

PSC 박스 거더의 Recycle-Design을 고려한 3차원 객체 모델 구현

Implementation of 3D Object Model considering Recycle-Design of PSC Box Girder

조 성 훈† 박 재 근* 이 현 민** 신 현 목***
Cho, Sung-Hoon Park, Jae-Guen Lee, Heon-Min Shin, Hyun-Mock

요 지

현행 토목 설계분야에서는 BIM(Building Information Modeling)기반의 3차원 객체모델의 활용이 미미한 수준이다. 본 논문에서는 철도교량의 상부구조인 PSC 박스거더에 대하여 BIM기반의 3차원 객체 모델을 구성하였으며, 모델의 기초구성은 파트(Part)모델로 되어있다. 파트(Part)모델은 여러 가지 단위 모델 중 최소 단위이며, 이것은 설계대상 구조물의 특성을 반영하여 계층구조를 가진다. 3차원 객체 모델은 설계자의 설계변경의도를 신속하게 반영할 수 있어야 한다. 실제 설계과정에서는 반복적인 설계변경이 발생할 수 있기 때문이다. 이를 위하여 설계변수를 파라미터로 구분을 하였으며 그 파라미터들은 3차원 객체모델의 정보와 연계되어 있기 때문에 설계 변경에 신속하게 대응할 수 있다. 이 연구에서 우리는 3차원 객체 모델을 토목설계분야에 활용하여 얻을 수 있는 이점을 고찰하였다. 또한 PSC 박스거더의 3차원 객체 모델의 효율적인 적용방안을 제시하였다.

핵심용어 : PSC 박스 거더, BIM, 파라미터, 교량설계, 계층구조, 모델의 재활용

Abstract

In the fields of design within civil engineering, BIM based Utilization of 3D object model is still far from commercialization. In this paper, BIM based 3D object model is composed for PSC box girder, super structure of railway bridge. The basic unit of the model is part model. The part model is the minimum unit model. And it has hierarchy to reflect the characteristics of structures. Change orders of structural designer must be reflected quickly in the 3D object model. Repetitive change orders are occurred in actual construction process. To prepare that, we classified design variables to parameters. Change orders of structural designer can be reflected quickly in the 3D object model because those parameters are related with information of 3D object model. In this paper, we studied various benefits of BIM based design method with 3D object model in the fields of design within civil engineering, and proposed the efficient application method of 3D object model for PSC box girder.

Keywords : PSC box girder, BIM, parameter, bridge design, hierarchy of model, Recycle-Design

1. 서 론

정보화 시대의 도래로 새로운 IT 기술의 등장은 건설산업에서도 업무의 변화와 사용하는 CAD 도구의 변화로 시대의 트렌드를 이끌고 있다(Keng 등, 2001; Easeman, 2004). 이러한 측면에서 보았을 때, 오늘날 건설 패러다임의 변화는

2D기반의 분절된 업무에서 3차원기반의 유기적 체계를 강조하는 프로세스의 변화로 보고 있는 것이 일반적이다. 이에 발맞추어 현재 국내에서도 세계 건설시장의 개방과 변화의 방향을 인지하고 국내 건설의 대응 방향을 다각도에서 논하고 있다. 먼저 최철호 등(2007)은 가상 건설 시스템의 비전과 구축 방향을 제시하여 3차원 공간 및 설계 정보를 기반으

† 책임저자, 정회원 · 성균관대학교 건설환경시스템공학과 석사과정
Tel: 031-290-7533 ; Fax: 031-290-7533

E-mail: consemfid@naver.com

* (주)진우엔지니어링 구조부 공학박사

** 성균관대학교 건설환경시스템공학과 박사과정

*** 교신저자, 정회원 · 성균관대학교 건설환경시스템공학과 교수

• 이 논문에 대한 토론을 2010년 8월 31일까지 본 학회에 보내주시면 2010년 10월호에 그 결과를 게재하겠습니다.

로 건설 프로젝트 생애주기에 걸쳐 참여주체들이 효과적으로 정보를 생성하고 공유하며 관리할 수 있는 시스템을 구축하여 경쟁력을 확보하려는 정부차원의 노력이 현재 진행되고 있으며, 심창수 등(2007)은 구조물의 3차원 설계 패러다임을 맞이하는 시대에 적합한 지침에 대해서 고찰하였다. 건설업에 종사하는 실무에서도 통합정보모델을 도입하고 적용할 수 있는 방안, BIM(Building Information Modeling) 환경에 적합한 설계프로세스의 조건, 3차원 기반의 설계방법을 도입하여 성공한 사례에 대한 연구발표 등으로 3차원으로서의 업무 변화가 실무에서도 시작되고 있음을 알리고 있다(조찬원, 2008; 이명식, 2008).

따라서 이 연구는 효율적인 토목구조물 설계 시스템 개발을 위해 대상 구조물의 설계 특이성과 데이터 활용 측면을 고려하여 3차원 가상 객체 모델을 구현하려는 연구의 연장선상에 있다. 이 연구에 앞서 철근 콘크리트 교각에 대한 3차원 객체 모델의 파라메트릭 설계가 이루어 졌다(이현민 등, 2008; Park, 등, 2008). 이 모델을 기초로 하여 교각의 설계와 성능을 평가하기 위해 구조해석 프로그램과 연계할 수 있는 인터페이스 프로그램을 개발하였다(박재근 등, 2008). 다음으로 구조형식과 거동특성이 교각과 구분이 되는 교량 상부구조물에 대한 객체 모델에 대한 연구가 이루어 졌다(조성훈 등, 2009).

본 논문에서는 대상 교량인 PSC 박스 거더교의 설계변수를 파라미터로 구성하는 방안을 보였다. 그래서 설계 과정에서 설계자의 반복적인 설계변경에 맞추어 신속한 모델의 변경을 이끌어 낼 수 있는 3차원 객체 모델의 구성 방안을 보였다. 이 연구를 수행하기 위해 각 객체마다 속성정보를 부여할 수 있고 속성정보의 변경이 모델의 변경으로 구현되는 3차원 모델러로써 CATIA를 사용하였다.

2. BIM기반의 3차원 가상 객체 모델 구성

2.1 객체 모델 최소단위인 파트(Part)

설계 대상 구조물에 대해 3차원 객체 모델을 구현하기 위해서는 최소단위 모델의 범위를 사용자가 결정하여야 한다. 본 연구의 대상구조물인 PSC 박스 단순 철도교의 경우는 크게 콘크리트, 철근, 강연선, 부대시설 등으로 요소로 구성되어 있다. 이러한 구성요소들의 최소 단위 모델에 대한 결정은 전적으로 개인의사에 의존적이라 할 수 있지만, 여기서는 몇 가지 기준을 가지고 구성을 하였다.

먼저, PSC 박스 교량에서 콘크리트 부분의 경우, 지점과 받침점이 놓이는 부분과 경간 사이의 단면이 일정한 부분, 그리고 두 단면의 차이를 연결해 주는 변단면 부분으로 크게

표 1 콘크리트 부분의 각 파트 모델(단위, mm)

구분	파트 이름	블럭길이	기타
Part_01	Segment_01	2,000	주형부분 [총 길이 : 40m]
Part_02	Segment_02	400	
Part_03	Segment_03	4,000	
Part_04	Segment_04	27,200	
Part_05	Segment_05	4,000	
Part_06	Segment_06	400	
Part_07	Segment_07	2,000	
Part_08	Block_01	1,400	내부 텐던 블럭
Part_09	Block_02	1,400	

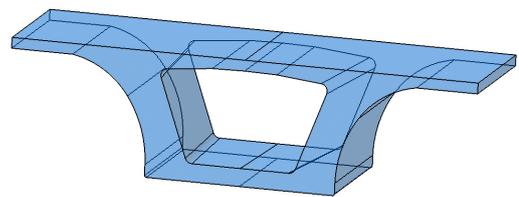


그림 1 콘크리트 부분의 파트(Part) 모델(변단면 부분)

나눌 수가 있으며, 단면 내에 존재하는 텐던 블록과 함께 전체적인 교량 형상을 구성하고 있기 때문에 콘크리트의 경우 파트 모델을 나누는 기준을 단면변화 지점과, 콘크리트 블록의 역할, 설계변수 등을 고려하여 구성을 하였다. 이렇게 구분을 하였을 때, 콘크리트 부분은 표 1과 같이 전체적으로 9개의 파트로 구성이 되었다.

Part_01은 정착장치, 받침과 연계된 부분으로 Part_07과 교량구조물 종방향의 중앙지점에 대해서 대칭을 이룬다. Part_02는 급격한 단면변화(축소) 구간이면서 변단면 구간에서 제일 큰 단면모양이 지속되는 구간이며 Part_06과 대칭을 이룬다. Part_03은 변단면 구간으로 지간사이의 단면과 Part_02(Part_06) 단면 사이를 연결해 주는 구간으로 Part_05와 대칭을 이룬다. Part_04는 중앙 지간부분이다. Part_08은 내부 텐던 블록으로 교량 종방향에 대칭인 두 개의 블록이 하나의 파트로 구성이 되어서 4개의 블록이 2개의 파트로 되어 있다.

다음으로 강연선, 쉬스관, 정착장치 부분으로 크게 콘크리트에 긴장력 주입을 담당하고 있는 부분을 파트로 구성하였다. 모델을 구성할 때, 콘크리트 부분과 구분이 되는 점은 좌우의 대칭성을 활용하여 파트의 최소단위로 구분하였다는 점이다. 예를 들어 쉬스관의 경우 하부 슬래브에 두 개의 쉬스관과 복부 좌우에 각각 8개의 쉬스관이 배치되게 되어서 총 18개의 파트로 구성을 할 수 있을 것이다. 하지만 모델형상의 특징적인 조건인 좌·우 대칭성을 이용하여 9개의 파트로 구성을 하였다.

그림 2는 모델 최소단위의 파트 구分的 기준을 보여주고

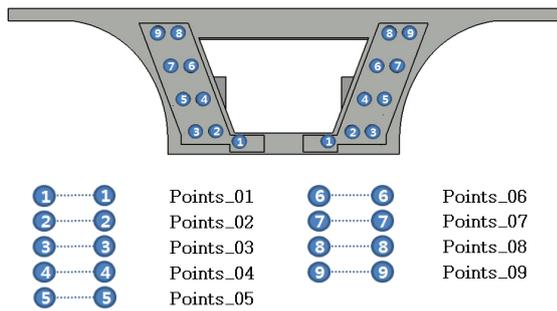


그림 2 긴장력 도입 객체 모델 구분 기준

표 2 긴장력 도입 개체의 각 파트 모델

구분	쉬스관	강연선	정착장치
Points_01	Sheath_01	Tendon_01	Anchorage_01
Points_02	Sheath_02	Tendon_02	Anchorage_02
Points_03	Sheath_03	Tendon_03	Anchorage_03
Points_04	Sheath_04	Tendon_04	Anchorage_04
Points_05	Sheath_05	Tendon_05	Anchorage_05
Points_06	Sheath_06	Tendon_06	Anchorage_06
Points_07	Sheath_07	Tendon_07	Anchorage_07
Points_08	Sheath_08	Tendon_08	Anchorage_08
Points_09	Sheath_09	Tendon_09	Anchorage_09

표 3 쉬스관, 강연선, 정착장치 파트 모델

구분	파트 모델	
	세부확대	전체형상
Sheath_01~09		
Tendon_01~09		
Anchorage_01~09		

있으며, 그림에서와 같이 대칭성을 고려하여 각각 9개의 파트로 쉬스관, 강연선, 정착장치를 구분하여 구성하였다.

위의 기준에 근거하여 표 2에 나타나 있는 이름으로 각 파트 모델을 구성하였다.

표 3에 있는 그림은 3차원 객체로 구현된 각 파트 모델이다. 여기서 Sheath_01~09와 Tendon_01~09는 동일한 기준선을 공유하여 생성된 모델이며, 정착장치는 Anchorage_01~09까지의 형상이 같기 때문에 하나의 모델이면 전체 구조계를 구성하는데 무리가 없다.

그 외에 상부구조물과 관련된 부대시설물인 철도 레일, 방호벽, 받침, 교대 및 교각 등에 대한 모델을 구성하였다(그림 3). 이러한 시설물은 본 연구에서 구조해석을 수행하기 위한

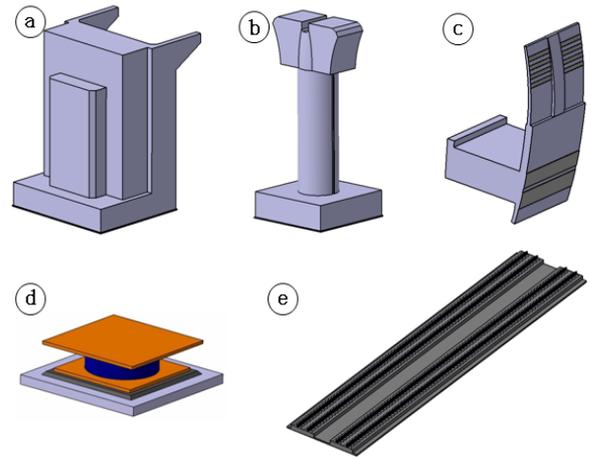


그림 3 PSC 교량을 이루는 부재들
(a) 교대, (b) 교각, (c) 방음벽, (d) 받침, (e) 레일

유한요소 생성시 경계조건, 하중재하 조건을 만족하기 위해 필요한 형상 및 위치정보만을 얻는 것으로 충분함으로 상기의 조건을 만족하는 정도의 모델 생성기준을 적용하였다.

2.2 어셈블리 모델

전체 모델 생성을 위한 최하위 계층의 파트 모델을 제품계 층구조(Product Breakdown Structure, PBS)를 가지는 모델로 구성을 하였다. 이렇게 모델을 구성하는 이유는 설계 변경, 재사용성 및 의사소통 도구로서 활용하기 위한 이유뿐만 아니라 구조물의 전생애주기 동안 모델을 활용하는 것을 궁극적인 목적으로 할 때, 기획, 설계, 시공, 유지관리 등의 참여주체가 모델을 통하여 의사소통 및 효율적인 데이터 교환을 위해 요구되는 조건이기 때문이다.

콘크리트와 관련되어 생성된 표 1의 파트 모델간의 구성으로 그림 4의 [Set_Concrete]의 중간계층 모델을 생성하였다. 또한 표 2의 파트 모델간의 조합으로 [Set_Tendon_01~09]와 [Set_Tendons]의 중간계층 모델로 긴장력을 담당하는 요소들로 구성을 하였다. 그리고 기타 부대시설의 조합으로 [Set_SubsidiaryFacilities]를 구성하였다. 최상위 계층 모델은 [Set_Bridge]로 하위 개념의 [Set_Concrete], [Set_Tendons] 그리고 [Set_SubsidiaryFacilities]로 구성이 된다.

2.3 모델 라이브러리의 활용

실제적인 교량의 형태를 보았을 때, 유사한 형상의 구조를 가지고 있지만 구체적인 치수와 재질 등이 구조물이 시공되는 지형 조건에 의하여 다소 차이가 있는 것이 일반적이다. 3차원 객체 모델을 생성할 때, 새로운 프로젝트 마다 새로운

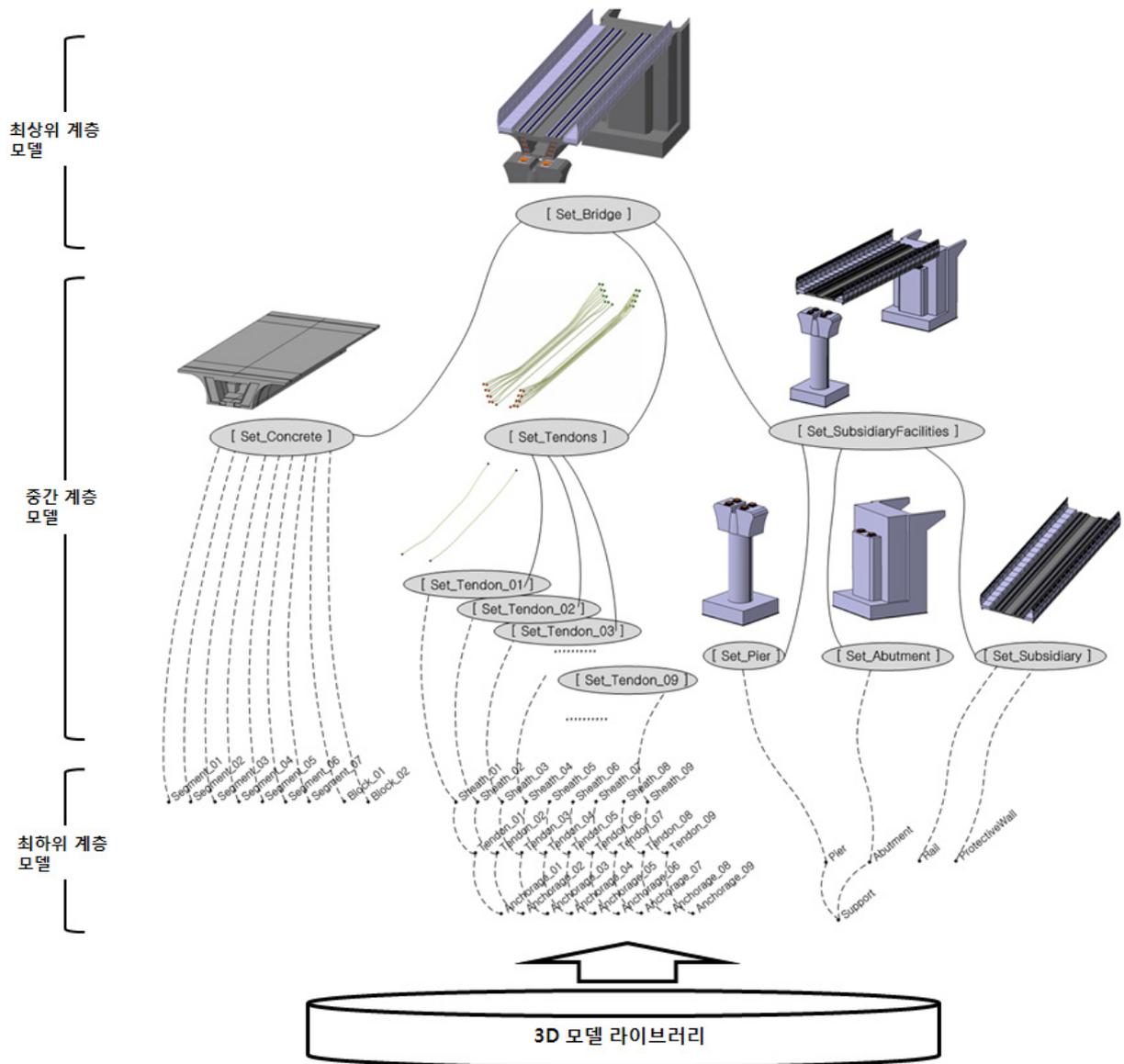


그림 4 전체 3차원 객체 모델 계층 관계도

모델을 생성한다는 점은 비효율적인 측면이 있으며 기존의 모델을 활용하는 방안을 마련해야 한다. 최근에 사용되고 있는 3차원 CAD 프로그램의 대부분은 치수를 파라미터로 구분하여 파트 모델을 라이브러리로 구축할 수 있는 환경을 제공하고 있다. 이 기능을 사용하여 그림 4에서 볼 수 있는 것과 같이 3차원 객체 모델 라이브러리를 활용한 구조물 객체 모델을 생성하는 것이 앞서 언급된 비효율적인 측면을 없애고 모델의 생산성을 향상시킬 수 있는 방안이 된다.

여 관련 매개변수들을 결정하는 것이다. 따라서 설계 시 발생하는 모든 변수를 설계변수로 설정할 수 있으나 실제 교량 설계사례를 반영하여 이 연구에서는 세 가지 설계변수인 단면 높이, 강연선 프로파일, 강연선 단면적에 대해 국한하였다. 교량 설계과정에서 일어나는 반복적인 설계변경에 대처하여 모델이 신속하게 대응할 수 있도록 구성하는 방법에 대하여 설명하였으며, 이러한 개념을 이 연구에서는 Recycle-Design으로 지칭하였다.

3. Recycle-Design을 위한 파라미터 선정

교량 설계의 주된 작업은 구조물의 형상을 결정하는 치수와 이를 구성하는 재료를 대상 구조물의 설계기준에 근거하

3.1 FEA Modeling을 위한 3차원 객체 모델 단면의 파라미터 선정

단면의 높이를 설계 매개변수로 설정하기 위해서는 그 밖

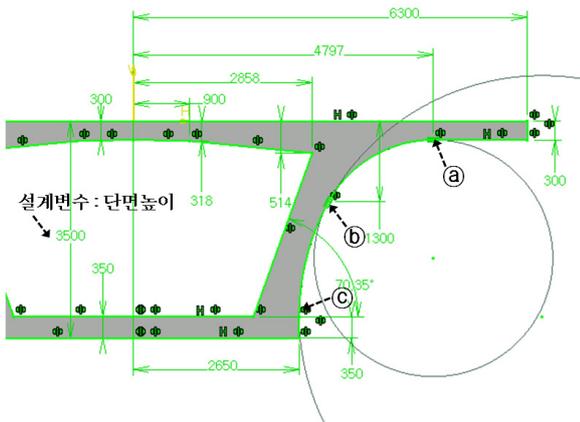


그림 5 단면의 형상 및 치수 구속 조건의 상태

의 요소들(웹과 슬래브의 두께, 폭, 너비, 각도 등)은 형상 및 치수 구속조건에 의해서 구속이 되어야 한다. 그림 5는 형상 및 치수구속이 어떻게 이루어지고 있는지를 잘 보여주고 있다. 여기에서의 유일한 설계변수가 그림 좌측에 표시되었다.

대상 교량의 단면의 특징은 최외측 표면이 곡면을 이루고 있다는 점이다. 그래서 (a), (b), (c)와 같이 직선과 곡선, 곡선과 곡선이 만나는 점에 어떤 구속조건(접선 및 치수)을 부여하는가에 따라 설계변수(단면높이)에 따른 단면의 형상이 약간의 차이를 보이게 된다. 설계자는 미관, 경제성, 안전성을 고려하여 설계시 해당되는 점에 어떤 조건을 부여할 것인지를 고려하여야 한다.

3.2 강연선 객체 모델의 프로파일 파라미터 선정

교량의 설계에서 강연선 프로파일은 긴장력을 결정하는 중요한 정보 중 하나이면서 모델의 형상과 연관된 요소이므로 이를 매개변수로 설계할 필요가 있다. 이러한 요소를 매개변수로 설정을 할 때 X, Y, Z 공간상의 모든 방향의 값을 변수로 취급할 수 있으나, 이 연구에서는 지간의 길이, 복부의 경사는 변동이 없다는 점을 고려하여 오직 교량의 높이 방향으로만 강연선 프로파일 변수 값을 변경할 수 있는 모델을 생성하였다.

그림 6에서와 같이 본 교량을 구성하는 강연선 프로파일의 형태는 두 가지 종류이다. 그림 2에서 구분되어진 것처럼 복부에 배치된 Points_02~09과 하부 슬래브에 배치된 Points_01이다. 전자의 경우 3개의 변수 값이, 후자의 경우에는 2개의 변수 값이 높이 방향으로의 프로파일 형상을 결정하게 된다.

이러한 매개변수를 통하여 3차원 객체 모델로 형상화한 것이 그림 7에 나타나 있다. 그림에서 보는 바와 같이 각각의 객체 모델은 중앙의 3차원 모델의 골격이 되는 프로파일

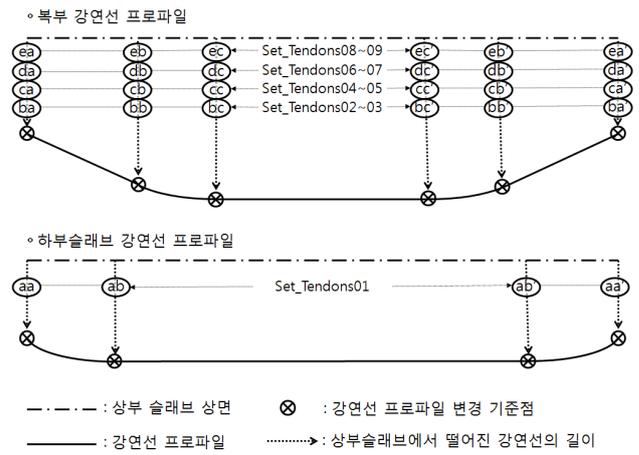


그림 6 강연선 프로파일 매개변수

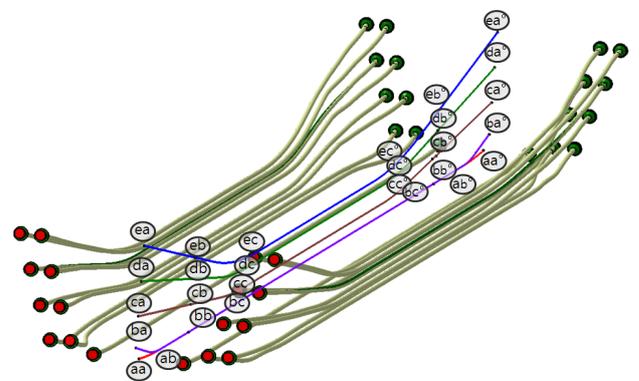


그림 7 프로파일 매개변수와 3차원 모델

에 연결된 매개변수 값들에 의하여 높이 방향으로의 형상을 변경할 수 있도록 설계하였다.

3.3 강연선 객체 모델의 단면적 파라미터

구조해석에서 강연선의 긴장력을 결정하는 또 다른 조건은 강연선의 단면적이라 할 수 있다.

표 4 강연선 단면적 매개변수

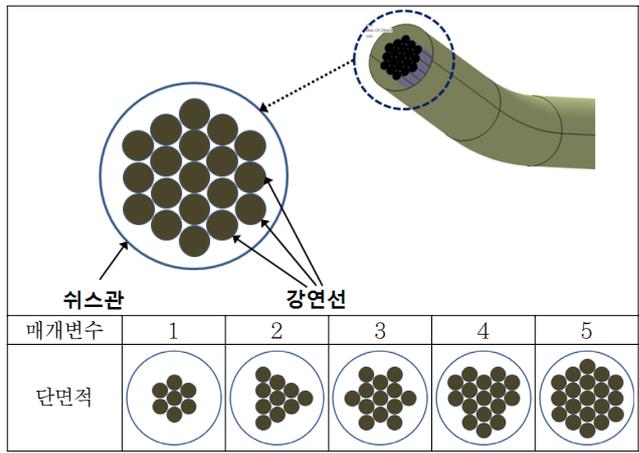


표 5에서 보는 바와 같이 강연선은 쉬스판 안에 강연선 다발의 형태로 구성되어 있다. 총 19개의 강연선 다발은 각각이 객체로 구성을 하여서, 설계자의 의도에 따라서 7개부터 19개의 강연선 다발의 단면적의 변화를 주도록 객체 모델을 설계하였다.

4. 구조해석을 위해 객체 모델에서 추출된 형상 정보

대상구조물에 대한 구조해석은 3차원 쉘 구조해석을 실시하는 것으로 가정할 때, 인터페이스 프로그램이 구조해석 프로그램의 입력 값을 생성하기 위해서는 구조물의 형상을 결정하고 있는 치수들의 값이 요구된다. 본 모델 생성을 위해 사용된 3차원 CAD는 기본적으로 구조물의 형상을 이루고 있는 모든 치수를 파라미터를 출력할 수 있다. 그러므로 사하중, 열차하중, 받침 점, 긴장력 도입부 및 단면의 변화가 일어나는 부분에 대한 정보의 취득은 용이하다.

5. 결 론

이 연구에서는 교량의 상부구조로 사용되는 대표적인 부재인 PSC 박스 거더를 대상으로 3차원 객체 모델을 구현하는데 있어 Recycle-Design을 고려한 방법을 중점적으로 다루었다. 3차원 객체 모델에 파라메트릭 모델링 기법을 적용함으로써 설계변경 요구에 대해 신속한 대처가 가능한 방안을 보였다. 또한 3차원 객체 모델에서 구조해석을 위해 필요한 정보의 취득과 가공을 통한 Recycle_Design을 고려하여 설계 시간을 단축할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 건설기술혁신사업 (과제 번호: 06첨단융합 E01)의 지원으로 이루어진 것으로, 본 연구를 가능케 한 건설교통부 및 한국건설교통기술평가원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

박재근, 김민희, 이광명, 최정호, 신현목 (2008a) 3D 객체

모델과 구조해석 프로그램의 인터페이스 설계, 한국전산구조공학회 논문집, 21(2), pp.247~252.

박재근, 이현민, 조성훈, 이광명, 신현목 (2008b) Virtual Modeling Data와 비선형 해석 프로그램의 Interface 설계, 한국전산구조공학회 정기학술대회.

심창수, 김용한, 전승민, 박태영 (2007) 구조물의 3차원 설계 패러다임을 위한 지침에 대한 고찰, 한국전산구조공학회 정기학술대회, pp.301~306.

이명식(2008) BIM기반 통합설계프로세스의 적용에 관한 제언, CAD & Graphics 7월, pp.126~131.

이현민, 박재근, 김민희, 최정호, 신현목 (2008) Virtual Modeling 기반의 철근 콘크리트 교각 설계에 관한 연구, 한국전산구조공학회 정기학술대회.

조성훈, 박재근, 이현민, 이광명, 신현목 (2009) 구조해석을 위한 PSC 박스의 객체 정보 모델에 관한 연구, 한국전산구조공학회 학술발표대회, pp.348~351.

조찬원 (2008) 패러다임 전환시대의 실무대응, CAD & Graphics 7월, CAD & Graphics, pp.119~121.

최철호 (2007) 첨단융합건설기술개발사업, 06첨단융합C03, 건설교통부, p.510.

최철호, 진상윤, 김재준, 신현목, 이광명, 윤수원 (2007) 가상건설 시스템 비전과 구축 방향, 한국전산구조공학회 정기학술대회, pp.62~67.

CATIA Documentation V5R16.

Eastman, C. (2004) New Methods of Architecture and Building, ACADIA 2004 Conference, pp.1~11.

Keng, S., Rossi, M. (2001) Information Modeling in the Internet Age-Challenges, Issues and Research Directions, Information Modeling in the New Millennium, IGI Publishing, pp.1~8.

Park, J.G., Kim, M.H., Lee, H.M., Cho, S.H., Shin, H.M. (2008) Seismic Performance Evaluation of RC Pier Base on Virtual Object Model, The 3rd ACF International Conference-ACF/VCA 2008, pp.674~680.

- 논문접수일 2010년 3월16일
- 논문심사일 2010년 4월20일
- 게재확정일 2010년 5월17일