

3차원 직선교 모델 객체의 인식을 통한 고유 명칭부여 알고리즘 개발

박 준 원¹ · 박 상 일¹ · 김 봉 근² · 윤 영 철³ · 이 상 호^{1*}

¹연세대학교 토목환경공학과, ²(주)태성에스엔아이, ³명지전문대학 토목과

Development of Unique Naming Algorithm for 3D Straight Bridge Model Using Object Identification

Junwon Park¹, Sang Il Park¹, Bong-Geun Kim², Young-Cheol Yoon³ and Sang-Ho Lee^{1*}

¹School of Civil & Environmental Engineering, Yonsei University, Seoul, 120-749, Korea

²Division of R&D Center, Taesung S&I, Seoul, 120-776, Korea

³Division of Civil Engineering, Myongji Collage, Seoul, 120-776, Korea

Abstract

In this study, we present an algorithm that conducts a unique naming process for the bridge object through the solid object identification focused on 3D straight bridge model. For the recognition of 3D objects, the numerical algorithm utilizes centroid point, and solid object on the local coordination system. It classifies the object feature set by classifying the objects and members based on the bridge direction. By doing so, unique names, which contain the information about span, members and order of the object, were determined and the suitability of this naming algorithm was examined through a truss bridge model and a bridge model with different coordinate systems. Also, the naming process based on the object feature set was carried out for the real 3D bridge model and then was applied to the module on local server and mobile device for real bridge inspection work. From the comparison of the developed naming algorithm based on object identification and the conventional one based on field inspection, it was shown that the conventional field inspection work can be effectively improved.

Keywords : 3D bridge model, solid object identification, object feature set, naming algorithm

1. 서 론

공용년수가 50년 이상인 교량 구조물의 생애주기 상에서 유지관리 단계는 선행단계인 계획, 설계, 시공 등의 단계에 비해 상대적으로 긴 기간을 차지하며, 구조물의 생애주기비용(life cycle cost, LCC)의 85%를 차지할 정도로 매우 중요하다(Teicholz, 2004). 구조물을 효과적으로 운용 및 관리하기 위해서는 기획, 설계 및 시공단계 등에서 생성된 정보의 체계적인 관리를 통해 전 생애주기 상에서 정보의 지속적인 활용을 이끌어내야 한다. 그러나 지금까지 건설산업의 경우 구조물의 생애주기 상에서 생성되는 정보들은 형상정보와 속성정보가 분리된 Computer-Aided Design(CAD)의

사용으로 생성되는 정보의 관리에 어려움이 있다. 이에 따라 정보의 전달이 정확하게 이루어지지 못하여 사용자 및 생애주기 단계별 정보의 상호운용성(interoperability)이 저하되는 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 건축분야를 시작으로 가상의 3차원 공간에 목적에 따라 모델을 구현하고, 형상에 대한 각종 속성이 포함된 정보집합체 구축이 가능한 Building Information Modeling / Model(BIM)의 개념이 도입되기 시작하였다.

BIM은 3차원 기반으로 형상정보와 객체에 대한 속성정보들을 포함하고 있어 사용자가 보다 쉽게 실제 구조물을 파악할 수 있고, 저장된 속성정보를 기반으로 다양한 응용분야에서 활용할 수 있게 해준다. BIM을 활용한 토목분야의 선행

* Corresponding author:

Tel: +82-2-2123-2808; E-mail: lee@yonsei.ac.kr

Received November 14 2014; Revised November 25 2014

Accepted November 26 2014

©2014 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.

연구로 Lee 등(2008)은 교량의 3차원 기반의 모델을 활용하여 물량산출, 구조해석 등의 적용성을 검토하였고, Kim 등(2011)은 토목분야에서 BIM의 활용방안을 제시하고 실제 프로젝트로의 적용을 통해 그 활용성을 입증하였다. 선행연구들은 대체로 완성된 모델의 응용에 초점이 맞추어져 있으나, 본 연구는 완성된 3차원 모델의 객체들에 컴퓨터를 기반의 정보관리 및 활용이 가능하도록 고유 명칭을 부여하고, 유지관리 업무를 효과적으로 지원할 수 있는 알고리즘을 제시하는 연구를 수행하였다.

구조물의 생애주기 상에서 생성된 정보들을 효율적으로 관리하고 활용하기 위해서는 시설물을 구성하는 각 객체들이 생애주기 상에서 일관성 있게 식별되어야 하며, 이를 통해 객체들의 고유 명칭에 대한 속성 정의가 우선적으로 이루어져야 한다. 각 객체에 의미적으로 명확한 명칭을 부여하고, 이때 생성된 명칭을 기반으로 구조계산서 등의 다양한 엔지니어링 문서정보 및 도면 정보와 연계된 정보관리가 이루어진다면 생애주기 단계별 상호운용성이 향상되어 구조물을 체계적으로 관리할 수 있다. 또한 현재 공용 중인 시설물의 BIM 기반의 정보모델 구축 후 각 객체를 식별하기 위해 많은 노력이 필요하고 데이터의 수기 입력 시 누락 및 중복 등의 오류가 발생할 개연성이 있다. 그리고 설계/시공단계에서 객체 식별은 현장별로 번호체계가 다르므로 유지관리 단계에서 상태 평가를 수행하고 지속적인 통계 데이터를 수집하기 위한 식별체계와도 다르다. 따라서 부재의 종류별로 각 위치 속성을 기하 형상으로부터 찾아 유지관리 목적에서 활용할 수 있는 객체인식 기술이 필요하다.

객체인식 및 명칭부여에 관한 연구는 상대적으로 기계분야에서 활발하게 진행되어 왔다. Kripac(1997)은 FaceId-Graph를 이용하여 솔리드 객체의 면에 대한 위상 엔티티를 확인하는 알고리즘을 제안하였고, Agbodan 등(1999)은 shell graph를 이용하여 객체의 명칭부여에 있어 계층적인 구조, 연관성, 중복 등을 파악할 수 있는 방법을 제안하였다. 최근 3차원 모델 기반의 명칭부여에 있어서는 Wu 등(2001)이 파라메트릭 모델링에서 면에 기반 한 위상정보 명칭 방법(topological naming mechanism)을 제안하였다. Yang(2003)은 Wu의 명칭 방법을 이용하여 면에 Original Name(ON)을 붙인 후, 다른 특징 형상에 의해 위상 엔티티가 참조가 될 때, ON에서 유도된 Real Name(RN)을 기록하는 방법을 제안하였다. 여기서 동일한 ON을 가지는 객체는 동일 기하객체를 가지게 되므로 매개변수의 범위에 따라 정렬하였다. Mun과 Han(2006)은 파라메트릭 CAD 모델 교환을 위한 고유 명칭 방법으로 Secondary Name(SN)과 기하공간정보인 Object Space Information(OSI)을 제안하였고, 모호성 해결을 위

해 동일한 기본명칭을 갖는 객체의 총수와 해당 객체의 순서정보를 활용하는 OSI를 바탕으로 국부 좌표계에 따른 기하정보의 차이를 이용하는 방법을 제시하였다.

솔리드 객체의 고유 명칭부여에 관한 문제는 크게 명명법(naming)에 대한 문제와 이름 매칭(matching)에 관한 문제로 구분된다(Verady *et al.*, 1990). 명명법에 대한 문제는 모델의 생성과정에서 발생하는 문제이며, 이름 매칭은 모델의 수정과정에서 발생하는 문제를 의미한다. 객체별 명칭부여를 위한 연구는 특성기반(feature-based) 부품 모델링 과정에서 발생하는 문제점을 해결하기 위한 것들이 주를 이루며, 이는 본 연구에서 완성된 교량모델을 대상으로 고유한 명칭을 일괄적으로 부여하기 위해 해결해야 하는 문제와는 다르다. 다만, 명명법에 요구되는 기본 정보가 위상정보를 활용하는 기본 명칭에 대한 정보와 동일한 위상 안에서 각 객체를 구분하기 위한 정보로 구분되는 점은 크게 다르지 않다. 따라서 본 연구에서는 각 객체가 의미하는 부재의 종류를 기본 명칭에 대한 위상정보로 활용하고, 동일한 부재종류 내에서 각 객체별 고유번호를 부여하기 위해 동일한 기본명칭을 갖는 객체의 총수와 해당 객체의 순서정보의 2가지로 구성된 특성집합인 OSI 개념을 이용한다.

본 연구는 교량 구조물의 공용기간 동안 수행하는 안전진단 및 유지관리 업무에 3차원 교량모델을 지속적으로 활용하기 위한 연구(Lee *et al.*, 2010)와 연계가 가능하며, 수많은 객체들로 구성된 직선형 교량모델을 대상으로 각 객체의 고유 명칭을 일괄적으로 부여하여 체계적인 이력관리를 지원할 수 있는 기반을 구축하는 것을 목표로 한다. 따라서 본 논문에서는 직선형 교량을 대상으로 각 객체에 대한 고유명칭 부여 문제를 해결하기 위한 알고리즘을 제시한다. 이를 위해 2장에서는 고유 명칭부여를 위해 정의한 객체특성집합에 대하여 설명하였으며, 3장에서는 객체특성집합을 활용하여 명칭을 부여하는 알고리즘을 제시하고 유지관리 현장점검 업무에 적합한 고유 명칭을 부여하는 방법론을 제시하였다. 4장에서는 실제 교량을 대상으로 객체인식 및 명칭부여 방법론을 적용하여 제시한 알고리즘의 실효성을 검증하였고, 이를 실제 유지관리 현장점검 업무에의 적용을 통해 본 연구가 실제 점검 업무의 편의성을 효율적으로 개선할 수 있음을 보였다.

2. 3차원 솔리드 객체 인식을 통한 객체특성집합의 정의

본 연구에서 제시하는 3차원 모델에서 객체 인식을 통해 부여된 객체별 고유 명칭은 모델의 일관성뿐만 아니라 도면 및 엔지니어링 문서와 같은 다양한 정보와의 매핑에도 매우

유용하게 활용될 수 있다. 본 장에서는 3차원 모델의 객체를 인식하고, 객체특성집합을 정의하는 방법을 제시한다.

객체별 명칭부여에 활용될 객체특성집합 정의에 앞서 3차원 모델의 객체 인식을 수행하는 전처리 과정이 우선적으로 필요하다. 이를 위해 CAD 소프트웨어 내에서 모델을 구성하는 객체들의 분류, 유지관리 업무에서 활용되는 부재의 구분 및 교량의 시점과 종점에 대한 방향 설정 등의 전처리 작업을 수행하였다.

객체의 분류는 객체 인식을 위한 필수조건이며, 기존의 부품 모델링에서 발생하는 모호성 문제의 해결을 위해 객체를 구성하는 하나의 면 안에서 명칭을 부여하였다. 그러나 본 연구에서 대상으로 하는 교량 구조물의 경우 객체들의 조합으로 구성되어 있고, 이를 기반으로 활용되기 때문에 각각의 객체들의 인식이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 3차원 객체의 도심 좌표(centroid point)를 이용한 방법을 제시하였다. 교량 모델 객체에 포함되는 모서리 좌표 또는 하나의 면에 포함되는 좌표들에 비해 도심 좌표는 객체별로 유일하며, 중복되는 경우가 발생하지 않으므로 단일 객체를 표현하는데 적합하다. 이는 기존의 면을 기반으로 한 방법에 비해 보다 효과적으로 객체 인식이 가능하다.

안전점검을 위한 부재 구분의 경우 MLTM(2012)에서 제시하는 일반교량의 부재별 유지관리 점검항목 중에서 콘크리트 탄산화와 염화물 확산을 평가하는 경우를 제외하고 객체로 구성된 바닥판, 주형, 2차 부재, 교대, 교각, 기초, 교량 받침, 신축이음, 교면포장, 배수시설, 난간/연석 등 11개 부재를 대상으로 선정하였다. 이를 표현하기 위해 본 연구에서는 도면층(layer) 정보로 구분하는 방법을 제시하였다.

교량의 객체 명칭은 시점방향에서 종점방향으로 부여하는 것이 일반적이지만 다양한 CAD 소프트웨어에서 생성된 3차원 모델은 사용하는 좌표계가 상이하기 때문에 좌표계가 일치하지 않는 상태에서 부여된 객체 명칭은 사용자에게 혼란을 야기할 수 있다. 따라서 단일 구조물에서 객체의 명칭부여는 국부 좌표계를 이용하여 명칭을 부여하고, 모델들을 병합할 때 기준이 되는 좌표계로 회전하여 사용하는 것이 바람직하다. 본 연구에서는 교량 모델에서 시점에서 종점 방향으로 명칭을 부여하기 위해 별도의 참조선(reference line)을 생성하고, 참조선의 방향 정보를 활용하여 국부 좌표계로의 변환 매트릭스를 생성하여 교량의 방향정보를 설정하였다. 명칭부여를 위한 전처리 단계에서는 Fig. 1에 나타난 것과 같이 부재의 분류, 교량의 방향설정, 3차원 모델의 국부 좌표계로의 변환 등의 객체의 인식과정을 거쳐 국부 좌표계를 기준으로 객체의 도심좌표를 추출하여 임시 데이터베이스를 생성하여 저장하였다.

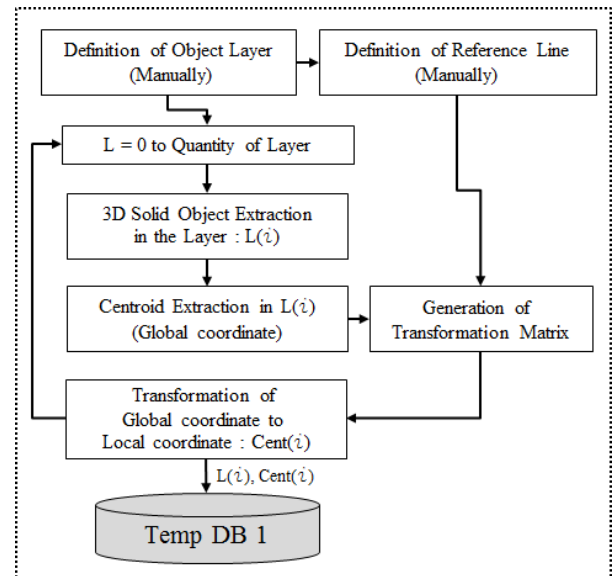


Fig. 1 Preprocess for the object naming

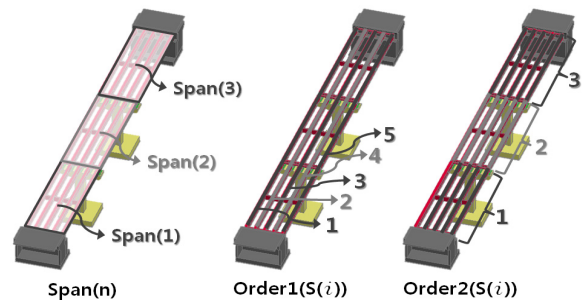


Fig. 2 Examples of object feature set for a 3D bridge model

본 연구에서는 MLTM(2012)에서 제시하는 교량 부재별 명칭부여 방식을 적용하기 위해 교량구조물의 유지관리 시점검단위로 이용되는 경간을 기본단위로 구분하고, 교축방향과 교축직각방향에 대한 순서정보를 고려하여 다음 식 (1)과 같이 부재의 객체특성집합(OF)을 정의하였다.

$$OF_i = [Span(n), Order1(S(i)), Order2(S(i))] \quad (1)$$

여기서, OF_i 는 i 번째 객체의 객체특성집합을 의미하며, $Span(n)$ 은 n 번째 경간, $Order1(S(i))$ 과 $Order2(S(i))$ 는 각각 i 번째 객체가 속한 경간 내에서 i 번째 객체의 교축방향을 기준으로 객체의 순서정보와 교축직각방향으로 객체의 순서정보를 의미한다(Fig. 2 참조).

3. 객체별 고유 명칭부여 알고리즘

전술한 객체인식 방법 및 객체특성집합을 이용하여 객체별 고유 명칭을 부여하기 위한 프로세스를 Fig. 3에 정리하였다

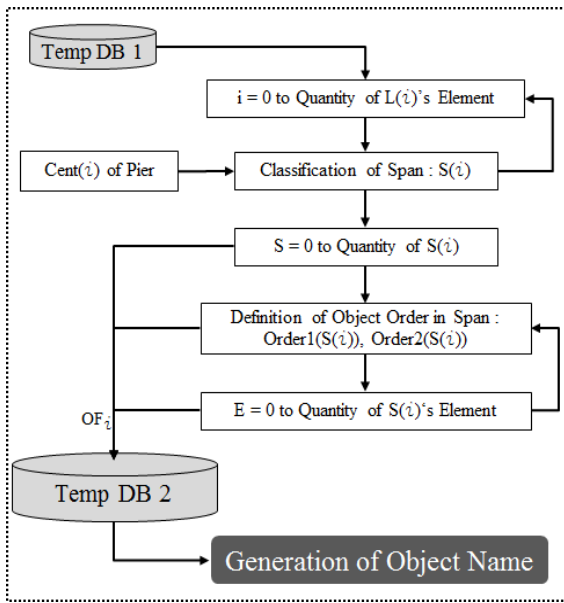


Fig. 3 Object naming algorithm

다. 이는 명칭부여를 위한 전처리 단계에서 생성된 국부 좌표계 상의 객체별 도심좌표를 활용하여 유지관리 시 사용되는 기본단위인 경간을 정의하고, 객체별 명칭을 부여하는 단계이다.

경간의 구분은 객체 사이의 배열 관계에 대한 조건과 도면층에 대한 정보를 통해 교각의 도심좌표와 교각의 위치조건을 고려하여 두 가지 규칙을 설정하여 수행하였다. 먼저 객체간의 관계를 통한 경간의 구분은 교축방향으로 연속된 객체들에 대하여 해당 객체 사이에 연속된 면이 존재하는 경우를 고려하여 다음의 규칙 1을 정의하고, 객체 또는 교축방향의 면을 대상으로 도심좌표를 비교하여 동일 경간을 정의하기 위한 식 (2)를 제시하였다.

규칙 1: 임의의 3차원 솔리드 객체 i, j 가 있을 때에 다음의 식 (2)를 만족하는 경우 $S(i) = S(j)$ 로 정의한다.

$$\{|X(i) - X(j)| \leq \epsilon\} \wedge \{\forall i, j \exists \alpha, \beta (CP(i)^\alpha = CP(j)^\beta)\} \quad (2)$$

여기서, $X(i)$ 및 $X(j)$ 는 각각 i, j 객체의 교축직각방향 국부 좌표계 상의 도심좌표이며, ϵ 는 허용한계값(tolerance)으로서 본 연구의 경우 0.001mm를 사용하였다. 또한 $CP(i)^\alpha$ 와 $CP(j)^\beta$ 는 i 객체, j 객체의 α 번째, β 번째 표면(surface)의 도심좌표를 가리킨다. 객체가 육면체인 경우 α 와 β 는 교축방향에 Z 방향으로 수직인 면으로서 객체의 시점측 면과 종점측 면으로 정의한다.

한편, 의미 중심의 경간 구분은 다음의 규칙 2를 따른다.

규칙 2: 임의의 3차원 솔리드 객체를 k 라 하고, n 번째 교각에 해당하는 객체를 P_n 이라 할 때, $Span(n)$ 은 다음의 식 (3a), 식 (3b) 및 식 (3c)에 따라 정의된다.

$$\text{case 1: if } X(k) < X(P_n), k \in Span(n) \quad (3a)$$

$$\text{case 2: if } X(P_n) \leq X(k) < X(P_{n+1}), k \in Span(n+1) \quad (3b)$$

$$\text{case 3: if } X(k) \geq X(P_n), k \in Span(n+1) \quad (3c)$$

여기서, $X(k), X(P_n), X(P_{n+1})$ 은 k 객체, n 번째 교각 및 $n+1$ 번째 교각의 교축방향 도심좌표이다.

임의의 객체의 교축방향 도심좌표가 교량의 시점과 첫 번째 교각 사이에 존재하는 경우는 case 1에 해당되며, 두 교각 사이에 객체의 교축방향 도심좌표가 존재하거나, 두 교각 중 시점측 교각의 교축방향 도심좌표와 임의의 객체의 교축방향 도심좌표가 일치하는 경우는 case 2에 해당한다. 또한, case 3은 객체의 교축방향 도심좌표가 종점측 교각과 교량의 종점 사이에 존재하는 경우에 적용된다.

명명단계에서는 앞에서 정의한 경간정보, 객체의 순서정보 등의 객체특성집합과 부재종류를 식별하는 위상정보를 이용하여 각 객체에 고유 명칭을 부여한다.

본 연구에서 3차원 객체인식을 통한 명칭부여를 위해 사용한 교량 구성요소에 대한 번호체계의 근간은 국토교통부의 '안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량)(MLTM, 2012)'이다. 부재의 번호는 부재의 종류를 의미하는 알파벳 심벌과 시점에서 종점을 바라보는 교축방향, 교축의 직각방향으로 번호가 증가되는 것을 기본으로 3자리 코드가 생성된다. 그러나 3자리 코드로 부여된 명칭은 경간 정보를 포함하지 않으며, 방향별 한자리로 표현되어 많은 객체를 포함하는 장대 교량의 경우 이를 적용하기 힘들다. 따라서 본 연구에서는 객체의 고유 명칭을 Fig. 4와 같이 객체특성집합의 세부 항목들과 부재 정보의 조합으로 정의하였고, 안전점검의 기본단위인 경간과 부재종류를 포함하여, 방향별 3자리의 코드를 부여하는 것을 제안하였다. 이는 유지관리 업무를 수행하는 점검자가 제안된 명칭을 통해 점검부재의 경간 및 위치 판단을 가능하게 하며, 부재 종류의 식별이 가능해 점검 업무의 효과를 높일 수 있고, 체계적인 손상 이력관리를 통해 유지관리 시 필요한 의사결정을 지원할 수 있다.

Span - Layer - Order1(S(i)) - Order2(S(i))
Ex) 001-Abutment-001-001

Fig. 4 Example of object naming for bridge maintenance

4. 실제 교량의 적용을 통한 고유 명칭부여 알고리즘의 검증

본 연구에서 제시한 객체인식 과정과 객체특성집합을 통한 고유 명칭의 부여의 실효성을 검증하기 위해 전체 CAD 시장에서 약 80% 이상의 점유율을 차지하는(Shin, 2010) Autodesk사의 AutoCAD를 통해 모델을 구성하고, .NET Framework 기반의 AutoCAD Application Programming Interface (API)를 활용하여 3차원 객체 인식을 위한 모듈을 DLL 포맷으로 구성하여 객체의 명칭부여를 수행하였다. 이에 대한 3차원 객체인식의 정확성을 검증하기 위해 총 712개의 객체로 구성된 트러스 형식의 교량 모델과 140개의 객체로 구성되어 있고, 전역 좌표계 상에서 서로 다른 방향을 갖는 Steel Plate 거더교 2개에 대한 모델에 적용하였다.

객체 인식의 정확성을 검증하기 위해 먼저 다른 교량형식에 비해 상대적으로 많은 객체로 구성된 트러스교 모델을 대상으로 실험을 수행하였다. 실험 방법은 AutoCAD에서 인식된 객체의 수와 고유 명칭부여 알고리즘을 적용하여 명칭부여를 위한 전처리과정의 $Cent(i)$ 를 추출한 결과를 의미하는 객체의 수와 비교하였고, 도출된 결과를 통해 개발된 모듈의 객체 인식 정확성을 검증하였다. 생성된 모델 및 객체수의 비교 결과는 Fig. 6에 나타났다. 실험 결과로서 AutoCAD 상에서 구성된 트러스 모델을 구성하는 712개의 객체와 본 연구에서 개발한 객체인식 모듈을 통해 $Cent(i)$ 로 인식된

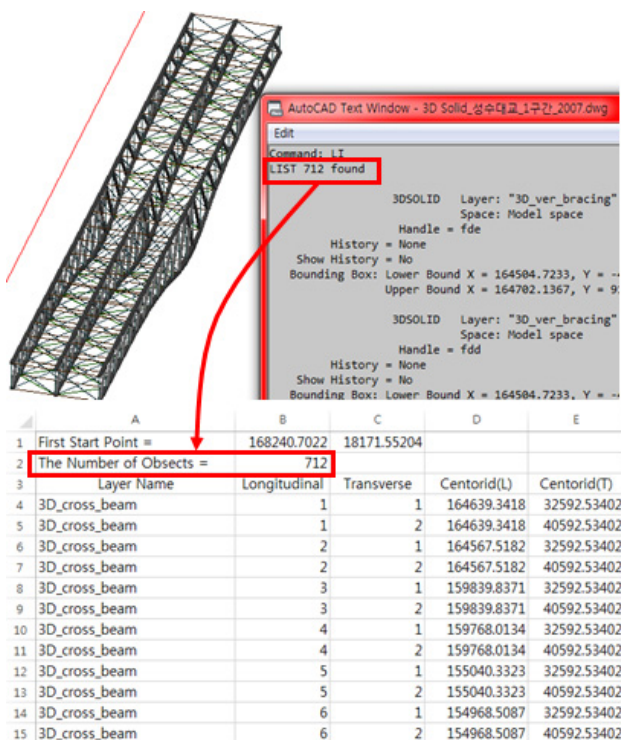


Fig. 6 Object identification result for 3D Truss bridge model(712 objects)

객체의 수가 동일하므로 누락된 객체없이 모두 인식된 것을 알 수 있다. 이를 통해 수많은 객체들의 조합으로 구성된 교량 구조물의 객체인식 과정에서 객체의 수와 관계없이 본 연구에서 제시한 알고리즘의 적용이 가능할 것으로 판단된다.

그리고 상이한 좌표계를 갖는 모델을 기준이 되는 국부 좌표계로 변환하기 위한 변환 매트릭스의 검증을 위한 실험으로 Steel Plate 거더교 모델과 이를 시계 반대방향으로 90° 회전시키고 위치를 이동시킨 모델을 사용하였다. 좌표계 변환 매트릭스의 검증은 각각의 모델에서 참조선의 좌표와 추출된 객체별 도심좌표를 비교하였다. Fig. 7과 Fig. 8에 나타난 것과 같이 Fig. 7의 모델과 Fig. 8의 시계 반대방향으로 90° 회전된 모델에서 추출된 참조선의 시작점 및 객체의 도심좌표를 서로 비교한 결과 모델의 다른 위치로 인해 2개의 모델에서 참조선의 시작점 좌표는 서로 다르지만, 참조선과 객체의 위치관계를 통해 추출된 도심좌표는 동일하게 나타났다. 이는 좌표계 변환 매트릭스가 정확하게 수행되어 교량모델이 국부 좌표계로 변환되었음을 알 수 있다. 변환 매트릭스의 검증 실험을 통해 모델 생성과정에서 사용된 좌표계 및 모델의 위치와 관계없이 명칭부여 알고리즘 중 전처리 단계에서 수행되는 좌표계 변환 매트릭스로 모델들이 동일한 국부 좌표계로의 변환이 가능함을 의미한다. 이를 통해 다양한 CAD 소프트웨어에서 생성된 모델이 동일한 기준으로 객체별 고유 명칭부여가 가능하도록 해준다.

앞서 도출된 객체인식 및 객체별 도심좌표 정보를 통해 Fig. 7에 나타난 기본 모델을 대상으로 3장에서 제시한 국

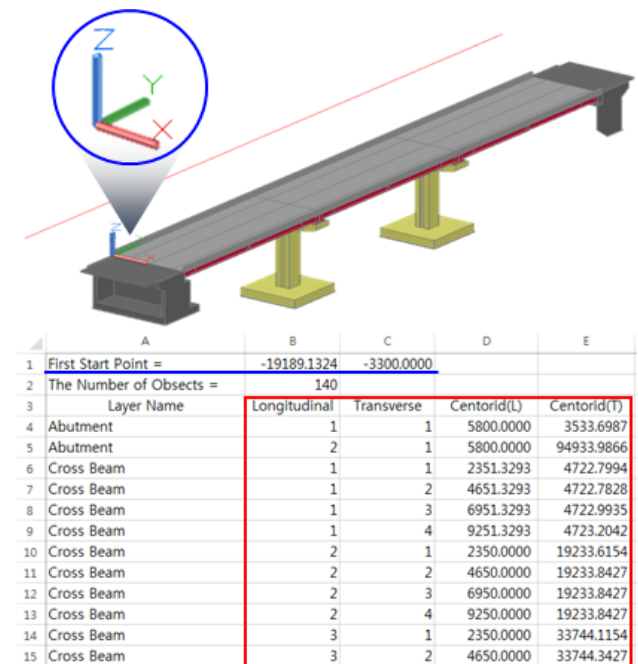


Fig. 7 Basic Model for verification of coordinate transformation

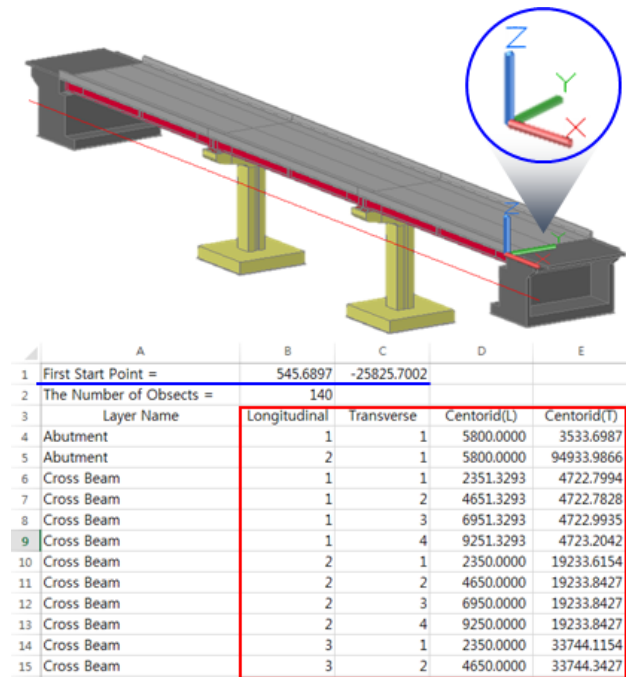


Fig. 8 90° rotated model for verification of coordinate transformation

Centroid(L)	Centroid(T)	Span	Object Name
5800.0000	3533.6987	001	001-Abutment-001-001
5800.0000	94933.9866	003	003-Abutment-002-001
2351.3293	4722.7994	001	001-Corsss Beam-001-001
4651.3293	4722.7828	001	001-Corsss Beam-001-002
6951.3293	4722.9935	001	001-Corsss Beam-001-003
9251.3293	4723.2042	001	001-Corsss Beam-001-004
2350.0000	19233.6154	001	001-Corsss Beam-002-001
4650.0000	19233.8427	001	001-Corsss Beam-002-002
6950.0000	19233.8427	001	001-Corsss Beam-002-003
9250.0000	19233.8427	001	001-Corsss Beam-002-004
2350.0000	33744.1154	001	001-Corsss Beam-003-001
4650.0000	33744.3427	001	001-Corsss Beam-003-002
6950.0000	33744.3427	001	001-Corsss Beam-003-003
9250.0000	33744.3427	001	001-Corsss Beam-003-004
2351.3293	34722.7994	002	002-Corsss Beam-004-001
4651.3293	34722.7828	002	002-Corsss Beam-004-002
6951.3293	34722.9935	002	002-Corsss Beam-004-003
9251.3293	34723.2042	002	002-Corsss Beam-004-004

Fig. 9 Result of object naming based on object feature set

칙 1과 규칙 2를 적용하여 경간을 구분하고, Fig. 4에 제시한 객체의 명칭 형식에 따라 객체별 명칭을 부여하였다. 적용 결과는 Fig. 9에 나타냈으며, 교량의 객체 인식 및 명칭의 부여가 누락 또는 중복없이 완벽하게 수행된 것을 확인할 수 있다. 객체별로 부여된 명칭은 전술한 바와 같이 도면층 정보, 교축방향 순서, 교축직각방향 순서 및 경간정보의 조합

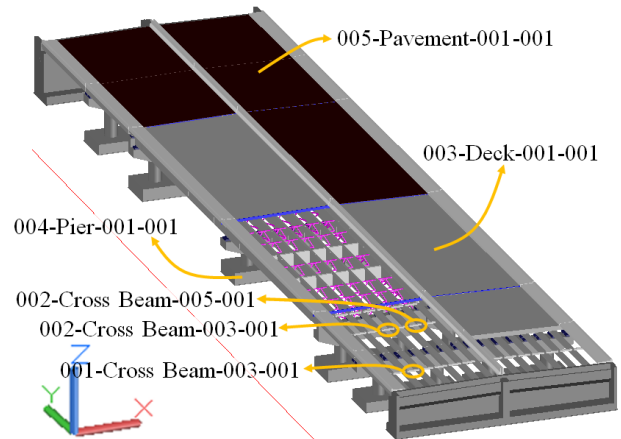


Fig. 10 3D view of the target bridge(588 objects) for pilot test and object naming

으로 구성된다. 이를 통해 MLTM(2012)에서 제시하고 있는 명칭체계 범위 내에서 객체의 중복 또는 누락이 발생하는 경우를 감소시킬 수 있으며, 부재들의 경간 정보가 추가된 부재 표현방식으로 유지관리 업무에서 명칭을 통한 객체의 종류판단 및 위치정보의 인식이 개선될 수 있다. 또한 스프레드시트 형식으로 결과를 출력할 수 있도록 하여 필요에 따라 저장된 정보의 활용성을 높일 수 있도록 하였다.

본 연구에서 제시한 명칭부여 알고리즘의 현장점검 업무에서의 활용성을 검증하기 위해 Preflex 및 Steel Plate Girder 형식으로 588개의 객체로 이루어진 교량을 대상으로 현장점검 Pilot Test를 수행하였다. 구성된 3차원 모델과 고유 명칭부여 알고리즘을 통해 도출된 명칭을 Fig. 10에 나타내었다. 이를 현장점검 업무에 적용하여 그 활용성을 검토하였다. 이를 위해 대상 모델과 명칭부여 알고리즘을 통해 생성된 명칭을 현장점검자가 진단업무 수행 시 기존의 야장과 카메라 대신 점검정보 및 손상사진 입력 등의 작업에 이용할 수 있는 모바일 장치 기반의 모듈과 현장에서 발생된 정보의 조회 및 수정 기능을 갖는 관리 서버용 모듈에 적용하였다. Pilot Test에 사용된 3차원 모델의 가시화를 하기 위해 OpenGL을 활용하였으며, 각각의 객체를 STL 형식의 파일포맷으로 생성하고, 본 연구에서 제시한 명칭부여 알고리즘을 통해 생성된 명칭을 객체의 파일명으로 저장하여 적용하였다.

구성된 모듈을 이용한 현장점검은 기존의 현장점검 방식에 따라 외관조사망도를 작성하는 인력과 모바일 장치를 통해 점검 자료를 입력하는 인력이 안전점검 전문가가 조사한 손상을 기입하는 방법으로 진행하였다. 적용 방법의 활용성 검증을 위해 모바일 장치를 통해 손상사진의 취득 및 점검데이터를 입력하는 시간과 기존 사진촬영, 사진정보의 기록 및 외관조사망도의 작성 등의 방식으로 정보를 기입하는 시간을

비교하였다. 그 결과 기존의 방법에 비해 모바일 장치를 이용한 방법이 보다 빠르게 점검업무가 이루어지도록 해주는 것을 확인하였다. 또한 정보관리 측면에서 모바일 장치를 통해 입력된 정보들은 누락 또는 훼손이 발생하지 않고, 다른 소프트웨어에서 다방면으로 활용이 가능한 장점을 갖고 있다. 결과적으로 객체인식을 통한 고유 명칭부여 방법을 통해 현장점검 시 발생하는 정보에 대하여 객체별 고유 명칭에 따라 점검기간별 이력 데이터를 축적할 수 있으며, 외부 데이터베이스와 연계하여 취득한 손상사진 및 기타 전달사항 등을 함께 저장하여 통합된 정보관리가 가능하다.

5. 결 론

본 연구에서는 3차원 직선교 모델의 객체 인식을 위해 도면층을 통한 부재의 구분, 참조선 정의를 통한 교량 방향 설정 및 국부 좌표계 상의 솔리드 객체 도심 좌표를 활용한 좌표변환 기법을 제시하였다. 이를 통해 객체특성집합을 정의하여 교량 부재에 대한 각 객체별 고유번호를 교량의 안전진단을 위한 명명체계에 따라 일괄적으로 부여하는 방법을 제안하였다. 총 712개의 객체로 구성된 트러스 모델과 140개의 객체로 구성되고, 좌표계가 서로 다른 Steel Plate 거더교 모델을 대상으로 명명되는 객체의 수를 비교하여 개발한 알고리즘의 정확성을 검토하였으며, 경간 정보, 부재 종류, 객체의 순서 정보를 활용하여 객체의 명칭을 부여하였다. 검토 결과, 직선형 교량의 경우 객체 인식에 대한 정확도는 100%로 나타났으며, 방향이 다른 모델에서도 동일한 결과를 도출하였다. 또한 본 연구에서 제시한 객체인식을 통한 명칭부여 알고리즘의 실제 교량을 대상으로 하는 현장점검 업무에 대한 활용성을 검토하기 위해 모바일장치 및 관리 서버에 적용하였다. 이를 기존의 현장점검 방식과 비교하여 현장점검 업무의 효율성을 향상시킬 수 있음을 보였다.

본 연구에서 제시한 방법론을 유지관리 업무에 적극 활용한다면 기술자 측면에서는 단순반복적인 업무를 획기적으로 줄일 수 있고, 관리자 측면에서는 사업관리를 위한 의사결정에 활용할 수 있기 때문에 유지관리 업무의 효율성을 효과적으로 높일 수 있다. 특히, 기존 시설물 유지관리 기술에서 활용하지 않았던 3차원 모델을 이용하는 방법을 통해 종이에 작성하던 아날로그 방식에서 탈피하여 보다 진보된 IT 기반의 점검업무가 가능하며, 유지관리 업무에서 생성된 각종 정보가 중복이나 누락 등의 오류로 인해 손실되는 문제를 개선하여 체계적인 이력관리가 가능하다. 또한 개발된 객체특성 집합과 이를 이용한 고유번호 자동부여 알고리즘은 상이한 기관에서 작성된 다양한 3차원 모델에도 적용이 가능하기 때

문에 교량의 안전점검 및 유지관리 분야에서 3차원 모델의 활용성을 확장하는데 지속적으로 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 3차원 기반 모델의 객체를 인식하여 정확하게 객체별 고유 명칭을 부여하였다는 것에 큰 의미가 있다. 이를 기반으로 설계단계부터 객체별 명칭이 부여되어 구조물의 생애주기 상에서 지속적으로 활용된다면 체계적인 이력관리를 통해 보다 효과적인 구조물 관리체계의 구축이 가능하다. 따라서 향후에는 이를 기반으로 한 정보모델 구성을 통해 유지관리 업무를 직접적으로 지원하는 응용연구가 진행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비 지원(10기술혁신B01-모델러 교량 기술개발 및 실용화 연구단)의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- Agbodan, D., Marcheix, D.D., Pierra, G. (1999) A Data Model Architecture for Parametrics, *J. Geom. & Graph.*, 3(1), pp.17~38.
- Kim, S.-H., Lee, S.-H., Nam, S.-H., Sun, O.-Y. (2011) A Study on the Construction Management Method based on BIM for Civil Engineering Project, *J. Comput. Struct. Eng. Inst. Korea*, 24(4), pp.463~470.
- Kripac, J. (1997) A Mechanism for Persistently Naming Topological Entities in History-Based Parametric Solid Models, *Comput. Aided Des.*, 29(2), pp.113~122
- Lee, S.-H., Kim, B.-G., Kim, H.-J. (2008) A New Strategy for IT-Based National Asset Management of Civil Infrastructure in Korea, *The 3rd International Workshop on Lifetime Engineering of Civil Infrastructure*, IWLCE, Japan, pp.41~55.
- Lee, S.-H., Kim, B.-G., Park, S.I. (2010) A Strategy for Lifecycle Support for Civil Infrastructure with 3-D Based Information Model, *Proceedings of 2010 COSEIK Annual Conference*, COSEIK, Korea, pp.357~360.
- Ministry of Land, Transport, Maritime Affairs (MLTM) (2012) Detailed Guidelines of Safety Inspection and Precise Safety Diagnosis for Bridges,

- RD-12-E6-024, KISTEC, p.250.
- Mun, D.H., Han, S.H.** (2006) An OSI and SN Based Persistent Naming Approach for Parametric CAD Model Exchange, *Trans. Soc. CAD/CAM Eng.*, 11(1), pp.27~40.
- Shin, H.S.** (2010) FOTS Case Study of Autodesk Korea, *Proceedings of 2010 KASBA*, KASBA, pp.1~12.
- Teicholz, E.** (2004) Bridging the AEC/FM Technology Gap, *IFMA Facility Management Journal*, March-April, pp.1~8.
- Varady, T., Gaal, B., Jared, G.E.M.** (1990) Identifying Features in Solid Modelling, *Comput. Ind.*, 14(1), pp.43~50.
- Wu, J., Zhang, T., Zhang, X., Zhou, J.** (2001) A Face Based Mechanism for Naming, Recording and Retrieving Topological Entities, *Comput. Aided Des.*, 33(10), pp.687~698.
- Yang, C.** (2003) ID System Development of Feature-Based Solid Modeler, Master's Thesis, Seoul National University, p.61.

요 지

본 연구에서는 3차원 직선교 모델의 객체인식을 통해 각 객체별 고유 명칭을 부여하는 알고리즘을 제시한다. 3차원 객체의 수치적 인식을 위해 국부 좌표계 상의 솔리드 객체 도식 좌표를 활용하였으며, 객체의 분류, 부재의 구분, 교량 방향 인식 등을 수행하여 객체특성집합을 정의하였다. 이를 통해 공간정보, 부재정보, 객체의 순서정보를 포함한 객체별 고유 명칭을 부여하였고, 트러스 교량 모델 및 서로 다른 좌표계를 갖는 교량모델에 적용하여 각 부재별 객체특성집합을 이용한 명칭의 부여의 적합성을 검토하였다. 또한 실제 교량의 3차원 모델을 대상으로 제안된 방법론을 통해 객체특성집합 정의 및 객체별 명칭을 부여하였고, 이를 매개로 모바일 장치용 모듈과 로컬 서버용 모듈에 적용하였다. 객체인식을 통한 명칭부여 알고리즘을 활용한 방법과 기존 현장점검 방식의 비교를 통해 기존 유지관리 현장점검 업무를 효과적으로 개선할 수 있음을 확인하였다.

핵심용어 : 3차원 교량모델, 솔리드 객체인식, 객체특성집합, 명칭부여 알고리즘