# 1 BIM(Building Information Modeling)의 파라메트릭 모델링 기법

**글** 전승민 \ 토목기술팀 대리 \ **전화** 02-3433-7785 \ **E-mail** seungmin79@ssyenc.com
**글** 김동욱 \ 중앙대학교 토목공학과 박사과정 \ **전화** 070-8635-4661 \ **E-mail** clearup7@cau.ac.kr

## 1. 머리말

BIM(Building Information Modeling)은 건설업계에서 업무를 수행하고 있는 사람에게는 더 이상 생소한 단어가 아니다. 과거에 BIM이라고 하는 것은 사용하는 목적에 따라서 Building Information Model 또는 Building Information Management 등으로 사용되었으나, 최근의 추세는 3차원 모델 및 정보를 생성하고 이를 활용 또는 재사용하는 과정에까지 의미를 두고 있다고 통념적으로 사용되기 때문에 Building Information Modeling이라고 한다.

BIM에서 가장 많은 업무량을 가지고 있으면서 가장 중요한 부분은 모델링 작업이다. BIM의 90퍼센트 이상은 모델링이 차지한다고 해도 무방할 것이다. 그렇다면 어떻게 모델링을 보다 사용자의 용도에 맞도록 정확하고 효율적으로 할 것인가에 대해 고민해 볼 필요가 있다.

시공사가 BIM 조직을 운영하고 활용하는 목적은 3차원 모델을 활용한 시각적 검토와 자동간섭 검토 기능을 통한 시공 전 사전 오류제거 및 정확한 물량산출이다. 설계사에서 받은 구조물 모델을 시공사 용도에 맞게 다시 모델링 하는데 이를 전환설계라고 한다. 이러한 전환설계 과정을 불필요한 추가 작업으로 보는 것이 아니라 설계에 오류가 있나 없나를 검토하고 다른 문제점도 찾아 개선하는 VE(Value Engineering) 과정으로 활용하게 된다.

많은 건설사들은 대형 건설 프로젝트들을 수행함에 있어서 BIM의 활용을 통하여 생산성 향상을 도모하며, 이에 따른 시간과 비용 절감 효과를 극대화시키기 위해 지속적인 연구와 개발을 하고 있다.

BIM을 도입하는 본질적인 이유는 보다 좋게, 빠르게, 싸게, 안전하게 구조물을 짓고 이윤을 남기는 것이다. 이를 위해서는 BIM의 핵심기술인 파라메트릭(Parametric) 모델링, 정보호환(정보 재사용) 등을 다루는 것이 매우 중요하다.

BIM을 구성하는 여러 기술 중에서도 생산성을 높이는 기술은 라이브러리(Library) 모델링과 파라메트릭(Parametric) 모델링이라 할 수 있다.

본고에서는 BIM의 핵심기술 중 하나인 파라메트릭 모델의 동향 및 토목분야의 적용방안에 대한 예시를 살펴보고자 한다.

## 2. 정보의 재활용과 생산성 향상

BIM에 대한 정의는 여러가지로 생각해 볼 수 있는데 BIM의 아버지라 불리는 미국의 척 이스트만 교수는 시설물의 전자적 표현이라는 말로 표현했고, 어떤 사람은 시각적 협업, 리허설, 정보덩어리 라는 말로 정의 한다. 각 나라마다 또는 각 기관마다 서로 다른 정의를 내리고 있다. 각각의 정의들이 공통적으로 함축하고 있는 내용을 요약하면 아래와 같다.

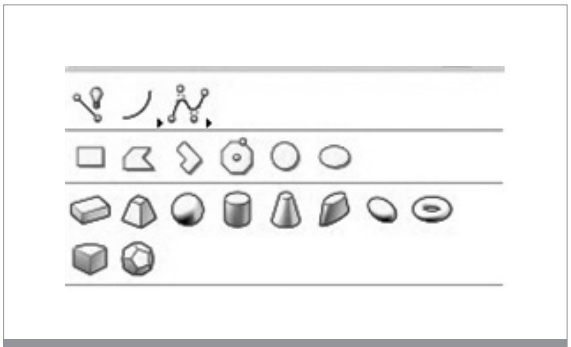
1) 3차원적인 디지털 표현
2) 정보나 객체의 속성을 포함
3) 파라메트릭화된 라이브러리
4) 정보의 재활용성

우리는 어떠한 정보를 객체에 입력을 하고, 이러한 정보를 가진 객체를 어떻게 보다 효율적으로 만들고 사용하는지에 대하여 고

민할 필요가 있다. 아직까지는 건설의 많은 부분이 2차원 기반의 작업환경으로 이루지고 있지만 점차 3차원 기반의 작업 시스템으로 전환될 것으로 예상이 된다. 3차원 기반의 작업환경이 만들어지면, 설계 또는 시공 엔지니어들은 2차원 기반의 도면 생성 및 수정과 같은 업무를 3차원 기반의 모델 생성 및 수정이라는 업무로 대체가 될 것이다. 또한, 기존 2차원 도면에서는 없었던 작업 초기(3차원 모델 생성 및 정보 입력)에 많은 시간과 노력이 들어갈 것이다. 그런데 기존에 만들어진 BIM 정보의 일부를 수정하여 다시 사용할 수 있다면, 즉 기존에 만들어진 정보를 재활용할 수 있다면 그로 인하여 절감되는 경제효과는 매우 클 것이다.
파라메트릭 모델링은 2차원 기반의 작업환경에서 3차원 기반의 작업환경으로 전환되면서 생기는 3차원 모델 생성이라는 사용자의 업무 부담을 줄이고, 업무의 효율성을 높일 수 있는 모델링 기술이다.

## 3. 다이렉트 모델링과 파라메트릭 모델링

다이렉트 모델링은 [그림 1]과 같이 이미 프로그램에서 만들어진 형상을 사용자가 빠르게 선택하고, 형상 구성에 필요한 수치값을 입력하는 방법으로 작업속도가 빠르고 즉각적으로 형상 구현이 가능하다.



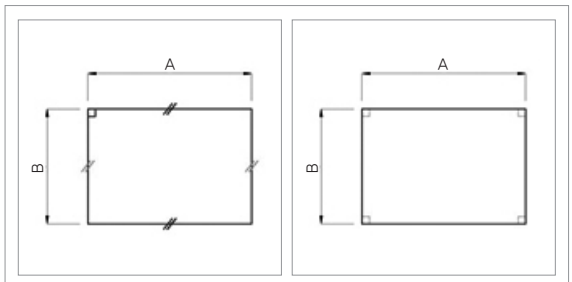
[그림 1] 다이렉트 모델링 아이콘

반면, 파라메트릭 모델링(Parametric Modeling)은 BIM 모델 저장소(Product Repository Sever), 정보호환(Interoperability)과 함께 BIM 시스템을 구성하는 주요 기술 중 하나이다.
파라메트릭 모델링의 '파라메트릭'은 '파라미터(Parameter)'라는 단어에서 나온 것으로, 매개변수를 활용한 모델링을 의미한다. 여기서 매개변수란 우리가 도면에서 접하는 '치수(Dimension)'를 의미하며, 매개변수를 이용한 모델링이라 하여 '변수모델링'이라고도 한다. '파라메트릭'이라는 범위를 확대하게 되면 모델을 구성하고 있는 최하단위의 객체(점, 선, 면)들 사이에 종속(접속, 수직, 평형 등) 및 상호 연관된 변수(거리, 각도, 함수 등)를 부여하여 생성할 수 있다. 생성된 객체는 미리 정의된 변수의 수정을 통하여, 제약된 조건에 벗어나지 않는 범위 안에서 그 형상을 쉽게 바꿀 수 있다.
파라메트릭 모델링은 아래와 같은 과정을 통하여 구현할 수 있다.

1) 대상 구조물의 변화를 분석
2) 필요 변수와 속성을 정의
3) 최적화된 변수와 상호관계를 설정
4) 구조물 모델에 적용

파라메트릭 모델링은 기존에 만들어진 임의의 객체에 정의되어 있는 각각의 길이, 각도 등과 같은 형상 조건들의 값을 사용자의 요구에 따라 값을 수정하여 그 크기를 바꾸는 것이다. 여기서 크기를 바꾼다는 말은 원래의 형상은 그대로 유지하고 있음을 내포하고 있다. 예를 들어 [그림 2]와 같이 아래 직사각형 모양의 객체는 가로길이(A)와 세로길이(B)라는 2가지의 변수를 가지고 있고, 직사각형의 모양을 유지하기 위해 아래와 같은 기본 제약조건이 있다.

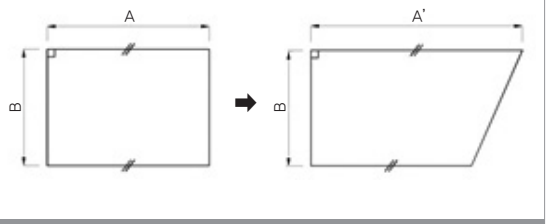
제약조건 ① : 마주보는 두 선분은 평행하다.
제약조건 ② : 이웃한 선분이 이루는 각도는 직각이다.
또는
제약조건 ① : 4개의 선분이 이루는 모든 내각이 직각이다.




(a) 사각형 형성조건 1　　(b) 사각형 형성조건 2

[그림 2] 직사각형 형상의 변수와 제약조건

하나의 평면에서 구성되는 직사각형을 변수와 제약조건을 가지고 모델링을 하려면 [그림 2]와 같이 2개의 변수와 3개((a) 경우) 또는 4개((b) 경우)의 제약조건이 필요하다. 만약 (a)의 조건인 '마주보는 두 선분은 평행하다.'라는 조건을 '마주보는 한 선분만 평행하다.'로 제약조건을 풀어주게 되면 변수 A를 A'로 수정했을 때, 직사각형은 [그림 3]과 같이 원래의 형상을 잃게 될 것이다.




[그림 3] 부족한 제약조건에 따른 형상 변형

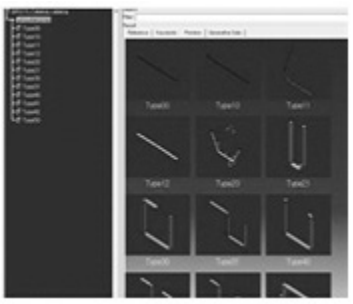
이와 같이 임의의 형상을 가지는 객체를 파라메트릭 모델링 기법으로 작업 시, 어떠한 변수를 정의할 것인가와 이에 따라 어떠한 제약조건을 설정하느냐는 추후 변수 운영에 있어서 중요한 문제이다.

## 4. 토목분야의 파라메트릭 모델링

토목분야에서의 파라메트릭 모델링은 철근 모델링에 가장 잘 적용되어 사용되고 있으며, 콘크리트 및 강재와 같이 구조물의 외형 모델링에서는 아직 연구단계라 할 수 있다.

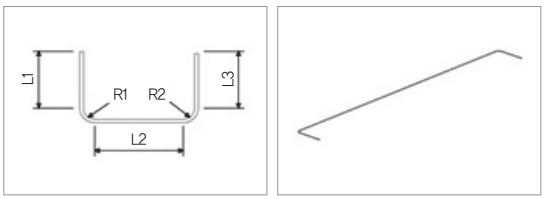
### 4-1. 철근 파라메트릭 모델링

파라메트릭 모델링에 있어서 철근 모델링은 구조물의 외형 모델링보다 고려해야 될 변수의 개수가 적고 그 형상이 제한적이어서 라이브러리화 작업이 용이하다. 그리고 임의의 철근 형상을 이루는 변수는 직경, 길이, 굽힘 각도, 굽힘 개수로 그 개수가 많지 않다. [그림 4]는 각 'ㅣ'자 철근, 'ㄱ'자 철근 및 'ㄷ'자 철근 등 여러 형상의 철근들을 변수를 넣어 라이브러리화 시킨 것으로, 처음에 한번만 파라메트릭 모델링 기법으로 모델을 구성하여 라이브러리에 추가를 시키면 추후 같은 형상의 철근을 간단한 변수 변경만으로 사용자가 원하는 철근 모델을 만들 수 있다.



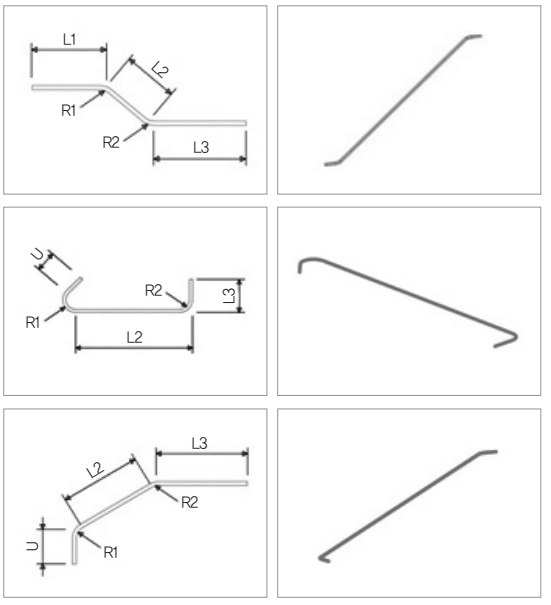
[그림 4] 철근 라이브러리

[그림 5]는 두 번 절곡된 철근의 일반적인 형상과 그에 따른 변수(길이변수 : L1, L2, L3, 각도변수 : R1, R2)이며, [그림 6]은 각각의 변수를 수정하는 것만으로 나타낼 수 있는 철근의 형상이다.




(a) 2차원 형상 변수 (b) 3차원 형상

[그림 5] 2번 절곡된 철근의 형상 변수




(a) 2차원 형상의 수정된 변수 위치 (b) 3차원 형상

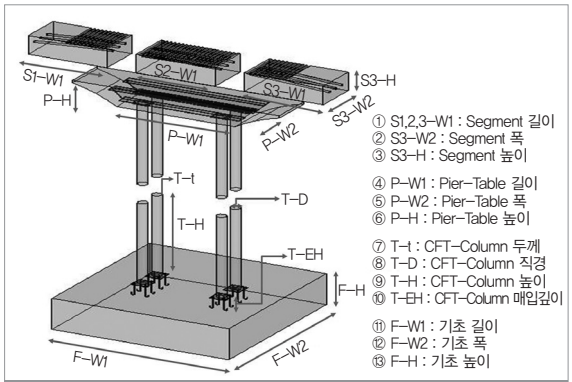
[그림 6] 변수 수정에 따른 형상 변경

### 4-2. 교량 하부구조 파라메트릭 모델링

토목분야의 여러 구조물 중에서도 교량을 대상으로 하는 연구가 많다. 형식과 공법이 다양한 상부구조물 보다는 다양성과 복잡성이 덜한 하부구조물을 대상으로 많은 연구와 테스트가 이루어지고 있다. 하부구조물 중에서도 모듈(Module)화되어 공장 또는 제작장에서 프리캐스트(Precast)로 제작 후, 현장에서 조립되는 공법에 적용되어 연구가 되고 있다. 모듈러화된 하부구조는 최근 도심의 노후화된 교량의 교체나 신설 교량의 시공 시 공기단축 및 비용절감의 중요성으로 대두되어 기존 기술의 대안으로 제시되었다.

모듈러 교량은 표준화된 모듈을 사전에 제작하여 이를 현장에 맞게 신속한 수정과 부재 생산이 가능해야 한다. 이러한 이유로 표준화된 모듈화 교량 제작에는 설계단계에서 요구되는 구조상세 고려사항과 제작 및 시공단계에서 요구되는 필수 고려사항을 변수화하여 각 모듈에 입력되었다.

모듈러 교량의 하부구조(김동욱, 2012)의 분류는 [그림 7]과 같이 분류체계를 바탕으로 Pier Cap, Column 및 Foundation으로 구분하여 다양한 영향인자에 따른 변수모델링을 구축하였다. 영향인자에 따른 변수로 아래와 같다.




[그림 7] 모듈러 교량의 하부구조 3D 모델링 정의

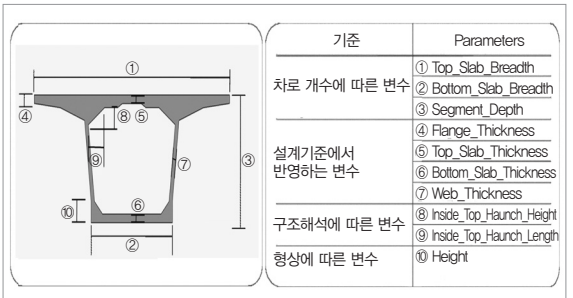
표 1 모듈러 교량의 분류체계

| 구분 | 분류체계 |
|---|---|
| 1 | 기둥에는 강도와 상세 기준을 만족하는 두께, 직경 및 길이가 있고, 이에 바탕을 둔 내진 검토가 있다. |
| 2 | 구조해석과 연동을 통하여 브레이싱의 위치 및 단면 제원이 결정되어야 한다. 브레이싱과 기둥 부재의 연결 상세가 요구된다. |
| 3 | CFT 부재와 연결되는 Pier Table에서는 매입되는 H형강의 치수 및 강재 단면과 연결부 볼트의 직경 및 배치가 설정된다. |
| 4 | Pier Cap Segement는 길이, 폭, 높이, 긴장재 단면 및 배치가 주요 변수가 된다. |

### 4–3. 교량 상부구조 파라메트릭 모델링

교량 상부구조는 형상이 다양하여 본고에서는 콘크리트교와 강교 각각 하나씩 설명하였다.

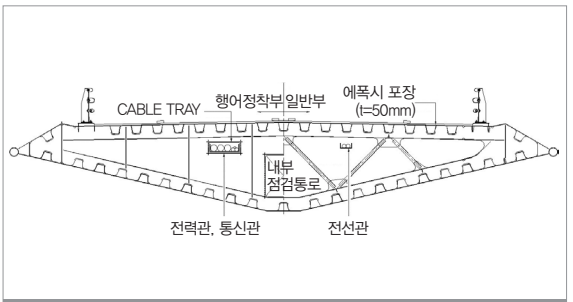
먼저 콘크리트교는 PSC 1Cell 박스 거더를 대상으로 파라메트릭 모델링을 소개하려 한다. PSC 1Cell 박스 거더에서도 상세에 따라 수 많은 변수를 고려해야 하기 때문에 PSC 1Cell 박스 거더의 단면 변화를 분석하여 슬래브 길이, 거더 깊이 및 플랜지 두께 등 공통적으로 사용되는 변수들을 추출하여 [그림 8]과 같이 정의하였다.




| 기준 | Parameters |
|---|---|
| 차로 개수에 따른 변수 | ① Top_Slab_Breadth |
| | ② Bottom_Slab_Breadth |
| | ③ Segment_Depth |
| 설계기준에서 반영하는 변수 | ④ Flange_Thickness |
| | ⑤ Top_Slab_Thickness |
| | ⑥ Bottom_Slab_Thickness |
| | ⑦ Web_Thickness |
| 구조해석에 따른 변수 | ⑧ Inside_Top_Haunch_Height |
| | ⑨ Inside_Top_Haunch_Length |
| 형상에 따른 변수 | ⑩ Height |

[그림 8] PSC 박스 거더 단면의 공통 변수

강교의 보강형 거더는 보강형 거더를 구성하고 있는 각각의 부재들을 제작 후, 용접이나 볼팅으로 연결하는 프로세서를 가지고 있어 거더 전체가 하나의 객체로 만들어지는 콘크리트 거더 보다 상대적으로 쉽게 파라메트릭을 적용할 수 있다. [그림 9]는 일반적인 강교의 보강형 거더의 일반도이고, [그림 10]은 보강형 거더 재료표의 일부이다.

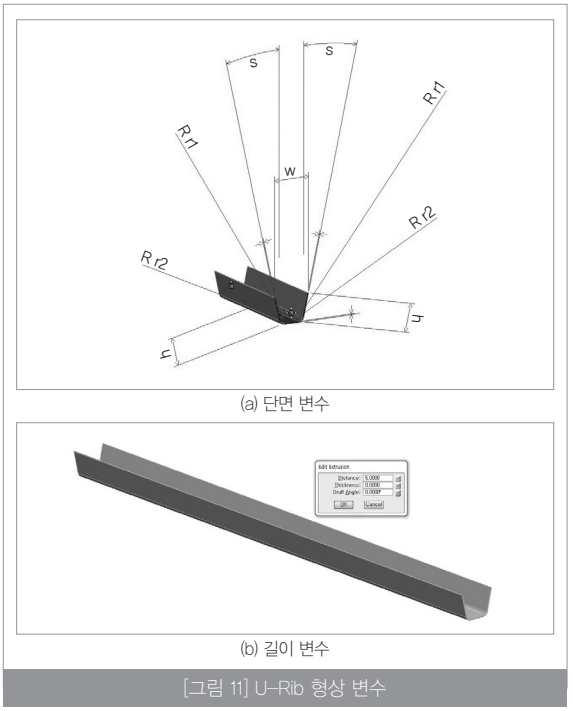



[그림 9] 보강형 거더 일반도

| | |
|---|---|
| ① 1–DIA PL 6,529x10x2,686 (SM490B) | ⑩ 4–H STIFF 120x10x1,884 (SM490B) |
| ② 2–DIA PL 3,476x10x1,997 (SM490B) | ⑪ 1–H STIFF 120x10x1,862 (SM490B) |
| ③ 2–DIA PL 960x10x1,166 (SM490B) | ⑫ 2–V STIFF 100x10x1,393 (SM490B) |
| ④ 2–V STIFF 150x12x1,258 (SM490B) | ⑬ 1–H STIFF 100x10x1,260 (SM490B) |
| ⑤ 2–V STIFF 150x12x1,739 (SM490B) | ⑭ 2–V STIFF 100x10x1,090 (SM490B) |
| ⑥ 2–V STIFF 150x12x2,221 (SM490B) | ⑮ 2–H STIFF 100x10x1,090 (SM490B) |
| ⑦ 2–H STIFF 120x10x1,864 (SM490B) | ⑯ 2–V STIFF 100x10x360 (SM490B) |
| ⑧ 5–H STIFF 120x10x1,838 (SM490B) | ⑰ 2–H STIFF 100x10x560 (SM490B) |
| ⑨ 2–H STIFF 120x10x1,911 (SM490B) | |

[그림 10] 보강형 거더 재료표

재료표에서 보듯 보강형 거더의 많은 부분은 사각형 형태의 단면을 가진 부재들로써 변수화 하기가 수월하다. [그림 11–(a)]처럼 U–Rib의 단면을 두께(T), 절곡 곡률(R), 폭(W) 및 높이(H)로 모두 변수로 정의하였고, 2차원 형태의 단면에 길이(L) 방향으로 변수를 정의하여 3차원화 하였다.

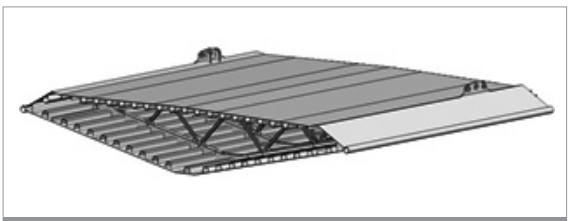



(a) 단면 변수

(b) 길이 변수

[그림 11] U-Rib 형상 변수

보강형 거더를 구성하고 있는 각각의 부재들을 위와 같은 방법으로 모델링 후, 블록을 조립(Assembly)하는 것과 부재의 올바른 위치에 놓으면 [그림 12]와 같은 하나의 거더 세그먼트가 완성된다.
각 변수로 정의된 숫자들은 Add-In 프로그램을 통하여 단면의 면적이나 3차원 형상을 가진 구조물의 체적을 계산할 수 있는 수치를 제공함으로써 자동으로 수량을 산출할 수도 있다.



[그림 12] 보강형 거더

## 5. 맺음말

파라메트릭 모델링의 가장 큰 장점은 사전에 정의된 변수의 간단한 수정만으로 사용자가 원하는 형상으로 모델을 변경하여 모델링 작업에 소요되는 시간을 획기적으로 줄일 수 있다는 것이다. 하지만 모델에 너무 많은 변수나 제약조건을 주거나, 변수 사이에 많은 연관관계는 추후 재사용 시 변수화된 모델링을 이해하고 파악하는데 많은 시간이 소요된다. 따라서 변수와 제약조건을 설정할 때에는 일정한 규칙을 가지고 있어야 하며, 형상이 복잡하고 변수가 복잡하게 정의되어야 하는 경우 파라메트릭 모델링을 사용하기 보다는 다이렉트 모델링과의 적절한 혼용으로 모델링의 효율성을 높여야 하겠다.

참고문헌

❶ 이강, 43가지 질문으로 읽는 BIM, 픽셀하우스
❷ 김민석, 이윤범, 이광명, 박영하, 박민석, PSC 박스 거거 교량의 3차원 파라메트릭 모델링 기법 적용 연구, 대한토목학회 정기학술대회, 2007
❸ 김동욱, 정동기, 심창수, 모듈러 교량 하부구조를 위한 3차원 변수모델의 개발, 한국BIM학회 논문집 2권 2호, 2012