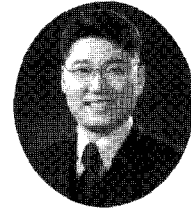


공정자동생성 및 물량산출 모듈을 통한 4D 모델의 활용성 향상



이 재 철*

1. 서 론

건축설계 업무에 CAD가 도입된 이후, CAD는 주로 도면생성 측면에서의 역할이 두드러졌다. 이것은 2D 모델 위주의 환경에서 CAD 툴을 디자인 도구로 보다는 도면생성 도구로 활용한 결과에 의한 것이다. 그러나 CAD를 단순히 도면생성 도구로 활용하는 데서 벗어나 여러 작업 과정을 통합하는 통합 환경의 플랫폼으로 활용하려는 시도가 이루어지고 있는 가운데 3D 모델에 대한 관심이 점차 커지고 있다. 3D CAD로 생성된 DB로부터 원하는 작업과정의 정보를 가공해낼 수 있음으로 인해 3D 모델 정보의 활용범위가 대폭 확장될 수 있기 때문이다.

3D 모델 정보를 활용하는 대표적인 예로 3D 모델 정보에 공정정보를 연계시킨 4D 모델을 들 수 있다.^{3)~8)} 3D 모델 정보에 이 3D 모델 정보로부터 추출한 작업 항목들의 공정정보를 결합시킨 4D 모델은 프로젝트 수행 이전에 프로젝트의 진행과정을 검토해 볼 수 있는 도구로 사용할 수 있다. 그러나 4D 모델 활용의 가장 큰 단점은 3D 모델 정보 또는 공정정보의 변경시 발생하는 재구현 기능의 문제에 있다.³⁾ 특히 한번 완성된 3D 모델 정보는 설계변경이 이루어지기 전까지는 변경되지 않는 반면, 이에 따르는 공정정보는 적용하려는 공법에 따라 다양한 대안이 존재할 수 있다. 따라서 4D 모델을 효과적으로 활용하기 위해서는 먼저 동일한

3D 모델에 대해 다양한 공정계획 대안을 신속하게 수립할 수 있도록 함으로써 공정정보의 변경에 따른 재구현 기능 문제부터 해결하여야 한다. 이와 함께 프로젝트 수행 초기의 의사결정을 지원하는 4D 모델의 효용을 향상시키기 위해서는 특정 일자에 따른 3D 모델의 소요물량을 산출해 내는 기능도 추가되어야 한다.

그림 1은 4D 모델의 기능을 향상시키기 위해 3D 모델 정보 DB로부터 공정 자동생성 모듈과 물량산출 모듈을 개발하는 과정에서의 정보 흐름을 나타낸 것이다. 3D 모델에 의해 생성된 정보 DB를 활용하여 비교적 손쉽게 공정정보를 생성하고 일정별 물량을 신속하게 산출해 낼 수 있으며, 이를 각각 공정 자동생성 모듈과 물량산출 모듈로 구현할 수 있다.

먼저 공정 자동생성 모듈은 부재 레벨과 서브시스템

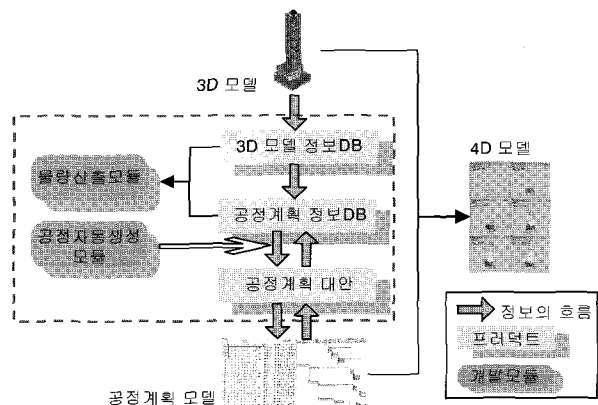


그림 1 4D 모델 기능 향상을 위한 모듈 개발 개요

* 동명정보대학교 건축공학과 전임강사 공학박사

레벨의 분리를 통한 공정생성 규칙의 수립환경을 제공하고 이에 따라 작업항목간의 우선순위를 자동으로 생성한다. 공정의 자동생성을 위해서는 공법에 따른 공정생성 규칙의 수립이 선행되어야 하나, 현재 이에 대한 명확한 지침이 마련되어 있지 않은 상태에서 프로젝트별로 전체 공기에 맞추어 조절해 나가고 있는 형편이다. 따라서 공법별로 공정생성 규칙을 정형화하는 대신에 프로젝트의 상황에 따라 공정생성 규칙을 변경해서 사용할 수 있도록 환경을 제공하는 것이 더 효과적이다. 공정 자동생성 모듈은 동일한 3D 모델에 대해 공정대안에 따른 공정계획의 신속한 수립을 가능케 하므로, 프로젝트 수행 이전에 다양한 공정대안 검토를 통한 합리적인 공정대안 선정이라는 4D 모델 본연의 기능을 향상시키는데 효과적으로 활용할 수 있다.

다음으로 물량산출 모듈은 4D 모델 생성을 위해 이미 연계시킨 3D 모델 정보와 시간정보로부터 일정에 따른 3D 모델 산출물량을 추출해내는 기능을 수행한다. 물량산출 모듈은 시간정보와 연계되어 있는 3D 모델 부재의 물량정보로부터 특정 기간에 따른 동별, 층별 및 재료별 물량을 추출하여 보고서 형태로 저장 및 출력할 수 있다. 이것은 프로젝트 수행 초기에 일정에 따른 자재수급 계획을 수립하는데 활용함으로써 4D 모델의 기능을 보완하는 역할을 한다.

2. 3D 모델 정보 DB

설계단계에서 생성되는 3D 모델 정보는 공정생성, 물량산출, 유지관리 등 후속 작업에서 활용되는 모든 정보의 원천이 된다. 따라서 3D 모델 정보 DB를 플랫폼으로 하여 후속 작업에 필요한 정보들을 가공해낼

수 있으며, 이러한 3D 모델 정보는 3D 객체 모델 라이브러리를 통해 생성된다.

3D 모델 정보를 후속 작업에서 활용하기 위해서는 DB 상에서 쿼리 작업을 통해 필요한 테이블들을 생성해내야 한다. 다음에 소개할 3D 모델 테이블, 요약 테이블 및 공정계획 테이블은 3D 모델로부터 생성되는 원시 테이블로부터 테이블 작성 쿼리를 통해 생성해낸 테이블들이다.

2.1 원시 테이블

원시 테이블(Detail)은 3D 모델로부터 3D 객체 모델 라이브러리를 통해 생성되며, 이후의 정보들은 원시 테이블에 저장된 정보를 가공함으로써 생성할 수 있다. 표 1은 원시 테이블을 구성하는 주요 필드들을 나타낸 것이다.

이때 File 필드는 표 2와 같은 파일이름 정의 규칙에 의해 정의된다. 3D 모델로부터 추출된 이상의 필드들

표 1 원시 테이블의 필드 구성

필드 이름	데이터 형식	설 명
File	텍스트	파일이름
Fam	텍스트	통합건설정보분류체계 ²⁾ 상의 부위
Part	텍스트	Fam에 포함되어 있는 부재 종류
Component	텍스트	건축공사 수량산출기준 ¹⁾ 상의 항목
Quantity	숫자	Component에 의한 산출물량
Unit	텍스트	산출물량의 단위

표 2 파일이름 정의 규칙

분류	프로젝트	시설물	구역	층
코드 예	HY03	F625	Z003	S13002
의미	HY03프로젝트	보건소	3동	002층

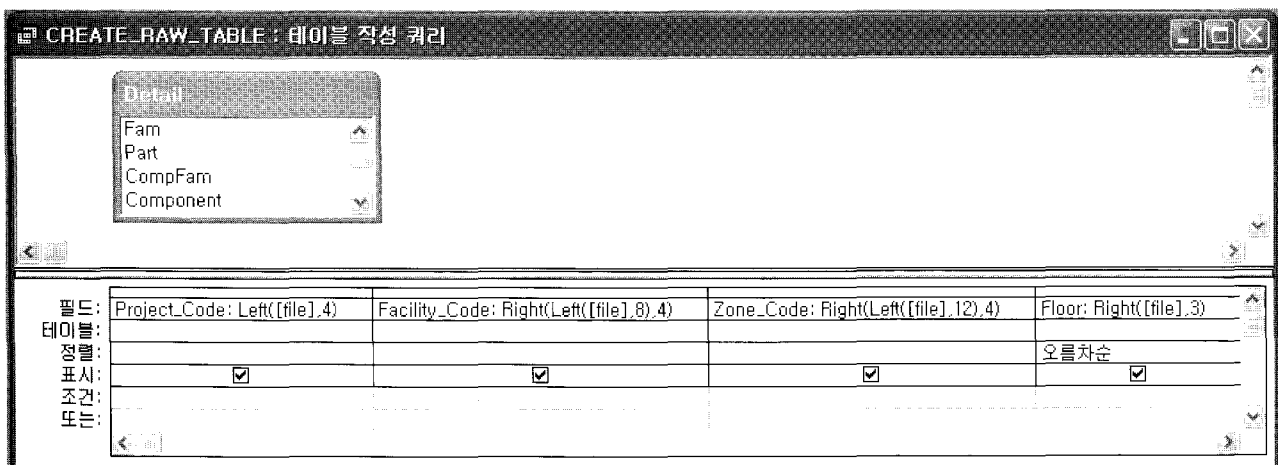


그림 2 3D 모델 테이블 작성 쿼리

은 쿼리를 통해 이후의 작업과정에서 필요한 형태로 가공되어 활용된다.

2.2 3D 모델 테이블

3D 모델 테이블(Raw)은 원시 테이블로부터 원하는 필드를 쿼리를 통해 생성해낸 테이블이다. 3D 모델 테이블은 표 2의 파일이름 정의 규칙에 의해 정의된 원시 테이블의 File 필드로부터 Project_Code, Facility_Code, Zone_Code 및 Floor 필드를 분리해냄으로써 생성할 수 있다.

그림 2는 원시 테이블로부터 생성되는 3D 모델 테이블의 작성 쿼리를 나타낸 것이다.

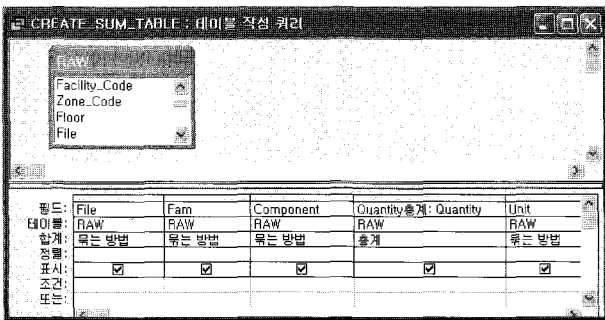


그림 3 요약 테이블 작성 쿼리

2.3 요약 테이블

요약 테이블(Sum)은 3D 모델 테이블로부터 필요한 필드를 쿼리를 통해 생성해낸 테이블이다. 이때 원활한 4D 시뮬레이션 실행을 위해, 3D 모델 테이블의 부재

정보를 층별로 축약하여 동일한 부위(Fam)에 속하는 부재(Part)들을 층당 한개씩으로 표현하였다. 이렇게 함으로써 동일 층의 동일 부위(Fam)는 하나의 공정 작업항목에 연계되어 전체 건물의 4D 시뮬레이션 과정을 쉽게 파악할 수 있게 된다.

그림 3은 3D 모델 테이블로부터 생성되는 요약 테이블의 작성 쿼리를 나타낸 것이다.

2.4 공정계획 테이블

공정계획 테이블(To_Project)은 요약 테이블을 비롯한 여러 테이블로부터 필요한 필드를 쿼리를 통해 생성해낸 테이블이다. 이때 공정계획 수립의 결과로 생성되는 우선 순위와 작업일수, 선행작업 등의 정보를 저장하기 위한 필드가 필요하다. 표 3은 이러한 필드들을 포함하여 공정 계획 테이블을 구성하는 주요 필드들을 나타낸 것이다.

그림 4는 요약 테이블과 기타 테이블들로부터 생성되는 공정계획 테이블의 작성 쿼리를 나타낸 것이다.

표 3 공정계획 테이블의 필드 구성

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

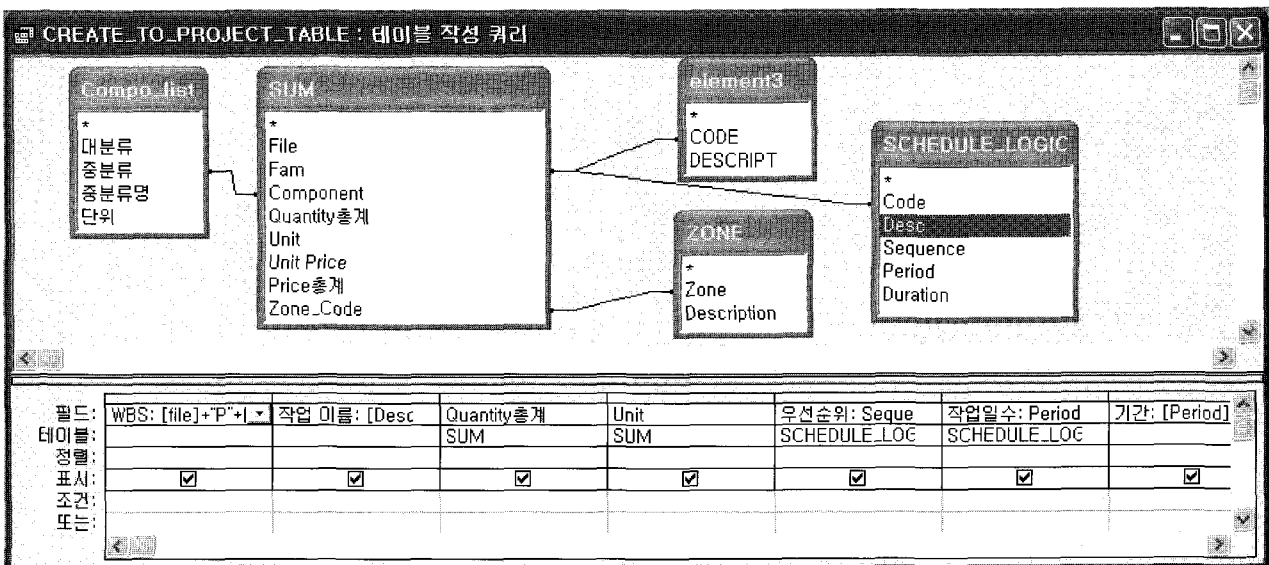


그림 4 공정계획 테이블 작성 쿼리

3. 공정 자동생성 모듈

3.1 개요

4D 모델은 디자인이나 스케줄이 아직 확정되지 않고 변경 가능한 상태일 때 다양한 대안의 비교 평가를 통해 합리적인 의사결정을 내리고, 수정 및 변경을 용이하게 하는데 그 효용이 있다. 이를 통해 시간적, 공간적 간섭의 신속한 발견, 작업 안전성 고려, 접근성 문제 등에 활용할 수 있다.⁸⁾

그러나 4D 시스템의 기능분석에 관한 기존 연구³⁾에서 4D 모델의 문제점으로 지적한 바와 같이, 4D 모델은 정보의 수정시에 3D 모델 정보와 공정정보가 별도로 수정된 후 연계됨으로 인해 재구현 기능에 문제가 있다. 특히 공정정보의 원천이 되는 3D 모델 정보가 수정되는 경우는 물론이고, 3D 모델의 변경없이 공정 정보만 수정되는 경우에도 4D 모델 재구현에 추가의 노력과 시간이 소요된다. 따라서 4D 모델의 활용성을 높이기 위해서는 동일한 3D 모델에 대한 다양한 공정 대안을 손쉽게 비교 검토할 수 있도록 신속한 공정계획의 수립이 가능해야 한다. 공정 자동생성 모듈은 이러한 요구를 충족시키며 이를 통해 동일한 3D 모델에 대해 공정정보만 변경되는 경우의 재구현 문제를 단순화시킬 수 있다.

3.2 공정생성 규칙

공정정보는 표 2의 파일이름에 3D 모델 객체로부터 추출되는 부위정보(Fam)와 항목정보(Component)를 결합시킨 공정 작업항목을 기본으로 생성한다.⁴⁾ 따라서 3D 모델이 변경되지 않는 이상 작업항목이 변경되지는 않는다. 그러나 각 작업항목의 공정순서는 적용하려는 공법에 따라 여러 개의 대안을 가질 수 있으므로 공정 정보는 변경될 가능성이 크다.

기존에 공법을 선정하는 방식은 특별한 기준이 없이 전체 공기를 맞추는데 주력하고 세부 공정은 현장 상황에 맞추어 적절히 선정하는 방식이어서 공법에 따른 공정생성 규칙이 체계적으로 정립되어 있지 않은 실정이다. 따라서 공법에 따른 공정생성 규칙을 정형화하기 보다는 프로젝트의 상황에 맞게 변경해서 사용할 수 있도록 환경을 제공하는 방안이 보다 효과적이다.

공정계획은 3D 모델 정보로부터 추출한 작업항목에 작업기간과 우선순위를 부여하여 작업항목의 요주의

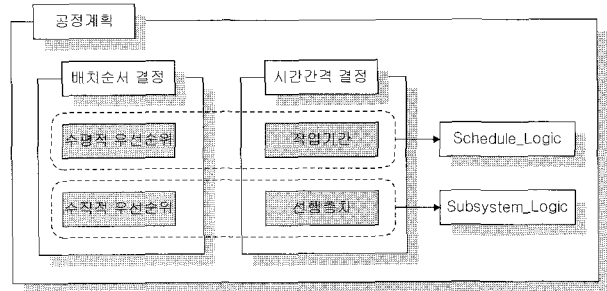


그림 5 4D 모델을 위한 공정계획 요소 추출

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

일반적으로 건물은 하나의 층을 단위로 하여 수직간격을 두고 반복적으로 배치되는 형태로 완성된다. 따라서 하나의 작업항목은 하나의 층을 구성하기 위해 요구되는 수평적 우선순위와 전체 건물을 구성하기 위해 요구되는 수직적 우선순위를 함께 가지게 된다. 따라서 하나의 층을 구성하는 부재간의 수평적 우선순위와 전체 건물을 구성하는 층간의 수직적 우선순위를 독립적인 규칙으로 구분하여 설정하고, 이 두 관계를 병합하여 3D 모델 요소들의 배치순서를 결정하도록 함으로써 신속하게 공정생성 규칙을 수립할 수 있다. 아울러 수평 및 수직적 우선순위에 대응하는 시간간격은 작업기간과 선행충차를 통해 결정할 수 있다.

이상의 네 가지 공정계획 결정요소들은 공정 자동생성 모듈의 SCHEDULE_LOGIC 테이블과 SUBSYSTEM_LOGIC 테이블을 통해 조절할 수 있다.

3.2.1 수평적 우선순위

먼저 수평적 우선순위는 하나의 층을 구성하는 여러 부재들 간의 우선순위를 결정하며, 3D 모델로부터 추출한 부위 정보를 이용하여 부재들 간의 수평적 우선순위를 설정할 수 있다.

그림 6은 SCHEDULE_LOGIC 테이블을 통한 부재간의 수평적 우선순위 편집화면을 나타낸 것이다. 여기서 ITEM의 콤보박스는 3D 모델 정보로부터 추출한 부위 정보만으로 채워지게 함으로써 불필요한 부위 정보의 선택으로 인한 오류 가능성을 사전에 방지할 수 있다. 또한 Sequence 속성은 DB상에서 중복이 불가능하도록 정의함으로써 하나의 부재에는 하나의 우선순위만이

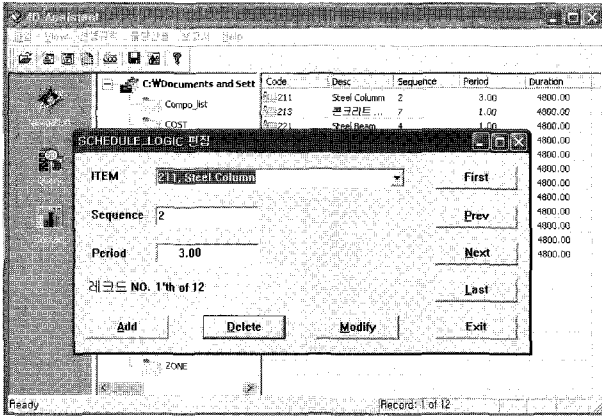


그림 6 수평적 우선순위 편집 화면

적용 가능하도록 하여야 한다. 마지막으로 Period 속성은 다음에 기술할 작업기간을 일(日)단위로 입력하도록 한다.

3.2.2 수직적 우선순위

부재간의 수평적 우선순위를 통해 하나의 층에 대한 수평적 우선순위가 결정되면 이를 전체 건물에 대해 수직적으로 배치시키는 층간의 수직적 우선순위를 설정하여야 한다. 그림 7은 SUBSYSTEM_LOGIC 테이블을 통한 층간의 수직적 우선순위 편집화면을 나타낸 것이다. 여기서 선행작업 및 후행작업의 콤보박스는 전술한 ITEM 콤보박스와 마찬가지로 3D 모델 정보로부터 추출한 부위 정보만으로 채워지게 한다. 또한 선행층차 속성을 통해 앞서 선택한 선행작업과 후행작업 사이의 수직적 층차를 반영할 수 있도록 한다.

이상과 같이 부재들 간의 수평적 우선순위와 층간의 수직적 우선순위의 조정에 의해 기본적인 공정순서를 정하고 이의 수정을 통해 공정계획을 수립하는 방식으로 공정 자동생성 모듈을 구현할 수 있다. 부재의 수평

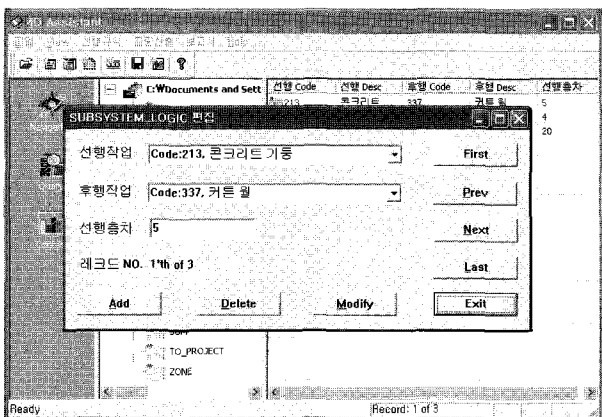


그림 7 SUBSYSTEM_LOGIC 편집 화면

적 우선순위와 층의 수직적 우선순위의 조합 방식에 의한 공정생성 규칙은 세밀한 공정계획의 수립에는 미흡하나 마치 MS 계열의 프로그램에서 제공하는 마법사 기능처럼 빠른 공정생성을 통한 신속한 대안 비교에 효과적으로 활용할 수 있다.

3.2.3 작업기간

공정계획 수립을 위한 시간간격을 결정하기 위해서는 작업항목별 작업기간을 파악하여야 한다. 작업항목은 3D 모델로부터 부재 수준으로 세분화해서 추출되므로 한 작업항목에 대한 작업기간은 수일(日) 단위에서 설정된다. 작업항목이 부재의 세부 물량 수준으로 정의되어 있다면 이들 작업에 소요되는 작업기간도 세분해서 정의하여야 한다. 즉, 모델링의 디테일 수준에 따라 작업기간 및 물량 수준에 차이가 발생한다. 그러나 4D 모델의 기능 향상을 위해서는 빠른 대안 생성을 통한 신속한 비교가 중요하므로 공정생성 규칙을 단순화하여 각 부재별 작업항목을 층당 하나로 축약하여 표현하는 것이 효과적이다.

3.2.4 선행층차

선행층차는 수직적 우선순위에 따른 선행층과 후행층 사이의 층차를 의미한다. 일반적으로 건물의 경우 기준층 평면이 반복적으로 사용되며, 이때 공정 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 8은 수평 및 수직적 우선순위와 선행층차를 적용한 예를 보여준다.

이상에서와 같이 수평적 우선순위, 수직적 우선순위, 작업기간 및 선행층차의 네 가지 파라미터를 조절하여 공정대안에 따른 공정생성 규칙을 수립하면, 공정 자동생성 모듈은 이를 이용해 작업항목에 작업기간과 선행작업을 속성으로 할당하게 된다. 따라서 공정계획 수립 시에는 이미 작업기간과 선행작업을 속성으로 가지고 있는 작업항목을 이용하여 요주의 작업경로와 ES, EF, LS, LF, TF, FF 등을 신속하게 산정해 낼 수 있게 된다. 그림 9는 공정생성 규칙을 적용한 공정계획 수립

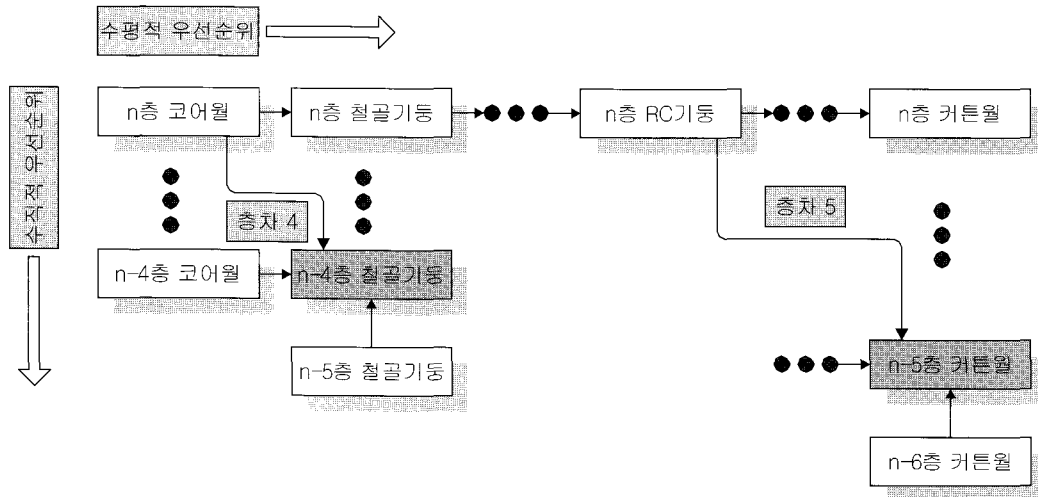


그림 8 우선순위와 선행층차의 적용례

과정을 나타낸 것이다.

공정 자동생성 모듈은 수백 내지 수천 개에 이르는 작업항목의 관리에 매우 유용하게 활용할 수 있을 뿐만 아니라, 특히 3D 모델 정보의 변경없이 공정정보만 별도로 변경되는 경우의 4D 모델 재구현 시에 효과적으로 활용할 수 있다.

4. 물량산출 모듈

4.1 개요

기존의 물량산출 모듈은 사용자의 취향에 따라 특정 디자인에 대한 산출 물량에 차이가 존재하였다. 그 결과 물량산출 작업은 대부분 수동적으로 처리되었으며 여러 유발 가능성을 내포하면서도 시간 소모적인 작업이었다.

이에 CIFE(Center for Integrated Facility Engineering)의 물량산출 모델(Activity-based Cost Estimate, ACE)⁹⁾은 프리덕트 모델의 형상정보를 이용한 정확한 물량의 산출을 위해 사용자가 물량을 산출하는 행위의 분석에

주력하였다. 또한 최신의 물량산출 소프트웨어들은 3D 프리덕트 모델과 비용 아이템을 물량산출 DB 내에서 자동으로 연결하는 기능을 지원하고 있다.

그러나 이러한 물량산출 모듈들은 일정정보까지 포함하고 있지는 않기 때문에 프로젝트 진행에 따른 소요물량의 예측에 활용하기에는 미흡하다. 즉, 4D 모델을 이용한 프로젝트 검토 단계에서는 세밀한 물량의 정확한 산출보다는 여러 대안의 비교 평가를 위한 개선견적의 반복 수행이 더욱 요구되므로 4D 모델에 물량정보를 연동시켜 원하는 일정에 해당하는 물량을 신속하게 산출해내는 기능이 요구된다. 이에 따라 4D 모델의 효율을 향상시키기 위해서는 기 연계시킨 3D 모델 정보와 일정정보를 바탕으로 하는 물량산출 모듈이 요구된다.

4.2 물량산출 모듈의 구성

3D 모델로부터 생성되는 3D 모델 정보와 공정계획 결과로부터 생성되는 일정정보는 4D 모델 생성과정에서

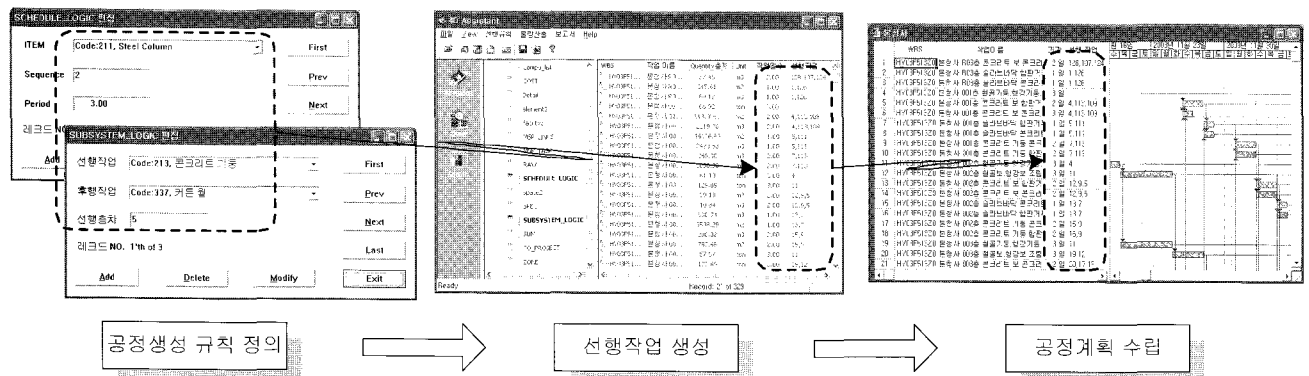


그림 9 공정생성 규칙에 의한 공정계획 수립 과정

연계된다. 이때 물량정보는 3D 모델 정보에 이미 포함돼 있으므로 물량정보와 일정정보를 DB 쿼리를 통해 가공해내는 과정을 추가함으로써 간편하게 일정별 소요물량을 산출해 낼 수 있다. 물량산출 모듈은 사용자 인터페이스를 통해 입력된 일정을 물량정보와 연계되어 있는 일정정보와 비교 검색하여 원하는 일정에 포함되는 물량만을 추출해내는 방식으로 구현할 수 있다.

그림 10은 물량산출 모듈을 실행하기 위하여 원하는 일정을 입력하는 대화상자를 나타낸 것이다. 물량산출 모듈은 원하는 작업기간과 작업수행 유형(ES, EF, LS, LF), 그리고 산출하고자 하는 물량의 범위를 선택하면 이에 해당하는 부재 물량을 DB 쿼리를 통해 산출해 내는 방식으로 구현할 수 있다. 아울러 일정별로 산출된 물량은 물량산출 모듈의 보고서 작성기능에 의해 보고서 형태로 저장 및 출력할 수 있도록 구현한다.

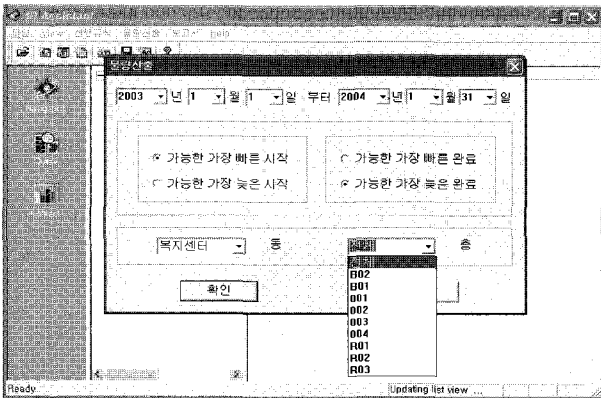


그림 10 물량산출 모듈의 대화상자 예

4.3 물량산출 보고서

그림 11은 물량산출 모듈의 보고서 생성기능에 의해 생성된 물량산출 보고서를 나타낸 것이다.

물량산출 보고서는 시작날짜부터 완료날짜까지의 기간이 그림 10의 대화상자에서 지정한 기간 내에 있는 해당동의 해당층에 대한 재료별 산출 물량을 도표 형태로 나타낸다. 재료명에 포함된 항목들은 지정한 기간 내에 포함되어 있는 부재들의 컴포넌트 정보로부터 추출해낸 것으로 컴포넌트 물량산출식의 디테일 수준에 따라 산출 항목의 세분화 정도가 결정된다. 즉, 부재 물량은 3D 모델에서 부재를 구성하고 있는 컴포넌트들의 물량산출식으로부터 계산되므로 이를 정의하는 방식에 따라 산출 항목과 값이 결정된다.

이때 컴포넌트별로 산출되는 부재 물량은 3D 그래픽의 형상으로부터 계산되는 값으로서 실제 현장에서

사용하는 물량과는 차이가 있을 수 있다. 실제로 다음장의 예제 건물을 통해서 3D 모델에 의한 산출물량과 현장계획 물량을 비교한 결과, 그림 12와 같이 콘크리트 물량과 철골 물량은 약 6%의 차이를 보이는 반면, 거푸집 물량은 약 18%의 비교적 큰 차이를 보였다. 이것은 현재 3D 모델을 통해 산출되는 물량이 독립적인 부재단위로 산출되는 데서 비롯된 문제이다. 따라서 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 차이가 발생하게 된다.

물량산출 모듈은 프로젝트 검토 단계에서 여러 대안의 비교 평가를 위한 계산견적의 반복 수행을 통해 4D 모델의 기능을 향상시키는 데에 주된 목적이 있다. 따라서 정확한 물량의 산출보다는 특정한 일정에 따른 여러 대안간의 상대적인 물량의 차이를 파악하는데 그 효용이 있다. 3D 모델에 의한 물량과 현장계획 물량 사이에 발생하는 오차에도 불구하고 별도의 물량산출 작업없이 4D 모델만으로 일정에 따른 개략적인 물량을

복지센터 물량산출 보고서
ES:2003-01-01
LF:2004-01-31



재료명	물량	단위
거푸집 공사	61,580.27	m2
철골 현장 세우기	238.93	ton
콘크리트 타설	9,358.84	m3

그림 11 물량산출 보고서의 예

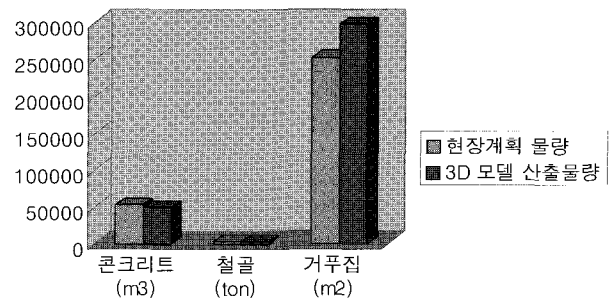


그림 12 예제 모델의 물량비교

비교 검토할 수 있다는 것은 4D 모델의 활용성을 향상시키는 유용한 기능으로 평가할 수 있다.

5. 실행 예제

그림 13은 총 5개동으로 구성된 복합단지 프로젝트의 3D 모델이다. 예제 건물 3D 모델의 부재들은 단면 정보를 포함하고 있으며, 표 2의 파일이름 정의 규칙에 따라 층단위로 분리하여 저장한다.

표 4는 예제 건물을 대상으로 공정 자동생성 모듈을 적용하기 위한 공정생성 규칙을 정의한 예이다. 코어월 다음에 철골부재와 RC부재가 설치되는 계획안을 제1안으로 하고, 철골부재 다음에 코어월과 RC부재가 설치되는 계획안을 제2안으로 하여 ()안에 표시하였다.

이와 같이 공정계획이 변경될 경우에는 표 4의 공정

생성 규칙을 수정하여 공정 자동생성 모듈에 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 있게 된다.

그림 14는 동일한 3D 모델에 대해 표 4의 두 가지 공정계획안을 적용시킨 후, 작업개시 3주 후의 4D 모델과 그로부터 한달간의 소요물량을 비교한 예를 나타낸 것이다. 본 예제의 경우, 공정 자동생성 모듈을 통해 표 4의 공정생성 규칙으로부터 공정계획 대안을 수립하고 4D 모델을 재구현하기까지 약 30분 정도의 시간이 소요되었다. 이것은 기존의 4D 재구현에 소요되는 시간과 노력을 대폭 단축시키는 결과를 보여주는 것이다.

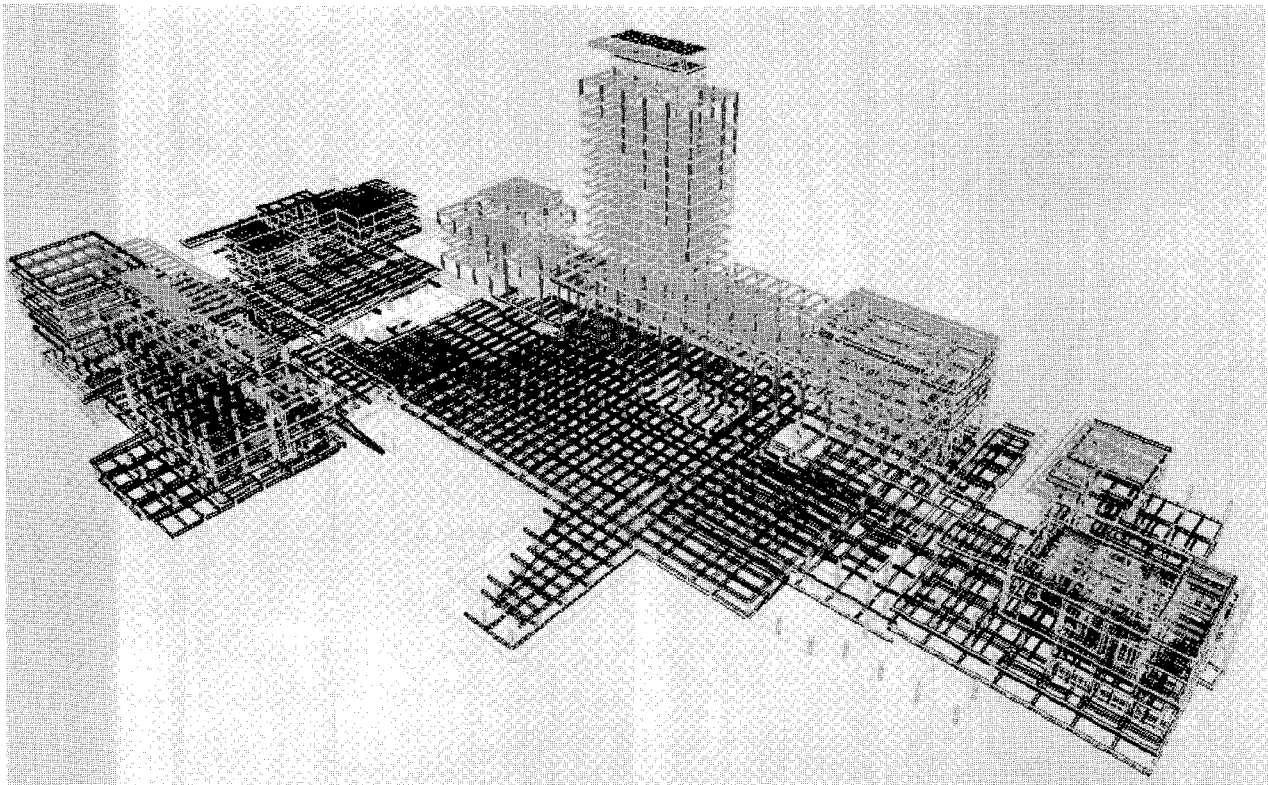
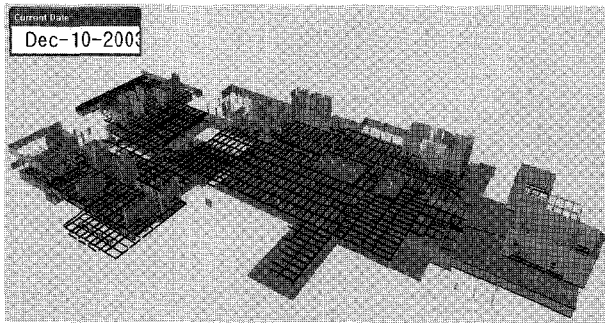


그림 13 예제 건물의 3D 모델

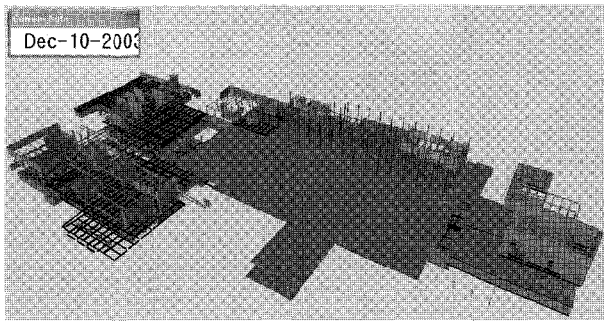
표 4 공정생성 규칙 정의 예

부재 그룹	부재	수평적 우선순위	수직적 우선순위	작업기간 (일)	선행층차
-	코어월	1(3)	1(2)	3	(철골기둥:3층)
철골부재	철골기둥	2(1)	2(1)	4	코어월:4층
	철골보	3(2)		3	
철근 콘크리트부재	RC보	4(4)	3(3)	3	철골기둥:3층(코어월:2층)
	RC슬래브	5(5)		4	
	RC기둥	6(6)		3	

공정계획 대안 I



공정계획 대안 II



전체동 물량산출 보고서
ES:2003-12-10
EF:2004-01-10



재료명	수량	단위
거푸집 공사	108,455.77	m2
철골 현장 세우기	1,497.13	ton
콘크리트 타설	16,863.91	m3

전체동 물량산출 보고서
ES:2003-12-10
EF:2004-01-10



재료명	수량	단위
거푸집 공사	93,446.68	m2
철골 현장 세우기	1,021.34	ton
콘크리트 타설	14,607.11	m3

그림 14 공정계획 대안 비교

표 5 공정계획 대안의 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

아울러 이상에서 생성한 4D 모델에 물량산출 모듈을 적용하여 일정별 물량을 손쉽게 산출해낼 수 있다. 그림 14 및 표 5에 나타난 바와 같이, 본 예제에서는 특정 일자로부터 한달간의 소요물량을 비교하였으며, 그 결과 제1안에 비해 제2안의 물량이 덜 소요되는 것을 알 수 있었다. 이와 같이 특정한 일정에 따라 소요물량을 산출해내는 기능은 기존의 현장에서 사용하는 물량 계획 도구와는 차별화되는 기능을 제공하는 것이다.

6. 결 론

프로젝트 수행 이전에 다양한 공정대안의 비교 검토를 위해 활용되는 4D 모델의 실제적 활용을 진작시키기 위해서는 4D 모델의 기능 향상이 요구된다. 이를

위해 기 생성된 3D 모델 정보 DB를 가공하여 동일한 3D 모델에 대해 여러 가지 공정대안을 신속하게 생성해내는 공정 자동생성 모듈을 개발함으로써 기존 4D 시스템 연구에서 문제점으로 지적되었던 정보 변경에 따른 4D 모델 재구현 문제를 상당부분 해결할 수 있다. 또한, 특정 작업기간에 따른 소요물량을 간편하게 산출해낼 수 있는 물량산출 모듈을 통해 4D 모델의 공정검토 기능을 보완함으로써 4D 모델의 활용성을 향상시킬 수 있다.

특히, 공정 자동생성 모듈에서는 수평 및 수직적 우선순위의 조정을 통해 부재간, 층간 우선순위를 결정할 수 있도록 함으로써 공정순서를 신속하게 생성해낼 수 있는 환경을 제공하는 것이 효과적이다. 이것은 3D 모델이 변경되지 않은 상태에서 다양한 공정대안의 신속

한 생성을 통한 비교 검토에 효과적으로 활용할 수 있다. 또한, 3D 모델이 변경된 경우에도 4D 모델 생성을 위한 이후의 작업과정을 손쉽게 진행시켜 나갈 수 있는 장점이 있다.

이상에서 기술한 공정 자동생성 모듈 및 물량산출 모듈을 통한 4D 모델의 활용성 향상 방안을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 기 생성된 3D 모델 정보 DB를 활용하여 공정 자동생성 모듈과 물량산출 모듈을 비교적 손쉽게 개발할 수 있다. 이처럼 3D 모델은 도면생성 용도뿐만 아니라 후속작업의 정보원천으로서 정보의 통합관리를 위한 플랫폼으로 활용할 수 있다.
- (2) 공정 자동생성을 위해서는 수평적 우선순위, 수직적 우선순위, 작업기간 및 선행충차의 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 모듈을 통해 상당부분 해결할 수 있다. 아울러 3D 모델이 변경된 경우에도 공정 자동생성 모듈은 4D 모델 생성을 위한 이후의 작업과정을 단순화시키는 효과가 있다.
- (4) 3D 모델로부터 생성되는 물량정보와 공정계획 결과로부터 생성되는 일정정보를 DB 쿼리를 통해 연계시킴으로써 비교적 간편하게 일정별 소요물량을 산출해 낼 수 있다.
- (5) 공정 자동생성 모듈은 신속한 공정계획 수립을 통한 4D 모델의 재구현 측면에서, 물량산출 모듈은 일정별 소요물량 제공 측면에서 기존 4D 모델의 기능을 향상시키는데 효과적으로 활용할 수 있다.

공정 자동생성 모듈과 물량산출 모듈을 실제 프로젝트에 실용적으로 활용하기 위해서는 이상에 덧붙여 다음의 연구가 추가로 수행되어야 한다.

- (1) 공법에 따른 공정순서의 정립에 대한 연구가 필요하다. 현재는 공법별 공정순서의 정형화가 미흡한 상태에서 개략적인 공정계획의 수립만이 가능하다는 한계를 가지고 있다. 공법별 공정순서의 정립을

통해 좀더 세밀한 공정계획의 수립이 가능하도록 개선할 필요가 있다.

- (2) 이웃 부재와의 위상관계를 고려해야 하는 경우와 같이 3D 모델에 의한 산출물량과 실제 사용물량 사이에 발생하는 오차를 보정하기 위한 연구가 필요하다. 이는 3D CAD의 활용 증가와 함께 3D 모델 결과물이 축적되면 비교적 쉽게 해결될 것으로 판단된다.
- (3) 3D 모델 정보를 플랫폼으로 하여 후속작업 정보를 통합하는 자료구조에 대한 연구가 필요하다. 일례로 현재의 3D 모델은 부재의 재료정보와 단면정보는 포함하고 있으나 구속조건, 하중조건 등 구조해석을 위해 요구되는 정보는 포함하고 있지 않다. IFC와 같은 표준객체모델을 활용하여 3D 모델 정보 DB에 후속작업을 위한 정보 DB를 추가시킴으로써 3D 모델 정보의 활용범위를 대폭 확장할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, “건축공사 수량산출기준”, 2000
2. 건설교통부, “통합건설정보분류체계 적용기준”, 2001
3. 강인석, “건설관리분야 4D시스템의 기능분석을 통한 활용성 개선방안”, 대한건축학회논문집, 제18권, 제10호, 2002, pp.85~92
4. 이재철, “4D 시뮬레이션을 위한 객체 라이브러리의 정의 및 구현”, 대한건축학회논문집, 제18권, 제3호, 2002, pp.149~156
5. 조훈희, 권오성, 서장우, 김재엽, 강경인, “4차원 CAD 기반의 지하공사 간섭관리 시스템 개발 연구”, 대한건축학회논문집, 제17권, 제9호, 2001, pp. 225~232
6. CIFE, Virtual Design and Construction, <http://cife.stanford.edu/sp02/abstractPresentation.htm>, CIFE Summer Program 2002 자료, Stanford Univ.
7. Collier, E. and Fischer, M., Four-Dimensional Modeling in Design and Construction, CIFE Technical Report #101, Stanford Univ., 1995
8. Fischer, M., 4D Practice, CIFE Summer Program 2002, Stanford Univ., 2002
9. Staub-French, S., Generating and Maintaining Activity-based Cost Estimates with Feature-based Product Models, CIFE Summer Program 2002, Stanford Univ., 2002 