

4D 시뮬레이션 및 일정별 물량정보검색을 위한 3D 모델 정보 활용

Application of the 3D CAD Model Data for 4D Simulation and Quantity Estimation

이 재 철*

Lee, Jae-Cheol

요 약

4D 모델은 프로젝트 수행 이전에 다양한 공정대안을 비교 검토해볼 수 있는 기능을 제공하나 아직 그 활용이 미비한 실정이다. 이는 4D 모델의 구현에 수반되는 기술적, 경제적 문제에 기인하는 바 크다. 본 논문에서는 3D 모델 정보의 활용을 통해 이러한 문제의 해결방안을 제시하였다. 즉, 기 생성된 3D 모델 정보를 가공하여 동일한 3D 모델에 대해 여러 가지 공정대안을 신속하게 생성해내는 공정 자동생성 기능을 이용함으로써 기존 4D 시스템 연구에서 문제점으로 지적되었던 정보 변경에 따른 4D 모델 재구현 문제를 상당부분 개선하였다. 또한, 특정 작업기간에 따른 소요물량을 간편하게 산출해내는 물량정보 검색 기능을 통해 4D 모델의 대안검토 기능을 보완하였다. 특히 공정 자동생성 기능에서는 수평 및 수직적 우선순위의 조절을 통해 부재간, 층간 우선순위를 결정할 수 있도록 함으로써 공정순서를 신속하게 생성해낼 수 있는 환경을 제공하였다. 이것은 3D 모델이 변경되지 않은 상태에서 다양한 공정대안의 신속한 생성을 통한 비교 검토에 효과적으로 활용할 수 있으며, 3D 모델이 변경된 경우에도 4D 모델 생성을 위한 이후의 작업과정을 손쉽게 진행시켜 나갈 수 있는 장점이 있다. 아울러 3D 모델로부터 생성되는 물량정보와 공정계획 결과로부터 생성되는 일정정보를 연계시킴으로써 간편하게 일정별 소요물량 정보를 검색할 수 있게 하였다.

키워드 : 3D 모델 정보, 공정생성, 물량정보검색, 4D 모델

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

프로젝트의 전 과정에 걸친 디지털 정보화를 이루기 위해서는 CAD 툴을 이용해 최초로 생성되는 설계정보를 후속 작업과정에서 효과적으로 재활용할 수 있어야 한다. 그러나 실제 건축설계 업무에서 활용되는 CAD 툴은 대부분 2D 모델 위주의 환경에서 도면생성 도구로서의 역할에 한정되어 사용되고 있는 실정이다. 이러한 가운데 최근 CAD를 단순히 도면생성 도구로 활용하는 데서 벗어나 여러 작업 과정을 통합하는 통합 환경의 플랫폼으로 활용하려는 시도가 이루어지고 있으며, 이에 따라 3D 모델에 대한 관심이 점차 커지고 있다. 3D 모델은 하나의 부재를 실세계에서의 성상과 동일한 형태로 모델링 하므로, 실세계의 부재와 관련된 모든 정보들을 3D 모델상의 부재에 동일하게 통합시켜 관리할 수 있다. 이를 통해 도면생성뿐만 아니라 대상 부재와 관련된 정보의 통합, DB 쿼리를 통한 후속 작업과정에서의

정보 가공 등을 용이하게 수행해 나갈 수 있다.

4D 시뮬레이션은 프로젝트 수행 이전에 프로젝트의 진행과정을 검토하는 도구로 활용되며 3D 모델 정보를 활용하는 대표적인 예이다. 3D 모델 요소에 공정정보를 연계시킨 4D 모델^{3,4,5,6,7,8)}은 3D 모델 정보로부터 추출한 작업항목들의 작업순서를 해당 3D 모델 요소에 연계시킴으로써 생성할 수 있다. 프로젝트의 규모가 대형화됨에 따라 프로젝트에 대한 사전 검토의 중요성이 더욱 커지고 있음을 감안할 때, 4D 모델의 활용 요구도 점차 증가할 것으로 판단된다. 그림 1은 프로젝트의 전체적인 상황을 이해하고 검토 및 평가하기 위한 목적으로 활용되고 있는 CIFE(Center for Integrated Facility Engineering)의 iRoom을 보여주고 있다.⁹⁾

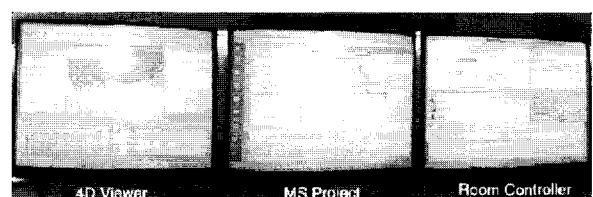


그림 1. CIFE iRoom

* 일반회원, 동명정보대학교 건축공학과 전임강사, 공학박사

3D 모델 정보를 활용하는 또 하나의 예로 자동 물량산출을 들 수 있다. 3D 모델에서는 부재를 실세계의 부재 형상 그대로의 솔리드 형태로 저장하므로, 3D 모델 정보를 활용하여 부재 물량을 손쉽게 산출해 낼 수 있기 때문이다.

본 논문은 3D 모델 정보를 바탕으로 신속하고 용이하게 4D 모델을 생성해내고 이로부터 일정별 물량정보를 검색해내는 일련의 과정을 정형화하는 것을 목적으로 하고 있다. 이를 통해 3D 모델 정보의 활용을 통한 프로젝트의 디지털 정보화 환경 구축을 위한 토대를 마련하고자 한다.

1.2 관련 연구 동향

1980년대 후반 미국의 Vechtel사에 의해 처음으로 시도된 4D 모델에 관한 연구는 이후 스탠포드 대학의 CIFE를 중심으로 활발히 진행되어 오고 있다.

CIFE의 Collier 등(Collier, 1995)5)은 San Mateo County Health Center 프로젝트를 중심으로 3D와 4D 모델의 장점을 기술하고, 4D 모델이 설계 및 시공 정보의 통합을 위한 훌륭한 도구로 활용될 수 있음을 보였으며, Gotton 등(Gotton, 1994)7)은 3D 모델 정보와 공정 정보를 통합하는 프로토타입 시스템 개발을 목표로 하는 연구를 수행하였다.

국내에서는 김옥규 등(Okkyue Kim, 2001)8)이 가상공간에서의 건설공사 시각화에 대한 연구를 수행하였으며, 강인석(강인석, 2002)3)은 건설관리분야 4D 시스템의 기능분석에 대한 연구를 수행하는 등, 최근에 국내에서도 4D 모델에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

그러나, 이러한 최근의 관심과 효용에도 불구하고 4D 모델은 기존 3D 모델 정보와 공정정보의 연계 처리 작업에 의한 재구현 기능의 문제, 통합 시스템 운용상의 어려움 등으로 인해 아직까지 폭넓게 활용되지는 못하고 있는 실정이다.

이에 따라 본 논문에서는 3D 모델 정보와 공정정보의 연계 처리 작업을 최대한 단순화시키는데 중점을 두고 3D 모델 정보의 활용방안을 제시하였다. 본 논문에서 제시한 방안은 프로젝트 진행 중에 요구되는 세밀한 관리에는 미흡한 점이 있으나 프로젝트 수행 이전에 요구되는 다양한 대안의 신속한 검토에는 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 3D 모델 정보 생성

4D 시뮬레이션은 3D 모델링 작업으로부터 생성되는 3D 모델 요소와 이 3D 모델 정보로부터 추출한 공정 작업항목을 작업순서에 따라 연계시킴으로써 구현된다. 따라서 3D 모델링 작업은 4D 시뮬레이션을 위한 전제가 된다. 이때 4D 시뮬레이션을 수

행하기 위해 3D 모델링 작업이 특별히 달라지는 것은 아니며 다만 미리 정의한 객체 라이브러리의 적용을 필요로 한다는 차이가 있을 뿐이다. 즉, 3D CAD 툴을 통해 생성되는 3D 모델 정보는 미리 정의한 객체 라이브러리를 통해 생성되어야 하며, DB를 통해 가공되어 공정생성, 물량산출, 유지관리 등 후속작업에서 활용된다. 따라서 3D 모델 정보를 효과적으로 생성하고 활용하기 위해서는 객체 라이브러리와 DB 스키마의 구축이 선행되어야 한다.

2.1 3D 모델 정보 객체 라이브러리

3D 모델 정보 객체는 후속작업 정보를 통합시키기 위한 정보의 원천으로서 후속작업에서 재활용되는 정보를 저장하고 있다. 따라서 3D 모델 정보 객체는 프리덕트 모델의 정립을 통한 체계적인 모델링 과정에 따라 생성되어야 한다.

3D CAD 툴에서는 건축 부재를 미리 부재 라이브러리로 정의해 두고 필요할 때마다 선택하여 사용하는 방법을 통해 복잡한 3D 모델을 쉽게 모델링 할 수 있도록 하고 있다. 이러한 부재 라이브러리는 일련의 위계구조를 가지며 이들을 3D 모델 정보 객체 라이브러리에서 체계적으로 분류, 정의하여 모델링에 사용함으로써 후속작업에서 재활용할 수 있는 설계정보를 생성해낼 수 있다. 그림 2는 3D 모델 정보 객체 및 후속작업 객체 간의 관계를 표현한 것이다.

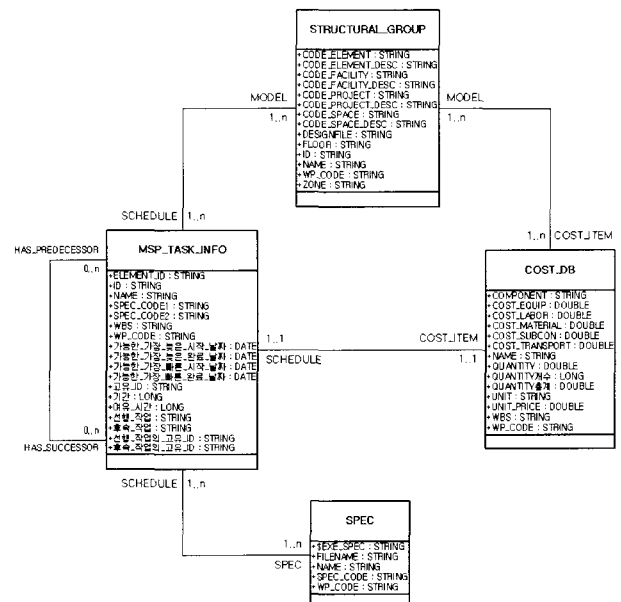


그림 2. 3D 모델 정보 객체와 후속작업 객체간의 관계

2.1.1 파일이름

건축 프로젝트는 층을 기준으로 구분하는 것이 일반적이며 3D 모델도 층 단위로 분할하여 저장하는 것이 효과적이다. 투시

도의 예와 같이 3D 모델을 단순히 그래픽 용도로 사용할 경우에는 3D 모델을 층 단위로 저장할 필요가 없으나, 4D 시뮬레이션이나 물량산출과 같이 3D 모델을 건설관리의 측면에서 활용하려면 층 단위의 3D 모델 저장이 반드시 요구된다. 이때 층 단위 3D 모델의 파일이름은 후속작업 정보와의 연결키로 활용되므로 일정한 규칙에 따라 정의하여야 한다. 본 논문에서는 통합건설정보분류체계²⁾ 상의 시설물 파셋과 공간 파셋을 활용하여 그림 3과 같이 파일이름을 정의하였다.

2.1.2 패밀리(Fam)

패밀리는 부재의 종류(예, 철골기둥, 내력벽 등)에 따라 분류하며 통합건설정보분류체계 상의 부위 파셋에 따라 정의할 수 있다. 이때 동일 층의 동일 패밀리는 DB 쿼리를 통해 하나로 축약하여 하나의 공정 작업항목에 연계시킨다. 이는 현장의 작업 방식을 반영하면서 지나치게 많은 공정 작업항목으로 인한 관리의 어려움을 피하기 위함이다. 3D 모델 정보와 기타 후속작업 정보의 연결키는 파일이름과 패밀리를 이용하여 그림 3과 같은 형태로 정의한다.

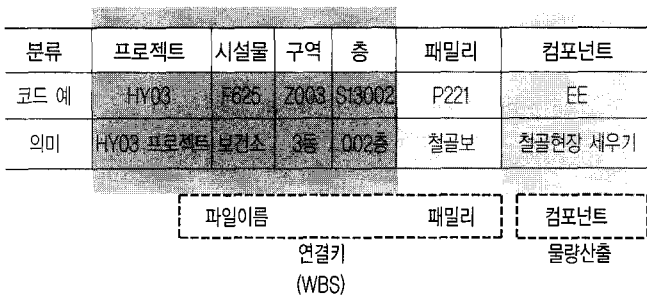


그림 3. 공정 작업항목의 구성

2.1.3 파트(Part)

파트는 3D 모델을 구성하는 기본 입력단위이다. 동일한 패밀리(예, 기둥)에 속하는 부재들은 서로 다른 부재그룹(예, C1 기둥, C2 기둥)에 속할 수 있으며 이를 파트로 분류한다. 파트는 부재의 단면정보 및 부재를 구성하는 컴포넌트 정보를 포함하며, 각 부재별 물량은 파트에 포함되어 있는 컴포넌트별로 정의한 물량산출식에 따라 산출된다.

2.1.4 컴포넌트(Component)

컴포넌트는 부재를 구성하는 단위작업에 따라 분류하며 건축공사수량산출기준¹⁾ 상의 항목에 따른다. 예를 들어, 철근콘크리트 부재의 경우 합판거푸집, 콘크리트 타설, 철근 콘크리트와 같은 컴포넌트를 포함하고 있다. 이때 부재를 구성하는 각 컴포넌트별로 그림 4와 같이 물량산출식을 정의할 수 있으며 이로부터 부재별 물량을 산출한다.

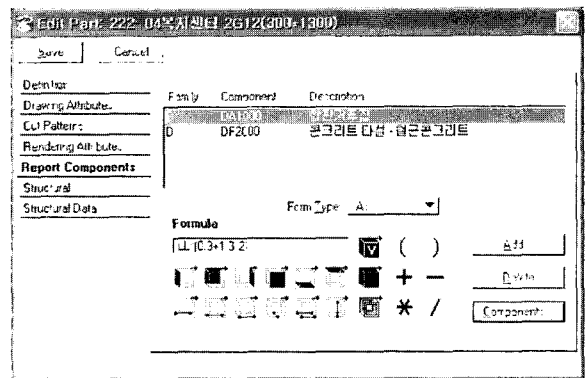


그림 4. 컴포넌트의 물량산출식 정의

아울러 컴포넌트 이름은 그림 3과 같이 공정 작업항목을 생성할 때 작업내용을 표시하는 역할을 한다.

2.2 3D 모델 정보 DB 스키마

2.2.1 3D 모델 정보 테이블

3D 모델 정보 객체 라이브러리를 통해 생성되는 3D 모델 정보는 3D CAD 톨로부터 DB 테이블로 저장할 수 있으며 표 1과 같은 필드로 구성된다. 이를 DB에서 쿼리 작업을 통해 가공하여 후속작업에서 활용할 수 있는 테이블을 생성해낼 수 있다.

표 1의 File 필드는 그림 3에 표시한 파일이름을 포함하고 있으며 이로부터 후속작업 정보와의 연결키를 위한 필드들을 분리해낼 수 있다. 아울러 원활한 4D 시뮬레이션 실행을 위해 동일한 패밀리(Fam)에 속하는 서로 다른 부재그룹(Part)들을 층당 하나로 축약하여 동일 층의 동일 패밀리(Fam)는 하나의 공정 작업항목에 연계시킨다.

표 1. 3D 모델 정보 테이블의 필드 구성

필드 이름	데이터 형식	설명
File	텍스트	파일이름
Fam	텍스트	통합건설정보분류체계 상의 부위 파셋
Part	텍스트	Fam에 포함되어 있는 부재 종류
Component	텍스트	건축공사수량산출기준 상의 항목
Quantity	숫자	Component에 의한 산출물량
Unit	텍스트	산출물량의 단위

2.2.2 공정 작업항목 테이블

공정 작업항목 테이블은 3D 모델 정보 테이블로부터 필요한 필드를 DB 쿼리를 통해 생성해낸 테이블이다. 이때 공정계획 수립의 결과로 생성되는 우선순위와 작업일수, 선행작업 등의 정보를 저장하기 위한 필드가 필요하며 표 2는 이러한 필드들을 포함하여 공정 작업항목 테이블을 구성하는 주요 필드들을 나타낸 것이다.

표 2. 공정 작업항목 테이블의 필드 구성

필드 이름	데이터 형식	설명
WBS	텍스트	WBS 코드
작업이름	텍스트	공정계획상의 작업이름
Quantity총계	숫자	동일 Fam에 속하는 부재의 물량총계
Unit	텍스트	산출물량의 단위
우선순위	숫자	동일 층에서의 수평적 우선순위
작업일수	숫자	공정계획상의 작업일수
기간	숫자	MS Project상에서의 환산 기간
선행작업	텍스트	공정계획상의 선행작업

3. 공정계획 수립

공정정보는 그림 3과 같이 3D 모델 객체로부터 추출되는 공정 작업항목을 기본으로 생성한다. 따라서 3D 모델이 변경되지 않는 이상 작업항목이 변경되지는 않는다. 그러나 각 작업항목의 공정순서는 적용하려는 공법에 따라 여러 개의 대안을 가질 수 있으므로 이에 따른 공정정보는 변경될 개연성이 크다.

3D 모델 정보를 바탕으로 하는 4D 모델은 프로젝트의 내용이 아직 확정되지 않고 변경 가능한 상태일 때 다양한 대안의 비교 평가를 통해 합리적인 의사결정을 내리고 수정 및 변경을 용이하게 하는데 그 효용이 있다6). 그러나 4D 모델의 가장 큰 문제점으로 지적되고 있는 것이 정보의 수정시 3D 모델 정보와 공정 정보가 별도로 수정된 후 다시 연계되어야 함으로 인한 재구현 기능의 문제이다3). 따라서 4D 모델의 활용성 강화를 위해서는 동일한 3D 모델에 대한 다양한 공정대안을 손쉽게 비교 검토할 수 있도록 신속한 공정계획의 수립이 가능하도록 해야 한다. 이를 통해 동일한 3D 모델에 대해 공정정보만 변경되는 경우의 재구현 문제를 단순화시킬 수 있기 때문이다.

프로젝트의 공법 선정은 일반적으로 전체 공기를 맞추는데 주력하고 세부적인 공정은 현장 상황에 맞추어 선정하는 방식이어서 공법에 따른 공정생성 규칙이 체계적으로 정립되어 있지 않다. 따라서 공정계획 수립을 위한 공정생성 규칙 역시 프로젝트의 상황에 맞게 변경해서 사용할 수 있도록 환경을 제공하는데 중점을 두어야 한다.

그림 5는 실제 현장에서의 작업방식을 고려하여 3D 모델 요소들의 배치순서와 시간간격을 결정하기 위해 필요한 결정요소들을 추출한 것이다. 공정계획은 3D 모델 정보로부터 추출한 작업항목에 작업기간과 우선순위를 부여하여 작업항목의 요주의 경로(Critical Path)와 ES, EF, LS, LF 등의 값을 결정하는 과정이다. 이것은 4D 모델의 관점에서는 그림 5와 같이 3D 모델 요소들의 배치순서와 시간간격을 결정하는 것을 의미한다.

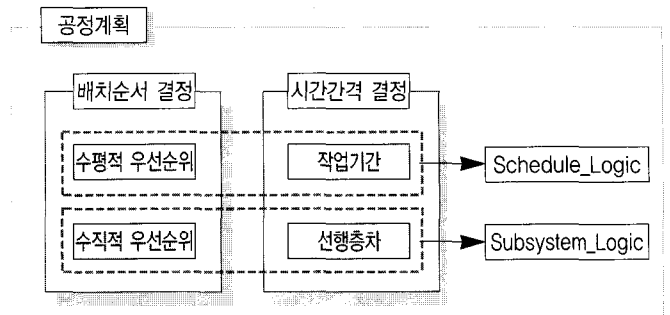


그림 5. 4D 모델을 위한 공정계획 요소 추출

건물은 일반적으로 하나의 층을 단위로 하여 수직적 간격을 두고 반복적으로 배치되는 형태로 완성된다. 따라서 하나의 작업항목은 하나의 층을 구성하기 위해 요구되는 수평적 우선순위와 전체 건물을 구성하기 위해 요구되는 수직적 우선순위를 함께 가져야 한다. 즉, 3D 모델 요소들의 배치순서를 결정하기 위해서는 하나의 층을 구성하는 부재간의 수평적 우선순위와 전체 건물을 구성하는 층간의 수직적 우선순위를 독립적인 규칙으로 구분하여 설정하고, 작업기간과 선행층차를 통해 수평 및 수직적 우선순위에 대응하는 시간간격을 결정하여야 한다.

3.1 수평적 우선순위

수평적 우선순위는 하나의 층을 구성하는 여러 부재들 간의 배치순서를 결정하는 것을 의미한다. 3D 모델로부터 추출한 패밀리 정보를 이용하여 부재들 간의 수평적 우선순위를 설정할 수 있다.

그림 6은 부재간의 수평적 우선순위 편집화면을 나타낸 것이다. 여기서 ITEM은 3D 모델 정보로부터 추출한 부위 정보만으로 채워지게 함으로써 불필요한 부위 정보의 선택으로 인한 오류 가능성을 사전에 방지한다. 또한, Sequence 속성은 DB 상에서 중복이 불가능하도록 정의하여 하나의 부재에는 하나의 우선순위만이 적용 가능하도록 한다. Period 속성은 작업기간을 일(日)단위로 입력한다.

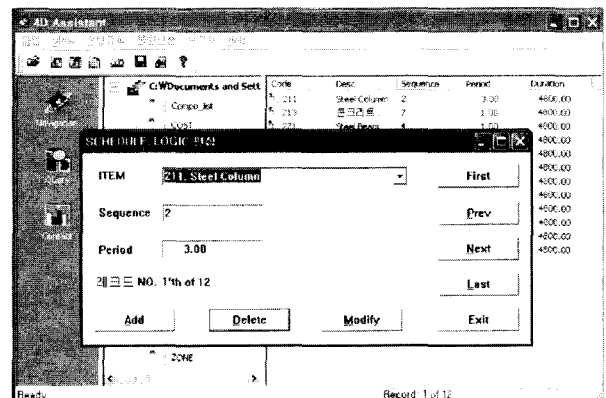


그림 6. 수평적 우선순위 편집 화면

3.2 수직적 우선순위

부재간의 수평적 우선순위를 통해 하나의 층에 대한 배치순서를 설정한 후에는 층간의 수직적 우선순위를 통해 전체 건물에 대한 수직적 배치순서를 설정한다. 그림 7은 층간의 수직적 우선순위 편집화면을 나타낸 것이다. 선행작업 및 후행작업은 전술한 바와 마찬가지로 3D 모델 정보로부터 추출한 패밀리 정보만으로 채워지게 한다. 또한 선행층차 속성을 통해 앞서 선택한 선행작업과 후행작업 사이의 수직적 층차를 설정한다.

선행층차는 수직적 우선순위에 따른 선행층과 후행층 사이의 층차를 의미한다. 일반적인 건물의 경우 기준층 평면이 반복적으로 사용되며 이때 단위공정 역시 몇 개의 층을 하나의 모듈로 하여 반복된다. 여기서 선행층차는 하나의 단위공정 모듈을 구성하는 층의 개수에 해당된다. 그림 7을 예로 보면 콘크리트 기둥과 커튼 월은 5개의 선행층차를 가지고 있으며 이것은 콘크리트 기둥이 타설된 후 5개 층이 진행되고 나서 동일 층에 커튼 월이 설치된다는 것을 의미한다. 즉, 6층의 콘크리트 기둥과 1층의 커튼 월이 동시에 설치됨을 의미한다.

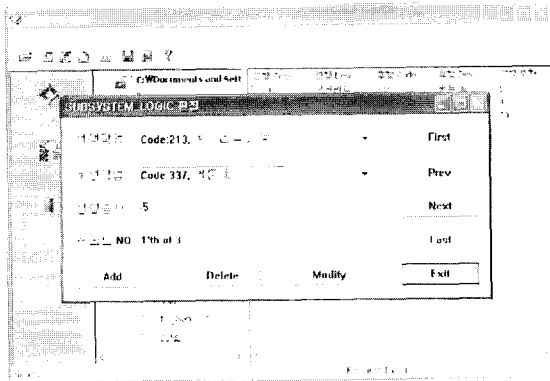


그림 7. 수직적 우선순위 편집 화면

3.3 공정생성 규칙의 적용

그림 8은 전술한 수평 및 수직적 우선순위와 선행층차를 적용한 예를 보여준다.

수평적 우선순위, 수직적 우선순위, 작업기간 및 선행층차의 네 가지 파라미터를 통해 공정 작업항목에 작업기간과 선행작업을 속성으로 할당할 수 있다. 따라서 공정계획 수립시에는 이미

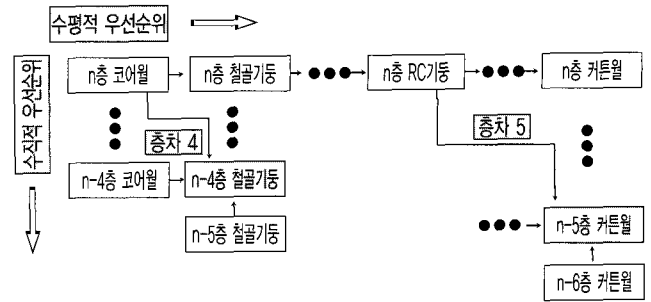


그림 8. 우선순위와 선행층차의 적용

작업기간과 선행작업을 속성으로 가지고 있는 작업항목을 이용하여 요주의 작업경로와 ES, EF, LS, LF, TF, FF 등을 신속하게 산정해 낼 수 있다. 그림 9는 이상의 공정생성 규칙을 적용한 공정계획 수립 과정을 나타낸 것이다.

부재들 간의 수평적 우선순위와 층간의 수직적 우선순위의 병합에 의한 공정 자동생성 기능은 수백 내지 수천 개에 이르는 작업항목의 관리에 매우 유용하게 활용할 수 있다. 특히 3D 모델 정보의 변경없이 공정정보만 별도로 변경되는 경우의 4D 모델을 신속하게 재구현하는데 효과적인 기능을 제공한다.

공정 자동생성 기능은 MS 계열의 프로그램에서 제공하는 마법사 기능과 같이 일정한 조건의 제공만으로 빠른 공정계획의 생성을 가능케 하므로 신속한 공정대안의 비교라는 4D 모델 본연의 기능을 한층 강화시킬 수 있다.

4. 일정별 물량정보 검색

2D CAD 파일을 이용한 기존의 물량산출 모듈에서 CAD 파일은 물량산출 작업을 위한 밑그림 정도의 역할에 그쳤으며, 그나마 사용자의 취향에 따라 동일한 대상에 대한 산출물량에 차이가 존재하였다. 그 결과 물량산출은 대부분 수동적으로 처리되었으며 예러 유발 가능성을 내포하면서도 시간 소모적인 작업이었다. 이에 따라 최신의 물량산출 소프트웨어들은 3D CAD 모델을 활용하며 3D 프로젝트 모델과 비용 아이টে를 물량산출 DB 내에서 자동으로 연결하는 기능을 지원하고 있다. 아울러 CIFE의 물량산출 모델인 ACE(Activity-based Cost Estimate)9)는 프로젝트 모델의 형상정보를 이용한 정확한 물량의 산출을 위해

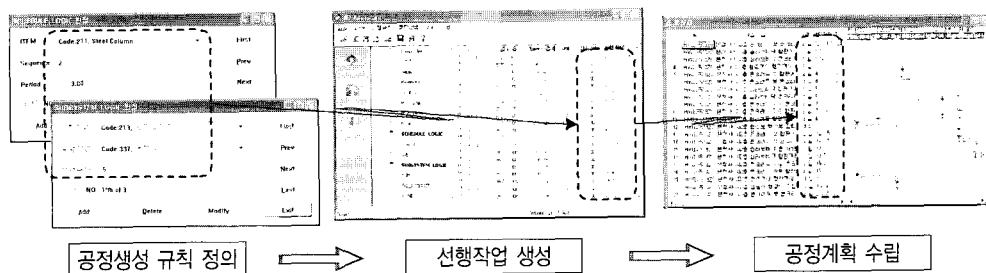


그림 9. 공정생성 규칙에 의한 공정계획 수립 과정

사용자가 물량을 산출하는 행위의 분석에 주력하고 있다.

그러나 이러한 최신의 물량산출 소프트웨어들도 일정정보까지 포함하고 있지는 않기 때문에 프로젝트 진행에 따른 일정별 소요물량의 예측에 활용하기에는 미흡한 면이 없지 않다. 즉, 4D 모델을 이용한 프로젝트 검토 단계에서는 세밀한 물량의 정확한 산출보다는 여러 대안의 비교 평가를 위한 개산견적의 반복 수행이 더욱 요구되므로 4D 모델에 물량정보를 연동시켜 원하는 일정에 해당하는 물량을 신속하게 산출해내는 일정별 물량 정보 검색 기능이 요구된다.

4.1 일정별 물량정보 검색 기능

3D 모델 정보와 일정정보는 4D 모델 생성과정에서 이미 연계되어 있다. 이때 부재의 콤포넌트별 물량정보는 3D 모델 정보에 포함돼 있으므로 물량정보와 일정정보를 DB 쿼리를 통해 추출해내는 과정을 추가함으로써 간편하게 일정별 소요물량을 산출해 낼 수 있다. 즉, 사용자 인터페이스로부터 입력된 일정을 물량정보와 연계되어 있는 일정정보와 비교 검색하는 과정을 통해 입력된 일정에 포함되어 있는 물량정보만을 추출해낼 수 있다.

그림 10은 일정별 물량정보 검색을 위하여 특정 일정을 입력하는 대화상자를 나타낸 것이다. 일정별 물량정보 검색 기능은 원하는 작업기간과 작업수행 유형(ES, EF, LS, LF), 그리고 산출하고자 하는 물량의 동별, 층별 범위를 선택하면 이에 해당하는 부재 물량정보를 DB 쿼리를 통해 추출해낸다.

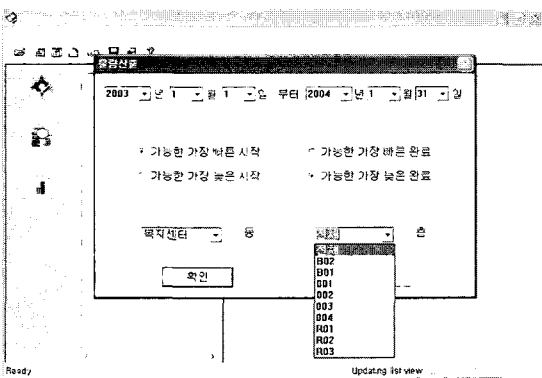


그림 10. 일정 입력 대화상자

4.2 물량정보 검색 보고서

물량정보 검색 보고서는 시작날짜부터 완료날짜까지의 기간이 그림 10의 대화상자에서 지정한 기간 내에 있는 해당동의 해당층에 대한 재료별 물량정보를 도표 형태로 나타낸다. 그림 11은 물량정보 검색 보고서를 나타낸 것이다.

그림 11의 재료명에 포함된 항목들은 지정한 기간 내에 포함되어 있는 3D 모델 부재들의 콤포넌트 정보로부터 추출해낸 것이다. 따라서 콤포넌트 물량산출식의 디테일 수준에 따라 산출

항목의 세분화 정도가 결정된다. 이때 콤포넌트별로 산출되는 부재 물량은 3D 그래픽의 형상으로부터 계산되는 값으로서 실제 현장에서 사용하는 물량과는 차이가 있을 수 있다. 실제로 3D 모델에 의한 산출물량과 현장계획 물량을 비교한 결과, 콘크리트 물량과 철골 물량은 약 6%의 차이를 보이는 반면, 거푸집 물량은 약 18%의 차이를 보였다. 이것은 현재 3D 모델을 통해 산출되는 물량이 독립적인 부재단위로 산출되는 데서 비롯된 문제이다. 즉, 콘크리트나 철골 물량과 같이 독립적인 3D 솔리드의 부피로 표현되는 값은 비교적 차이가 적은 반면, 대상 솔리드에서 이웃하는 솔리드와 중복되는 부분의 표면적은 공제하고 해당되는 표면적만을 뽑아내야 하는 거푸집 물량과 같이 이웃 부재와의 위상관계를 고려해야 하는 값에서는 비교적 큰 차이가 발생한다.

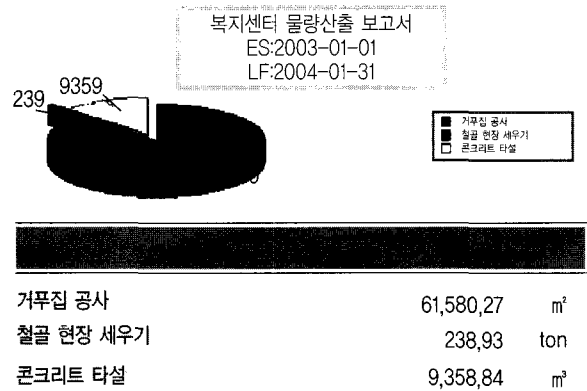


그림 11. 물량정보 검색 보고서

4D 모델에서는 프로젝트 검토 단계에서 여러 대안의 비교 평가를 위한 개산견적의 반복 수행이 중요한 의미를 갖는다. 따라서 정확한 물량의 산출보다는 특정한 일정에 따른 여러 대안간의 상대적인 물량의 차이를 신속하게 파악하는 기능이 요구된다. 3D 모델로부터 산출된 물량과 현장계획 물량 사이에서 발생하는 오차에도 불구하고 별도의 물량산출 작업없이 3D 모델만으로 일정에 따른 개략적인 물량을 신속하게 비교 검토할 수 있는 기능은 4D 모델의 활용성을 향상시킬 수 있는 유용한 기능이다.

5. 3D 모델의 활용 예

그림 12는 3D 모델 정보를 바탕으로 4D 모델을 생성해내는 전체 과정을 나타낸 것이다.

4D 모델을 생성해내기 위해서는 객체 라이브러리의 정립을 통한 3D 모델 정보의 생성, DB 스키마의 구축을 통한 3D 모델 정보의 관리가 선행되어야 한다. 아울러 공정 자동생성 기능 및 일정별 물량정보 검색 기능을 이용하여 4D 모델의 활용성을 향상시킬 수 있다.

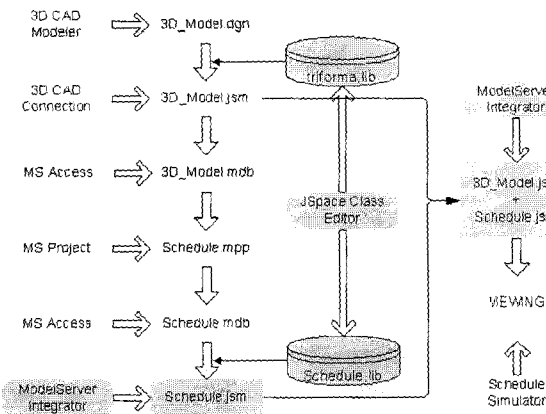


그림 12. 3D 모델을 이용한 4D 모델 생성 과정

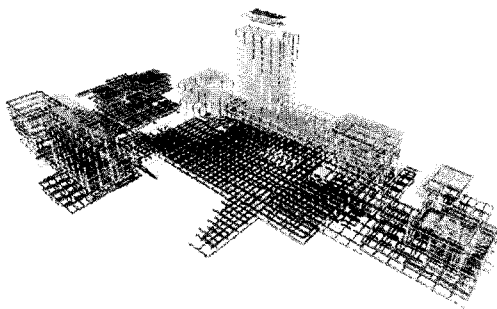


그림 13. 예제 건물의 3D 모델

그림 13은 총 5개동으로 구성된 복합단지 프로젝트의 3D 모델이다. 3D 모델의 각 부재들은 단면정보를 포함하고 있으며, 층단위로 분리하여 저장하였다. 표 3은 예제 건물을 대상으로 공정 자동생성 기능을 적용하기 위한 공정생성 규칙을 정의한 예이다. 코어월 다음에 철골부재와 RC부재가 설치되는 계획안을 제1안으로 하고, 철골부재 다음에 코어월과 RC부재가 설치되는 계획안을 제2안으로 하여 ()안에 표시하였다. 이와같이 공정계획이 변경될 경우에는 표 3의 공정생성 규칙을 수정하여 공정 자동생성 기능을 적용시킴으로써 그림 9의 과정을 거쳐 변경된 공정계획을 손쉽게 생성해낼 수 있다. 이를 통해 4D 모델 재구현에 소요되는 과정을 대폭 단순화시킬 수 있으므로 다양한 공정대안의 비교 검토라는 4D 모델 본연의 기능을 십분 활용할 수 있다.

표 3. 예제 건물의 공정생성 규칙 정의

부재 그룹	부재	수평적 우선순위	수직적 우선순위	작업기간 (일)	선행 층차
-	코어월	1(3)	1(2)	3	(철골기둥:3층)
철골 부재	철골기둥	2(1)	2(1)	4	코어월:4층
	철골보	3(2)		3	
철근	RC보	4(4)	3(3)	3	철골기둥:3층(코어월:2층)
콘크리트 부재	RC슬래브	5(5)		4	
	RC기둥	6(6)		3	

그림 14는 동일한 3D 모델에 대해 표 3의 두 가지 공정계획안을 적용시킨 후, 작업개시 3주 후의 프로젝트 진행상황과 그로

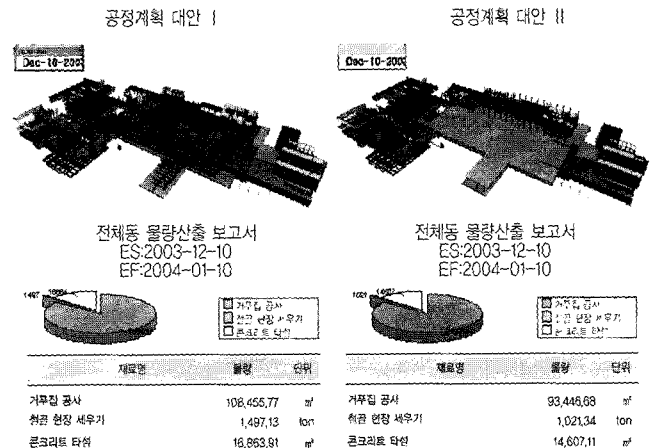


그림 14. 예제 건물의 공정계획 대안 비교

부터 한달간의 소요물량을 비교한 예를 나타낸 것이다. 본 예제의 경우, 공정 자동생성 기능을 통해 표 3의 공정생성 규칙으로부터 공정계획 대안을 수립하고 4D 모델을 재구현하기까지 약 30분 정도의 시간이 소요되었다. 이것은 기존의 4D 모델 재구현에 소요되는 시간과 노력을 대폭 단축시키는 결과를 보여주는 것이다.

아울러 이상에서 생성한 4D 모델에 물량정보 검색 기능을 적용하여 일정별 물량을 손쉽게 산출해낼 수 있다. 그림 14 및 표 4에 나타낸 바와 같이, 본 예제에서는 특정 일자로부터 한달간의 소요물량을 비교하였으며, 그 결과 제1안에 비해 제2안의 물량이 덜 소요되는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같이 특정한 일정에 소요되는 물량정보를 검색해내는 기능은 기존의 현장에서 사용하는 물량 계획 도구와는 차별화되는 것으로서 일정별 자재 수급 계획의 수립 등에 유용하게 활용할 수 있다.

표 4. 공정계획 대안에 따른 일정별 소요물량 비교

비교항목		공정계획 대안 I	공정계획 대안 II
시작날짜		2003. 11. 18	2003. 11. 18
완료날짜		2004. 3. 30	2004. 3. 23
작업개시 3주 후부터 한달간의 소요물량	거푸집(m ²)	108,455.77	93,446.68
	철골(ton)	1,497.13	1,021.34
	콘크리트(m ³)	16,863.91	14,607.11

6. 결론

3D 모델 정보는 프로젝트 정보관리를 위한 플랫폼으로서 그 활용범위가 점차 확대될 것으로 전망된다. 그러나 2D 모델 위주의 작업 환경에서 3D 모델은 많은 장점에도 불구하고 아직까지는 실무적용이 미진한 상태이다. 본 논문에서는 3D 모델을 이용해 2D 모델에서는 기대할 수 없었던 다양한 정보들을 생성 및 통합하고, 이를 4D 시뮬레이션과 물량정보 검색에 활용하는 일

련의 과정을 정형화하였다. 이를 통해 3D 모델의 실무적용 확대 가능성을 높이고 프로젝트 정보관리 수준을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

3D 모델 정보를 가공하여 동일한 3D 모델에 대해 여러 가지 공정대안을 신속하게 생성해내는 공정 자동생성 기능을 구현할 수 있다. 또한, 특정 작업기간에 따른 소요 물량정보를 검색해내는 물량정보 검색 기능도 3D 모델 정보에 포함된 부재 물량정보를 이용해 구현할 수 있다. 3D 모델 정보를 이용한 이러한 기능들을 통해 기존 4D 모델 연구에서 문제점으로 지적되었던 정보 변경에 따른 4D 모델 재구현 및 실무적용성 문제를 상당부분 해결할 수 있다. 이상에서 도출한 본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 3D 모델 정보를 활용하여 공정 자동생성 기능과 물량정보 검색 기능을 구현할 수 있다. 이를 통해 3D 모델은 도면생성 용도뿐만 아니라 후속작업의 정보원천으로 활용할 수 있음을 확인하였다.
- (2) 공정 자동생성을 위해서는 수평적 우선순위, 수직적 우선순위, 작업기간 및 선행층차의 네 가지 파라미터가 필요하다. 특히 하나의 층을 구성하는 부재간의 수평적 우선순위와 전체 건물을 구성하는 층간의 수직적 우선순위를 독립적으로 구성하고 이 두 관계를 병합함으로써 신속하게 공정계획을 수립할 수 있다.
- (3) 3D 모델의 변경없이 공정정보만 별도로 변경되는 경우의 4D 모델 재구현 문제는 공정 자동생성 기능을 통해 상당부분 해결할 수 있다. 아울러 3D 모델이 변경된 경우에도 공정 자동생성 기능은 4D 모델 생성을 위한 이후의 작업 과정을 단순화시키는 효과가 있다.
- (4) 3D 모델로부터 생성되는 물량정보와 공정계획 결과로부터 생성되는 일정정보를 DB 쿼리를 통해 연계시킴으로써 일정별 소요물량 정보를 간편하게 검색해 낼 수 있다.
- (5) 공정 자동생성 기능은 신속한 공정계획 수립을 통한 4D 모델의 재구현 측면에서, 물량정보 검색 기능은 일정별 소요물량 제공 측면에서 3D 모델의 실무적용성을 향상시킬

수 있음을 실행 예제를 통해 확인하였다.

참고문헌

1. 건설교통부, 「건축공사수량산출기준」, 2000
2. 건설교통부, 「통합건설정보분류체계적용기준」, 2001
3. 강인석, "건설관리분야 4D시스템의 기능분석을 통한 활용성 개선방안", 대한건축학회논문집, 18권10호, pp. 85~92, 2002
4. CIFE, Virtual Design and Construction, <http://cife.stanford.edu/sp02/abstractPresentation.htm>, CIFE Summer Program 2002 자료, Stanford Univ., 최종접속 2003.7.21
5. Collier, E. and Fischer, M., Four-Dimensional Modeling in Design and Construction, CIFE Technical Report #101, Stanford Univ., 1995. 2
6. Fischer, M., 4D Practice, CIFE Summer Program 2002, Stanford Univ., 2002
7. Gatton, T. M., Dharwadkar, P., Inoue, T., Rao, S., Song, B., Seo, J., A Prototype Integrated System for Schedule Generation and Visualization, Final Report, Univ. of Texas at Austin, 1994. 12
8. Okkyue Kim, Yoon Ki Choi, Hyun-soo Lee, Wooyoung Kim, Hyoung chul Lim, "Visualized Construction Process on Virtual Reality", Proceeding Fifth International Conference on Information Visualisation, IEEE Computer Society, 25-27 July 2001, London, England, pp.684~689
9. Staub-French, S., Generating and Maintaining Activity-based Cost Estimates with Feature-based Product Models, CIFE Summer Program 2002, Stanford Univ., 2002

Abstract

This paper represents the application of the 3D CAD Model data for 4D simulation and quantity estimation. These support the effective and practical use of 4D CAD model.

By using and manipulating the 3D CAD model information, scheduling and quantity estimation could be developed more quickly and effectively. So the 3D CAD model information is made use of not only drawing a blueprint but also playing an important part of data integration platform.

The scheduling module sets up the schedule generation logic that consists of period, priority of element arrangement, and time lag of floor placement. It sorts the working items as a priority of working process. And the quantity estimation module queries the material quantity of the structural elements according to the scheduling conditions. These two modules are developed using the 3D CAD model information and assist the function of 4D CAD model.

Keywords : 3D CAD Model Information, Scheduling, Quantity Estimation, 4D CAD Model