

## 연구계에서 본 국내 지반조사 기술의 현황 및 문제점

---

김 영 진, 공학박사

(한국건설기술연구원 토목연구부 수석연구원)

# 연구계에서 본 국내 지반조사 기술의 현황 및 문제점

김영진, 한국건설기술연구원 토목연구부 수석연구원

1. 서론
2. 현행 지반조사 제도상의 문제점
3. 국내 지반조사 기술상의 문제점
4. 결론

## 1. 서론

최근 국가 경제의 규모가 확장되고 산업이 급속히 발달하면서 사회간접시설(SOC)이 급속도로 확충되고 있다. 이러한 과정에서 국토의 전역에 걸쳐 각종 건설 공사가 수없이 전개되고 있으며, 그 결과 이제는 더 이상 양호한 지반에서만 공사를 수행하기 어려운 실정이 되었다. 다시 말해 해안가 초연약지반이나 풍화 파쇄대 지역, 도심지 기존구조물 근접부 등 과거에는 건설공사 입지 선정시 잘 선택하지 않던 지반조건에서도 공사를 수행하여야 하는 경우가 날로 늘어나고 있다. 게다가 토목, 건축 구조물이 날로 대형화, 대심도화하는 추세를 보이고 있어 건설공사를 안전하면서도 경제적으로 수행하기 위해서는 정확한 지반조사와 실내외 시험의 실시 그리고 그 결과를 제대로 설계에 반영하는 일련의과정이 매우 중요하게 대두되고 있다.

이 글에서는 이러한 상황적 요구에 부응하고, 국내 지반조사 기술을 한층 발전시키기 위하여 우선 국내 지반조사 기술의 제반 실태와 문제점을 파악해 보고자 한다. 단지 필자가 국가 연구기관 근무하는 관계로 이 글은 연구기관에서 바라 본 국내 지반조사 기술의 현황과 문제점에 초점을 맞추었다.

이 글을 작성함에 있어 필자가 3년간 수행했던 과기부 특정연구과제 “구조물의 안정성과 경제성을 높이기 위한 지반조사 기술 개발 및 D/B구축” 보고서와 최근 별도로 국내 20여 개 지반조사 회사에 대한 설문 조사 내용, 그리고 평소 국가기관의 설계자문시 발견한 문제점들을 참고하였다. 따라서 필자가 지적한 내용이 국내 지반조사회사 전체의 문제점일 수도 있고, 몇몇 특정 회사만의 문제점일 수도 있음을 미리 밝혀 둔다.

## 2. 현행 지반조사 제도상의 문제점

### 2.1 지반조사 비용의 부적절

#### 2.1.1 표준품셈의 미비점

지반조사는 현장에서 boring이나 하고 적당히 시료를 채취하는 단순한 노동만이 아니다. 축조하고자 하는 구조물의 종류와 규모를 생각하여야 하고 해당지역의 지질학적, 지반공학적 환경과 특성을 판단한 후 가장 효과적인 지반조사 방법 및 위치를 선택해야 하며, 지반조사 결과를 어떤 시험이나 설계에 어떻게 적용할 것인지를 종합적으로 판단하는 엔지니어링의 총화이다.

이러한 측면에서 현행 건설표준품셈의 토질 및 토양조사부문에 규정되어 있는 품은 미비한 점이 많다. 우선 지반조사의 가장 기본이 되는 표준관입시험을 살펴보자.

표 1. 건설표준품셈의 표준관입시험(1 회당)

종 별	단 위	수 량	비 고
중급기술자	인	0.03	
보링공	인	0.1	
특별인부	"	0.1	
보통인부	"	0.1	
슈	개	0.1	
샘플러	개	0.015	
경유	l	1.0	
모빌유	"	0.06	
휘발유	"	0.05	
그리스	kg	0.03	

이 품셈을 보면 중급기술자가 0.03인/회 포함되어 있으나 표준관입시험에서 얻는 N치는 측정도중 토층이 변하는 경우나 상재압, 포화된 이토질 모래, 지하수의 영향 등을 받는 등 현장에서 판단해야 할 기술적 사항이 있으므로 인력품을 약간 늘릴 필요가 있고, 특히 고급기술자를 0.03인/회 정도 추가하는 것이 바람직하다고 판단된다. 혹자는 고급기술자가 굳이 필요하겠느냐고 생각할 지도 모르겠으나 다음의 사례를 들어 답을 대신하고자 한다. 2000년 가을 양산지역에서 국내 모 지반조사회사와 일본의 지반조사기관에서 공동으로 자연시료를 채취한 일이 있었다. 이때 일본에서는 지반조사분야에서 세계적으로 유명한 운수성 항만기술연구소의 Tanaka 박사 및 지역환경연구소의 Suwa 부소장이 처음부터 끝까지 현장을 지켰던

사실을 상기시키고 싶다.

건설표준품셈의 자연시료(비교란시료) 채취 부분에서도 현 품셈에는 매회당중급기술자가 0.1인, 보링공 0.25인, 특별인부 0.25인, 보통인부 0.25인으로 되어 있는데 여기에도 고급기술자를 0.03인/회 정도 추가하는 것이 필요하다고 생각한다. 항만건설공사와 관련하여 모 지반조사회사에서 수행한 지반조사 보고서를 검토한 적이 있는데, 이 회사에서는 표준관입시험을 실시한 공(hole)의 1m 하부에서 자연시료를 채취한 것이 여러 개 나타났다. 1m 하부라면 표준관입시험을 할 때 함마의 낙하 에너지에 의하여 지반이 교란될 가능성이 높는데 그 위치에서 채취한 시료를 어떻게 비교란 시료라고 할 것인지, 그리고 그 시료를 이용하여 토질시험(역학시험)을 한 결과를 어떻게 믿을 수 있을 지 우려하지 않을 수 없다.

이러한 현실을 감안할 때 표준관입시험이나 비교란 시료 채취시 반드시 고급기술자가 현장에서 작업판단을 내리거나 인부들의 작업 지도라도 해야 한다고 판단된다.

아울러 현행 건설표준품셈에서는 보링에 대한 품 산정시 지층을 분류할 때 점토층에 전토, 실트, 풍화암을 같은 층으로 분류하고 있는데 풍화암이나 풍화토의 파쇄대의 경우 훨씬 더 많은 품이 들게 되므로 이것도 별도로 분류할 필요성이 있다. 참고로 일본의 경우 파쇄대는 극경암과 같은 품을 인정해 주고 있다는 점을 감안해야 할 것이다.

한편 한국엔지니어링진흥협회에서 제정하고 1996년 2월 과기부 장관의 승인을 받은 “토질 및 기초조사 표준품셈”에서는 지반조사에 대한 단계를 세분화하고, 인건비도 직접인건비와 노무비로 구분하여 상향조정하여 놓았으나 (표 2. 참조) 현재 건교부 및 각 지방청, 해양수산부, 도로공사 등의 발주처에서는 건설표준품셈을 주로 이용하고 있고, 단지 토지공사에서만 과기부 승인 “토질 및 기초조사 표준품셈”을 적용하고 있는 실정이다.

표 2. 과기부 표준품셈상의 토질 및 기초조사 표준관입시험 (1 회당)

비 목	세 목	단 위	수 량	비 고
직접인건비	중급기술자	인	0.03	
	고급기능사	"	0.05	
	초급기능사	"	0.05	
노무비	특수인부	인	0.1	
	보통인부	"	0.1	
재료비	슈	개	0.1	
	샘플러	"	0.015	
	롯데	본	0.015	
	잡 품	%	20	상기의 20%
유류비	경 유	ℓ	0.1	
	모빌유	"	0.06	
	휘발유	"	0.05	
	구리스	kg	0.03	
	기 타	%	10	
기계기구손료	시추기	시간	0.5	

### 2.1.2 하도급 관행에 따른 실제 지반조사 비용의 부족

발주처에서 토목, 건축 구조물의 발주시 설계 위주로 발주하고 지반조사는 그 설계비 속에 포함되어 있는 경우가 대부분이다. 설계회사 가운데는 지반조사장비와 인력을 갖추고 있는 회사도 있고 그렇지 않은 경우도 있다. 지반조사 장비와 인력을 갖추지 않은 회사에서는 지반조사업무를 하도급주는데 그 때 간접비는 제외하고 주는 경우가 대부분이다. 본 연구에서 국내 지반조사회사 20개소에 조사한 바에 의하면 하도급을 받아서 지반조사업무를 수행하는 업체가 받는 경비는 발주처 금액의 50~60% 수준이라고 한다. 이렇게 하도급 과정에서 덤핑을 하다보니까 지반조사자체가 소홀히 되기 쉽고 지반조사 기술의 발전을 기대하기 어려운 게 현실이다.

이러한 문제점을 감안하여 항만이나 단지개발 같이 축조하고자 하는 구조물의 크기나 위치가 미리 확정되어 있는 경우는 발주처에서 지반조사를 설계와 별도로 발주하는 것도 지반조사의 질을 높이는 한 방법이 될 것으로 판단된다. 도로나 철도와 같이 노선이 선정되어야 지반조사를 실시할 수 있는 특별한 구조물은 제외하고 말이다.

아울러 발주처에서 지반조사를 발주하기에 앞서 전문가들의 자문을 받아서 적절한 지반조사의 방법 및 수량 등을 사전에 조절하는 것도 지반조사기술 발전에 도움이 될 것으로 판단된다.

## 2.2 지반조사 기준의 미비

### 2.2.1 외국의 조사기준

#### (1) 미해군 시설공병단(NAVFAC DM.7)

미해군공병단의 보링빈도 및 배치기준과 보링깊이 기준을 조사, 분석하여 표 3과 표 4에 각각 정리하였다.

표 3. 미해군공병단의 보링빈도 및 배치기준

조사 대상	배치 기준
광범위한 현장	예비조사의 보링간격은 근접한 4개소의 보링지점을 잇는 부분의 면적이, 현장 전체 면적의 약 10%가 되도록 한다. 세부조사는 가장 유효한 방향으로 토층단면도가 작성되도록 추가한다.
연약층이 있는 지역	예상되는 건물의 위치에는 보링 간격은 30~60 m, 건물의 위치가 확정되면 중간점의 보링을 추가한다.
간격이 좁은 독립기초를 갖는 대규모 구조물	보링은 각 방향으로 15 m 간격으로, 예상되는 기초 외벽, 기계실, 엘리베이터실 등에 실시하며, 가장 유효한 방향을 따라 토층도가 작성될 수 있도록 배치한다.
면적이 250~1,000 m <sup>3</sup> 의 독립된 강성기초	주변을 따라 최소 3개소 보링을 실시한다. 그 결과에 따라 중간에 보링을 추가한다.
큰 면적에 하중이 적은 구조물	최소한 네 모퉁이에 보링을 실시하고, 토층 단면도 작성에 필요한 수 개의 보링을 내부 기초 위치에 추가한다.
면적이 250 m <sup>2</sup> 이하의 독립된 강성기초	반대쪽 모서리에 최소 2개소 보링을 실시하고, 복잡한 상황에 따라 보링을 추가한다.
건조도크와 같은 중요한 해안구조물	장소가 확정되었을 때 일반적으로 보링 간격은 15m 이내로 하며 깊은 우물, 수문위치, 터널 및 암거 등의 중요 지점에는 중간 보링을 추가한다.
긴 격벽 또는 방파제	예비조사는 벽을 따라 60m 간격으로 실시한다. 중간지점에 보링을 추가할 때는 15m 로 줄여서 실시한다. 벽체 전면의 세굴을 받는 부분 및 배면 주동토압 작용영역에 대해서는 적당히 보링을 추가한다.
사면안정, 깊은 절토, 높은 제방	해석에 필요한 토층단면을 알기 위해서는 문제가 되는 방향을 따라 직선상에 3~5개소의 보링을 실시한다. 안정문제의 규모에 따라서 그 수는 증가한다. 활동사면에서 상향경사의 활동지역에는 최소한계의 보링을 추가로 실시한다.
댐 및 저수구조물	예비조사는 기초부분에 약 60m 간격으로 실시한다. 중심선상에 중간 보링을 추가할 때는 간격을 30m로 감소시켜 수행한다. 또, 교대, 여수로, 배수공 등의 중요구조물 위치에도 보링을 실시한다.
도로 및 비행장	깊은 흠막기나 높은 흠쌓기의 안정해석 등 필요한 경우에는 위의 규정을 적용한다.

표 4. 해군공병단의 보링깊이 기준

조사 대상	보링 깊이 기준
간격이 좁은 독립기초를 갖는 대형 구조물	기초의 조합에 따라 발생하는 연직응력이 접촉응력의 10% 보다 적게 분포하는 깊이까지 조사한다. 일반적으로 보링은 기초 최하부에서 9m 이상의 깊이까지 실시한다. 만약 그보다 얕은 깊이에서 암반이 나타날 경우에는 예외이다.
독립된 강성기초	연직응력이 접촉응력의 10% 보다 적게 분포하는 깊이까지 조사한다. 일반적으로 보링은 기초 최하부에서 9m 이상의 깊이까지 실시한다. 만약 그보다 깊은 깊이에서 암반이 나타날 경우에는 예외이다.
긴 격벽 또는 방파제	준설깊이 아래까지 벽 높이의 0.75~1.5배 깊이까지 조사한다. 활동면이 깊게 일어날 수 있는 토층으로 형성된 지반인 경우에는 특별히 단단한 지반층까지 실시할 필요가 있다.
사면안정	활동면 또는 활동가능 파괴면 이하의 단단한 지층까지 조사한다. 또한, 횡단면의 형상 때문에 파괴가 일어나지 않을 것 같은 깊이까지 조사한다.
깊은 터파기	터파기 저폭의 0.75~1.0배 깊이까지 조사한다. 안정성이 있는 토층의 지하수위 상부에서 터파기 할 때에는 저면에서 1.2~2.5m 깊이면 충분하다. 터파기가 지하수위 아래에서 실시될 때에는 그 아래의 불투수층을 확인한다.
고성토 구간	비교적 균질한 지반은 사면부분 수평길이의 0.5~1.25배 깊이까지 실시한다. 연약층이 있거나 또는 토층이 불규칙한 경우에는 단단한 층까지 조사한다.
댐 및 저수구조물	비교적 균질한 지반에서는 흙댐 기초폭의 0.5배, 소규모의 콘크리트 댐은 높이의 1.0~1.5 배 깊이까지 조사한다. 다만 어느 경우이든 보링깊이는 단단한 지층 또는 불투수층까지 도달하도록 해야 한다.

(2) 일본지반조사위원회 및 일본건축학회

일본지반조사위원회 및 일본건축학회의 지반조사 계획지침, 조사·시험 수량 및 깊이, 개략조사에 대한 보링지점의 배치, 보링깊이 기준을 조사·분석하여 각각 표 5~표 8에 정리하였다.

표 5. 건축기초 설계를 위한 지반조사 계획지침 (일본건축학회)

조사시험방법	수 량		깊 이	
	계획 A	계획 B	계획 A	계획 B
보 링	1개소 이상, 건축면적 300~500cm <sup>2</sup> 에 대해서 1개소	2개소 이상, 건축면적 100~300m <sup>2</sup> 에 대해서 1개소	1개소는 N값 50 이상의 지층을 5m이상 확인	좌동(파일롯보링)
표준관입시험	깊이 1m마다		상 동	
간이입도시험	1개소 이상, 표준관입시험시의 전 채취 시료에 대해서 행함		보링 깊이에 준함	
물리시험 (점성토)	대표공의 각 점성토층에 대해서 1시료	-	상부(床府)면까지	-
물리시험 (사질토)	대표공의 각 사질토층에서 깊이 1m마다		GL-20m까지	
비교란시료 물리·역학 시험 (점성토)	대표공의 각 점성토층에서 층후 2~5m에 대해서 1시료		상부면 및 지지층 직하 점성토층	기초슬래브 저면에서 지형에 의한 기준표에 따라 10~60m까지
지하수조사	말뚝·지하실 설계에 영향을 미치는 사질토층마다		지지층까지	
보링공내 재하시험	대표공의 각 토층에 대해서 1개소		말뚝의 수평저항깊이(말뚝머리-약 5m)까지, 혹은 침하검토 깊이까지	
사운딩	면적 20~30m <sup>2</sup> 에 대해서 1개소(경우에 따라서는 핸드오거나 시굴로 확인한다)		조사가능 깊이까지 (N=10~20정도까지)	
평판재하시험	1~2개소 이상		상부면의 깊이	
말뚝의 재하시험	연직 : 1개 정도 수평 : 2개 이상	-	설계에서 추정되는 말뚝에서 실시	

주) 계획A : 지반 구성을 추정할 수 있는 경우의 조사계획

계획B : 지반 구성을 추정할 수 없는 경우의 조사계획



표 6. 지반조사·시험 수량 및 깊이 (일본지반조사위원회)

조사·시험의 방법	수 량		깊 이	
	굴착 흙막이 계획 및 말뚝의 시공성		굴착 흙막이계획	
	지반 구성을 예상한 경우	예상할 수 없는 경우		
보 링	1개소 이상을 원칙으로 하여, 건축 면적 300m <sup>2</sup> ~500m <sup>2</sup> 에 대해서 1개소를 기준으로 한다.		지표면에서 굴착 깊이의 3배, 혹은 굴착 깊이, 굴착 평면의 단면길이의 어느쪽이든 큰 쪽의 깊이까지, 또한, 상기조건에서 정한 조사 깊이가 상기의 표에서 정해진 조사 깊이보다도 깊은 경우에는 조사깊이는 상기 표에서 정해진 조사 깊이로 한다	“지반 구성을 추정할 수 있는 경우”에는 상기 표의 계획 A에서 정해진 조사 깊이까지, “추정할 수 없는 경우”는 계획 B에서 정해진 조사 깊이까지 수행한다.
표준관입시험	깊이 1m마다를 표준으로 한다			
간이입도시험	적어도 1개소의 보링공에 대해 N값 측정시 채취시료에 대해 모두 실시한다			
물리시험	입도시험을 사질토층에서 1m마다 실시한다	1m마다 입도시험을 실시한다		
물리·역학 시험 (점성토)	각 지층에서 1개, 층후가 2m~5m를 넘는 때에는 2m~5m에 1개 시험한다.	깊이 2m~5m마다 1개 시험한다		
지하수위 조사	각 사질토층에서 조사한다	1~3개소 조사한다	지표면에서 굴착 깊이의 3배의 깊이까지	

표 7. 개략조사에 대한 보링지점의 배치 (일본지반조사 위원회)

공사의 종류	보링지점간격 (m)			한개의 구조물에 대한 최소보링 지점수
	토층균일	토층보통	토층불규칙	
고 층 건축 물	50	30	15	4
교 대·교 각 등		30	10	1~2
도 로 · 철 도	500	200	50	
흙 댐		100이내		
토 취 장	300~150	150~50	50~15	

표 8. 시공구조물별 보링깊이 기준(일본지반조사위원회)

공 사 의 종 류	보 링 깊 이	
	토 층 보 통	토 층 연 약
고층건축물, 교대, 교각 등	기초폭의 최소변장의 3배 (6m 이상)	지지층 5m
도로, 철도	절토부에서는 포장, 도상면 에서 2m 정도, 성토부에서는 지반면에서 성토높이 정도	지지층까지
흙 댐	높이와 같은 깊이	
토취장	10m 정도	

2.2.2 국내 기관별 지반조사기준의 상이

국내 각 기관에서는 구조물별, 조사방법별 지반조사기준이 서로 다른데 이를 분석한 결과를 표 9에 나타내었다.

표 9. 기관별/구조물별 국내 지반자료 조사기준 분석

구분	절토	성 토		교량	터널	개착식 터널 (흙막이)	재료원 (토취장 및 골재원)	건축물	기타	비 고
		일반 토질	연약 지반							
한국 토지 공사	② ③ ⑦⑧	③⑥⑧ ⑨	③⑥⑧ ⑨⑩				㉞	③ ⑦ ⑧ ⑪		-①은 전체에 대해 시행 -선택적으로 ②를 수행 -시료에 대하여 ㉠㉡㉢㉣ ㉤을 실시
한국 도로 공사	② ③ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ㉠㉡	③⑥⑦ ⑧⑨	③④⑥ ⑦⑧⑨ ㉠㉡	③⑧ ㉢㉣ ㉤	② ③ ⑧⑨ ㉠㉡ ㉢		③⑦ ㉠㉡㉢			-①은 전체에 대해 시행 -시추시료에 대하여 ㉠㉡ ㉢㉣㉤을 실시
대한 주택 공사								① ③ ④ ⑤ ⑦ ㉠ ㉡㉢		-성토, 절토 등의 구분없이 건물기초에 대해 일괄 적으로 제시
건설 교통부 국토 관리청	②③	⑥⑦		③	②③		③			-①②⑦⑧⑩㉠㉡㉢㉣㉤㉥ 을 실시하도록 일괄적으로 제시
건설 교통부 시설 안전 기술 공단					① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ㉠ ㉡ ㉢					
고속 전철 사업 기획단					① ② ③ ④ ⑤ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ㉠ ㉡					-조사의 개괄에서 일반적 조사의 기준 및 환경조사 까지를 망라하여 기술
서울 특별시										-①②③④⑤⑥⑦⑧⑩⑪⑫, ㉠㉡㉢㉣을 구조물의 구 분없이 기술
부산 광역시 건설 본부				①② ③④ ㉠㉡ ㉢						-명지대교 건설사업 지반조사 시방서 자료
한국 통신					① ③ ④ ⑤ ⑧⑩	①③④⑤ ⑧⑩				

①지질답사, ②물리탐사 및 점층, ③보링, ④샘플링, ⑤지하수위 조사, ⑥핸드오거보링, ⑦시험굴조사, ⑧표준관입시험, ⑨콘시험, ⑩베인시험, ⑪재하시험, ⑫수리시험, ⑬현장밀도시험, ⑭현장전단시험, ⑮토질물성시험, ⑯토질역학시험, ⑰지지력특성시험, ⑱암석물성시험, ⑲암석역학시험, ⑳골재시험, ㉑재료원조사

## 2.2.3 구조물별 지반조사 기준(안) 소개

한국건설기술연구원에서 구조물별 최소로 필요한 지반조사내용 및 실험 내용에 대한 제시안을 표 10에 나타내었다.

표 10. 시공구조물별 지반조사의 주안점과 조사내용 요약

구분	주안점 및 고려사항	조사내용 및 항목
구조물 기초	기초형식 선정, 지지층 판단, 지지력 및 침하검토, 지하수위 분포, 기초지반으로서 부적합한 지층에 대한 확인 및 평가(석회공동, 연약 및 압축지반 등)	지표지질조사, 보링 및 표준관입시험, 공내재하시험, 평판재하시험, 물리탐사 및 물리검층, 실내토질 및 암석시험, 지하수 조사 등
도로, 철도	굴착난이도 평가, 암유용성, 절성토 법면의 안정성해석, 성토재 유용 및 다짐특성, 토양변화율, 포장두께, 동결심도 등	지표지질조사, 물리탐사, 보링 및 표준관입시험, 시험굴조사 및 현장밀도시험, 핸드오거보링, 실내다짐시험, CBR시험, 골재시험,
터널	굴착방법 및 지보패턴, 지층분석 및 암반분류, 단층 및 파쇄대의 분포 양상, 암반의 투수성, 굴착암 유용성, 갱문위치 및 형태 판단 등	지표지질조사, 물리탐사 및 검층, 보링 및 표준관입시험, 지하수조사, 공내재하시험, 수압시험, 초기지압측정, 실내토질 및 암석시험, 실내골재시험, 자연절리면전단시험, 내구성시험, 흡수팽창시험 등
호안, 방파제	사면안정, 침하 및 침하시간, 치환깊이 산정, 지반개량공법 선정 및 검토 등	보링 및 표준관입시험, 물리탐사, 콘관입시험, 베인시험, 공내재하시험, 실내 토질 시험 등
댐, 저수지	댐기초의 지지층 판단, 지반의 투수성, 그라우팅 계획 및 심도, 제체 재료의 특성, 제체의 사면안정성, 파이핑검토 등	지표지질조사, 물리탐사 및 검층, 보링 및 표준관입시험, 수압시험, 공내재하시험, 전단시험, 골재시험, 실내토질 및 암석시험 등
지하 토류벽	지층분포, 지하수 분포 및 변화, 토압, 파이핑 및 히빙 검토, 토류벽 형식, 차수형태 등	보링 및 표준관입시험, 물리검층, 공내재하시험, 수압시험, 투수시험, 실내토질 및 암석시험,
연약지반	연약층의 분포 및 그 특성, 압밀침하 및 침하시간, 성토고, 사면안정성, 장비진입로 검토, 압밀이력상태, 지반처리 및 대책공법선정, 대책공법 효과 확인 등	보링 및 표준관입시험, 콘관입시험, 베인시험, 공내재하시험, 실내 토질 시험: 물성, 일축·삼축압축시험, 압밀시험, 전단시험 등
대절토 사면	지층분포 및 굴착난이도 평가, 사면의 안정성 분석, 사면구배 및 안정 대책공법의 선정, 지하수위 변화에 따른 식생 및 환경보전 등	지표지질조사, 물리탐사 및 검층, 보링 및 표준관입시험, 지하수 조사, 실내토질 및 암석시험: 물성, 직접전단, 자연절리면전단시험, 내구성시험 및 흡수팽창시험 등
산사태	산사태의 범위, 활동 가능성 예측, 활동도괴의 특성, 지하수의 분포 상태 및 변화예측 등	지표지질조사, 물리탐사 및 검층, 보링 및 표준관입시험, 지하수조사, 실내토질 및 암석시험 등
지반침하	지하수의 변동, 석회공동 및 고결물질의 용탈, 파이핑현상, 압축성 지반의 분포 등	지표지질조사, 물리탐사 및 검층, 보링 및 표준관입시험, 지하수조사 등
액상화 지반	액상화 가능 지반 확인, 지하수위의 분포범위, 안전율, 액상화 대책 검토 등.	보링 및 표준관입시험, 물리검층(PS검층), 실내토질 및 액상화시험,

① 구조물 기초(건축물, 교량)

㉠ 건축물

표 11. 건축물의 지반조사 기준(안)

구분	수량 및 배치	깊이	비고
보링	2개소 이상을 원칙으로 하며, 각 방향으로 15~30m 간격으로 실시하며, 가장 적절한 방향을 따라서 지층단면도가 작성될 수 있도록 계획한다.	지지층 및 터파기 심도 하 5m 이상을 기준으로 하나 기반암이 출현하지 않을 경우 일부의 보링공에서 기반암 2m이상 확인을 하여야 한다.	별도의 조사목적에 있는 경우 기술자의 판단에 따라 조사깊이를 조정할 수 있다.
시험	표준관입시험은 깊이 1 내지 1.5m 간격마다 또는 지층변화시 실시하도록 한다.		

㉡ 교량

표 12. 교량의 지반조사 기준(안)

구분	수량 및 배치	깊이	비고
보링	보링은 교대, 교각의 각 위치 1개소씩 합을 원칙으로 하나 지층의 변화가 복잡하거나 또는 단순한 경우는 조사개소를 증감할 수 있다. 폭원이 큰 교량 또는 특수한 교량의 경우 횡단방향의 조사도 실시하도록 한다.	보링깊이는 기초의 지지력, 침하, 활동 등에 영향을 미치는 깊이까지 시행하며, 통상 지지기반 암층 2m 확인함을 원칙으로 한다.	교량의 기초형식에 따라 조사깊이는 적절히 조정
시험	표준관입시험은 1 내지 1.5m 간격마다 또는 지층변화시 실시하도록 한다.		

㉢ 도로·철도

표 13. 도로, 철도의 지반조사 기준(안)

구분	수량 및 배치	조사 깊이	비고
보링	절토부 : 절토부 개소당 1 개소 이상 또는 100~200m 마다 1개소 이상씩 실시한다.	조사깊이는 계획고하 2m 확인을 원칙으로 한다.	
시험굴조사	절토부 : 150~200m 간격으로 실시. 성토부 : 300m 간격으로 실시 (경우에 따라 생략할 수 있음)	조사깊이는 1~2m	대절토구간은 "아. 대절토사면" 참조
핸드오거보링	성토부 : 200~300m 간격으로 실시	조사깊이는 1~3m	연약지반구간은 "사. 연약지반" 참조

## ㉠ 터널

표 14. 터널의 지반조사 기준(안)

구분	수량 및 배치	조사 깊이	비고
보링	입출부 구간에 대하여 각 2개소 이상의 보링을 실시함을 원칙으로 하며, 그리고 100~300m 마다 1개소 이상씩 실시한다. 단층 및 연약대 등 구조대가 발달한 지역의 경우 물리탐사 결과 등을 분석하여 보링을 추가로 계획하여야 할 것이다.	조사깊이는 계획고하 2m 이상 확인을 원칙으로 하나 연약층 내지 팽창성 지반 또는 광산분포지역일 경우 터널직경의 1~2D 범위까지 조사되어야 할 것이다.	

## ㉡ 호안·방파제(항만구조물)

표 15. 항만구조물의 지반조사 기준(안)

구분	수량 및 배치	조사 깊이	비고
보링	보링조사는 계획선을 따라 100~200m 마다 1개소를 원칙으로 하나 연약지반의 경우 연약지반의 조사기준을 참고로 하여 선정한다.	조사깊이는 일반적으로 기반암 확인을 원칙으로 한다.	

## ㉢ 댐·저수지

표 16. 댐, 저수지의 지반조사 기준(안)

구분	수량 및 배치	조사 깊이	비고
보링	보링조사는 일반적으로 30~50m 정도를 기준으로 하나 교대, 여수로, 배수공 등의 중요구조물 위치에도 보링을 실시하여야 한다.	조사깊이는 일반적으로 필댐의 경우 기초폭의 0.5배 내지 높이의 1배, 콘크리트댐의 경우, 댐높이의 1~1.5배의 깊이까지 조사함을 원칙으로 하기도 하나 대부분 충분한 지지층 내지 불투수층까지 조사하여야 한다.	

㉞ 지하토류벽

표 17. 지하토류벽의 지반조사 기준(안)

구분	수량 및 배치	조사 깊이	비고
보링	보링조사는 일반적으로 300~500 m <sup>2</sup> 당 1개소 이상을 기준으로 한다.	조사깊이는 일반적으로 굴착 깊이의 3배 이상을 원칙으로 한다.	

㉟ 연약지반

표 18. 연약지반의 지반조사 기준(안)

구분	수량 및 배치	조사 깊이	비고
보링	개략조사는 300~500m 당 1개소 이상. 상세조사는 100~200m 당 1개소 이상.	조사깊이는 일반적으로 견고한 지층 3m 이상 또는 풍화암까지 조사함을 원칙으로 한다.	
사운드링	개략조사는 100~300m 당 1개소 이상. 상세조사는 50~100m 당 1개소 이상.	조사깊이는 침하 및 안정에 영향을 미치지 않는 깊이까지 조사함을 원칙으로 한다.	콘관입시험, 스웨덴식 관입시험, 베인시험 등

㊱ 대절토사면

표 19. 대절토사면의 지반조사 기준(안)

구분	수량 및 배치	조사 깊이	비고
보링	보링조사는 100~200m 간격 횡단방향의 지층구성 파악이 필요한 경우 횡방향 보링조사를 실시할 수 있다.	조사깊이는 일반적으로 계획고하 1m 이상을 원칙으로 한다.	

## ㉔ 산사태

표 20. 산사태조사의 지반조사 기준(안)

구분	수량 및 배치	조사 깊이	비고
보링	보링조사는 일반적으로 산사태가 예상되는 조사축선을 따라 약 30~50m 간격으로 계획을 한다.	조사깊이는 산사태가 예상되는 파괴면 이하의 충분한 깊이까지 조사함을 원칙으로 한다.	

## ㉕ 지반침하

- 지반침하는 지진으로 인한 지반진동, 지하수 양수, 석유 및 가스 채굴, 광산채굴, 석회암 공동, 토층내 파이핑 현상, 고결물질의 용탈, 토공시 배수작업, 과하중으로 인한 압축, 수축 등에 의해서 발생된다.
- 지반침하 및 함몰에 의한 예방 및 대책을 위한 지반조사는 지표지질조사, 물리탐사 및 검층, 시추조사, 지하수조사 등이 수행되어야 할 것이다.

## ㉖ 액상화지반

- 액상화를 방지하기 위한 지반조사로는 물리검층(PS검층), 시추조사, 지하수조사, 시료채취, 표준관입시험 등의 사운드, 실내시험 등이 수행된다.조물별 국내 지반자료 조사기준 분석

## 2.3 법적으로 지반조사업무를 별도의 업종으로 인정해 주는 방법

건설산업기본법 제8조 및 시행령 제7조에 의하면 전문건설업체 중 보링/그라우팅 공사업체로 등록된 회사들이 지반조사업무를 수행할 수 있다. 지반조사 결과는 토목 건축 구조물의 설계 정수로서 설계에 직접 반영되는데, 사용하는 장비가 비슷하다고 해서 직접적인 연관이 별로 없는 두 가지 업종이 하나의 전문분야로 묶여 있는 점이 부적절하다고 판단된다. 설령 토목공학을 전공한 사람들일지라도 동법에 기술되어 있는 내용만으로 지반조사의 성격을 특정짓거나 현대 건설공사에서 지반조사가 차지하는 중요성을 파악하기가 무척 어렵게 되어 있다.

즉, 동법에 의하면 지반조사가 “지하 또는 공작물 등에 구멍을 뚫거나 압력을 가하여 회반죽 등을 주입하는 공사”로 되어 있어 특별한 기술을 보유하지 않고도 얼마든지 영업을 할 수 있을 것 같은 느낌을 줄뿐만 아니라, 영업 범위도 “보링공사, 그라우팅공사, 착정공사 등”으로 되어 있어 마치 그라우팅과 지하수 개발이 지반조사와 병행해야 하는 것 같은 오해를

불러 일으킬 소지마저 내포하고 있다. 이러한 점은 발주처에서 건설공사를 발주할 때 지반조사의 중요성을 인식하는데 장애요인이 될 수 있으며, 결국 지반조사기술의 발전에도 지장이 된다고 생각된다.

실제로도 간단한 시추장비를 갖춘 보링, 그라우팅, 지하수개발업체들이 지반조사업무를 수행하는 경우가 허다하여 전문성이 결여되기 쉽고, 덩핑에 의한 부실공사 요인으로도 작용하고 있는 실정이다. 최근에는 첨단기술을 동원한 여러 가지 종류의 지반조사가 수행되고 있고, 지반조사의 정확도가 수백억짜리 건설공사의 성패와도 밀접한 관계가 있는 현실을 감안할 때 법적으로도 지반조사의 개념을 다시 정립해야 할 것이고 전문건설업법에서 지반조사업을 그라우팅이나 지하수개발업과 분리하여 독립시키는 방법도 고려해 볼만 하다고 판단된다.

#### 2.4 국내 지반조사 data base의 미흡

현재 지반조사와 관련하여 시급한 또 하나의 문제점은 과거 수십년 동안 수행되어 왔던 지반조사 자료의 체계적인 정립과 data base화가 되어 있지 않은 관계로 수 많은 자료가 매장되어 왔다는 것이다. 이러한 탓으로 과거 지반조사가 수행된 지역의 주변에서 새로운 지반조사를 수행할 경우에 과거정보를 정확히 제대로 활용하지 못하고 있으며, 계획과정에서 지반조사의 수량 및 범위를 과다 내지는 비경제적인 방향으로 추진할 수 있다는 점이다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 현재 서울시 등 일부 지방자치단체에서는 자체적으로 소규모로 지반조사 data base를 구축하고 있으나 이를 확대하여 국가 또는 모든 광역지방자치단체 및 도로공사, 토지공사, 주택공사 등 국영기업체에서부터 자체 공사지역의 지반정보만이라도 data base하여야 할 것이며, 이와 관련된 연구예산을 대폭 확충하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 참고로 일본의 오사카만 및 교토지역에서는 이미 30여년 전부터 각종 지반조사 자료를 data base하고 이를 3차원 영상화하여 컴퓨터를 통해 수요자에게 서비스하고 있다.



### 3. 국내 지반조사 기술상의 문제점

지반조사의 기술적인 문제점은 기술적인 문제점 그 하나로 일관되는 것이 아니라 경제적, 제도적 및 관행적인 문제 등과 함께 상호간의 연관성과 복합성을 띄고 있다고 할 수 있다.

- ① 지반조사의 경우 현장조사를 수행하고 일차적으로 지반정보를 얻는 업체가 주로 중소기업 체인 관계로 경제적인 어려움이 많아 고가의 장비 구입 및 고급인력(전문가)의 충원 등이 원활하지 못한 현실이며,
- ② 또한, 지반기술자에 대한 지반조사 및 지반에 관련된 교육의 부족도 무시할 수 없다는 사실이다. 이러한 문제의 해결은 조사관련 인력의 체계적인 양성과 학사학위 이상의 소지자로 지반조사 전문가 및 현장기술자를 양성함으로써 기술적인 발전을 기해야 할 것이다.
- ③ 그리고 또 하나의 문제점은 제도적 및 관행적인 문제로도 볼 수 있는 것으로써, 시추조사의 방법과 관련된 사항이다. 특히, 시추조사의 규격(시추공의 크기)의 경우 과거에는 주로 BX 규격이 대부분을 차지하였지만 기술적으로 또 국제적인 추세에 볼 때 중요구조물 및 지하암반의 명확한 분석 등을 위하여서는 NX 규격이 선택되어야 한다. 현 한국도로공사 등에서는 시추조사의 모든 규격을 NX로 정하여 시행하고 있으나 일부 기관이나 사기업체에서는 조사비용의 절감 등의 이유로 세부적인 지반기술 사항이 배제되며, 단지 지층 구분만을 할 수 있는 BX 규격을 시행함으로써 정확한 지반정보의 부족으로 더 큰 경제적인 피해를 유발하고 있는 현실이다.
- ④ 더불어 지반조사시 정확한 시료의 채취방법 및 기술이 지반평가에 있어서 상당히 중요하다는 사실이다. 한 예를 들면, 동일한 위치와 지반조건에서 시료의 채취기술(시추기능자의 기술능력과 유관함) 및 방법(single, double, triple core barrel, 메탈비트 그리고 다이아몬드비트 등)의 차이로 인하여 코아회수율 및 RQD 등의 변화가 심할 수 있다는 사실이다. 이러한 차이는 결국 같은 지반을 풍화암이니 연암이니 하는 등의 혼동 및 잘못된 평가를 할 수 있다는 것이다. 시추조사의 방법과 관련된 문제점의 해결방안은 조사목적에 적합한 기준 및 규격을 제시하며, 또한 숙달된 그리고 인정된 기술·기능자에 의한 지반조사가 이루어져야 할 것이다.

#### 4. 결 론

대부분의 건설공사는 지반 위나 지중에서 이루어진다. 그런데 지반은 그 구성 성분인 흙이나 암반의 수평적, 수직적 분포상태 및 지질구조, 지하수의 존재 유무 등에 따라서 인접한 지역에서도 다양한 특성을 보인다. 따라서 건설공사의 설계, 시공 및 유지관리를 안정적이고 경제적으로 수행하기 위해서는 사전에 지반조사를 철저히 수행하고 그 결과를 정확히 분석하는 기술이 매우 중요하다. 이것은 마치 병원에서 의사가 환자의 질병을 정확히 진단하기 위하여 x-ray, CT, MRI 등 각종 최신장비를 동원하여 검사하는 것과 같다고 필자는 생각한다.

국내 지반조사의 발전을 위해서는 발주처, 설계회사, 시공회사, 특히 지반조사회사 모두가 지반조사의 중요성을 새롭게 인식해야 하며, 결국 공사 발주단계에서부터 지반조사를 철저히 수행하고, 제대로 실험하며, 철저하게 분석하는 것이 모든 토목, 건축구조물을 경제적으로 수행하는 지름길이라는 점을 인식해야 할 것이다.

지반조사 예산의 편성에 인색한 발주처의 판단이나, 지반조사는 과정과 절차만 복잡하므로 하도급업체에 하도급을 주어서 수행하는 것이 오히려 경제적이라는 설계회사의 생각 및 지반조사는 3D업종의 하나이라는 생각에 기술사나 고급기술자들은 직접 현장에 나가지 않고, 기능공에게만 일을 맡기는 종래의 관행에서 벗어나지 못한다면 아무리 첨단 장비를 마련한다고 하여도 국내 지반조사 기술의 발전은 요원하리라고 사료된다.

다행히 최근 들어 국내 turn-key 공사가 많아지면서 다양한 종류의 첨단지반조사기법들이 동원되고, 그 결과를 설계에 반영하는 흐름은 국내 지반조사기술의 발전뿐만 아니라 건설기술 전체의 발전을 위해서도 매우 바람직한 현상이라고 필자는 판단한다.