

지반굴착공사에서의 위험요인 선정과 안전관리방안 연구

원 유 진*·강 경 식*

*명지대학교 산업경영공학과

Risk Factor Selaction and Safety Management Plan in the Underground Excavation Construction

Yu-Jin Won*·Kyung-Sik Kang*

*Department of Industrial & Management, Myongji University, Yongin

Abstract

When the foundation work of the underground part of the building structure or the excavation work of the civil engineering structure is carried out, there is the earthwork work by the inevitable process. As the economic situation continues to develop, construction in urban areas is becoming bigger and higher in scale due to the expansion of infrastructure and the rescue of urban dwellings in urban areas, and excavation of underground roads is inevitable.

Excavation of the underground part may cause problems in the process difficulty and safety of the earthworks due to the complexity and various characteristics of the ground selected without consideration of the ground characteristics and site conditions. In order to complete the required facilities, it is necessary to secure the design and construction of the retaining walls. In order to complete the required construction, It is an important factor satisfying construction period and economical efficiency.

Keywords : Underground Excavation Construction, Risk Factor, Excavation Work, Safety Management, Temporary Structure, Safety Design, Safe Construction

1. 서론

건축구조물의 지하부분의 기초공사나 토목구조물의 굴착공사가 진행될 때 필연적인 공정으로 흙막이 공사가 있다. 경제상황이 지속적으로 발전함에 따라 기반시설의 확충 및 도심지 주택난 해소 등을 이유로 도심지에서의 건설은 대형화와 초고층화로 되고 있으며 지하로의 굴착은 도심도와 대규모로 될 수밖에 없는 실정이다.

지하부분의 굴착은 복잡하고 다양한 특성을 가지고 있는 지반을 대상으로 지반 특성과 현장조건을 고려하지 않고 수렴한 공법선정은 공정상의 어려움과 흙막이공사에 안전성에 문제를 야기시킬 수 있다. 지하굴착의 흙막이 공사는 요구하는 시설물을 시공하기 위한 가설구조물로 인식하여 소홀히 다룰 수 있어 현장에서 상당한 주의가 요구되고 있는 실정이다, 흙막이공사는 요구하는 시설물을 완성하기 위해서 흙막이의 안전한 설계 및 시공이 공기 및

경제성을 만족시키는 중요한 요소이다.

건설현장에서의 사고원인은 다양하지만 근로자의 부주의로 인한 사고가 제일 많이 발생하여 매일 근로자에 대한 안전교육을 실시하고 건강상태를 확인하여 현장투입을 제한하는 등 많은 노력을 기울이고 있다. 기술적인 부분은 현장소장이나 건설사업관리기술자 등 현장기술자들이 챙겨야 할 부분이다. 원인 없는 결과가 없듯 사고가 발생하는 원인은 대부분 역학과 관련되어 있다. 시공단계별로 적용하중 및 하중의 흐름을 파악하고 각 부재 및 연결부가 어떻게 지지하는지 등 작용하중과 지지메커니즘을 알고 있으면 시공과정 중 어느 한부분도 소홀히 할 수 없음을 알 수 있다.

최근에 발생한 상도동 유치원의 붕괴사고와 금천구 가산동 아파트 주차장 붕괴사고는 흙막이시설에서 사고가 발생하였다. 현장의 토질특성과 현장여건을 충분히 반영하지 않고 시공함으로써 공사 중 붕괴사고를 사전에 인지

하지 못하여 발생한 사례를 분석하여 공사현장에서 붕괴 사고가 발생하지 않도록 반드시 점검해야 할 항목을 찾는 것을 목적으로 한다.

2. 지반굴착공사의 위험요인 선정

2.1 선행연구

흙막이공사에서의 위험요인에 대한 문헌조사와 연구논문, 연구보고서를 고찰하여 연구방향을 설정하고자 한다. 기존 이론과 연구에서 밝힌 지반굴착공사에서의 위험요인을 도출하여 본 연구의 목적인 지반굴착공사에서의 사고 예방을 하고자 한다.

본 연구는 지반굴착공사에서 발생하고 있는 사고의 위험요소를 분석하여 전문가를 대상으로 실증적 연구를 하고자 한다. 먼저 선행연구에서 김동민, 김우석, 백용(2017)과 김학문(2016), 김선우(2013), 한국시설안전공단(2010), 한국지반공학회(2002)는 지반굴착공사에서의 위험요소를 부정확한 지반조사, 지하구조물 구조해석의 미흡, 인접시설물 영향검토 미흡 등을 위험요소로 설정하였다.

김동민, 김우석, 백용(2017)과 한국시설안전공단(2010), 한국지반공학회(2002), 서민우, 석정우, 양구승, 김명모(2006) 등은 지반굴착공사에서의 위험요소를 가시설 구조체의 불안정, 부적절한 굴착단계별 보강, 지표수지하수 관리소홀, 과잉굴착, 시공방법 부적절, 보일링·히빙·파이핑, 자연재해, 계측관리 부적절을 굴착공사에서의 위험요소로 설정하였다.

한국시설안전공단(2010)은 안전관리기준 부재, 규제 행정의 간소화, 안전·시공관리계획서의 부실, 사고조사관리·교육의 부재를 지반굴착공사에서의 위험요소로 설정하였다.

선행연구에서 도출된 위험요소를 바탕으로 지반굴착공사에서 위험요소를 도출하여 정리하면 <Table 1>로 나타낼 수 있다.

2.2 사례분석

지반굴착공사의 위험분석은 지반굴착공사의 사고사례를 분석하여 위험요소를 설정하기 위해 국토교통부와 한국시설안전공단의 건설안전정보시스템(COSMIC Construction Safety Management Information System)의 건설사고 DB의 1992년부터 2018년까지의 가설공사와 굴착공사에서의 사례를 통계자료로 활용하였다.

위험요소의 분석은 사고사례의 원인을 면밀히 검토하여 위험요소를 추출하였고, 추출한 요소 중에서 비중이 큰 요인을 위험요소로 분류하였다.

가설공사와 굴착공사 중 발생한 사고 111건을 분석하여 부정확한 지반조사, 지하구조물의 구조해석 미흡, 인접 시설물의 영향검토 미흡, 가시설 구조체 불안정, 부적절한 굴착단계별 보강, 지표수지하수 관리소홀, 과잉굴착, 시공방법 부적절, 사면활동, 보일링·히빙·파이핑, 자연재해, 계측관리 부적절, 안전관리기준 부재, 안전 시공관리계획서 이행부실, 사고조사관리·교육부재 등 15개의 위험요소로 분류 할 수 있었다. 이를 기획(설계)단계 요인, 시공초기단계 요인, 시공 중 단계 요인, 제도적 요인으로 구분하였다.

<Table 1> Preceding Research Risk Factor

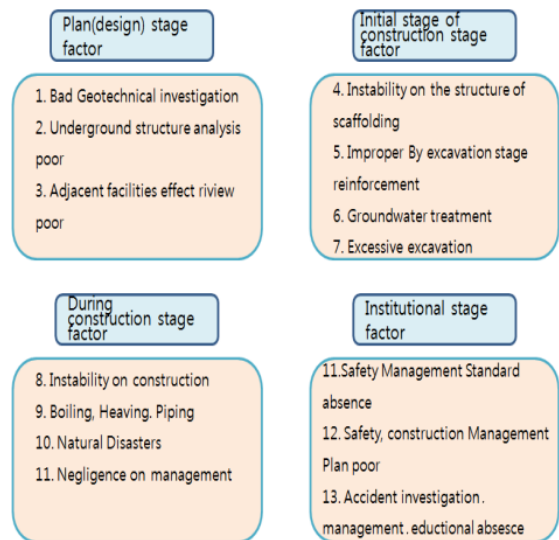
Risk factor	Researcher
1. Bad Geotechnical investigation 2. Underground structure analysis poor 3. Adjacent facilities effect riview poor	Kim Hakmoon (2016) Kim Dongmin, Kim Woosuk, Back Yong (2017) Kim Sunwoo(2013) KISTEC(2010) The Korean Geotechnical Society (2002)
1. Instability on the structure of scaffolding 2. Improper By excavation stage reinforcement 3. Groundwater treatment 4. Excessive excavation 5. Instability on construction 6. Boiling, Heaving, Piping 7. Natural Disasters 8. Negligence on management	Kim Dongmin, Kim Woosuk, Back Yong (2017) KISTEC(2010) The Korean Geotechnical Society (2002) Seo Minwoo, Seok Jung woo, Yang Guseung, Kim Byungmo (2006)
1. Safety Management Standard absence 2. Regulation administrative simplification 3. Safety Management Plan poor 4. Accident investigation management-eductional absesce	KISTEC(2010)

<Table 2> Case Analysis Risk Factor

	Risk factor	Factor
1	Bad Geotechnical investigation	Plan(design) stage factor
2	Underground structure analysis poor	
3	Adjacent facilities effect riview poor	
4	Instability on the structure of scaffolding	Initial stage of construction stage factor
5	Improper By excavation stage reinforcement	
6	Groundwater treatment	
7	Excessive excavation	
8	Instability on construction	During construction stage factor
9	Landslide	
10	Boiling, Heaving, Piping	
11	Natural Disasters	
12	Negligence on management	Institutional stage factor
13	Safety Management Standard absence	
14	Safety, construction Management Plan poor	
15	Accident investigation-management-educational absesce	

2.3 연구모형

본 연구에서는 위험분석에서의 위험요소의 분석과 선행연구에서의 위험요소를 분석하여 공통되는 요소를 위험요소로 선정하여 연구모형을 결정하였다.



[Figure 1] Research Model

기획(설계)단계의 요인과 시공 초기단계의 요인은 변동사항이 없어 위험분석과 선행연구에서의 요소를 반영하였으며, 시공 중 단계요인은 위험분석요인과 선행연구 분석에서의 요소가 차이가 있어 요소의 중복되는 부분을 반영하여 연구모형으로 설정하였다. 제도적 요인에서는 위험분석에서의 요소와 선행연구에서의 요소가 차이가 있어

요소의 중복되는 부분을 반영하여 연구모형으로 설정하였다. [Figure 1]은 분석한 요소들을 각 단계별로 분류하여 모형으로 도식화 한 것이다.

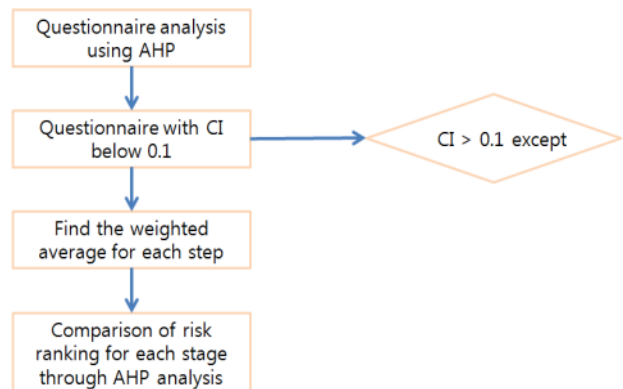
3. 지반굴착공사의 위험요인 선정

3.1 AHP 분석

본 연구를 수행함에 있어서 지반굴착공사의 위험분석은 지반굴착공사의 사고사례를 분석하여 위험요소를 설정하기 위해 국토교통부와 한국시설안전공단 건설안전정보시스템(COSMIC Construction Safety Management Information System)의 건설사고 DB의 1992년부터 2018년까지의 가설공사와 굴착공사에서의 사례를 통계자료로 활용하였고, 선행연구 자료를 검토하여 위험요소를 도출한 연구모형으로 발주기관, 설계용역사, 시공회사의 발주, 설계, 시공경험이 있는 전문가를 대상으로 실시하였다.

회수된 설문은 AHP 분석방법을 통해 분석하였다. 선행연구와 재해사례를 통해 분석한 위험요소를 AHP 분석으로 위험요소의 타당성을 확보하고자 한다.

본 연구에서는 65부의 설문지를 회수하였고, 조사 기간은 2019년 9월 16일부터 9월 25일까지 실시하고, 설문조사 대상은 발주기관 23부, 설계자 22부, 시공사 20부로 조사하였다. 단계별 요인결과에서 일관성 지수(consistency index)가 0.1 이하인 설문 54부를 분류하고, 문항4~7문항의 일관성지수가 0.1이하인 48부를 최종적으로 가중치 계산에 활용하였다



[Figure 2] Survey Analysis Method

본 절에서는 각 단계별로 위험요소를 분류한 4단계를 발주기관, 설계사, 시공사의 기술자를 대상으로 설문조사를 실시하여, 실제 지반굴착공사에서의 전문가가 생각하

<Table 3> Ground Excavation Risk Factor Survey Results

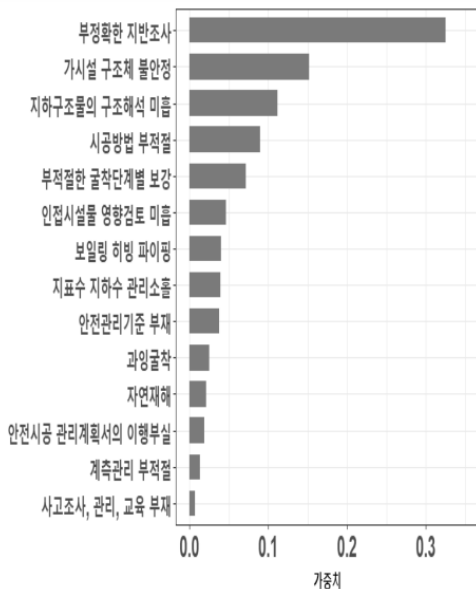
Risk factor	Order	Design	Construct	Total	(%)
Bad Geotechnical investigation	16	16	12	44	11.83
Underground structure analysis poor	11	5	7	23	6.18
Adjacent facilities effect riview poor	13	12	3	28	7.53
Instability on the structure of scaffolding	12	9	11	32	8.60
Improper By excavation stage reinforcement	9	12	13	34	9.14
Groundwater treatment	13	11	6	30	8.06
Excessive excavation	5	9	12	26	6.99
Instability on construction	14	11	12	37	9.95
Boiling, Heaving, Piping	4	5	2	11	2.96
Natural Disasters	6	5	1	12	3.23
Negligence on management	11	15	9	35	9.41
Safety Management Standard absence	5	5	8	18	4.84
Safety, construction Management Plan poor	10	9	14	33	8.87
Accident investigation-management-eductional absesce	4	5	-	9	2.42
	133	129	110	372	100.0

고 경험한 위험요소를 조사하였다. <문항 5>번의 지반굴착공사에서 경험하거나 위험요소가 높다고 생각되는 항목 8개를 중복 답변한 것을 보면 <Table 3>과 같다.

3.2 AHP 분석결과

지반굴착공사에서 각 단계별 AHP분석을 실시한 결과 각 단계별로 가중치는 0.483, 0.288, 0.165, 0.064로 분석되었다. 각 단계별 위험요소의 가중치는 <Figure 3>과 같이 도출되었다. 분석결과를 토대로 각 단계별 위험지수를 구하였으며 그 결과는 <Figure 3>과 같다.

각 단계별 위험지수 = 단계별 가중치 × 단계별 위험요소 가중치



[Figure 3] Risk Factor ranking

각 그룹별 위험요소의 순위인 위험요소 순위와 위험요소의 위험률 순위사이에 순위상관계수(Rank Order Correlation)를 이용하여 분석결과와 상관의 강도를 분석하여보면 스피어만의 γ_s 는 0.612로 높은 수준의 일치성을 보이고 있으며, 유의확률이 0.05보다 작음으로서 통계적으로도 유의한 결과를 나타내며, 켄달의 τ 는 0.478로 일치성을 보이고 있으며 마찬가지로 유의확률이 0.05보다 작음으로써 통계적으로도 유의한 결과로 나타났다.

지반굴착공사에서 위험률 순위가 높은 위험요소와 AHP 분석에 의해 산출된 최종 가중치간의 상관성 분석을 실시한 결과 상당히 높은 수준의 일치성을 나타내었다.

사고발생 위험도 순위가 높고 전문가들이 위험성이 높다고 답변한 요소에 대하여 위험요인에 대한 대책을 수립하여 사고예방을 하는 것이 필요하다. 본 연구에서 이러한 위험요소를 중심으로 개선안을 수립하였다.

전문가들이 위험률이 높다고 답변한 위험요소와 AHP 분석에 의한 위험요소 순위 중 상위에 있는 기획(설계)단계의 부정확한 지반조사와 시공 초기단계의 가시설 구조체 불안정, 시공 중 단계의 시공방법 부적절에 대하여 문제점과 개선방안을 수립하였다.

4. 문제점 및 개선방안

4.1 문제점

지반굴착공사에서의 가장 중요한 위험요소로 전문가들이 지목한 항목은 지반조사 단계에서 공사 중 가장 취약한 부분을 제대로 파악하지 못하는 원인이 되는 부정확한 지

<Table 4> Risk Index of Risk Factors at Each Stage

	Risk factor	weight	risk factor weight	risk index	ranking
Plan(design) stage factor	Bad Geotechnical investigation	0.483	0.673	0.325	1
	Underground structure analysis poor		0.231	0.112	3
	Adjacent facilities effect riview poor		0.096	0.046	6
Initial stage of construction stage factor	Instability on the structure of scaffolding	0.288	0.528	0.152	2
	Improper By excavation stage reinforcement		0.248	0.071	5
	Groundwater treatment		0.137	0.039	8
	Excessive excavation		0.088	0.025	10
During construction stage factor	Instability on construction	0.165	0.545	0.090	4
	Boiling, Heaving, Piping		0.246	0.040	7
	Natural Disasters		0.130	0.021	11
	Negligence on management		0.080	0.013	13
Institutional stage factor	Safety Management Standard absence	0.064	0.590	0.038	9
	Safety, construction Management Plan poor		0.294	0.019	12
	Accident investigation-management-eductional absesce		0.117	0.017	14

반조사, 즉 지반조사에서 파악하지 못한 요인이 사고의 단초가 되는 원인으로 선정하였다. 이는 흠막이구조물의 변형과 파괴의 대부분의 원인이 부정확한 지반조사로 보기 때문이다.

지반굴착공사 현장에서 지반조사를 단기간에 끝내고 굴착공사를 시행하는 국내 건설업계의 일반적인 관행으로 진행되기 때문이다. 건축법에 규정하고 있는 착공신고[건축법 시행규칙 제14조 제1항 관련]에 필요한 설계도서중 토목부분에 지반조사보고서는 “시추조사 결과, 지반분류, 지반반력계수 등 구조설계를 위한 지반자료(주변 건축물의 지반조사 결과를 적용하여 별도의 지반조사가 필요 없는 경우, 「건축물의 구조기준 등에 관한 규칙」에 따른 소규모건축물로 지반을 최저 등급으로 가정한 경우, 지반조사를 할 수 없는 경우 등 허가권자가 인정하는 경우에는 지반조사 보고서를 제출하지 않을 수 있다)”로 규정하고 있다. 이를 근거로 지반조사를 실시할 때 기존 건축물과 지장물로 인하여 정확한 지반조사에 어려움이 있다는 이유로 부실하게 지반조사를 실시하고, 그 결과를 토대로 흠막이 및 기초형식을 설계함으로써 부실의 기초가 되고 있는 현실이다. 모든 건설공사의 굴착을 시공하기 위해서는 설계단계부터 지반조사를 실시하여 지층의 구성상태 및 기초형식을 결정하고 합리적인 기초 및 흠막이 벽체를 설계하여야 함에도 설계단계의 지반조사와 각종시험이 불충분하여 설계에 사용하기에 신뢰성이 떨어진다는 점이다. 건축법 시행규칙 제 14조(착공신고 등) 1항에 건축물을 시공하고자 할 때에는 구조설계를 위한 지반조사보고서를 허가기관에 반드시 제출하도록 되어있다. 제출한 지반조사보고서와 관련하여 조사항목의 정확한 빈도수가 명시되

어 있지 않고, 그마저도 형식적인 지반조사만을 실시한 후 주변 지반조사 보고서나 문헌조사를 근거로 작성하는 경우도 있다. 또한 보고서를 검토할 수 있는 허가기관의 실무자가 많지 않고, 지반기술에 대한 인식이 부족하거나 무지, 과다한 안전율에서 오는 적당주의 사고방식이 부실한 지반조사를 초래한다.

가시설구조체의 불안정으로 인한 문제는 가시설 구조체가 설계상의 가정과 시공조건 및 현장상황의 차이에서 오는 구조상의 결함에 의한 사고의 문제이며, 사고유형은 Ground anchor, Earth anchor, H-pile, Sheet-pile, Rock bolt, Strut, Wale 등 가시설 벽체를 지지하는 구조체의 결함이나 설계결함으로 발생하는 사고유형이 있다.

가시설구조체의 결함으로는 앵커 시공과정에서 천공과정에서 지하수와 함께 토사가 유출되어 앵커의 주입재가 손실되고, 부정확한 지반조사로 인한 정확한 암질상태를 확인하지 않아 불량지반에 앵커가 정착되고, 공사현장 주변 매설된 상수도관의 파열로 수압이 흠막이 가시설 배면에 작용한 복합적인 원인으로 흠막이 벽체가 파손되는 경우가 발생하였다.

시공방법의 부적절로 인한 문제점은 토류구조물의 이음부 맞춤부의 시공불량으로 인한 지하수와 토사의 유출로 흠막이 구조물의 변형 또는 파괴, 인접시설물과 지장물의 조사를 소홀히 하여 생기는 인접 매설물의 파손, 시공 지연으로 인한 흠막이벽의 변형과 과대한 응력의 발생, 지반굴착공사의 설계는 제대로 되어 있으나 시공과정에서 누락되거나 주변시설물의 현황을 제대로 조사하지 않고 흠막이 가시설을 설치하거나, 굴착시 앵커나 스트럿 등의 보강을 하지 않고 굴착하는 등 시공방법의 오류로 인한 사

고가 많이 발생한다. 지반조사의 결과가 암반층에 지하 연속벽이 근입토록 설계되어 있으나 암반층의 암반정수를 과다하게 산정하여 암반층의 안정을 확보할 수 없는 구조로 시공되었고, 지하연속벽 시공시 배면에 그라우팅을 설계하였으나 시행되지 않고 진행되었으며, 당초 설계는 구조계산에 맞는 반력을 적용하였으나 최종 굴착단계에서 과소 적용하여 전체적인 버팀보의 설계를 과소하게 적용하여 가시설의 붕괴가 발생한다.

4.2 개선방안

정밀한 지반조사를 수행하기 위해서는 용역 발주단계에서 충분한 지반조사를 할 수 있는 조사기간을 확보해 주어야 한다. 일정에 맞추기 위해 형식적이고 개략적인 조사를 방지하기 위해서 반드시 필요한 부분이다. 또한 최소한의 지반조사를 할 수 있도록 예산을 별도 편성하여 배정하여야 한다. 설계단계에서 정확한 지반조사를 실시하는 것을 의무화 하는 것이 재조사 비용과 설계변경 과정을 생략할 수 있어 비용절감에도 공사기간 단축에도 바람직한 것이다.

지반조사에 필요한 인력에 대한 지속적인 교육과 관리의 개선이 필요하다. 인력에 대한 지속적인 관리와 교육은 업무에 대한 자긍심과 만족도를 높이고, 지반조사결과를 판독하고 해석할 수 있는 경험이 축적된 기술자가 확보되어야 지반조사 자료결과의 정확한 해석을 할 수 있을 것이다.

설계용역을 완료 후 제출할 때 건설기술 진흥법 시행규칙에 있는 설계용역 평가표(첨부 참조)에는 평가점수 분류 항목이 설계일반(25%), 설계 성과품 품질(45%), 대민대관업무(20%), 설계과정 충실도(10%)의 배점을 주고 평가하게 되어있다. 지반조사와 관련해서는 지반조사의 충실성이 설계일반 항목에 10점의 배점을 비중을 높여 지반조사의 중요성을 강조하여야 한다.

토목공사에서 설계 단계에서 지반조사 용역업체가 용역조사 후 발주기관에 제출하여야 하는 체크리스트로 이를 적극 활용하여 지반조사 부실을 사전에 예방할 수 있을 것이다. 제출된 체크리스트를 건축물 허가기관에서 면밀히 검토하여 누락되거나 미흡한 부분을 사전에 점검하고 부실정도가 심할 경우에는 제제를 하는 것도 고려해야 할 것이다. 또한 건축물 착공신고 당시 제출하는 지반조사보고서와 같이 지반 조사업체가 작성한 체크리스트를 보고서와 같이 제출하여 검토하고 이를 검토할 수 있는 실무자가 배치되어야 하는 것도 필요하다. 검토 가능한 실무자의 배치가 어려울 경우에는 지자체에서 보유하고 있는 각 분야의 기술심의위원을 활용하여 검토하는 것도 고려할 수

있다.

가시설구조체의 불안정의 큰 요인인 가시설 벽체의 변위를 최소화하는 요인인 버팀대의 설치의 시간적 지체로 발생하는 변형은 굴착을 지나치게 과굴착하여 발생하는 경우와 버팀대의 설치가 지연되어 발생하는 경우가 있는데, 과굴착의 경우는 지점사이가 크게 벌어져 큰 변형이 발생하고, 버팀대의 설치 지연은 점성토의 경우 4~8일 정도, 모래지반일 경우 2~3일 정도 내에 설치가 완료되어야 한다. 그 이후는 버팀대의 반력이 최대가 되기 때문이다. 가시설의 기본적인 점검항목을 무시하고 시공하여 사고가 발생하는 경우가 의외로 많은 것이 현실이다. 반복적인 작업형태에 따른 기술자의 무사안일의 태도가 사고를 유발할 수 있는 큰 요인이 되기 때문이다.

시공방법의 부적절로 인한 사고의 예방의 조건은 설계도에 있다. 명시된 시공 및 되메우기 순서에 따라 단계적인 설치와 해체가 될 수 있어야 한다. 흙막이공사 진행 시 부득이하게 설계도면과 다르게 시공할 경우에는 공사를 중단하고 대응책을 수립한 후에 적절한 절차를 밟아 시공하여야 하며, 지하수 유출 및 지반의 이완, 침하, 각종 부재의 변형 및 좌굴, 연결부의 풀림 등을 수시로 점검하고 이상이 발견될 경우 즉시 보강하며 안정성을 추가로 검토하여야 한다. 설계도서가 납품된 후 6개월이 경과된 이후에 굴착공사가 진행될 경우에는 주변상황을 반드시 재검토하여야 하며, 또한 굴착시기가 늦어져 주변여건이 변경된 경우에는 이를 반영한 후 감독관의 승인을 득한 후 시공하여야 한다. 굴착시에는 안전한 단계굴착높이를 정하여 각 단계별로 굴착 후 즉시 띠장, 버팀보, 그라운드앵커, 쏘일네일링 등으로 흙막이의 안정성을 확보한 후 다음 단계의 굴착을 시행하여야 한다. 버팀이 설치되기 전의 굴착면은 지반특성을 고려하여 충분한 폭의 소단을 두어 안정성을 확보하고, 흙막이 공사가 완료된 후 주변에 배수시설을 갖추어 공사장내로 지표수가 유입되지 않도록 하여야 한다. 또한 흙막이벽에 계획이상의 과재하중이 작용하지 않도록 관리하여야 하며, 인접구조물 또는 건축물의 현재 상태를 면밀히 조사하고 균열 폭 및 길이를 사진촬영 등으로 기록하여야 한다.

5. 결 론

부정확한 지반조사에서는 충분한 지반조사 기간의 확보와 정밀한 지반조사, 지반조사인력에 대한 교육과 관리, 건축물 허가기관에서의 지반조사보고서의 면밀한 검토와 검토인력의 확보가 필요하며, 가시설구조체의 불안정에서는 설계단계에서 BIM (Building Information Modeling)

을 의무화하여 시공과정에서의 오류를 예방하고, 건축물 착공신고서 제출시 설계도서 내용에 BIM을 의무화하여 건축물의 지반굴착공사에서 발생할 수 있는 가시설 오류를 방지하고, 시공방법 부적절은 시공상의 실수를 반복하지 않도록 기술자를 위한 주기적인 교육 및 교육 자료의 개발, 사고사례의 전파가 필요하다.

건설공사에서 중대재해가 많이 발생하는 가운데 지반 굴착공사에서의 사고예방을 위해 분석을 통해 위험요소를 도출하고 도출한 부정확한 지반조사와 가시설구조체 불안정, 시공방법 부적절에 대한 개선안을 통하여 반복되는 지반굴착공사의 사고를 예방하는데 기여하고, 현재 지반굴착공사의 가설구조물 시공 전 구조적 안정성 검토를 관계 전문가가 검토 후에 공사를 진행할 수 있도록 하여야 하며, 건축물 착공신고서에 제출하는 지반조사보고서의 내용에 지반조사 체크리스트를 반드시 첨부하여 허가기관이 검토를 하고, 민간공사의 지반굴착공사 경우 지방자치단체와 지방국토관리청이 협력하여 관련법 이행여부를 점검하는 제도를 개선하면 지반굴착공사의 사고예방에 기여할 수 있을 것이다.

6. References

- [1] LH, 지반조사 체크리스트.
- [2] 고용노동부, 안전보건공단(2016), 안전보건 실무길잡이 (건설업 굴착공사).



원 유 진

수원대학교 토목공학과 학사 취득
현재 명지대학교 일반대학원 산업경영공학과 석·박사과정 재학 중
현재 한국건설관리공사 재직 중
관심분야 : 건설안전, 건설안전특론, 안전경영, 현장안전관리, 지하안전

- [3] 국가법령정보센터(2018), 건축법 시행규칙 [별표 4의2].
- [4] 국토교통부(1997), 건설공사 안전관리 편람(토목일반).
- [5] 국토교통부(2014), 가설공사 표준시방서.
- [6] 국토교통부(2016), 가설흙막이 설계기준.
- [7] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2016), Hypothetical earth retaining design criteria, KSD 21 30 00 : 2016. 1-2
- [8] The Architectural Institute of Korea(2010), Building Construction Technology, Gimundang, 61-70
- [9] T. R. Cho(2004), Basic Engineering, Gumiseogwan, 182-193.
- [10] Korea Expressway Corporation Road Research Institute,(1998), Constructi on work safety management practice earthwork and excavation construction, 197-198.
- [11] C. S. Lee(2005), Architectural Engineering,Hansol Academy.
- [12] J. H. Seong(2012), Improveme nt of Safety Management of Excavation Works, Siseol-Anjeon, 39:179-183.
- [13] Seoul Urban Infrastructure Headquarters(2014), Assessment and safety management of long-term dwellings in urban areas, 13-14.
- [14] Construction Safety Management Information System(2018), Accident Data Base, <http://www.cosmis.or.kr>



강 경 식

인하대학교 산업공학과 학사·석사·박사와 연세대학교·경희대학교에서 경영학 석사·박사 취득 North Dakota State Univ.에서 Post-Doc과 Adjunct Profes sor 역임
현재 명지대학교 산업경영공학과 교수로 재직 중
관심분야 : 생산관리, 물류관리, 안전경영 등
주 소 : 경기도 용인시 처인구 남동 산 38-2 명지대학교 산업경영공학과