

KIGEM

## [Track 3] 첨단시공 및 엔지니어링 기술

**이상헌** 삼성물산㈜ 건설부문 장비기술연구소 수석  
**신도형** 인하대학교 토목공학과 교수  
**권순욱** 성균관대학교 건축공학과 교수  
**한승우** 인하대학교 건축학부 건설경영 교수



### [초청논문] Track 3 : 첨단시공 및 엔지니어링 기술

1) 논문제목 : **Applying HDS Technology in revamping refinery plant project**  
 발 표 자 : 김시로 (Wipco HDS개발사업팀 실장)

#### 내용요약

3D Laser Scanning 기술은 Laser를 이용하여 측정 대상물의 3차원 형상을 측정하는 기술로서, 최근 기술의 발달과 함께 측정속도와 정확성이 향상되어 해상도가 높은 HDS기술이 활용되고 있으며, 토목현장의 토공량 측정이나 고건축물의 외형 측정 등의 분야에서 활용도가 높아지고 있다. Laser scanning 기술은 측정과 관련된 안전사고와 부정확성에 의한 재측정의 Risk를 줄여주며, 작업효율 증가와 공사기간 단축 등으로 원가를 절감하는 효과를 얻을 수 있다. 새롭게 도입되는 신기술이기 때문에, 경험인력 부족과 낮은 인지도로 공사계획에 반영되지 못하는 경우가 많으나, 앞으로 성장가능성이 높은 분야이다. 플랜트 현장에서 제작된 Vessel의 검측과 Tie-in point의 위치 측정 등 3차원 치수 측정을 위하여 본 기술이 활용될 수 있는데, Total station 과 정확도를 비교한 결과, laser scan 결과가 더 우수한 경우도 있었다. 본 논문에서는 기존 공장의 증설 등을 목적으로 하는 정유공장의 Revamping project에서 기존 설비의 탱크, 증류탑, 배관 등의 설비의 치수를 3차원으로 측정한 사례를 보여준다. 알제리의 정유공장에서 기존 설비의 좌표 값을 3D laser scanner로 측정하여 신규 증설 설비의 Tie-in point의 좌표를 자동으로 산출하였다. 작업 계획은 8mm

이하의 정밀도로 2,000개가 넘는 Tie-in point의 위치정보를 1개월간 측정하는 것이었다. 작업 결과, 17일만에 1~6mm의 정밀도로 측정을 완료하였으며, 작업결과가 우수하여 현장에서 추가 작업을 요청 받게 되었다. 그리고, 해외 현장의 측정 경험을 통하여 기술의 신뢰성을 더 높이는 기회가 되었다.

#### 질의응답

- 측량을 대신하여 사용하는 것인가? 그리고 앞으로 미래는 어떻게 될 것인가?

==> 측량을 대신하는 것은 아니고, 측량을 보완하여 효율성을 제고하는 것임. 자동으로 3D model이 생성되므로, 향후 BIM에 활용도가 높아질 것임.

- Revamping project에는 매우 효과적일 것으로 생각됨.

==> 얻어진 데이터를 이용하여 기존 현장의 치수를 파악하여 신규 증설 설비의 설계에 직접 반영이 가능하므로, 효과적임. 그리고, 기존 설비와 신규 설비의 상황을 비교하는데 사용됨. 신규 현장에서는 완공된 설비의 검수를 목적으로 활용되며, 현재 상태를 파악하여 관리시스템에 연결함으로써, 유지관리 효율을 높임.

2) 논문제목 : **첨단센서 및 IT 융합을 통한 대형건설현장 실시간 시공관리 기술개발**

발 표 자 : 조대구 (고려대학교 건축사회환경공학부 연구교수)

**내용요약**

최근 건설산업과 IT의 융합이 건설산업의 새로운 기술대안으로 부각되고 있으며, 품질 향상과 프로세스 최적화 등 부가가치 증대를 위한 목적으로 활용가치가 높아지고 있다. 본 논문은 대형건설공사 중에서 특히 환경이 열악하여 시공관리에 어려움이 있는 NATM 터널 현장에서 IT 융합을 통하여 시공관리의 효율을 개선하는 방안을 소개한다. NATM 터널은 굴진을 위한 발파와 버럭 처리 및 후속공정이 순환되는 특성을 가지고 있으며, 공사현장이 넓고 발파 진동과 분진 등의 문제로 현장 관리의 어려움이 상존한다. 첨단센서, 계측계, 통신기술, BIM, 3D scanner, 휴대용 단말기, Mobile office 등을 복합하여 활용하여 터널현장에서의 실시간 정보유통, 시공량 관리, 물량산출, 실시간 품질관리 등을 구현할 수 있다. 이를 위하여 H/W, S/W 기술 및 Smart 통합 기술을 개발 적용하였다. 터널 공사의 공정에 따라 사용되는 장비가 다르기 때문에, 각 장비의 위치를 측정하여 현재 진행되는 공정 현황을 실시간으로 파악할 수 있도록 함으로써, 실시간으로 생산성을 확인할 수 있도록 하였다. 그리고 공정원가를 통합관리하여 효율성을 높였으며, 공정 계획 단계에서 관리자의 경험에 과학적 Data가 보완되어 최적의 공정계획과 배치가 가능하도록 하였다. 또한, 작업자의 위치를 추적하여, 작업현황의 파악과 더불어 안전관리에 활용할 수 있도록 하였다. 3D laser scanner를 이용하여 터널 굴착면 Profile을 측정하여 여굴량과 미굴량을 자동산출함으로써, 숏크리트 물량을 실시간으로 자동산출할 수 있도록 하였다. 또한 이러한 관리 정보들은 무선 네트워크와 스마트폰 등을 통한 통신을 활용하여 원활한 정보유통과 상황 파악이 가능하도록 하였다. 각종 센서 응용기술과 무선 네트워크를 S/W 기술과 복합화시킨 결과, 실시간으로 시공상황 파악과 안전관리가 가능하게 되었고, 다양한 정보를 실시간으로 소통시키고 공유함으로써, 관리자의 의사결정에 도움이 될 뿐 아니라, 관리의 효율성을 높이는 효과를 얻을 수 있다. 첨단센서 및 IT 기술이 대형건설현장에서 실질적으로 활용되도록 추구한 본 연구가 한국 건설산업의 첨단화와 기술경쟁력 확보에 기여할 것으로 기대된다.

**질의응답**

- 특정 PJT에 적용한 것이며, 현장의 반응과 결과는 어떠한가?

==> 터널 현장에 적용한 사례이며, 현재 교량 대상으로 기술 개발중임. 국책사업 참여기업의 현장에 적용하였으며, 적용현장은 추가 확보 중임. 현장관리자들은 이런 연구개발 과제에 대하여 초기에 거부 반응을 보이거나, 새로운 기술의 효과를 보는 경우들이 생기면서 점차 호의적인 태도로 변화함. 불만사항은 있으며, 현재 개선안을 찾는 중임.

**3) 논문제목: 선진 공도구 도입, 적용 및 생산성 평가  
발 표 자 : 이계영 (삼성물산 장비연구소 선임)**

**내용요약**

해외선진국에 대비해 국내 건설산업의 생산성은 여전히 낮은 수준이다. 본 연구는 건설현장에서의 노동생산성 개선을 위한 방안으로 선진 공도구의 도입을 모색하였다. 또한 선진 공도구 도입에 따른 기존 공도구와의 생산성 차이를 평가하기 위해 수정 워크샘플링 기법을 제안하고 사용하였다. 일반적인 워크샘플링 기법은 작업유형을 직접적인 작업, 지원작업, 비작업으로 나누나 본 연구는 이러한 분류가 공도구 작업에는 적합하지 않음을 지적하였다. 이에 반하여 수정 워크샘플링은 작업유형을 본작업, 부작업, 동일작업으로 분류하며 이러한 분류가 공도구 작업에 보다 적합하다고 주장하였다. 사례연구로 3가지 종류의 선진 공도구(BX/Flex Conduit Cutter, Cable Striper, PVC Bender)를 실제 현장에 적용하여 워크 샘플링을 수행하였다. 그 결과 선진 공도구 도입에 대한 관리자와 실무자의 의견차이를 확인할 수 있었다. 이를 바탕으로 건설현장에서의 노동생산성 개선을 위해서 선진 공도구 도입 시 이를 결정한 관리자와 실질적 사용자인 실무자의 의견을 설문조사를 통해 데이터베이스화 하여 이를 반영할 것을 제안하였다.

**4) 논문제목 : 이중보(Double Beam System-DBS)을 활용한 탐다운공법  
발 표 자 : 김광만 (바로건설기술 대표이사)**

**내용요약**

근래 도심지공사에서는 지하구조물 축조를 위해 탐다운공법의 적용이 급속히 늘어나는 추세이다. 그러나 많은 기술 발전에도 불구하고 여전히 탐다운공법은 일반공법보다 어렵고 비용도 상승하며 쉽게 접근하기 어려운 공법으로 인

식되고 있다. 본 연구는 경제적 비용을 줄일 수 있는 DBS 탑다운공법을 제시하였다. DBS 탑다운 공법의 특징은 이중보(DBS)와 가설 중심파일(Center Pile)의 사용이다. 일반적인 탑다운공법에서는 기둥에 보를 연결하는데 DBS 탑다운 공법에서는 기둥을 중심으로 두 개의 보를 지나게 한다. 따라서 기둥 주위에 “#” 형태로 보가 겹쳐지게 되고 이 부분을 콘크리트로 채워준다. 이러한 방법으로 철골량을 일반적인 탑다운공법에 비해 40%정도 줄일 수 있다고 주장하였다. 또한 이중보의 설치를 위해서 DBS 탑다운공법은 일반적인 탑다운에서 사용하는 현장타설말뚝겸 철골기둥인 킹포스트를 대신 가설 중심파일을 적용하고 있다. 또한 가설 중심파일에 거치된 이중보에 철근트러스데크를 설치하면 작업에 용이한 수평부재도 확보할 수 있는 장점이 있음을 주장하였다. 본 연구는 DBS 탑다운공법이 소규모 지하건축물 뿐만 아니라 지하 7층의 대규모 지하 구조물에도 경제적인임을 주장하였다.

## [구두발표논문] Track 3 : 첨단시공 및 엔지니어링 기술

### 1) 논문제목 : 작업경로 자동생성을 위한 토공 시뮬레이터 발 표 자 : 김성근 (서울과학기술대학교 건설공학부 부교수)

#### 내용요약

본 연구에서는 지능형 굴삭 시스템을 개발하기 위한 요소 기술로써, 작업현장의 여건 반영 및 토공작업자들의 작업 휴리스틱스 분석을 통해 무인 굴삭기의 작업경로 생성을 위한 시뮬레이터(Simulator) 개발을 목적으로 하고 있다.

#### 토의내용

본 연구에서는 선행 연구에서 제시된 이동비용 모델을 적용하고, 굴삭기 운전자의 휴리스틱스를 반영한 무인 굴삭기의 작업경로 생성 시뮬레이터를 활용하여 장애물을 포함하는 여러 가지 형태의 작업현장에 대한 사례 분석을 수행하였다. 사례 분석에서는 각각의 현장특성에 따라 달라지는 굴삭기의 작업경로 패턴분석을 실시하였다.

### 2) 논문제목 : TACT 기법을 활용한 양중부하 산정 방안 발 표 자 : 조창연 (한국건설기술연구원 연구원)

#### 내용요약

본 연구는 초고층 건설현장의 L/C 투입 및 양중계획수립 시 TACT 기법을 활용하여 양중부하를 산정하는 방안을 제시하였으며, 제시된 방안을 활용하여 파일럿 시스템을 구축하였다. 향후 진행될 연구에서는 양중자원 자동분배 방안과 시뮬레이션 활용성 향상을 위한 알고리즘 효율화 연구를 추가적으로 진행할 계획을 가지고 있다.

#### 토의내용

본 연구는 초고층 건축공사의 양중계획 수립 시 부하를 정량적으로 산정 및 추정하는 방법을 도출하는 것으로써, 초고층 건축공사 현장의 대표적인 양중장비인 타워크레인(이하 T/C)과 건설 리프트(이하 L/C) 중 L/C의 양중부하 산정방안을 제시하는 것으로 그 범위를 한정하였고, 수량산출서를 활용한 정량적 양중부하의 산정방안을 제시하고, 산정된 양중부하를 TACT기법을 활용하여 표현하는 방안을 제시하도록 한다.

### 3) 논문제목 : 초고층 공사 건설용 리프트의 운영정보 모니터링 기술 조사 연구 발 표 자 : 소지윤 (경희대학교 건축공학과 박사수료)

#### 내용요약

본 연구는 초고층 공사에 적용되는 리프트의 자동화 관리 기술인 운영정보 모니터링 시스템의 요소기술 선정을 목적으로 한다. 이는 리프트의 효율적인 운영 관리가 가능한 기술로써, 초고층 공사의 양중 시에 안전성 확보가 가능하며 양중계획의 실적자료로 활용될 수 있다.

#### 토의내용

본 연구는 초고층 건설공사에서 주로 사용되는 고속형 리프트를 대상으로 하였다. 또한 기술조사는 운영정보 모니터링을 위한 관리 세부항목에 대한 적용 가능 기술로 한정하였다. 본 연구의 방법 및 절차는 첫째, 현장에서 사용되고 있는 리프트 관리기술 현황을 조사한다. 둘째, 그 내용을 바탕으로 모니터링이 필요한 주요관리항목들을 도출한다. 셋째, 각 항목들에 적합한 요소기술을 선정한다.

**4) 논문제목 : 열화 모형 및 실물 옵션을 활용한 하수도 시설의 유지관리 보증 계약 체계**

**발 표 자 : 박태일 (연세대학교 토목환경공학과 공학 박사)**

**내용요약**

본 논문은 상하수도 시설의 유지관리보증계약에 있어서 열화모형의 메커니즘을 활용한 비용예측 방법론을 제시함으로써, 보증계약의 가격 결정과 민간업자의 리스크를 경감할 수 있는 제도적 장치를 제안하였다. 또한, 기존의 Markov 모델링 기법에 근거한 확률론적 방법과 함께 지수함수 형태의 열화모델을 적용함으로써, 체계적인 데이터베이스의 부족 등의 문제를 극복하는 방안을 추가적으로 제시하였다.

**토의내용**

본 논문에서 제시한 열화모형에 기반한 유지관리비용 예측 방법론에 있어서 기존 상하수도 유지관리와 관련한 데이터의 확보와 경험적 데이터를 제공할 수 있는 전문인력의 부족 등에 대한 토의가 이루어졌다. 본 논문에서 제시한 방법론은 현재 미국에서 제안되고 실제 적용되고 있으나, 국내에서는 데이터 및 전문가의 부족 등 국내 상황으로의 적용에 있어서는 향후 추가적인 연구가 필요하다는 사실 등이 논의되었다.

**5) 논문제목 : 지속가능한 건설을 위한 페콘크리트와 페아스팔트 순환골재의 환경부하평가**

**발 표 자 : 최대영 (서울과학기술대학교 건설공학부 석사과정)**

**내용요약**

본 논문은 최근 대두되고 있는 탄소배출 규제 문제에 효율적으로 대처하기 위한 건설폐기물의 재활용에 관한 연구이다. 현재 정부주도의 건설폐자재 이용에 있어서의 순환골재 사용에 대한 Life Cycle Assessment 등의 평가가 이루어지고 있으나, 그 실적은 미비한 실정이다. 본 논문은 페콘크리트와 페아스팔트를 활용한 순환골재 생성과정에서 발생하는 이산화탄소량을 정량적으로 산출한 후, 순환골재를 사용한 아스팔트 포장의 순환골재 배합비에 대한 분석을 실시함으로써 페콘크리트와 페아스팔트 순환골재 사용에 따른 환경부하평가 방법을 제시하였다.

**토의내용**

본 논문에서 제시한 아스팔트 순환골재에 대한 환경부하 평가 이외에도 순환골재 배합 구성 시 예상되는 아스팔트 강도에 대한 조사 분석이 필요하며, 이와 함께 순환골재 사용에 따른 경제적 효과를 동시에 고려한 최적화된 순환골재 배합비를 산정하여야 한다는 사실이 대두되었다. 상기 논의점에 대해서는 추후연구를 통하여 순환골재의 배합에 따른 강도와 경제성 분석이 효과적으로 이루어질 수 있도록 보다 다양한 관련 정보 및 데이터의 수집, 그리고 적정성 분석을 위한 의사결정기법 등이 추가되어야 함이 논의되었다.

**6) 논문제목 : 설계요구정보를 고려한 설계변경 시스템에 관한 기초연구**

**발 표 자 : 김우영 (단국대학교 건축공학과 석사과정)**

**내용요약**

본 논문은 건설공사에 있어서 건축주와 원도급자와의 분쟁에서부터 건설프로젝트의 성패까지 좌우할 수 있는 설계변경에 관하여 관련시스템 구축을 위한 기초연구와 관련한 내용을 제시하고 있다. 구체적으로, 설계 및 건설 단계 중 설계변경 발생 시에 변경 제안에 대한 평가제어 모델을 수립하고, 설계변경 요구정보를 추출할 수 있는 모델 개발을 연구 목표로 제시하고 있다.

**토의내용**

본 논문에서 제시한 설계요구정보에 영향을 미치는 세부공정의 분석에 있어서 세부공정별 영향도를 일괄적으로 산정하기 보다는 영향도에 따른 예상가중치를 반영하는 것이 시스템 구성 및 이용에 있어 보다 효율적이라는 점이 제시되었다. 또한, 설계 단계, 설계완료 단계, 공사시행 단계 등 단계별 설계변경에 대한 다양한 대응방안에 대한 접근이 본 논문에서 제시된 시스템에 추가적으로 반영되어야 하는 점 등이 논의되었다.

**7) 논문제목 : 사례분석을 통한 오피스 재실 리모델링의 시공 시 고려사항에 관한 연구**

**발 표 자 : 김성식 (한양대학교 건축환경공학과 석사과정)**

**내용요약**

본 논문은 건축물의 노후화에 따른 신축 및 재건축 중심에

서 점차 리모델링으로 변화하는 추세에 부합하여 전체공실 상태에서의 리모델링 아닌 재실상태에서의 단계별 리모델링 방안을 제안하고 있다. 아직 국내상황에서 재실상태에서의 리모델링에 대한 실적은 극히 미흡한 실정이며, 이에 따라 본 논문은 재실상태에서의 리모델링 방안을 적용하기 위한 사전단계 및 실시단계 시 고려되어야 할 기본사항을 제시하고 있다.

### 토의내용

본 논문에서는 재실상태에서의 리모델링 방안을 위하여 공사방식, 환경(공정계획), 안전, 그리고 주변에 대한 고려 등 총 4가지 구분에 의하여 일반 리모델링 방식과의 비교를 제시하였으며, 이에 대한 효율적 적용을 위하여 공사층과 일반층과의 버퍼층 형성, 재실상태의 일반사업자의 동선 및 시간의 피크대를 피하는 공사시간의 조절, 안전장치 및 외부와의 차단을 위한 각종 장비 등을 제시하였다. 이러한 기초연구에 대한 연구결과는 보다 구체적이며 실효성 높은 체크리스트 등으로 전환될 경우 보다 효율적이며, 실제공사에 적용이 가능한 적용성 높은 연구가 될 것임을 논의하였다.