철도 교량의 BIM 구축을 위한 3차원 모델 생성 자동화 시스템 개발

이 현 민^{1*} · 김 현 승¹ · 이 일 수¹

¹서영엔지니어링 BIM 개발팀

Development of Automated 3D Modeling System to Construct BIM for Railway Bridge

Heon-Min Lee^{1*}, Hyun-Seung Kim¹ and Il-Soo Lee¹

¹BIM Development Team, Seoyoung Engineering Co., Ltd. Seongnam, 13595, Korea

Abstract

For successful BIM settlement, it is a key technic for engineer to design structures in the 3-dimensional digital space and to work out related design documents directly. Lately many BIM tool has been released and each supports their 3-dimensional object libraries. But it is not easy to apply those libraries to design transportation infra structures that were placed along the route(3-dimensional line). Moreover, in case of design changes, it is so difficult to reflect those changes with the integrated model that was assembled by them. Because of they were developed without consideration for redundancy of parameters between objects that were placed nearby or were related each other. In this paper, a method to develop module for modeling and placing 3-dimensional object for transportation infra structures is presented. The modules are employed by a parametric method and can deal with design changes. Also, for a railroad bridge, through developing user interface of the integrated 3-dimensional model that was assembled by those modules the applicability of them was reviewed.

Keywords : automatic generation of 3D model, assembly model, railway bridge, BIM

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

BIM(budling information modeling)기반 설계가 실무에서 본래의 역량을 발휘하려면, 3D 모델 제작의 편리성이 확보되고 설계변경에 따른 과업 참여자들의 다양한 의사결정 사항들을 반영하는데 제약이 없어야 한다. 다수의 의사들을 반영하는 최적의 단계는 변경사항으로 인한 추가비용 증가 비율이 낮은 설계 초반이 되어야 한다(MacLeamy, 2004). 특히, 최근 국토부가 도로분야 BIM 라이브러리 콘텐츠를 제공한 바와 같이 기존 건축 중심의 BIM라이브러리 개발사례가 토목분야로 확대됨으로서 3D 모델 제작의 편리성은 물론 표준화된 분류체계정

보 및 속성정보로 데이터의 공유, 교환 등 상호 운용성이 높아지고 있다(Park and Seo, 2017). 그러나 기존 토목분야 실무에 이를 적용하기에는 제약이 많아 활용성이 떨어지고 있다. 이는 건축과 달리 선형 기반으로 설계되는 토목 구조물의 특성과 구조물을 구성하는 단위 부재들 간의 연계성을 반영하지 못하고 있기 때문이다. 이로 인해 토목설계 실무에서 활용할 수 있는 BIM 라이브러리는 규격화된 단일객체 등으로 제한적으로 사용하거나 노선변경, 적용 캔트량 변경, 공법 변경 등과 같이 설계 변경 시에는 모델을 수정하기 보다는 모델을 재제작하고 있는 실정이다. 따라서 BIM의 본질적 순기능 발휘를 위해서는 BIM기반 3D 모델 생성방식의 근본적인 해법을 마련하여 설계 담당자가 실무적으로 '3차원 설계'를 효율적으로 수행할 수 있는 환경을 조성해 줄 필요가 있다. 이를 위해 본 연구에서는

* Corresponding author:

Tel: +82-2-6915-8886; E-mail: 03008@seoyoungeng.com

Received September 6 2018; Revised September 16 2018;

Accepted September 17 2018

©2018 by Computational Structural Engineering Institute of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

매개변수기법을 활용하여 토목 구조물의 세부 부재들을 3D 모델로 생성하고, 이들을 조합하여 전체 구조물의 3D 모델을 완성할 수 있는 "BIM기반 3D 모델 생성 자동화 모듈"을 개발한다. 이를 위해 철도교량을 대상으로 변수체계와 코드체계 정립하고, 단일 부재의 3D 모델의 활용 뿐 아니라 이들의 조합으로 상위 구조물의 3D 모델을 생성할 수 있도록 유관변수들의 상관관계를 반영하여 "철도교량용 3D 모델 생성 자동화 모듈"을 개발한다.

1.3 연구의 방법

본 연구에서는 BIM기반 3D 모델 생성 자동화를 위해 Table 1과 같이 교통인프라 시설인 철도교량을 대상으로 하고 이를 바탕으로 교량을 구성하는 부재들 간의 조합 구조를 파악한다.

조합 구조는 시설물분류체계(한국철도시설공단, 사업관리절차서)를 활용하여 이를 기반으로 코드체계를 부여하였으며 이를 각 부재의 명칭과 변수 명을 정의하는데 활용한다. 그리고 철도교량의 설계 특성을 고려하여 3D 모델 생성 자동화 모듈을 개발하고, 개발 모듈과 설계정보의 인터페이스 기능과 사용자 운영 편리성을 위한 사용자입력환경(UI: user interface)을 개발

Table 1 Methods of development

List	description
Structure	Railway Bridge (APC beam+RC abutment+RC bridge pier)
Module	modeling and placement 3D object based on route(3 dimensional coordinates)
Code	Arrangement of numbers and alphabet based on PBS
Assembly	call object and place
Software	Nemetschek, Allplan Engineering
Tool	Smartpart Script

한다. 그리고 이러한 모듈 및 UI개발은 Nemetschek사의 Allplan Engineering에서 지원하는 매개변수모델 개발 도구인 스마트파트(smartpart)의 스크립트(script)를 활용한다.

2. 철도교량 부재의 코드 및 변수체계 구성

2.1 철도교량 부재의 코드체계

철도교량 부재들의 3D 모델 생성 및 이들의 조합을 통한 상위 구조물 3D 모델을 생성을 위해서는 부재들의 변수체계 뿐만 아니라 이들의 조합을 위한 모듈 간에 연계되는 규칙을 정의해야

Table 2 Code system for module & parameters

list	Example : APC beam									
Module	hierachy								Type of development	num. of module
	B	3	3	2	a	1	f	...	T01	M01
	Infra Type	Bridge	Super Structure	Girder	Multi beam	single beam	Advanced Prestressed Concrete	...	1 st type for APC beam	called sequence
	list of classified branch								...	
	level_1	level_2	level_3	level_4	level_5	level_6	level_7			
	A: Highway	j: Common	j: Common	j: Common	j: Common	j: Common	j: Common			
	B: Railway	1: Route	1: Track	1: Slab	a: Multi beam	1: Single beam	a: PSC beam			
	C: Port	2: Soil	2: Super St.	2: Girder	b: PSC box	2: Cross beam	b: PSC e-beam			
	...	3: Bridge	3: Sub St.	...	c: Steel box	...	c: IPC beam			
		4: Tunnel	4: Pylon		...		d: RPF			
		5: Drainage	5: Cable				e: Precom			
		6: Secondary	6: Arch				f: APC beam			
		7: Temporary	...				g: V-beam			
		...					...			
Parameters	module code				separating symbol	parameter code				
						parameter type				numbering
	B332a1fT01M01				-	p3				01
	module of 3D object for APC beam					Shape				
	Use module code directly				separate module with parameters	p1 : boolean				
						p2 : Layer				
						p3 : shape				
p4 : string										
p5 : standard										
					p6 : dimension					

한다. 즉, 'A 부재'를 3D 모델로 생성하는 모듈과 'B 부재'를 3D 모델로 생성하는 모듈이 조합되어 상위 구조물을 생성하기 위한 '모듈조합' 규칙이 필요한 것이다.

모듈조합구조 말단에서 사용자정의로 데이터를 부여받던 독립 변수들은 다른 객체와 조합되는 경우 중복되거나 상위 객체의 조성을 위한 유관 계산식의 결과로서 데이터를 부여받는 경우가 빈번하다. 이러한 변수의 위상변화는 객체 조합의 기하 구조와 사용자 정의 조건 등에 의하여 복잡한 형태로 발생한다. 설계 의도대로 모듈이 조합되려면 모듈 변수들의 관계정의가 명확해야 하므로 통일된 변수체계가 적용되어야 한다(Park and Lee, 2012). 본 연구에서는 Table 2와 같이 코드체계를 구성하여 모듈의 명칭과 변수의 명칭이 부여될 수 있도록 하였다. 코드의 첫 번째 자리는 교통인프라 유형분류코드이며 영어 대문자(A, B, C ...)로 표기되도록 하였고, 분류구조의 부위 분류코드에는 숫자(1, 2, 3, ...)를, 유형분류코드에는 영어 소문자(a, b, c, d)를 표기하도록 하였다. 또한 동종 객체에 대하여 형상정의방법이 다르게 개발되는 경우를 고려하기 위하여 개발유형코드를 설정하였으며, 다른 객체에서 해당 객체를 호출하는 경우, 목적에 맞게 객체형상 알고리즘의 업데이트 기록과 모듈화를 위한 변수보완사항이 관리될 수 있도록 모듈 번호코드를 설정하였다. 모듈번호는 다른 모듈에서의 호출순번으로 설정하였다.

2.2 3D 모델 생성 자동화 모듈의 다이어그램

철도교량의 구조물 및 부재의 3D 객체 생성 자동화 모듈의 조합 구조를 표현하기 위하여 Fig. 1과 같이 트리구조의 다이어그램을 작성하였다. 다이어그램은 '분류구조'와 '모듈조합구조'로 구분하였다. '분류구조'는 부위분류와 유형분류가 혼재하여 구성되므로 이를 식별할 수 있도록 하였으며, '모듈조합구조'는 각각의 분류면에 대하여 구성되는 3D 객체 모듈의 생성 및 조합에 대한 연계 경로를 확인할 수 있도록 하였다. 대표적인 교통 인프라인 도로 및 철도는 계획된 선형에 대하여 선형이 통과하는 지역의 현황이나 지형을 바탕으로 노반의 유형이 결정된다. 노반의 유형에는 절토 및 성토로 구성되는 흙구조물, 하천 및 계곡을 통과하는 교량, 산지를 관통하는 터널이 있다. 이를 바탕으로 분류수준 첫 번째에서는 도로 및 철도와 같은 교통인프라의 유형분류로 구분하였으며, 분류 수준 두 번째에서는 교통인프라 설치구간에 대한 '선형'과 선형의 구간별로 결정되는 노반의 유형인 '흙구조물(토공구간)', '교량', '터널', 그리고 노반에 설치되는 '배수시설', '부대시설', '가시설'의 부위분류로 정의하였다.

철도교량은 다시 '궤도부', '상부구조', '하부구조' 등의 부위로

분류하였으며, 각 부위에 대하여 다시 3D 객체의 생성이 용이한 방법으로 유형분류와 부위분류를 혼용하여 '분류구조'를 구성하였다. 또한 교량전체에 대한 조합모델을 구성하기 위하여, 계획 선형 데이터를 바탕으로 교량을 구성하는 3D 객체들이 생성 및 배열될 수 있도록 구성하였다.

3. 3D 모델 생성 자동화 모듈 개발

교통 인프라의 선형은 3차원 공간에서 3축 좌표로 정의되는 절점들의 모임으로 규정할 수 있으며 이러한 선형은 각 절점들의 좌표 값을 구분기호(comma 또는 space)를 활용하여 진행 방향의 순서대로 정렬한 형태의 데이터 파일(CSV 파일)로 생성할 수 있다. 교통 인프라의 유관 시설들에 대한 3D 객체는 이러한 선형 데이터를 기반으로 생성 혹은 배열되어 공간상에 구현될 수 있다.

본 연구에서는 이를 위하여 Table 3과 같은 두 가지의 선형 기반모듈을 구축하였다. 첫 번째는 선형 데이터가 형상에 관여하는 객체를 생성하는 모듈인 '선형종속형상 3D객체 생성모듈'이고 두 번째는 선형 데이터가 형상에 관여하지 않으나, 객체의 배열좌표 및 방향에 관여하는 '선형독립형상 3D객체 배열모듈'이다. 또한 모듈 조합의 필수 고려사항인 중복변수의 배

Table 3 Type of development for automated modeling module for transportation infra structures

Generating 3D object which is Dependent of the Route	Diagram
	3D shape
Arraying 3D object which is Independent of the Route	Diagram
	3D shape

Fig. 1 Breakdown structure & diagram of assembling module for railway bridge

제를 위하여 모듈의 호출 및 실행절차를 구축하고, 사용자 입력 환경인 유저 인터페이스는 이를 고려하여 구축하였다.

3.1 '선형종속형상 3D 객체' 생성모듈

선형 데이터가 형상에 관여하는 철도교량의 대표적인 시설은 궤도부의 '레일'과 '도상', 교량상부구조의 '교량바닥판', '탈선방호벽', '거더' 등이 있다. 해당 시설들의 3D 객체는 단면 프로파일을 해당객체의 기준 경로로 통과시켰을 때 얻을 수 있는 궤적의 형상을 솔리드로 생성하는 방법으로 구현된다. 대부분의 3차원 캐드 툴에서는 이러한 방법의 솔리드 생성 기능을 기본적으로 제공하고 있다. 본 연구에서는 선형종속형상 3D 객체를 생성함에 있어, 비교적 높은 빈도로 발생하는 추가적인 편집 작업의 유형을 파악하여 이에 대한 작업시간을 단축할 수 있도록 Table 4와 같은 소요기능들을 정의하고 이러한 기능들이 사용자 인터페이스를 바탕으로 유기적으로 구현될 수 있도록 Fig. 2와 같은 플로우차트를 구성하여 '선형종속형상 3D객체 생성모듈'을 구축하였다. 적용 툴에서 제공하는 솔리드 생성기능은 이 모듈의 서브루틴이 되도록 구성하였다.

Fig. 2 Flow chart of the module, GDR

Table 4 Subroutines included in the module of 'GDR'

Sub routine	Description
① Generate profile	<p>Input data : Shape parameters for cross section</p> <p>Output data : Profile for cross section</p>
② Trans the route	<p>Input data : The route, the position of profile center on the normal plane</p> <p>Output data : The path</p>
③ Rotate cross section	<p>Input data : The route, cant, track gauge</p> <p>Output data : Rotation angle of profile at the each node</p>
④ Separate the route	<p>Input data : The path, Span length, Space</p> <p>Output data : The separated solid</p>

3.2 '선형독립형상 3D 객체' 배열모듈

'선형종속형상 3D 객체'에 포함되는 시설을 제외한 대부분의 철도교량의 구성 시설은 '선형독립형상 3D 객체'에 해당한다 (궤도부의 '침목' 및 '체결장치', 교량바닥판의 '천주기초'와 '방음벽기초' 및 '관로뚜껑', 교량 거더의 '단일 PSC 빔'과 '텐던', 교량 하부구조인 '교대'와 '교각', 대부분의 '부대시설', 전기 및 신호와 관련된 시설 등). 각 시설들은 유관 설계 변수에 의하여 교량의 연장 위에서 교축방향, 교축직각방향, 수직방향에 대한 위치가 정의되며, 이에 따라 도출된 3축 좌표와 해당 객체의 기준점을 일치시켜, 정의된 방향으로 회전시키는 작업의 반복으로 배열할 수 있다. 본 연구에서는 배열하고자 하는 객체의 개소 수와 개소별 좌표 및 방향을 설계변수와 객체간의 상관관계를 반영하여 산출하고 이를 바탕으로 공간상의 배열을 구현할 수 있는 '선형독립형상 3D 객체 배열모듈'을 구축하였다. 또한 배열객체가 할당된 좌표에 위치될 때 선행 정의된 기존 인접객체가 배열객체의 형상에 영향을 줄 수 있는 요소를 보유한 시설을 파악하고, 해당시설의 3D 객체가 이를 반영할 수 있도록 인접객체의 유관변수로부터 배열객체의 해당 형상변수가 조절되는 서브루틴을 구성하여 모듈에 포함시켰다. Table 5에는 '선형독립형상 3D 객체'의 배열에 필요한 기능들을 정의하였으며 이러한 기능들이 사용자 인터페이스를 바탕으로 유기적으로 구현될 수 있도록 Fig. 3과 같은 플로우차트를 구성하였다.

Sub routine	Description
① Trans the route	※ Refer to Table 4. ②
② Compute coordinates & direction of the path	<p>Channel covers arrayed along the path</p> <hr/> <p>Input data :The path, space, initial distance</p> <hr/> <p>Output data :The coordinates & direction</p>
③ Rotate 3D object	<p>※ definition the added angle variation to direction along the path</p> <hr/> <p>Input data :The rotation angle</p> <hr/> <p>Output data :The rotated 3D object</p>
④ Assembly 3D objects	<hr/> <p>Input data : shape of the other objects</p> <hr/> <p>Output data : shape parameters considering assembly</p>

본 연구에서 3차원 모델을 생성하는 방법은 최상위 객체를 생성하는 하위 객체들의 구조(OBS: object breakdown

structure)를 파악한 후, 최하위 객체들 각각을 상위 단계로의 조합이 가능하도록 '3D 모델 생성 자동화 모듈'을 구축하고, 이들을 순차적으로 조합하여 최상위 객체를 구현하는 방식이다. 각 모듈은 내부에서 규정된 구문(syntax)에 의거하여 유관변수들로 작성한 수식 및 명령을 필요한 조건식에 의하여 반복 실행되도록 구성한 스크립트(script)형식의 파라메트릭 객체로 정의할 수 있다. 따라서 상위 단계로의 모듈 조합 시 필수적으로 고려되어야 하는 사항은 중복변수를 배제하는 것이다. 인접하는 객체들에 대한 모듈들이 조합되어 상위모듈이 성립되기 때문에 동일한 형상정보를 의미하는 변수의 중복이 대부분의 경우에서 발생한다. 이러한 중복의 유형은 '단순중복'과 '산출중복'의 두 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째 '단순중복'은 서로 다른 모듈의 사용자 입력장으로 동일한 데이터를 할당받고 있는 경우를 의미한다. 이러한 경우 각 모듈의 선후관계를 정립하여 후단의 모듈들에 적용되는 해당 변수에 먼저 정의된 변수 값을 할당하는 것으로 간단히 처리할 수 있다. 두 번째 '산출중복'은 해당모듈의 수행 전에 기 할당된 정보들을 변수로 해당 정보(중복되는 정보)의 정의가 가능한 수식을 도출할 수 있는 경우를 의미한다. 예를 들어, 교량의 바닥판을 지지하는 거더의 폭과 길이는 조합 이전에 사용자 입력에 의하여 값을 할당받는 유형의 독립변수였다면 교량 모델로 조합되는 경우, 기 수행된 모듈에서 결정된 유관 형상데이터(슬래브의 폭원, 경간의 구성, 궤도 중심선에 대한 거더의 편심, 거더 배열 좌표 등)를 변수로 하는 수식으로

[02] The composition of support (교각의 구성)

The number of supporting row (교각열의 수) : ☐ 2 ☒ 1

The boolean of cross slope for supporting row (교각의 횡단 경사 유무) : ☐ Yes ☒ No

How is the each composition of front and back supporting row ? (전열과 후열의 교각구성) : ☐ Same ☒ Diff.

The number of support in front row (전열 -Seoul방향- 교각의 수) :

-	5	+
---	---	---

The cross slope of front row (전열 횡단 경사) :

0.010	(1)
-------	-----

② Left distance (좌단거리) / ③ Space (공간격) / ④ Right distance (우단거리) - mm :

1500.0	2500.0	1500.0
--------	--------	--------

The total width of coping (코핑의 횡단폭) :

1300 mm	(5)
---------	-----

The number of support in back row (후열-Busan방향- 교각의 수) :

-	4	+
---	---	---

The cross slope of back row (후열 횡단 경사) :

0.020	(6)
-------	-----

② Left distance (좌단거리) / ③ Space (공간격) / ④ Right distance (우단거리) - mm :

2000.0	3000.0	2000
--------	--------	------

The distance from front shoe center to front surface in front row (전열의 단부 길이) :

800.0	mm	(10)
-------	----	------

The distance from front shoe to back shoe (전열과 후열의 거리) :

1500.0	mm	(11)
--------	----	------

The distance from front shoe center to boundary (전열과 경계의 거리) :

800.0	mm	(C)
-------	----	-----

The distance from back shoe center to back surface in back row (후열의 단부 길이) :

800.0	mm	(12)
-------	----	------

The longitudinal total width of coping (교각방향 코핑의 전폭) :

3200 mm	(13)
---------	------

The existence of level difference for front & back row (전열과 후열의 단차 여부) : ☒ Yes ☐ No

The level difference (전열과 후열의 단차량) :

100.0	mm	(14)
-------	----	------

> [03] The composition of column (기둥의 구성)

> [04] The vertical thickness of coping (코핑의 수직방향 두께)

> 1.05.1 The Haunch at the both end side (연속교각의 좌우단)

산출되는 종속변수로서 해당변수에 할당 된다. 중복변수의 처리에 대한 중요성은 3차원 정보모델 생성의 정확성 확보와 효율성 확보 모두에 맞닿아 있다. 이러한 중복변수 처리를 위한 전제 조건은 모듈 실행의 선후관계 정립이다. 본 연구에서는 철도교량을 구성하는 구조부재 및 유관시설에 대한 3차원 객체 모듈들이 실행되는 선후관계를 철도교량의 설계 절차를 참고하여 정립하였다. Table 6은 철근 콘크리트 교각에 대하여 중복변수를 고려한 UI를 구성한 예로서 상부구조에서 결정되는 교각의 구성으로 코핑부의 형상이 정의될 수 있도록 유관변수를 설정하였으며, 교각 구성 객체들 간의 모듈조합에서는 기둥의 구성 및 단면형상, 확대기초 교각방향 폭, 말뚝기초 배열 범위 등과 같은 '단순중복' 유형의 변수와 기둥의 높이, 확대기초의 두께, 말뚝의 근입 깊이와 같은 '단순중복' 유형의 변수를 고려하였다. 또한 사용자가 입력하는 정보를 명확히 인지할 수 있도록, 치수선으로 변수를 명시한 일러스트를 삽입하여 그래픽 유저 인터페이스(graphic user interface)로 구성하였다.

4. 철도교량 통합모델의 설계변경 적용성 검토

4.1 모듈조합을 위한 스크립트 작성

본 연구에서 구축한 선형기반모델인 '선형종속형상 3차원 객체'의 생성 자동화 모듈 및 '선형독립형상 3차원 객체'의 배열 자동화 모듈을 철도교량 구성객체의 생성·호출·배치를 위하여 Table 7과 같은 스크립트 언어로 작성하였다. 사용된 스크립트는 본 연구에서 적용한 소프트웨어(allplan)의 매개변수모델 개발도구(smartpart script)로써 GDL(geometric description language)기반의 자체 프로그래밍 언어이며, 기본적인 제어문, 변수로직과 함께 다양한 3차원 솔리드 구현 기능을 지원하고 있어, 본 연구에서 제시한 모듈 형태의 3차원 객체 라이브러리 구축에 적합하다.

4.2 설계변경에 대한 적용성 검토

본 연구를 통하여 개발한 자동화모듈의 설계변경에 대한 적용성을 검토하기 위하여 Fig. 4와 같이 교각 추가 설치와 기준 노선변경 등의 가상의 설계변경 사항을 철도교량모델에 적용해 보았다. 이를 위해 UI를 활용하여 철도교량의 3D 모델을 자동 생성하고 각각의 설계변경 항목에 대한 매개변수 값을 입력하여 설계 변경 안을 모델이 적절히 반영하고 있는지를 검토하였다. 검토 결과 Fig. 4와 같이 설계 변경 안이 반영되어 생성된 3D 모델은 연관관계에 있는 타 모델과 불필요한 이격이나 충돌 없이 설계 조건에 부합하게 생성된 것을 파악할 수

Table 7 3D scripting - call sleeper module & placement

```
FOR i = 1 TO p_a - 1
! 개별 요소선형에 대한 유관변수들의 정의
cmf[4]=cmf[4]+ap_[i][1] ! i번째 요소선형까지의 길이
cmn[4]=INT((cmf[4]-ip[2])/ip[1]) + 1 ! i번째 요소선형까지의 침목 수
istrtl[i+1][1]=ip[1]-((cmf[4]-ip[2])-(cmn[4]-1)*ip[1])
! i번째 요소선형에서 첫 번째 침목의 설치 이격거리 산출
n_slpr=INT((ap_[i][1]-istrtl[i][1])/ip[1])+1
! i번째 요소선형에 설치되는 침목 수 산출

FOR j=1 TO n_slpr
! i번째 요소선형의 j번째 침목에 대한 배치데이터정의
ratio_m=istrtl[i][1]+(j-1)*ip[1]
ratio_n=ap_[i][1]-ratio_m
cx_slpr=(ratio_n*ap[i][1]+ratio_m*ap[i+1][1])/(ratio_m+ratio_n)
cy_slpr=(ratio_n*ap[i][2]+ratio_m*ap[i+1][2])/(ratio_m+ratio_n)
cz_slpr=(ratio_n*ap[i][3]+ratio_m*ap[i+1][3])/(ratio_m+ratio_n)
! 공간좌표 정의
alpha_x=ATAN((ap[i+1][3]-ap[i][3]) / ap_[i][1])
alpha_y=ap_ang[i][1]
! 공간회전 정의
TRANS cx_slpr , cy_slpr , cz_slpr
ROTZ line_angle [ i ] - 90
ROTY -alpha_y
ROTX alpha_x
CALL "B.RAILROADW3.BRIDGEW2.TRACKW2.SLEEPERW01.TYPE01W"
MODULEWB322T01M01" PARAMETERS ALL
! 침목모듈 호출 및 배치
RESTORE ALL
NEXT j
NEXT i
```

Automatic generation of 3D model by User Interface

Fig. 4 Design changes with the automated 3D modeling system for railway bridge

있었다. 예를 들어 노선을 변경 할 경우에는 기존 선형 데이터의 교체만으로, 기존의 경간구성 및 거더의 형상을 고려하여 교각 코핑부의 전열 및 후열의 교축방향 폭과 높이가 자동 계산되어 반영된다.

5. 결 론

본 연구에서는 철도교량을 대상으로 '3D 모델 생성 자동화 모듈'을 개발하여 실무 적용성을 검토하였다. 개발된 각각의 모듈은 입력되는 설계변수를 정확히 반영하여 3차원 형상으로 구현되었으며, 중복변수의 처리가 고려된 모듈들을 조합하여 생성된 철도교량의 통합모델은 노선, 경간구성, 부재치수의 변경 등의 설계변경 상황을 추가적인 모델 보완없이 대응할 수 있음을 확인하였다. 본 연구의 결과는 교통인프라의 구조물의 '3차원 설계' 환경 조성 및 정보모델 생성 자동화를 위한 핵심기술로서 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통과학기술진흥원이 주관하는 철도기술연구사업(15RTRP-B104237-01)의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- MacLeamy, P. (2004) Collaboration, Integrated Information, and the Project Lifecycle in Building Design and Construction and Operation, *WP-1202, CURT*, p.4.
- Park, H.J., Seo, M.B. (2017) Development of Railway Infrastructure BIM Prototype Libraries for Roadbed and Track, *J. Comput. Struct. Eng. Inst. Korea*, 30(5) pp.461~468.
- Park, Y.S., Lee, B.G. (2012) Parametric Modeling and Design of Building Information Model for Extradosed Bridge, *J. Comput. Struct. Eng. Inst. Korea*, 25(1) pp.9~18.

요 지

구조물의 『3차원 설계』는 성공적인 BIM(building information modeling) 정착을 위한 핵심 기술이다. 이를 위해 다양한 BIM 라이브러리들이 개발되고 있지만 선형기반으로 구조물이 가설되는 교통 인프라의 설계업무에 적용하기에는 한계가 있다. 상용화된 BIM 소프트웨어들이 지원하는 라이브러리를 계획된 선형을 기반으로 구조물이 가설되는 교통 인프라의 설계 업무에 적용하는 것은 사용성 측면에서 한계가 있다. 더욱이 조합을 고려하지 않고 개발된 라이브러리로 생성된 모델은 다양한 설계변경 상황에 대응하기가 쉽지 않다. 따라서 본 논문에서는 교통인프라 구조물인 철도 교량을 대상으로, 유관 시설 또는 부재에 대한 3차원 객체를 설계변경에 효율적으로 대처할 수 있도록 매개변수 기법을 적용한 'BIM기반 3D 모델 생성 자동화 모듈'을 구축하였다. 모듈의 주요기능은 기준선형을 바탕으로 기준경로를 도출하고 다른 객체와의 조합을 고려하여 목표객체를 연장 및 배열하는 것이다. 또한 모듈의 조합으로 구성된 철도교량의 통합모델에 대하여 설계변수를 입력할 수 있는 사용자 인터페이스를 구성하여 설계변경 대응능력에 대한 적용성을 검증하였다.

핵심용어 : 3D 모델 생성 자동화, 통합모델, 철도교량, BIM