

# 교량 상세 설계 및 시공을 위한 DMU 기술 적용 방안 연구

## Application of Digital Mock-Up Technology for Detail Design and Construction of Bridge

이 윤 범\* · 김 민 석\*\* · 이 광 명\*\*\* · 신 현 양\*\*\*\* · 박 경 래\*\*\*\*\*

Lee, Yoon-Bum · Kim, Min-Seok · Lee, Kwang-Myong · Shin, Hyun-Yang · Park, Kyoung-Lae

---

### ABSTRACT

In recent years, dramatic advances in information technology have motivated the construction industry to improve its productivity. Most construction companies are trying to utilize some new information technologies for enhancing the structure quality, shortening construction time, and reducing the construction cost. Digital Mock-Up (DMU) technology utilizes 3D CAD/CAM system that shows the shape of a structure on the computer screen. By modeling and assembling the structure in 3D dimensional environments, some errors in design can be found before or during construction. In this paper, DMU technology was applied to the detail design and construction of In-Cheon Bridge and its effectiveness was evaluated. All components of a PSC box girder segment were modeled and assembled by using of 3D CAD tools and then, some interferences between components and errors were found and revised appropriately before construction. Consequently, DMU technology would improve the quality of the structure and reduce time and cost for construction.

**Keywords:** 3D CAD, Digital Mock-Up, Bill of Material, PSC box girder

---

### 1. 서 론

오늘날 제조업계는 제품 개발 기간을 단축하고 제품의 품질을 향상시키기 위해 노력을 기울이고 있으며 특히 컴퓨터와 정보화 기술의 발달로 이를 이용한 개발 방법에 주력하고 있다. 컴퓨터 기반 정보화 기술로는 CAD(Computer Aided Design), CAE(Computer Aided Engineering), CAM(Computer Aided Manufacturing), ERP(Enterprise Resource Planning), PDM(Product Data Management), DMU(Digital Mock-Up) 등이 있으며 건설업계에서도 품질의 향상, 공기 단축 그리고 건설비용의 절감을 위하여 이러한 기술들의 적용에 노력을 기울이고 있다. 특히 DMU는 3D CAD/CAM 시스템을 이용하여 제품을 3차원으로 모델링하고, 실제 제작 되기 전에 이를 컴퓨터 화면에서 조립, 검토함으로써 제작상의 문제를 사전에 해결하여 품질을 향상시키며

---

\* 성균관대학교 건설환경시스템공학과 박사과정 Email: yoonbumlee@skku.edu

\*\* 성균관대학교 건설환경시스템공학과 석사과정 Email: damduk@skku.edu

\*\*\* 성균관대학교 건설환경시스템공학과 교수 Email: leekm79@skku.edu

\*\*\*\* 삼성물산 건설부문 토목사업본부 교량팀 교량기술 파트장 Email: shynis@samsung.com

\*\*\*\*\* 삼성물산 건설부문 인천대교 설계과장 Email: grinder.park@samsung.com

시간과 비용을 절감할 수 있는 기술이다. 교량의 형상은 3차원 모델링 작업을 수행하여 가시화할 수 있다 (정용호, 1997). 교량 부재에 대한 모델링을 위해서는 형상, 재질 등에 대한 모델링이 필요하다. 이를 통해서 실제와 같은 형상과 정보를 가지는 모델을 구축하게 된다. 3D CAD 모델을 통하여 다양한 형태의 3차원 도면을 생성함으로써 기존의 도면 작업을 획기적으로 줄일 수 있을 뿐 아니라, 건설 현장에서 필요로 하는 부분의 도면을 손쉽게 제공할 수 있다. 또한 3차원 모델을 이용함으로써 현장 작업자들의 이해도를 높여 2차원 도면에 의한 설계 정보의 제한성을 극복할 수 있다. 본 연구에서는 인천대교 고가교 구간의 PSC 박스 거더를 대상으로 연구를 수행하였다. 3D CAD를 이용하여 가상 원형(virtual prototype)으로 정의되는 DMU를 구현하였으며 3차원 모델로 표현된 각 부품 또는 제품을 가상공간에서 운영 또는 조립할 수 있게 하였다. 또한 이를 통하여 설계상의 문제를 사전에 파악하고 설계에 다시 반영할 수 있도록 하였다.

## 2. DMU(Digital Mock-Up)

DMU는 “컴퓨터상에서 제품을 설계하고, 이를 바탕으로 실물모형과 같은 수준의 엔지니어링 수행이 가능한 컴퓨터 모형을 제작 활용하는 것”으로 제품의 생산 이전에 제품 구성요소들의 기능, 형태 등을 평가하기 위한 수단으로 시제품을 대신하고 있다(Bauer and Rosen, 1997). DMU는 가상 원형(virtual prototype)으로도 정의하며, 제품의 운영 및 제작 전에 운영의 합리성 및 조립과정에서 확인할 수 있는 설계상의 문제를 사전에 파악하고 설계에 다시 반영할 수 있게 하는 것을 목적으로 한다. 즉 제품의 형상 및 속성 정보를 가진 3차원 모델로 표현된 각 부품 또는 제품을 가상공간에서 운영 또는 조립함으로써 기능성을 검증함과 동시에 조립시의 간섭 및 공법을 검증하는 목적에 활용된다. 현재 타 제조업에서는 DMU를 주로 개념 설계, 설계 검증을 위해 적용하고 있으며, 생산에서는 부분적으로 적용되고 있는 실정이다. 그러나 DMU는 제품 개발 및 제조 전반에서 이용될 수 있으며(Hudi and Spies, 1999), 일품생산인 건설 분야의 경우 시제품을 통한 설계 검증 및 운용성 검증이 실질적으로 불가능하므로 DMU의 활용을 통하여 설계 및 제작의 효율성을 증대시킬 수 있을 것이다.

## 3. DMU 구현 절차

### 3.1. 제품구조정보 (Bill of Material) 정의

제품구조정보는 ‘특정 제품이 어떤 부품들로 구성되는 가’에 대한 정보라고 할 수 있다. 제품구조정보는 제품을 구성하는 모든 부품에 대한 정보뿐만 아니라 다른 부품과의 연관 관계를 정의하게 된다. 이렇게 정의된 부재간의 관계는 모자관계(parent-child)에 의하여 표현할 수 있게 된다. 제품구조정보는 제품의 구성 정보를 담고 있으므로 물량 및 비용 산출 등의 다양한 용도에 활용될 수 있는 기본 정보라 할 수 있으며 부품들을 조립하기 위한 정보로써 DMU 구현을 위한 가장 중요한 정보라 할 수 있다.

### 3.2. 3차원 형상 모델링

DMU를 구현하기 위해서는 실물모형과 같은 수준의 엔지니어링이 가능하도록 3차원 형상 모델을 제작하게 된다. 이때 앞에서 구성한 제품구조정보를 바탕으로 하여 교량을 구성하는 최하위의 각 부품들을 3차원 형상 모델로 구현한다. 3차원 형상 모델은 2차원 도면보다 시각적인 효과가 뛰어나지만 아니라 가상공간 상에서 실제 부품처럼 손쉽게 다룰 수 있다 (박희석, 2005).

### 3.3. DMU 구현 및 활용

3차원 형상으로 구현된 최하위의 부재들은 제품구조정보에 의해 실제 교량으로 조립되게 된다. 제품구조 정보에 의해 구현된 DMU는 구성하는 부품들과 부품간의 관계에 대한 정보를 담고 있으므로 다양한 목적에 활용이 가능하다. 최종적으로 조립된 교량의 DMU를 이용하여 시각화 검토 작업 수행을 통하여 부품의 간섭 및 조립성 검토를 수행할 수 있으며 다양한 속성 및 수량정보의 추출이 가능하게 된다. 또한 DMU를 활용하여 다양한 공정 시뮬레이션 수행이 가능하게 된다. DMU 기술은 타 제조업 분야에서 다양한 목적과 방법으로 이용되고 있으며 효율성이 검증되었다. 시제품 생산이 불가능한 건설 분야의 특성상 DMU의 활용은 많은 이점을 줄 것으로 보이며 DMU의 활용 방안에 대한 다양한 논의가 필요할 것이다.

### 4. DMU 기술의 적용 - PSC 박스 거더 -

본 연구에서는 인천대교 고가교 구간의 PSC 박스 거더를 DMU로 구현하였다. 인천대교 고가교 구간은 FSLM(Full Span Launching Method) 방식으로 시공되며 FSLM은 1경간의 상부구조를 현장 플랜트에서 제작하여 거치하는 방식으로 도로교에는 국내에서 처음 적용되는 공법이다. 인천대교 고가교 구간의 경우 1경간이 50 m이며 구조형식은 PSC 박스이다. 50 m의 PSC 박스 거더에는 종방향 및 횡방향 프리텐던, 포스트 텐던 슈스관 뿐만 아니라 철근, 기중장치 등 많은 부품들로 구성되어 있으며 격벽구간은 형상이 복잡하여 2D 도면으로는 정확한 형상 및 배근 그리고 부품들의 배치를 예측하기 어려웠다. 현장에서 이를 인식하여 50m 중 가장 복잡한 부분(격벽구간 4 m)을 실제 제작하여 부품의 배치 및 간섭여부를 확인하였다. 본 연구에서는 PSC 박스 거더 전체를 DMU로 구현하였으며 실제 목업(Mock-Up)과 비교분석하여 DMU의 효용성을 검증하였다. 그림 1은 설계도를 분석하여 정의한 PSC 박스 거더에 대한 제품구조정보와 이를 도식화하여 나타낸 것이다.

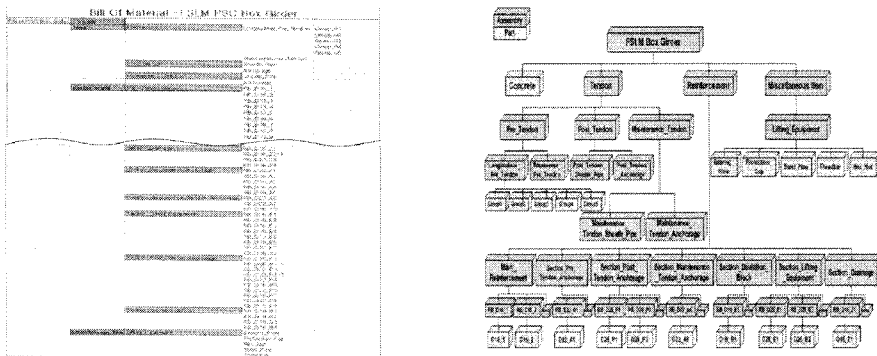


그림 1 PSC 박스 거더의 제품구성정보(Bill of Material)

DMU 구현 절차의 두 번째 단계로, 전 단계에서 정의한 PSC 박스 거더의 제품구성정보를 바탕으로 최하위의 부품을 3차원 형상 모델링을 하였다. 그림 1의 오른쪽 다이어그램에서 노란색으로 표시된 부분이 최하위의 부품을 의미하며 녹색은 중간 조립품 또는 최종의 조립품을 의미한다. 그림 2는 3차원 형상으로 구현된 부품들을 보여주고 있다.

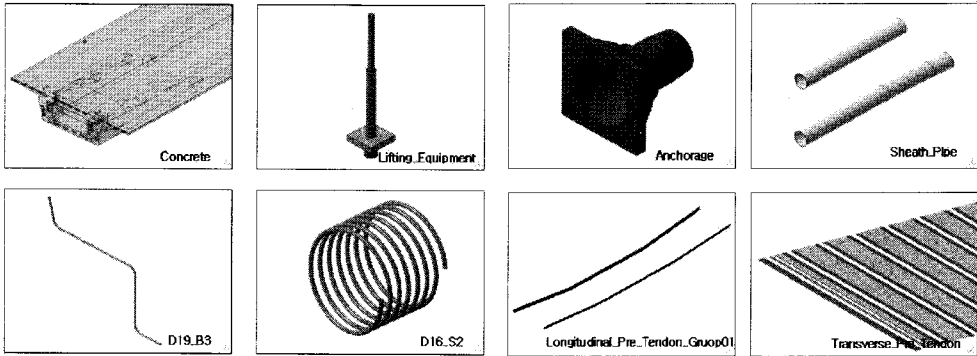


그림 2 부품의 3차원 형상 모델

두 번째 단계에서 구현된 3차원 형상의 부품들은 제품구조정보가 담고 있는 부품간의 모자관계에 의하여 최종의 PSC 박스 거더로 조립되게 된다. 그림 3은 제품구조정보에 의해 최종으로 조립된 PSC 박스 거더의 DMU를 보여주고 있다.

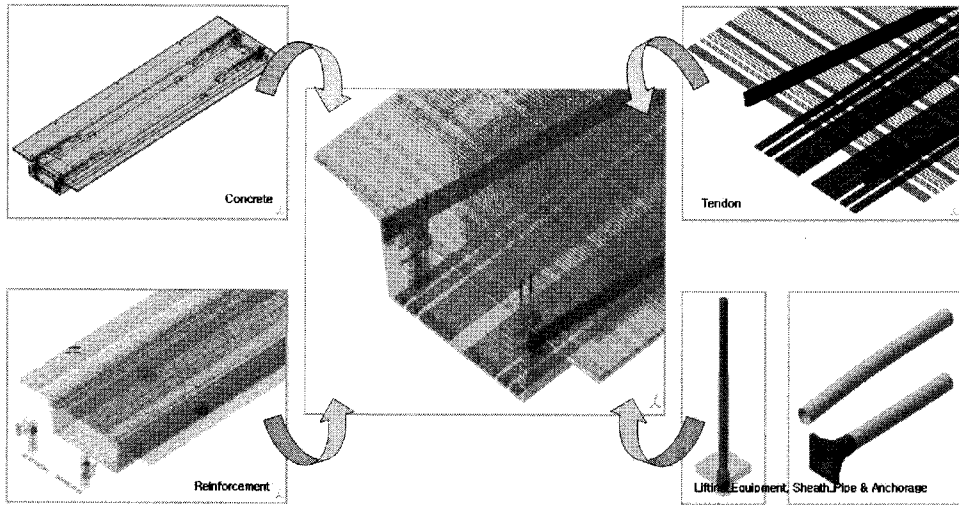


그림 3 PSC 박스 거더의 DMU 구현

구현 절차에 의해 만들어진 DMU는 전연한 바와 같이 다양한 목적에 이용이 가능하다. DMU 구현을 위한 가장 중요한 정보인 제품구조정보는 제품을 구성하는 부품들에 관한 정보뿐만 아니라 부품들 간의 모자 관계를 포함하고 있다. 제품구조정보에 의해 구현된 DMU로부터 다양한 속성 및 수량에 대한 정보를 손쉽게 추출할 수 있으며 부품의 간섭 및 조립성을 시각적으로 검토할 수 있다. 그림 4는 DMU로부터 속성 및 수량 정보를 추출하는 것을 보여주고 있으며 그림 5는 DMU로부터 발견된 부품의 간섭 및 설계 오류 부분을 보여주고 있다.

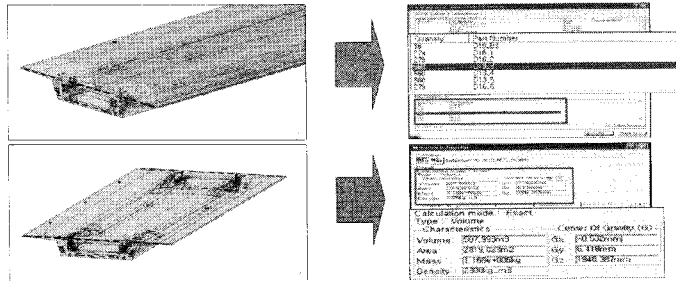


그림 4 속성 및 수량정보의 추출

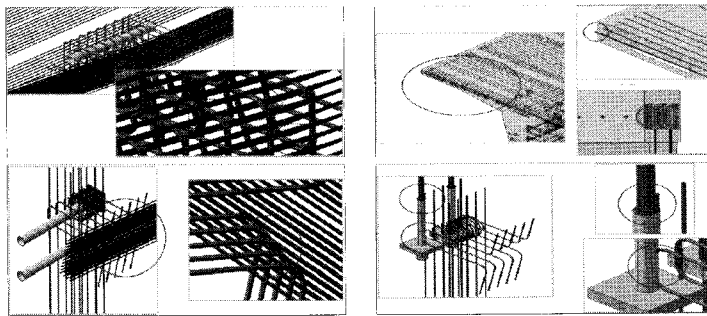
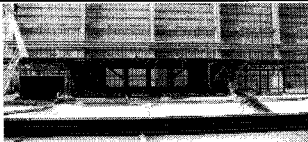
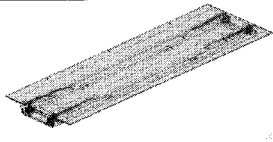


그림 5 부품간의 간섭 및 설계 오류

DMU를 활용하여 속성 및 수량정보의 정확한 추출이 가능하며 부품간의 간섭 및 설계 오류를 정확하게 발견할 수 있었다. 인천대교 현장에서는 형상 및 부품들의 배치가 복잡한 격벽구간의 실제 목업을 통하여 부품의 간섭 및 설계오류 그리고 시공성에 대한 검토를 수행하였다. 표 1은 현장에서 제작한 실제 목업과 DMU를 비교한 것이다. 실제 목업은 전체 50 m 중 형상이 가장 복잡한 격벽구간으로 4 m를 대상으로 만들어졌으며 DMU는 50 m 전체에 대하여 구현되었다. 실제 목업과 DMU를 통하여 발견된 간섭 및 설계 오류 부분은 동일한 결과를 보였으며 DMU의 경우 실제 목업 대상 구간 외의 부분에서 간섭을 정확하게 발견하였다. 비용과 시간적인 측면에서 비교하였을 때 실제 목업 제작을 위해 투입된 비용과 시간에 비하여 DMU는 50m 전체를 구현했음에도 불구하고 적은 비용과 시간이 소요되었음을 알 수 있었다.

표 1 실제 목업과 Digital Mock-Up 비교

비교 내용	실제 목업	Digital Mock-Up
적용 구간	 · 4 m 격벽구간	 · 50 m 전체
간섭 및 설계오류	· 격벽구간에 대하여 정확히 발견	· 격벽구간에 대하여 동일한 결과 · 격벽 이외의 구간에서도 정확히 발견
투입자원	· 재료, 설비, 작업자	· 컴퓨터, 프로그램, 3D Modeler 2명
비용	· 약 2000만원	· 약 300만원 (Modeler : 10만원/일)
시간	· 42일(6주)	· 14일(2주)

## 5. 결론

- (1) PSC 박스 거더의 특성을 분석하여 제품구조정보(Bill of Material)를 정의 하였으며, 이를 바탕으로 DMU를 구현하였다. 또한 실제 목업과 DMU를 비교분석하여 DMU의 효율성을 검증하였다.
- (2) 2D 도면으로 이해하기 힘든 부분들을 DMU를 통하여 손쉽게 이해하고 다양한 속성 및 수량 정보를 정확하고 손쉽게 산출할 수 있었으며, 시각적 검토에 의하여 부품들 간의 간섭 및 설계 오류를 발견할 수 있었다.
- (3) 본 연구는 시공 전 Shop drawing 단계에 적용되었으며 설계 및 시공 전반에 DMU 기술이 활용된다면 설계기간 단축, 설계 품질의 향상 및 공사기간 그리고 비용 절감 효과를 얻을 수 있을 것이다.
- (4) DMU 기술의 활용 가치가 클 것으로 판단되며 이를 활용하는 방안에 대한 연구가 앞으로 진행되어야 할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 첨단융합건설기술개발사업 (과제번호:06첨단융합C03)의 지원으로 이루어진 것으로, 본 연구를 가능케 한 건설교통부 및 한국건설교통기술평가원에 감사드립니다. 아울러 본 연구를 도와주신 삼성건설 인천대교현장 관계자분들께도 감사드립니다.

## 참고문헌

- 김정호 (2005) 자동차 조립공장의 생산 DMU와 디지털 가상공장 연계, 한국CAD/CAM학회 학술발표회 논문집, Digital Manufacturing, pp.7~12.
- 박희석 (2005) 3차원 설계의 개념과 효과, CAD&Graphics, pp.162~167.
- 이강수 (2000) 제품개발과정을 혁신하기 위한 Digital Mockup 시스템 개발 사례, 한국CAD/CAM학회 학술발표회 논문집, pp.247~252.
- 정용호 (1997) 부품수가 많은 조립체 설계를 위한 동시공학의 구현: Part(I) - BOM에 따른 조립체 중심적 모델링 방법론, 한국CAD/CAM학회 논문집, 2(2), pp.93~102..
- Bauer, M. D. and Rosen, D. W. (1997) An Approach to Integrated Product/Process Design via Virtual Prototyping, *Proceeding of 1997 ASME Design Engineering Technical Conferences*, DETC97/DAC-3394.
- Hudi, J. and Spies, R. (1999) Integration of Digital Mock-Up and Multibody Simulation in the Product Development Process, *International ADAMS User' Conference 1999*, Berlin.