

4차원(4D CAD) 정보화기술에 의한 차세대 철도시설물 공사관리(1)

4D CAD에 의한 철도시설공사의 정보 시각화



강인석 |
경상대학교 토목공학과 교수 (Lskang@gnu.ac.kr)

철도시설을 포함한 건설공사의 전통적인 관리기법은 각종 정보화도구의 확산으로 대폭 변화되어야 할 시점에 있다. 정보화에 의한 공사관리체계 변화의 핵심은 공정정보의 시각화와 정보의 실시간화에 있다. 본 고에서는 철도시설공사의 공정정보 시각화를 위해 본 연구팀(경상대학교, (주)지오엔티 외 2개 기관)이 건설교통부 국책과제를 통해 독자적으로 개발하여 현재 다양한 기관에서 실무 적용 중에 있는 4차원(4D CAD) 공정관리 운영체계를 소개한다.

1. 1 4D file > 100 3D drawings > 1000 2D drawings : 4D CAD 필요성

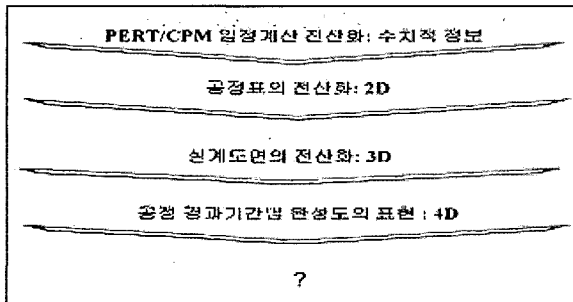
If you cannot build it virtually,
you will not be able to build it in reality.

-Martin Fischer-

우리 속담에 있는 “백문이 불여일견”이란 내용은 백번 듣는 것보다 한번 보는 것이 좋다는 격언이다. 유사한 내용을 건설공사에 적용하면 100장의 2차원 도면(2D)보다는 1장의 3차원 도면(3D)이 더욱 효과적인 의사전달도구가 된다. 또한 100장의 3D도면보다는 1조각의 연속동영상(4D)이 시설물공사에서는 절대적으로 유리한 의사결정도구가 된다.

즉, 기존의 철도시설 공사에서 전통적으로 사용 중인 수치적 형태의 공사정보들이 시각적 정보로 변환되는 것은 정보화시대의 필수적 변환과정이며, 모든 공정 정보들이 시각화됨으로서 얻는 효과는 “백번 듣는 것보다 한번 보는 것” 이상의 정보전달 효과를 갖게 되는 것이다. 본 원고에서는 최근 국내외 일부기관에서 관심을 갖고 개발 중에 있는 공사정보 시각화 체계의 대표적 도구인 4차원(4D CAD) 공사정보관리체계를 소개한다. 특히 본 연구팀이 독자적으로 개발하여 해외 유관기관에서도 우수성을 인정받았으며, 국내 주요 발주기관과 다양한 기업체 등에서 실무 적용 중에 있는 4D CAD 운영체계를 소개한다.

공사정보의 시각화 과정에서 과거의 2차원 CAD도면은 점차 3차원도면으로 진화되고 있으며, 이미 플랜트산업분야 등에서는 4차원 설계 성과품을 요구하고 있는 사례들이 증가하고 있다. 4차원 설계 성과품은 3D도면과 공정표의 시간을 연계하여 공사일정별 완성상태를 연속적으로 3차원으로 구현하는 체계를 의미한다. 그림 1은 기존의 전통적인 2D도면이 3D도면을 거쳐 4D동영상까지 점차 진화되고 있는 과정을 나타내고 있다.

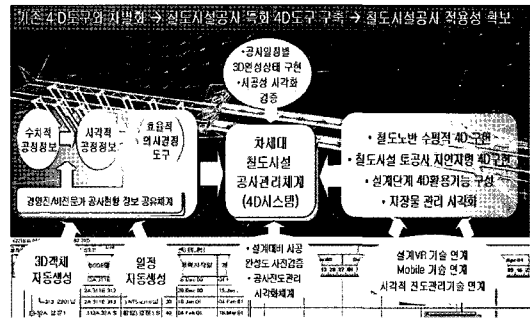


(그림 1) 2D공정표→3D도면→4D(공정표+도면)

최근 정보화(Information Technology, IT) 기술의 발달로 건설공사 현장에도 다양한 정보화 도구들이 적용 중에 있으며, 이러한 정보화도구의 활용은 전통적인 건설공사관리 기법을 변화시키고 있다. 특히 정부에서 추진 중인 건설 CALS와 건설사업관리제도(Construction Management, CM)의 본격 도입은 정보화기법 적용과 함께 공사관리체계에 많은 변화를 예고하고 있다.

철도시설물의 공사관리에서 전통적인 공정관리체계는 공

기지연 및 초과물량 등을 수치적 정보로 표현하고 있으며, 공정관리시스템을 이용한 각종 전산화 결과물 역시 수치적 정보만을 제공하고 있다. 이러한 수치적 정보들은 현장내용 해석을 위한 정보가공이 필요하여 발주자와 시공자 및 감리자간에 공사 진도현황이나 예상 실적물량 등에 관한 효과적인 의사결정도구 역할을 할 수 없다.

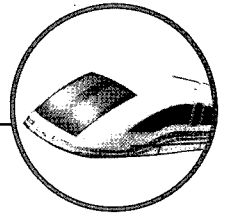


(그림 2) 철도시설공사 4D CAD적용 개념

철도시설 공사에서 4D CAD에 의한 공정정보 시각화의 필요성을 요약하면 다음과 같다.

- 철도시설공사는 최근 국내 건설수요의 주체가 되고 있으며, 특히 호남고속철도 등을 비롯하여 지능형 철도시설 공사체계 구축에서 기존의 수치적 공사관리 방식은 반드시 시각적인 정보화 관리방식으로 변경되어야 한다.
- 최근에 각종 정보화 도구가 건설실무에도 활용되고 있으나 철도시설 공사관리에서 공사일정 계획은 여전히 수작업에 의하고 있으며, 이로써 많은 품과 시간이 소요되고 있다.



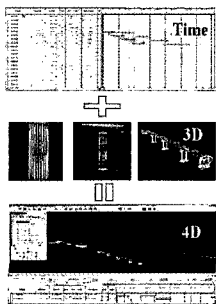


- 대다수의 철도시설 건설현장에서 공사관리 전산화를 위해 PMIS 등의 전산화체계를 사용하고 있으나, 수치적 정보들과 2차원적인 그래픽에 의해 단순히 공정표를 제시하는데 그치고 있다.
- 이러한 점은 공사관리 정보의 실무 적용성과 재활용에 장애요인이 되고 있으며, 계획대비 실행공정표의 해석을 위해 사용자로 하여금 상당한 전문지식을 요하고 있는 점도 활용성을 저해하는 요인이 되고 있다.
- 또한 기존 공사 관리시스템에서는 설계자의 설계의도 및 철도시설물내의 주요 부위별 및 주요 일정별 완성상태에 대한 시각적 검증이 불가능하다.

즉, 공사현장에서 즉각적인 의사결정도구 역할을 하기 위해서는 수치적 공정정보가 시각적 정보로 변화되어야 하며, 이러한 기존의 수치적 정보에 의한 공정관리를 시각적 정보로 변화하여 공사 진도관리 등을 시각화하는 도구로서 4D CAD 공정관리시스템을 들 수 있다.

2. What is 4D CAD System? : 4D CAD 개념

4D CAD 공정관리시스템은 기존의 2차원공정표와 3차원 도면이 연계되어 공정표상의 공사경과시간에 따른 시설물의 완성상태를 3차원 VR (Virtual Reality) 체계로 연속 구현하는 기술로서, 공정표의 시간(Time)과 3D 설계도면(Space)이 통합 구현되는 체계이다. 즉, 실제공사이전에 당해공사의 일정기간 경과후의 완성상태를 3차원 가상적 모습으로 사전에 구현할 수 있고, 같은 방식으로 공정표상에서 일, 주, 달 단위 등으로 시설물의 완성상태를 자유자재로 사전 검증할 수 있는 시스템이다.



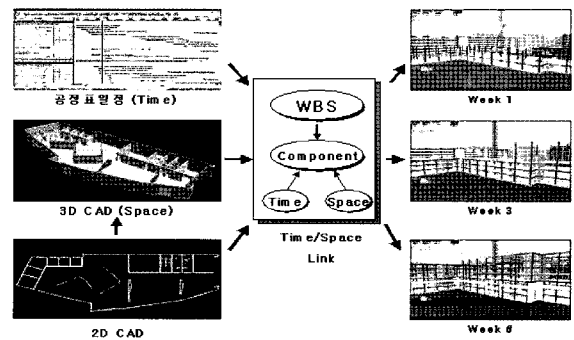
〈그림 3〉 공정표와 도면 연계에 의한 4D CAD 개념도

기존 공정관리도구에서는
현재 시점부터 5개월 후 철도교량 완성상태의
3차원 시각적 확인이 불가능함

철도교량의 각 공정이 3D 도면을 갖고 있고,
3D도면이 공사일정과 연결될 수 있으면,

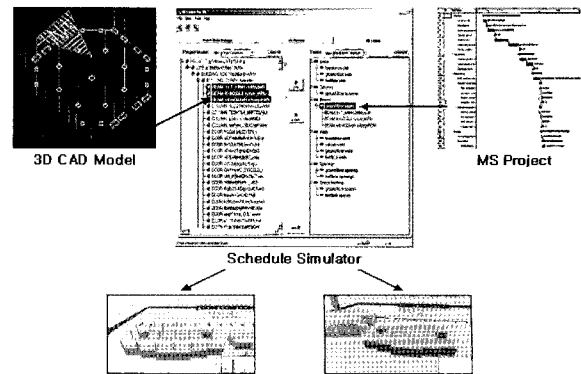
공사 일정별로 철도교량의 완성상태를
3차원으로 연속 구현할 수 있고,
현재 계획대로 시공시 5개월 후의 철도교량
완성상태를 사전에 확인할 수 있음

공정관리에서 공사일정의 계획은 다분히 수작업에 의하고 있으며, 품과 시간이 소요되는 작업들이다. 대다수의 건설현장에서 일정계획의 전산화를 위해 소프트웨어들을 사용하고 있으나, 설계변경시의 반복 입력 작업과 2차원적인 그래픽에 의해 단순히 공정표를 제시하는데 그치고 있다. 이러한 점은 공정관리의 전산화에 장애요인이 되고 있으며, 계획대비 실행공정표의 해석을 위해서는 사용자로 하여금 상당한 전문지식을 요하고 있다. 이러한 점의 개선을 위해서도 4D CAD에 의한 공정 정보의 시각화는 필수적으로 요구되는 사안이다. 그림 4는 건축물에 적용된 4D 시스템의 구성도로서, 기존 공정관리 소프트웨어와 3D CAD를 연계하는 모양을 나타내고 있다.



〈그림 4〉 4D CAD에 의한 일정별 완성도 변화모양

그림 4는 공사부위별 3D도면 정보와 해당 부위의 공사일정정보가 연동되어 주 단위로 시설물의 완성상태를 표현하는 모습을 나타내고 있다. 3차원도면과 공사일정정보의 연계를 위해서는 일반적으로 상호정보를 연결해주는 별도의 도구가 요구되며, 그림 5는 이러한 연계도구의 기능을 나타내고 있다.



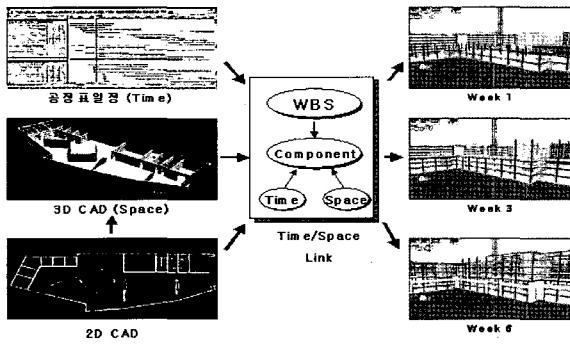
〈그림 5〉 일정·도면의 연계도구

그림 5에서 Schedule Simulator의 역할은 기존 공정관리시스템의 공정표계산 결과에 맞추어 해당 활동의 3D 도면 정보를 연결하여 4D객체를 생성시키는 역할을 한다. 일정분석 정보의 연계는 기존 공정관리시스템의 직접 연계기법과 분석결과 파일을 Import 및 Export 파일로 변환하여 사용하는 방법이 있다.

3. Why 4D CAD System? : 4D CAD 적용효과

3.1 철도시설 공사의 Pre-construction 기능

철도시설물의 공사이전에 계획대비 일정기간별 완성 상태를 임의시점에 사전에 확인이 가능하여 설계대비 완성된 철도시설의 정확도를 파악할 수 있고, 공정 진행현황을 시각적으로 확인이 가능한 Pre-Construction 기능을 갖게 된다. 그림 6은 공정표의 일정에 따라 철도시설물의 완성상태를 사전에 시각적으로 검증하는 모양을 나타내고 있다.

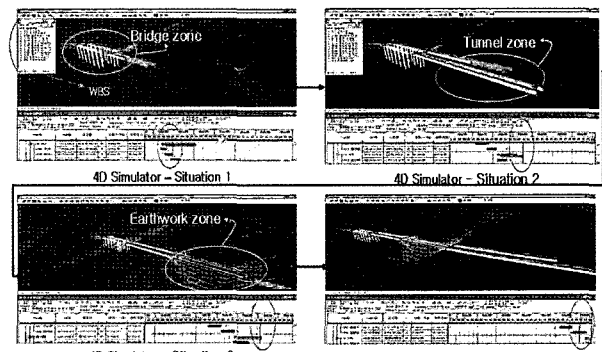


〈그림 4〉 4D CAD 진도정보의 시각화

그림 6은 궤도 토공과 철도교량 및 철도터널공사를 포함하는 전형적인 철도시설공사의 공사일정별 3차원 완성상태를 Pre-construction 기능으로 구현한 것으로, 하단부 공정표에서 검토시점(적색 바)을 임의로 증대함에 따라 해당 공정계획에 따른 완성상태를 연속 구현하는 모양을 표현하고 있다. 이러한 기능은 공사 시공단계는 물론 계획단계와 설계단계에서도 사전에 실제공사를 가정하여 임의 기간 경과후의 3차원 완성상태를 검증할 수 있게 된다. 이로써 설계 대비 실제 완성상태의 오차를 시각적으로 검증하는 장점을 갖게 되며, 공사참여자간에 강력한 의사결정도구 역할을 할 수 있다.

3.2 공정 진도관리의 시각적 정보화

4D시스템이 기존 공정관리 도구의 대체효과를 갖기 위해서는 공정 계획대비 현재 시점의 진도 상태를 3차원 객체화하여 시각화하는 방법론이 요구된다. 이러한 진도관리기능은 공정관리 시각화의 필수적 기능으로 4D시스템에 도입되어야 하며, 본 연구팀이 개발한 시스템에서는 일반적인 4D 구현 기능과 함께 각 시점별로 진도상태를 분석할 수 있는 4D 진도관리 기능을 구성하고 있다. 그림 7은 4D시스템에서 시도하는 색상으로 구분된 시각적 진도관리 방법을 표현하고 있다.

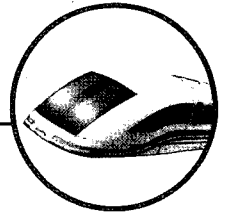


〈그림 6〉 철도시설 프로젝트의 4D모델 Pre-construction 기능

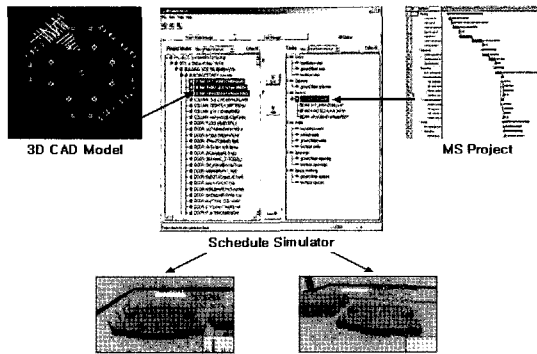
이와 같이 시각화된 진도정보는 계획대비 지연 및 초과 부위를 색상으로 구분함으로써, 수치적 진도정보에 의한 공정관리도구와 비교 시 진일보된 공정관리 계획을 수립할 수 있다. 그림 7에서 계획대비 실행진도의 상태는 초과, 지연, 정상작업 상태로 구분하여 각각 청색, 적색, 녹색으로 구분하는 방법을 시도하고 있다. 즉, 일정관리모듈에서 계산된 진도율 정보에 의해 초기의 계획공정 대비 실행이 초과 또는 지연된 부위를 3차원 진도 객체로 별도 구분하는 방법론을 도입하여, 해당 부위를 색상으로 구분함으로써 현재의 진도 상태를 시각화할 수 있도록 하였다. 이러한 시각화된 진도부위는 수치적 정보로 초과 또는 지연일정 등의 상세정보를 표현할 수도 있다.

3.3 공정수순의 오류 조기판단

4D CAD의 실행은 공정표의 일정계획 순서대로 시설물의 완성상태 변화모습을 나타내므로 일정계획이 잘못되었을 때 잘못된 부분을 용이하게 파악할 수 있다. 그림 8은 건축물 적용의 경우에 시스템의 실행결과 공정수순이 잘못 계획되었음을 시각적으로 파악할 수 있음을 보여주고 있다. 즉,



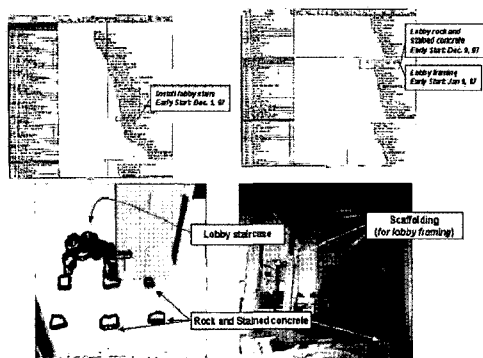
2층 바닥슬래브 하단부에 설치되는 HVAC 설비가 2층 바닥 슬래브 타설 이전에 먼저 설치되는 모습이 구현된다면, 공정 수순이 잘못되었음을 나타내는 것이며, 이러한 시스템의 실행으로 공정계획의 모순점을 시각적으로 손쉽게 파악할 수 있는 것이다(<http://www.stanford.edu/group/4d>).



〈그림 5〉 4D CAD에 의한 공정수순 오류의 시각적 확인

3.4 공사 시공생산성 검증의 시각화

시공 생산성이란 일정한 작업 공간내에 동시에 다수의 작업이 진행됨으로 발생 가능한 작업생산성의 상태를 표현하는 것으로, 그림 9는 건축물의 적용사례로서 상단의 공정 계획에 따른 4D CAD 실행 결과 하단 좌측 그림과 같이 좁은 공간내에서 여러 활동들이 동시 진행됨으로 인한 생산성 저하를 사전에 예측할 수 있음을 보여주고 있으며, 그림 9의 하단 우측그림은 실제 작업공간을 비교하여 나타낸 것이다 (<http://www.stanford.edu/group/4d>).



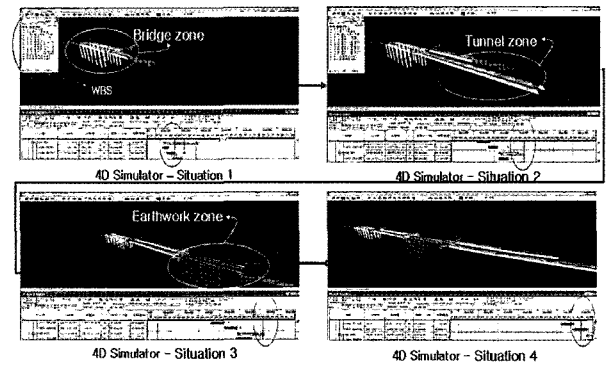
〈그림 9〉 4D CAD에 의한 시공생산성의 시각적 확인

그림 9에서 당초계획대로 공사가 시행되면 2층 슬래브 및 지붕공사가 11월 말부터 1월 초까지 진행되는데, 1층 로비의

계단 마감작업과 로비골조공사가 동일한 시기에 진행되어 로비계단 공사로 인해 2층과 지붕작업조의 이동경로가 폐쇄되는 공간 충돌현상을 4D CAD의 실행으로 사전 예측 가능함을 보여주고 있다.

3.5 적용효과 요약

기본적으로 4D CAD의 적용은 공사개시이전에 임의 시점의 공사 완성상태를 3차원으로 확인하는 사전모의조작 기능이 있으므로, 설계대비 완성상태의 오류 확인과 주요 공정 시점별 계획대비 진도상태의 시각적 확인이 가능해진다. 또한 시각화된 공정정보에 의해 공사참여자간의 의사소통 효율화 및 경영진에 대한 공사계획 및 진도보고 등에 효율적 도구로 활용될 수 있다.



〈그림 6〉 4D CAD 적용효과 요약

일반적으로 공사기획단계의 4D CAD의 적용효과로는 프로젝트의 내용을 시각화함으로써 정확한 프로젝트 기획범위를 확인할 수 있고, 설계단계에는 설계모습의 실제 완성상태를 즉각 확인하므로 시공성이 가미된 설계를 할 수 있다. 또한 시공단계에는 일정별 공정현황을 계획대비 시각적으로 파악할 수 있으며, 다수의 하도급자를 포함한 다양한 공사참여자에게 시각화된 공통적 정보제공을 통해 공사관리의 효율화를 유도할 수 있다. 후속 원고에서는 본 연구팀에서 개발하여 실무에서 적용 중에 있는 철도시설을 포함한 토목공사용 4D CAD 시스템의 활용사례를 기술한다.(계속)

참조: 경상대학교 시공정보관리실 홈페이지,

<http://cm.gsnu.ac.kr>

011-239-4922