

# 철도 시설물의 진도관리를 위한 시뮬레이션 기법 연구

## A Study on Simulation Method for Progress Management in Railway Structures

김현승† 박남진\* 서화진\* 김창학\*\* 신민호\*\*\* 강인석\*\*\*\*  
Hyeon-Seung Kim Nam-Jin Park Hwa-Jin Seo Chang-Hak Kim Min-Ho Shin Leen-Seok Kang

### ABSTRACT

Recently, the important of Progress Management is being emphasized because construction have become more complex and increasingly specialized. The existing progress control method needs to be changed because only numerical information is being provided and is very difficult to understand all poor progress. To resolve these problem, this study suggests a simulation method for progress management by using 4D CAD System because 4D CAD system has effective functions to convert numerical information to visualized information. The suggested simulation method not only are reviewed an application of railway construction but enables managers to understand problems in managing this system for verifying the suggested simulation method.

### 1. 서론

건설공사의 진도관리는 당초 수립된 일정계획대로 공사를 진행하는 과정에서 실제 작업일정과 차이를 분석하여 잔여공정을 원활히 완료할 수 있도록 일정계획을 재수립하거나, 불가피한 지연일정에 대한 수정계획을 수립하는 중요한 시공관리 기법 중의 하나이다. 특히, 최근 건설공사의 대형화 및 복잡화 추세에 따른 원가절감, 공기단축, 생산성 향상 등의 다양한 요구사항들은 진도관리의 중요성을 더욱 강조하고 있다. 그러나 대부분 기존 진도관리체계에서는 단순히 계획대비 실적 공사비의 투입 백분율에 의한 수치적인 정보만을 제시하고 있기 때문에 변동이 심한 공정들의 진행 상태를 효과적으로 통제하는데 어려움을 겪고 있다. 이를 해결하기 위해서 최근 4D CAD 및 VR시스템을 활용한 진도관리 방안이 제시되고 있다. 4D CAD 및 VR 시스템은 3차원 입체 도면과 일정 정보를 연계하여 공사 경과에 따른 시설물의 완성상태를 가상환경에서 시뮬레이션 되는 시스템으로써 철도시설물과 같은 대형건설프로젝트의 효율적인 진도관리를 가능하게 한다. 그러나 기존에 개발된 시스템들은 대부분 건축을 대상으로 구축되었기 때문에 철도시설물과 같은 광범위한 토목 프로젝트에 적용하기 곤란할 뿐만 아니라 시뮬레이션 기능 위주로 구성되어 효율적인 진도관리가 어렵다.

이에 본 연구에서는 기존의 진도관리 시스템의 문제점을 분석하여 철도시설물과 같은 토목프로젝트에 적합한 진도관리시스템 구축 방안을 제시한다. 또한 본 연구에서 제시한 방법론을 바탕으로 구축된 시스템의 활용성을 검증하기 위해서 철도 시설물 공사를 대상으로 사례 분석을 실시한다.

### 2. 진도관리를 위한 4D CAD 연구 동향

다양한 기존의 연구를 통하여 4D CAD의 활용성이 검증됨에 따라 진도관리 분야에서도 4D CAD 활용 사례가 증가하고 있으며, 표 1과 같이 진도관리 기능을 연계한 4D CAD 시스템들이 개발되고 있

† 교신저자 : 정희원, 국립경상대학교 토목공학과 석사과정  
E-mail : wjdchs2003@yahoo.co.kr TEL : (055)753-1713 FAX : (055)753-1713  
\* 비희원, 국립경상대학교 토목공학과 석사과정  
\*\* 정희원, 진주산업대학교 토목공학과 교수 ch-kim@jinju.ac.kr  
\*\*\* 정희원, 한국철도기술연구원, 수석연구원  
\*\*\*\* 정희원, 정희원, 국립경상대학교 토목공학과 교수·공학박사 Lskang@gnu.ac.kr

다. 특히, PM-Vision은 조정상자에서 일정의 조기시간 및 만기 시간기준으로 4D 구현을 할 수 있고, 주 공정 표현 및 진행 혹은 완료공정들의 표현에 의한 진도관리가 가능하다.

표 1 진도관리 기능 시스템

시스템 명칭	내용
PM-Vision	-사용자가 3차원정보의 그룹화된 연계 가능 -조정상자에서 일정의 조기시간 및 만기 시간기준 4D구현 가능 -주 공정 표현 및 진행 중, 완료공정들의 표현 가능
Smart Plant	-주요 플랜트 사용
Visual Project Scheduler	-건설 순서에 객체들을 선택함으로써 액티비티들은 모델에 모든 3D 객체를 위해서 자동 생성 -솔리드와 와이어 프레임 이미지로서 모델을 위해 OpenGL 렌더링 인터페이스 사용
Schedule Simulator	-기존 공정관리시스템의 일종인 P3의 공정표계산 결과에 맞추어 해당 활동의 3D 도면정보를 연결하여 4D 화면을 생성시키는 역할
4D Linker	-공정표와 3차원 도면의 연계를 위해 상호 정보를 연결해주는 도구
Schedule Review	
4D Planner	
WDI CIFE 4D	-사용자 중심의 구성 -특정부위의 완성상태를 구현가능 -임시 시점의 완성상태를 실제 완성상태와 비교 가능

그러나 이와 같은 기존의 시스템들은 계획일정표의 정해진 일정보다 늦어진 공정에 대한 진도만을 제시하고 있기 때문에 공정별 실제 투입 공사비와 같은 실적정보에 의한 실시간 진도관리는 어렵다. 또한 대부분 외부의 일정정보 연동에 의존하기 때문에 시스템 운영을 위해서는 복잡한 과정과 그로 인한 오랜 시간을 소비해야하는 문제점이 있다. 이를 위해 본 연구에서는 공사비와 같은 실적정보에 의한 진도관리기능과 사용자의 편의를 고려한 효율적인 진도관리체계를 제시한다.

### 3. 진도관리 시뮬레이션 구축 방법론

#### 3.1 진도관리 시각화 체계 구성도

그림 1은 4D CAD를 활용한 진도관리 시뮬레이션 시스템 구성도이다. 즉, 기존의 표, 그래프와 같은 복잡한 수치적인 정보로만 제공되었던 진도관리정보를 4D CAD를 활용하여 시각화하여 나타냄으로써 효과적으로 진도 관리할 수 있도록 지원한다. 특히, 계획대비 실제 공정별 진도 상태를 파랑(계획 대비 정상), 녹색(계획 대비 초과), 빨강(계획 대비 지연) 등으로 색상별로 구분된 시뮬레이션으로 나타냄으로써 신속하고 정확한 공정별 진도관리를 가능하게 한다.

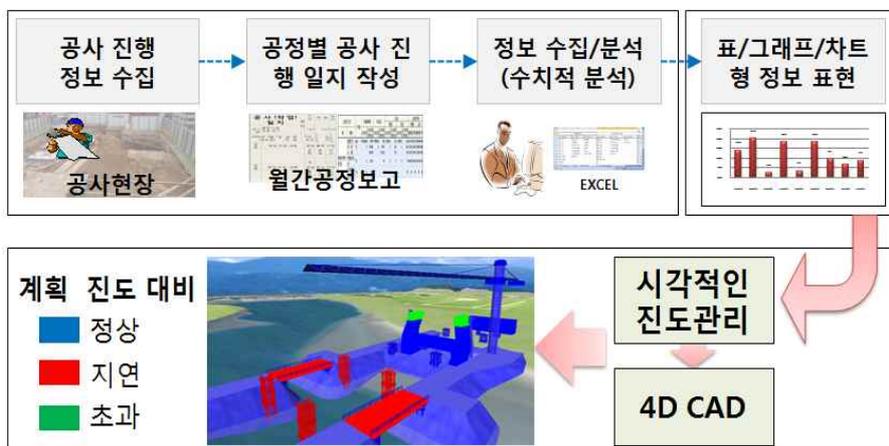


그림 1 4D CAD를 활용한 진도관리 시뮬레이션 시스템 구성도

#### 3.2 진도관리 구현 프로세스 모델

본 연구에서는 토목공사에 적합한 진도관리 위해 그림 2와 같은 IDEF0 (Integrated Definition for Function Modeling) 모델링 기법을 활용하여 시스템 구축 방법론을 제시한다.

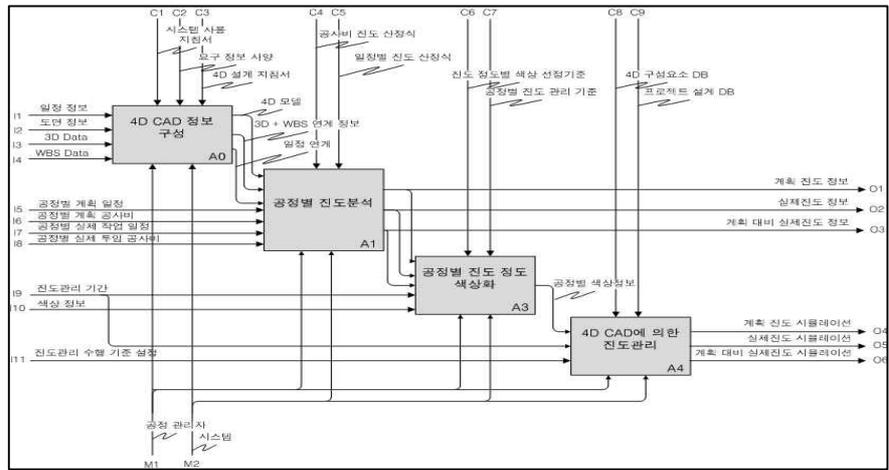


그림 2 진도관리 시물레이션 구축 방법론 (IDEF0)

본 시스템의 방법론은 “4D CAD 정보 구성”, “공정별 진도분석”, “공정별 진도 정도 색상화”, “4D CAD에 의한 진도관리” 단계로 구성된다.

첫 번째, “4D CAD 정보 구성” 단계를 살펴보면 프로젝트의 일정정보, 도면정보, 3D Data 등의 입력 정보를 4D CAD 구성 요소로 변환하는 작업이다. 이는 공정별 부위를 4D로 표현하기 위한 단계로써 3D 객체 및 WBS 코드는 자동으로 생성이 되나 이들 정보의 연계 시에는 수작업이 요구된다.

두 번째, “공정별 진도분석” 단계는 실질적인 진도관리를 위한 공정별 진도 분석과정을 나타낸다. 이 단계에서는 공정별 실적치를 입력하여 진도분석을 실행한다. 공정별 진도분석을 위해 본 연구에서는 실적치를 일정 및 공사비 두 가지 경우를 모두 적용하였다. 이는 공정별 계획 대비 실제 시작일 및 종료일의 진도분석과 계획 대비 실적 공사비 투입에 대한 진도분석 등의 다양한 분석결과를 제공함으로써 효율적인 진도관리가 가능하다. 또한 이 단계에서는 계획 진도, 실제 진도 및 계획 대비 실제진도에 대한 분석된 결과를 수치적인 데이터로 출력함으로써 문서형태로 제공된다.

세 번째, “공정별 진도 정도 색상화” 단계는 공정별 진도분석 결과를 바탕으로 계획대비 실적 공정의 진행 상태를 색상별로 재설정하는 과정을 나타낸다. 분석결과를 통해 계획대비 정상, 초과, 지연 공정에 해당하는 3D 객체를 도출하여 각각의 3D 객체에 할당되어 있는 색상정보를 파랑, 녹색, 빨강의 색상으로 재설정한다. 이와 같이 재설정된 색상정보는 새로운 데이터베이스에 저장되어 4D CAD을 통한 진도관리 구현 시 저장된 기존 정보들과 매칭되어 구현된다.

네 번째, “4D CAD에 의한 진도관리” 단계는 분석된 진도결과로부터 재설정된 공정별 3D 객체를 진도관리를 위한 시물레이션으로 구현하기 위한 과정을 나타낸다. 진도관리를 수행할 기간 입력 및 진도관리 수행 기준 설정에 따라 계획 대비 진도가 파랑, 녹색, 빨강으로 시물레이션이 구현된다. 이는 공정별로 표현되는 색상에 따라 시각적으로 계획 대비 진도여부를 파악할 수 있으므로 신속하고 효율적인 진도관리를 가능하게 한다.

#### 4. 사례적용 및 결과분석

##### 4.1 사례 모델 적용 절차

본 장에서는 제시한 방법론을 토대로 구축된 시스템의 활용성을 검증하기 위해서 철도공사를 대상으로 사례모델을 적용하였다. 본 연구에서 적용한 사례모델은 256개의 공정으로 구성된 철도 역사를 대상

으로 분석하였으며, 시스템 사례 분석 절차는 그림 3과 같다.

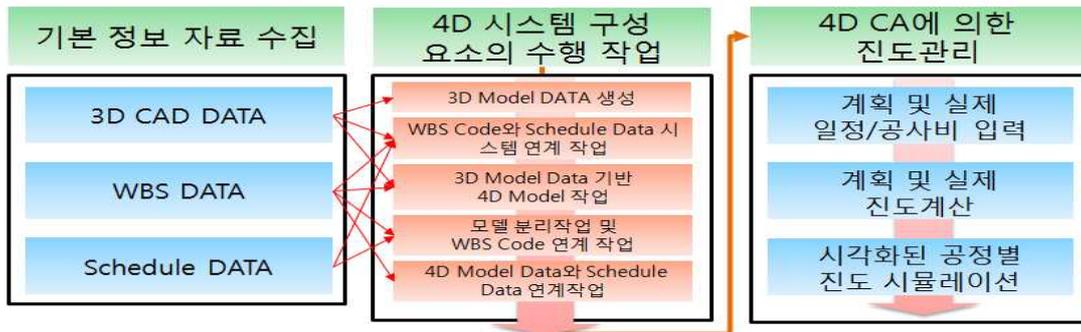


그림 3 사례 적용 절차

우선 기본 정보 자료 수집 단계에서 해당 프로젝트의 3D CAD Data, WBS Data 및 스케줄 데이터를 수집한다. 수집한 자료를 바탕으로 3D 객체, WBS 코드 그리고 이를 연계한 4D 객체를 그림 4와 같이 4D CAD 기능 모듈을 통해 생성한다. 이와 같이 생성된 4D 데이터를 진도관리 시뮬레이션 수행을 위해 그림 5와 같이 파일열기를 통해 4D 모델을 생성한다. 4D 모델이 생성되면 스케줄 모듈을 이용하여 각 공정별 계획 및 실제 진도 데이터를 입력한다. 본 사례적용에서는 공정별 진도분석을 위해 일정 및 공사비 중 공정별 시작 일정 및 종료 일정을 입력하여 진도관리를 수행하였다. 그림 6과 같이 스케줄 모듈을 통해 진도 데이터를 입력하면 그림 7과 같이 계획 및 실제 진도율이 분석된다. 분석된 공정별 진도는 사용자의 계획/실제의 구현 기준 선택에 따라 각각 시뮬레이션으로 구현된다.



그림 4 WBS 및 4D 생성

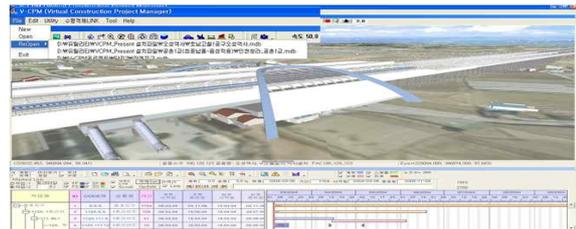


그림 5 프로젝트 4D 모델 생성

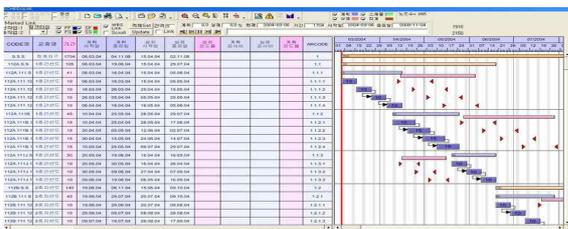


그림 6 계획/실제 진도 입력



그림 7 계획 및 실제 진도율 산정

## 4.2 시뮬레이션 분석 결과

그림 8은 공정별 진도분석결과를 시뮬레이션으로 구현한 모습을 나타낸 화면이다. 이는 사례모델인 철도역사의 530일째부터 1410일째까지 공사가 진행됨에 따라 시설물의 완성상태를 시뮬레이션으로 나타낼 뿐만 아니라 각 일정에 대한 지연공정이 빨간색으로 표현되어 계획 대비 지연공정을 시각적으로 파악 할 수 있다. 또한 그림 9와 같이 공정별 계획대비 진도 현황을 녹색 (계획 대비 초과 진행 공정), 파랑 (계획 대비 정상 진행 공정), 빨강 (계획 대비 지연 진행 공정)으로 나타냄으로써 총괄적인 진도 현황을 시각적으로 파악할 수 있다. 특히, 이와 같은 시각화된 공정별 진도정보는 계획대비 진도 여부뿐

만 아니라 해당공정의 일정 정보, 위치 정보 및 선 후행 공정에 관한 정보 등의 세부적인 사항까지 파악 할 수 있기 때문에 지연 공정에 대한 수정 계획을 수립 시 효과적인 정보로 사용할 수 있다.

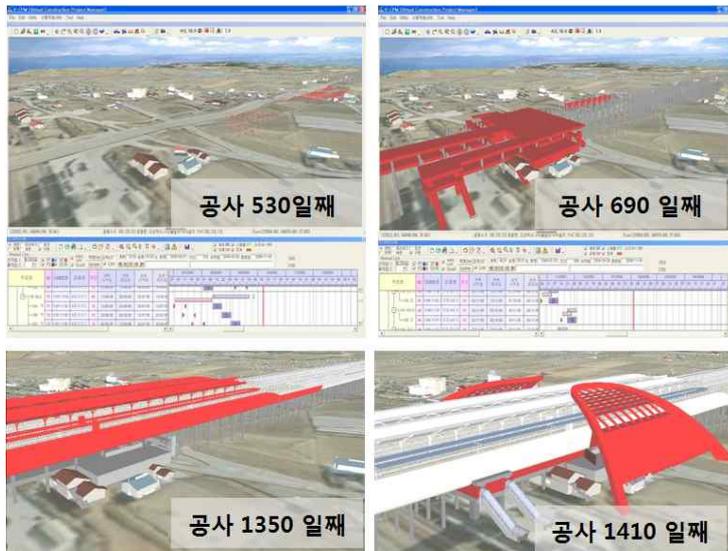


그림 8 계획 대비 실제 일정에 따른 시각화된 지연 공정

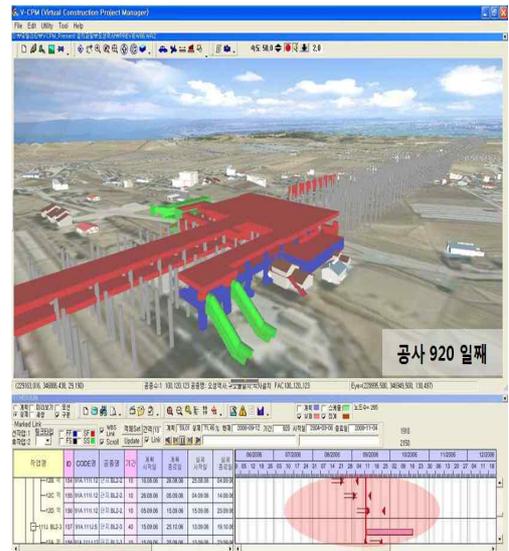


그림 9 계획 대비 총괄 진도 시각화

## 5. 결론

본 연구에서는 토목공사에 적합한 진도관리를 수행할 수 있는 시스템 구축에 대한 연구를 수행하였다. 이를 위해 문헌조사를 통해 기존 개발된 진도관리 기능과 연계한 4D CAD 시스템의 문제점을 분석하고, 이를 바탕으로 개선된 진도관리시스템 구축 방법론을 제시하였다. 또한 제시한 방법론을 토대로 시스템을 구축하였으며, 사례모델 적용을 통하여 실무 활용성을 검증하였다. 이와 같이 본 연구에서 제시한 방법론과 시각화된 진도관리 시스템은 향후 진도관리 도구로 적극 활용될 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술 평가원에서 위탁 시행한 건설기술혁신사업(과제 번호:06첨단융합E01)의 지원으로 이루어진 것으로, 본 연구를 가능케 한 국토해양부 및 한국 건설교통 평가원에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 강인석, “건설시설물 공정정보 시각화를 위한 4D CAD시스템의 개발 및 적용사례 분석,” 한국철도학회 논문집 제10권, 4호, pp.373-380, 2007.
2. 강인석, “건설공사 4D CAD시스템의 일정 및 진도관리기능 개발 사례,” 대한건축학회 논문집 제20권, 8호, pp.141-148, 2006.
3. 주현태, “3차원 객체 정보 추출 및 자동 공정 생성을 통한 실시간 진도관리 시스템에 관한 연구,” 대한건축학회 논문집 제24권, 10호, pp.127-134, 2008.
4. Clayton, M. J, Warden, R. B. and Parker, T. W, "Virtual construction of Architecture using 3D CAD and simulation," Automation in Construction, Vol.11, No.2, pp.227-235, 2002.