

# ACIS 솔리드 모델러를 이용한 STEP기반의 강교량정보 운용체계

## STEP-based Information Management of Steel Bridge Using ACIS Solid Modeler

이 상 호\*                      정 연 석\*\*                      김 소 운\*\*  
Lee, Sang-Ho                  Jeong, Yeon-Suk                  Kim, Sowoon

### ABSTRACT

This study presents a way to generate and manage engineering information by applying steel bridge information model with 3D shape to existing application program. ACIS solid modeling kernel is used to visualize 3D geometric shape of steel bridge on the AutoCAD program. The shape information of 3D solid model can be connected to structural design information of steel bridge by an application module based on information model. The application module for manipulating steel bridge information can be easily developed by ObjectARX programming library supporting functional expansion of AutoCAD program. End-users can use the application module without any additional environmental setup on the AutoCAD. Thus this study facilitates information management of steel bridge by using ACIS solid modeler and ISO/STEP methodology.

### 1. 서 론

건설산업은 컴퓨터 하드웨어 사양의 급속한 발전과 시설물의 3차원 정보에 대한 중요성을 인식하면서 ISO/STEP과 같은 국제표준 정보모델 개발 방법에 의거한 정보모델 개발을 활발하게 추진해 왔다. 하지만 건설산업은 실무 부서에서 여전히 2차원 도면 정보를 근간으로 대부분의 정보가 맞물려 운용되고 있다는 한계를 지니고 있다. 이처럼 2차원 도면 정보가 건설정보의 근간을 이루기 때문에 분야별 엔지니어가 도면을 분석하고 이해하는 과정이 반드시 수반된다. 이러한 도면 분석과정에서 정보전달 상의 오류가 빈번하게 발생하게 된다. 철골 구조물의 경우에 엔지니어의 판단에 의한 구조설계 결과를 철골 구조물 제작업체에서 제작도면으로 작성하는 과정에서, 구조설계 도면을 토대로 제작도면을 작성하기 때문에 정보의 불일치가 발생한다. 이러한 정보 불일치는 철골구조물을 제작하는 최종과정에서 발생하기 때문에 최종 제작된 철골 제작품을 낭비하게 되는 사례가 종종 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 현재 철골조 제작업체에서는 구조설계된 결과를 다시 3차원 형상으로 모델링 하여 제작도면을 자동으로 작성하는 방식을 취하고 있다. 이처럼 3차원으로 모델링 된 결과를 2차원 제작도면으로 작성해주는 프로그램으로는 Xsteel과 BoCAD와 같은 프로그램이 있다. 또한 작성된 3차원 정보로부터 BOM (Bill Of Materials) 정보를 자동으로 생성시켜 주는 기능을 포함하고 있어서 전체 물량 산정에 관한 정보도 제공해 준다. 하지만 제작단계에서 3차원 형상정보를 근간으로 작성되는 정보는 엔지니어의 판단에 의한 설계정보나 해석정보는 존재하지 않으며 단지 3차원 기하형상과 각 형상에 대한 물리적 재료 특성에 관한 정보만을 제공한다는 제한성을 가지고 있다. 따라서 철골 구조

\* 정회원 · 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 토목환경공학전공 부교수

\*\* 정회원 · 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 토목환경공학전공 박사과정

물의 전체 라이프사이클 상의 최종 단계에서 3차원으로 작성되는 정보가 라이프사이클 상의 이전 단계에서 모델링되어야 한다.

제조 산업에서, 도면은 3D 솔리드 모델링에 기반한 CAD 시스템에 의해 대체되어왔다. 솔리드 모델링은 생성된 정보를 사용하는 제품관리 애플리케이션과 광범위한 자동화를 지원한다. 특히 이러한 자동화와 관련하여 구조물의 설계와 시공분야에서 병행되는 잠재적 이점은 구조, 온도, 진동 해석 및 품질 개선에 지식기반 설계 툴, 자동화된 상세 및 도면 생산, 자동화된 인터페이스를 포함한다. 그 영향력은 설계와 엔지니어링에 한정되지 않고 자동화된 조립 및 어셈블리에도 적용이 가능하다<sup>(1)</sup>.

본 연구는 국가 기간 시설물 중 하나인 교량 구조물을 대상으로 3D 솔리드 모델을 기반으로 설계정보를 운용할 수 있는 방안을 제시하고자 한다. 본 연구에서는 3D 솔리드 모델을 응용프로그램 상에서 다루기 위해 ACIS 솔리드 모델링 커널을 사용하였으며, 교량의 설계정보를 운용하기 위해서 ISO/STEP에 따라 개발된 강교량 정보모델<sup>(2)(3)</sup>을 이용하였다. 채택된 정보모델과 ACIS 솔리드 모델링 커널<sup>(4)</sup>을 이용하여 강교량 정보를 운용하는 사례를 가시적으로 보여주기 위한 메인 프로그램으로 AutoCAD 프로그램을 이용하였다. 참고로 AutoCAD 프로그램은 3차원 솔리드모델 정보를 가시화하기 위해서 Spatial 사의 ACIS 솔리드모델링 커널을 장착하고 있다. 본 연구에서는 개발자가 AutoCAD 프로그램을 자유롭게 확장할 수 있도록 지원하는 ObjectARX 프로그래밍 라이브러리<sup>(5)</sup>를 이용하여 강교량에서 발생하는 정보를 다룰 수 있도록 하였다. 개발된 응용모듈은 현재 사용 중인 AutoCAD 프로그램에 간단하게 추가함으로써 기존의 AutoCAD 사용자들이 부가적인 환경설정 없이 강교량정보를 다룰 수 있도록 해준다.

## 2. 강교량 기하형상정보 표현

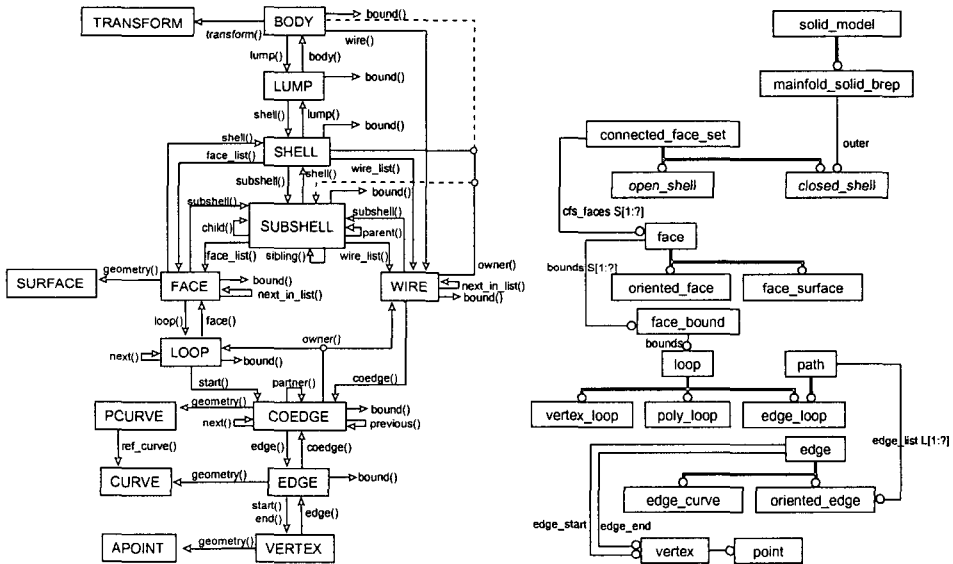
### 2.1 솔리드 모델링

제조업과 우주항공산업은 1970년대 초에 표면(surface) 모델링에 근간한 3D CAD 시스템을 사용하기 시작했다. 이러한 산업들은 단품 기하의 정확한 표현이 단품 거동의 자동 분석으로 이끌고 자동화된 제작을 지원한다는 점을 인식했다. 그러나 기계 단품의 3D 형상을 정의하는 것은 매우 복잡하고 지루하고 에러 발생율이 높았다. 그와 같은 표면모델링의 한계를 극복하기 위해서, 1970년대 중반에 Requicha와 Voelcker<sup>(6)</sup>는 솔리드 모델링의 개발을 주도했다. 솔리드 모델링은 면들의 볼륨을 둘러싸는 집합관계를 표현하고 볼륨을 둘러싸는 하나의 형상을 다른 형상으로부터 감하거나 합치기 위한 연산을 허용하는 강력한 편집 기능을 제공한다. 특히 굽어진 면들로 이루어진 솔리드 모델링은 컴퓨터 상에서 임의의 3D 형상과 다중 형상의 조합관계를 쉽게 정의할 수 있게 해준다. 솔리드 모델링은 3D CAD의 많은 본래 목적을 실현시켜 주었다. 또한 솔리드 모델링은 3차원 형상의 정확한 표현, 볼륨과 면 넓이를 포함하는 형상 치수의 자동 유도, 단면 특성의 자동 유도를 포함하는 단면의 절단, 자동 치수기입이 가능한 단품과 조립품의 자동 도면을 가능케 해준다. 초기의 솔리드 모델링 CAD 시스템들(RUCAPS, Calma, TriCAD, PDMS)은 1980년대에 AEC 시장에서 판매되었지만 성공하지 못했다. 그 시스템들은 설계자에게 익숙했던 설계 접근방법과 달랐으며 비싼 하드웨어를 구비해야 했다. 하지만 컴퓨터 하드웨어 사양의 발달로 인해 복잡한 3차원 기하학적 형상을 간단하게 처리하는 것이 가능해졌으며 또한 3차원 정보모델을 근간으로 한 연구가 활발하게 추진되었기 때문에 현 시점에서 3차원 솔리드 모델을 적용하는 것이 가능하다.

### 2.2 ACIS 형상 툴킷

본 연구에서 사용된 솔리드 모델러인 ACIS는 CAD 시스템 내에서 3차원 형상을 다루기 위해 개발된 객체

지향 형상 모델링 툴킷이다. ACIS는 복잡다양체 (non-manifold) 모델을 다룰 수 있는 모델링 커널을 지원하는데, CAD 시스템이나 3차원 형상을 다루는 소프트웨어의 개발자를 위한 것으로, 현재 많은 CAD 시스템에서 모델링 커널로 채택되고 있다. ACIS의 구성요소에서 정의된 C++ 클래스와 API (application programming interface) 함수, DI (direct interface) 함수 등을 사용하여 CAD 데이터를 조작할 수 있으며, 그림 1(a)는 솔리드모델을 표현할 수 있는 ACIS의 자료구조를 보여준다. ACIS는 커널 (Kernel)과 부가적인 허스크 (Husk)들로 구성되어 있는데, ACIS 라이브러리의 커널부는 솔리드모델의 자료구조를 직접 처리하는 부분이고, Geometry Husk, Graphic Interaction Husk, Part Management Husk, Scheme Interpreter Husk 등으로 구성된 3D Toolkit 부분은, 곡선이나 곡면, 솔리드의 생성을 위한 함수와 좌표계에 대한 함수, 사용자와의 상호작용을 지원하는 기능 등을 제공한다. 또한 Cellular Topology Husk, Faceter Husk, Faceted Hidden Line Husk, Generic Attribute Husk, Persistent ID Husk 등으로 구성된 Embedded Husk에서는, 데이터의 위상관계의 처리나 사용자 정의 속성, 타임 스템을 포함한 데이터의 생성과 저장, 데이터 복원 등에 관련된 기능을 제공한다<sup>(7)</sup>. Autodesk 사의 AutoCAD 프로그램은 3차원 솔리드 모델을 다루기 위해서 이와 같은 ACIS 형상 툴킷을 장착하고 있다. 본 연구에서는 건설산업에서 가장 큰 시장 점유율을 가진 AutoCAD 프로그램을 이용함으로써 본 연구를 통해 개발된 프로그램이 기존의 AutoCAD 사용자에게 또다른 환경설정없이 추가하여 사용할 수 있도록 하였다.



(a) ACIS 솔리드 모델의 데이터구조 (b) ISO/STEP 솔리드 모델의 데이터구조  
 그림 1 솔리드 모델의 데이터구조 비교

### 2.3 ISO/STEP의 솔리드모델

ISO/STEP의 통합자인인 Part 42 문서는 와이어프레임(wireframe), 표면(surface) 및 솔리드(solid) 모델 형태로 기하학적 형상정보를 표현하는 정보모델이다. 본 연구에서는 Part 42에 포함된 형상표현을 위한 정보 모델을 이용하여 강교량에서 발생하는 기하학적 형상정보를 표현한다. 특히 ISO/STEP의 Part 42 문서에서 제공하는 솔리드모델의 형태는 CSG(Constructive Solid Geometry)방식과 경계표현방식으로 표현하고 있는

데, 본 연구에서는 3차원 솔리드모델 정보 표현을 위해 널리 사용되고 있는 경계표현방식을 따라 표현하였다. 그림 1(b)에 표현된 바와 같이 경계표현 방식은 변들의 조합으로 면을 구성한 뒤에 면들의 방향설정으로 3차원 형상을 만들어 내는 것으로써, 모든 면을 모서리의 경계로 반시계 방향으로 정의해 줌으로써 법선벡터를 구하고 이 법선벡터를 중심으로 일정한 방향을 규정지어 면의 내부와 외부의 정의를 하는 방식이다.

그림 1에 나타난 바와 같이, ACIS에 의한 솔리드모델 표현과 ISO/STEP에 의한 솔리드모델 표현 방식이 거의 유사함을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 채택한 ISO/STEP 기반한 강교량 정보모델의 형상정보를 AutoCAD 상에 장착된 ACIS 솔리드 모델링 커널을 이용해서 쉽게 가시화할 수 있다.

### 3. 강교량 정보모델

본 연구에서 채택한 정보모델은 강교량 구조물의 형상정보를 근간으로 각 형상과 설계정보를 연계한 것으로써, 기하학적 형상정보를 효과적으로 표현하기 위해서 솔리드모델을 표현하는 방법 중에서 경계표현방식을 채택하였다. 그림 2는 강교량 정보모델의 일부로써, 구조설계의 부재를 나타내는 bridge\_member 엔티티의 상속을 받은 part 엔티티가 components 속성에서 기하학적 형상을 표현하는 shape 엔티티를 여러개 포함하도록 하였다. Shape 엔티티는 ISO/STEP의 Part 42에 표현된 shape\_representation 엔티티를 참조한다. 여기서 shape\_representation 엔티티는 경계표현 방식에 의한 3차원 솔리드 모델 정보를 포함한다. 따라서 3차원 솔리드 모델로 작성된 기하형상은 강교량의 설계정보와 연계되어 실질적으로 강교량 정보로 운용될 수 있다. 즉, 3차원 솔리드 모델을 실제로 생성할 때는 AutoCAD를 이용하기 때문에 ACIS 솔리드 모델링 커널에 의해 솔리드 모델로 강교량의 3차원 형상을 작성하고 데이터베이스나 파일에 저장할 때는 ISO/STEP의 솔리드 모델 정보로 저장이 된다. 따라서 AutoCAD에서 임의의 작성한 3차원 형상을 강교량의 설계정보와 연계하는 것이 가능하여 정보운용이 용이해진다.

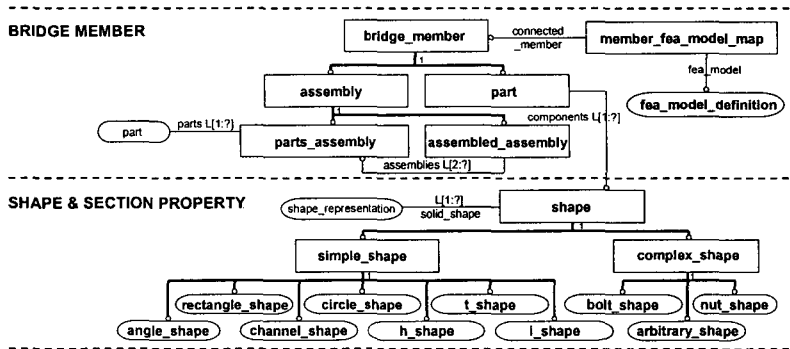


그림 2 강교량 정보모델의 개략적 다이어그램

### 4. 강교량 정보운용 체계

본 연구는 개발된 강교량 정보모델을 3차원 형상정보와 연계하여 실무에서 실제로 강교량 정보를 생성하고 관리 운용할 수 있도록 하기 위한 정보 생성 모델러를 개발하는 것이다. 대개의 경우 개발된 정보모델을 이용하여 실무에서 사용가능한 애플리케이션 프로그램으로 개발하기 위해서는 여러 가지 어려운 문제를 극

복해야 한다. 극복해야 할 가장 기본적인 사항은 컴퓨터 그래픽 처리문제이다. 본 연구의 대상 구조물인 강교량 구조물의 3차원 형상정보를 실무에서 사용하는데 문제가 되지 않는 수준으로 응용프로그램을 개발하는 일은 상당히 어려울 뿐만 아니라 많은 비용이 든다. 또한 개발된 응용 프로그램을 엔지니어들이 친숙하게 사용할 수 있도록 하는 것은 또 다른 문제이다. 따라서 많은 연구자들이 다양한 건설분야 구조물에 대한 표준 정보모델을 개발하거나 또는 개별 영역별 데이터구조를 정의하더라도 결국 실무에서 사용할 수 있는 수준의 응용프로그램을 개발하지 못하기 때문에 사장되고 만다. 따라서 본 연구에서는 기존에 사용되고 있는 상용 프로그램에 강교량 구조물에서 발생하는 데이터를 다룰 수 있는 응용모듈을 개발하여 추가함으로써 일반 사용자가 간단하게 환경설정의 변경없이 사용할 수 있도록 하였다.

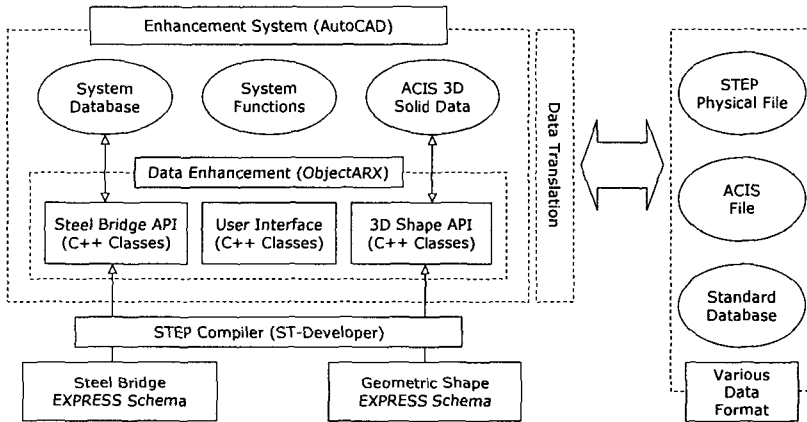


그림 3 강교량 정보 운용 체계

본 연구에서는 AutoCAD 프로그램을 기존의 상용 프로그램으로 채택하였다. AutoCAD는 국내 건설산업에서 90 퍼센트 이상의 시장 점유율을 나타내는 CAD 프로그램이며 또한 개발자가 AutoCAD를 자유롭게 확장할 수 있도록 ObjectARX와 같은 컴퓨터 프로그래밍 라이브러리를 제공한다. 또한 AutoCAD는 3차원 솔리드 모델 정보를 가시화하기 위해서 ACIS 그래픽 커널을 이용하고 있다. ACIS 솔리드모델링 커널의 데이터 구조는 전술한 바와 같이 본 연구에서 채택한 ISO/STEP의 솔리드 모델 표현을 위한 데이터구조와 거의 유사하기 때문에 강교량의 3차원 형상정보를 AutoCAD 상에서 가시화하는 것이 용이하였다.

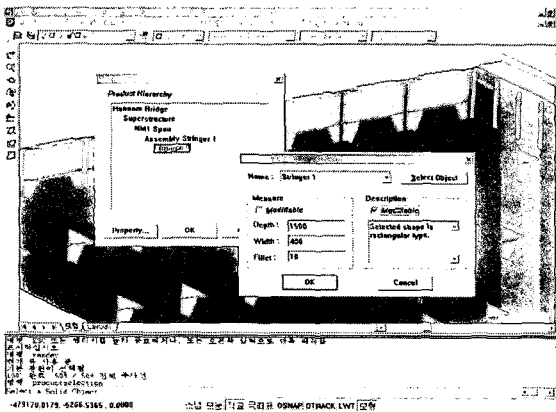


그림 4 응용모듈 개발 사례

그림 3에 표현된 바와 같이, 강교량 정보를 생성하고 관리 운용하기 위해서는 우선, ISO/STEP의 정보모델링 언어인 EXPRESS로 표현된 강교량 정보모델과 기하형상 정보모델을 STEP 컴파일러를 이용하여 C++ 클래스로 생성한다. 생성된 C++ 클래스는 ObjectARX 프로그래밍 라이브러리에서 접근이 가능하기 때문에 그래픽 사용자 인터페이스를 개발하는 과정에서 STEP 기반한 C++ 클래스 정보를 다룰 수 있다. 또한 ACIS 솔리드 모델링 커널을 이용하여 그림 4에 나타난 바와 같이, AutoCAD 상에서

강교량의 기하학적 형상정보를 간단하게 가시화할 수 있었다. AutoCAD 상에서 가시화된 ACIS 솔리드 데이터는 강교량의 설계정보와 연계되어 관리될 수 있으며, 가시화된 다양한 정보를 변환하여 STEP 물리적 파일이나 ACIS 솔리드 데이터 파일 및 DBMS로 저장하는 것이 가능하였다.

## 5. 결론

본 연구는 건설산업의 각 분야에서 개발되는 3차원 형상정보에 기반한 정보모델을 실제 업무에서 사용 중인 응용프로그램에 적용하여 엔지니어링 정보를 생성하고 운용할 수 있도록 하는 방안을 제시하였다. 본 연구에서는 정보모델에 기초한 응용프로그램 개발에서 컴퓨터 그래픽 처리를 위해서 ACIS 솔리드 모델링 커널을 사용하여 강교량 구조물의 3차원 기하학적 형상을 자유롭게 생성하도록 하였다. 또한 ISO/STEP에 기반하여 개발된 정보모델을 상용 캐드 프로그램인 AutoCAD에 포함시키고 운용가능한 정보의 범위를 확장함으로써 기하형상과 강교량의 설계정보를 연계할 수 있었다. 이렇게 개발된 응용모듈은 기존의 AutoCAD 사용자가 부가적인 환경설정없이 개발된 응용모듈을 추가시켜 사용하는 것이 가능하다. 따라서 본 연구에서 적용한 정보운용 방법으로 다른 분야에서 개발된 정보모델을 토대로 정보를 운용하는 것이 가능할 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 건설교통부에서 실시한 2003년 건설핵심기술연구개발사업(교량설계핵심기술연구단)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

### 참고 문헌

1. R. Sacks, C.M. Eastman and G. Lee, "Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete", *Automation in Construction*, Vol.13, No.3, 2004, pp.291-312
2. 이상호, 정연석, "강교량 설계정보 표현을 위한 데이터모델 개발", 한국전산구조공학회 논문집, Vol.17, No.2, 2004, pp.105-117
3. 이상호, 정연석, "강교량 데이터베이스 구축을 위한 웹기반의 응용모듈 개발", 대한토목학회 논문집, Vol.24, No.4, 2004, pp.721-730
4. J. Corney and T. Lim, "3D Modeling with ACIS", Saxe-Coburg Publications, 2001
5. C. McAuley, "Programming AutoCAD 2000 using ObjectARX", Autodesk Press, 2000
6. A.A.G. Requicha and H.B. Voelcker, "Solid modelling: current status and research directions", *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.3, 1983, pp.25-37
7. 신용재, 한순홍, "STEP 방법론을 이용한 선박설계 모델의 공유", 대한조선학회 논문집, Vol.35, No.3, 1998, pp.98-108