

# 제15차 동남아 지반공학회 학술대회 참관기

이철주\*, 이도섭\*\*

필자들은 지난해 11월 22일부터 26일까지 태국 방콕에서 개최된 제 15차 동남아 지반공학회 학술대회 (The 15th Southeast Asian Geotechnical Conference, 이하 SEAGC로 칭함)에 참석하고 돌아왔다. 본 글에서는 학회에 대한 소개, 현장 방문 및 태국과 관련된 몇 가지 사항에 대해 간략하게 기술하고자 한다.

## 1. 학회

SEAGC는 지난 1967년부터 보통 3년마다 개최가 되어 왔는데 주로 태국, 싱가포르, 대만, 말레이시아, 홍콩 등에서 번갈아 가면서 개최한다. 다음번 학회는 2007년 말레이시아에서 개최될 예정이다. 이번 학회의 주요 참석국으로는 개최국인 태국을 포함하여 일본, 말레이시아, 싱가포르 등이다. 특히 일본사람들의 참석이 두드러져서 개최국인 태국사람보다도 많은 일본사람들이 학회에 참석하였다. 우리나라에서는 등록자 기준으로 서울대학교 김명모 교수님, 에스코 컨설턴트 김승렬 박사님, 삼성건설의 김주철 박사님 및 필자 2명 등 모두 5명이였다. 한편

학회는 전체적으로 8개의 대주제로 구분되어 진행되었고(표 1 참조), 총 10명의 전문가에 의한 강의가 있었다(표 2 참조). 학회는 월요일부터 금요일까지 진행되었으며, 수요일은 현장 방문이 있었다. 논문의 발표는 두 개의 session이 동시에 진행되는 방식이었다.

앞서 말했듯이 학회에는 모두 10명 전문가의 초청 강제가 있었다. 그러나 몇분의 초청자 경우에는 지난해 국내 및 해외의 다른 학회에서 발표한 것과의 유사한 내용의 강의를 한 분이 있어서 매우 실망스러웠다. 그런 가운데 대만의 Dr. W. S. Woo의 발표는 대만에서 실시된 여러 경우의 깊은 굴착에서 실측된 자료에 관한 것으로 학회에서 발표된 논문 가운데 가장 흥미롭고 유익했다. 특히 발표 도중 농

표. 1. 학회의 주요 주제

구분	주제
1	Soil characterization and geomaterial properties.
2	Foundation in difficult subsoil conditions.
3	Slope stability, dam and landslides.
4	Ground improvements.
5	Geo-environment.
6	Deep excavation and tunneling.
7	Prediction versus performance of infrastructures including soil modelling
8	Soil dynamics and earthquake engineering.

\* 삼성중공업 건설사업부(cjl 0725.lee@samsung.com)

\*\* 경인엔지니어링

표 2. 초청 강의 목록

1. Keynote Lectures	
Prof. H.G. Poulos	The influence of construction "side effects" on existing pile foundations
Prof. Michele Jamiolkowski	Characterization of gravely geomaterial
Dr. Suzanne Lacasse	Design, construction and maintenance of infrastructure
Prof. Toshihisa Adachi	Topics and prospects of underground development in Japan
2. Chin Fung Kee Memorial Lecture	
Dr. Ting Wen Hui	Observation and lateral response of pile when embedded in river banks of limiting stability
3. Special Lectures	
Prof. Kwet Yew Yong	Effect of construction of underground mass rapid transit on nearby structures
Prof. Loren Anderson	Portfolio risk assessment - A tool for dam safety management
Dr. Woo Siu-Mun	Difficult deep excavation projects in poor subsoil conditions
Dr. Surachat Sambhandharaksa	Aging and viscous effects on excess pore water pressure development in one dimensional consolidation behavior of very soft marine Bangkok clay
4. Invited Lectures	
Prof. Fred H. Kulhawy	Some observations on development and implementation

담을 적절히 섞어서 진행하는 그의 발표는 학회의 백미라고 할 수 있었다. 또한, 2004년 5월에 개통된 방콕의 지하철 시공관련 사례 발표도 흥미로웠다. 지하철의 전체 길이는 20km(단선병렬 11.5km, 정거장 8.5km)이며, 4000명/1시간의 수송능력을 가지고 있으며, 총 18개의 정거장으로 구성되어 있다. 지층의 구성은 G.L.-30m까지는 표준관입시험 N값이 5-10정도이며, G.L.-30~-50m의 구간에서의 N값은 10-15정도이다. 지하철은 G.L.-40m정도에 위치하고 있으며, 쉘드 공법을 통해(지름 6.46m) 시공 되었으며, 터널 라이닝의 두께는 0.3m이다. 또한, 지하철 정거장은 모두 Top Down공법으로 시공되었다. 정거장은 Jet Grouting 과 Dewatering으로 지반처리를 하였으며 영구계측을 통하여 지반변위를 모니터링하였다. 한편 지하철의 노선은 대부분 고가도로를 따라 지하에 건설되었기 때문에 지하철 인근에 존재하는 교각기초와의 간섭으로 인한 교각의 안정성문제, 지하수처리문제, 침하문제 등 기술

적인 문제에 대한 소개가 있었다. 이는 싱가포르의 K. Y. Yong 교수님이 발표한 주제와 유사한데 국내에서도 점차 관심이 높아지는 터널 시공상의 문제점이라 하겠다.

논문의 구두 발표는 7-10 분 정도의 범위에서 진행되었다. 언제나 그렇듯이 부족한 영어에도 불구하고 열심히 발표하는 일본 사람들의 모습은 인상적이었다. 그런데 발표하는 형식이 모두들 틀에 박힌 듯 단조롭고 너무 많은 것을 짧은 시간에 청중들에게 알리려다 보니 오히려 전체적인 내용을 이해하기가 어려웠다. 첫째 필자의 경우 학회의 마지막 날인 금요일에 거의 같은 시간대에 두 편의 논문을 발표하였다. 발표 자료의 준비도 부족하고 한꺼번에 두 편의 논문을 발표한다는 점에서 다소 부담스러웠으나, 다행히 무사히 발표를 마칠 수 있었다. 본 학회의 경우 시간을 반드시 엄수하라는 연락이 사전에 와서 가능한 7-8분 정도 간략하게 발표를 했으나, 일부 발표자들의 경우 시간과 거의 무관하게 발표를

하여 결과적으로 다른 사람의 시간을 빼앗는 모습을 보이기도 했다. 훌륭한 발표자라면 요점을 중심으로 연구 결과를 청중들에게 일목요연하게 알릴 수 있는 능력이 있는 것이 무엇보다 중요하다고 하겠다.

## 2. 현장견학

학회기간 중 수요일에는 현장 견학이 있어서 방콕의 남쪽에 위치한 Suvarnabhumi 공항(태국어로 황금의 땅이라는 뜻, 이하 신공항이라 칭함)을 방문하였다. 그림 1은 첫째 필자와 삼성건설의 김주철 박사가 공항 청사를 배경으로 찍은 사진이다. 다음의 사이트를 방문하면 자세한 정보를 얻을 수 있다.

<http://www.bangkokairport.org/demo/en/index.htm>

신공항은 방콕에서 약 30분이 소요되며 올해 말 완공을 목표로 현재 마무리 작업이 진행 중에 있다. 개인적으로 판단해 보건데 우리의 인천공항을 뛰어넘는 세계 최고 공항의 건설을 지향하는 태국의 야심찬 프로젝트라고 하겠다. 현장 견학의 주요 부분은 공항 건설 과정에서 1, 2차 활주로 구간에 대해 실시된 지반개량 공법이었다. 당초 신공항 부지는



그림 1. 현장 방문 1 (왼쪽부터 이철주, 삼성건설 김주철 박사), 사진 뒤로 보이는 건물이 공항 청사이다.

습지로 구성된 연약지반 상에 위치하고 있어서 높은 압축성 및 낮은 전단강도가 문제였다. 연약층에 실시된 성토는 약 1-1.5m였으며, 이에 대해 발생한 지반의 침하를 방지하기 위해 연약지반 개량을 실시하게 되었다. 신공항 건설의 경우는 전단파괴에 대한 지반의 안정성보다는 지반의 침하방지를 우선적으로 고려하여 지반개량이 실시되었다는 안내자의 설명이 있었다. 전체적으로 Bangkok soft clay로 널리 알려진 연약층의 두께는 약 10m 정도이고, 그 하부에 얇은 모래층 및 stiff clay 층이 존재한다. 연약지반 개량에 적용된 공법은 주로 수직배수 및 시멘트 믹싱(cement mixing) 이고, 향후 건설예정인 3차 활주로에는 진공압밀 공법을 실시할 예정이라는 설명이 있었다.

수직배수는 Prefabricated Vertical Drain(PVD)를 이용하여 실시하였으며, 지반개량의 대상은 주로 두께 10m 정도의 soft clay 층이었고, 수직배수를 통한 연약지반 개량의 순서는 다음과 같다.

1. 전체부지의 정리(해수면과 유사)
2. filter 용 모래 1m 설치
3. PVD 를 1m 간격으로(사각형 배치) 심도 10m 정도 타설
4. 배수용 모래 0.5m 설치, 상재하중 작용(1-1.3m)

한편 시멘트 믹싱 공법의 경우 흙과 교반된 시멘트 기둥을 soft clay의 하부에 존재하는 stiff clay 층까지 타설하여 지반을 보강하였다. 시멘트 기둥의 직경은 0.5-0.8m 이고, 2.5m 간격으로 타설되었으며, 그 길이는 약 10m 정도이다. 시멘트 기둥의 일축 압축 강도는 600kPa 로 관리되었다. 그림 2의 왼쪽에 시멘트 믹싱이 진행중인 장면이 나타나 있다.



**그림 2. 현장 방문 2**  
(왼쪽 뒤로 시멘트 믹싱 작업이 진행 중인 모습이 보인다)

진공 압밀의 경우 동남아에서는 적용사례가 그리 많지 않음에도 불구하고 공기상의 문제로 인해 향후 추진될 계획이다. 진공압력은 약 60kPa이며 추가 성토 2.8m가 계획되어 있어 전체적으로 약 100kPa 정도의 수직응력이 가해지게 되는데, 이는 동남아 연약점토에 대해 실시된 성토로는 가장 큰 규모일 것으로 추측된다. 위에서 언급했듯이 연약지반의 개량 작업에서 지반의 안정성에 대한 고려는 거의 실시하지 않기 때문에 이런 계획이 가능한 것이라는 생각이 든다.

안내자의 발표 후 매우 활발한 질문이 오고 갔는데 역시 연약지반 관련 연구의 메카답다는 생각이 들었다. 그 가운데 진공에 의해 지반에 가해진 압력의 손실을 막고 어떻게 일정하게 유지할 수 있는가에 대한 질문이 흥미로웠다. 그러나 실제로 현장에서 일하는 인부들이나 현장의 작업장은 그렇게 인상적이지는 못했다. 안전모, 안전화 등의 안전장비의 착용이 불량했고 현장정리도 국내의 공사현장에 비해 깔끔하게 되어 있지는 못한 것 같았다. 끝으로 진공압 부지 연약점토의 경우 거의 정규압밀 상태이고, 수직방향 압밀계수( $C_v$ ) 및 수평방향 압밀계수

( $C_h$ ) 값이 유사한 등방조건이라는 안내자의 설명이 매우 흥미로웠다.

### 3. 방콕의 교통사정

널리 알려져 있듯이 방콕은 동남아를 대표하는 국제적인 도시이다. 그러나 방콕의 교통사정은 세계 최악으로 알려져 있는데 최근에는 급격한 경제 성장의 덕분에 시내에 고속고가도로(Expressway), 지상철(sky train) 및 지하철(MRT) 등 대규모의 건설사업이 진행 중에 있다. 모두 교통체증을 완화시키기 위한 노력의 일환이다. 그러나 고가고속도로, 지상철과 지하철 모두 요금에 현지의 물가를 고려할 때 비싼 편이고, 이해가 잘 되지 않지만 둘 사이에서 연결이 원활하지 못하여 내린 후 다시 표를 사서 타야 한다. 그러나 예전에 비해서 방콕의 교통체증이 더욱 심각해져 있는 현실을 감안한다면 이용해 볼 만 하겠다. 진공항 현장을 마치고 학회가 열리는 숙소로 돌아오면서 거의 주차장이 되어버린 고가도로에서 방콕의 교통체증을 해결 할 수 있는 방안은 과연 무엇일까 생각을 해보았다.

### 4. 아유타야 관광

학회를 마치고 나서 한국 행 비행기 탑승까지 약간의 시간이 남아서 태국의 옛 수도 아유타야(Ayutthaya)를 다녀왔다. 아유타야는 방콕의 북쪽에 위치하는데 약 1~1.5시간이면 갈 수 있다. 고려의 도읍지 개성 정도라 할 수 있는데 417년간 지속된 왕조가 1767년 버마(지금의 미얀마)의 침략으로 완전히 멸망하였다. 당시 아유타야를 방문했던 유럽인의 보고서에



그림 3. 아유타야의 한 사원 방문 (이도섭, 이철주), 사진 뒤 벽돌 벽에 부동침하가 발생한 것을 관찰할 수 있다.

의하면 런던은 하나의 작은 마을 수준이며 아유타야야말로 아시아 최대의 도시라고 했다. 최대 약 1만 명의 외국인이 체류했다고 알려져 있는데, 그야말로 국제적인 도시라고 할 수 있겠다. 아유타야에는 당시 살았던 일본사람들의 거류지였던 일본인 집성촌의 유적이 남아 있다. 아유타야를 방문하면 광활한 대지에 궁전, 사원 등의 유적만이 남아 있는 모습을 볼 수 있다. 버마군에 의한 약 2년간의 포위가 끝나고 아유타야가 함락되었을 때 수많은 사람을 죽이고, 버마로 끌려갔으며 불상의 목을 자르고, 금은보화를 약탈하였다. 불교신도는 아니지만 불상을 바라보며 깊은 슬픔을 느끼게 된다. 당연한 이야기겠지만 태국 사람들은 여전히 버마를 좋아하지 않는다.

그 후 탁신 장군이 나타나서 다시 나라를 부흥시키고 수도를 지금의 방콕 부근으로 옮겼다. 그 후 탁신은 정신 이상으로 처형되었으며(탁신의 처형과 관련된 사항은 현재도 태국의 금기 사항이다) 그의 부하였던 착크리 장군이 현재도 지속중인 착크리 왕조를 열었다. 이러한 사실은 궁예와 왕건사이의 관계와도 매우 유사하다고 하겠다.

한편, 아유타야에서 지반공학도의 관심을 끄는 것은 유적 가운데 많은 부분에 부동침하가 발생되어 있다는 점이다(그림 3 참조). 벽돌로 만든 사원 건물이나 탑의 구조물에 부동침하의 흔적이 뚜렷하고, 많은 경우 크게 기울어져 있다. 구조물의 기초를 어떤 식으로 처리했는지는 모르지만 아마도 목제 말뚝을 박아넣는 정도로 하지 않았을까 싶다. 일부 출입구가 20도 정도까지 기울어져 있다. 어쩌면 연약한 지반에 중량의 구조물을 시공한 이상 당연한 결과라고 할 수 있다. 언젠가는 유적의 보호를 위해서 이탈리아의 피사의 사탑에 대해 실시되었던 것 같은 구조물의 기울기 감소 방안 대책이 실시되어야 할 지도 모르겠다.

최근 태국에서 지진해일로 인한 큰 피해가 발생하여 매우 마음이 아프다. 희생자들의 명복을 빌고, 아울러 이로 인한 피해를 조속한 시일 내에 극복할 수 있기를 바랄 뿐이다.