

# 사회기반 시설물의 유지관리를 위한 multi-layered 데이터베이스 개념

## A concept of multi-layered database for management and maintenance of civil infrastructures

김 봉 근\* · 이 진 훈\*\* · 이 상 호\*\*\*

Kim, Bong-Geun · Yi, Jin-Hoon · Lee, Sang-Ho

---

### ABSTRACT

A framework of multi layered database is proposed for the integrated operation of civil infrastructure information in this study. The multi-layered database is a logically integrated database composed of standardized information layers. The framework of multi-layered database is defined by three axes, national assets, lifetime, and data levels. The axis of national assets indicates civil infrastructures such as bridges, dams, tunnels and power plants that can be considered as national key structures. The axes of lifetime and data levels indicate the standardized information layers generated from the life-phase of civil infrastructure and the priority of data in the information layers, respectively. The standardized information layers are basically composed of reusable data sets defined by information models. A prototype of standard database for steel bridges is constructed based on the framework as a proof of concept. Demonstration examples such as data consistency check and automatic generation of a FEA model show that the proposed concept can assure the sustainable interoperability of civil infrastructure information as well as design information of steel bridges.

**Keywords:** *multi-layered database, civil infrastructures, standardized information layer, steel bridge*

---

### 1. 서 론

정보기술은 건설산업뿐만 아니라 다양한 산업분야의 신기술의 개발을 지속적으로 이끌어오고 있다. 특히 축적된 데이터와 정보 그리고 이를 기반으로 하는 지식기반의 업무처리 개념은 효과적이며 효율적인 업무처리를 가능하게 한다. 이와 같은 정보기술의 발전에 힘입어 건설산업에서 발생하는 다양한 업무처리의 혁신을 위해 많은 단위 시스템들의 개발이 지속적으로 이루어지고 있다. 특히, 최근에는 선진 사회적 니즈를 만족시키기 위한 다양한 목적의 정보화 사업 계획들이 사회기반시설물을 대상으로 빠른 속도로 추진되고 있다(이상호, 2007). 그러나 국가 자산이라는 공통된 분모를 가지고 개별적으로 구축된 데이터베이스는 국가적 위급 상황관리나 자산관리 측면에서 보다 고도화된 업무처리를 지원 위해서는 개별적으로 구축된 데이터의 상호

---

\* 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 박사과정 Email: bgkim@csem.yonsei.ac.kr

\*\* 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 석사과정 Email: jeffyi@csem.yonsei.ac.kr

\*\*\* 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 정교수 Email: lee@yonsei.ac.kr

운용을 위한 통합방안의 마련이 시급하다. 건설분야의 통합정보시스템에 대한 연구는 Wright(1988)이 CIC(Computer Integrated Construction) 개념을 처음 제시하면서 활성화되기 시작하였다. Sanvido와 Medeiros(1990)은 CIC를 위한 프레임워크를 제시하였으며, 이들은 CAD 데이터베이스를 CIC 구현의 핵심적인 틀로 선정하였다. 이후 많은 연구들에서도 객체지향개념에 따른 3-D 형상기반 CAD 모델이 건설정보의 통합의 핵심 모델로 적절한 것으로 보고하고 있는데, 최근 빌딩분야에서는 이슈가 되고 있는 Building Information Modeling 또한 객체지향개념에 따른 3-D 형상기반 CAD 모델을 기본으로 하고 있다. 이와 같이 객체지향개념에 근간을 둔 정보모델링 틀은 건설분야 정보의 통합운용에 핵심적인 틀로 자리매김하고 있으나, 대부분 빌딩만을 대상으로 연구되고 있으며, 다양한 사회기반시설물의 정보들을 통합적으로 운용하기 위해 공통적으로 활용할 수 있는 데이터베이스의 구축방안에 대한 연구는 미진한 형편이다. 본 논문에서는 강교량의 정보를 표준화하고 통합적으로 운용하기 위해 수행된 이전의 연구경험(Lee와 Jeong, 2006; Lee 등, 2006; 이상호 등, 2006a, 이상호 등, 2006b)을 바탕으로 사회기반시설물의 유지관리관점에서 필요한 정보의 통합운용을 지원하는 multi-layered 데이터베이스의 프레임워크를 제시하였다.

## 2. Multi-layered 데이터베이스의 프레임워크

### 2.1 Multi-layered 데이터베이스의 기본 구성요소

본 연구에서 정의하는 multi-layered 데이터베이스란 표준화된 레이어 체계로 구성된 논리적으로 통합된 데이터베이스를 의미한다. 그림 1은 사회기반시설물에 대한 multi-layered 데이터베이스의 기본 축을 나타낸 것으로 그림에 나타낸 바와 같이 크게 국가자산(national assets), 생애기간(lifetime) 및 데이터 레벨(data levels)의 3개의 축으로 구성하였다. 국가자산은 교량, 댐, 터널과 같은 각 단위시설물별로 구축되는 데이터베이스들을 나타내며, 이 데이터베이스들은 생애기간과 데이터 레벨로 이루어지는 표준화된 레이어체계를 기반으로 구축되는 것을 기본 전제로 한다. 생애기간은 해당 시설물의 생애기간 동안 수행되는 다양한 업무에서 활용되거나 생산되는 재활용이 가능한 데이터 집합을 의미하며, 데이터 레벨은 이와 같은 데이터 집합에 포함된 각 데이터의 중요도를 의미한다. 그림 2는 생애기간과 데이터 레벨로 이루어지는 레이어 체계를 보다 자세히 나타낸 것이다. 그림 2에 나타낸 바와 같이 생애기간은 계획, 설계, 시공, 유지관리 및 폐기로 크게 구분될 수 있으며, 각 생애기간동안 수행되는 다양한 단위 업무에 따라 도면 또는 문서형태로 생성되는 각종 정보의 데이터의 집합을 나타낸다. 선행 업무에서 생성된 정보를 이후 단계 업무에서 활용하는 연속적인 업무 프로세스나 자연재해에 대한 위기관리와 같이 임의적으로 발생하는 업무를 보다 신속히 지원하기 위해서는 인력에 의해 저장된 정보를 판독하고 목적에 맞게 재가공하여 정보를 활용하는 것 보다는 가능하면 응용프로그램에서 직접 재활용이 가능한 정보체제로 구축되는 것이 바람직할 것이다. 그러나 미래 개발될 지능화된 응용모듈의 개발을 예측하여 모든 데이터를 세분화하여 데이터베이스 테이블에 저장한다는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서 본 연구에서는 현실적으로 각종 응용모듈에서 활용도가 매우 높은 항목들과 그렇지 않은 항목들을 구분하여 단계적으로 데이터베이스 구축에 대한 전략을 수립할 수 있도록 데이터 레벨이라는 축을 설정하였다. 이와 같이 서로 다른 3개의 축으로 구분되는 데이터 집합을 통합적으로 운용하기 위해서는 각 축에 따라 분산된 데이터 집합간의 관계를 설명해 줄 수 있는 핵심 통합요소(key integrators)가 각 축에 따라 필요하다.

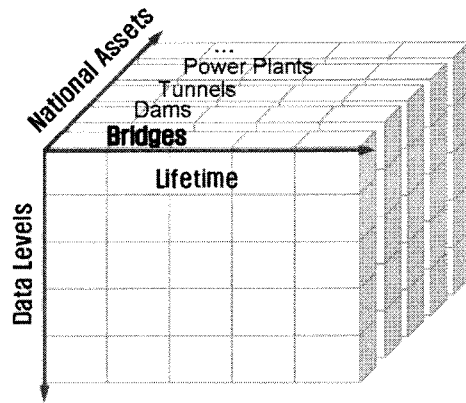


그림 1 Multi-layered 데이터베이스 구성 축

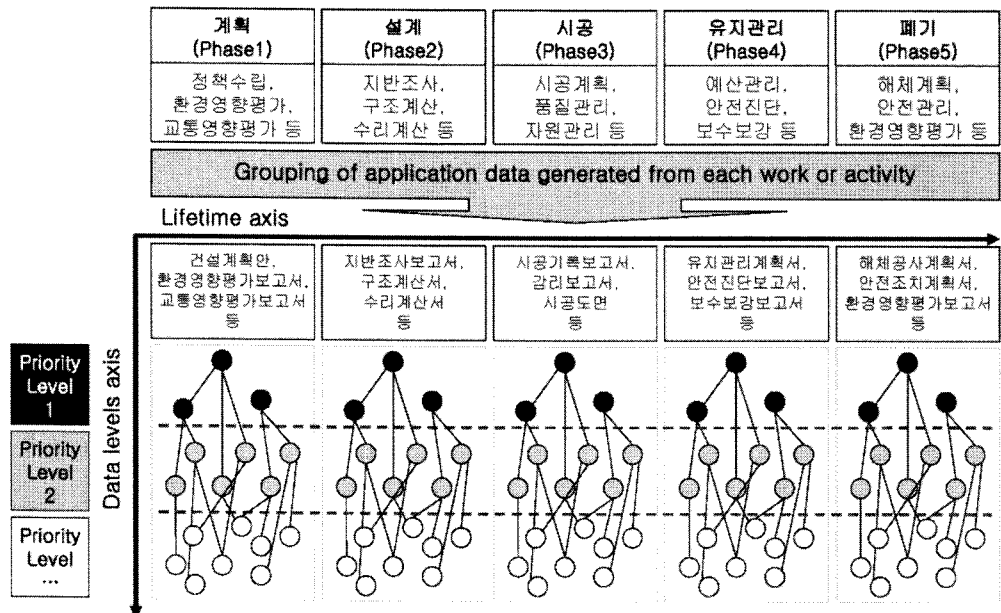


그림 2 생애기간과 데이터 레벨로 이루어지는 레이어 상의 데이터 집합에 대한 개념도

## 2.2 Multi-layered 데이터베이스의 정보 연계를 위한 핵심 통합요소들

본 연구에서 정의하는 핵심 통합요소란 multi-layered 데이터베이스 내에서 서로 다른 축에 따라 분산된 데이터 집합간의 관계를 정의할 수 있는 요소기술 또는 정보체계를 말한다. 앞서 2.1절에서 설명한 바와 같이 multi-layered 데이터베이스의 구성요소를 3개의 축으로 구성하였으므로 각 축에 따라 분포된 데이터 집합간의 연관성을 정의하기 위해서는 핵심 통합요소 또한 기본적으로 3개가 존재하여야 한다.

첫 번째로, 국가자산이라는 축과 관련해서는 GIS가 핵심 통합요소로 사용될 수 있다. GIS는 지구좌표계라는 고유의 위치정보를 기반으로 다양한 데이터를 다룰 수 있는 정보체계이다. 따라서 공간상에 흩어져 있는 사회기반시설물의 관계를 고유 좌표계와 표준화된 속성체계를 이용하여 정의할 수 있는데, 일례로서 GIS 체계를 이용하여 도로망에 분산된 교량 지진에 대한 취약도를 분석한 연구(이상호 등, 2006a)를 들 수 있다. 데이터 레벨에 따라 흩어져 있는 데이터 집합을 연계하는 두 번째 통합요소로서 표준화된 정보모델이 사용될 수 있다. 정보모델은 데이터 집합과 이를 구성하는 데이터 요소간의 관계를 표현한 것이다. 객체모델, 엔터티-관계 모델 그리고 XML 스키마 모델이 대표적인 정보모델의 형태이다. 정보모델의 표준화는 궁극적으로 데이터베이스의 스키마와 응용프로그램 입출력 정보의 포맷의 표준화를 의미하는 것이므로, 생애기간이 긴 사회기반시설물에 대한 정보모델 표준을 개발하는데 있어 국제적으로 공인된 개방형 표준을 활용하는 것이 multi-layered 데이터베이스의 지속적인 사용성을 확보하는 측면에서 유리하다. 마지막으로 생애주기에 따라 생성되는 정보를 연계하기 위해 사용될 수 있는 통합요소로서 표준화된 정보분류체계를 이용할 수 있다. 정보분류체계에 의한 코드는 오래전부터 건설 프로젝트에 참여한 팀들간의 정보교환에 핵심 역할을 담당해 오고 있으며, 국내의 경우 최근 건설교통부(2006)가 건설정보분류체계를 공고하였다. 이 건설정보분류체계는 크게 시설물, 공간, 부위, 공종, 자원의 7개의 분류면으로 구성되어 있다. ISO 12006-2(ISO, 1998)에서 제시한 건설정보 분류 항목간의 관계를 나타내는 개념모델에서는 시설물과 이를 구성하는 부위는 생애기간 동안 발생하는 모든 업무를 통해 산출되는 결과의 한 형식으로 정의되어 있다. 이는 곧 생애기간동안 생성된 데이터

집합은 모두 시설물 또는 이를 구성하는 부위를 나타내는 객체를 다루게 된다는 것을 의미한다. 따라서 생애 주기를 축으로 서로 다른 정보모델에 따라 저장된 데이터를 연계하기 위해서는 특히 물리적으로 시설물을 구성하는 요소를 의미하는 부위분류가 가장 핵심적인 통합요소로 사용될 수 있다.

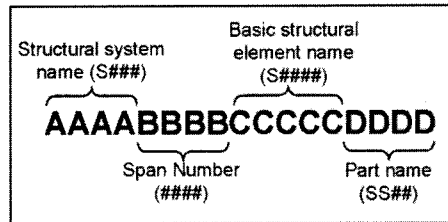
### 3. Multi-layered 데이터베이스 개념기반의 강교량 설계정보 시범 데이터베이스 구축

#### 3.1. 강교량의 설계정보를 대상으로 한 정보모델

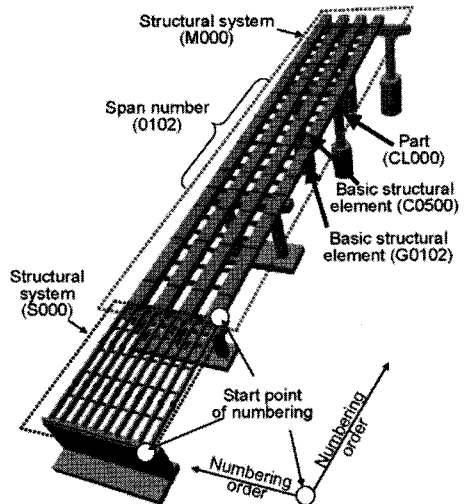
본 연구에서는 강교량의 설계정보를 표현하는 서로 다른 정보모델로서 STEP을 기반으로 개발한 강교량 제품정보모델(Lee와 Jeong, 2006)과 강교량의 구조계산서 문서정보를 위한 XML Schema(Lee 등, 2006)를 이용하였다. STEP 기반의 강교량 제품정보모델은 강교량의 구성 요소에 대한 3-D 기반 기하형상에 대한 정보와 물성정보를 나타낸다. Lee 등(2006)의 연구를 통해 개발된 강교량 구조계산서의 XML Schema는 기존에 실무에서 작성된 문서를 기반으로 개발한 것으로서 강교량의 구조계산 프로세스에 따른 목차로 이루어져 있다. 그러나 본 연구에서는 이를 강교량의 구성요소의 설계과정을 정의하는 complex type으로 구성하고 공통된 속성으로 설계요소에 대한 정보분류체계의 코드를 기입하기 위한 항목을 추가로 정의하여 사용하였다.

#### 3.2. 강교량의 세부 부위 분류체계

건설교통부(2006)에서 공고한 분류체계의 경우 강교의 보강재(stiffener)와 같은 세부 설계요소가 표현되어 있지 않으며, 동일한 속성을 가지는 구성요소라도 실제로는 여러 개의 요소가 동시에 존재하게 된다. 즉, 동일한 단면을 가진 교각이 실제로는 여러 개가 건설되고 유지관리 시에는 개별적인 객체로 취급된다. 따라서 본 연구에서는 그림 3(a)에 나타낸 바와 같이 강교량의 세부 부위를 표현할 수 있도록 시범 코드체계를 설정하여 교량설계정보 모델링에 활용하였다. 그림 3(b)는 설정된 코드체계에 따라 부여된 각 부위요소별로 부여된 코드의 사례를 나타낸 것이다. structural system은 연속구간을 가지는 구조계를 나타낸 것으로서 'S000'의 경우 교량의 시점에 접근하는 구조물의 구분을 나타내며, 'M000'의 경우 본교의 첫 번째 구조계를 나타낸다. span number는 각 구조계에서 시작되는 지점과 끝나는 종점의 지점 번호를 일련번호로 나타낸 것으로 시작점과 종점이 같은 경우 해당 구조계에서의 지점을 나타낸다. Basic structural element는 강교량의 상하부 구조물의 주요 구성요소를 나타내며, part는 다시 각 주요 구성요소를 이루는 세부 부위를 나타낸다.



(a) 강교량 부위 코드체계의 예



(b) 강교량 부위별 코드의 예

그림 3 강교량 세부 부위분류체계 사례

#### 3.3. 강교량 설계정보의 데이터베이스 구축

본 연구에서는 이상호 등(2006b)의 연구에서 개발된 변환모듈들을 이용하여 강교량에 대한 설계정보의 데이터베이스를 구축하였다. 구조물은 한남대교의 복단 첫번째 구간과 시해대교의 사장교 구간을 대상으로 하

었다. STEP 기반 강교량의 제품정보모델에 따른 STEP 파일을 생성하기 위해 AutoCAD를 기반으로 개발한 교량정보 모델링 툴을 이용하였으며, 3.1에서 설명한 구조계산서의 XML Schema에 따른 구조계산서 XML 파일은 Altova사에서 개발한 XMLSpy를 이용하여 작성하였다. 그림 4는 한남대교의 강관형교 구간의 상부 구조의 주거터 형상을 모델링하는 사례이며, 그림 5는 시해대교 사장교 구간의 주요부재에 대한 모델링을 수행한 후 STEP 파일로 저장하는 사례를 나타낸 것이다.

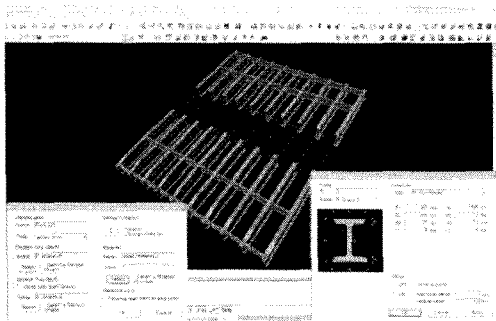


그림 4 한남대교 주거터 형상 모델링 사례

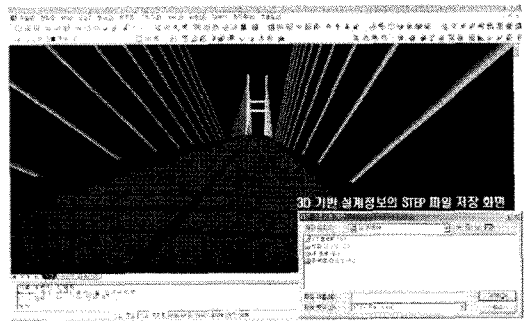


그림 5 서해대교 주요 구성요소 모델링 사례

### 3.4 강교량 설계정보의 통합운용 사례

2장에서 제시된 multi-layered 개념에 따라 시범적으로 구축된 강교량 설계정보의 통합운용사례를 그림 6 과 7에 나타내었다. 그림 6은 3.2에서 설명한 부위별 분류체계에 따라 모델링된 한남대교의 STEP 기반 제품 정보모델에 따른 형상정보와 XML 기반 구조계산서 스키마에 따라 저장된 구조계산서의 단면 치수를 비교 하여 상호간의 일치성을 검토한 사례를 나타낸 것이다. 동일한 설계단계에 생성되는 정보라 할지라도 분업화 된 현재의 실무현황을 고려할 때 데이터의 일치성을 검토하는 응용사례는 데이터베이스에 저장되는 데이터의 신뢰도를 높일 수 있는 하나의 방법으로 사용될 수 있을 것이다. 이와 같이 신뢰도가 검증된 데이터는 다양한 업무에 맞는 포맷으로 가공되어 재활용될 수 있는데, 그림 7은 데이터베이스에 저장된 서해대교 사장교 구간의 형상정보와 물성정보를 이용하여 CIS/2 표준포맷으로 재생성하고, 인터넷 환경에서 사용자가 구조해 석 모델링 정보를 제공받을 수 있도록 하는 응용 사례를 나타낸 것이다. 인터넷 환경을 통하여 구조해석 모 델링 정보를 재생성하는 응용사례의 경우 자연재해 또는 사고에 따른 구조물의 안전성을 신속히 판단할 수 있도록 지원할 수 있으며, 특히 주기적으로 수행되는 안전진단 시 검증된 데이터와 비교하여 교량의 노후정 도나 손상여부를 판단하는데 활용성이 매우 클 것으로 판단된다.

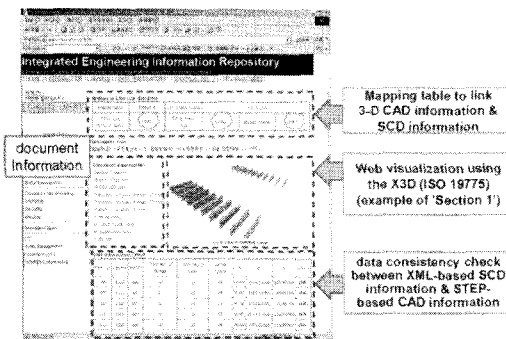


그림 6 설계정보의 데이터 일치성 검토 사례

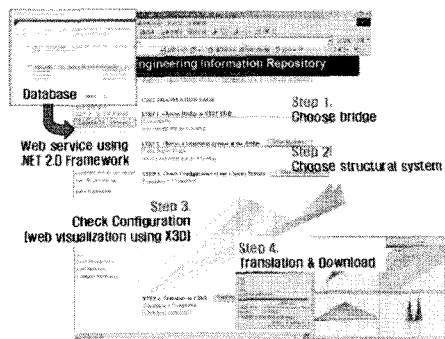


그림 7 구조해석 모델링 정보 재생성 사례

#### 4. 결 론

본 논문에서는 강교량의 설계정보뿐만 아니라 유지관리관점에서 사회기반시설물의 생애주기 동안 생산되는 다양한 정보의 통합운용을 목적으로 하는 multi-layered 데이터베이스 개념을 제시하였다. multi-layered 데이터베이스의 기본 구성 축은 국가자산항목, 생애기간 및 데이터레벨로 정의하였으며, 이들의 각 축에 따라 분산된 데이터 집합간의 상호 연계에 필요한 핵심 통합요소로서 지리정보시스템, 정보모델 그리고 정보분류체계가 사용될 수 있음을 설명하였다. 제안된 개념을 바탕으로 한남대교의 일부구간과 서해대교 사장교구간의 주요 구성요소들에 설계정보를 시범 데이터베이스로 구축하였으며, 구축된 데이터베이스의 정보를 인터넷 환경에서 통합적으로 운용하는 시범을 보였다. 본 연구에서 제시된 multi-layered 데이터베이스의 개념은 국가 자산관리를 위한 사회기반시설물 정보의 통합 데이터베이스 구축 전략 수립에 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 건설교통부에서 실시한 건설핵심기술연구개발사업(교량설계핵심기술연구단)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 2007년도 교육인적자원부 BK21사업의 일환인 연세대학교 사회환경시스템공학부 미래사회기반시설 산학연공동사업단의 부분적인 지원을 받았음.

#### 참고문헌

- 건설교통부 (2006) 건설정보분류체계 적용기준, 건설교통부 공고 제 2006-281호, 건설교통부.
- 이상호, 김봉근, 정동균 (2006a) 도로교의 GIS 기반 지진피해평가체계 구축을 위한 데이터베이스 설계, 한국지진공학회 논문집, 10(3), pp.135~147.
- 이상호, 정연석, 김봉근 (2006b) 교량 유지관리 지원을 위한 CAD/CAE 정보와 엔지니어링 문서정보의 통합 데이터베이스, 한국CAD/CAM학회논문집, 11(3), pp.183~196.
- 이상호 (2007) 토목분야 건설정보화 사업의 미래 방향 및 활성화 전략, 대한토목학회지, 55(2), pp.138~146.
- ISO (1998) *ISO 12006-2: Building construction organization of information about construction works—framework for classification of information*, ISO, Geneva.
- Lee, S.-H. and Jeong, Y.-S. (2006) A system integration framework through development of ISO 10303-based product model for steel bridges, *Automation in Construction*, 15(2), pp.212~228.
- Lee, S.-H., Kim, B.-G., Kim, D.-H. and Jeong, Y.-S. (2006) Development of standardized semantic model for structural calculation documents of bridges and XML Schema matching technique, *Proceedings of the Third International Conference on Bridge Maintenance Safety and Management, Life-Cycle Performance and Cost*, pp.633~634, CD Rom paper P-228 (8 pages).
- Sanvido, V.E. and Medeiros, D.J. (1990) Applying computer integrated manufacturing concepts to construction, *Journal of Construction Engineering and Management*, 116(2), pp.365~379.
- Wright, R.N. (1988) Computer integrated construction, *IABSE Proceedings P-123/88*, Zurich, Switzerland, pp.17~25.