

# 지하철 구조물 유지관리 시스템을 위한 BIM 개발

## Development of BIM for a Maintenance System of Subway Infrastructures

심창수\* Shim, Chang-Su / 김성욱\*\* Kim, Seong-Wook / 송현혜\*\*\* Song, Hyun-Hye / 윤누리\*\*\*\* Yun, Nu-Ri

### 요약

시설물 전생애주기에 걸쳐 정보가 공유되고 피드백 될 수 있는 BIM(Building Information Modeling) 기술의 등장은 유지보수 관리자들에게 가장 필요한 유지관리점검 도구의 의미를 지님과 동시에, 정보모형을 기반으로 주요 기술영역 및 사업주체간 원활한 의사소통이 가능해지도록 한다. 효율적인 지하철 터널의 유지관리를 위해서는 체계적으로 조직된 데이터가 필수적이다. 이 논문에서는 건설정보분류체계에 기반하고 유지관리 업무의 점검 단위를 고려한 분류체계를 개발하였다. 이를 통해 기존의 유지관리 프로세서에 정보모델링 프로세서를 도입하여 유지관리 작업의 흐름을 최적화하고 표준화하는 방안을 제안하였다. 또한 기존 유지관리 업무 프로세서의 불필요한 절차 및 시간을 효율적으로 절감하여 시설물의 총 생애주기비용을 절감하고 객체의 수선교체시 소요되는 시간을 절감하였다. 게다가 터널정보 모델링 프로세서 모델을 유지관리 정보의 이력관리에 도입하여 기존 정보관리보다 체계적인 관리가 가능하도록 하였다.

키워드 : BIM, 유지관리, 정보모델, 지하철 구조물

### 1. 서론

우리나라의 사회간접자본 시설물의 구축이 어느 정도 완성기에 접어들면서 신설 프로젝트에 소요되는 예산에 비해서 유지관리에 소요되는 예산의 수요가 급증할 수 있는 시기에 도달하였다. 기존 시설물의 시공 및 유지관리의 경험으로부터 전생애주기에 걸친 비용(Life-Cycle Cost)을 줄일 수 있는 방안 도출이 절실하다. 이를 위해서는 유지관리의 경험으로부터 도출된 설계 개선사항이 발주자의 설계 및 시공 요구사항으로 반영되는 건설 프로젝트의 전생애주기에 걸친 정보 선순환 구조가 필요하다. 현재의 단절된 업역과 프로젝트 수행의 관행으로는 이러한 정보 선순환을 이루기 힘들고 시설물의 유지관리 비용 절감을 위한 좋은 설계의 근본을 제공하기가 쉽지 않다.

건설정보모델링 (Building Information Modeling, 이후 BIM)이 실질적으로 건설 프로젝트 참여주체들 사이에서 의사소통을 원활하게 하고 정보의 재활용성이 높도록 하기 위해서는 모델의 정의 및 요구수준이 명확해야 한다(심창수 등, 2010). 건설 프로젝트의 단계에 따라서 혹은 수행주체 및 협업의 대상에 따라서 정보모델 및 정보 전달 내용은 달라야 할 것이다(심창수, 2010). 이를 위해서는 표준화가 필요한데 3차원 캐드를 지원하는 캐드 엔진에 따라 다른 정보 모델링 기술을 통합하거나 매개할 수 있는 표준 파일 형태를 설정하는 것은 상당히 어려운 일이다(김성식, 2010).

최근 지하철 구조물의 시공단계에 3차원 정보모델을 부분적으로 활용

용한 사례가 있고(심재범 등, 2010), 철도시설물의 생애주기 관리를 위한 철도정보모델에 대한 개발이 일부 진행되었다(Shim 등, 2008, 심창수 등, 2010). 또한, BIM 기술에 기반한 유지관리시스템에 대한 연구가 진행되었다(문성우, 2010). 이러한 연구들은 설계 단계에서부터 시공, 유지관리를 거치는 정보 전달을 고려한 경우인데 현재 상태에서 BIM 기술을 실무에 적용하거나 발주 지침에 반영하는 데는 현실적인 어려움이 존재한다.

이 논문에서는 실제 지하철 구조물의 유지관리 업무에서 점검 및 예측기록에 기반하여 시설물 관리시스템에 탑재하는 현재의 유지관리 시스템의 대안으로 BIM 기반의 유지관리 시스템을 제안하기 위한 형상모델 및 정보모델 체계를 개발하였다. 이로부터 유지관리의 어려움을 초래하고 지속적인 비용 요인이 발생하는 사항을 도출하여 이를 설계 요구사항에 반영할 수 있도록 하고 현장 점검자가 모바일 장치를 활용하여 수월하게 대상 모델을 파악할 수 있도록 하였다. 특히, 다수의 유지관리 주체들이 동일 모델과 정보에 기반하여 시설물의 상태를 평가할 수 있는 방안을 도출하였다.

### 2. 유지관리 업무 및 정보체계 분석

#### 2.1 지하철 터널구조물 유지관리 업무체계 및 정보체계

시설물 안전관리에 관한 특별법에 따른 시설물정보관리종합시스템 운영규정에 따라 시설물 운영관리주체는 시설물 관리 대장을 참조하여 구조물 일반현황 및 상세제원 그리고 유지관리 이력을 입력하여 관리하도록 하고 있다. 이 중에서 지하철 터널진단은 정기점검, 정밀점검, 긴급점검 그리고 정밀안전진단이 있다. 지하철 터널의 경우 터널내부의 외관조사를 주로 실시하고 상태평가 및 안전성평가를 한다. 상태평가와 안전성평가를 종합하여 보수·보강 및 유지 관리 방안을

\* 정회원, 중앙대학교 건설환경공학과, 교신저자 csshim@cau.ac.kr

\*\* 정회원, 서울도시철도공사 구조팀 2060319@smrt.co.kr

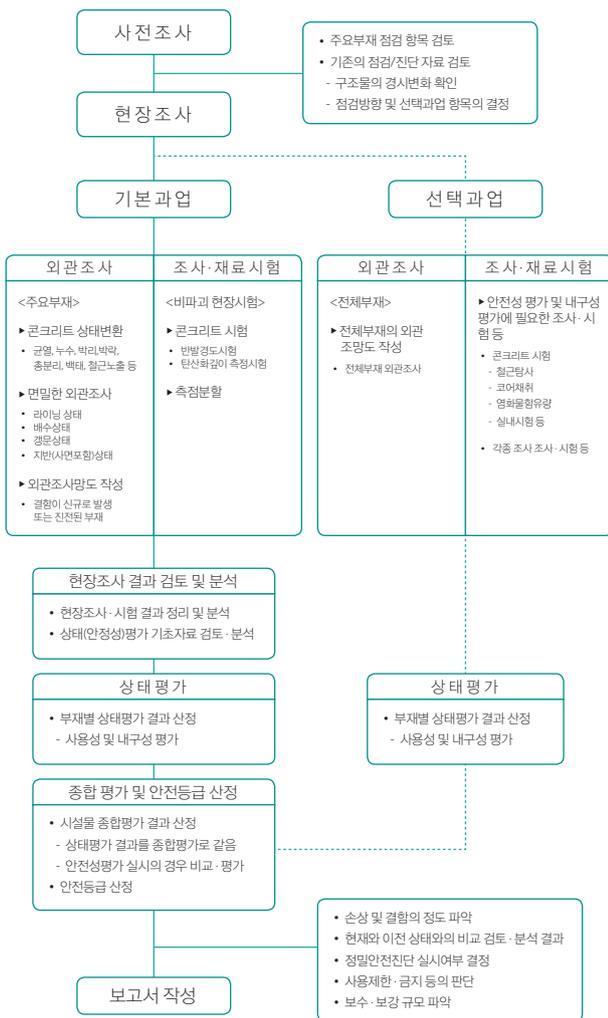
\*\*\* 학생회원, 중앙대학교 토목공학과 glay-hyune@hanmail.net

\*\*\*\* 일반회원, 중앙대학교 토목공학과 nuri58@nate.com

제시하는 등의 종합평가 및 안전등급을 산정하고 그 결과를 e-보고서로 관리시스템에 등록하여 유지관리점검을 마무리한다. 그림 1에 정밀점검의 절차 및 내용을 도시하였다.

터널시설물의 정밀안전진단에서 수행하는 외관조사에서 기존의 2차원 도면 중심의 지하철 터널 구조물의 유지관리 체계는 외관 조사망도에 점검내역을 기록하여 관리하고 있다. 외관조사망도는 복선터널 구간을 도면화한 것이다. 벽체(좌벽체, 우벽체)와 천정(좌아치, 우아치)으로 구분되어진 외관망도를 출력하여 현장에서 균열, 누수, 손상, 재질열화 등의 점검내역을 기록 후 사무실에서 해당 기록을 2차원 도면에 표시하게 한다.

균열, 누수, 손상, 재질열화 등의 하자는 다양한 형태와 방향으로 구조물에서 발생되는데 2차원 기반의 외관망도에서 하자사항을 한 눈에 확인하고 정확히 기록하는데 있어 일부 한계가 있다. 그래서 이와 같은 경우 기둥과 상부거더만 따로 도면화하여 점검결과를 기록 보완하고 있다. 결과적으로 관리해야 될 도면의 수가 늘어나게 되고 같은 공간의 구조물의 점검기록이 한 눈에 확인이 되지 않는 등 이력관리에 서 비효율적이게 된다.



[그림 1] 정밀점검의 절차 및 내용 (터널 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 2009)

## 2.2 BIM 기반의 To-Be 모델

시설물의 상태평가를 위해서는 기존 자료 분석과 점검 기록이 매우 중요한데 현재의 시스템과 절차를 통해서서는 다수의 인원이 점검하는 대상 구조물의 이력과 설계, 시공 자료를 파악하고 수행하기가 어려운 상황이고 점검의 효율성 측면에서 개선해야 할 사항이 다수 존재한다. 특히, 점검자와 시설물 상태를 평가하고 판단하는 기술자가 다르기 때문에 정확한 구조물 상태 점검 기록을 전달하는 것이 평가의 신뢰성을 높이는데 매우 중요하다.

2차원 기반의 외관망도와 연계된 이력관리는 PDF 형태로 보관되기 때문에 유지관리이력 정보를 관련 기관에서 재활용하기 힘들고 점검자가 이에 기반해서 추가 점검 기록을 작성하는데 어려움이 있다. BIM 기반 유지관리체계를 통하여 터널구조물 전 생애주기에 걸쳐 객체기반의 형상모델을 통해 유지관리의 시각화를 도모하고, 정보모델 기반의 점검이력을 재사용 할 수 있어야 하겠다.

두 가지 측면에서의 개선 방향은 현실적인 상황을 고려하여 도출하였다. 공용중인 지하철 터널 시설물에 대한 3차원 모델이 존재하지 않기 때문에 효율적으로 현재의 구조물 및 시스템을 시각화해야 하는데 형상 분류체계를 유지관리 업무 단위 체계와 일치시키도록 작성한다. 점검 기록의 시각화를 위해 균열 및 손상 부위에 대한 기록 내용의 이력관리와 별도의 형상 분류를 갖도록 한다. 두 번째는 각 형상모델이 가져야 하는 정보 체계인데 현재 점검 기록 및 각종 평가기록이 전자 문서 형태로 관리되기 때문에 점검자 혹은 시설물의 유지관리 의사결정을 하는 주체가 3차원 형상모델에 기반하여 판단할 수 있도록 점검과 평가관련 자료를 전자 문서형태로 형상모델에 연결시키는 3차원 정보모델링 체계를 구축한다.

## 3. 지하철 터널 구조를 유지관리용 BIM 개발

### 3.1 지하철 터널 구조물의 형상 및 정보모델

지하철 터널의 구성은 기본시설물과 부대시설물로 이루어지고 유지관리를 위한 점검에서 대상이 되는 부분은 구조물 부분의 본선라이닝과 개착터널 그리고 환기구와 궤도시설물인 레일, 침목, 도상 등으로 구분된다.

지하철 선형에 따라 변하는 터널 구조물을 점검 단위별로 계층화하여 3차원 정보모델을 구성해야 한다. 건설정보 분류체계에 기반하고 유지관리 업무의 점검 단위를 고려한 분류체계를 개발하였다. 이를 통해 기존의 유지관리 프로세스에 정보 모델링 프로세스를 도입하여 유지관리 작업의 흐름을 최적화하고 표준화한다. 또한 기존 유지관리 업무 프로세스의 불필요한 절차 및 시간을 효율적으로 절감하여 시설물의 총 생애주기비용을 절감하고 객체의 수선 교체 시 소요되는 시간을 절감한다. 터널정보모델링 프로세스 모델을 유지관리 정보의 이력관리에 도입하여 기존 정보관리보다 체계적인 관리가 가능하도록 하였다.

WBS는 프로젝트 수행에 있어 가장 기본적인 요소이며, OBS(Organization Breakdown Structure)와 연계된 정교한 WBS의 작성성이 필수적이다. 따라서 건설정보분류체계만으로 유지관리 정보 모델을 적용하기에 무리가 있다. 그래서 터널시설물 유지관리 항목을 안전점검 표준분류 체계화하여 적용하였다. 안전점검 표준분류체계

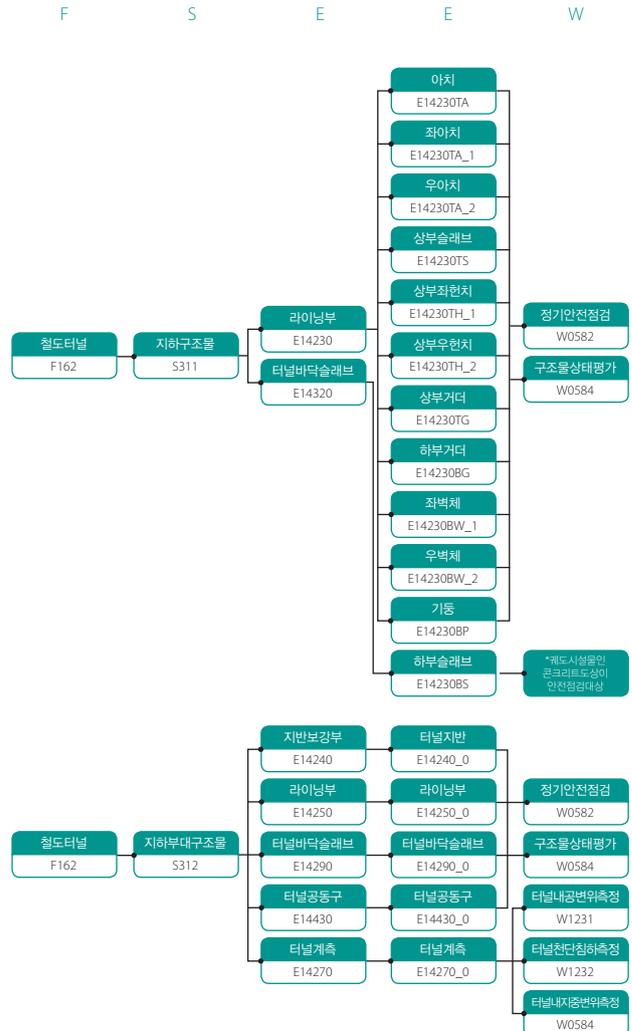
[표 1] 안전점검 분류체계 정보모델 항목

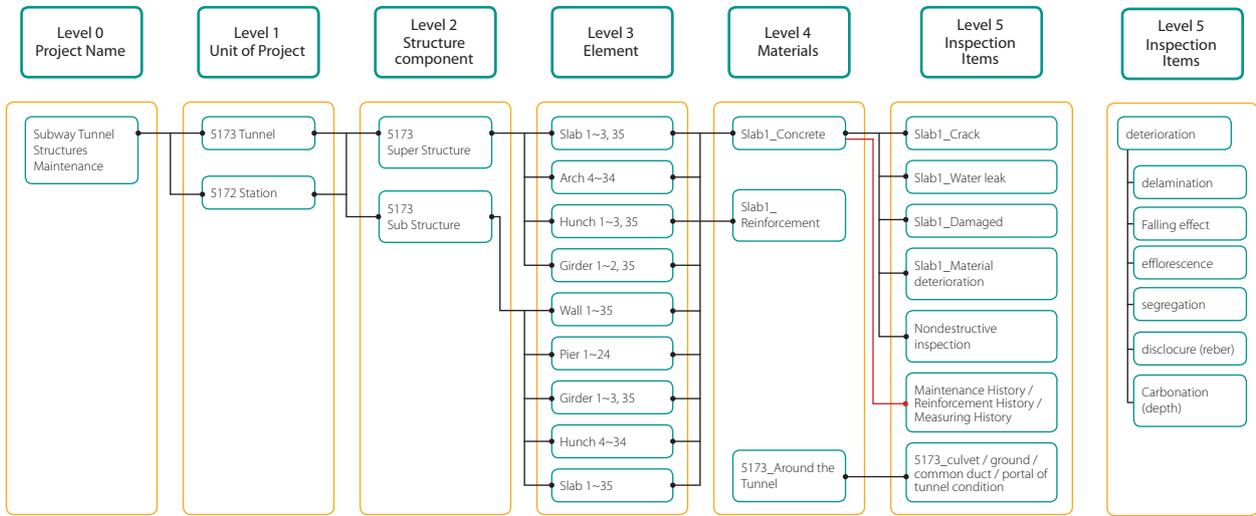
|        |                                   |                                   |
|--------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Part 1 | 0110                              | 주요부재 점검항목 검토                      |
|        | 0120                              | 기존의 점검/진단 자료 검토                   |
|        | 0121                              | 중점 점검부위 선정***                     |
|        | 0122                              | 구조물의 경시변화 확인                      |
|        | 0123                              | 점검(진단)방향 및 선택과업 항목의 결정            |
| Part 3 | 0310                              | 외관조사                              |
|        | 0320                              | 조사·재료시험                           |
|        | 0311                              | 콘크리트 상태변화                         |
|        | 0311cr                            | 균열 crack                          |
|        | 0311wa                            | 누수 water leak                     |
|        | 0311de                            | 박리 delamination                   |
|        | 0311fa                            | 박락 falling effect                 |
|        | 0311da                            | 손상 damage                         |
|        | 0311se                            | 층분리 segregation                   |
|        | 0311ef                            | 백태 efflorescence                  |
|        | 0311di                            | 철근노출 disclosure rebar             |
|        | 0312                              | 상태변화(정밀한면밀한) 외관조사                 |
|        | 0312li                            | 라이닝 상태 lining condition           |
|        | 0312cu                            | 배수상태 culvet condition             |
|        | 0312po                            | 갱문상태 portal of tunnel condition   |
|        | 0312gr                            | 지반(사면포함)상태 ground condition       |
|        | 0313                              | 외관조사망도 작성                         |
|        | 0313de                            | 결함이 신규로 발생 또는 진전된 부재 defects**    |
|        | 0313me                            | 전체부재 member of framework*         |
|        | 0320                              | 조사·재료시험                           |
|        | 0321                              | 측정분할                              |
|        | 0322                              | 콘크리트 시험                           |
|        | 0322re                            | 반발경도시험 rebound                    |
|        | 0322ca                            | 탄산화깊이 측정시험 carbonation            |
|        | 0322ul                            | 초음파진달속도시험 Ultrasonic waves*       |
|        | 0322ch                            | 염화물함유량시험 chloride content*        |
|        | 0322ex                            | 철근탐사 exploration*                 |
| 0322co | 철근부식도시험 corrosion*                |                                   |
| 0323   | 터널단면측량*                           |                                   |
| 0324   | 균열깊이 조사*                          |                                   |
| Part 4 | 0410                              | 외관조사**                            |
|        | 0411                              | 전체부재의 외관조사망도 작성**                 |
|        | 0420                              | 조사·재료시험                           |
|        | 0421                              | 안전성평가 및 내구성평가에 필요한 조사·시험 등        |
|        | 0421su                            | 지표·지질 조사 surface geologic survey* |
|        | 0421wa                            | 수질조사 water pollution*             |
|        | 0421ge                            | 물리탐사(지반탐사) 등*                     |
|        | 0422                              | 콘크리트 시험                           |
|        | 0422ex                            | 철근탐사 exploration**                |
|        | 0422co                            | 코어채취 core                         |
|        | 0422ch                            | 염화물함유량시험 chloride content**       |
| 0422la | 실내시험 등 laboratory investigation** |                                   |
| 0423   | 각종 조사·시험                          |                                   |
| 0423di | 내공변위측정 displacement*              |                                   |
| 0423vi | 진동 및 소음측정 vibration*              |                                   |
| 0423st | 변형률 측정 등 strain measurement*      |                                   |

는 안전점검업무 흐름도를 반영하였다. 건설정보분류체계의 R(자원), 주제면분류의 기본 4자리수를 선택하여 안전점검 항목을 세분화하여 구성하였다. 터널시설물 유지관리를 위한 표준분류체계로 조사 및 시험의 세부항목에 대해서도 반영하였다. 구체적인 분류체계는 사전조사, 현장조사, 기본과업, 선택과업, 현장조사 결과 검토 및 분석, 상태평가, 안전성평가, 종합평가 및 안전등급, 보고서 작성의 기본 9단계로 구성되어 있으며, 각 단계는 안전점검업무의 흐름도를 의미한다.

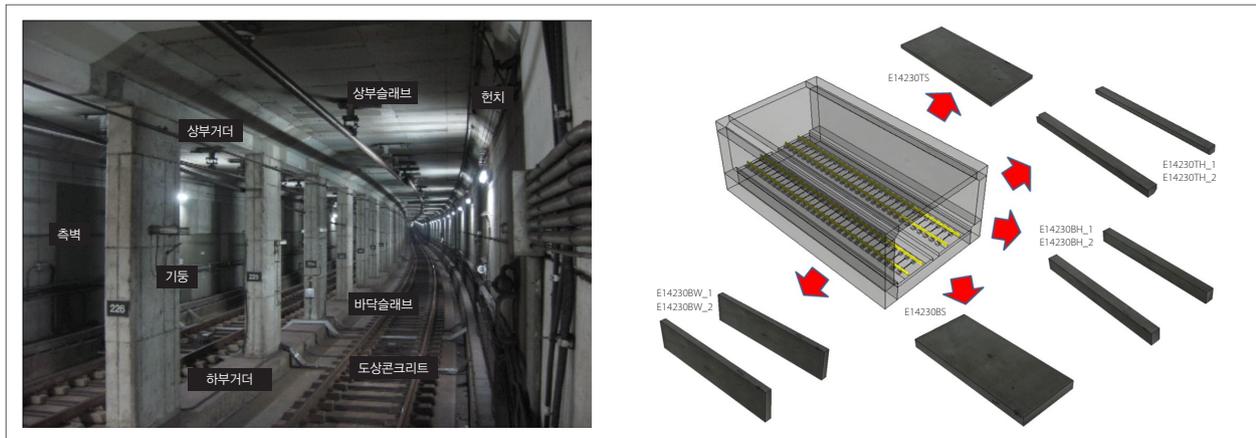
표 1에 제시한 안전점검 표준분류체계의 숫자 및 영문은 유지관리 수행 중 필요한 모든 조사 및 재료시험, 평가 내용을 포함한다. 기본분류 자리수 네 자리중 첫 두자리는 대분류 자리수이며 안전점검 항목을 의미한다. 셋째 자리수는 각 단계 과업의 중분류와 결과 검토 및 분석, 평가 등의 항목이다. 마지막 넷째 자리수는 조사 및 시험의 소분류와 결과 검토 및 분석, 평가 등의 세부내용이다. 숫자에서 다루지 못한 조사 및 시험 항목의 세분류는 영문이니셜 앞자리로 분류하였다.

정의된 형상 및 정보모델 체계는 그림 4에서 제시한 바와 같이 구간별 터널 구조물에 관련한 WBS의 제반 내용이 전자문서형태로 연결되도록 설정하여 점검자 및 유지관리를 위한 시설물 평가자가 3차원 형상 모델로부터 관련 정보를 검색하고 열람할 수 있도록 하였다.

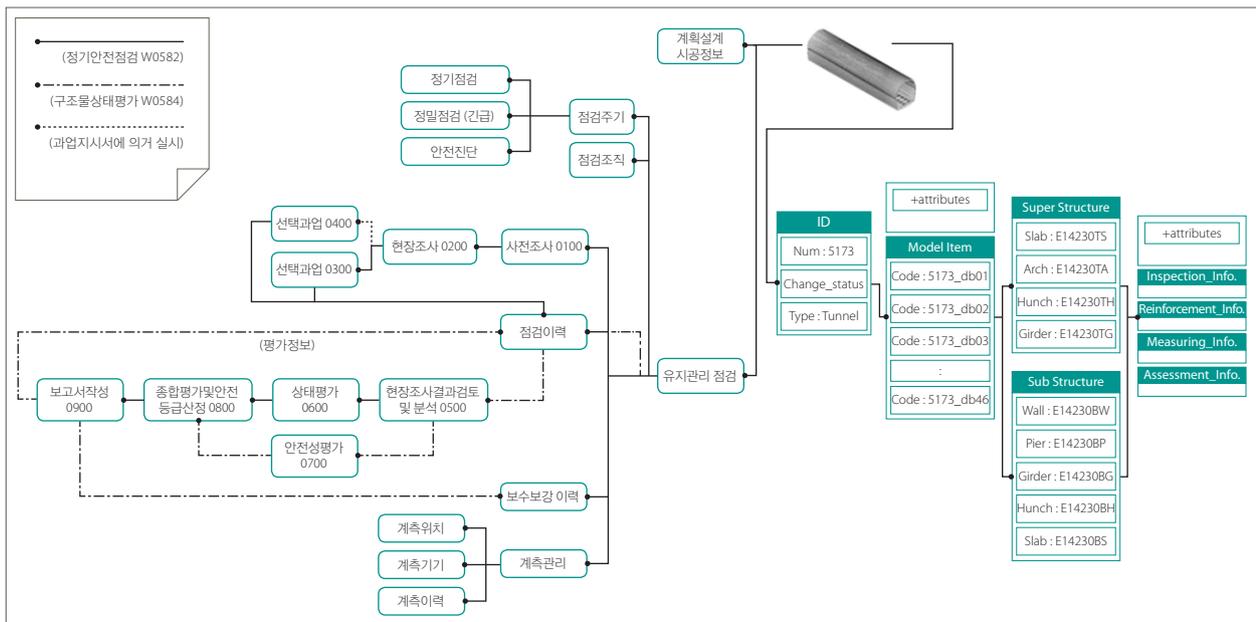




[그림 2] 터널 지하구조물의 형상모델 체계



[그림 3] 지하철 터널구조물의 형상모델

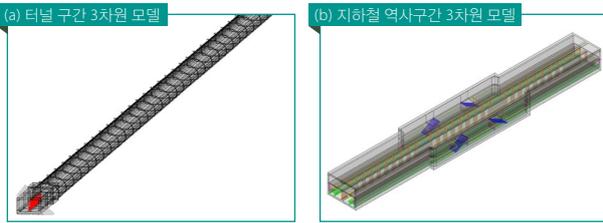


[그림 4] 지하철터널구조물 유지관리 체계

### 3.2 지하철 유지관리 시범적용

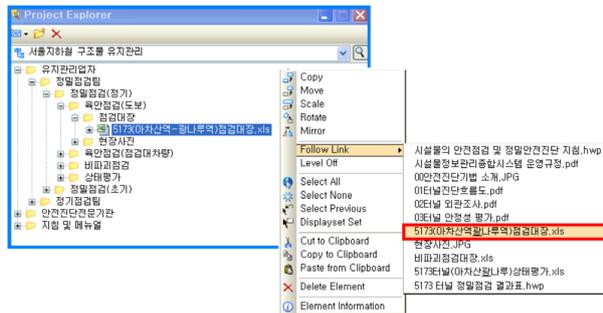
제안된 형상모델과 정보모델을 적용할 대상으로 현재 공용중인 지하철의 한 구간을 설정하였다. 총연장 1330m, 높이 7.8m으로 복선 터널구간은 NATM공법으로 시공된 마체형 비배수식 터널이다. 이 구간 터널 라이닝 일부는 무근콘크리트로 시공되어 있으며 2009년 상태평가 결과는 B등급으로 양호하였다. 구조물 상태평가를 위해 본선을 30m간격으로 모델링하고 모델번호는 5173\_db01, 5173\_dt04로 하였다.

영문 첫번째자리는 복선과 단선을 의미하는데, 복선은 d(double), 단선 s(single)로 나타낸다. 둘째자리는 터널의 형식이며 b(box), t(tunnel)로 분류한다. 마지막 2자리 숫자는 30m간격을 순서대로 터널 시점부터 종점까지 부여하였다. 그림 5에 모델링된 이미지를 제시하였다.



[그림 5] 지하철 터널구조물 유지관리 체계

형상분류에 의해 계층화된 모델은 각 모델이 보유해야 하는 유지관리 정보체계를 전자문서 형태로 연결하도록 설정하였다. 이 연구에서는 Microstation의 Project Explorer 기능을 활용하여 관련 전자문서를 링크하였고 이렇게 구성된 모델은 3차원 모델을 탑재하는 pdf 파일 형태로 생성할 경우에 관련된 전자문서 연결 정보를 함께 지니게 된다. 생성된 전자문서는 모바일 장치에 수월하게 포함하여 현장에서의 정보 검색 및 점검 기록 관리가 가능하도록 할 수 있다.



[그림 6] 지하철 터널구조물 유지관리 체계

현장에서 지하철이 운영되지 않는 짧은 시간동안에 다수의 점검자가 터널 구조물을 육안으로 점검하고 이를 기록하여 유지관리시스템에 축적하기 위해 2차원 도면으로 작업하는 과정을 대체할 수 있는 방안을 제안하였다.

그림 7(a)의 지하철 터널 구조물 모델은 30m 구간별로 점검자가 부여된 위치번호에 의해 선택하면 그림 7(b)의 외관망 조사도에 해당하는 이전 점검 기록 모델층이 선택되고 여기에 추가로 관찰된 손상 내용을 기록할 수 있다. 이때 손상표시범례를 사전에 정의하여 라이브러리화하면 점검 기록의 효율성을 높일 수 있다. 이러한 작업은 이미지 처리를 통해서 이루어질 수도 있고 네트워크가 잘 갖춰진 장점을

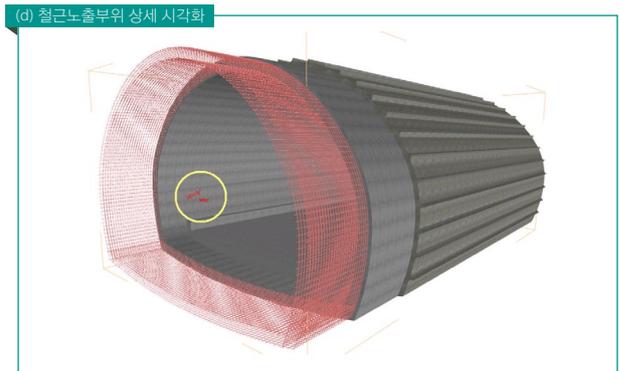
활용해서 모바일 장치를 통해서 이루어질 수 있다. 이 경우에 점검 기록이 곧바로 모델에 탑재되어 이력관리가 가능하기 때문에 사무실에서 추가적인 작업을 제거할 수 있다. 또한, 점검자가 손상의 진행 이력을 시각적으로 파악하여 면밀하게 관찰해야 하는 영역을 식별할 수 있고 이는 시설물 평가자에게도 보수 보강 여부를 판단하는 주요한 정보가 된다.

지하철 터널구조물의 유지관리에서 균열과 함께 중요한 항목이 철근 부식 문제이다. 철근 부식은 터널 구조물이 대부분 지하수위 아래에 위치하는 경우가 많기 때문에 매우 중요하다. 이 경우에는 부식에 의해 생성된 열화의 정도와 심각성을 평가하기 위해서 배근도와 일치성을 평가할 필요가 있고 현장 점검자와 시설물 평가자가 이를 숙지해야 한다. 그림 7(d)에서 나타낸 바와 같이 터널 구조물의 실제 배근도를 3차원으로 모델링하여 제시함으로써 육안관찰에 의한 균열도와 중첩하여 볼 수 있고 정기점검 및 정밀점검을 실시한 후 터널 구조물의 각 부재에 대한 상태를 조사하게 된다. 일반적으로 손상유형과 상



(c) 손상표시범례 (터널 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 2009)

|          |                 |     |                          |
|----------|-----------------|-----|--------------------------|
| CW } 0.3 | 균열폭 (0.3mm인 경우) | 2.0 | 단차화살표방향으로 돌출 수치는 단차 (mm) |
|          | 망상균열 (범위를 표시)   |     | 누수, 습윤부 (등급표시 A~E)       |
|          | 박락 (등급표시 A~E)   |     | 박리 (등급표시 A~E)            |
|          | 누수방지공 (도수공)     |     | 백태 (등급표시 A~E)            |
|          | 라이닝 열화가 심한 부분   |     | 골재의 노출                   |
|          | 철근노출            |     |                          |



[그림 7] 점검 기록 관리를 위한 BIM기술 적용

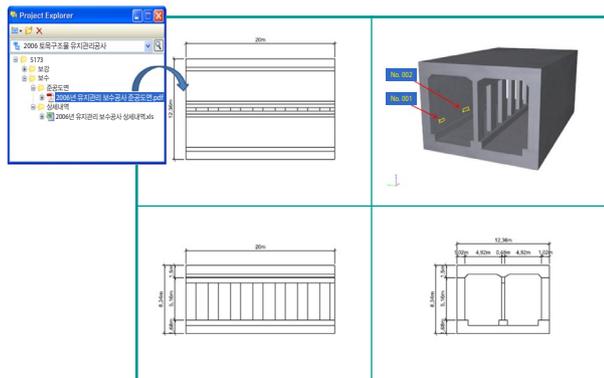
태에 따라 등급을 부여하게 되며 보수·보강 필요 시점을 조사 내용에 따라 결정하며, 분석 결과에 따라 보수·보강 계획을 세우고 이를 실시하게 된다. 점검은 구조물의 손상정도를 조사하는 것에 그치지 않고 손상의 평가에 적절한 보수·보강 방안까지 도출되어야 하며, 전체 구조물의 사용에 따른 안전성을 파악하기 위하여 시간에 따른 성능변화를 사용자가 쉽게 파악할 수 있어야 한다.

상태등급의 이상변화(예 : 등급의 2단계 하락 등) 발생시 원인 규명을 위한 검증절차를 거치도록 하여야 한다. 현재 점검을 통해 수집된 터널구조물의 부재별 세부등급과 전체등급을 시각화하는 것이 구축된 3차원 모델의 색상을 통해 가능하다. 이력관리를 통해서 시간에 따른 터널 구조물의 상태변화를 확인함으로써 전체 구조물의 현재 상태를 진단하는데 도움을 줄 수 있다.

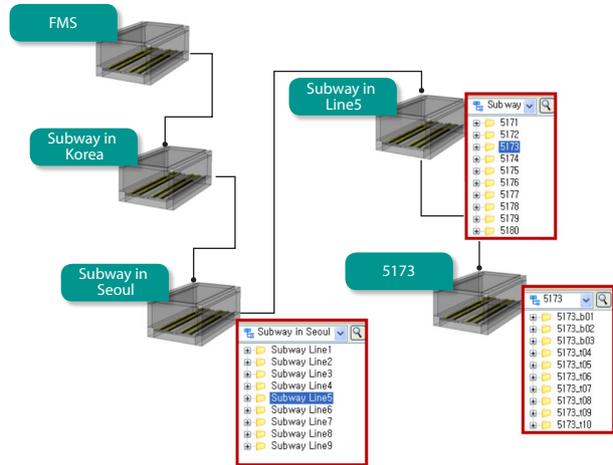
터널 구조물은 시간이 경과함에 따라 여러 원인에 의해 구조적 기능과 사용성이 저하되기 때문에 공용기간 동안 적절한 유지관리를 실시하여 공용수명을 연장하고 안전성과 사용성을 확보하는 것이 필요하다. 이에 점검결과에 따른 보수 우선순위를 선정하여 보수·보강공사를 실시한다. 보수·보강 이력은 향후 구조물의 공용과정에서 추가적인 점검 및 진단을 위한 기초적인 자료가 됨은 물론이고, 유지관리공사에 소요되는 공법별, 부재별 비용을 추정하기 위한 중요한 데이터가 된다. 유지관리업무는 신규건설공사와 비슷한 특성을 가지고 있으나, 보수공사의 전과 후에 대한 추적관리가 필요한 특성을 가지고 있다. 즉, 회복된 손상에 대한 가시적인 성과를 판단할 수 있도록 시각적으로 관리하여 추후 해당부재에 대한 이력으로서 계속 관리될 필요가 있다.

결정된 보수물량의 경우 안전점검 결과보고서 제출일로부터 2년 이내 발주, 3년 이내 보수하도록 규정하고 있다. 이렇게 보수가 완료된 현장에는 공사완료후 현장 주기표를 부착하게 되는데 매년 상당한 양의 공사물량 뿐만 아니라 터널 구조물의 공용중 손실로 인해서 하자의 재하자검사시 누락이 되고 결국 유지보수 추가 비용이 발생하게 된다.

그림 8은 이러한 문제를 방지하기 위해 터널 벽체에 부착되어진 주기표를 나타낸다. 유지보수의 추가비용을 방지하고자 터널 형상모델을 유지보수 준공도면으로 납품 받아 e-주기표화하는 것을 목적으로 구현해 보았다. 재하자검사시 해당 구간에 대한 정보를 모두 담은 모델을 디지털 기기에 담아 이용하기에는 정보의 양이 방대하기 때문에 3차원 모델을 디지털 문서화하여 필요한 정보만을 휴대할 수 있게 하였다. 현재는 Acrobat 문서인 pdf파일에서 3차원 모델의 문서화를 지원하고 있다. 재하자 검사시 현장에서 3D-PDF e-주기표 대장을 참고



[그림 8] 3D-PDF를 활용한 e-주기표 시각화



[그림 9] 지하철 구조물 유지관리 시스템의 정보축적 및 모델관리

하여 재하자검사 항목이 누락되지 않도록 구현하는 것을 목적으로 한다. 향후 RFID 센서의 활용을 통해서 구간 인식 및 관련 이력 조화가 가능할 것이다.

이 연구에서 제안하고 시범 적용한 것은 서울시에 관리하는 지하철 시설물의 일부구간이기 때문에 전체적인 시스템의 체계가 요구된다. 그림 9에 나타난 정보관리 및 참조 체계에 따라 전체 시스템이 구축되면 현재의 분리된 시설물 관리 주체들이 필요한 정보를 공유하고 좀 더 효율적인 유지관리 예산 집행을 위한 의사결정이 가능할 것으로 기대된다.

유지관리 비용 수요가 많은 항목과 원인 등에 대한 정보가 축적되면 이를 해결하기 위해 필요한 설계 및 시공 고려사항을 도출할 수 있게 된다. 이를 신규 지하철 시설물 발주시에 요구사항에 포함하도록 하여 전체 시설물의 생애주기에 걸친 정보의 선순환 구조를 완성하게 될 것이다.

#### 4. 결론

기존의 유지관리 프로세서에 정보 모델링 프로세서를 도입하여 유지관리 작업의 흐름을 최적화하고 표준화하는 방안을 제안하였다. BIM 기반의 지하철 터널 구조물의 유지관리를 위해 건설정보분류체계 및 이를 보완한 유지관리점검 표준분류체계를 적용한 정보모델을 개발하였다. 제안된 체계에 의하여 안전점검 및 진단시 가장 많이 수행하는 기본과업 중 외관조사를 BIM형상 모델의 주요부재에서 구현하였다.

기존 유지관리 업무 프로세서의 불필요한 절차 및 시간을 효율적으로 절감하여 시설물의 총 생애주기비용을 절감하고 객체의 수선 교체시 소요되는 시간을 절감할 수 있다. 3차원 정보모델 기반의 터널구조물의 유지관리 모델은 공용중인 지하철 시설물의 점검 및 유지관리를 위해 필요한 2차원 혹은 문서 기반의 정보를 3차원 형상모델에 계층화되고 상호 연계된 형태로 축적하였다. 이를 통해서 기존의 지하철 유지관리 정보 모델의 검증 및 보완을 할 수 있다. 이를 현재 터널구조물 유지관리 정보모델링에 적용하여 유지관리 시 불필요한 정보를 확인하고, 집중 관리되는 정보들(유지관리 단계에서의 점검 데이터 및 유지관리 보수·보강이력, 시설물 상태평가 결과이력 그리고 계속이력)을 따로 분류하여 유지관리 업무에 소요되는 경비를 저감시킬 수

있다. 또한 기존의 관리 업무에 필요한 정보의 부재 및 누락 등을 확인하여 이를 보완할 수 있다.

이 연구에서 제시한 방법론을 통해 지속적으로 정보가 축적되면 유지관리로부터 도출된 시설물의 개선사항을 설계 및 시공자에게 피드백하는 역할을 발주자가 할 수 있는 근거를 제공할 것이다.

### 감사의 글

이 연구는 국토해양부 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 첨단융합건설기술개발사업 (과제번호:06첨단융합C03)의 지원으로 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

- 국토해양부 (2010), "시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령 [시행 2010. 9. 8]", 국토해양부.
- 김성식 (2010), "BIM과 건설정보화 표준, 대한토목학회", 제36회 대한토목학회 정기 학술대회 전문학회 및 국책연구단 세션 정보기술위원회, pp.61-68.
- 문성우, 박미경 (2010), "BIM 기술을 활용한 시설물 유지관리 시스템의 개발", 대한토목학회, 제36회 대한토목학회 정기 학술대회, pp.2020-2023.
- 심재범, 김일호, 선오영, 김태균, 진관수 (2010), "지하철현장의 BIM 적용 사례와 향후 활용전략", 대한토목학회, 제36회 대한토목학회 정기 학술대회 전문학회 및 국책연구단 세션 정보기술위원회, pp.79-83.
- 심창수, 이광명, 김용한, 황규환 (2010), "3차원 철도시설물정보모델 기반의 고속철도 생애주기 관리", 한국철도학회, 철도저널, 제13권, 제2호, pp.30-38.
- 심창수 (2010), "토목분야 3차원 설계 가이드라인", 대한토목학회, 제36회 대한토목학회 정기 학술대회 전문학회 및 국책연구단 세션 정보기술위원회, pp.55-60.
- 한국건설기술연구원 (2009), "통합건설정보분류체계(2009)", 국토해양부.
- 한국시설안전공단 (2009), "터널 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침", 국토해양부.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K. (2008), "BIM handbook", John Wiley & Sons Inc., New Jersey, pp.8, pp.13, pp.60.
- Hjelseth, E. (2009), "Introduction to the international framework for dictionaries (IFD)", BuildingSMART Korea, The BIM Winter 2009, 3, pp.38-43.
- Lee, K. M., Lee, Y. B., Shim, C.S., Park, K.L. (2010), "Bridge Information models for construction of a concrete box-girder bridge", Structure and Infrastructure Engineering, pp.1-17.
- Plume, J., Mitchell, J. (2007), "Collaborative design using a shared IFC building model-Learning from experience", Automation in Construction, 16(1), pp.28-36.
- Shim, C. S., Lee, K. M., Kim, D. W., Lee, Y. B., Park, K. L. (2009), "Integrated construction project planning using 3D information models", The 3rd International Conference on Construction Engineering and Management, The 6th International Conference on Construction Project Management, pp.244.
- Shim, C. S., Lee, K. M., Son, W. S., Moon, J. W. (2008), "Collaborative design of high-speed railway lines using 3D information models", IABSE Conference on Information and Communication Technology for Bridges, Buildings and Construction Practice, Helsinki, Finland, C33.
- Succar, C. (2009), "Building information modelling framework : A research and delivery Foundation for industry stakeholders", Automation in Construction, 18(1), pp.357-375.
- Vanlande, R., Nicolle, C., Cruz C. (2008), "IFC and building lifecycle management", Automation in Construction, 18(1), pp.70-78.
- Yabuki, N., Shitani, T. (2003), "An IFC-Based Product Model for RC or PC Slab Bridges", Proceedings of the CIB W78's 20th International Conference on Information Technology for Construction, Waiheke Island, New Zealand, pp.463-470.

### Abstract

BIM(Building Information Modeling) technologies are the most effective for the maintenance of infrastructures because they provide information sharing throughout the life-cycle of structures and support close communication between different project stages. Systematic and well-organized data play a fundamental role for the effective maintenance of subway tunnel. In this paper, 3D information models for maintenance of BIM-based subway tunnel structures are developed. Standard classifications for the maintenance and construction information classification system were adopted. A classification system based on construction information classification system was built considering procedures of maintenance work. It provides optimization and standardization of the work flow for the maintenance of subway structures by applying information modeling processes instead of the current maintenance practices. It can effectively reduce the life cycle cost and time for the maintenance. The proposed system can be utilized for the maintenance history management to enhance current maintenance system.

Keywords : BIM, Maintenance, Information Model, Subway Infrastructure