

지하굴착 공사 설계업무 매뉴얼(가칭) 작성에 임하며



(주)다산이엔지 기술연구소 상무이사
굴착위원회 전문위원, 부위원장
조성하

1. 서언

전국적으로 꾸준히 지하굴착공사가 진행되고 있으며 이에 따른 조사, 설계, 심의, 시공, 계측, 감리 등 관련업 무가 수행 중에 있습니다. 현재의 시장형태로 볼 때, 민간 건축의 경우 건축분야에서 주도적으로 이끌어가고 있고, 지하철, 도로, 철도 등의 토목분야에서는 주관분야에 의 해 지하굴착에 관련된 업무가 부차적으로 진행되고 있습 니다. 기술적인 측면 외에 행정적인 측면에서 허가기관 별로 상이한 업무처리 기준 하에 시행되는 경우가 있어 업무처리에 혼선이 발생하고 있습니다. 그러나 우리 토질 기술사가 직접적으로 접하는 기술적 부분에서 주관기관 별로 시행기준이 상이하거나 부족한 상태입니다. 따라서 기술적으로 실제 허가 업무 담당자나 정책결정자, 심의위 원 등이 객관적으로 인정할 수 있는 굴착공사와 관련된 설계 매뉴얼이 필요할 것으로 생각됩니다. 이러한 매뉴얼 작성은 이론과 아울러 실무경험이 많이 축적된 토질 및 기초 기술사에 의해 연구·작성되는 것이 가장 바람직할 것입니다. 이와 같이 작성된 설계매뉴얼을 통해 전문가 에 의한 굴착관련 기술의 선도 및 제고, 굴착관련 업무담 당자간의 기술적 이해 증진, 굴착관련 업무에서 불필요한 논쟁의 여지를 최소화하는 것이 주요 목적입니다.

2. 관련설계기준, 편람의 관련내용 비교

현재 설계실무에서 활용되고 있는 기준이나 편람의 내 용 중에서 일단 조사와 설계관련 사항을 다음과 같이 비교 하여 보았습니다. 참고한 자료 외에 더 많은 자료가 있겠 으나, 일차적으로 아래와 같은 자료를 검토한 결과에서도 보면 혼선을 빚을 정도의 차이가 있음을 알 수 있습니다.

표 1. 지반조사(시추조사)

기관명	조사대상	조사심도/위치	조사간격	비고
서울시 지반조사편람	깊은 터파기 또는 사면(절토 및 성토)	기초 계획면 또는 깊은 기초의 하단에서 하부 1.5 B 까지. 전면기초의 경우는 암반층(연암층 이상) 3 m 까지 확인. 연암층 분포지역은 지지층 하부 1.5 B 까지	해석에 필요한 토층단면을 알기 위하여, 문제가 되는 방향을 따라 직선상에 3~5개소의 시추를 실시.	NX원칙
구조물기초설계기준	지하철 개착구간 및 건축물	계획고하 2m, 지지층 및 터파기 심도하 2m	사방 20~30m 간격, 최소한 2~3개소	
철도설계기준(노반편)	땅깎기구간(NX)	절토계획고 하방 1.0m	150~200m 마다 1개소	땅깎기 구간기준, 지하굴착에 직접관련사항 없음.
도로설계편람	N/A	N/A	N/A	공수, 간격 제시없음
도로설계요령	땅깎기 비탈면을 암종별 A~D 등급으로 구분하여 조사	A : 퇴적암 20m이상, B:퇴적암 또는 편마암 20m이상, C : AB등급중 10~20m, D : 소규모 붕괴 및 낙석발생우려구간	등급별 1(D), 2(B,C), 3(A) 개소 추천	지하굴착에 관련 규정없음
캐나다 매뉴얼	building	· 지중응력 증가분의 5~10% 범위까지 조사시행 · 최소 6m심도까지는 시추시행(암반일 경우 3m)	250~1000m ² : 최소 4개소(평지), 5개소(산지) 250m ² 이하 : 최소 3개소	
홍콩 매뉴얼	structures	기초의 경우 1.5B 심도까지 시행 암반층의 경우 기반암 5m 확인	구조물의 중요도에 따라 10~30m 간격으로 실시하고, 소규모라 할지라도 최소 3개소 시추조사	

1) 지반조사(시추조사)

표 1 참조

위의 비교표에서 보면 굴착규모에 따른 시추조사 개소에 대한 규정이 명확하게 규정되지 않고, 시추심도는 계획고하 0m까지로만 제시되어 있습니다. 아울러 암반층의 불연속면에 대한 조사방법에 대해서도 규정이 불비한 상태입니다. 보다 명확한 조사계획을 수립하기 위해서 캐나다 규정처럼 굴착면적별로 최소한의 시추조사 개소에 대한 지침이 있어야 하겠습니다. 아울러 토사층과 암반층의 경우, 전자는 기초지반의 압력구(pressure bulb)에 따른 조사심도가 제시되고, 후자의 경우에는 기초지지층의 암반 불연속면 발달을 파악할 수 있는 보완규정이 필요할 것으로 사료됩니다. 수차례 대심도 굴착공사에서 발생한 암반층의 붕괴사례에서 볼 때, 일반토압론을 일률적으로 적용할 수 없는 암반층의 불연속면 조사는 매우 중요한

요소라고 판단됩니다.

2) 가시설 흙막이구조물 설계

표 2 참조

설계부분에 대해서 설계외력, 해석방법, 히빙, 파이핑, 주변구조물의 침하 등의 안정성 검토에 대한 항목들과 이 때 수반되는 안전을 규정에 대해 비교한 결과, 역시 상당한 차이를 보이고 있음을 알 수 있습니다. 특히 안전율부분에 대해서는 설계내용의 적부를 파악하는 것 뿐만 아니라, 경제성을 고려할 때 상당한 혼선을 유발할 수 있습니다. 해석방법에 대해서는 탄소성해석, 수치해석 등의 방법으로 검증토록 된 경우가 대부분인데, 해석결과와 신뢰도는 적용프로그램보다는 입력 지반정수에 의해 크게 변화하므로 이에 따른 규정이 보완되어야 한다고 판단됩니다.

표 2. 가시설 흙막이구조물 설계

기관명	설계외력	해석방법	기타 안정성 검토	안전율
서울시 지반조사편람	N/A	N/A	N/A	N/A
구조물기초설계기준	<ul style="list-style-type: none"> 연성벽체 토압 굴착단계별 토압: 자립식: 삼각형 버팀구조 원로시: 경험토압 안정성검토 및 부재단면 검토: 두 방법을 종합 수압: 굴착시 지하수의 저하를 고려한 수정수압 상재하중: 토압계수를 고려한 유효수평토압 	<ul style="list-style-type: none"> 굴착단계별 벽체해석: 탄소성 지반상 연속보해석, FEM, FDM 굴착완료후 경험토압을 적용한 단순보, 연속보 및 탄성지반상 연속보 해석 	<ul style="list-style-type: none"> 굴착저면 및 부재단면의 안정성(히빙, 파이핑 등) 주변구조물의 침하안정성 검토 	<ul style="list-style-type: none"> 지반지지력: 2.0 사면안정: 1.2 근입깊이 결정: 1.2 보일링: 2.0, 히빙: 1.5 앵커: 2.0(단기-2년), 3.0(장기)
철도설계기준(노반편)	<ul style="list-style-type: none"> 고정하중, 활하중, 충격, 토압 및 수압, 기타하중 단계별 굴착시: Peck의 제안식 지중연속벽의 경우 굴착단계별시 Rankine, 최종굴착단계에서 Peck식 적용 강널말뚝, 지중연속벽, SCW는 차수벽으로 설계 사용강재 허용응력 증가계수 고려(예 가시설: 1.5, 영구: 1.25), 재사용강재에 대한 보정계수 고려 	<ul style="list-style-type: none"> 엄지말뚝: 버팀보위치를 탄성 지점으로 하는 연속보로 해석 지중연속벽: 엄지말뚝 경우와 동일 근입부 수동토압 작용측에 수평지반반력계수 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 히빙 및 보일링 검토 주변지반 침하검토 	<ul style="list-style-type: none"> 지반지지력: 허용지지력 이상 사면안정: N/A 근입깊이 결정: 1.2 보일링: 1.2 혹은 2.0, 히빙: 1.2 혹은 1.5 앵커: 1.50(단기-2년), 2.5(장기)
도로설계편람	N/A	N/A	N/A	N/A
도로설계요령	<ul style="list-style-type: none"> 고정하중, 활하중, 충격, 토압, 수압, 온도변화영향 토압 흙막이 근입, 자립식 널말뚝 단면 결정: Rankine-Resal 흙막이말뚝, 버팀보, 띠장 단면: 경험토압 수압: 삼각형분포(강널말뚝), 유수압고려 온도변화: 강재의 축력으로 12 작용하는 것으로 고려 	<ul style="list-style-type: none"> 흙막이 말뚝은 버팀보위치가 가상지지점을 지점으로 하여 단순보로 계산 축방향 연직력이 작용할 시 축력과 휨이 동시에 작용하는 부재로 간주 근입깊이: min 1.5m, 말뚝간격: 1.5m 표준 	<ul style="list-style-type: none"> 근입지반의 검토 히빙, 양압력 버팀보 및 띠장 철거 시에도 흙막이말뚝 안정검토 강널말뚝에 대해 별도 상세설명 	<ul style="list-style-type: none"> 지반지지력: 2.0 사면안정: 1.2 근입깊이 결정: 1.2 보일링: 1.5, 히빙: 1.2 앵커: 설계하중 1.4(가설 6개월), 1.5(가설 2년), 2.0 확인하중 1.1~1.3
캐나다 매뉴얼 오픈컷-CH26 지지식-CH27	<ul style="list-style-type: none"> 변위상태, 벽체강성을 고려한 경험적 토압형태 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 경험적 방법에 의한 	<ul style="list-style-type: none"> 히빙, 파이핑 검토 굴착주변의 침하거동 	<ul style="list-style-type: none"> 히빙: 2.0 앵커: 다짐조건에 따른 변수고려(사질토)
홍콩 매뉴얼	<ul style="list-style-type: none"> Cantilevered or Unbraced Wall, Sturtted or Braced Wall, Tied-back or Anchored Wall 로 구분하여 각 상태의 Ultimate Limit States, Serviceability Limit States, 토압 및 수압고려 제안내용을 설명 	<ul style="list-style-type: none"> Limit Analysis(Lower, Upper Bound) Associated Stress and velocity field Beam on elastic foundation BEM FEM 	<ul style="list-style-type: none"> 굴착주변 거동 원인 및 예측방법 분석 	<ul style="list-style-type: none"> N/A

3. 작성 및 추진 방법

위에서 간략하게 살펴본 바에 의하면, 지반조사 계획수립부터 설계내용까지 보다 일관되고 실제 활용될 수 있는 지침이 요구된다고 생각합니다. 이를 위해서는 가장 실무적으로 경험이 풍부한 (사) 토질밋기초 기술사회 굴착위원회 중심으로 지하굴착공사 설계매뉴얼(가칭)이 작성되는 것이 바람직합니다. 흔히 회자되는 대략적인 로드맵을 구상하여 보면, 먼저 집필 위원회를 구성하여 관련기술의 보다 광범위한 지침내용 조사하고, 주요항목에 대한 설문 조사를 실시하여 광범위한 의견을 수렴하고자 합니다. 여기서 수집된 의견을 종합하여 다음과 같은 사항에 대한 초안을 작성할 예정입니다.

- 1) 조사항목, 조사심도, 조사개소 등
- 2) 사용프로그램 조사
- 3) 적용 지반 물성치 평가 및 선정방법
- 4) 안정성 평가방법(허용안전율, 허용응력, 수반구조물, 주변지반 침하평가 등)
- 5) 설계심의 기준
- 6) 설계도서 작성 기준(지반조사보고서작성, 현황측량 및 매설물 조사 작성, 설계도면 및 보고서 작성, 필요시 복공판 및 건물기초 설계)
- 7) 지하굴착 관련 표준시방서 제시
- 8) 계측관리 운영 기본안 제시(사용 계측기기, 최소 설치기준, 측정빈도, 측정결과 평가 기준 등)

9) 지하굴착 감리 운영 기본안 제시(자격요건, 업무진행 기간, 관련업무 항목 등)

이와 같이 작성된 초안을 자체심의를 통해 기본안을 결정하고, 이를 우리 회원들께 공람하는 기간을 거쳐 최종안을 결정할 예정입니다. 관련인사가 손쉽게 참고할 수 있도록 소규모 책자로 제작하여 관련인사(토질밋기초 기술사, 관련 대학교수, 주요연구원 등) 및 관련공무원에 배포할 예정입니다. 아울러 각 지자체별로 상이하게 운영되고 있는 규정을 종합하여 합리적인 안을 도출함으로써 건축조례 등 관련업무 법적 배경에 적극 반영 홍보할 예정입니다.

4. 결 언

관련문건 조사 및 의견수렴이 종료되는데로 발간할 예정으로 현재 굴착위원회에서 활발하게 의견을 교류하고 있는 중입니다. 우리 토질밋기초 기술사의 전역량을 모아 제작될 설계매뉴얼의 활용도는 매우 높다고 기대합니다. 차제에 우리 회원 여러분의 적극적인 참여를 통해 우리의 업무영역에서 확고한 지위를 유지·개선 시켜 나가는 기회로 삼았으면 좋겠습니다. 그 누구의 일도 아닌 우리의 일이기 때문입니다.

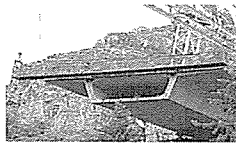
[참고도서]

1. 구조물 기초설계기준 해설(한국지반공학회, 2003)
2. 지반조사편람(서울특별시, 1996)
3. 철도설계기준(노반편, 철도청, 2001)
4. 도로설계요령(한국도로공사, 2003)
5. 도로설계편람(건설교통부, 2000)
6. Canadian Foundation Eng Manual(Canadian Geotechnical Society, 1992)
7. Guide to Site Investigation(GCO, Hong Kong, 1990)
8. Review of Design Methods for Excavation(GCO, Hong Kong, 1990)

최 고 의 기 술 을 제 공 하 는 다 술 컨 설 터 트



◆ 지반공학분야 ◆



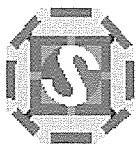
◆ 구조분야 ◆



◆ 도로, 택지분야 ◆

(주)다솔컨설턴트
www.dasolcon.co.kr

서울시 강남구 역삼동 790-15 서성빌딩 2층
전화:(02) 508-2290 팩스:(02) 508-2297



(주) 주춧돌 E.N.C

K. S. E & C

- | | |
|---------------------------------|--------------------|
| ◎ 도로 및 단지설계 | ◎ 가시설 및 지반조사 |
| ◎ 설계검토 및 기술자문 | ◎ 사면보강 및 기초설계 |
| ◎ 연약지반 및 터널설계 | ◎ 계측관리 및 측량 |
| ◆ 서울시 서초구 서초동 1339-7호 청화빌딩 3F ◆ | |
| ▶ TEL: 02-587-8776 | ▶ FAX: 02-587-8978 |