

◇강 좌◇

지반구조물 거동의 정보확보와 시공에의 이용(I)

이 문 수*

1. 강좌의 시작에 즈음하여

1.1 글 머리에

우리 지반공학회의 강좌는, 학회지 1987년 3월(당시 대한 토질공학회)호에 실린, “흙의 구성식”에 관한 것이 효시이다. 그 이후 “사면안정”, “흙막이 구조물”, “말뚝기초”, “연약지반(1996. 10)”을 끝으로 강좌가 잠시 중단되었다. 또한, 특집으로서 “지반공학과 자연재해(I)”, “지반공학과 자연재해(II)”, “환경과 지반공학” 등이 우리학회의 권위 있는 집필진으로 구성되어 필자도 이 강좌를 통하여 유익한 지식과 정보 등을 얻을 수 있었으며, 일천한 실력임에도 불구하고 감히 흙의 구성식과 연약지반에 대하여 기사를 쓴 적이 있다. 지난 12월에 강좌의 속개에 대한 학회측으로부터 연락을 받고, 이제 순서로 보아 필자가 소속된 정보화시공 위원회에서 원고를 준비하라는 요청이 있어 우리 운영위원회에서는 필진을 구성하고 다음 표. 1과 같은 계획으로 강좌를 게재하기로 의견을 모았다.

강좌는 학회가 각자 회원에게 필요한 정보와 자료를 제공하기 위한 것이다.

대부분의 회원이 학부 혹은 대학원에서 한번쯤 학습한 사실이 있겠지만, 졸업 이후, 수년 내지는 십수년이 경과하였으므로 실무에 필요한 이론이 추가되면 금상첨화일 것이다. 이 일

을 학회가 기술위원회별로 필진을 의뢰하여 집필토록 한 것은 정말로 시의 적절한 조치임에 틀림없다고 생각된다.

1.2 흙의 각종 parameter의 문제점

그러면, 왜 다른 제작물과 달라서 흙을 대상으로 하는 또는 흙과의 상호작용에 의한 구조물은 설계와 시공 사이에 많은 차이가 발생되기 마련인가? 이와 관련, 현장과 시공이 매우 정교하게 맞아 들어가는 것은 조사·시험·설계의 우수성의 결과라기 보다는 어떤 의미에서는 붙잡기 어려운 행운이 아닐까라고 필자는 생각해 보곤한다. 그 이유인즉, 아무리 거동예측에 관한 이론이 정교하고, 조사·시험·설계가 완벽하다 해도, 여기에는 극복하기 어려운 한계가 있고, 또한 이들 비용에 드는 경제성을 감안한다면, 통상 제안된 방법에 의존하는 수밖에 없다. 그 결과, 오래전부터 흙의 성질을 나타내는 여러 가지의 계수가 꽤 큰 폭으로 흐트러지는 것(deviation)은 일반적으로 인정되고 있다. 이 분산의 원인은 표. 2에 나타난 바와 같이 크게 나누어 2가지다.

하나는 지반의 성질 그 자체에 관한 것으로서, 흙이 본래적으로 갖는 불균질성에 유래한다. 흙은 수많은 토립자와, 그 간극을 채운 물과, 공기의 집합체이기 때문에, 예컨대, 거시적인 대응적으로 본다면, 거의 균질하다고 볼 수

* 정희원, 전남대학교 농과대학 농공학과 교수

표 1. 강좌 게재 예정 일람표

순서	소제목	내용	필진	게재 예정호
1	강좌의 시작에 즈음하여	-강좌의 필요성, 내용, 방향	이문수: 전남대학교 교수 공학박사, 기술사	98. 2
2	정보화 시공의 개념과 필요성	-계측의 필요성 -계측의 빈도, 이용 -계측기의 조건	이문수: 상동 김영남: 동아기술공사 전무 기술사	
3	연약지반 개량과 계측	-연약지반에 사용되는 계측 기기 -연약지반 개량공법과 지반 거동 -연약지반 계측사례 -특수계측	김용진: 다산컨설턴트 전무 공학박사, 기술사	98. 4
4	계측을 통한 터널 거동의 이해와 고찰	-계측의 필요성 및 활용성 -터널거동의 이해와 해석 기법의 제안 -터널의 안전시공 및 유지 관리 - case study	김상환: 동아엔지니어링 이사 공학박사, 기술사	98. 6
5	지반굴착에 관한 계측	-지반굴착공법 -계측계획 및 관리기준치 -계측결과 활용 -자동계측시스템 및 새로운 계측 기법	남순성: 은진건설엔지니어링 사장 공학박사, 기술사 장찬수: 천일지오컨설턴트 사장 기술사	98. 8
6	매립장 설계 · 시공과 계측	-필요한 관측 및 계측사항과 방법 -국내 매립장 계측사례 -향후 필요한 연구개발	장연수: 동국대학교 교수 공학박사, 기술사	98. 10
7	계측기기의 설치 및 측정시 문제점 및 대책방안	-작동원리 및 설치방법 -측정시 문제점 및 대책방안 -설치시 문제점 및 대책방안	한석희: (주)유신코퍼레이션 이사 기술사	98. 12

표 2. 토질 시험결과와 분산의 원인

지반의 성질	<ol style="list-style-type: none"> 1) 거시적으로 보아 “동일”하다고 볼 수 있는 지층내에서의 지수적, 역학적 성질의 위치적인 불균일성에 의한. 2) 우수, 지하수위, 기후의 변화 등에 의한. 3) 기타
기술상의 문제	<ol style="list-style-type: none"> 1) 샘플러의 형식 문제 2) 샘플링 기술의 문제 3) 토질시험기의 정도 문제 4) 시험자의 기술적 문제 5) 시험방법의 문제 6) 기타

있다 해도, 그것을 국부적으로, 동시에 소용적으로 분다면, 동일할 수가 없다. 즉, 여러 가지 흙의 성질이 지반 층에 있어서 위치적으로 변

동하는 것은 지극히 당연하다. 또한, 우수나 지하수위, 더욱이 기후의 변화는 함수비나 강도의 변화를 가져온다. 결국, 이런 종류의 분산은

흙 본래의 성질인 것이고, 통상 불가피한 것이다.

다른 하나는, 기술상의 문제이다. 샘플링 기술, 시료의 운반과 보관, 시험장치 또는 시험법, 시험 기술 등의 차이에 기인하는 토질 시험 결과의 변동이다. 시험결과에 주어지는 기술차이의 영향이 꽤 크다는 것은 경험 많은 기술자에게는 잘 알려져 있는 것이다. 이와 같은 분산의 원인을 하나하나 해명하고, 기술차이가 나지 않는 조사·시험법을 확립하는 것은 지반공학의 전분야에 공통되는 중요과제이고, 국내외적으로 현재도 많은 연구, 노력이 계속되고 있다.

또한, Bowles에 의하면, 전단강도(가끔 압축 시험에서 결정한다)가 균일한 값이 아니고 현장에서 다음과 같은 요인들에 의해서 크게 영향을 받고 있다는 사실을 알게 된다.

- 1) 흙의 상태-간극비, 입자크기 및 형상
- 2) 흙의 종류-모래, 모래질 자갈, 점토 등과 혹은 이들 성분들의 상대적인 혼합비
- 3) 함수비-특히, 점토는 순간적인 함수비에 좌우되면서 연약에서 고결에 까지 변한다.
- 4) 재하형태와 속도, 압밀실에서 급속재하는 과잉간극수압을 발생한다는 사실에 주목해야 할 것이다.
- 5) 비등방성-층면에 수직인 강도는 평행한 강도와 다르다

시험실에서 전단강도는 다음 인자에 의해서 크게 좌우된다.

- 1) 시험방법-과잉간극수압의 발생
- 2) 시료교란-강도를 저하시킨다
- 3) 함수비
- 4) 변형률 속도-보통은 강도를 증가시킨다

그러나, 어떻게 하든, 이들 요인은 매우 복잡하게 얽혀 있고, 각 요인의 영향을 정확하게 정량적으로 해명하는 것은 어려움이 많고, 더 한층 이런 종류의 분산을 완전히 제거하는 것은 앞으로도 불가능할 것이다(松尾 禾念, 1985, "地盤工學, 信頼性 設計の理論と實際", 技報堂).

그러므로, 정보화 시공은 불가피한 것이며, 혹은 신뢰성 설계에 의해서 이를 해결하고자 하는 노력이 기울여져 왔다.

다시 말하면, 지반의 변화가 큰 성질 때문에 이의 합리적인 처리를 위해서 신뢰성 이론을 설계 및 시공과정에 도입하여 구조물이 소정의 안전을 확보하면서 최소비용으로 시공가능한 최적설계 및 시공에 관한 많은 연구가 활발하게 진행되고 있는 중이다.

1.3 정보화시공의 의미

최근 우리나라에서도 지반공학의 여러 분야에서 정보화 시공이라는 말이 보편화되었다.

이 용어를 명확화 하기 위하여 일본국「土と基礎(1983. 9)」의 강좌 일부를 소개하기로 한다.

이것은 시공과 함께 흙의 동태를 계측하고, 그 측정 결과에 따라서 검토를 함으로서 파괴를 방지하여 안전하게 시공하는 목적에서 시행되고 있다. 그렇지만, 공사규모에 따라서 많이 설치된 계측 sensor를 monitor하여 그것으로부터 계산 check와 검토를 하여도 계측과 분석 완료까지 걸리는 시간이 많이 걸리기 때문에 시간차가 크게 되고, 시공의 안전을 기대하기 어려운 경우도 있다. 이와 같은 경우에는 mini-computer에 필요한 program을 주어서 계측치를 즉각적으로 check하는 일이 가능하게 되었다. 현장에 mini-computer를 설치하여 모든 현장에서 계측과 시공을 관리하는 경우와 전화회선을 이용하여 본사에 설치한 computer를 이용하는 경우가 있고, 때로는 계측치가 현장에서 XY plotter에 의해서 즉시 그려지기도 하고, 설계 프로그램과의 대비를 수행하고, 그 대비에 기준을 만들어서 시공의 계속, 중지, 계측치에 크게 나타난 동태에 대하여 경감대책을 생각하는 등 안전과 시공의 긴밀화가 이루어지고 있다.

이와 같이 정보화 시공은 공사의 내용에 따라서 관리계측방법은 다르지만, 시공 개시 전에 주도 면밀한 계획이 수립되면서부터 실시한다.

이와 같은 정보화 시공의 이점으로는 다음과 같은 사항을 들 수 있다.

- 1) 계측을 일정 시간뿐만 아니고, 상시 계측 준비가 취해져 시공에 안전이 기대된다.
- 2) 계측 관리상 인력절감이 이루어져 수백점의 계측관리도 얼마 안되는 계측원에 의해서 수행이 가능하게 된다.
- 3) program에 의해서는 공사의 다음 단계 예측도 가능해서 시공관리가 이상적으로 수행되어진다.
- 4) 계측 data는 도시되어져 기업자에게로의 제출 자료로서 그대로 사용됨과 함께, 이 data는 집적됨으로서 설계에 귀환(feed back)이 가능하여 금후의 설계 지침으로서 도움이 된다.

이상과 같이 안전, 인력절감, 시공관리, 설계에 대한 귀환이 큰 이점으로 된다.

이와 같은 설명은 정보화시공의 초창기나 지금에 이르러서나 변함없이 적용된다고 보아진다. 다만, 이러한 목적에서 지금은 고도의 계측기기의 발달, 보급과 software의 개발에 의해

서 정도 높은 분석을 할 수 있다는 것이 커다란 차이라 할 수 있을 것이다.

1.4 맺음말

이제 우리나라에서도 필자가 아는 바로는 80년대 초에 매립에 의한 광양제철소 부지 조성공사에서 계측(지표면 침하판, 간극수압계 등)을 수행하고, 분석하여 이들 결과를 시공에 귀환한 이후, 주요한 연약지반 개량공사나 고층 건물 신축을 위한 굴착 및 대단위 공단을 해안의 연약지반에 조성하기 위하여 이제는 계측이 필수화되고 있다. 또한, 80년대 초에 지하철공사에 NATM이 도입되면서 역시 터널계측이 보편화되고 있다.

지금은 인천 신국제공항 건설공사에 대한 계측이 한창이다. 이와 관련, 계측회사도 전문성을 확보하면서 토목공사 시공의 한 부분이 아닌 독자적인 발주·설계·시공이 이루어져야 할 것이다.

이와 때를 같이 하여, 국내의 계기 제작기술, software 등의 향상도 뒤따라야 하겠다.