 피해액은 확인하기 어렵기 때문에, 각각의 지하 공사 공법의 개략적인 단가와 사고가 발생했을 때의 피해금액을 예상하여 전체적으로 대략 얼마만큼의 경제적 피해가 발생하였는지를 추정할 수 있다고 가정하였다.

## 2 지하구조물 사고 사례

대표적인 터파기 공사 공법으로는 가설토류벽공법(H-PILE 공법), 강널말뚝공법(SHEET-PILE 공법), 원위치 토사시멘트 공법(SCW 공법), 연속주열말뚝공법(CIP PILE 공법), 지중 연속벽 공법(SLURRY WALL 공법) 등이 있는데 어떠한 공법을 적용하더라도 사고가 발생할 수 있는 가능성이 있다는 것을 사고 사례를 통해 알 수 있다.

표 1. 사고 사례 ①

현 장 명	서초동 ○○사옥 신축공사
적용 공법	H-PILE 공법 + CIP PILE 공법
사이트 규모	24.6m * 27.0m * EL -27m
사고 현황	공정을 74% 완료된 상황에서 토류관이 훼손되면서 토사유출 후 벽체 붕괴 및 도로파괴, 지장 매설물 파괴
사고 원인	지반(지질) 조사 오류로 인한 잘못된 공법 선정

표 2. 사고 사례 ②

현 장 명	반포동 ○○플라자 신축공사
적용 공법	지중연속벽 공법(SLURRY WALL 공법)
사이트 규모	128.7m * 50.0m * EL -22.0 ~ 25.4m
사고 현황	공정을 80% 완료된 상황에서 토사, 지하수 유출 후 벽체 붕괴 및 도로파괴, 지장 매설물 파괴
사고 원인	하부의 모래자갈층에 지중연속벽 조인트 부분이 부실하게 시공되면서 사고 발생

표 3. 사고 사례 ③

현 장 명	인양 ○○타워 신축공사
적용 공법	CIP PILE 공법 + 버팀보 지지
사이트 규모	56.8m * 43.5m * EL -13.5 ~ 16.1m
사고 현황	사고 2개월 전부터 민원이 발생하였고 사고 4일 전부터는 배면지반의 균열이 발생하면서 사고당일, 2개면의 흠막이벽과 함께 인접한 연립주택이 붕괴(공정률 약 90%)
사고 원인	띠장과 CIP벽체 사이에 채움이 부실하였고 잘못된 구조계산으로 인하여 버팀보에 좌굴 발생하였으며 무리한 굴착에 집중호우까지 내리면서 사고 발생

표 4. 사고 사례 ④

현 장 명	대구 ○○센터 신축공사
적용 공법	SCW 공법 + 숏크리트 + 소일네일링
사이트 규모	EL -19.7 ~ 22.7m
사고 현황	공정을 61% 완료된 상황에서 굴착 진행중 흠막이벽의 과다변위 및 이로 인한 인장균열로 인해 주변민원 발생
사고 원인	잘못된 지질 조사로 인해 설계단계에서 소일네일링에 대한 길이부족과 과굴착에 의해 사고 발생

위의 사고 사례에서 살펴 보았듯이 어떠한 공법도 사고가 발생할 수 있는 가능성을 가지고 있기 때문에 공사 관계자들은 터파기 공법을 선정하는데 있어서 현장 적용성, 시공성, 경제성, 안정성 등의 다양한 요소를 고려하여 공법을 선택하고 있지만 부정확한 지반(지질)조사, 잘못된 지중매설물 정보, 설계자와 공법 선정자의 착오, 시공 중 관리부족, 천재지변 등의 이유가 복합적으로 작용하여 크고 작은 사고가 끊이지 않고 발생하고 있다.

## 3. 예상되는 경제적 피해

예상되는 경제적 피해는 다음과 같이 세 부분으로 나누어 분석하였다.

- 1) 현장에 적용된 공법의 개략적인 단가와 공정률을 바탕으로 사고 시점까지 발생한 금액 (붕괴로 인해 손실된 공사비)
  - 2) 현장 자체와 사고로 인해 발생한 시설물 파괴를 복구하는데 드는 비용,
  - 3) 새로운 공법을 적용하거나 추가 공사를 하는데 드는 비용 등
- 이러한 점들을 고려하여 아래 I사의 공법별 단가표를 기준으로 위의 사고 사례①과 ②들의 개략적인 피해 액수를 추정해 보았다.

표 5. 공법별 단가표 (출처 : A 건설)

공 법	공사 단가
가설 토류벽 공법(H-pile 공법)	50,000 원/m <sup>2</sup>
강널말뚝 공법(Sheet pile 공법)	60,000 원/m <sup>2</sup>
원위치 토사시멘트 혼합공법(SCW 공법)	124,000 원/m <sup>2</sup>
연속주열말뚝 공법(CIP pile 공법)	160,000 원/m <sup>2</sup>
지중 연속벽 공법(Slurry wall 공법)	381,000 원/m <sup>2</sup>

### 3.1 적용 사례 ① - 서초동 ○○사옥 신축공사

우선 원래 예상 지하 공사비를 추측해 보면 다음과 같다.

- (1) 당초 예상 지하 공사비

- ①H-pile 공법 부분 (단가 \* 공사면적)  
50,000원/㎡ \* 664.2㎡(24.6\*27) = 33,210,000원
- ②CIP-pile 공법 부분 (단가 \* 공사면적)  
160,000원/㎡ \* 2122.2㎡(24.6\*27+27\*27+27\*27)  
= 339,552,000원
- ③합계 : 372,762,000원

사고 당시 공사가 74% 완료된 상태였으므로 그 때까지 투자된 금액은 아래와 같이 산정될 수 있다.

- (2) 공정률 74%까지의 H-pile 공법 공사비  
33,210,000 \* 74% = 24,575,400원

이중 사고가 난 부분(전체의 약 50%)에 해당하는 H-pile의 철거비를 산정해 보면 다음과 같다.

- (3) H-pile 사고 철거비  
24,575,400 \* 50% = 12,287,700원

붕괴된 도로 및 지장매설물의 복구비는 피해규모를 정확히 알 수 없어 별도 추가피해액으로 산정하였다.

- (4) 도로 및 지장매설물 복구비 = a원

H-pile공법의 문제점을 보완하기 위하여 CIP pile공법으로 공법이 변경되었다고 가정했을 때의 추가 공사비를 산정하였다.

- (5) 공법 변경에 따른 추가 공사비(CIP pile 공법으로 변경되었다고 가정) (단가 \* 공사면적)  
160,000원/㎡ \* 664.2㎡(24.6\*27) = 106,272,000원

이를 합산하여 추정된 총 공사피해금액은 다음과 같다.

- (6) 사고로 인한 피해 액수
 

①74% 공사비	- 24,575,400원
②사고 철거비	- 12,287,700원
③기타 복구비	- a원
④변경된 공법 공사비	- 106,272,000원
⑤남아있는 기존 공법 공사비	+ 8,634,600원
	134,505,500 + a원

- (7) 이 사고가 전체 공사에 미치는 영향

일반적인 건축공사 비용에서 지하 공사 비용이 차지하는 비율이 30%라고 가정할 때, 이러한 지하 공사 사고가 지하 공사 자체에 미치는 경제적인 피해뿐만 아니라 전체 공사에 미치는 영향도 추정해 볼 수 있다.

- ①당초 예상한 지하 공사비 372,762,400원
- ②지하 공사비 비중을 30%로 보았을 때 예상할 수 있는 총공사비  
372,762,400 \* 100/30 = 1,242,541,333원
- ③사고로 인한 피해 액수 134,505,500 + a원
- ④사고 후 총 지하공사비<sup>1)</sup> 474,052,500 + a원

- ⑤사고 후 총 공사비 1,377,041,833 + a원

이와 같이 적용 사례 ①을 분석해보면 지하공사비 부분에서 기존 공사비 대비 최소 28.4% 증가하였고, 전체공사비 대비 최소 9.77% 증가하였을 것으로 추정해 볼 수 있다.<sup>2)</sup>

### 3.2 적용 사례 ② - 안양 ○○타워 신축공사

사례 1과 같은 방식으로 피해액을 추정해 보면 다음과 같다.

- (1) 당초 예상 지하 공사비 (단가 \* 공사면적)  
160,000원/㎡ \* 2968.88㎡ (56.8+43.5)\*2\*(13.5+16.1)/2  
= 475,020,800원
- (2) 2개면에 대한 공정률 90%까지의 공사비  
475,020,800 / 2 \* 90% = 213,759,360원
- (3) 사고 철거비  
213,759,360 \* 50% = 106,879,680원
- (4) 도로 및 지장 매설물 복구비: a원

사례 ②의 경우 연립주택에 피해가 발생하였다. 따라서 연립주택 피해 보상비를 추가하였다.

- (5) 연립주택 피해 보상비 = 최소 100,000,000원
- (6) 사고 발생한 2개면 재공사비(동일공법적용)  
= 237,510,400원
- (7) 사고로 인한 피해 액수
 

①90% 공사비	- 213,759,360원
②사고 철거비	- 106,879,680원
③기타 복구비	- a원
④주택 피해 보상비	- 최소 100,000,000원
⑤재공사비	- 237,510,400원
⑥남아있는 기존 공법 공사비	+ 23,751,040원
	634,398,400 + a원

- (8) 이 사고가 전체 공사에 미치는 영향

- ①당초 예상한 지하 공사비 475,020,800원
- ②지하 공사비 비중을 30%로 보았을 때 예상할 수 있는 총공사비  
475,020,800 \* 100/30 = 1,583,402,667원
- ③사고로 인한 피해 액수 634,398,400 + a원
- ④사고 후 총 지하공사비 871,908,800 + a원
- ⑤사고 후 총 공사비 1,377,041,833 + a원

적용 사례 ②를 분석해보면 지하공사비 부분에서만 기존 대비 최소 72.8% 증가하였고, 전체공사대비 최소 46.1% 증가하였다. 적용 사례 ①에 비해서 공사비 대비 피해규모가 큰 이유는 일단 사고 발생 규모가 적용 사례 ②의 경우가

1) 당초 예상 지하 공사비 + 사고로 인한 피해 액수 - 당초 예상 지하 공사비(H-pile 공법 부분)

2) 도로 및 지장 매설물 복구비(a원)을 포함시키지 않았을 때의 값이므로 복구비를 포함시키면 증가율이 상승한다.

크기 때문이다. 공정률이 높은 상태에서 2개면이 붕괴하였고, 인근 주택이 붕괴됨에 따라 보상비가 발생하였기 때문이다.

#### 4. 결론 및 한계점

도심지 공사의 특성상 초고층, 고심도화 건축 공사가 많아지면서 흠막이 공사가 전체 공사에서 차지하는 비중이 커지게 되었다. 이에 따라 흠막이 공사 공법 개발과 선정에 대한 관심이 많아지고는 있지만, 아직도 흠막이 공사는 불확실성과 위험성을 가장 많이 내포하고 있는 부분이다. 또한, 지하 공사는 지하층 시공 후 메울 때까지 버티면 되는 임시 가설 구조물이라는 안이한 생각과 몇몇 전문가의 개인적 경험과 판단에 의해 좌지우지되는 경향이 사고로 이어지고 있다.

본 연구에서 두 지반붕괴 사례의 피해액을 개선전적 방식을 통하여 추정해본 결과, 전체공사비에서 최소 약 10%에서 46%까지 추가되는 것을 볼 수 있었다.

본 연구는 개략적인 지하 공사 공법 단가와 몇 개의 기본 변수들만을 고려하여 피해 액수를 대략적으로 산정하였다. 변수들을 좀 더 세분화하여 고려하고(H-pile 공법에서 jet-grouting이나 shotcrete 비용을 추가), 그 외에 다른 변수들(공사 지연에 따른 지체 상환금, 민원 해소 비용 등)을 추가하여 세밀하게 분석한다면 더 정확한 결과를 도출할 수 있을 것이다. 또한, 가능하다면 실제로 발생했던 사고 사례를 바탕으로 피해 규모를 예상해서 계산해본 후에 실제로 발생한 피해 규모와 비교해 봄으로써 본 연구의 타당성을 검증해 볼 수 있을 것이다. 그렇게 함으로써 도심지 대규모 터파기 공사 공법을 선정하는데 위험 요소를 좀 더 세밀하게 고려할 수 있고, 나아가 공사기간 단축과 공사비용 최소화할 수 있을 것이다.

본 연구와 유사한 성격의 연구는 자료수집 자체의 어려움 외에도 사고 책임자와 회사의 책임 및 이미지 문제 등 여러 가지로 쉽지 않다. 그러나 더욱 많은 사례들이 수집되고 이를 비교, 분석하여 데이터 베이스로 구축할 수 있다면, 미래에 지어질 건축물의 지하 공법 선정에 위한 기초 자료로 사용될 수 있을 것이다. 이렇게 되면 건설공사의 불확실성, 위험성 요소를 많이 줄일 수 있을 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고, 한국건설교통기술평가원에서 시행한 2006년도 건설핵심기술 연구사업 「공기단축형 복합구조시스템 건설기술」(과제번호: 05 R&D 건설핵심 D02-01)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. Allen, E. (2003). "Fundamentals of Building Construction", 4th Ed, Wiley, pp. 19-68.
2. 김호비 (2001). "토류 구조물의 사고 사례 고찰", 건설기술정보, 제31권, 한진중공업.
3. 정경진, 권원, 오승준, 도상익, 전재열 (2004). "지하공사 지식기반 적정공법 선정에 관한 프로세스에 관한 연구", 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집(구조계), 제24권 제2호, 대한건축학회, pp. 639~642.
4. 오승준, 박상준, 한남희, 전재열 (2004). "사전검토단계에서 제한조건 분석에 의한 지하 합성벽 공법의 현장 적용성 평가에 관한 연구", 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집(구조계), 제19권 제3호, 대한건축학회, pp. 115~122.

---

#### Abstract

As increase of the land price at downtown area, it makes people more and more interested of improving the space utilization such as makes buildings bigger, deeper and higher. Therefore, the importance of the underground construction which is the basic principle has been increased. As constructors have to complete underground construction as soon as possible with the minimum costs, they concentrate on the whole process of underground structure. Although they makes every these efforts, construction failure still happen because of the uncertainty of the condition of soil and the unexpected danger of underground construction. To make matter worse, there are only some examples without detailed information like 'how much this breakdown damage to the construction?' so it is the another problem that most of people doesn't recognize the economical negative impact of underground structure breakdown. This report would make people understood the importance and risk of the underground construction by showing some analysis which was assumed from the real accidents.

**Keywords :** Excavation Methods, Method Selection, Construction Failure, Economical Impact

---