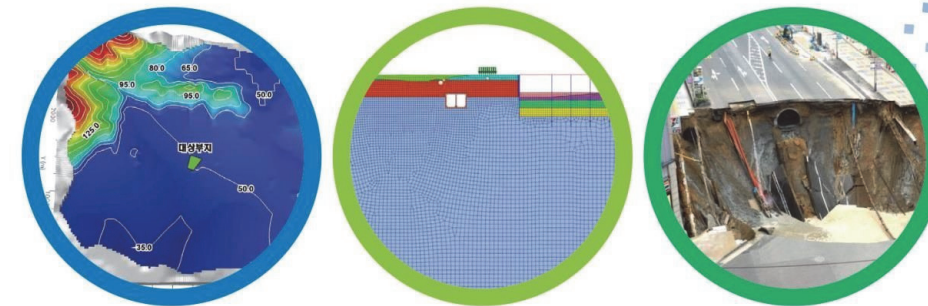


지하안전영향평가서 검토 사례집

2021. 12.

본 책자는 「지하안전관리에 관한 특별법」 시행과 관련하여 국토안전관리원(이하 '관리원')으로 접수된 지하안전영향평가서 검토 결과를 정리한 사례집이며, 현행(20.7) 법령 및 하위규정(지침 등)을 기준으로 작성되었습니다.

또한, 관리원은 유권해석 권한이 없으므로 법률적 활용이 필요하신 경우에는 국토교통부 건설안전과(044-201-3576)로 문의하셔서 답변을 받으시기 바랍니다.



숫자로 보는 지하안전영향평가 (2021.11.30. 기준)



검토기관
국토안전관리원
한국도로공사

2곳



검토인력
박사 1인, 기술사 3인
특급기술인 4인

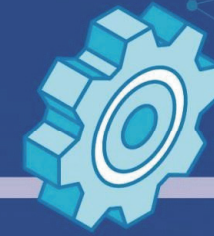
8인



평균 검토의견

- 지하안전영향평가 26.03건
- 소규모 지하안전영향평가 23.13건

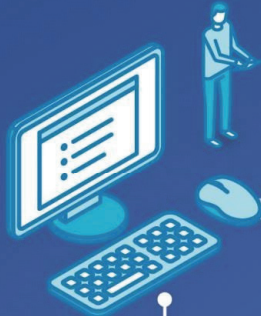
24.03 건



적용공법

- 적용현황
- 1위 STRUT(514건)
 - 2위 C.I.P(511건)
 - 3위 S.G.R(468건)
- ※복합 적용 현장은 제외

30 가지



누적 검토건수

- '18년 380건
- '19년 411건
- '20년 590건
- '21년 1,168건(전년대비 97.97% 증가)

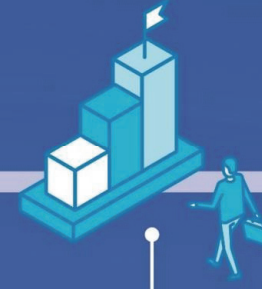
2,549 건



검토건수

- 지하안전영향평가 257건
- 소규모지하안전영향평가 576건
- 사후지하안전영향조사 335건

1,168 건



전문기관

지하안전정보
시스템 등록 기준

294 개사

월평균 검토건

최근 3개월
('21년 9월~'21년 11월)
평균 137.3건

106.18 건



CONTENTS

01

지하안전영향평가 제도 소개

- 1.1 지하안전영향평가의 정의 8
- 1.2 지하안전영향평가의 업무절차 9
- 1.3 지하안전영향평가서의 제도관련 주요 개정 사항 소개 10

02

지하안전영향평가서등의 우수사례 소개

- 2.1 우수사례 개요 18
- 2.2 지반안전성 검토범위 산정 시 신뢰성과 객관성 향상을 위한 제안 19
- 2.3 국토안전관리원의 지반조사 검토사례 공유 26
- 2.4 정밀한 지층분석을 통한 굴착공사 시 지하안전 확보방안 33

03

지반침하 사고원인 분석을 통한 재발방지대책 제안

- 3.1 개요 38
- 3.2 사고사례 1(안산시 사동 ○○센터 공사 흠막이 붕괴사고) 40
- 3.3 사고사례 2(구리시 교문동 □□지하철 공사 땅꺼짐 사고) 47
- 3.4 사고원인 분석을 통한 재발방지 대책 57

04

지하안전영향평가서등의 신기술 적용 사례

- 4.1 개요 60
- 4.2 흠막이 지지공법 61
- 4.3 흠막이 차수공법 67

05

지하안전영향평가서등의 검토 현황

- 5.1 지하안전영향평가서등의 접수 현황 74
- 5.2 지하안전영향평가서등의 검토의견 현황 79
- 5.3 지하안전영향평가서등의 접수 및 검토의견 현황 분석 82

06

지하안전영향평가서 제도 설문조사

- 6.1 설문조사 개요 86
- 6.2 설문조사 결과 87
- 6.3 설문조사 결과 분석 100



1. 지하안전영향평가 제도 소개

- 1.1 지하안전영향평가의 정의
- 1.2 지하안전영향평가의 업무절차
- 1.3 지하안전영향평가서의 제도관련 주요 개정사항 소개



1.1 지하안전영향평가등의 정의

1.1.1 지하안전영향평가

- **지하안전영향평가**는 사업의 실시계획·시행계획 등의 허가·인가·승인·면허 또는 결정 등을 할 때에 해당 사업이 지하안전에 미치는 영향을 미리 조사·예측·평가하여 지반침하를 예방하거나 감소시킬 수 있는 방안을 마련하는 것이다(지하안전법 제2조제5호).
- **소규모 지하안전영향평가**는 지하안전영향평가 대상사업에 해당하지 아니하는 소규모 사업에 대하여 실시하는 지하안전영향평가를 말한다(지하안전법 제2조제6호).

국토안전관리원은 국토교통부장관(지방국토관리청장 및 제주특별자치도 지사에게 위임)으로 부터 의뢰를 받은 경우, 지하안전영향평가서의 기본요건 및 내용의 충실성에 대하여 검토를 실시한다(지하안전법 제16조 제2항, 영 제43조 제5호, 업무지침 제39조).

1.1.2 사후지하안전영향조사

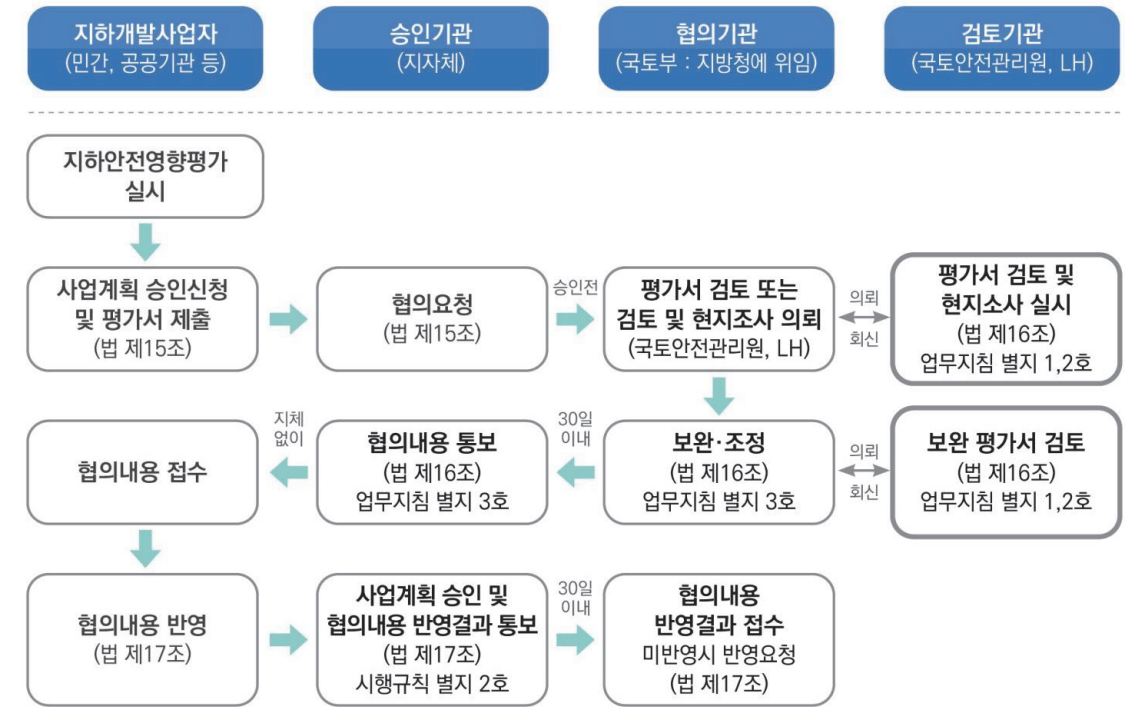
- **사후지하안전영향조사**는 지하안전영향평가 대상사업을 착공한 후에 그 사업이 지하안전에 미치는 영향을 조사하는 것이다(지하안전법 제20조제1항).

국토안전관리원은 국토교통부장관(지방국토관리청장 및 제주특별자치도 지사에게 위임) 및 승인기관의 장으로부터 의뢰를 받은 경우, 다음 사항에 대하여 검토한다(업무지침 제67조).

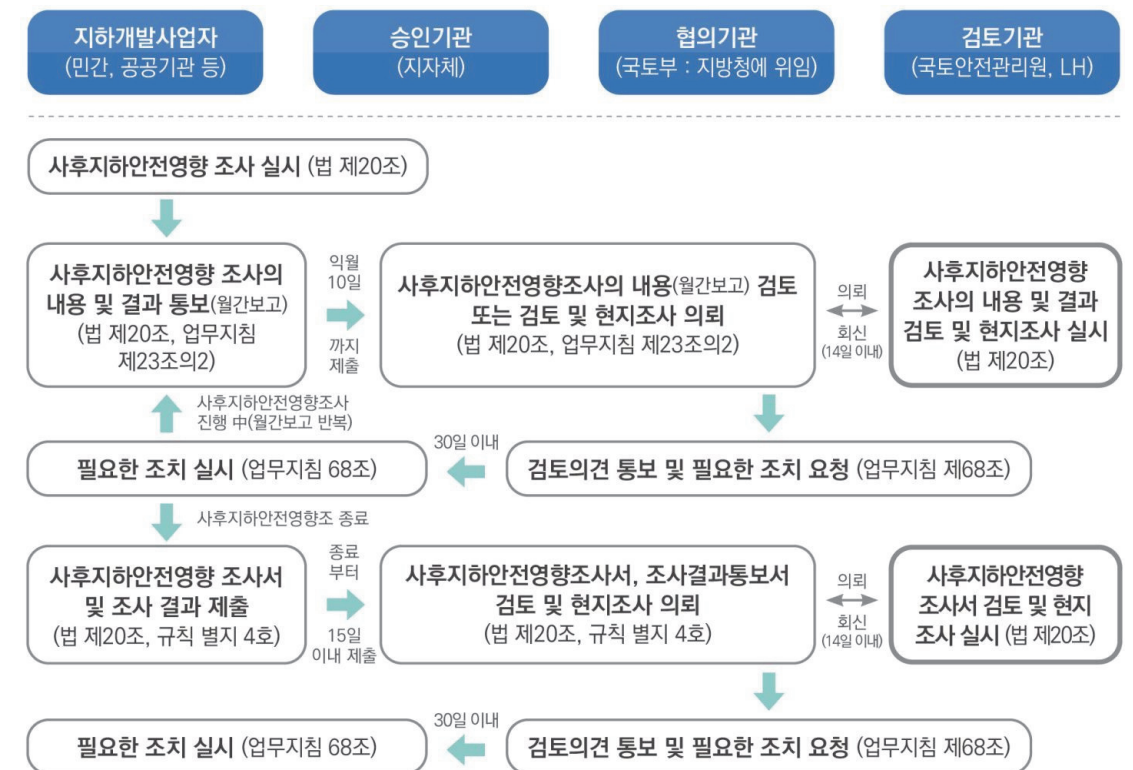
- 조사항목, 조사지점, 조사 시기 등의 협의 내용과 일치하는지 여부
- 조사서의 결과가 지하안전영향평가서에 제시된 지반안전성 결과와 유사한지 여부
- 조사방법 등이 사업시행 이후의 지하안전 변화를 비교·파악하기에 적절한지 여부
- 사후지하안전영향조사결과에 따른 조치의 내용 적정성 여부
- 사후지하안전영향조사결과 작성 방법의 준수 여부
- 그 밖에 지방국토관리청의 장이 검토가 필요하다고 판단한 사항

1.2 지하안전영향평가의 업무절차

지하안전영향평가 협의절차



사후지하안전영향조사서 업무절차



1.3 지하안전영향평가 제도관련 주요 개정 사항 소개

1.3.1 법 개정

지하공간통합지도 활용[시행 2020. 12. 10.] [법률 제17456호, 2020. 6. 9., 일부개정]

- 지하공간통합지도가 구축된 지역에서 지하개발사업자 및 지하시설물관리자가 지하개발 사업을 시행할 때는 지하공간통합지도를 활용하여야 함(제44조제3항 신설).
- 개정이유
KT 아현동 통신구 화재, 고양 백석역 열수송관 파손, 여의도 공사장 싱크홀 발생, 서대문 상수관 파열 등 지하시설물 관련 사고가 발생하고 있는바, 지하안전 사고를 예방하고 지하 시설물의 체계적 관리를 위하여 정확한 지하정보가 구축되고 활용될 수 있도록 현행 제도의 운영상 나타난 일부 미비점을 개선·보완하려는 것임.

협의절차[시행 2022. 1. 28.] [법률 제18350호, 2021. 7. 27., 일부개정]

- 건축물의 건축사업에 대하여는 지하안전평가서의 작성 및 협의 등의 절차가 끝나기 전에 「건축법」에 따른 건축허가를 하거나 건축신고를 수리할 수 있고, 건축허가를 하거나 건축신고를 수리한 승인기관의 장은 「건축법」에 따른 착공신고의 수리 전까지 협의 등의 절차를 끝내도록 함(제19조의2 신설).
- 개정이유
현행법령은 일정 규모 이상의 지하 굴착공사를 수반하는 각종 사업을 시행하는 경우 지하 안전영향평가를 실시하고 해당 사업의 사업계획을 승인하기 전에 평가 결과를 국토교통부장관과 협의하도록 하고 있는데, 구체적으로 각종 건축 사업에 대하여는 건축허가를 받기 전 또는 건축신고의 수리 전에 평가결과를 협의하도록 규정하고 있음. 그런데 건축사업은 건축허가 또는 건축신고 이후에도 시공계획 등의 수정으로 인해 설계사항이 변경되는 경우가 많고 평가결과에 대한 협의사항 역시 이에 맞추어 조정되는 경우가 빈번하므로, 지하안전 영향평가의 실효성을 확보하고 행정절차를 간소화하기 위해서는 건축사업의 경우 지하안전 영향평가 결과에 대한 협의를 착공신고의 수리 전까지 할 수 있도록 조정할 필요가 있음.

용어변경[시행 2022. 1. 28.] [법률 제18350호, 2021. 7. 27., 일부개정]

- 현행법상의 용어인 ‘지하안전영향평가’와 ‘사후지하안전영향조사’를 각각 ‘지하안전평가’와 ‘착공후지하안전조사’로 변경함(제2조제5호 등).
- 개정이유
“영향평가”는 어떤 사업이 환경·교통 등에 미치는 영향을 장기적인 관점에서 예측하고 예측된 사항을 저감시키는 방안을 마련하는 종합적인 활동인데, 현재 지하안전영향평가는 각종 사업의 시행과 관련하여 주변의 지반이 안전한지를 진단하는 안전평가로, 사후 지하 안전영향조사는 대상사업 착공 후 지하안전영향평가 결과가 제대로 이행되고 있는지를 점검하고 그 사업이 지하안전에 미치는 영향을 조사하는 것으로, 용어를 명확히 할 필요가 있다는 지적이 있음. 이에 건축물의 건축사업에 대하여는 지하안전영향평가 결과에 대한 협의를 착공신고 수리 전까지 끝낼 수 있도록 특례를 신설하고, 현행법상의 용어인 “지하 안전영향평가”와 “사후지하안전영향조사”를 각각 “지하안전평가”와 “착공후지하안전조사”로 변경함으로써, 지하안전영향평가 제도의 효과성을 증진하고 현실에 맞게 보완하려는 것임.

1.3.2 시행령 개정

재협의 확대[시행 2020. 7. 1.] [대통령령 제30338호, 2020. 1. 7., 일부개정]

- 굴착공사 과정에서 흙막이 붕괴 사고 등으로 인해 주변 시설물 및 주민들에 대한 피해가 지속적으로 발생함에 따라 지하안전 관리체계를 강화하기 위하여 승인기관의 장 등은 흙막이·차수(遮水) 공법이 국토교통부장관과 협의하여 사업계획 등에 반영된 공법과 달라지는 경우 등에는 국토교통부장관에게 재협의를 요청해야 함.

사후지하안전영향조사서 월간보고[시행 2020. 7. 1.] [대통령령 제30338호, 2020. 1. 7., 일부개정]

- 지하안전영향평가 대상사업의 착공으로 지하안전에 미치는 영향을 조사해야 하는 지하 개발사업자는 종전에는 해당 조사가 끝난 날부터 60일 이내에 조사 결과를 국토교통부장관 등에게 제출해야 하던 것을 앞으로는 조사가 실시 중인 경우에는 매달 10일까지 지난달의 조사 내용을, 조사가 끝난 경우에는 종료일부터 15일 이내에 조사 결과를 각각 제출해야 함.

1.3.3 표준매뉴얼 개정

- 지하안전영향평가등과 관련하여, 전문기관 등 업무관계자의 체계적인 업무수행을 지원하기 위하여 표준매뉴얼*을 제정('20.6월)하여 운영 중.
- 최근 구리시('20.8월), 안산시('21.1월) 등에서 발생 된 지반침하 사고사례 분석을 통해 마련된 재발방지대책을 표준매뉴얼에 반영.

* 지하안전영향평가서 표준매뉴얼, 사후지하안전영향평가서.

지반조사 강화(지안평 매뉴얼 4.1.2)

개정요지 도심지 터널공사 시 위험지역을 대상으로 시추조사를 포함한 지반조사 간격을 50m당 최소 1개소로 강화

- 적용대상 및 위치 : 자동화계측 적용구간과 동일.
- 조사항목 및 수량 : 위험지역에 적용되는 현장조사(시험) 항목은 기존과 동일하게 구성하고 조사간격을 50m당 최소 1개소로 강화.

인근시추 자료 분석(지안평 매뉴얼 4.2.5)

개정요지 도심지 터널공사에 대한 지하안전영향평가 시 경쟁사의 지반조사 정보를 반영하여 평가의 신뢰도 향상

- 획득가능 정보 : 설계 단계에서 수행한 경쟁사의 지반조사 정보는 지반조사보고서, 각종 지반정수 등이 있으며, 조사 자료의 신뢰도 향상을 위하여 수행한 업체의 책임기술자의 확인(날인)이 반드시 필요.
- 획득방법 : 경쟁사의 지반조사 정보는 발주청을 통해 획득 가능.

자동화계측 의무화(지안평 매뉴얼 7.1.1)

개정요지 도심지 터널공사 시 위험지역을 대상으로 자동화계측 시스템을 의무적으로 적용하기 위해 세부사항을 규정

- 적용대상 : 지하안전영향평가 대상 사업 중 도심지* 터널 공사.
- 적용위치 : 굴착방식(비개착공법 포함)이 적용되는 침하 취약구간.
 - (지질취약구간) 파쇄대, 습곡, 단층, 탄층, 공동지역 등.
 - (저토피구간) 토피고가 터널 폭의 2배 이내인 구간.
 - (근접시공구간) 터널 최상단으로부터 30m 내에 「시설물안전법」에 따른 1~3종 시설물 및 30년 이상 노후 건축물이 존재하는 구간.
- 계측항목 : 지반의 이상거동을 분석할 수 있도록 지표침하계, 지중침하계(지중변위계 대체 가능) 및 지하수위계를 필수항목으로 규정하고, 필수항목 이외의 계측항목은 현장여건을 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 조정이 가능토록하여 경제적 시공을 유도.
- 배치계획 : 취약구간 영향범위 내에 설치되는 자동화 계측항목은 상호 비교분석이 가능토록 동일(인접)구간 설치를 원칙으로 하며, 설치간격은 종방향 30~50m, 횡방향 5~10m를 표준으로 함.
- 측정기간 : 계측 초기치의 영향을 받지 않는 후방 3D 이전부터 계측값의 수렴이 되는 시기까지(3D 이상)하는 것을 원칙으로 함.

* 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제6조에 따른 도시지역.

개정요지 기존 지안평 표준매뉴얼에 오류가 있던 부분을 수정하여 평가서 작성 및 관련 업무의 혼란을 방지하고자 함

- 사업계획 변경사항 제시 : 해당 사업이 재협의인 경우에는 제2장 대상사업의 개요에 사업 계획의 변경 내용을 정리하여 제시.
- 계획홍수위를 반영 : 설계지하수위 산정 시 인접 하천이 존재할 경우 계획홍수위를 반영하여 침윤선을 고려하도록 제시.
- 허용값 대비 90~95% : 지반안전성 검토 결과, 허용값 대비 발생값이 90~95%인 경우 계측을 보강하거나 계측빈도 증가.
- 앵커에 대한 안전성 평가 : 흙막이 지지공법 중 하나인 앵커에 대한 안전성 평가 항목 및 기준안전율을 표준매뉴얼에 추가 수록.
- 사후월간 요약표 추가 : 사후지하안전영향조사 월간조사서 제출시 당월 조사 내용을 요약·정리하여 제출.
- 사후월간 제출항목 수정 : 사후조사서 월간제출 항목 중 종합평가 및 결론, 부록을 삭제하고 지하안전확보방안 적정성 및 이행여부 검토를 추가함(업무지침을 참고하여 수정, 제7장과 제8장 순서 변경).



2. 지하안전영향평가서등의 우수사례 소개

- 2.1 우수사례 개요
- 2.2 지반안전성 검토범위 산정 시 신뢰성과 객관성 향상을 위한 제안
- 2.3 국토안전관리원의 지반조사 검토사례 공유
- 2.4 정밀한 지층분석을 통한 굴착공사 시 지하안전 확보방안



2.1 우수사례 개요

개요

- '20년도 검토사례집에서는 우수사례를 공유하여 지하안전영향평가서(이하, 평가서) 작성에 도움이 되고자 하였으면, 금회 사례집에서는 표준매뉴얼에 제시된 평가기준 및 설계기준에 대한 설문조사를 통해 제도개선이 필요한 사항을 선별하고 선별된 사항 중 국토안전관리원(이하, 관리원)의 검토사례 및 우수사례를 공유함으로써 평가서 작성 수준을 높이고자 한다.

지하안전영향평가서 등의 우수사례 항목

- 지반안전성 검토범위 산정 시 신뢰성 및 객관성 향상을 위한 제안.
- 국토안전관리원의 지반조사 검토사례 공유.
- 정밀한 지층분석을 통한 굴착공사 시 지하안전 확보방안.

2.2 지반안전성 검토범위 산정 시 신뢰성과 객관성 향상을 위한 제안

2.2.1 개요

- 지반안전성 검토범위 산정 시 현장조건에 맞는 합리적인 설계가 이뤄지도록 적용 공법 및 지층조건에 따른 다양한 제안식을 소개하고, 표준매뉴얼에 제시된 수치해석 결과의 추가적인 검증 과정을 통해 산정된 결과의 신뢰성과 객관성을 높일 수 있는 방법을 제안한다.

2.2.2 이론 및 경험식에 의한 지반안전성 검토범위 산정 방법

- 지반조건과 시공현황을 고려한 지반안전성 검토범위 산정 방법(제안식)은 아래 표와 같다.

구분	지반조건	흙막이 구조물	제안값	
뒷면 지반의 침하	Terzaght & Peck (1967)	느슨한 모래, 자갈	H-Pile+흙막이판 Sheet Pile 2.5H ~ 3.0H	
	O'Rourke(1975)	중간~조밀한 모래 단단한 점토가 낀 모래	H-Pile+흙막이판 2H	
	St_John(1975)	단단한 점토	지하연속벽 Top=Down 공법 3H	
	Goldberg 등 (1976)	연약~중간 점토 매우 단단~굳은 점토	- >2H	
	Clough & O'Rourke (1990)	단단한 점토	벽체 강성이 大~小	3H
		모래, 조립토		2H
	양구승(1996)	퇴적지반	H-Pile+흙막이판	2H
		암반을 포함한 지반	H-Pile+흙막이판	3H
	KCS 21 30 00 (2016)	사질토	-	2H
		점성토		4H
암반		1H(불연속면 존재시 2배)		

수치해석과 이론 및 경험식에 의한 지반안전성 검토범위 산정 결과 비교

- 분석 대상은 '21년도에 국토관리원으로 접수된 평가서(경기도, 경상도 및 전라도)를 중심으로 조사하였으며, 데이터 신뢰성을 감안하여 각 청별 13~16개소 현장을 무작위로 선별하였다.
- 검토 결과, 전체 45건 중 수치해석이 적용된 사례는 12건(26.7%)이며, 이론 및 경험식의 적용 사례는 33건(73.3%)으로 확인되어, 이론 및 경험식이 수치해석 보다 보수적인 평가 경향을 나타낸 것으로 분석된다.
- 그러나, 부산청의 9번과 같이 적용 범위가 2H를 초과한 현장은 추후 지층조건 및 적용 공법에 따른 적절한 제안식 적용이 필요할 것으로 판단된다.

〈지반안전성 검토범위 산정 결과 비교표(서울청)〉

지역	현장	굴착깊이	이론 및 경험식	수치해석	검토결과	
					적용	검토범위
서울청	1	19.31	34.52	38.18	수치해석	1.98H
	2	19.95	39.9	37	이론 및 경험식	2H
	3	14.62	29.24	13	이론 및 경험식	2H
	4	15.5	31	10	이론 및 경험식	2H
	5	17.44	34.88	34.5	이론 및 경험식	2H
	6	14.6	29.2	18	이론 및 경험식	2H
	7	19.81	39.62	33.9	이론 및 경험식	2H
	8	18.86	37.72	21	이론 및 경험식	2H
	9	21.85	43.7	10	이론 및 경험식	2H
	10	24.99	49.98	46	이론 및 경험식	2H
	11	15.25	30.5	32	수치해석	2.1H
	12	19.7	39.4	15	이론 및 경험식	2H
	13	19.71	39.42	37.36	이론 및 경험식	2H
	14	19.71	39.42	40	수치해석	2.03H
	15	11.61	23.22	15	이론 및 경험식	2H
	16	13.16	26.32	30	수치해석	2.28H

〈지반안전성 검토범위 산정 결과 비교표(부산청)〉

지역	현장	굴착깊이	이론 및 경험식	수치해석	검토결과	
					적용	검토범위
부산청	1	40.1	80.2	55.2	이론 및 경험식	2H
	2	13.71	27.42	26.7	이론 및 경험식	2H
	3	29.51	59.02	42	이론 및 경험식	2H
	4	21.1	42.2	68.58	수치해석	3.25H
	5	19.2	38.4	35	이론 및 경험식	2H
	6	16.5	33	40.5	수치해석	2.45H
	7	26.22	52.44	11.39	이론 및 경험식	2H
	8	44.5	90	132	수치해석	2.97H
	9	19.11	76.4	40.82	이론 및 경험식	4H
	10	49.7	99.4	30	이론 및 경험식	2H
	11	20.85	41.7	30.43	이론 및 경험식	2H
	12	18	36	34	이론 및 경험식	2H
	13	25.82	51.64	41.91	이론 및 경험식	2H
	14	20.6	41.2	40	이론 및 경험식	2H
	15	19.79	39.58	25	이론 및 경험식	2H
	16	18.26	36.52	30	이론 및 경험식	2H

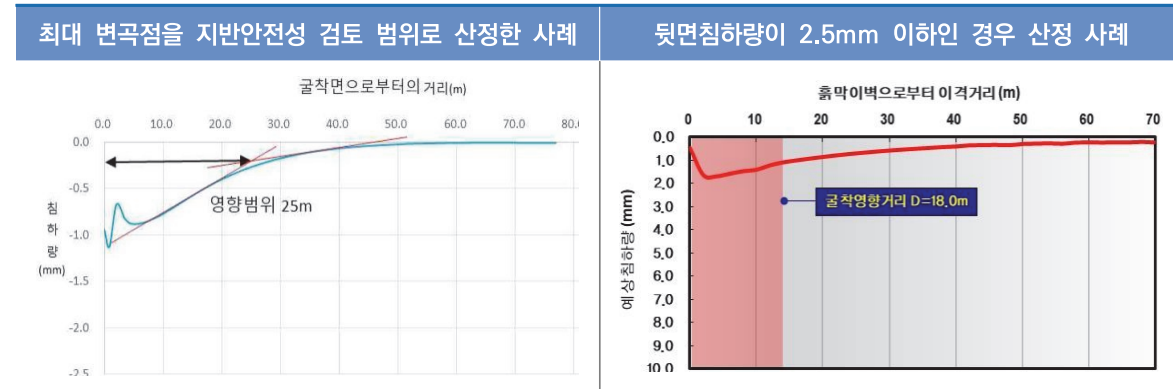
※ 부산청의 9번은 지반특성(점성도)를 고려하여 경험적 방법[PECK(1969)]에 따라, 4H(H=최대 굴착깊이)를 적용한 현장임.

〈지반안전성 검토범위 산정 결과 비교표(익산청)〉

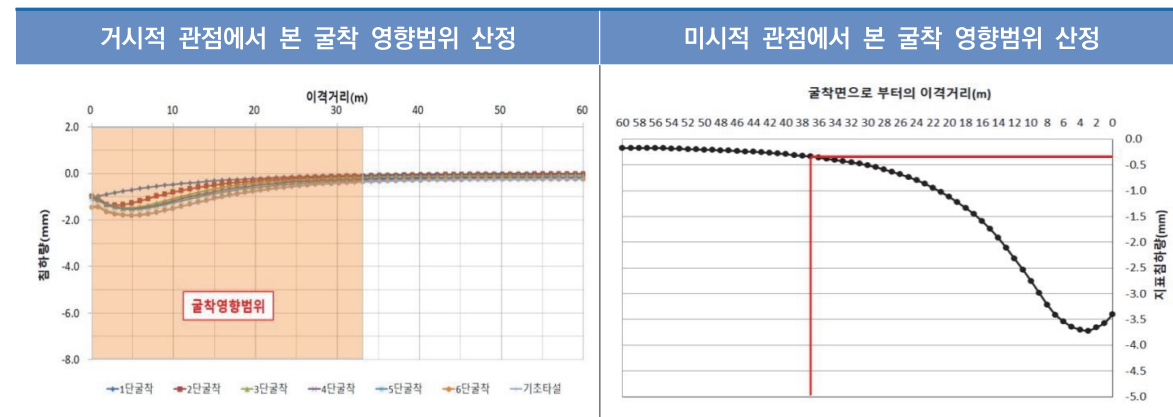
지역	현장	굴착깊이	이론 및 경험식	수치해석	검토결과	
					적용	검토범위
익산청	1	17	34	37.5	수치해석	2.21H
	2	30.23	60	60	수치해석	1.98H
	3	11.86	23.72	15.71	이론 및 경험식	2H
	4	19.9	39.8	32	이론 및 경험식	2H
	5	17.71	35.42	60	수치해석	3.39H
	6	14.36	28.72	36	수치해석	2.51H
	7	16.56	33.12	16.38	이론 및 경험식	2H
	8	30.51	61.02	48.816	이론 및 경험식	2H
	9	18.15	36.3	20	이론 및 경험식	2H
	10	19.56	39.12	39.6	수치해석	2.02H
	14	12.3	24.6	20	이론 및 경험식	2H
	15	18.9	37.8	35.6	이론 및 경험식	2H
	16	27.24	54.48	26	이론 및 경험식	2H

2.2.3 표준매뉴얼 고찰을 통한 지반안전성 검토범위 산정 결과의 객관성 향상

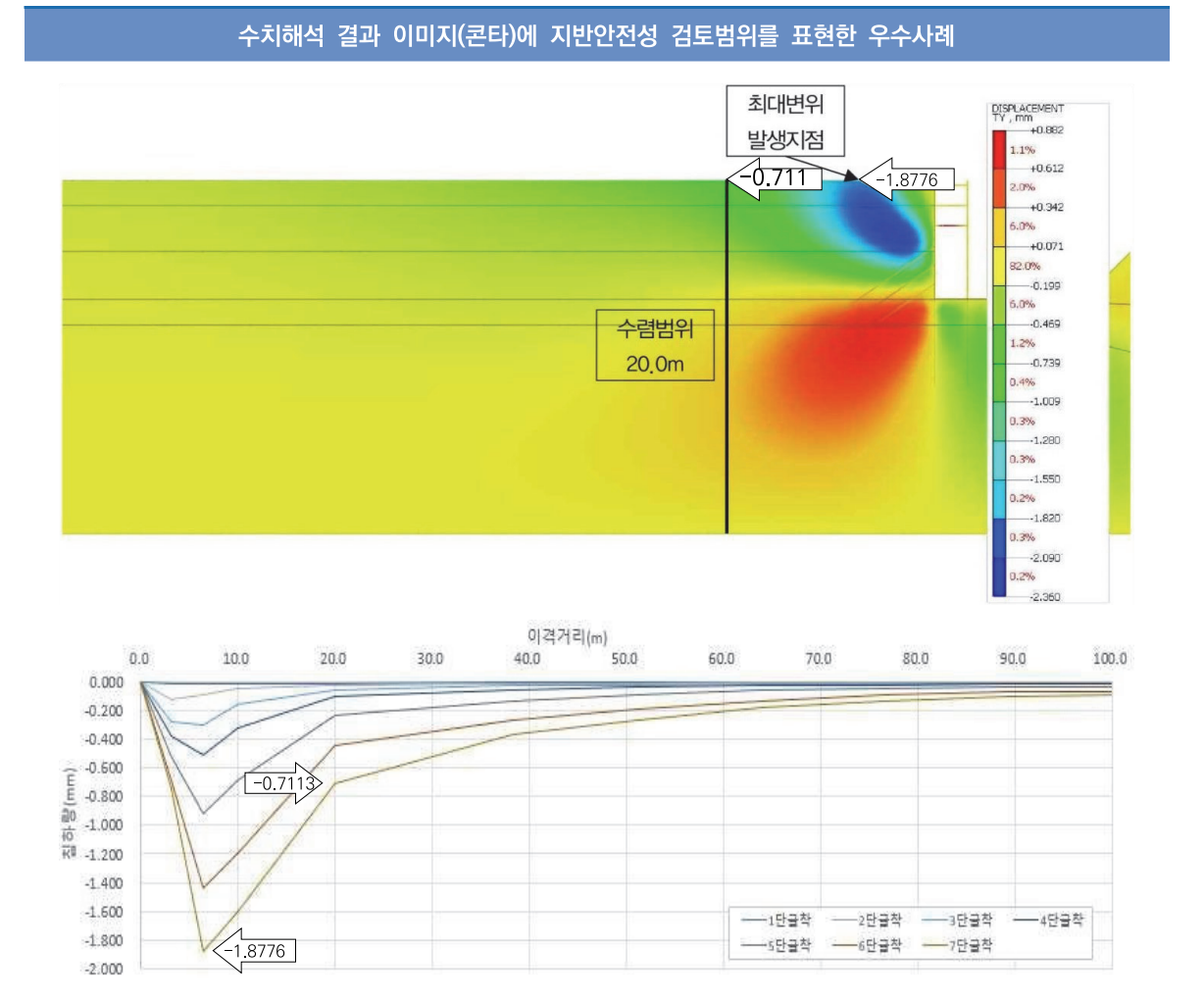
- 표준매뉴얼에 의거, 굴착영향범위 산정 시 ①침하량 그래프의 수렴여부를 확인하고, ② 수렴여부의 판단이 어려울 경우 허용 침하량 기준인 25mm의 10%인 2.5mm 지점까지를 검토 범위로 산정한다.
- 그러나 뒷면침하량이 2.5mm 이하 이거나 그래프(침하곡선)의 경향이 표준매뉴얼에 기재된 것과 상이할 경우, 전문기관의 지반안전성 검토범위 산정 사례는 아래와 같다.



- 또한 아래의 그래프와 같이, 수치해석에 의한 지반안전성 검토범위 산정 시 보는 관점에 따라 침하 그래프의 수렴 판단이 달라질 수가 있다. 즉 같은 결과라도 세로축(침하량) 간격에 따라 객관적 검토가 어려워지며, 해석 결과에 큰 차이가 발생할 수 있음을 시사한다.
- 이는 해석결과의 종합적인 분석은 공학자 의견이 충분히 반영될 수 있지만 위의 사례와 같이 데이터의 경향을 분석하는 경우, 기술자 및 검토자의 역량과 주관적 관점에 따라 검토 결과는 달라질 수 있다는 것이다.

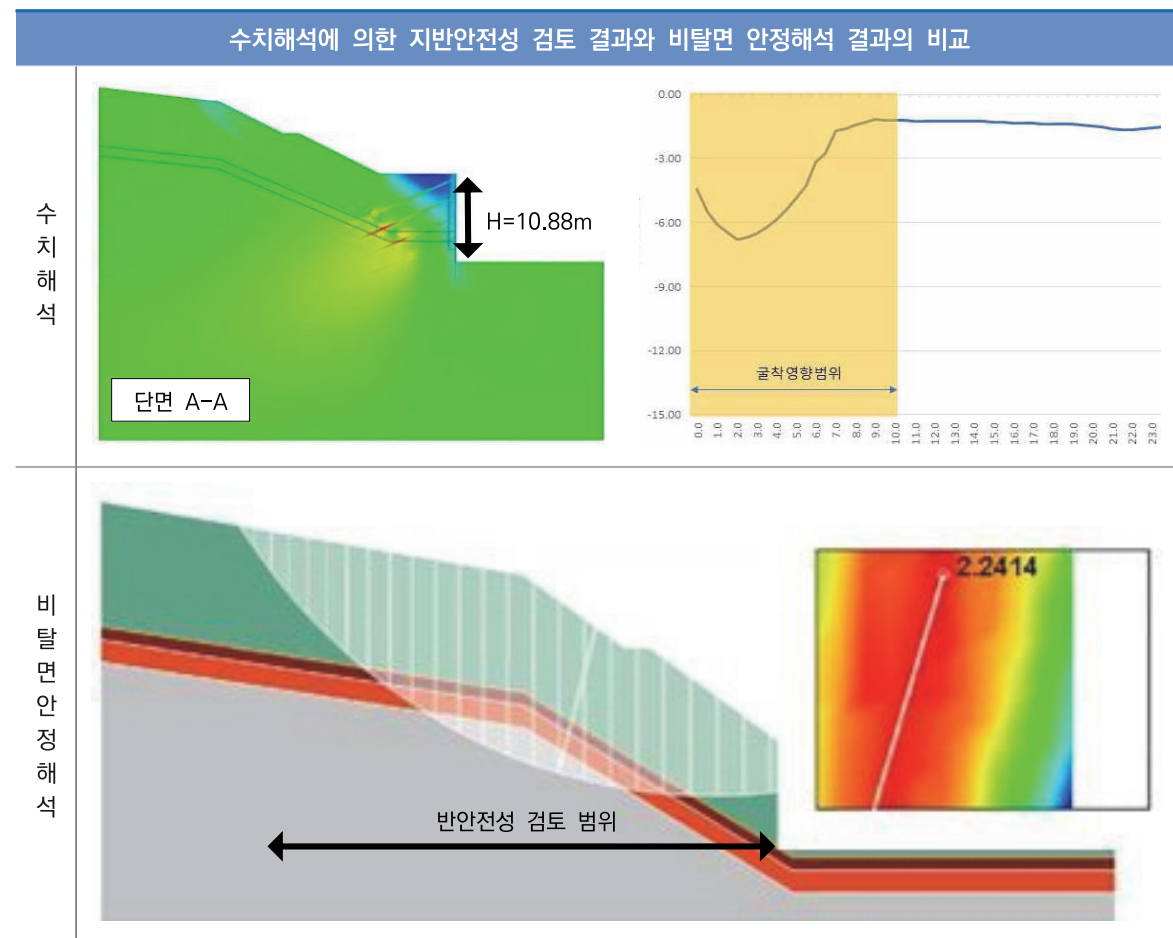


- 따라서 침하량 곡선과 함께 수치해석 결과 이미지(콘타)를 평가서에 수록하여, 검토 결과의 시각적 이해를 돕고 지반침하 수렴 범위에 대한 객관적 판단이 가능토록 하여 검토 결과의 객관성을 높일 수 있는 방법을 제안한다.



2.2.4 OPEN-CUT 구간의 지반안전성 검토범위 산정방법

- 지반안전성 검토범위 산정 시 OPEN-CUT 구간에서는 비탈면의 활동 범위를 확인하여, 지반안전성 검토 범위를 함께 고려하는 것이 필요하다.
- 특히 암반이 일찍 출현한 현장은 지반안전성 검토 범위가 1.0H 이내인 경우도 다수 확인되며, 지반조건이 토사 및 풍화대가 깊어 비탈면 활동영역(SLIDING)이 지반안전성 검토 범위보다 큰 아래의 경우처럼, 지반의 거동을 확인할 수 있는 모든 검토 방법을 바탕으로 종합적인 판단을 통해 가장 안전측으로 지반안전성 검토범위를 결정하는 것이 중요하다.
 - 관리원 검토 의견 : A-A단면의 비탈면 안전성을 검토한 후 SLIDING 영역을 지반안전성 검토 범위로 고려하기 바람(○○지역 공동주택 신축공사).



2.2.5 결론

- 지반안전성 검토범위 산정 방법에 대한 분석 결과, 이론 및 경험식이 보수적으로 검토 되었으나 수치해석을 지반안전성 검토범위로 산정한 현장도 일부 확인됨에 따라, 현장 시공조건 및 지층상태에 따른 적합한 이론식 및 경험식의 적용이 필요할 것으로 판단된다.
- 지반안전성 검토범위 산정 시 허용침하량의 25mm의 10% 이하로 침하량이 발생하거나, 그래프의 수렴여부가 명확치 않을 경우 전산해석 결과 이미지(콘타)를 수록하고 첨부된 이미지(콘타)에 지반안전성 검토범위를 명기하여 분석 결과의 이해를 돕고, 검토 결과의 객관성을 높이는 방법을 제안한다.
- 또한 OPEN-CUT 구간 및 흙막이 뒷면에 비탈면이 위치하는 경우, 지반 거동을 확인할 수 있는 모든 검토 방법을 비교하여 안전측으로 지반안전성 검토 범위를 산정하는 것이 중요하다.
- 단, 중요 구조물이 지반안전성 검토범위 밖이라도 책임기술자의 판단에 따라 조정이 필요함을 명심해야 한다.

2.3 국토안전관리원의 지반조사 검토사례 공유

2.3.1 개요

- 시추조사는 지반상태를 직접 관찰할 수 있을 뿐만 아니라 시료채취 및 시추공을 이용한 다양한 현장시험을 수행할 수 있기 때문에 가장 보편적으로 적용되는 지반조사법이다. 그러나 한 지점의 조사결과가 전체를 대표하므로, 과소 혹은 과대설계가 될 수 있는 한계가 있다.
- 그러므로 지층상태 및 제반 요소들의 정확한 파악이 시공 시 발생 가능한 안전사고를 사전에 대비할 수 있는 최소한의 안전장치이며, 이러한 지반조사의 중요성을 거듭 강조하기 위해 본 절에서는 관리원의 검토 사례 및 사고사례 등을 공유하고자 한다.

2.3.2 시추조사 기준 검토

- KDS 11 10 10 : 2016(실사설계 적용 기준)

구분		시추 간격
건축		구조물 규모에 따라 30 ~ 50m 간격
터널2)	산악 (NATM, TBM)	50~200m 간격(입출구부 포함) 계곡부/저토피 1공 이상 (200m마다 1개소 추가)
	도심지(개착)	100m 간격, 주요 구조물 (수직구, 정거장, 집수정, 환기구 등)은 개소당 1공
깎기비탈면		개소당 1공 이상(연장 200m 이상 시 1공 추가) 깎기높이 20m 이상일 경우 2공 이상(시험굴조사 : 1 ~ 2개소)
쌓기 비탈면	일반	500m 간격(핸드오거 300m 간격)
	연약	50~100m 간격(핸드오거 200m 간격)

주) 위 기준은 최소 권장사항이며, 사업규모 및 특성에 따라 수량 및 심도를 증가하여 정밀조사를 실시한다.

표준 매뉴얼에 의한 굴착 현장의 검토기준 고찰

- 시추조사 간격은 30~50m 이하를 원칙으로 하되 현장여건을 고려하여 가감은 가능 하나 시추 간격이 50m 이상일 경우에는 그에 대한 사유를 평가서에 언급해야 한다.
- 시추조사 수량은 대상사업 당 3공 이상을 원칙으로 하며, 지층변화가 심한 경우 시추조사 간격 감소 및 수량 증가가 필요하다.
- 철거되지 않은 기존 건축물이 존치 시, 계획된 조사 대상 지역과 근접한 위치에서 시추 조사를 수행하고, 시추조사가 제한적일 경우 인접 시추공 자료 등을 통해 지층조건을 파악하여야 한다.

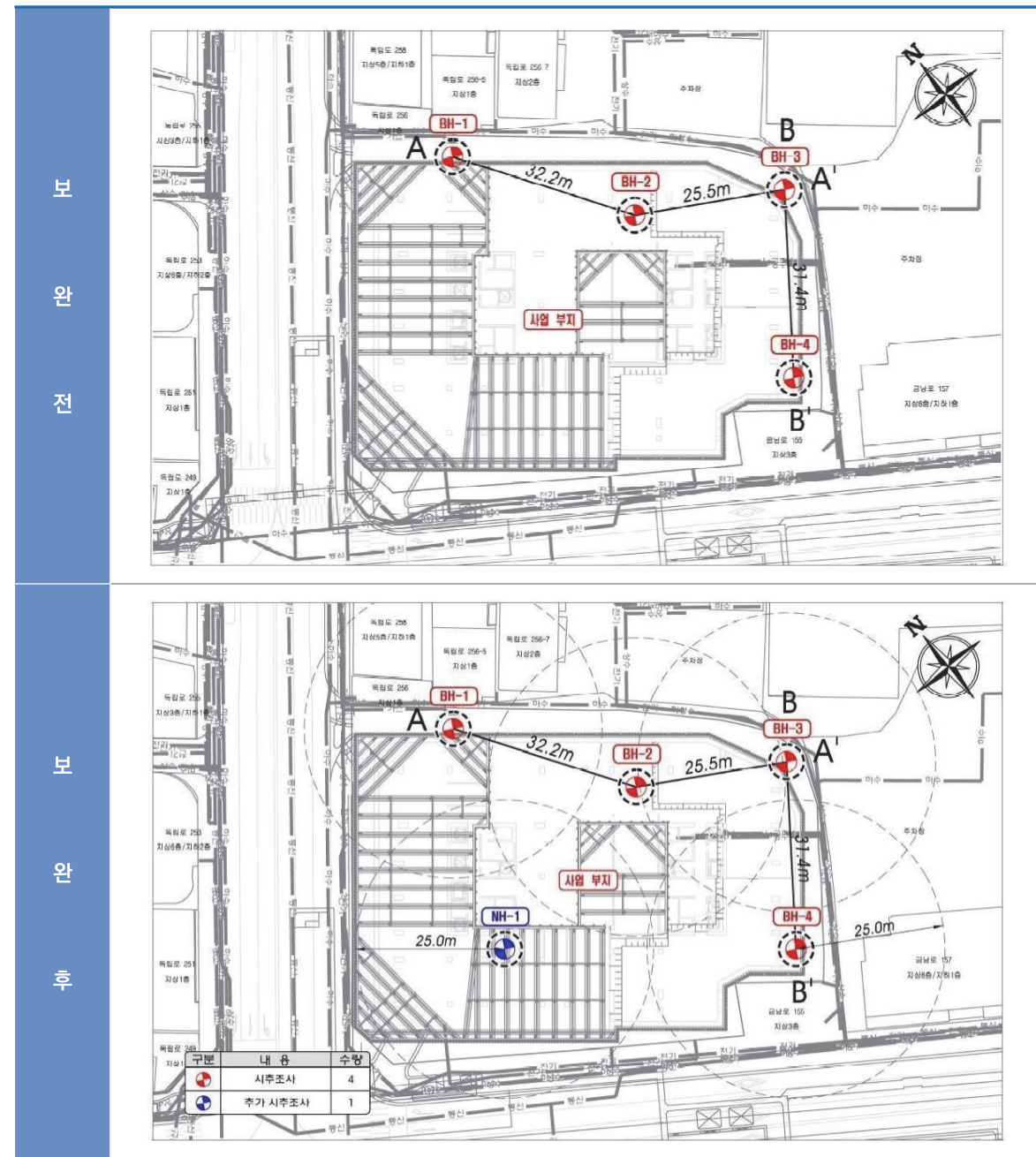
표준 매뉴얼에 의한 터널 현장의 검토기준 고찰

- 시추조사 간격은 일반구간과 위험구간(지반침하 취약구간)을 구분하여 적용하고 특히 주요 구조물(수직구, 정거장, 연락갱, 환기구 등) 구간은 개소당 1개소 이상 수행을 원칙으로 한다.
- 지층변화가 심하거나 기반암의 출현 깊이가 위치별로 현저하게 차이가 나는 경우 시추조사 간격 감소 및 수량 증가가 가능하다(현장여건을 고려하여 시추 간격이 제시하는 간격 이상일 경우 대상사업의 특성 및 지반조건 등을 고려한 당위성을 언급하여야 함).
- 일반구간의 시추조사 간격은 100m 이하, 위험구간(지반침하 취약구간)의 시추조사 간격은 50m 이하를 원칙으로 한다(위험구간의 정의와 대상은 표준 매뉴얼 7.1.1 계측기 설치계획의 내용을 따름).
- 시추심도는 계획고 하 3.0m 이상으로 수행하며 이때, 기반암이 확인 안 된 경우 계획고 하 0.5B(B=굴착계획 폭), 주요구조물에는 기반암 3.0m 이상을 원칙으로 한다.

2.3.3 우수사례를 통한 조사기준 고찰

● CASE-1(영향원 개념)

- 본 현장의 경우 시추조사 간격과 수량은 모두 만족한 것으로 확인되나, 조사 구간이 북·동측에 편중되어 남·서측 지층 구조를 확인을 위해 추가 조사를 실시한 사례임.
- 관리원 검토 의견 : 시추조사를 실시한 곳에 반경 25m의 영향원을 그린 후 영향원의 범위가 미치지 않은 곳은 지반의 불확실성을 감안하여 추가시추조사 계획을 검토할 것(○○광역시 ○구 생활형 숙박시설 신축공사).



● CASE-2(기존 건물로 인한 시추 조사의 제한된 사례)

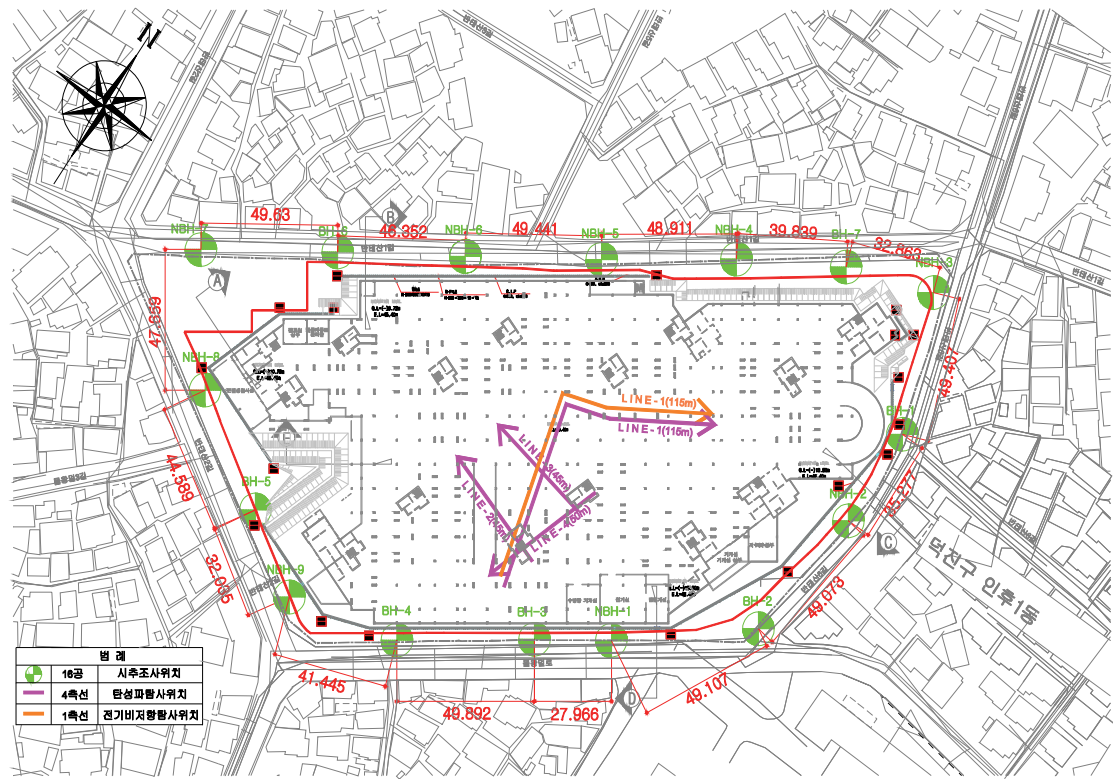
- 기존건물 철거 전, 민원 문제 등으로 인해 시추가 제한될 경우, 과업구간의 장비 진입 여부를 확인하고 접근 가능한 위치에서 시추조사를 실시한 보완 사례임.
- 전문기관 보완 사례 : 시추장비 진입이 어려운 경우 지층조건을 확인할 수 있도록 아래와 같이 조사계획을 수립함(○○시 ○○지역 주택재개발정비사업).

시추장비 진입 가능 여부확인 조사



- 시추조사의 제한
: 당 현장의 경우 사업계획승인 완료 후 관리처분계획에 따라 보상이 진행되므로 현재 사업계획승인 전단계로 건물보상이 이루어진 상태가 아님.
- 장비 진입 여부의 판단
시추장비 규격(B=1.8m, L=5.4m)으로 인해 공사부지 내로 장비 진입 불가.

시추조사 계획



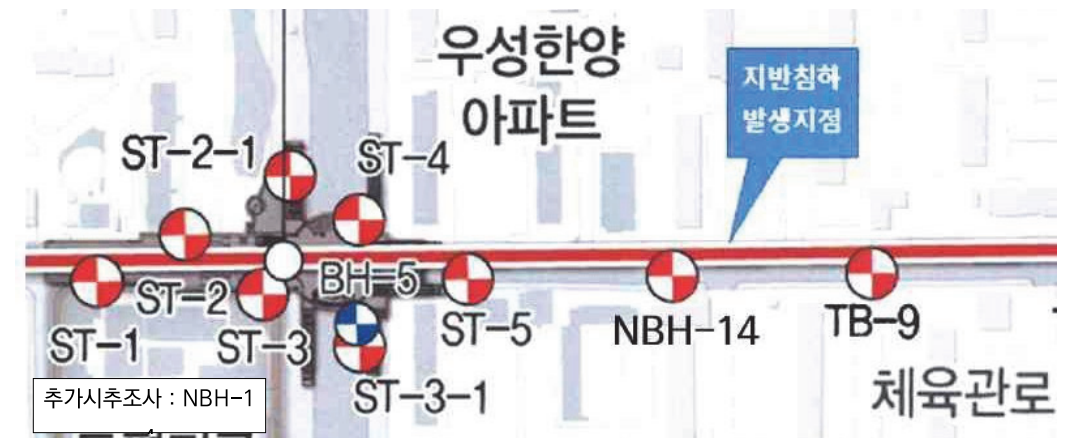
- 시추조사 실시
시추장비 진입이 가능한 도로 등에서 시추조사 실시.
- 시추조사 전 필요한 행정절차
시청에 점용허가 등에 대한 신고를 실시하고, 경찰서 및 지하매설물 관리기관(우수, 오수, 가스관 등)에 통보 후 지반조사를 실시한다.

CASE-3(충분한 시추조사가 이뤄지지 않은 사고 사례)

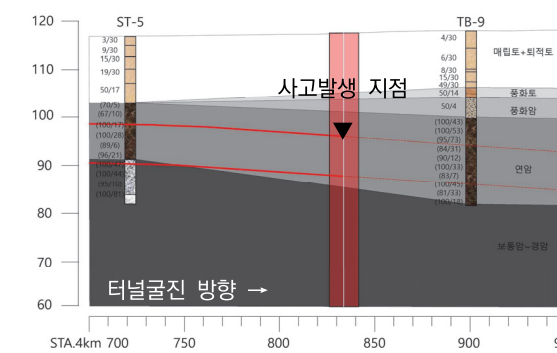
- 설계 단계에서 확인하지 못한 불량지반에 필요한 보강조치 없이 터널을 굴착하여 발생한 막장면 붕괴 및 상부 지반침하 발생한 사고 사례.
- 실시설계 시 사고지역 지반의 취약성을 확인하기 어렵지만 인근 시추자료 및 선진수평보링 등을 통해 사전에 사고발생 지점의 지반침하 취약성을 확인할 수 있었음.
- 재발방지 대책 : 지반조사 강화(현행 100~200m 간격 → 취약구간 50m 간격).
취득 가능한 모든 정보 활용(경쟁사 자료 등).

※ 취약구간 : 터널 굴착 시 파쇄대, 습곡, 단층, 탄층, 공동 등이 위치한 구간 및 지역 등.
경쟁사 : 입찰 경쟁사.

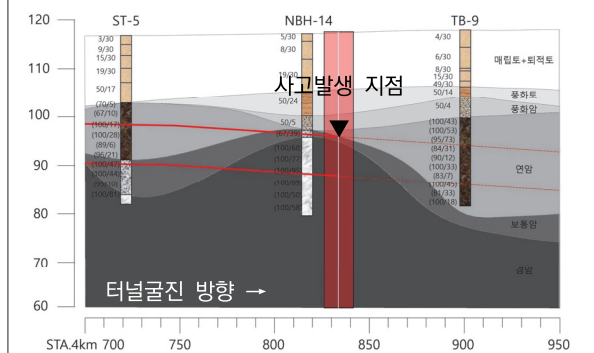
시추조사 위치도



추가 시추 전



추가 시추 후



2.3.4 결론

- 표준매뉴얼에 제시된 지반조사 기준은 모든 현장에 일률적으로 적용하는 것은 무리가 있다. 그러므로, 현장시험 및 지반조사 물량이 표준매뉴얼에 제시된 기준에 못 미칠 경우는 이에 대한 합리적인 사유를 상세히 기술하려는 전문기관의 적극적인 자세가 필요하다. 그리고 전문기관은 이러한 사례와 자료 축적이 합리적인 현장조사 기준을 정립하는데 필요한 기초 자료로 활용됨을 인지하고 있어야 한다.
- 구조물 철거 전이나 민원 문제로 인해 시추 조사가 어려운 경우 CASE-2의 보완 사례를 참고하여 현장에 맞게 적용하는 것이 중요하며, 지하개발사업자는 부적절한 판단과 불충분한 조사로 발생한 사고의 피해 복구비용은 돈으로 환산할 수 없는 대가와 책임이 따름을 명심해야 한다.
- 마지막으로 보안상의 이유로 인접 현장의 자료 취득은 현실적으로 어려우므로, 승인기관 및 지하개발사업자는 전문기관에게 안전과 관련된 모든 자료가 공유될 수 있도록 적극적인 관심과 협조가 필요하다.

2.4 정밀한 지층분석을 통한 굴착공사 시 지하안전 확보방안

2.4.1 개요

- 본 절에서는 지층분석의 중요성을 확인하고, 관리원 검토 사례를 통해 지하안전 확보 방안을 제안하고자 한다.

2.4.2 지하안전영향평가서 표준매뉴얼의 고찰

- 표준매뉴얼에는 지층단면도와 함께 지층별 분포 특성 및 분석 결과를 수록한다.
- 여기서 문제는 전문기관은 표준매뉴얼에 수록된 예시를 바탕으로 평가서를 작성하므로, 모든 현장에 이를 대입하는 과정에서 수많은 오류를 범하고 있다는 것이다.
- 특히 4장의 시추조사 결과는 전산해석(침투해석, 수치해석 및 탄·소성보 해석 등)을 위한 기초자료를 제공하고 시공관리계획 수립을 위한 초석이므로, 지층분석에 관한 중요성은 몇 번을 강조해도 지나치지 않을 것이라 생각한다.
- 아래는 지층특성 분석 시 암반에 대한 일반적인 상태만 언급한 A현장과 지층 조건이 불리함을 명기하고, 시공 시 유출수 관리계획 수립의 필요성을 제시하여 안전한 현장관리가 이뤄지고 있는 B현장의 비교 자료이다.

A현장(유출수 다량 발생한 현장)	B현장(정밀한 시공관리계획을 수립한 현장)
	
<p>암반상태(풍화, 신선정도)만 언급하고 공학적 분석(TCR, RQD 및 단층 파쇄대 존재 여부 등) 및 시공 유의사항에 대한 내용은 누락됨.</p>	<p>기반암인 편마암의 균열 및 층리 발달로 TCR 및 RQD가 불량함을 언급하고, 시공 시 이를 고려할 것을 평가서에 명기한 현장임.</p>

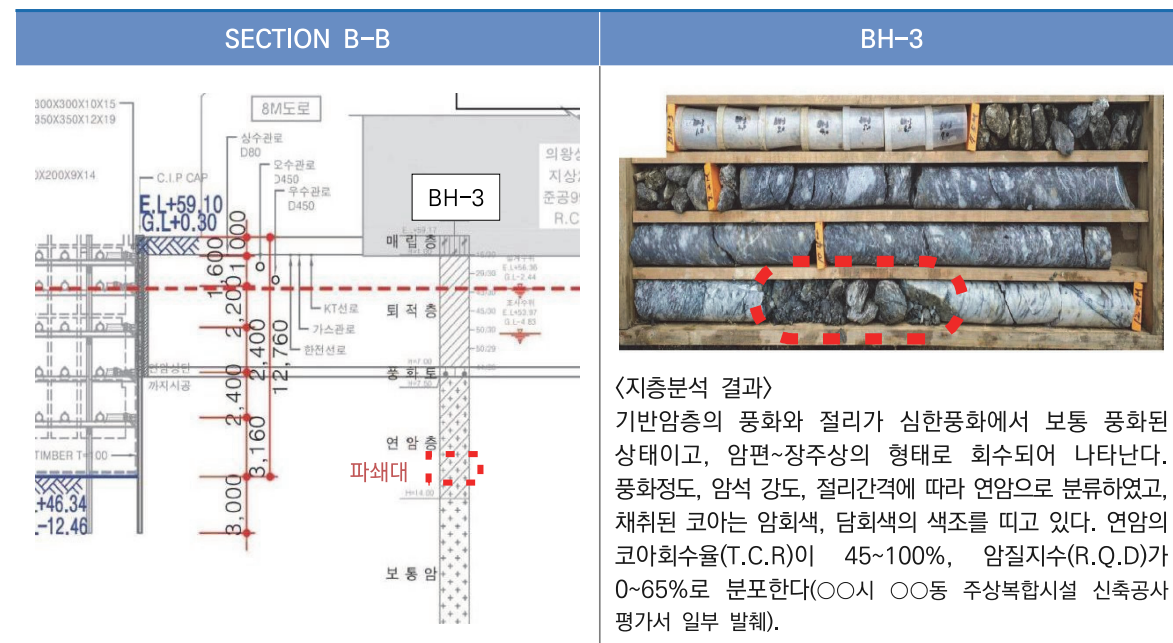
2.4.3 관리원 검토사례

● CASE-1

- 시료상자를 통해 암반 파쇄대 유무를 확인하고, 추가보강 계획 수립의 필요성을 제시한 사례.
- 관리원 검토 의견 : 암반층의 파쇄 정도를 직접 확인하고 지층 분포 분석 결과와 비교하기 위해, 지반조사 보고서의 시료BOX 이미지를 평가서 본문에 수록하고, 이를 바탕으로 유출수 관리계획 수립을 위한 추가보강 및 계측계획을 제시하기 바람(00지하철 00호선).

● CASE-2

- 암반 파쇄대 구간을 직접 확인하여, 유출수 관리계획 수립을 언급한 검토사례.
- 관리원 검토 의견 : B-B단면 우측의 차수공법은 연암 상부 1.0m까지 적용된 것으로 확인되나, 수록된 시료 상자(BH-3)의 시추심도 11.0~12.0m(연암층)에서 암파쇄가 매우 심한 것으로 확인됨. 따라서 파쇄대를 통한 다량의 지하수 유출 발생이 우려 되므로, 지하수 저하 및 유출수 관리에 관한 구체적인 방안을 수립하기 바람(00시 00동 주상복합시설 신축공사).



● CASE-3

- 지층분석 결과, 실트 성분이 굴착대상 지반의 전반에 걸쳐 분포한 경우 유출수의 탁도 관리의 필요성을 제시하고, 시공 중 인접 지반의 침하관리를 언급한 사후지하안전영향 조사서의 검토 사례.
- 관리원 검토 의견 : 흙막이 굴착 공사 중 발생한 붕괴사고의 경우 계측 DATA로 확인이 불가능한 전조현상 등이 다양한 사고조사 보고서를 통해 확인되고 있다. 따라서 사고 전 다양한 전조현상(유출수 탁도 증가, 이상공음 발생 등)을 관찰하고, 인접한 굴착공사 현장에 이와 같은 전조현상이 확인될 경우 즉시 공사를 중지한 후 원인 파악 및 보강 대책을 수립하여 굴착 공사 진행 여부를 판단하기 바람(00시 00테크노밸리 00위락상업용지 복합시설).

2.4.4 결론

- 본 절에서는 현장 시공사례의 비교를 통해 지층분석 결과의 중요성을 확인하였다.
- 전문기관은 향후 지하안전영향평가서 작성 시 시료박스를 통한 암반층의 파쇄대 여부를 반드시 확인하고, 경우에 따라 착공 전 추가적인 시추조사를 실시하여 파쇄대 규모를 정량적으로 검토한 후 지반보강 범위 및 유출수 관리계획을 수립하기 바란다.
- 또한 암반층의 불투수성으로 인한 주입재의 충분한 주입이 불가하거나 주입압의 관리 소홀로 단층·파쇄대의 영역이 확장될 수도 있으므로, 유도공을 통한 자연스러운 배수 시스템을 구축하고, 파쇄대가 위치한 굴착 심도에서는 시공 전 유량관리, 탁도관리, 일별 지하수위 저하량관리 및 인접지반 침하관리에 관한 계획을 수립하여 시공시 안전성을 확보해야 한다.



3. 지반침하 사고원인 분석을 통한 재발방지대책 제안

3.1 개요

3.2 사고사례 1(안산시 사동 ○○센터 공사 흠막이 붕괴사고)

3.3 사고사례 2(구리시 교문동 □□지하철 공사 땅꺼짐 사고)

3.4 사고원인 분석을 통한 재발방지 대책



3.1 개요

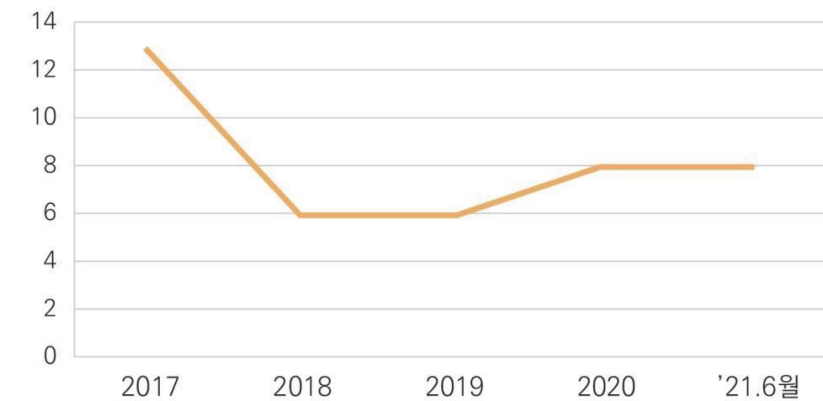
- 지하를 안전하게 개발하고 이용하기 위한 안전관리 체계를 확립함으로써, 지반침하로 인한 위해(危害)를 방지하고 공공의 안전을 확보할 목적으로 2016년 지하안전에 관한 특별법이 제정되었다. 이후 2021년 7월 지하안전영향평가 표준매뉴얼 및 사후지하안전영향조사서 표준매뉴얼(이하 표준매뉴얼) 개정(제 1판) 까지, 지하안전영향평가의 규모는 양적 질적 모두 성장하였다.
- 그러나 표준매뉴얼 개정과 지하안전영향평가서 검토 사례집 및 지하안전영향평가서 반복질의 Q/A집 등과 같은 전문기관과 검토기관의 노력에도 불구하고 크고 작은 지반 침하 사고는 꾸준히 발생하고 있다.
- 특히 공사 규모가 대규모·대심도화에 따라 굴착 현장에서 발생한 경미한 사고와 현장 관리의 안일한 대처는 결국 큰 사고로 귀결되었으며, 이를 통해 발생된 피해 규모는 현장의 무관심과 공사 규모에 따라 증대될 것으로 예상된다.
- 따라서 '21년도 사례집에서는 안산 사동 ○○센터 공사 흠막이 붕괴사고와 구리시 교문동 □□지하철 공사 땅꺼짐 사고를 중심으로 사고 원인을 파악하고 재발방지 대책을 제시하여 굴착 공사 시 지하안전확보방안 수립에 참고가 되고자 한다.

지반침하 발생 현황('17년 ~ '21년 6월)

구분	'17	'18	'19	'20	'21. 6월	계
지하시설물 손상	189 (7.7%)	190 (56.2%)	110 (57.3%)	159 (56.0%)	38 (45.8%)	686 (58.3%)
지하매설공사 부실	44 (5.8%)	87 (25.7%)	31 (16.1%)	61 (21.5%)	26 (31.3%)	249 (21.2%)
굴착공사 부실	13 (4.7%)	6 (1.8%)	6 (3.1%)	8 (2.8%)	8 (9.6%)	41 (3.5%)
기타	33 (11.8%)	55 (16.3%)	45 (23.4%)	56 (19.7%)	11 (13.3%)	200 (17.0%)
계	279 (100%)	338 (100%)	192 (100%)	284 (100%)	83 (100%)	1176 (100%)

※ 자료출처 : 국토교통부

굴착공사 부실로 인한 지반침하 발생 현황

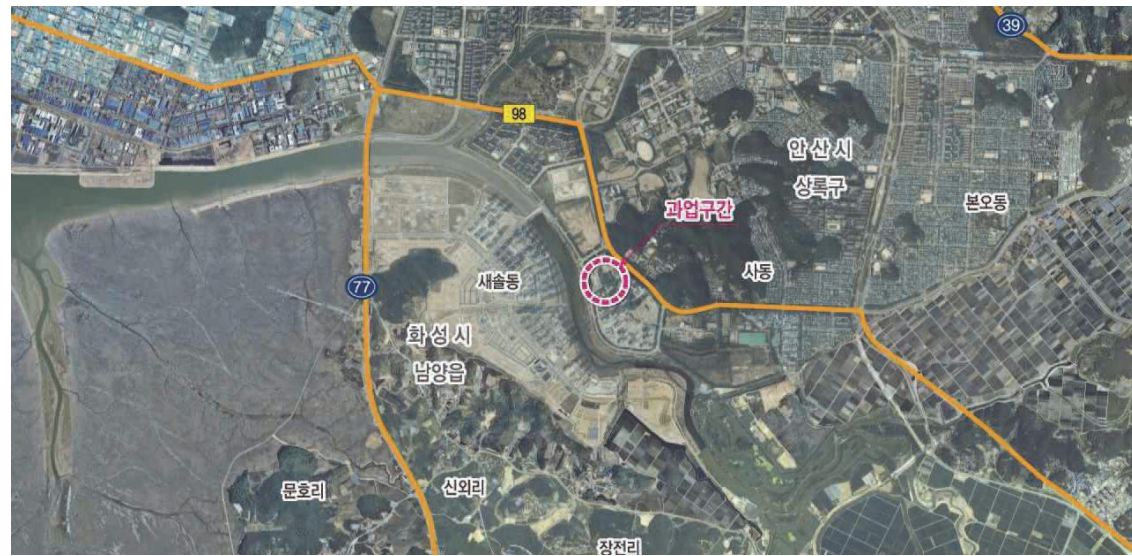


3.2 사고사례 1(안산시 사동 ○○센터 공사 흙막이 붕괴사고)

3.2.1 사고 개요

- 위치
 - 경기도 안산시 상록구 사동 1639-24번지.
- 사고유형 : 흙막이 가시설 붕괴.
- 사고전개
 - 발생 일시 : '21.01.13. 12시 15분경.
 - 사고 규모 : 흙막이벽체 및 버팀대(북좌측 코너부) 붕괴.
 - 피해 현황 : 인적피해 없음, 물적피해(굴착딛면토사 일부 붕괴, 인접도로 일부 균열).

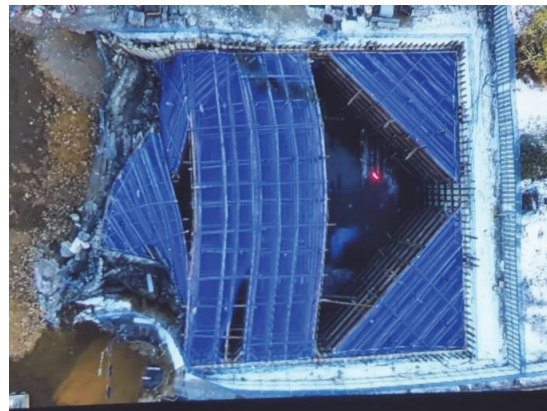
사고발생 위치



붕괴현황-1



붕괴현황-2



3.2.2 피해 상황

- 구조물 손실 : 굴착딛면토사 일부 붕괴, 인접도로 일부 균열.
- 인명피해 : 없음.
- 주변환경영향 : 남측 도로부 균열 및 지하 매설물 파괴 등.
- 긴급복구현황
 - 남측 도로부 되메우기(300㎡) 실시 및 노상에 크랙 게이지 설치.
 - 장비 진입로 확보 후 터파기 내부 전체를 되메우기 실시.



〈사고 진행 경과〉

순서	일시	내용
1	21.01.13	11:30 띠장 흙 메우기 부분에서 소리 발생, 작업자 대피
2	12:15	1차 붕괴(북서측 흙막이 벽체)
3	16:00	지하시설물관리자 현장 확인 및 도로 통제(안산 상록 경찰서 협조요청)
4	17:00	서울지방국토관리청 현장조사
5	19:10	2차 붕괴(남서측 흙막이 벽체), 1차붕괴에 따른 구조적 불균형이 원인
6	19:30	인근 아파트 정전
7	22:00	국토교통부, 경기도에 지반침하 사고보고
8	21.01.14	12:00 응급복구(되메우기) 중 도로부 균열 증가 및 가시설 구조체 불안으로 작업 중단
9	20:30	추가적인 조치 없음.
10	21.01.15	08:00 1차 붕괴 지점에 장비 진입로 확보하여 복구작업 실시 09:00 1, 2차 붕괴 지점에 토사의 지속적인 유입으로 작업 중지 12:00 동측 작비 진입로 확보 후 토사 되메우기 작업 실시
11	21.01.21	24:00 흙막이 내부 토사 되메움 완료

3.2.3 사고원인 분석

● 설계변경

- 설계변경 시, 기존 설계조건과 상이하게 적용하여 구조적인 불안전을 초래함.
- 설계지반정수 및 시공계획의 변경
 - 설계 변경 시 원설계의 강도 정수를 가져가거나 보수적으로 설계지반정수를 적용하는 것이 일반적이지만 본 현장의 경우 원설계 보다 큰 값의 설계지반정수 적용.

구 분	점착력(kPa)	내부마찰각(deg)	비 고
당초 설계 시 (지반조사 결과)	15 (시험값 없음)	10 (시험 값 없음)	경험식에 의한 산정
설계 변경 시 (지반조사 결과)	30 (30.43~31.16)	15 (15.3~16.5)	직접전단시험* 결과 적용

* 실트질 점토에 대한 직접전단시험은 교란 효과로 인해 현장조건을 반영한 대표성을 갖기 어려움.

- 구조적으로 안전성이 낮은 공법(D. WALL → S.C.W공법)으로 변경 되었음에도 전문가 검토가 누락되었으며, 변경 설계자는 흙막이 공법 비교 시 원설계와 관련 없는 CIP 공법과 비교함.

- 지하수위
 - 신뢰도가 낮은 현장 AUGER시험을 통해 지하수를 확인하였고, 그 결과 원설계 보다 지하수위가 5.0m 낮은 값을 적용.

〈적용 지하수위〉

구 분	지하수위	비 고
당초 설계 시	GL(-) 7.0m	지반조사 결과
설계 변경 시	GL(-) 12.0m	오거천공 결과

● 시공부실

- 도면 및 평가서에 명기된 사항들이 공사 시 제대로 반영되지 않았으며, 설계 당시 미고려한 조건 등이 원인으로 작용하여 흙막이 벽체의 붕괴가 발생한 것으로 파악됨.
- 장비 하중
 - 크레인 등의 중장비가 구조적 취약부(1차 붕괴구간, 벽체에서 5m 이격)에서 장기간 작업함에 따라 설계시 미고려한 추가 상재하중이 발생.
- 과굴착
 - 7단 지보재만 설치한 상태에서 최하단의 장비를 운영하기 위해 8단 지보재 없이 과굴착을 실시한 것으로 조사됨.
 - 또한 구조해석 시 스트럿 8단 미설치 후 진행한 비지지장 길이(4.81m)를 적용한 결과 사보강 스트럿 6~7단 부위의 볼트 수량 부족 및 벽체변위가 1.6배 이상 증가하는 등의 구조적 불안 요소가 확인 됨.

굴착 단면도(7단 하부 과굴착 사진)



〈흙막이 벽체 수평변위〉

구분	시공단계	최대수평변위(mm)	비고
당초 설계	CS21 : 7단 해체 및 벽체	39.568	설계 변경 시 산정한 지반정수 적용
과굴착 적용		64.954	

- 엄지말뚝의 시공오차
 - 현장에서는 SCW 벽체 내부의 엄지말뚝 근입을 설계와 다르게 시공.
 - 그 결과 최종굴착 단계에서 근입장의 안전율은 0.818로써 기준에 미달.

〈근입장 검토〉

시공 단계	주동토압(kN·m)	수동토압(kN·m)	안전율		판정
			근입부	적용	
최종굴착 단계	1070.140	875.840	0.818	1.2	N.G
최종굴착 전단계	1712.316	3306.534	1.931	1.2	O.K

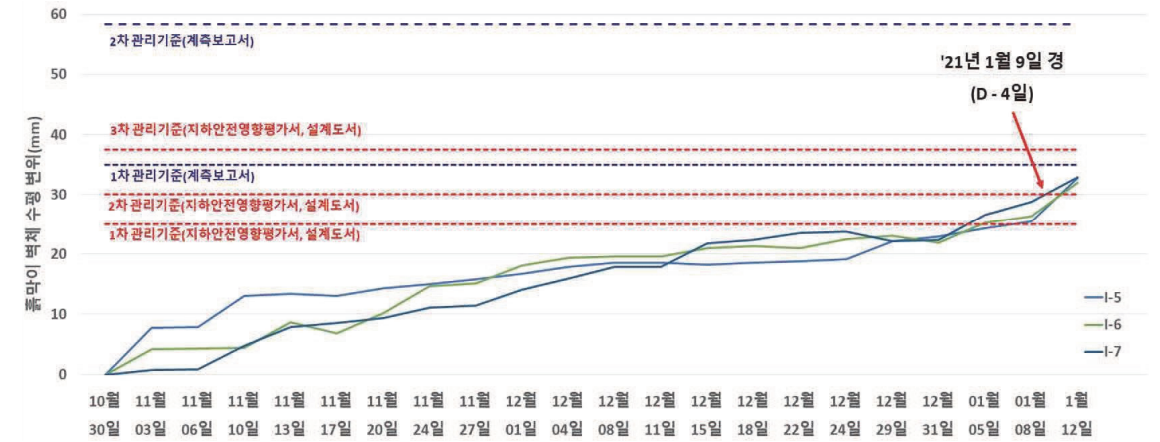
- 그 외에 자재 납품리스트, 송장 등의 미확인과 시공오차에 대한 굴토 감리자 미확인 등이 조사됨.

- 계측관리
 - 지하안전영향평가서의 기준이 아닌 변경 전 서울지하철 9호선 계측관리 기준(1/200, 1/300, 1/500)을 적용하였으며, 이마저도 최신기준이 아닌 변경 전 기준을 따름 [2015년 서울지하철 계측관리 요령 개선안에 의해 기준이 변경됨(1/300, 1/500, 1/700)].
 - 시공 시 2차 계측관리기준을 초과하였으나, 지하안전영향평가서에 명기된 주체별* 관리기준 초과 시 조치요령을 준수하지 않음.

* (계측사) 측정빈도 증가, (시공사, 감리) 현장조사 및 공사중단 여부 검토, (발주처) 현장확인.

구 분	계측치 관리기준			비 고
	1차 관리기준(안전)	2차 관리기준(주의)	3차 관리기준(위험)	
설계도서 (지안평)	24.97mm (설계값의 80%)	29.97mm (설계값의 100%)	37.46mm (설계값의 120%)	
계측 보고서	35.00mm (H × 0.2%)	58.33mm (H × 0.3%)		H=17.50m (굴착심도)

1차 붕괴구간의 지중 수평변위계 계측결과



- 평가서에서 제시하고 있는 계측관리기준을 임의로 변경하여 구조물의 이상 거동에 대한 현장의 선제적인 대응이 이루어지지 않음.

구분	지하안전영향평가 협의 시	설계 변경 시
지중경사계	8개소	7개소(-1)
지하수위계	8개소	7개소(-1)
변형률계	91개소	40개소(-5)
지표침하계	8개소	7개소(-1)

● 기타

- 상주감리
 - 감리자는 건축법 시행령 제19조 제7항에 따라 감리업무를 철저히 수행하고 안전사고를 미연에 방지하여야 하나 업무 소홀 및 전문 기술자와의 협력이 원활하지 못하였음.
- 비상주감리
 - 제출된 감리보고서에 감리자 서명이 누락됨.
- 지하안전영향평가 협의 위반
 - 지하안전법 제18조에 의거 설계변경 시 지하개발사업자는 지하안전확보방안을 승인 기관에 보고하여야 하나, 이를 보고하지 않은 것으로 확인됨.

3.2.4 사고사례를 통한 재발방지 대책

● 기술적 대책

- 설계 변경 시 기술적 검토 의무화¹⁾ 및 시공 중 지하안전확보를 위한 추가 검토 사항을 구체화²⁾(지하안전영향평가서 표준매뉴얼 개정³⁾).

- 1) 협의 완료 후 사업계획의 변경(흙막이 공법 등) 시 반드시 토질 전문가의 검토를 받도록 검토의견 제시.
- 2) 설계 시 고려하지 못한 작업차량 등의 추가 상재하중은 건설사업자 선정 후 추가 안전성 검토를 수행하고 그 결과를 안전관리계획서에 반영하도록 제시.
- 3) 설계지반정수 산정을 위한 지층 종류에 따른 토질시험 방법을 제안.

● 제도적 대책

- 사후지하안전영향조사⁴⁾의 대상을 소규모 지하안전영향평가 사업까지 확대하여 협의 내용의 현장 이행력 강화 추진(지하법 시행령 개정 중).
- 4) 지하안전영향평가에서 협의 완료된 계속수량 및 관리기준, 지하안전확보방안 등의 현장 이행 여부를 확인·조사.

● 기타사항

- 인·허가기관 및 지하개발사업자 등을 대상으로 지하안전제도의 이행력 제고를 위한 지속적인 교육 및 홍보(유튜브, 카드뉴스 등) 중.

3.3 사고사례 2(구리시 교문동 □□지하철 공사 땅꺼짐 사고)

3.3.1 사고 개요

- 위치
 - 경기도 구리시 교문동 장자2사거리 ○○아파트 103동 앞.
 - 본선 터널 2구간 STA 4km + 832.35.
- 사고유형 : 땅꺼짐.
- 사고전개
 - 발생 일시 : '20.08.26. 15시 30분경.
 - 사고 규모 : 시공 중인 터널 막장으로 다량의 용수 및 토사가 유입.
 - 피해 현황 : 터널 직상부 도로에 지표 함몰(땅꺼짐) 발생(15m×10m×21m 규모).



3.3.2 피해 상황

- 구조물 손실 : 도로 및 지중매설관에 대해 긴급조치 시행.
- 인명피해 : 없음.
- 주변환경영향 : 인근 아파트에 추가 피해 우려로 계측관리 실시.
- 긴급복구현황
 - 상하수도 등 파이프라인을 긴급복구.
 - 토사 되메우기를 실시하여 도로 주변의 추가침하 억제.
 - 터널내부 현장을 보존하고 차수 및 그라우팅 등을 일부 실시.



〈사고 진행 경과〉

순서	일시	내용	비고	
1	2020.08.26	15:10	터널 막장 작업자 철수	
2		15:30	지상부 안전요원 배치	
3		15:34	땅꺼짐 시작	CCTV
4		15:41 경	상수도 파열 추정	백교저수지 유량변화를 토대로 한 관망해석 결과
5		17:40	되메우기 및 복구작업 착수	
6	2020.08.27	06:30	복구작업 및 1차로 통행	
7		15:30	복구완료 및 2차로 통행	

3.3.3 사고원인 분석

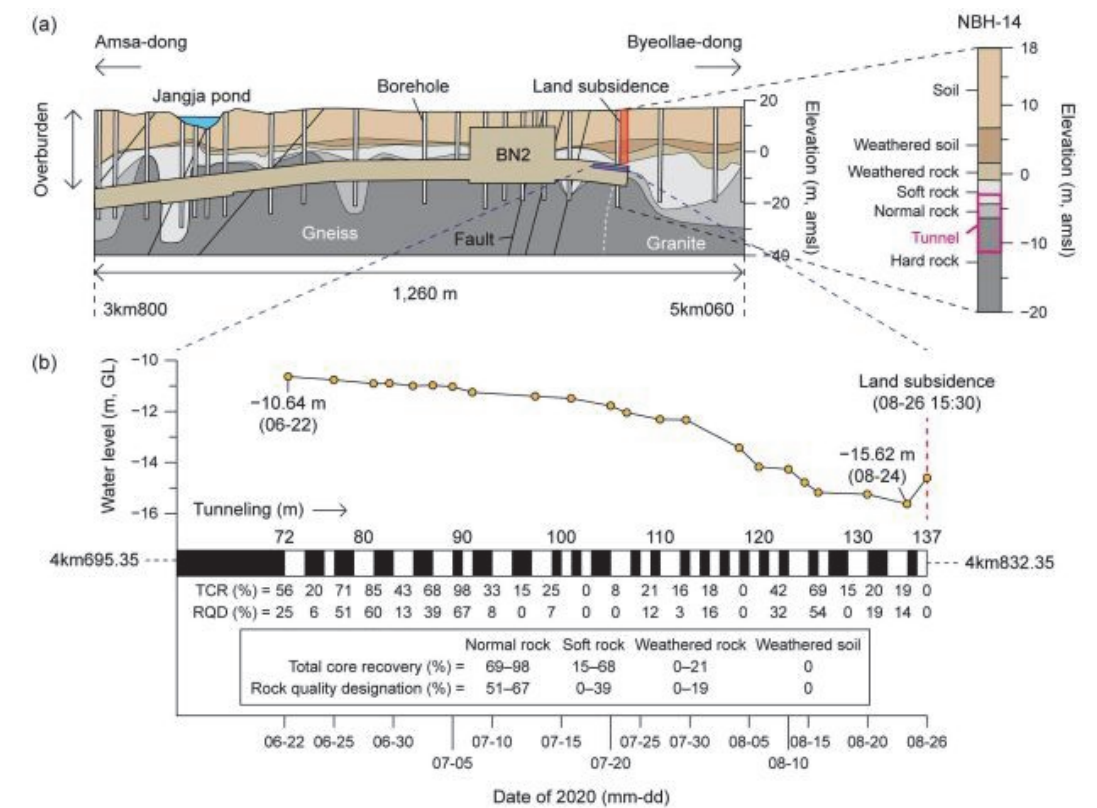
지질학적 특성 및 지하수위 변동 특성

- 지질학적 특성
 - 대상지역은 기반암인 편마암에 화강암이 관입한 형상으로 수평적 변동성이 크고 관입으로 인한 단층 및 절리 등이 발달한 복잡한 구조.
 - 특이사항으로 해당지역의 화강암 구성 광물들 중 사장석* 비율 높다.
 - 지표지질은 제4기 플라이토세(홍적세) 때 퇴적된 홍적층**으로 구성.
 - 땅꺼짐이 발생한 지점의 상부 토층은 풍화암 및 풍화토가 약 20m 두께로 분포하며 이들의 두께 및 수평적 연장성은 매우 불규칙함.

* 사장석과 같은 장석류의 광물은 풍화에 취약함.

** 홍적층은 과거 홍수 시 하천 범람으로 쌓인 미고결 퇴적층으로 투수성 크다.

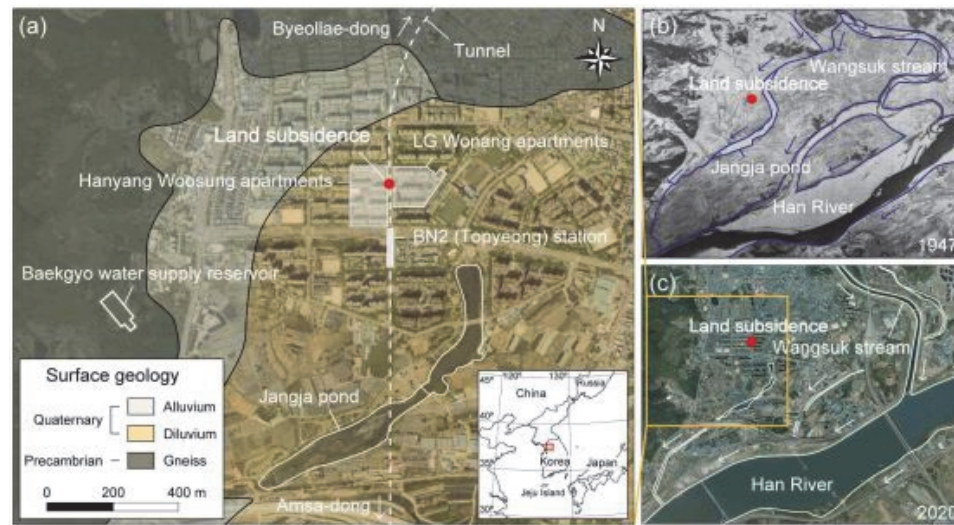
지하지질 및 터널굴착과 지하수위 변동(2020.06.22. ~ 2020.08.26.)



● 고지형도 및 고하도 특성 분석

- 고지형도 확인결과 사고지점 인근에 위치한 장자뫸은 과거 한강과 왕숙천을 잇는 지류의 일부로 확인되었으며, 이렇게 발달된 고하도를 통해 지하수 유동이 상대적으로 활발할 것으로 추측함.
- 실제 터널 굴착 중(20.08.13, STA 4km 821.35)과 현장조사(20.09.17) 시 다량의 지하수가 유출되었음.

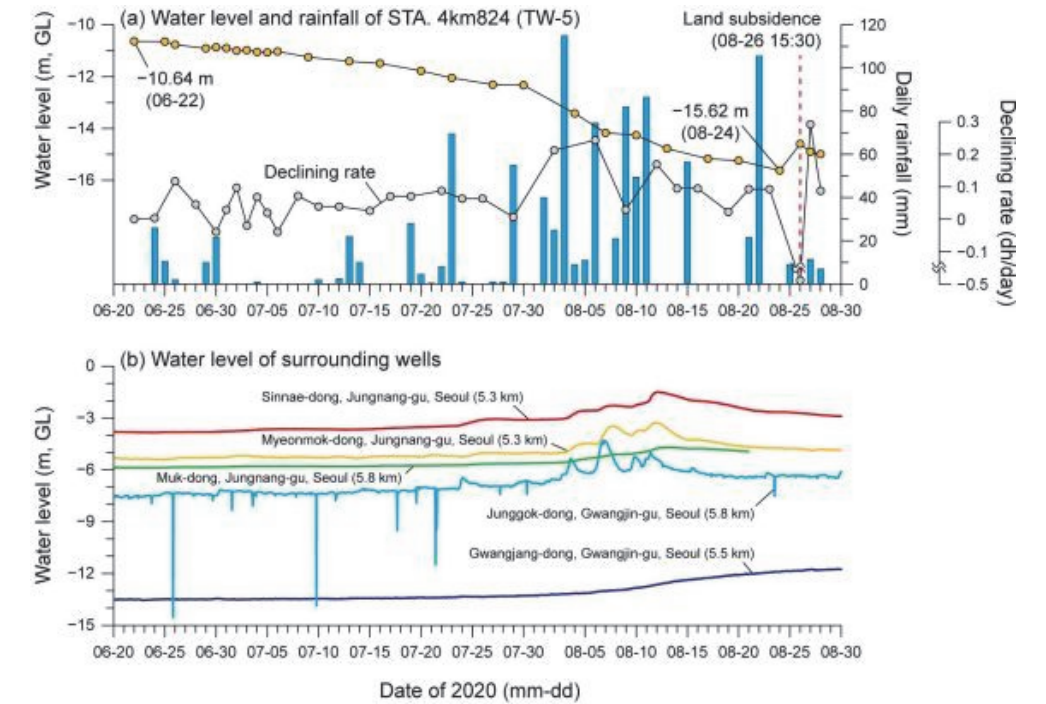
땅꺼짐 발생 지점 주변의 지표지질 및 과거하도



● 지하수위 변동 특성

- 땅꺼짐 발생한 곳(STA 4km 821.35)으로 부터 남쪽으로 8m 떨어진 TW-5 지하수위 측정결과 20년 6월 22일부터 8월 24일까지 4.98m 감소한 후 땅꺼짐이 발생한 시점인 8월 26일 1.02m 증가함.
- 이는 꾸준히 하강하던 지하수위가 땅꺼짐이 발생한 순간 상수관의 파열로 인해 지하수위가 상승한 것으로 분석됨.

구리시 수택동의 강우량과 땅꺼짐 지역 및 인근의 지하수위

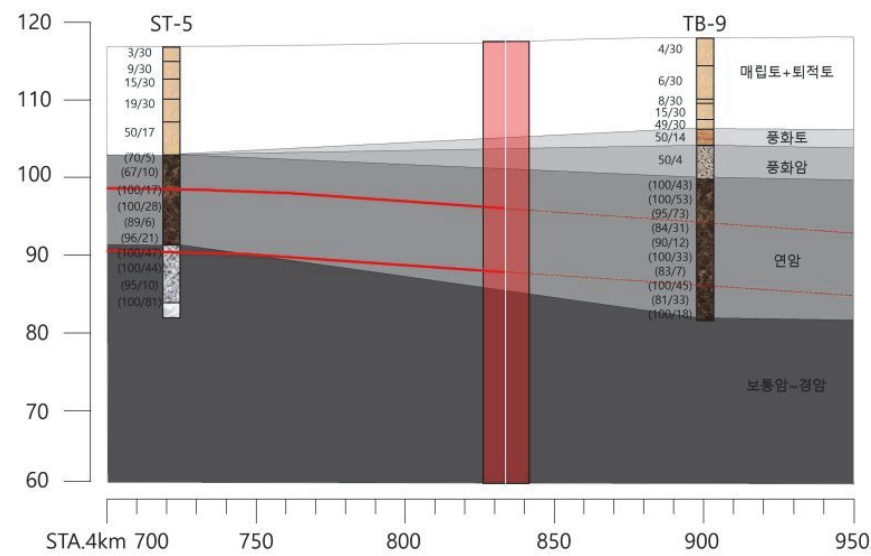


● 사고발생 지역의 지반특성

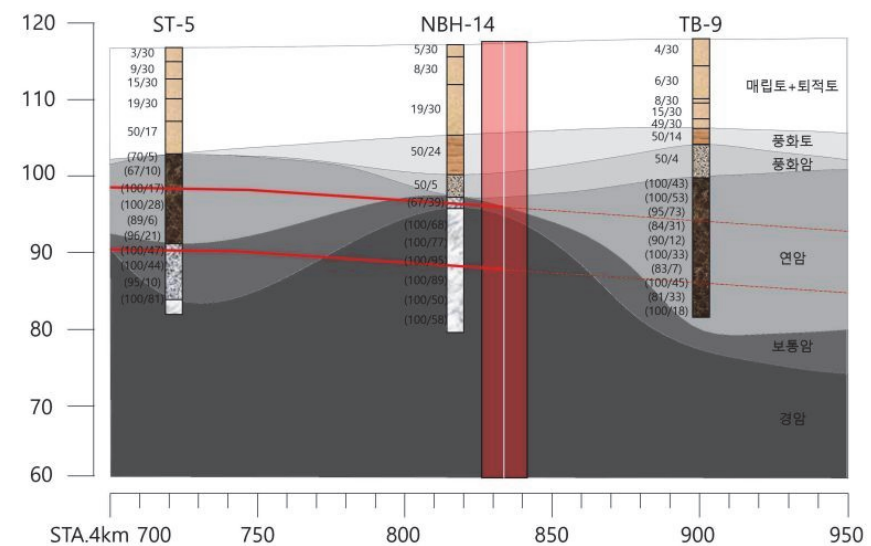
● 지반조사 현황

- 사고지역은 매립을 통해 조성한 지역으로 매립층과 퇴적층이 10m이상 두껍게 분포하고 하천에 인접한 위치적 특성으로 인해 하천과 지하수 흐름의 영향을 받아 위치에 따른 지층두께 변동성이 Dynamic하게 나타남.
- NBH-14의 시추결과 터널상부 연암과 보통암층이 주변에 비하여 매우 얇게 분포하는 것을 확인할 수 있었음.

설계 시 예측한 지질 구조도



사고 후 추가 시추를 반영한 지질 구조도



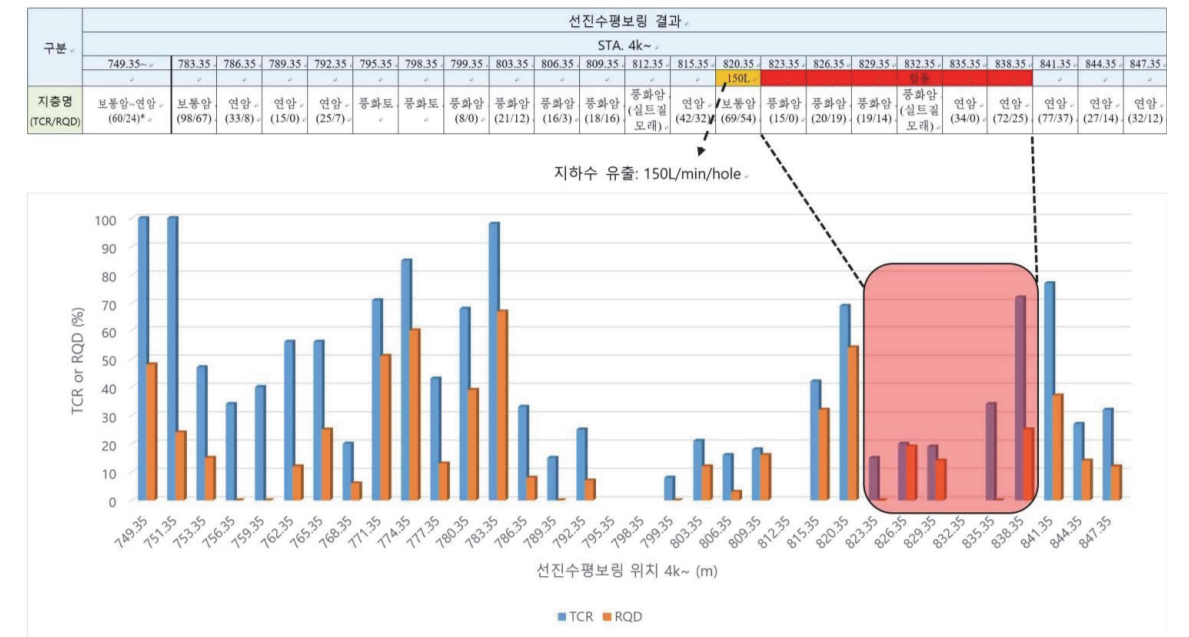
● 선진수평보링 결과

- 선진수평보링 결과 땅꺼짐이 발생한 지층의 RQD는 25이하로 매우 취약한 암반임을 알 수 있음.
- 참고로 STA. 4km 820.35 위치에서 8월 13일에 관측된 지하수 유출량은 150l/ min/hole 이며 사용된 강관의 길이가 12m인 것을 감안하면 실트질 모래층에서 지하수 유출이 시작된 것으로 판단됨.
- 그리고 과도한 유출수로 인하여 주변 지반에 시행한 차수그라우팅은 오히려 막장 배면의 실트질 모래층에 지하수 유입을 촉진시켜 과도한 수압을 유발 시켰을 가능성도 있음.
- STA. 4km 786.35 ~ STA. 4km 812.35 구간에 확인된 RQD 20이하는 2곳이나 확인되었으나, 확인된 정보만으로 정확한 지층에 대한 판단은 어렵지만 취약 지반에 특이사항 없이 원만한 시공이 이뤄진 점은 시공 및 감리자의 입장에서 안전사고에 대한 대처를 미흡하게 한 요인 중 하나라고 분석됨.

선진수평시추조사 요약

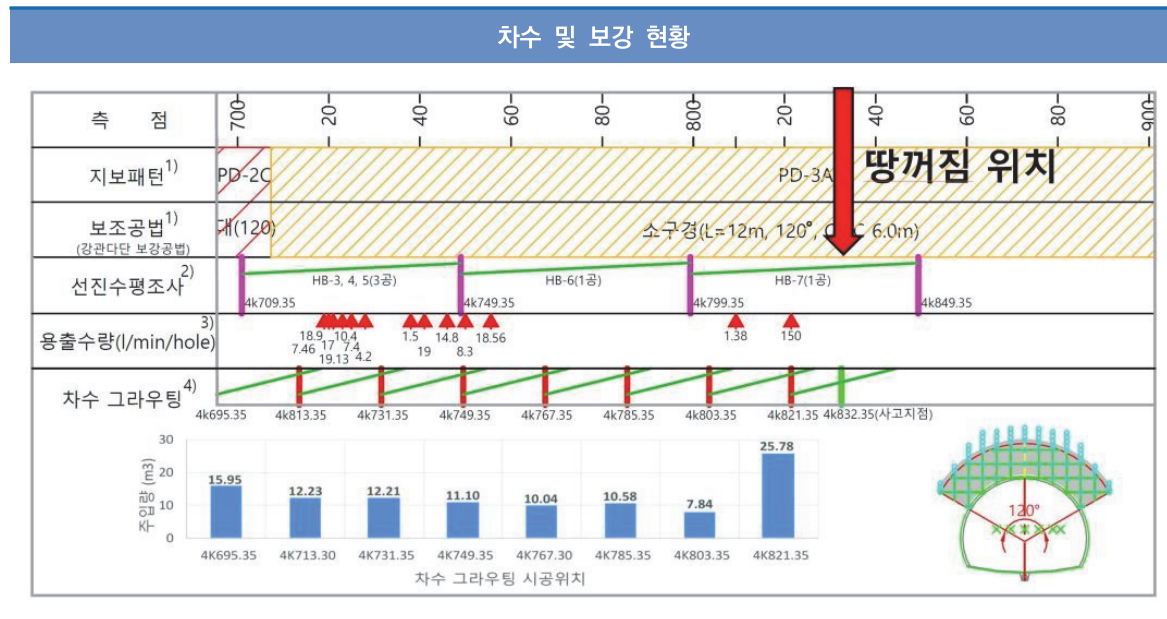
조사항목	조사구간(길이)	비고
유압식회전시추조사(NX)	STA 4K+799.35 ~ 4K+849.35(L=50.0m)	1공 실시(HB-7)

사고 후 추가 시추를 반영한 지질 구조도



● 땅꺼짐 구간 보강 및 차수현황

- 땅꺼짐 발생 구간 후방으로 5m 지점에는 아래와 같이 소구경 강관다단 그라우팅 (L=12.0m, 6.0m 중첩시공)이 시공되었다.



3.3.4 사고사례를 통한 재발방지 대책

● 설계단계

- 도심지 지하 공간 개발 시, 지하 안전 **취약 구간¹⁾**으로 설정한 구간의 지반조사 기준을 강화하고, 취득 가능한 모든 **지반조사 자료²⁾**를 활용할 것.

조사항목	현행	개선
지반조사기준 강화	조사간격 100~200m	취약구간은 50m 당 최소 1개소 이상
취득가능한 모든 정보활용	직접 실시한 지반조사만 활용	경쟁사³⁾ 시추자료 등 취득 가능한 모든 정보 활용

- 1) 취약구간 : 완전 풍화된 토사 또는 점토지반, 단층 파쇄대 등이 발달한 불연속면 등.
- 2) 지반조사자료 : 경쟁사 시추조사 자료 등 취득 가능한 모든 정보.
- 3) 경쟁사 : 입찰에 참여한 경쟁사.

● 시공단계

- **전문인력 배치¹⁾** 상시 배치와 **외부 전문가 자문²⁾** 활용하여 시공 중 발생한 다양한 현장 이벤트에 대해 빠른 의사결정 및 즉각 조치를 취할 수 있도록 할 것.

조사항목	현행	개선
전문 인력 배치	비상주	지반 전문 기술자 상주
공사 중 발생한 문제 처리	내부검토에 의해 진행	외부 자문 실시 및 조치계획을 발주처에 보고

- 1) 표준시방서에 따라 시공사는 계측관리, 지하수 유출 등 지하안전 업무를 총괄하는 지반 기술자를 터널 현장에 상시 배치하고 발주청은 **기술자 상주 여부**를 확인 점검하도록 행정지시.
- 2) 외부 자문 및 조치계획 결과를 사후지하안전영향조사서^{*}에 포함하도록 지하안전과리 업무지침 (국토부 고시) 개정.

* 터널공사 표준시방서 시공계획 3.1.(5)에 따르면 터널 현장에는 암반 및 지반공학, 지질분야를 전공한 터널전문가 1명 이상 상주하도록 규정.
 ** 지하개발사업자는 지하안전영향평가 대상사업 착공 후 협의내용 이행여부 등을 조사하여 보고. (검토기관 : 지방국토관리청, 승인기관)

- 자동화 계측 시스템을 구축¹⁾ 및 차세대 기술 적극 활용.²⁾

조사항목	현행	개선
자동화 계측 시스템 구축	표준매뉴얼에 명기되지 않음	도심지 터널 등 취약구간에 자동계측 시스템 구축
공사 중 발생한 문제 처리	내부검토에 의해 진행	외부 자문 실시 및 조치계획을 발주처 보고

- 1) 향후 표준매뉴얼 개정 예정.
- 2) 드론, IoT, 및 AI 등과 같은 차세대 기술을 통해 사고 조사 및 대응에 적극 활용.

3.4 사고원인 분석을 통한 재발방지 대책

3.4.1 사고사례 고찰

- 지반침하 사고원인을 분석하여 유사 사고의 재발을 방지하고, 전문기관의 역량을 높이고자 급회 사고사례를 분석하였다.
- 사고의 인과 관계가 명확한 현장을 위주로 선별하는 과정에서 다양한 현장을 담지는 못하였지만, 공통점은 사고 전부터 확인 가능한 전조현상이 있었다는 것이다. 이는 계측 값의 급변화, 이상광음 외에도 설계 시 부적절한 설계지반정수의 대입과 불충분한 지반조사 등이 원인이라 하겠다.
- 결론적으로, 대부분의 사고 원인은 인재라는 것이며, 사전에 충분한 검토와 관리를 통해 사고를 예방하거나 피해 규모를 최소화할 수 있음을 확인할 수 있었다.

3.4.2 재발 방지 대책

- 사고사례-1과 사고사례-2의 지반사고를 바탕으로 재발방재 대책을 아래와 같이 정리하였다.
 - 지하안전 취약구간은 취득 가능한 모든 지반조사 자료를 활용할 것.
 - 설계 변경 시 기술적 검토 의무화.
 - 외부자문 적극 활용 및 현장 내 전문 인력을 상주하여, 시공 중 발생한 EVENT의 대응을 위한 즉각 조치 SYSTEM 구축.
 - 자동화 계측 및 차세대 기술(드론, AI 등) 적극 활용.
 - 지하안전제도의 이행력 제고를 위한 지속적인 교육 및 홍보(유튜브, 카드뉴스 등).



4. 지하안전영향평가서등의 신기술 적용 사례

4.1 개요

4.2 흠막이 지지공법

4.3 흠막이 차수공법

4.1 개요

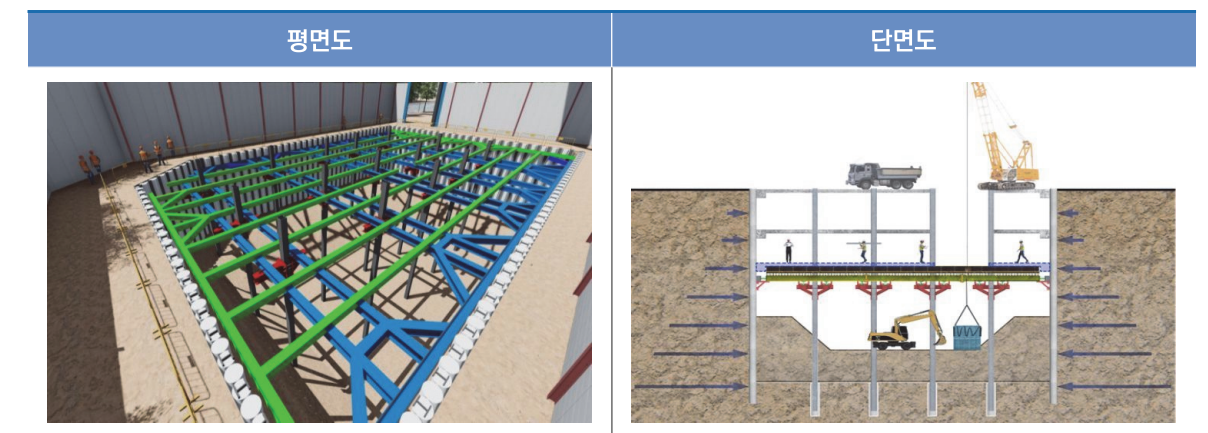
- 최근 건설 기술의 첨단화 및 다양한 기술 교류를 통해 신기술·신공법에 대한 시공 사례가 점진적으로 증가하고 있지만, 공법의 우수성에 비해 시공 사례가 적다는 단점이 있다.
- 따라서 본 절에서는 최근 국토안전관리원에 접수된 지하안전영향평가서 중 설계에 반영된 신기술·신공법을 중심으로 소개하고, 유사 공법과의 차별점 및 설계 시공 시 유의사항 등을 수록함으로써 지하안전확방안 계획 수립 시 기초자료를 제공하고자 한다.

4.2 흙막이 지지공법

4.2.1 □□공법

● 공법 개요

- 흙막이 지지를 위한 가설 STRUT가 골조시공을 위한 동바리 역할을 동시에 수행.
- 골조공사와 토공사를 동시에 진행하여 경제성 및 시공성을 개선한 공법.
- 상부층 SLAB 시공 후 양중 유압잭을 이용해 STRUT 구조체의 하강 및 하부층 SLAB시공.



● 유사 공법과의 차별점

- 하강 STRUT의 토압지지 및 거꾸집 역할을 동시에 수행 가능.
- 역타용 변위 제어책 적용.
- 골조와 토공사 동시 진행 가능.
- 층고가 높은 구간 STRUT 추가 하강에 의한 보강공사 불필요.

● 공법 특징

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> • STRUT 추가 하강으로 보강공사비 절감. • 다양한 RC구조 적용가능. • 복공판 미설치로 공사비 절감. • 골조와 토공사 동시 진행 가능. 	<ul style="list-style-type: none"> • 역타 JOINT 발생 예폭시 보강 필요. • 오프닝 구간 가설 스트러트 보강 필요. • 흙막이 및 현장타설말뚝 수직도 관리 필요. • 양중 유압장치 사용 가능한 숙련공 필요.

● 시공 순서도

<p>STEP-1. 콘크리트 양생</p>  <p>콘크리트 강도 70%일 때 하강준비 가능</p>	<p>STEP-2. 양중 유압잭 설치</p>  <p>양중 유압잭 설치 후 브라켓 제거 가능</p>
<p>STEP-3. 흙메우기 해체</p>  <p>흙메우기 해체</p>	<p>STEP-4. STRUT JOINT BOLT 해체</p>  <p>STRUT 접합부 BOLT 해체</p>
<p>STEP-5. 기둥 브라켓 연결부 해체</p>  <p>기둥 및 벽체 브라켓 연결부 해체</p>	<p>STEP-6. STRUT 1차 하강</p>  <p>1STEP 20cm, 5분간격으로 하강</p>
<p>STEP-7. STRUT 2차 하강</p>  <p>하강지점 10cm 전 최종 점검</p>	<p>STEP-8. STRUT 하강 완료</p>  <p>기둥 브라켓 NUT 체결, JOINT BOLT 체결</p>

※ STRUT 유압 하강시(STEP-6) 양중 유압장치(STEP-2)를 사용 가능한 숙련된 전문기술자를 요구.

● 설계 및 시공 시 주요 유의사항

- 설계 시 유의사항
 - 건축 계획 및 주동토압 산정 결과에 의한 하강 STRUT 상·하현재 설치 계획 검토 필수.
 - 건축 계획 및 하강 STRUT 지점 역할에 따른 기둥 위치 검토 필수.
 - 대규모 공사 시 하강 STRUT 설치 계획(형상, 중량 등)에 따른, 분할 하강(분절) 계획 및 하강 위치 검토.

● 시공 시 유의사항

<p>1. 분절 구간에 대한 대책</p>	
	
<p>대안 : 분절 POINT에서 볼트 접합</p>	
<p>2. 역타 JOINT 문제점</p>	<p>3. 오프닝 구간 문제점</p>
	
<p>대안 : 벽체 에폭시 주입</p>	<p>대안 : 보강 STRUT/SLAB 설치</p>

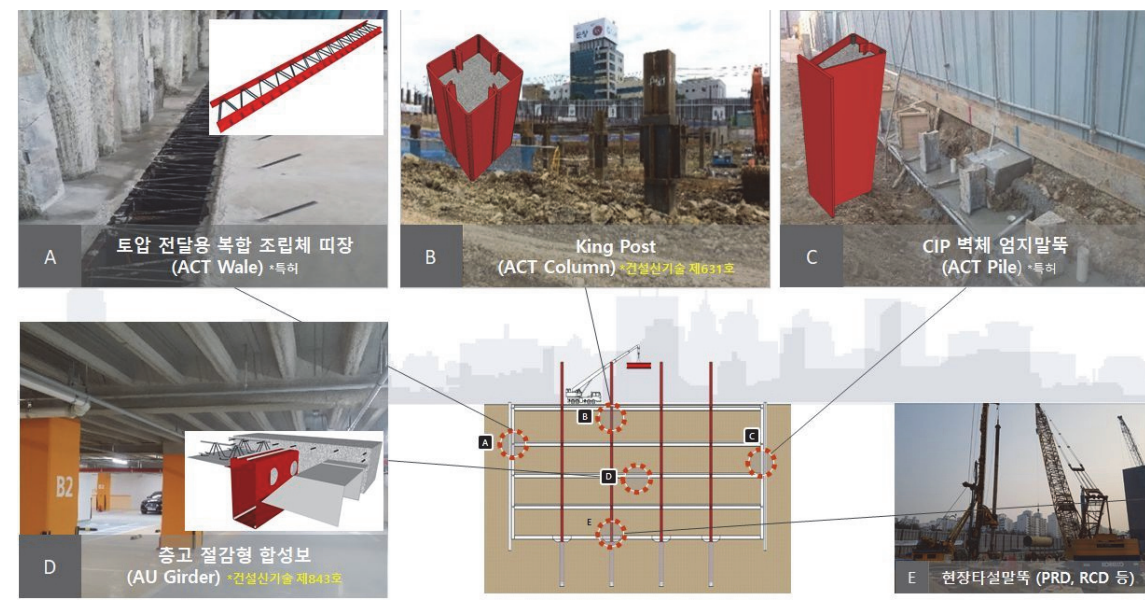
4.2.2 ○○공법

● 공법 개요

- 굴토 중 흙막이 벽체를 본 구조물(보, 슬래브)과 복합조립체 띠장(ACT Wale)을 이용한 것으로 역타공법에 최적화된 흙막이 지지공법임. 그러나 역타 및 순타 현장에서도 시공 조건에 따라 King Post(ACT Column), 흙막이 벽체 엄지말뚝(ACT Pile), 층고 절감형 합성보(AU Girder)를 선택적으로 적용할 수 있다.

● 유사 공법과의 차별점

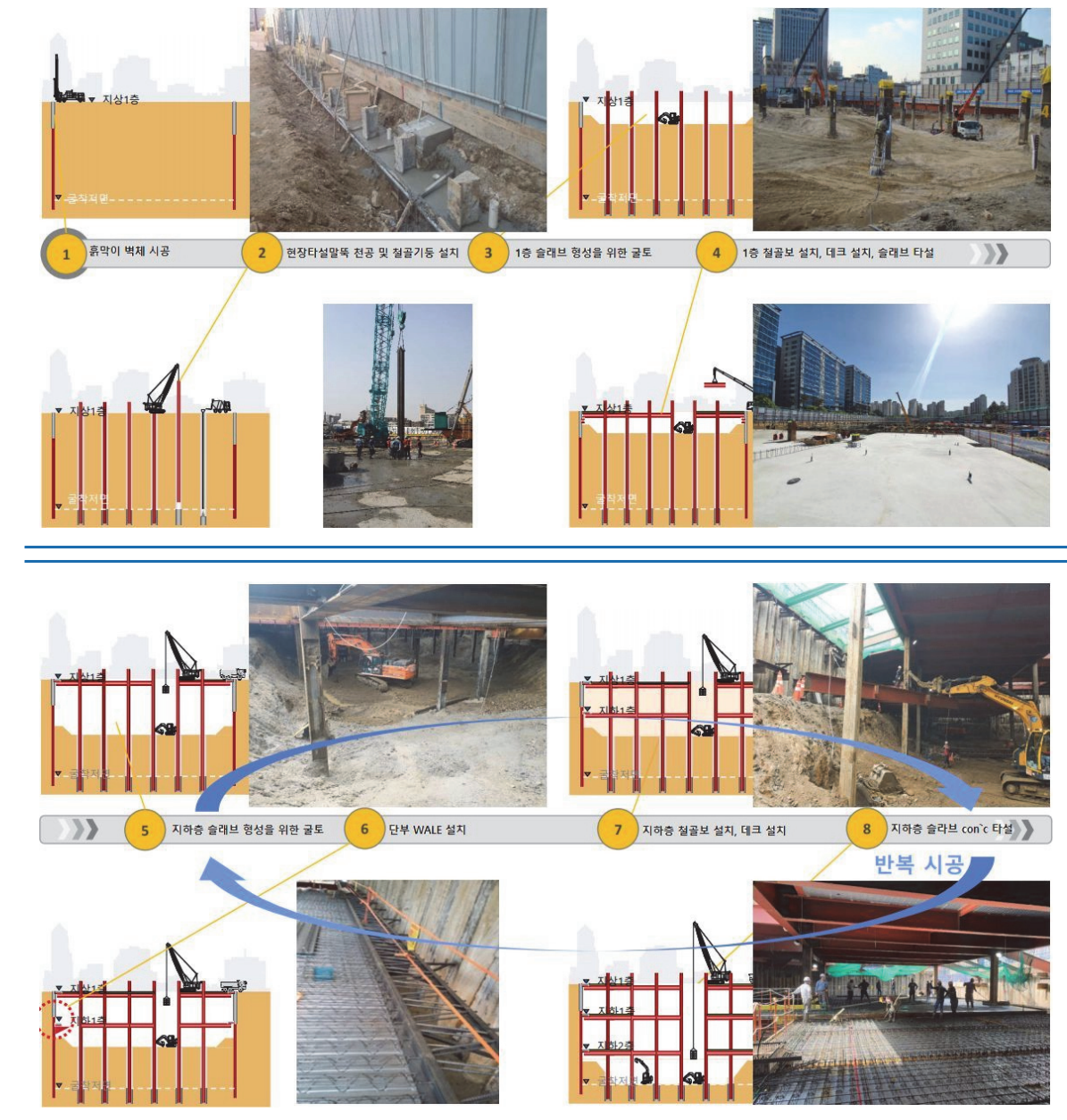
- ACT Wale을 통해 흙막이 벽체의 토압을 영구 구조물(슬래브)로 균등하게 전달하므로 유사 공법 대비하여 안정성이 매우 우수.
- 각 요소 기술별 전문 기술팀 운영으로 빠른 현장대응 가능.



● 공법 특징

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> ● 굴토 중 흙막이 벽체로부터 전달되는 토압을 전달하는 매커니즘이 안정적임. ● 신기술 및 특허 공법을 현장 여건에 맞춰 선택적용 가능. ● 합성부재 사용 시 부재 단면내력 우수, 철골 물량 및 공사비 절감 효과. ● 부재 경량화로 현장 공임 최소화. 	<ul style="list-style-type: none"> ● 공장 제작품 사전 발주, 관리 필요.

● 시공 순서도



● 설계 및 시공 시 주요 검토사항

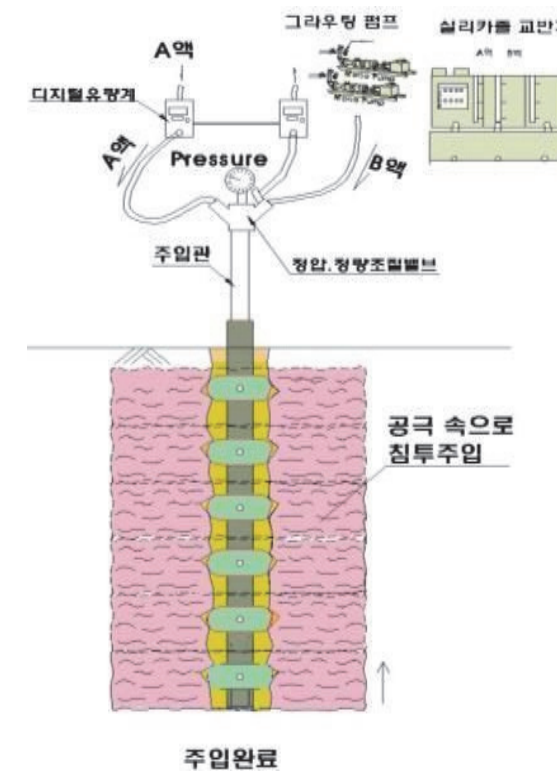
- 설계 시 유의사항
 - 인근 지역 지하, 지상 구조물 현황 분석(설계 침하량, 변위량 한계치 결정).
 - 설계 지내 지반현황 분석(토사, 풍화암, 연암 등의 토질 분포 및 지하수위 등).
 - 공사 시퀀스 반영(공기, 공정관리 사전 협의).
- 시공 시 유의사항
 - 사전 계획 수립 철저(부재별 Delivery Time Schedule 관리, 부재별 제작 Shop Drawing 도면 작성).
 - 주변 영향 최소화를 위한 소음, 진동, 분진 관리 방안 수립.
 - 시공 난이도가 높은 구간(STEP 5 굴토 ~ STEP 8 슬래브 타설)의 경우 흠막이 벽체의 안정성을 위해 도면에 명시된 대로 굴착하여야 하며, 특히 슬래브 양생 완료 후에 추후 공정을 진행하고, 소단을 확보하는 것이 매우 중요.

4.3 흠막이 차수공법

4.3.1 △△공법

● 공법 개요

- 나노혼용 실리카졸과 비소성결합재 또는 일반시멘트를 주입재로 사용하여 지반을 교란시키지 않는 범위에서 침투주입을 목적으로 하는 차수공법임.



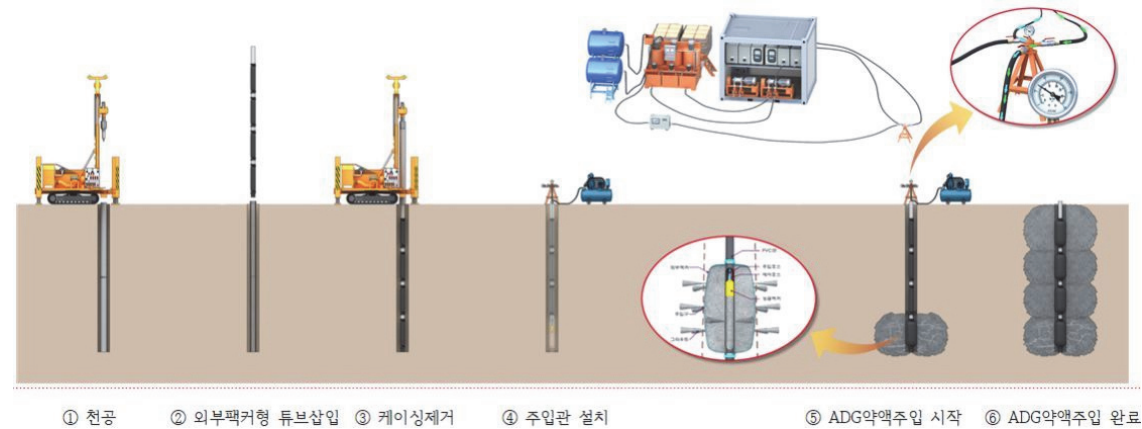
● 유사 공법과의 차별점

- 주입관에 외부팩커를 일정 간격에 따라 설치한 후, 팩커를 팽창시켜 넓은 범위에서 주입을 함으로써 주입 효율성을 높이고, 압력과 토출을 조절함으로써 지반변위 최소화.

● **공법 특징**

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> 실리카졸을 사용하여 용탈현상 최소화. 현장조건 및 지반특성에 따라 주입재료 및 주입방식의 선택이 자유로움. (겔타임, 주입압력, 개량범위 등이 조절가능) 주입장치를 이용하여 개량효과 향상. 무기질계 주입재를 사용으로 인한 침투효과가 우수하고, 지반보강 및 차수효과 확실. 	<ul style="list-style-type: none"> 시공 숙련도가 필요하다.

● **시공 순서도**



● **설계 및 시공 시 주요 검토사항**

- 설계 시 주요 검토사항
 - 지반보강과 차수적용 시 지반침하 취약구간 및 지하수 유출 취약현장의 사업규모, 주변 건축물현황, 지형·지반·지하수 조건을 고려.
- 시공 시 유의사항
 - 인접 구조물과 지층상태가 도면 및 보고서와의 일치여부.
 - 주입 시 압력 변화가 정상적인지 확인이 필요.
 - 장비규격(압력계 및 유량계 등), 주입관 및 호스 등의 연결 상태와 측정 장치의 이상 유무 확인.
 - 주입재의 Gel-Time과 주입량 및 주입압력의 적정성 여부.

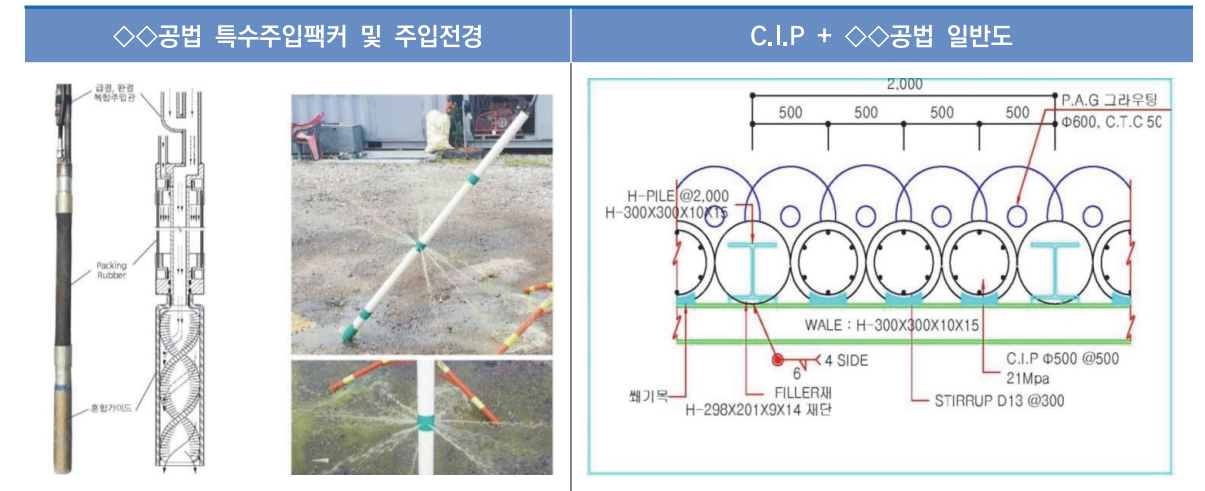
4.3.2 ◇◇공법

● **공법 개요**

- ◇◇공법은 케이싱으로 천공한 후 주입용 외관(PE pipe 등)을 케이싱 내에 삽입하고, 주입용 외관 내에 새로 고안된 특수주입 팩커를 삽입하여 급결재와 완결재를 복합 주입함으로써, 균질한 주입 고결체를 형성시키는 팩커형 2.0 shot 공법.

● **유사 공법과의 차별점**

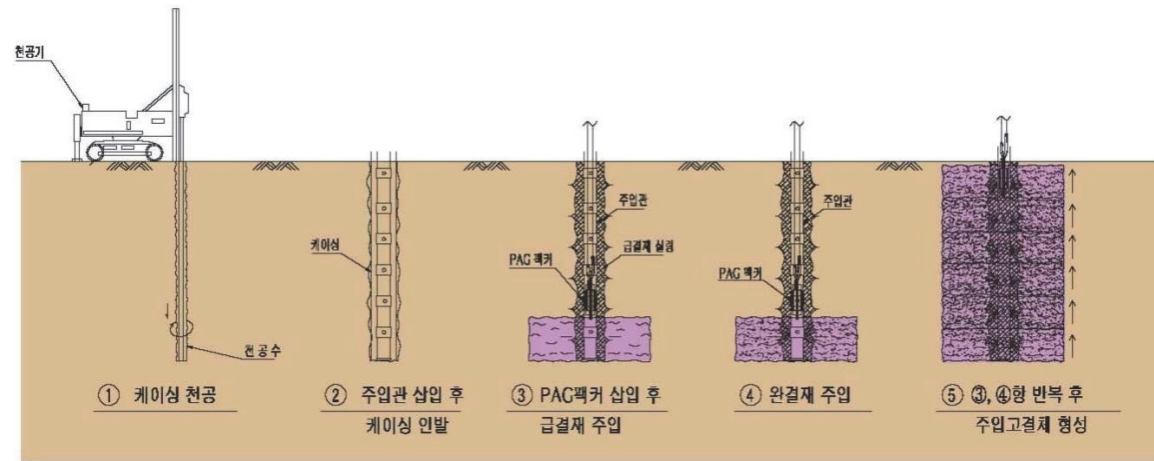
- S.G.R공법 등은 이중관 룯드를 이용하여 급결, 완결 복합주입을 수직방향으로 주입하지만 ◇◇공법은 새로 고안된 특수주입 팩커를 이용하여 급결, 완결 복합주입을 수평방향(원주방향)으로 주입하므로 더욱 균질한 주입 고결체를 형성시킨다.



● **공법 특징**

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> 급결, 완결 복합주입 가능하여 균질한 주입고결체를 형성함. 천공과 주입 공종이 단순하여 공사관리가 용이함. 주입 목적 범위 내에 균질한 주입이 가능함. 주입재 혼합장치 사용으로 주입재가 골고루 혼합 → 품질 향상. 공중 단축으로 시공속도가 빠르고 경제적임. 실리카졸계 약액을 선택적으로 사용하여 중, 장기 고강도, 고내구성 확보. 지하수 유속이 빠른 모래자갈 성분으로 구성된 퇴적층에서도 급결재를 사용할 수 있어 차수 및 지반강도 증대 효과. 	<ul style="list-style-type: none"> 실트질 점토층에서는 할렬주입 가능. 영구적인 목적으로는 겔형성 반응재를 사용하지 않고 시멘트만 주입.

● 시공 순서도



● 설계 및 시공 시 주요 검토사항

- 설계 시 주요 검토사항
 - 지층 구성 상태(전석, 호박돌층 유무) 검토.
 - 주입확산경이 대지 경계선을 벗어나지 않도록 주입 확산경 조정가능(200mm~800mm).
 - 모래, 자갈층의 지하수 유속이 빠른 경우 급결재를 사용하는 공법 선정.
- 시공 시 유의사항
 - 천공위치에 대한 지하매설물 확인 필요.
 - 지층 구성 상태를 파악한 적정 주입율 적용(모래, 자갈층-주입율 40~50% 적용).
 - 한계 주입압을 넘지 않도록 주입압 관리 철저.

5. 지하안전영향평가서등의 검토 현황

- 5.1 지하안전영향평가서등의 접수 현황
- 5.2 지하안전영향평가서등의 검토의견 현황
- 5.3 지하안전영향평가서등의 접수 및 검토의견 현황 분석

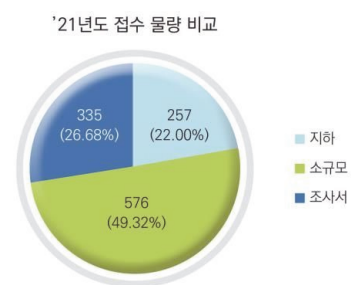
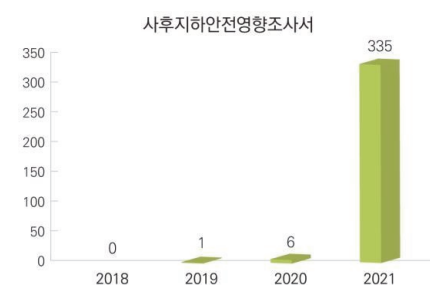
5.1 지하안전영향평가서등의 접수 현황

● 년도별 접수 건수

- 접수건수는 '18년 380건, '19년 411건, '20년 590건으로 확인되었으며, 사례집 발간 일정에 따라, '21년도 11월까지 집계한 검토 접수건은 1,168건으로써 전년 대비 97.97%증가한 것으로 확인되었다.
- 세부 사항으로, 지하안전영향평가(이하 지하)의 경우 '20년 173건에서 '21년 257건으로 전년 대비 48.55% 증가하였으며, 소규모지하안전영향평가서(이하 소규모)는 411건에서 올해 576건으로 40.15% 증가하였다.
- 사후지하안전영향조사서(이하 조사서)의 접수 물량의 증가로 '21년도 검토 접수건이 큰 폭으로 상승하였으며, 월 평균 접수건을 고려할 경우 관리원의 '21년도는 검토 물량은 1,300건 이상으로 예상된다.
- '21년도의 접수 물량 중 사후의 비율은 26.68%로 지하 보다 소폭 높은 것으로 확인된다. 이는 조사서의 평가 대상이 지하에 한정되어 있으며, '19년 이후의 접수된 프로젝트의 착공 시점에 따라 조사서의 접수 건은 향후 점진적으로 증가할 것으로 분석된다.

〈단위: 건〉

구분	지하	소규모	조사서	합계
2018	66(17.37%)	314(82.63%)		380
2019	92(22.38%)	318(77.37%)	1(0.25%)	411
2020	173(29.32%)	411(69.66%)	6(1.02%)	590
2021. 11.	257(22.00%)	576(49.32%)	335(26.68%)	1,168
합계	588	1,619	342	2,549



● 월별 접수 건수

- 월별 검토의견 접수 건은 상반기 보다 하반기에 더 집중된 것을 확인할 수 있었으며, 조사서의 접수 건이 급격히 증가한 5월 이후 부터는 전반적인 검토 물량도 증가하였다.
- '21년도 11월 말까지의 월 평균 접수건은 106.2건이며, 조사서의 접수가 물량 변동이 안정적으로 확인된 '21년도 하반기를 중심으로 여름휴가철인 8월을 제외하면, 평균 142.5건이 국토안전관리원으로 접수된 것으로 확인된다.
- 따라서, 조사서 접수 물량의 꾸준한 증가에 따라 향후 월평균 접수건은 평균 142.5건 보다 소폭 상승될 것으로 예상된다.

〈월별 접수 현황〉

〈단위: 건〉

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
2018	1	0	4	18	24	45	50	55	40	55	40	48	380
2019	31	13	28	33	31	40	47	33	44	29	39	43	411
2020	37	48	43	55	31	52	49	38	80	56	46	55	590
2021. 11.	59	65	70	76	108	111	158	109	126	123	163	-	1168
합계	128	126	145	182	194	248	304	235	290	263	288	146	2,549



〈2021년도 월별 접수 현황〉

〈단위: 건〉

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
지하	14	18	18	18	26	28	21	17	23	23	29		235
소규모	36	41	45	44	49	46	79	38	48	41	63		530
지하(재협의)	1	3	0	1	1	1	6	2	3	2	2		22
소규모(재협의)	3	3	4	5	3	7	8	5	2	1	5		46
사후	5	0	3	8	29	29	44	47	50	56	64		335
합계	59	65	70	76	108	111	158	109	126	123	163		1,168

● 협의기관 현황

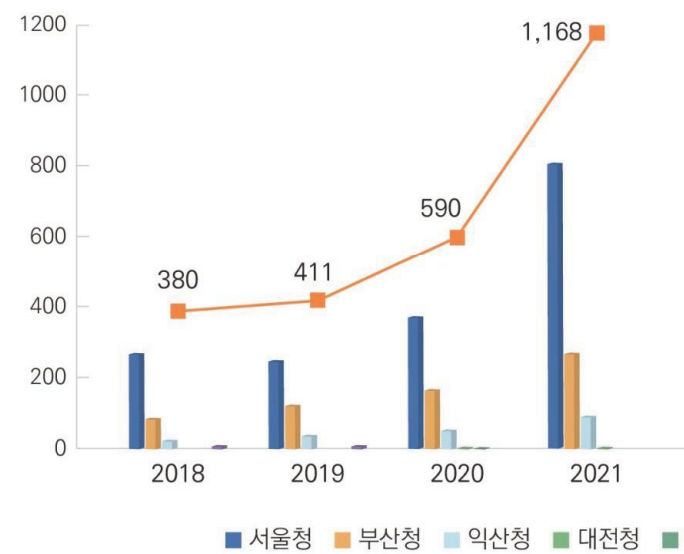
- 국토안전관리원의 협의 기관별 접수 현황은 아래와 같다. '21년도의 전반적인 경향은 서울청이 808건으로 가장 많았으며, 부산청과 익산청은 각각 268건과 90건으로 나타났다.
- 검토 물량의 전년대비 증가율은 서울청이 118%, 부산청 62%, 익산청 76%이며, 서울청의 접수 물량의 상승은 사후지하안전영향조사서의 대상 사업 위치가 수도권에 편중됨에 따라, 그에 따른 월별 조사서의 꾸준한 접수가 그 원인으로 분석된다.
- 이는 인구 밀집도가 높은 도심지역의 빠른 팽창과 함께 해당 지역의 굴착공사가 활발히 진행되고 있음을 의미하는 것이라 하겠다.

〈접수 현황〉

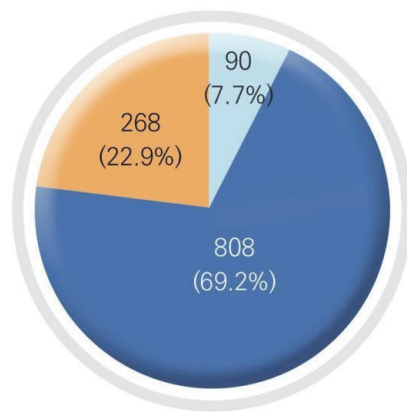
〈단위: 건〉

구분	서울청	부산청	익산청	대전청	원주청	제주	합계
2018	267	84	22	0	0	7	380
2019	247	121	36	0	0	7	411
2020	371	165	51	2	1	0	590
2021. 11.	808	268	90	2	0	0	1,168
합계	1,693	638	199	4	1	14	2,549

연도별 접수현황



2021년도 청별 접수현황 분포

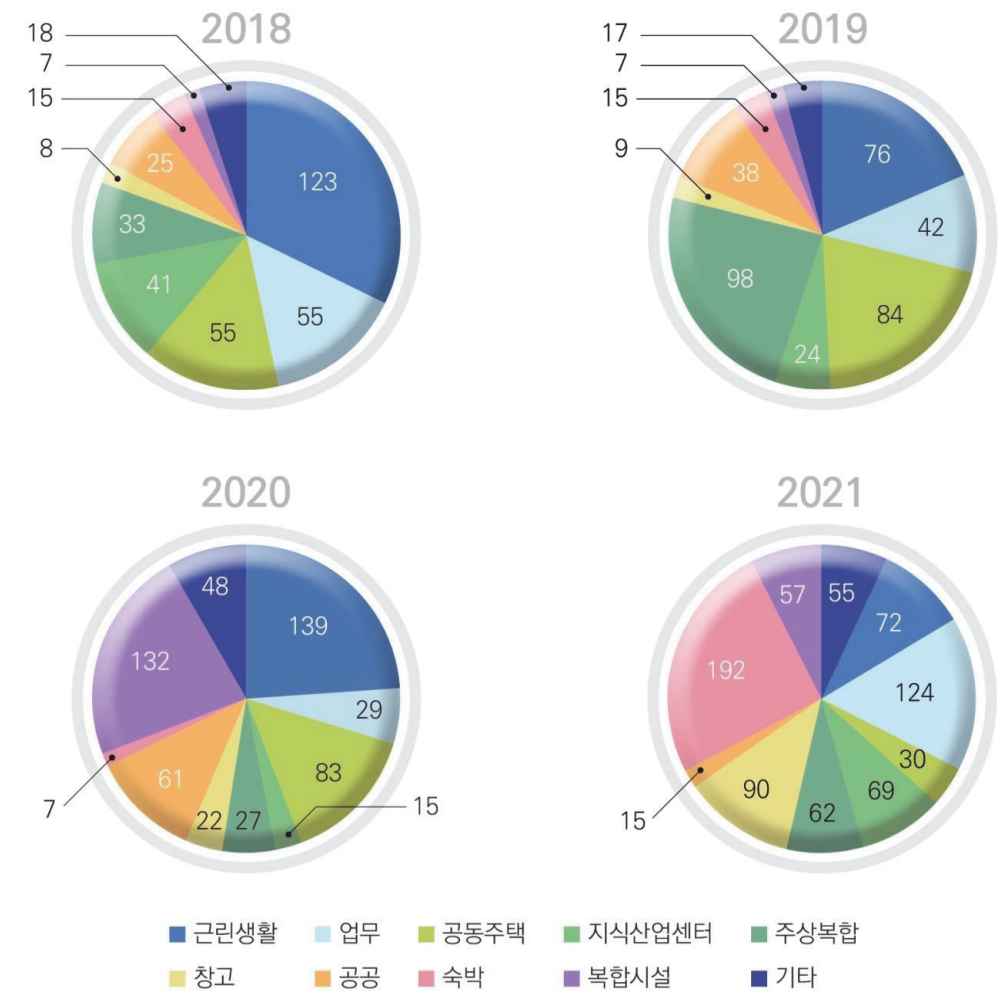


● 구조물용도 현황

- 구조물용도 현황 분석의 경우 신규 접수건을 중심으로 분석하였으며, 통계 분석 시 과거 접수건의 중복도를 고려하여 재협의 및 사후지하안전영향조사서는 분석에서 제외하였다.
- 분석결과, 2018년도와 2019년도는 단일 용도의 건축물 공사에 집중되었지만 2020년부터 주택 보급률 상승, 주거 형태의 다양화 및 거주민 편리성을 반영한 대규모 복합단지 건설공사(복합시설)의 접수사례가 상승한 것으로 나타났다.

〈단위: 건〉

구분	근린생활	업무	공동주택	지식산업센터	주상복합	창고	공공	숙박	복합시설	기타	합계
2018	123	55	55	41	33	8	25	15	7	18	380
2019	76	42	84	24	98	9	38	15	7	17	410
2020	139	29	83	15	27	22	61	7	132	48	563
2021. 11.	55	72	124	30	69	62	90	15	192	57	766
합계	393	198	346	110	227	101	214	52	338	140	2,119



- 공공시설의 경우 전체 대비 10% 내외로 적은 비중을 차지하지만, 도시의 광역화로 인한 기반시설 구축(철도 등)과 삶의 질 향상에 따른 시대적 요구(전력구 공사 및 관로 개선 공사 등)를 반영한 건설 프로젝트의 꾸준한 증가로 인해 향후에도 공공분야의 검토 물량은 점진적으로 증가할 것으로 예상된다.

〈단위: 건〉

구분	신규 접수	공공시설	기타분야*	터널공사						
				계	도로	철도	관로	가스관	전력구	열수송관
				2018	380	25(6.6%)	21	4	0	4
2019	410	38(9.3%)	18	20	4	6	2	1	6	1
2020	563	61(10.8%)	10	51	11	5	10	1	19	5
2021. 11.	765	90(11.8%)	51	39	9	7	5	2	13	3

* 공공시설의 기타분야: 체육시설, 복합 문화센터, 학교 및 지하철 역사주변 시설(승강장 등) 등

5.2 지하안전영향평가의 검토의견 현황

● 연도별 검토의견

- 검토의견 현황의 경우 신규 접수건을 중심으로 분석하였으며, 통계 분석 시 과거 접수건의 중복도를 고려하여 재협의 및 사후지하안전영향조사서는 분석에서 제외하였다.
- 연도별 검토 의견으로는 '18년과 '19년도에는 12,000건 이하를 유지하였으나, 검토 물량의 증가로 '20년 14,900건으로 집계되었으며, '21년도는 전년대비 34.3% 증가한 20,013건으로 나타났다.

〈단위: 검토의견〉

구분	지하안전영향평가서	소규모지하안전영향평가서	합계
2018	2,424	9,481	11,905
2019	3,053	8,186	11,239
2020	5,035	9,865	14,900
2021. 11.	6,689	13,324	20,013
합계	17,201	40,856	58,057

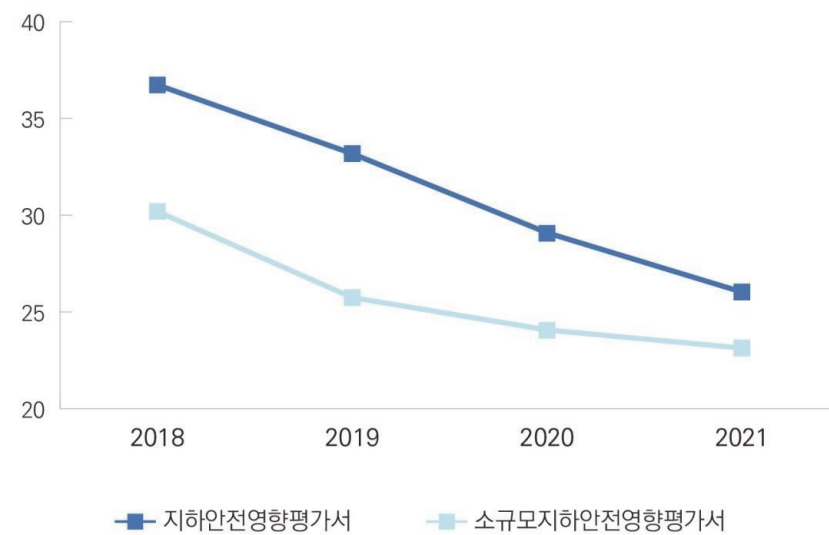


● 평균 검토의견

- 년도별 평균 검토의견은 지하안전영향평가서는 전년도 대비 10.55% 감소한 26.03건으로 확인되며, 소규모지하안전영향평가서의 경우 3.36% 감소한 23.13건으로 나타났다. 이는 보완 컨설팅 시 검토의견 및 평가서 작성 방법 등에 대한 안내를 통해 전문기관의 평가서 작성 역량이 높아진 것으로 분석된다.

〈단위: 검토의견/건〉

구분	지하안전영향평가서	소규모지하안전영향평가서
2018	36.73	30.19
2019	33.18	25.74
2020	29.10	24.00
2021. 11.	26.03	23.13



● 지하안전영향평가의 평가 항목별 검토현황

- 검토의견은 지하안전확보방안 수립에 대한 의견이 매년 가장 높은 것으로 확인되었으며, '18년도는 지하수변화에 의한 영향 검토와 지반 및 지질현황 분석이 차순위로 나타났다. 그리고 '19~'20년도는 지반안전성 검토, '21년도는 부록에 대한 검토의견이 2순위로 확인되었다.
- '21년도는 부록에 대한 검토의견 비율이 높은 것은 전문기관이 평가서 작성 수준이 높아져, 평가서 본문의 검토의견 건이 적어진 것이라 분석되며, 부록의 경우 도면과 구조계산서 등이 평가서와 불일치하거나, 교육 후 3년이 경과한 기술자의 보수교육 미이수, 他 사업에 수행한 평가서를 바탕으로 본 과업의 평가서를 작성함으로써 발생한 오타 등으로 인해 검토의견이 전년도보다 증가한 것으로 판단된다.
- 따라서, 전문기관은 평가서 작성 후 면밀한 검수과정을 통해 이러한 오류를 줄이기를 바란다.

〈단위:검토의견〉

구분	지하안전영향평가				소규모지하안전영향평가			
	2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021
대상사업의개요	146 6.02%	190 6.22%	166 3.30%	263 3.93%	681 7.18%	522 6.38%	323 3.27%	568 4.26%
대상지역의설정	250 10.31%	327 10.71%	473 9.39%	420 6.28%	1,114 11.75%	965 11.79%	891 9.03%	813 6.10%
지반및지질현황	472 19.47%	450 14.74%	666 13.23%	733 10.96%	1,650 17.40%	1,069 13.06%	1,282 13.00%	1383 10.38%
지하수변화에의한 영향검토	478 19.72%	401 13.13%	431 8.56%	617 9.22%	1,395 14.71%	889 10.86%	831 8.42%	1101 8.26%
지반안전성검토	364 15.02%	566 18.54%	862 17.12%	1095 16.37%	1,576 16.62%	1,580 19.30%	1,967 19.94%	2540 19.06%
지하안전확보방안수립	573 23.64%	742 24.30%	1,883 37.40%	2038 30.47%	2,491 26.27%	2,038 24.90%	4,025 40.80%	3996 29.99%
종합평가및결론	.	19 0.62%	19 0.38%	4 0.06%	4 0.04%	65 0.79%	40 0.41%	18 0.14%
사후지하안전영향조사 시기	19 0.78%	40 1.31%	296 5.88%	306 4.57%
부록	122 5.03%	318 10.42%	239 4.75%	1213 18.13%	570 6.01%	1,058 12.92%	506 5.13%	2905 21.80%
합계	2,424	3,053	5,035	6,689	9,481	8,186	9,865	13,324

5.3 지하안전영향평가서등의 접수 및 검토의견 현황 분석

지하안전영향평가서등의 접수 현황

- '21년도 지하안전영향평가 접수건은 전년 대비 97.97% 증가한 1,168건으로 나타났다.
- 이는 사후지하안전영향조사서의 접수건 증가가 원인으로 파악되며, 월 평균 106.2건을 기준으로 '21년도는 약 1,300건 이상의 검토 물량이 예상된다.
- '21년도 관리원 접수 건 중 서울청은 전년대비 118% 상승한 808건으로 가장 많았으며, 부산청(268건)과 익산청(90건) 순으로 확인되었다.
- '18년도와 '19년도는 단일 용도의 건축물 공사에 집중되었지만 2020년부터는 주택 보급률 상승, 주거 형태의 다양화 및 편리성을 반영한 대규모 복합단지의 공사(복합시설)의 접수 사례가 상승한 것을 알 수 있었다. 또한 공공분야의 꾸준한 접수 물량 상승 역시 시대적 흐름(삶의 질 개선 및 도시의 광역화)을 반영한 것이라 판단된다.

지하안전영향평가서등의 검토의견 현황

- '21년 검토의견은 소규모지하안전영향평가서의 경우 13,324건, 지하안전영향평가서는 6,689건으로 총 20,013건이며, 전년대비 34.3%가 증가하였다.
- 평균 검토의견은 지하안전영향평가의 경우 26.03건, 소규모지하안전영향평가는 23.13건으로 나타나, 전년대비 소폭 하락한 것으로 확인되었다. 이는 전문기관의 평가서 작성 수준이 상향평준화 되었음을 의미하는 것이며, 부록의 검토의견(오타 등)은 전문기관이 평가서 작성 시 추가적인 검수 과정을 통해 풀어야할 과제인 것으로 판단된다.



6. 지하안전영향평가서 제도 설문조사

- 6.1 설문조사의 개요
- 6.2 설문조사 결과
- 6.3 설문조사 결과 분석



6.1 설문조사 개요

- 조사기간 : 2021.11.24 ~ 2020.11.30.
- 대 상 : 2021년도 지하안전영향평가 수행 실적이 있는 전문기관의 기술자 251명.
- 응 답 률 : 18.7%(47명).
- 조사내용 : 만족도 조사(업무처리, 제도절차, 표준매뉴얼 등) 및 기타사항.
- ※ 응답 내용은 「통계법」 제33조(비밀의 보호) 제①, ②항에 의거하여 목적 이외의 용도로는 사용되지 않음.

[조사목적] 지하안전영향평가 수행 경험이 있는 전문기관을 대상으로 표준매뉴얼 및 업무 PROCESS 관한 다양한 의견을 청취하고, 제도개선과 표준매뉴얼 개정을 위한 기초 자료 수집을 위해 실시함.

[조사방법] JIS 홈페이지와 SMS를 통한 URL 안내 및 접속 후 답변.



※ 설문조사 참여자 및 기관명은 익명 처리함

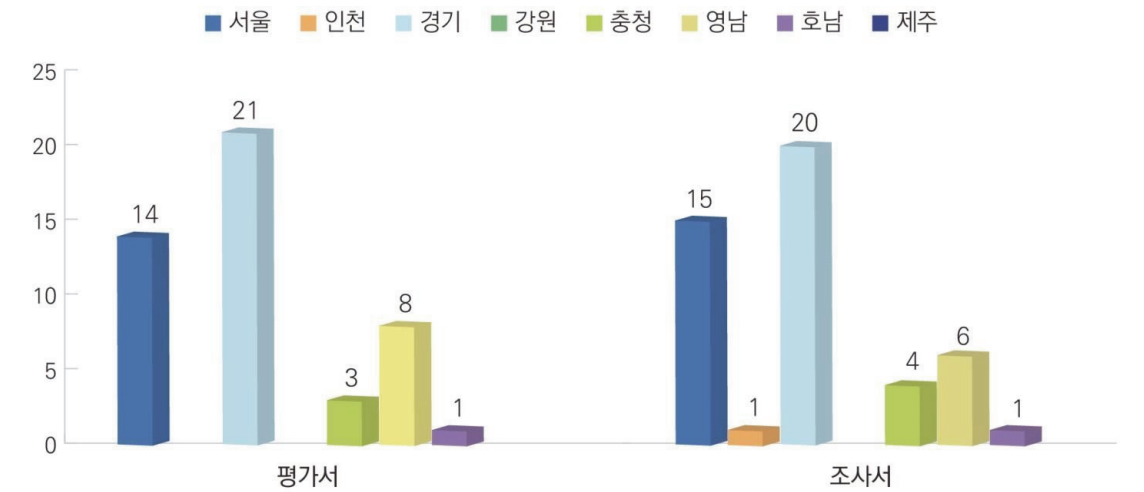
[조사결과] 2020년 설문조사 시 77명의 의견(응답률 28.6%)이 모아졌으나, 2021년의 경우 47명(응답률 18.7%)로 나타났다. 이는 작년에 실시한 설문조사 결과가 제도 개선 등에 충분히 반영되지 못한 것이라 판단되므로, 설문조사 결과에 따라 향후 제도개선과 표준매뉴얼 개정이 필요한 항목을 확인하고, 전문기관의 애로사항 청취 및 기술 자료를 공유할 수 있는 시간을 만들도록 하겠다.

6.2 설문조사 결과

I. 업무수행 현황에 관한 설문조사

I-1. '21년 1월 1일부터 '21년도 10월 31일까지 귀 기관에서 수행한 지하안전영향평가(이하 평가서) 및 사후지하안전영향조사서(이하 조사서)의 대상 지역은 주로 어디였습니까?

구분	서울	인천	경기권	충청권	강원권	영남권	호남권	제주
평가서	14		21	3		8	1	
조사서	15	1	20	4		6	1	



I-2. 평가서 및 조사서 작성 시 참여 기술자는 몇 명입니까(실제투입인원/적정투입인원)?

구분		2인 이하	3~4인	4~5인	5~6인	7인 이상	
평가서	건축공사	실 투입	2(4.3%)	31(66.0%)	11(23.4%)	2(4.3%)	1(2.1%)
		적정 투입		25(53.2%)	16(34.0%)	5(10.6%)	1(2.1%)
	터널공사	실 투입	2(4.3%)	18(38.3%)	18(38.3%)	7(14.9%)	2(4.3%)
		적정 투입		15(31.9%)	18(38.3%)	8(17.0%)	6(12.8%)
조사서	건축공사	실 투입	11(23.4%)	25(53.2%)	8(17.0%)	2(4.3%)	1(2.1%)
		적정 투입	8(17.0%)	22(46.8%)	13(27.7%)	1(2.1%)	3(6.4%)
	터널공사	실 투입	5(10.6%)	22(46.8%)	12(25.5%)	6(12.8%)	2(4.3%)
		적정 투입	3(6.4%)	17(36.2%)	16(34.0%)	6(12.8%)	5(10.6%)

※ 건축공사 : 건축물, 택지 및 기타시설 등.

※ 터널공사 : 도로, 철도, 전력구 및 환승센터 등.

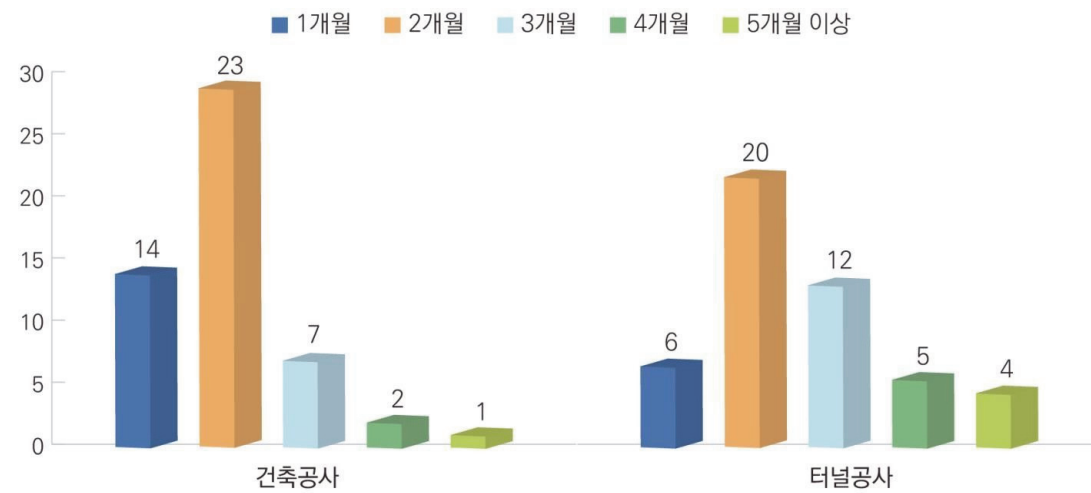
※ 적정투입인원 : 평가서 및 조사서 작성 시 업무 일정에 따라 수행 가능한 필요 인력.

I-3. 평가서 작성 기간 및 처리기간은 몇 개월입니까?

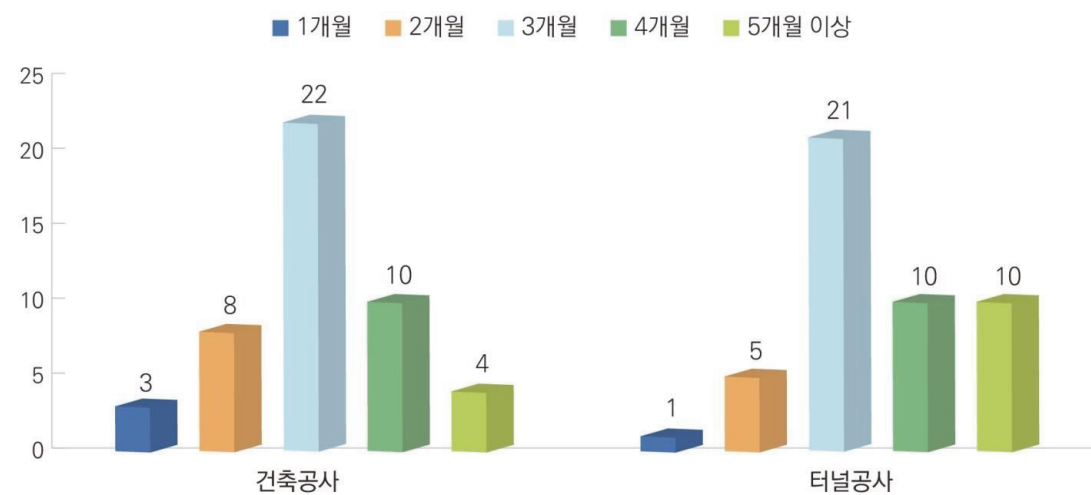
구분		1개월	2개월	3개월	4개월	5개월 이상
평가서 작성기간	건축공사	14 (29.8%)	23 (48.9%)	7 (14.9%)	2 (4.3%)	1 (2.1%)
	터널공사	6 (12.8%)	20 (42.6%)	12 (25.5%)	5 (10.6%)	4 (8.5%)
처리기간	건축공사	3 (6.4%)	8 (17.0%)	22 (46.8%)	10 (21.3%)	4 (8.5%)
	터널공사	1 (2.1%)	5 (10.6%)	21 (44.7%)	10 (21.3%)	10 (21.3%)

※처리기간이란 승인 요청일로 부터 협의 내용 반영결과 통보일 까지임.

〈작성기간〉



〈처리기간〉

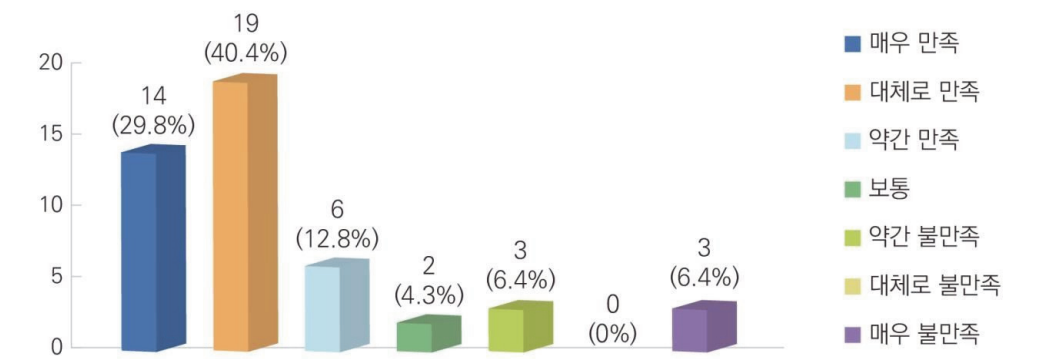


II. 검토 업무에 관한 만족도 조사

II-1. 전문기관의 애로 사항을 파악하고 업무 PROCESS 개선을 위한 기초자료 수집을 위해 아래와 같이 설문조사를 실시합니다.

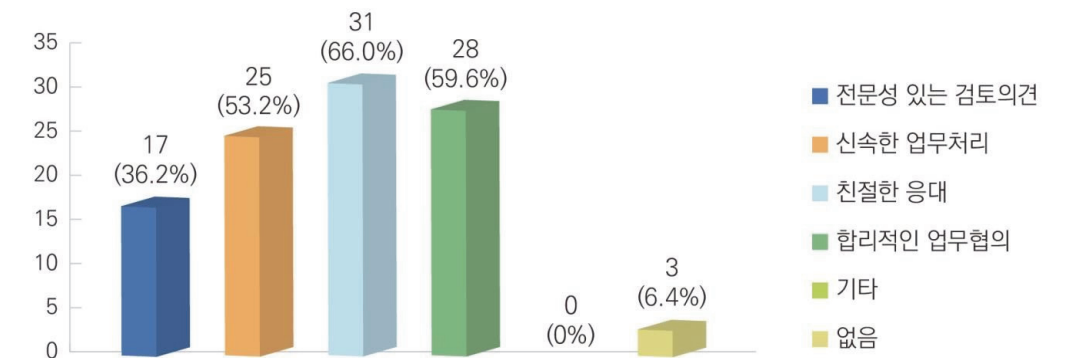
1) 관리원의 평가서 검토와 관련한 업무 처리 시 만족도는 어느 정도입니까?

매우 만족	대체로 만족	약간 만족	보통	약간 불만족	대체로 불만족	매우 불만족
14 (29.8%)	19 (40.4%)	6 (12.8%)	2 (4.3%)	3 (6.4%)	-	3 (6.4%)



2) 관리원의 평가서 검토와 관련한 업무 처리 중 가장 만족도가 높은 사항에 체크 바랍니다. (복수선택 항목)

전문성 있는 검토의견	신속한 업무처리	친절한 응대	합리적인 업무협약	기타	없음
17 (36.2%)	25 (53.2%)	31 (66.0%)	28 (59.6%)	-	3 (6.4%)

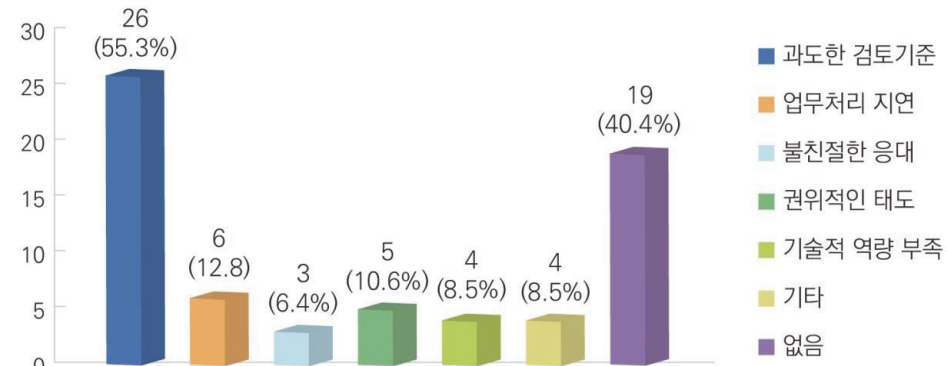


※ 기타

- ▶ 갑을 관계가 아닌 기술적인 대화가 이뤄짐.
- ▶ 문자 알림 서비스.
- ▶ 참고자료 요청 시 적극적인 협조와 합리적인 판단과 협의로 업무 진행에 만족합니다.

3) 관리원의 평가서 검토와 관련한 업무 처리 중 개선이 필요하다고 생각하는 사항에 체크 바랍니다 (복수선택 항목).

과도한 검토기준	업무처리 지연	불친절한 응대	권위적인 태도	기술적 역량 부족	기타	없음
26 (55.3%)	6 (12.8)	3 (6.4%)	5 (10.6%)	4 (8.5%)	4 (8.5%)	19 (40.4%)



※ 기타

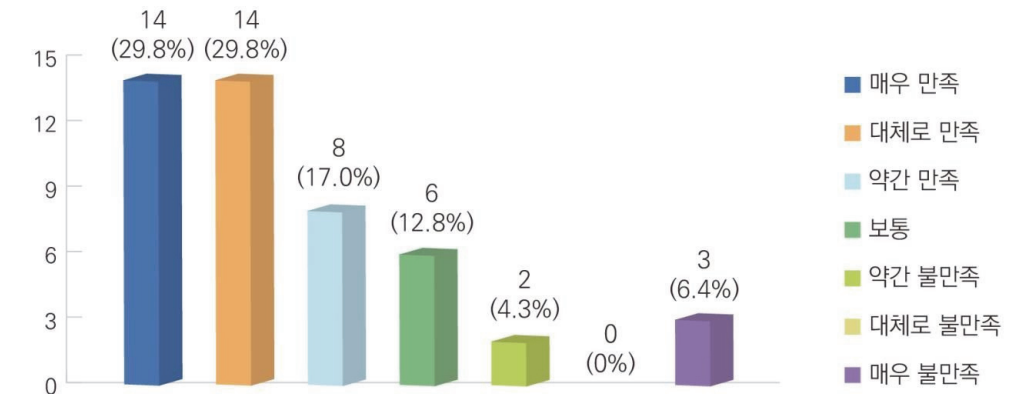
- ▶ 관리원의 가중한 업무건수로 심도 있는 검토가 불가함.
- ▶ 불필요한 3차원 검토 기준.
- ▶ 매뉴얼에 의존한 검토 보다 전문성과 현장 경험을 바탕으로 평가되었으면 함.
- ▶ 현장상황 및 실적 등을 바탕으로 검토 및 협의에 임했으면 함.
- ▶ 엄격한 작성 기준으로 검토 및 협의로 진행이 원만하지 않음.
- ▶ 기술자의 경험과 공학적 지식을 고려하지 않고 단순 매뉴얼로만 평가함.

II-2. 국토안전관리원에서 실시하는 보완 컨설팅에 관한 설문조사입니다.

1) 국토안전관리원에서 실시하는 보완 컨설팅에 관한 만족도 조사입니다. 보완 컨설팅의 만족도에 따라 해당 부분에 체크 바랍니다.

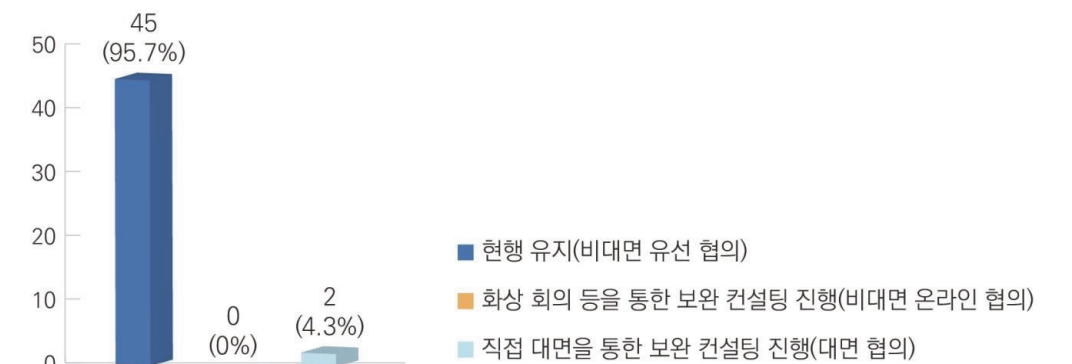
매우 만족	대체로 만족	약간 만족	보통	약간 불만족	대체로 불만족	매우 불만족
14 (29.8%)	14 (29.8%)	8 (17.0%)	6 (12.8%)	2 (4.3%)	-	3 (6.4%)

※ 보완 컨설팅이란, 전문기관이 검토기관에게 평가서의 보완 사항을 유선 또는 이메일로 적정성 여부를 확인하는 과정.



2) 보완 컨설팅의 효율성 향상을 위해 업무 PROCESS 개선 및 보완이 필요한 부분을 확인하여 선택하여 주시기 바랍니다.

내용	선택결과
① 현행 유지(비대면 유선 협의)	45 (95.7%)
② 화상 회의 등을 통한 보완 컨설팅 진행(비대면 온라인 협의)	-
③ 직접 대면을 통한 보완 컨설팅 진행(대면 협의)	2 (4.3%)

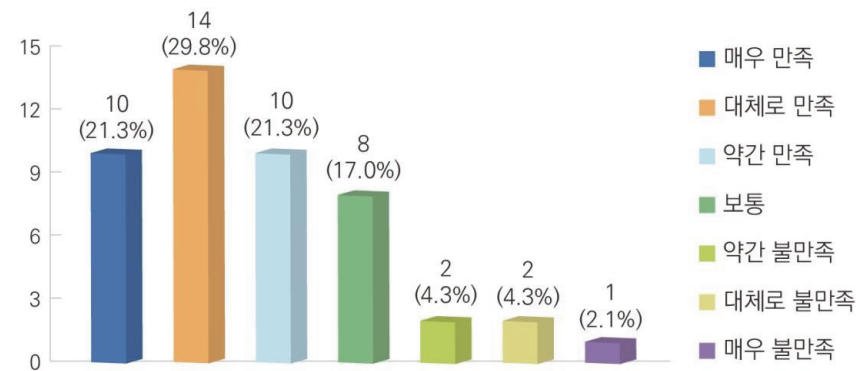


III. 지하안전영향평가 제도 및 표준매뉴얼에 관한 만족도 조사

III-1. 국토교통부에서 발간한 표준매뉴얼(지하안전영향평가서 및 사후지하안전영향조사서)에 대한 만족도 조사입니다. 귀사의 만족도는 어느 정도입니까?

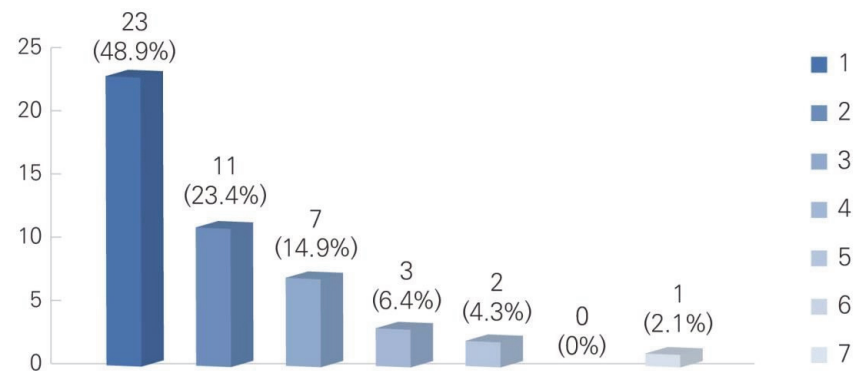
매우 만족	대체로 만족	약간 만족	보통	약간 불만족	대체로 불만족	매우 불만족
10 (21.3%)	14 (29.8%)	10 (21.3%)	8 (17.0%)	2 (4.3%)	2 (4.3%)	1 (2.1%)

※ 지하안전영향평가서 : 지하안전영향평가 표준매뉴얼(국토교통부, 2021.7., 개정 1판).
 ※ 사후지하안전영향조사서 : 사후지하안전영향조사서(국토교통부, 2021.7., 개정 1판).



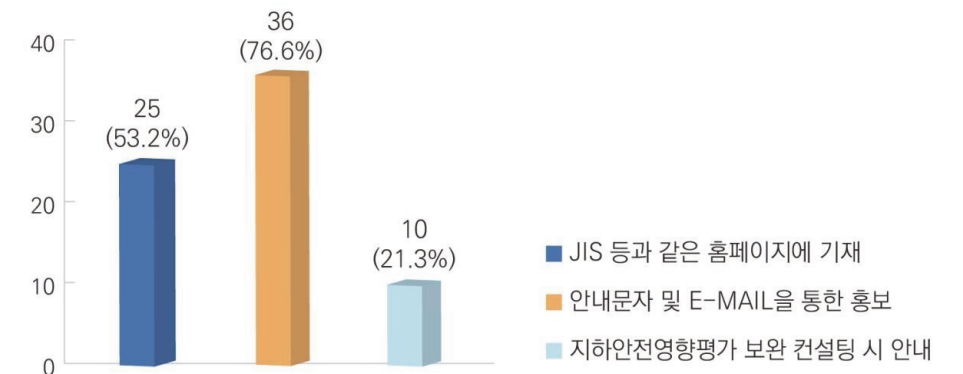
III-2 평가서 및 조사서 작성 시 표준매뉴얼의 활용 여부에 대해 체크 바랍니다.

◀적극활용						활용안함▶
1	2	3	4	5	6	7
23 (48.9%)	11 (23.4%)	7 (14.9%)	3 (6.4%)	2 (4.3%)	-	1 (2.1%)



III-3 '21년도 7월 표준매뉴얼 개정 후, 전문기관에 대한 홍보가 미흡하여 업무에 혼선이 생긴 사례가 있었습니다. 따라서 매뉴얼 개정 시 업무 혼선을 줄이고, 전문 기관에게 개정된 내용 공유를 위한 효과적인 홍보 방법은 무엇인지 체크 바랍니다.

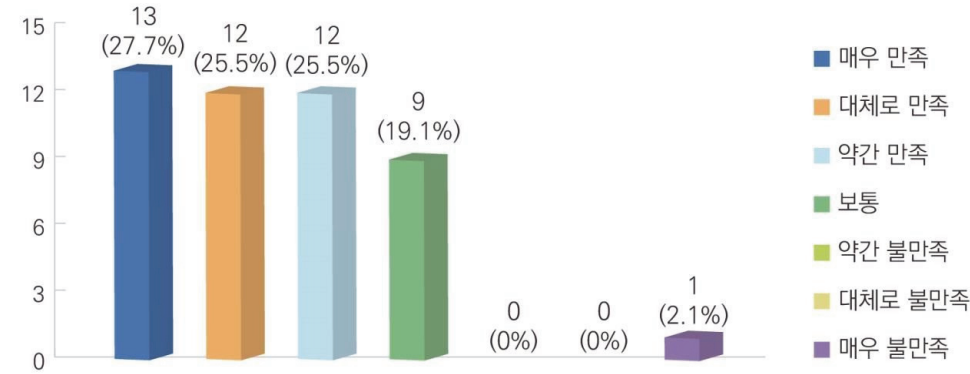
내용	홍보 방법
㉠ JIS 등과 같은 홈페이지에 기재	25 (53.2%)
㉢ 안내문자 및 E-MAIL을 통한 홍보	36 (76.6%)
㉡ 지하안전영향평가 보완 컨설팅 시 안내	10 (21.3%)



- ※ 기타
- ▶ 책임기술자 메일 전송 및 문자 알림.
 - ▶ 문자로 받는게 좋을 거 같습니다.
 - ▶ 협의 시 안내해주시면 좋겠습니다.
 - ▶ 등록된 전문기관에 공문발송.
 - ▶ 보완 요청 시 개정 및 홍보자료 첨부.
 - ▶ 지속적인 문자나 메일로 안내가 필요합니다.

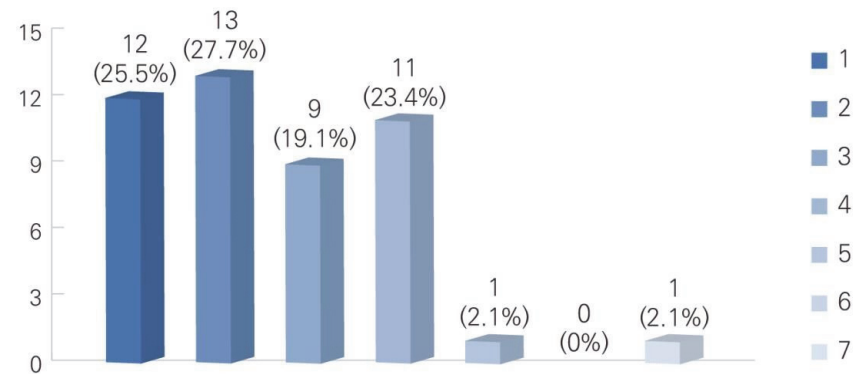
III-4 지하안전영향평가서 검토 사례집(2020. 12., 이하 사례집) 및 지하안전영향평가 반복질의 Q/A집(2021. 06., 이하 Q/A집)에 대한 만족도 조사입니다. 어느 정도 만족하십니까?

매우 만족	대체로 만족	약간 만족	보통	약간 불만족	대체로 불만족	매우 불만족
13 (27.7%)	12 (25.5%)	12 (25.5%)	9 (19.1%)	-	-	1 (2.1%)



III-5 발간된 사례집 및 Q/A집의 업무 활용도에 관한 조사입니다. 해당하는 부분에 체크 바랍니다.

◀적극활용						활용안함▶
1	2	3	4	5	6	7
12 (25.5%)	13 (27.7%)	9 (19.1%)	11 (23.4%)	1 (2.1%)	-	1 (2.1%)

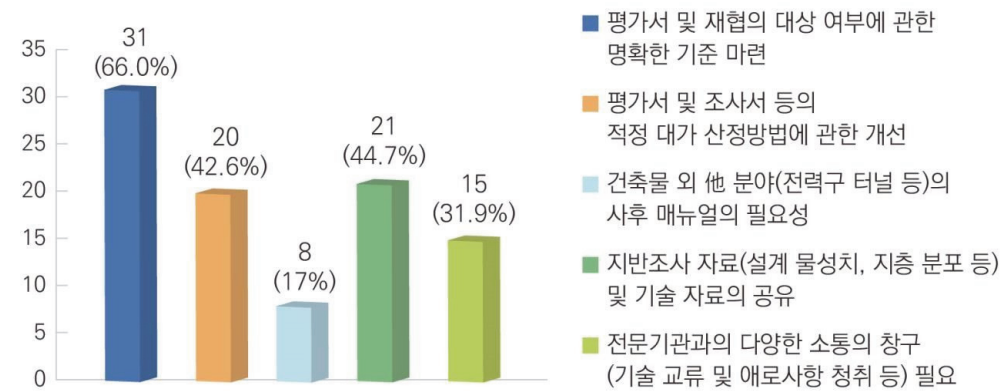


III-6 지하안전영향평가 표준매뉴얼에 제시된 평가기준 및 설계기준에 대한 만족도 조사입니다. 만족도에 따라 해당 항목에 체크 바라며, 향후 표준 매뉴얼 개정을 위한 기초 자료로 활용 될 예정입니다.

구분	매우 만족	만족	보통	불만	매우 불만
인접시설물 현황조사	15 (31.9%)	15 (31.9%)	16 (34.0%)	-	1 (2.1%)
지반안전성 검토범위 산정 방식	14 (29.8%)	14 (29.8%)	13 (27.7%)	5 (10.6%)	1 (2.1%)
지반조사간격 및 현장시험 등에 관한 조사기준	7 (14.9%)	13 (27.7%)	21 (44.7%)	3 (6.4%)	3 (6.4%)
설계 물성치 산정방식	8 (17.0%)	15 (31.9%)	21 (44.7%)	2 (4.3%)	1 (2.1%)
설계지하수위 산정방법	8 (17.0%)	17 (36.2%)	13 (27.7%)	7 (14.9%)	2 (4.3%)
3차원 해석 기준	6 (12.8%)	11 (23.4%)	12 (25.5%)	12 (25.5%)	6 (12.8%)
계측 관리기준(1~3차)	8 (17.0%)	17 (36.2%)	18 (38.3%)	3 (6.4%)	1 (2.1%)
누적지하수위 관리기준 산정 방법	9 (19.1%)	13 (27.7%)	14 (29.8%)	4 (8.5%)	7 (14.9%)
계측기 설치 기준 (수량, 위치자동화계측 등)	7 (14.9%)	19 (40.4%)	16 (34.0%)	4 (8.5%)	1 (2.1%)
설계시와 상이한 지층 조건인 경우 재해석	5 (10.6%)	20 (42.6%)	16 (34.0%)	2 (4.3%)	4 (8.5%)
월간 조사서 제출 항목의 적정성	5 (10.6%)	15 (31.9%)	21 (44.7%)	4 (8.5%)	2 (4.3%)

III-7 지하안전영향평가 제도와 관련하여 개선이 필요한 부분은 어떤 것입니까(복수 선택 가능)?

내 용	선택결과
①평가서 및 재협의 대상 여부에 관한 명확한 기준 마련.	31(66.0%)
②평가서 및 조사서 등의 적정 대가 산정방법에 관한 개선.	20(42.6%)
③건축물 외 他 분야(전력구 터널 등)의 사후 매뉴얼의 필요성.	8(17%)
④지반조사 자료(설계 물성치, 지층 분포 등) 및 기술 자료의 공유.	21(44.7%)
⑤전문기관과의 다양한 소통의 창구(기술 교류 및 애로사항 청취 등) 필요.	15(31.9%)

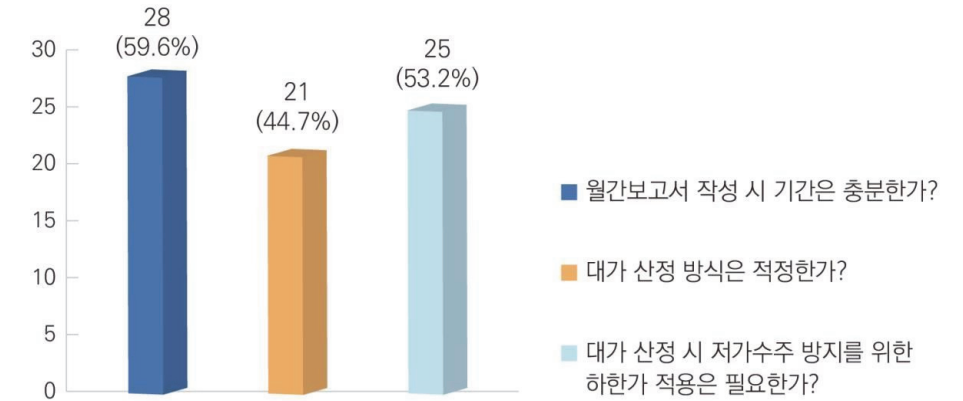


※ 기타

- ▶ 협의기간 단축 필요, 협의기관의 과한 접수서류(부록에 수록된 구조계산서 및 도면 외 별도의 파일) 요구.
- ▶ 조사서 작성시 조사기간을 반영한 월간보고서의 적정대가 산정기준 마련이 시급합니다.
- ▶ 사후지하안전영향조사서 작성 업체(전문기관)와 건설사업관리단의 업무 영역 구분이 필요하며, 사후지하안전영향조사서 작성 시 적정대가 반영이 필요.
- ▶ 토사층의 현장 재하, 전단시험은 시추공 붕괴로 시험이 안됨. 매뉴얼에 반영 바람. 재협의 대상 벽체 강성, 지보간격 증가에 대한 세부기준 필요. 1cm 변해도 재협의가 됨.
- ▶ 지하안전정보시스템에 등록된 평가서 열람이 필요(설계지반정수, 공사일정 등등).
- ▶ 3차원 해석보다 2차원 해석이 더 안전측 해석임에도 불구하고 과도한 3차원 해석의 요구로 인한 불필요한 경비 발생 및 협의기간 소요.
- ▶ 모호한 기준에 대한 소통창구 및 문의처가 필요, 조금 더 세분화된 매뉴얼 개정 필요.
- ▶ 인력부족으로 인한 협의 지연 / 인력충원 필요.
- ▶ 인접 평가서 열람하기
- ▶ (1)현실적인 현장시험 기준 확립 필요, (2)지표고저차 발생시 GL값 혼란 발생 EL값으로 통일 요청, (3)대가 산정 시 저가수주 방지를 위한 하한가 적용 필요_각종 관공서(공사기관 포함) 발주에서 오히려 대가를 적게 산정하는 경향이 많음 따라서 관공서에서 입찰요구 있으나 평가기관 입찰 불응 발생.
- ▶ 적정대가 산정 시 고려되어야 하는 조건이 단순히 사업규모 뿐만 아니라 업무난이도 및 수행기간 등의 현실적인 부분들이 반영되어야 함.
- ▶ 흙막이의 경우 건축구조물에 따른 조사위치가 선정되는 경우가 많고, 흙막이는 경계부라서 대규모일 경우 차이가 발생할 수 있습니다. 이 부분에 대한 적절한 기준이 조금 수정되면 좋겠습니다. 그리고, 일률적인 조사 간격적용은 현장상황을 고려하면 못 할 경우가 발생함. 흙막이 기준으로 하면 구조물과 상관없는 지역에 조사되는 경우가 많고, 신규 구조물 기준으로 하면 조사를 못 하여 평가서 재작성 및 협의 지연이 많이 늦어지는 경우가 발생합니다. 이런 부분에 대한 기준이나 작성요령에 대해 보완 좀 해주셨으면 합니다.

III-8 사후지하안전영향조사서에 관한 설문입니다. 아래의 내용을 보고 개선이 필요한 사항에 체크 바랍니다.

내 용	개선의 필요성
㉠ 월간보고서 작성 시 기간은 충분한가?	28(59.6%)
㉡ 대가 산정 방식은 적정한가?	21(44.7%)
㉢ 대가 산정 시 저가수주 방지를 위한 하한가 적용은 필요한가?	25(53.2%)

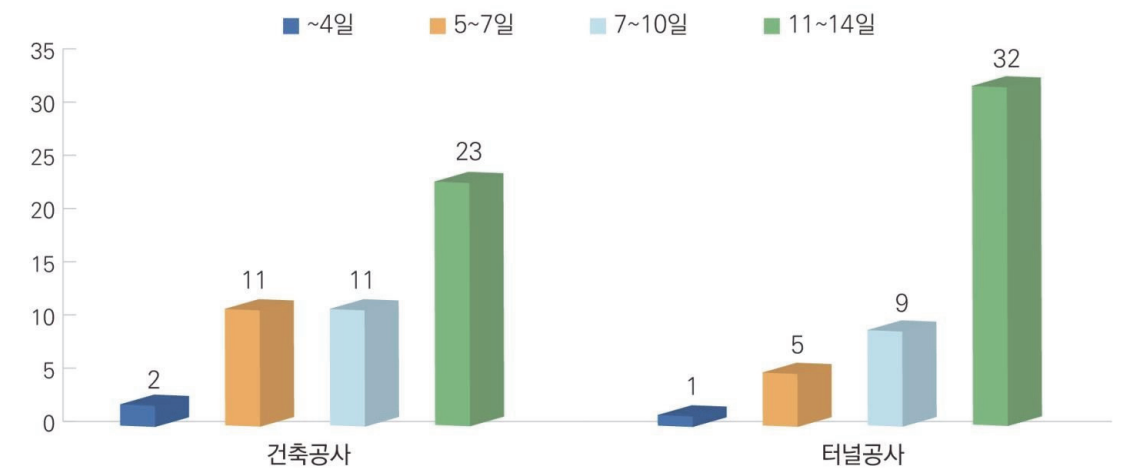


III-9 사후지하안전영향조사서의 월간보고서 작성 기간(기간 산정 시 휴일 및 공휴일 제외)으로 적정하다고 생각한 항목에 체크 바랍니다.

구 분	~4일	5~7일	7~10일	11~14일
건축공사	2	11	11	23
터널공사	1	5	9	32

※ 건축공사: 건축물, 택지 및 기타시설 등.

※ 터널공사: 도로, 철도, 전력구 및 환승센터 등.

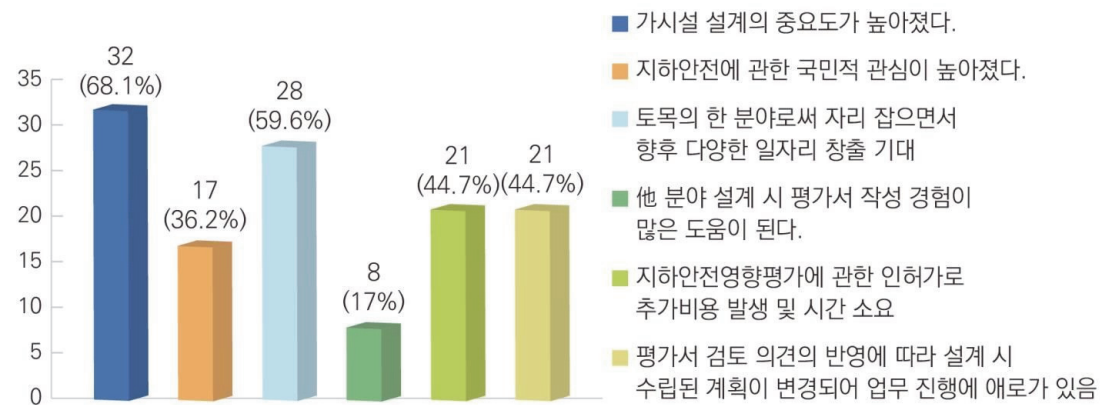


IV. 기타

IV-1. 지하안전영향평가에 대한 대외 이미지와 전문기관의 적극적인 소통과 참여를 유도하고자 아래와 같이 설문을 실시합니다.

- 1) 지하안전영향평가 실시 후 지하안전에 관한 인식 조사입니다. 해당 항목에 체크 바랍니다 (복수체크 가능).

내 용	선택결과
① 가시설 설계의 중요도가 높아졌다.	32(68.1%)
② 지하안전에 관한 국민적 관심이 높아졌다.	17(36.2%)
③ 토목의 한 분야로써 자리 잡으면서 향후 다양한 일자리 창출 기대.	28(59.6%)
④ 他 분야 설계 시 평가서 작성 경험이 많은 도움이 된다.	8(17%)
⑤ 지하안전영향평가에 관한 인허가로 추가비용 발생 및 시간 소요.	21(44.7%)
⑥ 평가서 검토 의견의 반영에 따라 설계 시 수립된 계획이 변경되어 업무 진행에 애로가 있음.	21(44.7%)

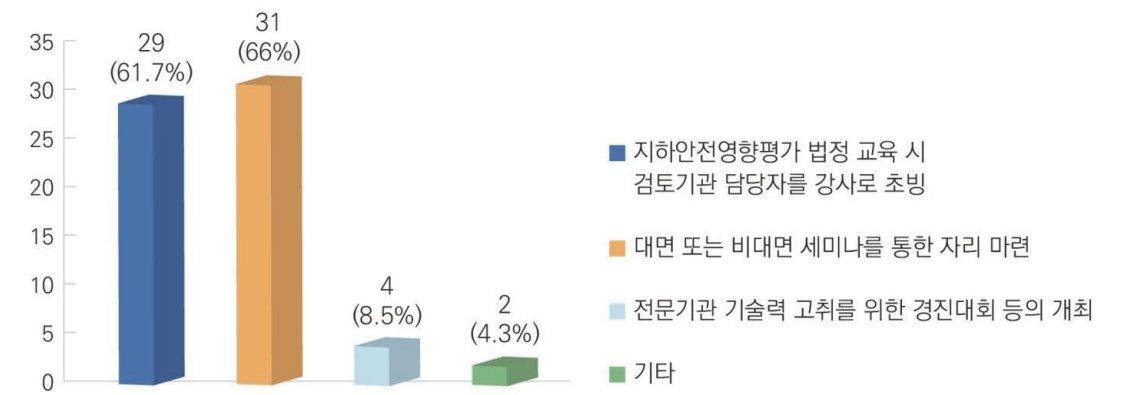


※ 기타

- ▶ 현장점검시 승인기관 참여 등 책임 부여.
- ▶ 지안평과 지자체 굴토심의로 과다설계되는 경향이 있으므로, 정책적인 상호보완이 필요함.
- ▶ 지하안전평가를 완료 하였으나 굴토 심의로 인한 설계변경이 발생하여 재검토에 따른 시간과 비용발생 해소가 필요함.
- ▶ 지하안전에 대한 경각심을 다시 한번 더 일깨우고 철저한 관리기준을 마련함으로써 시공 중 지반침하 및 붕괴사례가 현저히 줄었다고 생각합니다.
- ▶ 설계기준과 평가기준이 상이하여 설계와 별개로 지안평 의견 제시가 가능하도록 개선.
- ▶ 대가 산정에 포함되지 않은 업무의 평가업무로의 전가, 설계기간 관철을 위한 평가 업무기간 미보장
- ▶ 누구에게나 적절한 기준은 없습니다. 개인 생각차이가 있으니깐요. 그래서 협의 및 보완 시 조금은 유연성 있는 검토가 필요 할 듯합니다.

- 2) 향후 지하안전영향평가 제도와 기술적 발전을 위해 검토기관과 전문기관의 소통을 위한 적절한 방법은 무엇입니까(복수체크 가능).

내 용	선택결과
① 지하안전영향평가 법정 교육 시 검토기관 담당자를 강사로 초빙.	29(61.7%)
② 대면 또는 비대면 세미나를 통한 자리 마련.	31(66%)
③ 전문기관 기술력 고취를 위한 경진대회 등의 개최.	4(8.5%)
④ 기타.	2(4.3%)



※ 기타

- ▶ 평가서 실무 중 문제점 및 현장 시공 현황을 고려한 보완 필요.
- ▶ (1) 관리원과 국토청 직원의 현실적인 업무역량 강화 필요.
(2) 승인기관의 담당자 업무인식 개선 필요_본인인 지안평에 대한 내용 모름.
- ▶ 지안평과 굴토심의 중복으로 난처한 사항이 발생, 중복되지 않도록 둘중 하나는 제외되길 희망함.
- ▶ 기술적 극복사례 등의 아이디어 공유 필요, 각 전문기관의 실무 담당자 연락처를 공유하여 자연스럽게 기술공유가 되길 희망.
- ▶ 사후지하안전영향조사서 대가 산정 시 기간에 대한 할증이 없어서 불합리함.
- ▶ 좋은 제도에 대해 정립을 위해 많은 의견 수립과 홍보가 필요.
주기적인 대면 교육이 있으면 좋겠습니다.
검토의견 작성 시 작성자와 대면 협의 후 작성자 의견 수렴 후 작성 했으면 더 좋겠습니다.

6.3 설문조사 결과 분석

6.3.1 업무수행 현황에 관한 설문조사 결과

● 건축공사

- 건축공사의 실 투입인력과 적정 투입인력은 사후지하안전영향조사서(이하 조사서)와 지하 안전영향평가서(이하 평가서) 모두 3~4인 가장 많은 선택을 받은 것으로 나타났다.

● 터널공사

- 터널 공사의 경우 실 투입인력과 적정투입인력은 3~4인과 4~5인이 가장 많은 선택을 받았으며, 이는 공사규모(연장, 정거장 및 주요 구조물 등)에 따라 전문기관의 선택이 나뉘진 것으로 분석된다.

● 처리기간

- 평가서 처리기간은 3~4개월 정도 소요되는 것으로 확인되었으며, 공사 규모에 따라 소요 일수가 달라지는 것을 확인하였다.

6.3.2 검토 업무에 관한 만족도 조사 결과

● 평가서 및 보완 컨설팅에 관한 만족도 조사

- 업무 처리 및 보완 컨설팅에 관한 만족도 조사 결과 대체로 양호한 것으로 나타났지만, 작년과 같이 과도한 검토기준은 분명히 개선이 시급한 것으로 확인되었다.
- 보완 컨설팅에 대해서는 대체로 만족한 것으로 파악되며, 직접대면의 경우 코로나 등의 사유로 많은 선택을 받지 못한 것으로 분석된다.

6.3.3 지하안전영향평가제도 및 표준매뉴얼에 관한 만족도 조사 결과

● 표준매뉴얼과 사례집 등에 관한 만족도 및 활용도 조사 결과

- 표준매뉴얼, 사례집 및 Q/A집에 대한 만족도는 설문 대상자 중 70% 이상이 만족(약간만족 ~ 매우만족)한 것으로 나타났다.
- 표준매뉴얼과 사례집 및 Q/A집의 업무 활용도는 1~3선택[매우만족(1)~대체로 만족(3)] 비율이 각각 87.2%와 72.3%로 나타나 전반적으로 높은 것으로 파악되나, 전문기관이 업무 수행 중 실질적으로 필요한 항목들을 선별하여 사례집 활용도를 높일 필요가 있는 것으로 판단된다.
- 3차원 해석 기준 등과 같이 전문기관의 요청이 많았던 항목들*의 경우, 보통~불만으로 응답한 비율이 높았으며, 이를 토대로 보통으로 선택한 항목은 우수 작성 및 보완 사례를 모아 22년도 사례집 및 학회 발표 등의 다양한 루트를 통해 홍보하고, 매뉴얼 개정 등을 통해 전문기관의 만족도를 높이는데 집중할 필요가 있다.

* 요청이 많았던 항목들은 작년 설문조사 결과 및 보완 컨설팅 시 전문기관의 요청이 꾸준히 있었던 사항임.

● 제도개선 및 사후지하안전영향조사서에 관한 설문조사 결과

- 사후의 월간 보고서 및 대가 산정에 관한 조사 결과는 추후, 사후지하안전영향조사서의 제도 개선을 위해 활용됨을 안내드리며, 표준매뉴얼 및 법 개정과 같은 사항은 설문조사 결과를 토대로 추후 JIS 및 안내 문자로 안내를 통해 전문기관에게 전달하도록 하겠습니다.

6.3.4 기타

- 지하안전에 관한 인식과 관련한 조사 결과를 바탕으로 지하안전영향평가의 제도와 기술적 발전을 위해, 전문기관과 소통할 수 있는 자리를 만들도록 노력하겠습니다.



참여 기술진

참여 분야	소 속	직위 및 성명
업무 총괄	건설안전본부	본부장 권혁기
업무 관리	지하안전기획단	단장 이종근
집필총괄	"	부장 최태식
	"	차장 노태길
지하안전영향평가 제도 소개	"	차장 노태길 사원 조한기
지하안전영향평가서등의 우수사례 소개	"	사원 조한기
지반침하 사고원인 분석을 통한 재발방지 대책 제안	"	사원 조한기
지하안전영향평가서등의 신기술 적용 사례	"	사원 조한기
지하안전영향평가서등의 검토현황	"	사원 조한기 사원 윤시연
지하안전영향평가서 제도 설문조사	"	사원 조한기