R&D / 08정책인프라C02-08

BIM 기반 골조공사 관리시스템 ConiForm 개발 최종보고서

2010. 02. 28.

주관연구기관 / (주)창민우구조컨설탄트
협동연구기관 / 선문대학교 산학협력단

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

Construction & Transportation R&D Report

제 출 문

국토해양부장관 귀하

이 보고서를 “BIM 기반 골조공사 관리시스템 ConiForm 개발 ”의 보고서로 제출합니다.

2010 . 02. 28.

주관연구기관 : (주)창민우구조컨설탄트
주관연구책임자 : 김 종 호
연구원 : 최 철 명
박 주 희
안 다 운
김 보 람
이 현 욱
전 우 진
이 상 수
최 현 철
김 신 웅
협동연구기관 : 선문대학교 산학협력단
협동연구책임자 : 김 치 경
연구원 : 이 병 권

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>08정책인프라C02-08</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2009. 8. 31.
~2010. 2. 28.</td><td>단 계 구 분</td><td>2/2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">건설교통R&D정책인프라사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">BIM 기반 골조공사 관리시스템 ConiForm 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">김종호</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 12명
내부 : 8명
외부 : 4명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 :101,875 천원
기업 :67,917 천원
계 :169,792 천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 22명
내부 : 13명
외부 : 9명</td><td>총연구비</td><td>정부 :180,000 천원
기업 :120,001 천원
계 :300,001 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">(주)창민우구조컨설탄트
기술연구소</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">(주)창민우구조컨설탄트</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명 :</td><td colspan="2">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="3">연구기관명 :</td><td colspan="2">연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">건축물은 골조, 마감, 설비 3요소로 구성되며, 이 3요소 중 골조는 마감과 설비가 구현되는 기반으로서 합리적인 구조설계와 효율적인 골조공사는 건축물의 품질 확보와 건설비 절감을 위한 핵심요소기술이다. 특히 마감과 설비 부분은 재료비의 비중이 높아 재료의 품질을 유지하며 원가를 절감하는 데에 한계가 있으나, 골조공사는 합리적인 설계와 공사관리를 통하여 요구되는 성능을 만족시키면서 원가를 절감할 가능성이 높은 부분이다. 이에 본 연구개발에서는 구조설계, 철근배근시공도 작성, 골조 물량 산출, 3D BIM 모델 생성 등 기존에 독립된 업무로 수행되던 골조공사 관련 엔지니어링 업무들 통합 수행하는 골조공사 관리시스템 ConiForm 개발을 목표로 한다. ConiForm은 그림 1에서 보는 바와 같이 2차원 CAD로부터 3D 골조모델 생성, 3D 모델로부터 철근의 이음/정착/철근길이 등을 반영한 철근배근시공도 및 가공도 작성, 골조물량산출, 3D BIM 도구와의 연동 등을 포함한다.
ConiForm의 활용으로 관련업무의 생산성은 500% 이상 향상되고, 정밀한 배근시공도 작성과 공사관리로 골조물량의 5~10% 절감이 기대된다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">철근배근, 구조설계, 건설정보모델, 골조공사, 물량산출</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">rebar placement, structural design, BIM, structure construction, quantity take-off</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제목

- BIM 기반 골조공사 관리시스템 ConiForm 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적

- 건축물은 골조, 마감, 설비 3요소로 구성되며, 이 3요소 중 골조는 마감과 설비가 구현되는 기반으로서 합리적인 구조설계와 효율적인 골조공사는 건축물의 품질 확보와 건설비 절감을 위한 핵심요소기술이다.
- 특히 마감과 설비 부분은 재료비의 비중이 높아 재료의 품질을 유지하며 원가를 절감하는 데에 한계가 있으나, 골조공사는 합리적인 설계와 공사관리를 통하여 요구되는 성능을 만족시키면서 원가를 절감할 가능성이 높은 부분이다.
- 이에 본 연구개발에서는 구조설계, 철근배근시공도 작성, 골조 물량 산출, 3D BIM 모델 생성 등 기존에 독립된 업무로 수행되던 골조공사 관련 엔지니어링 업무들 통합 수행하는 골조공사 관리시스템 ConiForm 개발을 목표로 한다.
- ConiForm은 그림 1에서 보는 바와 같이 2차원 CAD로부터 3D 골조모델 생성, 3D 모델로부터 철근의 이음/정착/철근길이 등을 반영한 철근배근시공도 및 가공도 작성, 골조물량산출, 3D BIM 도구와의 연동 등을 포함한다.
- ConiForm의 활용으로 관련업무의 생산성은 500% 이상 향상되고, 정밀한 배근시공도 작성과 공사관리로 골조물량의 5~10% 절감이 기대된다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

- 세계 최초로 3차원 BIM 모델로부터 KBC2008 기준에 의거 철근의 이음, 정착, 철근정척길이를 고려한 3차원 철근샵을 자동생성하는 기술 개발
- 건축도면과 부재 리스트 등 이미 생성된 구조설계 데이터를 바탕으로 배근시 철근 가공도를 자동 작성하는 철근상세 프로그램
- 3차원 골조설계정보를 이용한 합리적인 철근상세를 작성하고 정밀 물량 및 견적을 자동으로 산출
- 2차원 설계정보(구조도면, 구조계산서)로부터 3차원 골조모델을 최단 시간에 전환, 생성하는 기술 개발
- ArchiCAD 및 Revit Structure로 작성된 BIM 모델을 Midas, ETABS, 및 창소프트와 공동연구로 자체 개발한 건축구조설계 통합시스템 SDP와 연계하는 기술
- 국내 최초로 개방형 BIM 기반 설계정보 유통 포맷인 IFC 포맷을 이용하여 골조

설계정보를 통합 BIM 도구와 유통시킬 수 있는 기술 자체 개발

Ⅳ. 활용 계획

□ 골조공사 관련 통합엔지니어링 통한 업무 생산성 향상

- ConiForm의 활용으로 2차원 설계도서를 기반으로 3D BIM 모델을 구성하는 3D 전환, 골조 물량산출, 철근배근상세 설계 업무를 통합적으로 수행할 수 있다.
- SDP 내에 데이터베이스화되어 있는 골조설계정보를 공유하며 활용함으로써 업무 생산성이 400~500% 정도 향상될 수 있다.

□ 골조 물량 절감

- SDP의 통합설계 기능을 이용하여 다양한 구조계획 대안을 생성하여 비교하고 실시간 응력비 검토 및 재설계 등을 통하여 골조를 최적화함으로써 골조물량을 절감한다.
- 3차원 모델에 기반한 최적화된 철근의 이음/정착과 가공 조합을 통하여 철근 손실율을 최소화함으로써 철근 물량을 절감한다.
- 구조설계/물량산출/철근배근상세설계/3D 전환 등에 대한 통합 엔지니어링으로 관련 업무 수행 시간과 비용을 절감하고, 공정에 따른 물량 발주로 재고를 최소화하여 관련 비용을 최소화한다.
- 3차원 모델을 이용한 사전 3D 시뮬레이션을 통하여 시공 오류를 최소화하고, 설계 또는 시공계획 변경 시 구조검토 및 물량산출, 배근시공도 작성을 현장에서 수행하여 공기 지연을 최소화한다.

S U M M A R Y

In this study, SDP is practiced in use through the study of improvement capacity and application at the site of SDP by the original researchers and the field workers in their cooperation achievement. Based on SDP, Web-based constructional plan is established by both the constructional plan office and the structure plan office. Therefore, the infrastructure can be built and the small cities and local small town's building which was out of the construction engineering system could get professional seismic examination and constructional plan.

On the other hand, the rate of a reinforcing bar's processing plant is developed rapidly as one of the improvement ways of increasing efficiency at the site in national wise but also there are difficulties at the site of plant because making a reinforcing bar needs specific details as a mm unit and focused intensive labor and calculation. This study can help to promote computerization of next constructional site by developing framing module which is established 3 dimensional construct plan information data base.

◦ Practical use of SDP, Structure Constructional Plan Unify System
- Contest Process for medium and small size buildings and application of SDP
- Apply SDP to the site and correct errors, certification of the Pilot project functions

◦ Basic study of the reinforcing processing sketch.
- Research information about the reinforcing processing and analyze the origin program
- Analyze standard appearance and measurement.
- Analyze algorithms considering fixation and connection
- Analyze the sketch of the reinforcing bar process and the orthography

◦ SDP development
- Reconstruction of absence plan function according to KBC05 standard.
- Application of SDP and building process of interior design of small and medium size buildings
- Reconsideration of the function in the practical use step.
- Developing that considered the blueprint and the sketch of the reinforcing bar processing

◦ SDP's practice in use.
- The examination more than 4 months by the experts.
- Apply to business by initialization at the technician's office in Seoul and Chungchung Area.(scheduled)

◦ constructional sketch
- make program base on the vector throw module
- the chief umpire, construct plane figure, absence list

<목 차>

제1장 연구개발과제의 개요 ····· 8
1.1 연구개발 목표 ····· 8
1.2 연구 배경 및 필요성 ····· 9
1.3 연구의 범위 ····· 12
1.3.1 ConiForm 설계 ····· 12
1.3.2 요소 기술 및 프로그램 개발 ····· 13
1.3.3 BIM 기반 활용 ····· 14
1.4 개발기술의 차별성 ····· 15
1.5 활용방안 ····· 18

제2장 국내외 기술개발 현황 ····· 20
2.1 BIM 도구 현황 ····· 20
2.1.1 건축분야 BIM 연구 동향 ····· 20
2.1.2 3D CAD 모델러 현황 ····· 21
2.2 기술동향 분석 결론 ····· 29

제3장 연구개발수행 내용 및 결과 ····· 31
3.1 3D 전환 ····· 31
3.2 ConiForm 구성 ····· 32
3.3 건축구조설계 통합시스템 SDP ····· 33
3.4 3D BIM 도구와의 연동 ····· 36
3.5 RAP(Rebar Auto Placing) 기술 ····· 37
3.6 골조 배근도 및 골조물량 산출 ····· 42
3.7 IFC 기반 정보유통 ····· 43
3.8 파일럿 프로젝트 수행 ····· 45

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 47
4.1 목표달성도 ····· 47
4.2 관련 분야 기여도 ····· 48
4.2.1 기술적 측면 ····· 48
4.2.2 사회·경제적 측면 ····· 48

제5장 연구개발결과의 활용계획 ····· 49
5.1 ConiForm 활용 시나리오 작성 ····· 49
5.1.1 설계-구조-시공 ····· 49
5.1.2 구조-설계-시공 ····· 50
5.1.3 구조도면-설계-시공 ····· 51
5.2 현장적용 방안 ····· 52
5.3 유지관리 방안 ····· 53
5.4 사업화 방안 ····· 57

제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· 58
6.1 개방형 BIM 정보환경 요소기술 ····· 58
6.2 개방형 BIM 국제 활용 현황 ····· 60
6.2.1 미국 GSA Building Information Modeling Guide Series ····· 60
6.2.2 핀란드 Senate Properties: BIM 2007 ····· 62
6.2.3 덴마크 bips 3D Working Method ····· 63
6.2.4 IAI Model View Definition(MVD) ····· 64
6.3 Parametric Design 기법 연구 ····· 67
6.3.1 Parametric Design ····· 67

제7장 참고문헌 ····· 71

첨부. SDM#에 의한 RC 건축물 철근배근도 작성 ····· 75

제1장 연구개발과제의 개요

1.1 연구개발 목표

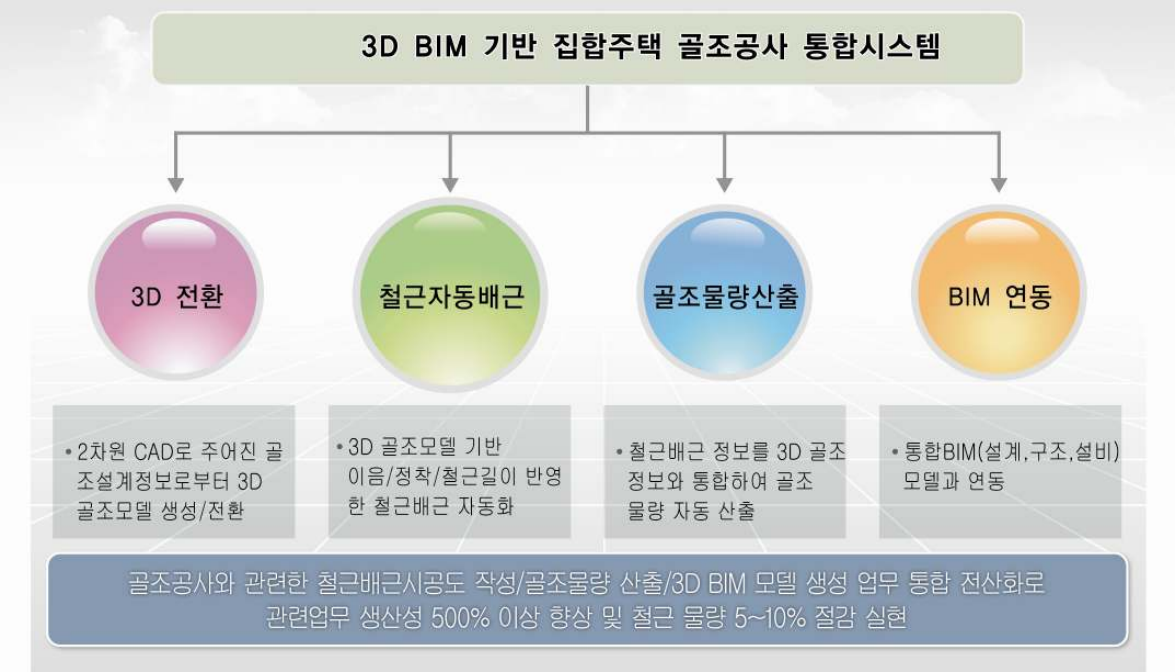


그림 1 . 연구개발의 목표

□ 목표 설정 배경

- 건축물은 골조, 마감, 설비 3요소로 구성되며, 이 3요소 중 골조는 마감과 설비가 구현되는 기반으로서 합리적인 구조설계와 효율적인 골조공사는 건축물의 품질 확보와 건설비 절감을 위한 핵심요소기술이다.
- 특히 마감과 설비 부분은 재료비의 비중이 높아 재료의 품질을 유지하며 원가를 절감하는데에 한계가 있으나, 골조공사는 합리적인 설계와 공사관리를 통하여 요구되는 성능을 만족시키면서 원가를 절감할 가능성이 높은 부분이다.
- 이에 본 연구개발에서는 구조설계, 철근배근시공도 작성, 골조 물량 산출, 3D BIM 모델 생성 등 기존에 독립된 업무로 수행되던 골조공사 관련 엔지니어링 업무들 통합 수행하는 골조공사 관리시스템 ConiForm 개발을 목표로 한다.
- ConiForm은 그림 1에서 보는 바와 같이 2차원 CAD로부터 3D 골조모델 생성, 3D 모델로부터 철근의 이음/정착/철근길이 등을 반영한 철근배근시공도 및 가공도 작성, 골조물량산출, 3D BIM 도구와의 연동 등을 포함한다.
- ConiForm의 활용으로 관련업무의 생산성은 500% 이상 향상되고, 정밀한 배근시공도 작성과 공사관리로 골조물량의 5~10% 절감이 기대된다.

1.2 연구 배경 및 필요성

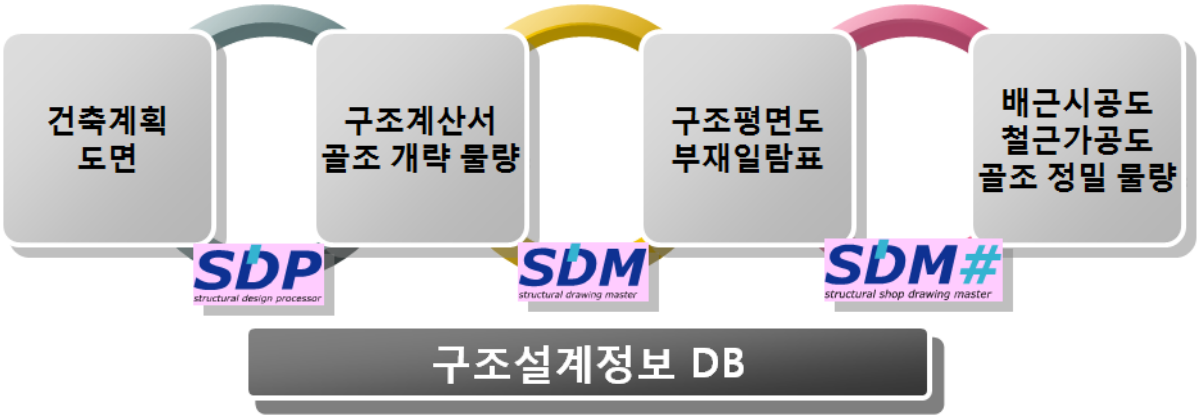


그림 2. 건축구조설계 통합시스템 SDP 제품군

□ 사업화 연구 배경

- 본 연구진은 그림2에서 보는 바와 같이 지난 수년간의 선행 연구와 3년간의 건설교통부 건설기술혁신사업 수행을 통하여 건축구조설계 전 과정을 통합 지원하되 엔지니어의 지식과 경험, 공학적 판단능력과 컴퓨터의 계산 및 데이터 관리능력을 상호보완적으로 결합함으로써 구조설계 생산성과 품질 향상을 동시에 도모할 수 있는 건축구조설계시스템 SDP 제품군을 개발하였다.
- 현재 SDP 제품군은 실용화 수준의 개발이 완료되고 한국건축구조기술사회의 공용 프로그램으로 채택되어 구조설계 현업에서 활용되기 시작되고 있으며, 또한 SDP 적용으로 구축되는 3차원 골조설계정보 데이터베이스를 활용한 배근상세 및 골조물량산출 모듈을 개발하여 구조설계/배근상세/물량산출을 통합 수행하는 기술을 사업화하고 있다. 그림 3은 한국건축구조기술사회와 공동 운영되고 있는 홈페이지를 통하여 관리되고 있는 SDP 제품군 회원과 프로그램 내려받기 화면을 보여준다.

□ 사업화 연구 필요성

- 전술한 건축구조설계 통합시스템 SDP를 사용할 경우 구조해석 및 설계와 관련된 모든 정보가 하나의 데이터베이스에 저장, 관리된다. 그러므로 SDP 사용으로 구축되는 구조설계정보 데이터베이스는 골조시공 과정에서 활용될 경우 관련업무 생산성 향상 및 정확성 제고에 크게 기여할 수 있다.
- 그림 4에서 보는 바와 같이 본 연구에서 추가 개발하고자 하는 기술은 최근 건설정보화의 중심으로 부각되고 있는 3차원 BIM(Building Information Model) 환경 안에서 SDP 제품군이 연동될 수 있도록 함으로써, 3차원 BIM 환경 안에

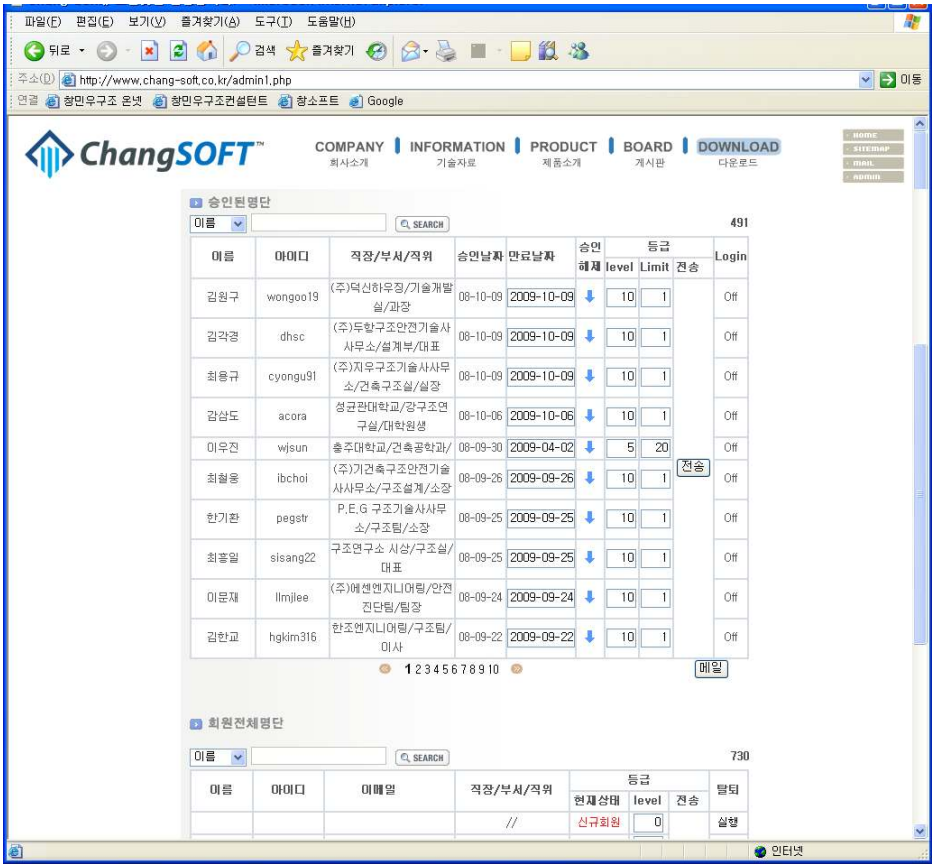


그림 3. ChangSOFT 홈페이지 통한 SDP 제품군 배포

서 구조설계, 골조물량, 배근상세 등이 통합 수행될 수 있는 골조공사 관리시스템 ConiForm (Construction Information Platform)을 개발하고, 골조 설계 및 시공현장에 적용함으로써 골조 공사비를 10% 절감하고, 관련 업무 생산상을 크게 향상시키고자 한다.

- 그림 5에서 보는 바와 같이 ConiForm은 개방형 BIM의 국제 표준인 IFC 또는 기타 정보 교환형식을 중심으로 건축계획, 구조계획, 구조계산(설계), 마감 및 골조 상세설계 업무가 설계정보를 공유하며 이루어진다. 이 과정에서 SDP는 3D BIM 도구로 모델링된 건축계획 또는 구조계획(부재 배치, 단면 크기) 정보와 연동하며 구조해석과 단면설계를 수행하는 단계에서 활용되고, 배근 자동화 프로그램 RAP는 마감 등을 고려한 골조의 편심, 단차 등 골조 상세 설계가 완료된 후 골조상세를 반영한 배근상세를 자동으로 작성하는 기능을 수행한다.
- 이상과 같이 배근상세가 완료되면 3차원 골조설계정보와 연계된 배근시공도 및 철근가공도와 이음/정착 등이 정확히 고려된 정밀 골조물량을 포함하는 골조시공모델이 완성되고, 이는 각 건설회사의 프로젝트관리시스템(PMIS) 등과 연계되어 골조공사 관리에 활용된다.

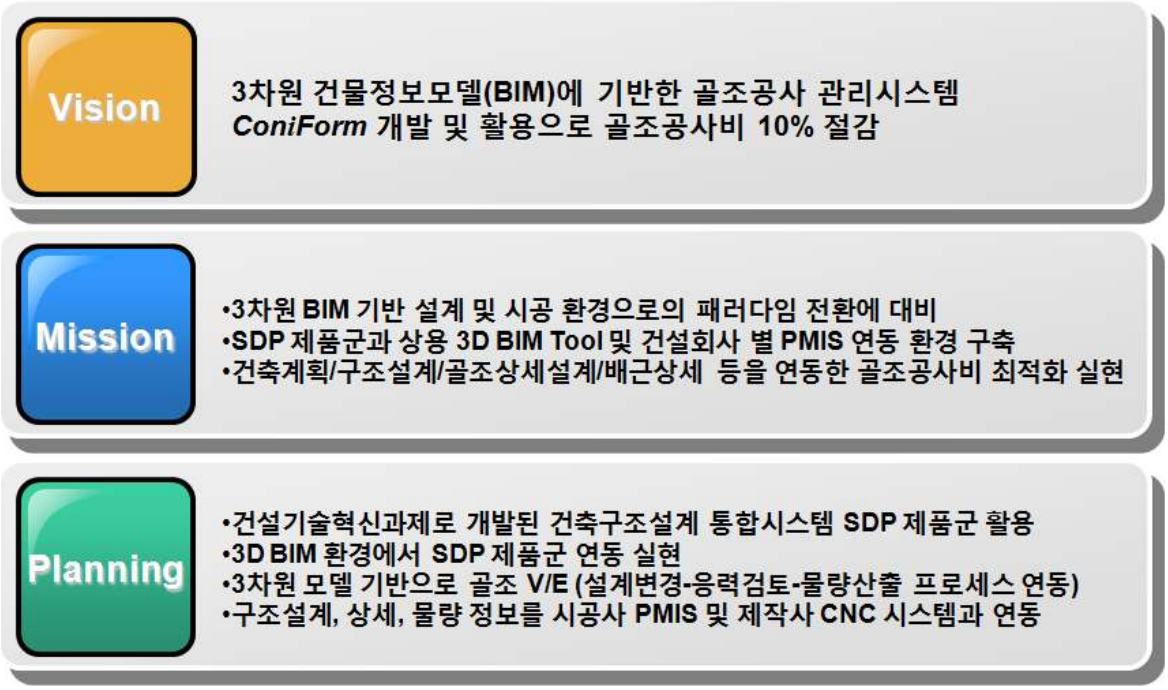


그림 4. 연구개발의 비전

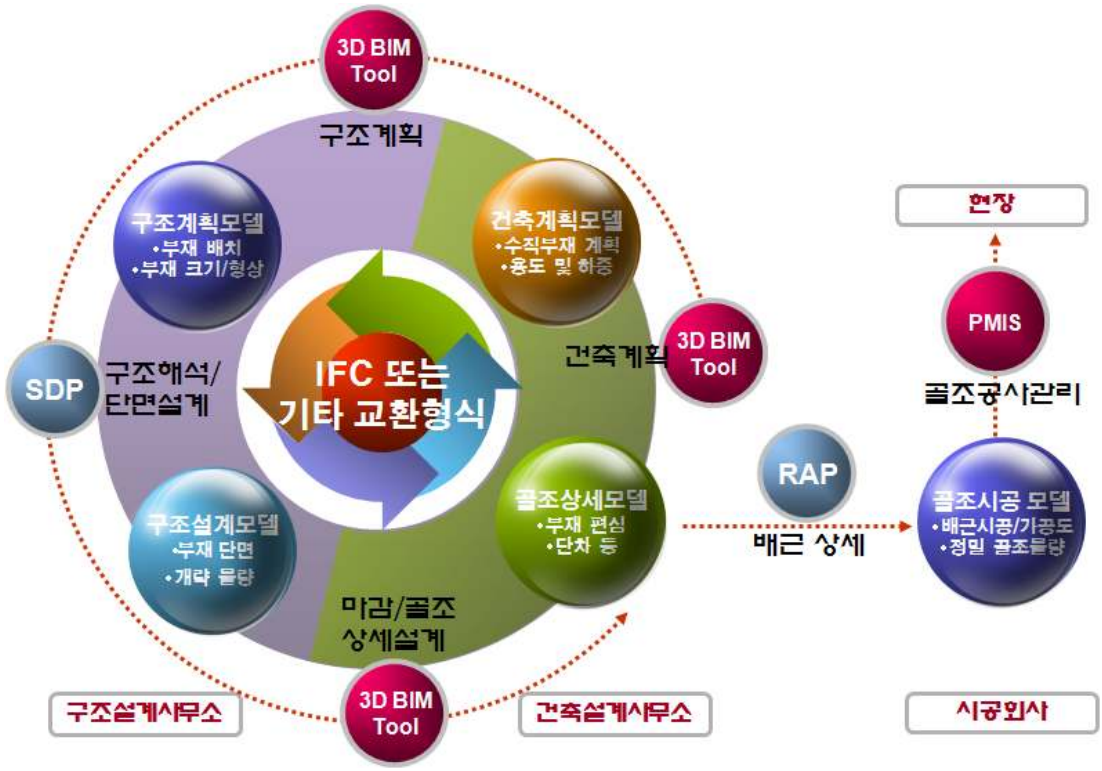


그림 5. ConiForm의 구성과 업무 프로세스

1.3 연구의 범위

1.3.1 ConiForm 설계

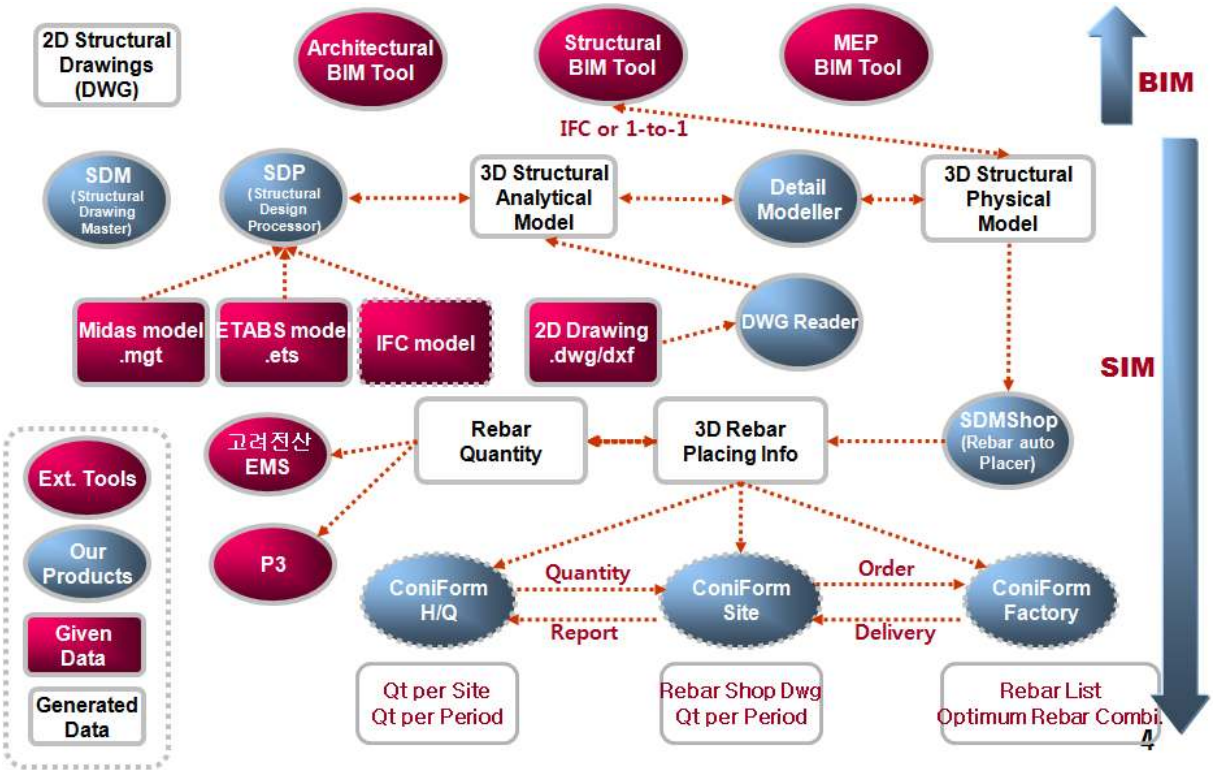
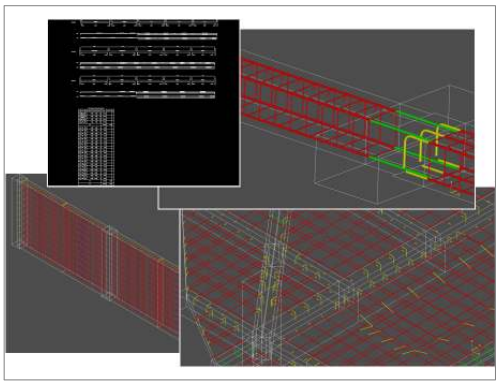


그림 6. ConiForm의 구성

□ ConiForm의 구성

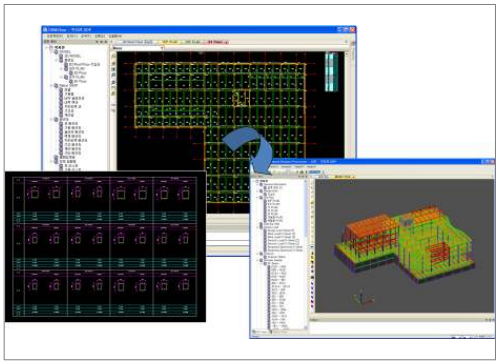
- 그림 6은 골조공사 관리시스템 ConiForm의 구성을 전체적으로 보여준다.
- ConiForm은 골조(Structural BIM)/설계마감(Architectural BIM)/설비(MEP BIM)으로 구성되는 통합 BIM과(그림 상단), 구조설계 및 골조시공과 관련된 전문적이고 세부적인 업무를 수행하는 골조 SIM(Structural Infomation Model)로 구성된다.
- 골조 SIM에서 생성되는 실시설계 단계의 구조 해석 및 설계정보, 철근배근정보, 골조물량정보 등은 독립적으로 구조설계 담당자와 골조시공 담당자에 의하여 생성, 활용되고, 이러한 정보 중에서 설계 및 설비 분야와 공유하여야 할 정보는 통합 BIM으로 전달되어 설계 및 설비 담당자와 공유된다.
- 골조 SIM 환경은 건축구조설계 통합시스템 SDP, 2차원 도면 작성 모듈 SDM, 2차원 도면 인식 모듈 DWG Reader, 3차원 철근 자동 배근 모듈 SDMShop 등 본 연구개발에서 개발된 모듈들을 중심으로 그림 6 하단에 보는 바와 같이 구성되며, 구조실시설계 및 골조공사관리에 활용된다.

1.3.2 요소 기술 및 프로그램 개발



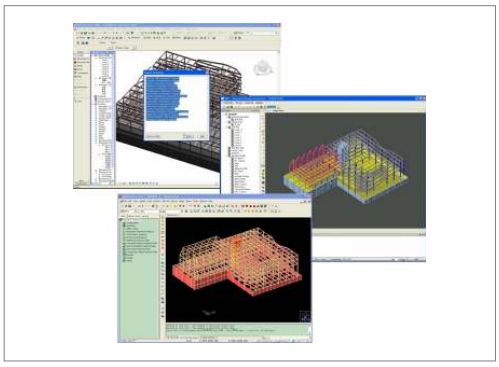
개발기술 1　　3차원 철근 자동배근(RAP) 모듈 (SDMShop)
(RAP : Rebar Auto Placing)

- 세계 최초로 3차원 BIM 모델로부터 KBC2008 기준에 의거 철근의 이음, 정착, 철근정척길이를 고려한 3차원 철근샵을 자동생성하는 기술 개발
- 건축도면과 부재 리스트 등 이미 생성된 구조설계 데이터를 바탕으로 배근시공도와 철근 가공도를 자동 작성하는 철근상세 프로그램
- 3차원 골조설계정보를 이용한 합리적인 철근상세를 작성하고 정밀 물량 및 견적을 자동으로 산출
- 기존 수작업 철근샵 대비 철근물량 5~10% 절감



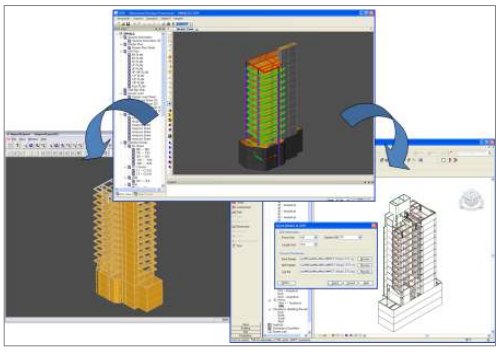
개발기술 2　　3D 모델 전환기술 (DWG Reader)

- 2차원 설계정보(구조도면, 구조계산서)로부터 3차원 골조모델을 최단 시간에 전환, 생성하는 기술 개발
- 구조평면도 인식하여 SDP 내에 3차원 골조형상 생성
- 부재일람표 인식하여 3차원 골조와 결합
- 구조부재의 편심, 보 및 슬래브의 단차, 슬래브 및 벽체의 오프닝 등 골조상세정보 생성 및 관리하며 골조 Physical Model 제공



개발기술 3　　BIM 도구와 구조해석/설계 도구간 연동기술

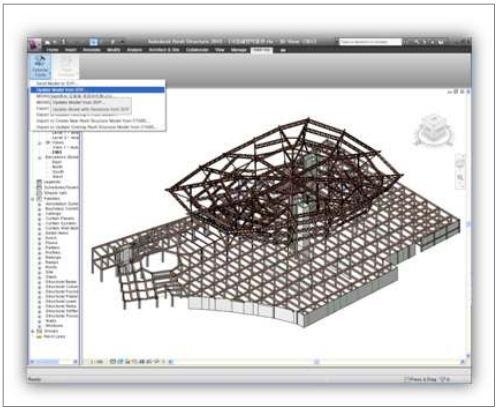
- ArchiCAD 및 Revit Structure로 작성된 BIM 모델을 Midas, ETABS, 및 창소프트와 공동연구로 자체 개발한 건축구조설계 통합시스템 SDP와 연계하는 기술 국내 유일 보유
- BIM 도구의 Physical Model과 구조해석/설계 도구의 Analytical 모델간 변환 기술 보유
- 건축모델과 구조모델간 정보공유 및 통합 BIM 실현을 위한 필수 요소기술



개발기술 4　　국내 최초 개방형 BIM(IFC) 기반 정보유통 기술

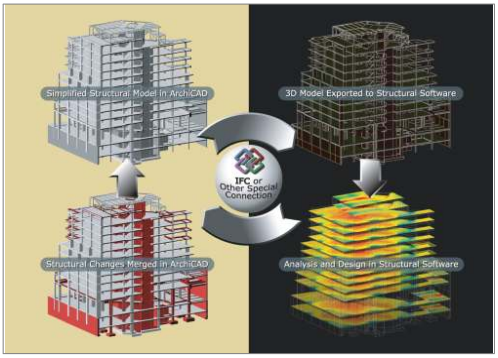
- 국내 최초로 개방형 BIM 기반 설계정보 유통 포맷인 IFC 포맷을 이용하여 골조설계정보를 통합 BIM 도구와 유통시킬 수 있는 기술 자체 개발 보유
- 협업사가 사용하는 BIM 도구 종류(ArchiCAD, Revit, Bentley)와 무관하게 골조설계 정보 공유

1.3.3 BIM 기반 활용



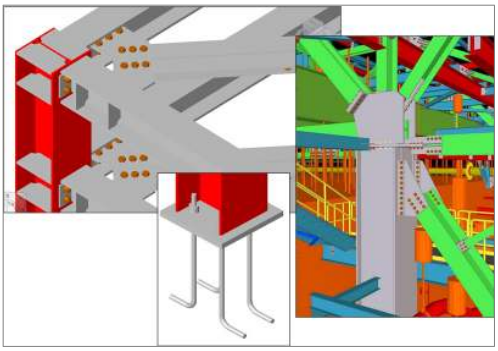
활용기술 1　　ArchiCAD, Revit 모델링

- 유럽 지역에서 폭넓게 활용되는 ArchiCAD에 의한 골조 모델링 기술 및 실적 보유
- 국내 ArchiCAD 보급사인 "아키탑"사와 통합 BIM 팀 구성 운영 중
- 북미 지역에서 점유율이 높은 Revit Structure에 의한 골조 모델링 기술 및 실적 보유



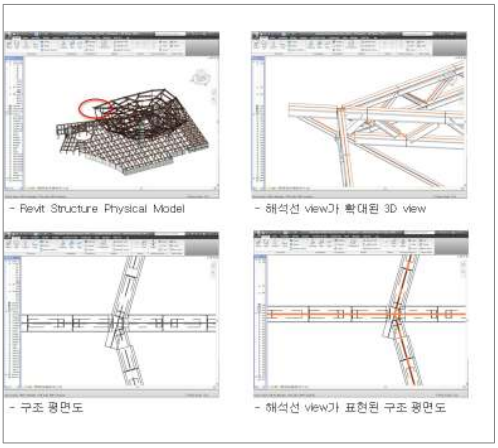
활용기술 2　　통합 BIM(설계, 골조, 설비) 협업 기술

- ArchiCAD 또는 Revit Structure에 의한 SBIM을 설계 및 설비 등 통합 BIM 구성을 위한 분야별 전문가와의 협업 기술
- 분야 별 모델링 결과를 통합하여 하나의 통합 모델로 구축하기 위한 Model Syncronization 기술



활용기술 3　　BIM 도구와 Tekla 정보 연동 및 강재 Shop

- 3차원 BIM 모델을 이용하여 강구조 접합부 설계 및 Shop 도면 제작의 국제적 표준 도구인 Tekla 모델 자동 생성
- Tekla에 의한 강재 접합부 상세설계 및 샵도면 작성 기술 보유



활용기술 4　　Analytical 및 Physical 구조모델간 변환기술

- 절점(node)과 절점 사이에 요소(element)를 배치하여 표현하는 구조해석모델(analytical model)과 솔리드모델링 기법에 의하여 물리적인 골조 형상이 그대로 표현되는 BIM의 Physical Model간의 모델 변환 기술
- Physical Model을 Analytical Model의 중심선 모델에 편심 정보를 추가하여 표현하는 알고리즘 개발
- BIM 도구와 구조해석 프로그램간의 정보 유통을 위해 필요한 핵심 기술

1.4 개발기술의 차별성

기존	비교요소	개발기술
구조설계 후 물량 확인 어려워 구조안전성 중심으로 설계 수행	**구조설계 목표**	구조설계 후 골조물량 검토로 구조안전성과 경제성 동시 고려
각 업무를 각각 다른 엔지니어가 수행하며 업무 간 물리적 도면으로 정보 전달 후 재입력	**업무 프로세스**	구조설계/배근상세/물량산출 통합 수행하며, 업무 간 정보 흐름 자동화
구조설계와 V/E 별도의 용역으로 수행	**V/E**	구조설계 과정에서 V/E 동시 수행
구조도면을 이용하여 엔지니어가 배근상세 설계하여 수작업으로 도면 작성	**배근상세**	SDP 사용으로 구축되는 구조설계정보 DB로부터 RAP 이용하여 배근상세 자동 생성
배근상세 전면 재작성	**설계/시공계획 변경시**	RAP 이용하여 배근상세 재작성
이음/정착을 할증률로 반영	**물량의 정밀성**	이음/정착 및 철근정척길이 반영한 정밀물량 산출
전체 물량 산출 결과가 내역서 형태로 제출되며, 시공 단계 별 물량 산출 위해 추가 업무	**물량 정보 시공단계 활용**	3차원 설계정보와 연계된 물량 정보로서 시공 단계별 물량 산출 자동 수행됨
주택공사 통계 기준 철근 손실률 8-9%(절단손실, 과다이음, 단척미사용 등)	**철근 손실률**	최적 철근가공조합 및 시공 오류 배제로 철근 손실률 1-2% 수준
집합주택 단지 규모 기준 각 업무 당 2개월 안팎 소요	**배근상세/물량산출 납기**	SDP에 의한 구조설계 완성과 함께 완성

그림 7 . 개발기술의 차별성

□ SDP 제품군에 의한 구조설계

- ConiForm 안에서 구조설계는 건축구조설계 통합시스템 SDP 제품군을 이용하여 수행하게 된다. SDP는 구조설계 전 과정과 골조 물량산출 및 도면작성까지를 하나의 프로그램 안에서 수행할 수 있는 제반 기능을 제공한다.
- SDP로 구조설계가 수행될 경우 구조설계의 전통적인 목표인 구조안전성 확보뿐만 아니라 구조설계 완료 시 골조물량을 확인할 수 있어 구조설계의 경제성까지를 고려하며 설계를 수행할 수 있다.

□ 업무 프로세스 통합

- 현재 구조설계, 철근배근시공도 및 가공도 작성, 골조물량산출, 3D BIM 모델링 등은 각각 독립적인 업무로 각 분야의 전문 엔지니어에 의하여 수행된다. 그러므로 각 업무를 간에는 물리적인 도면이나 구조계산서를 이용하여 정보를 전달하고 각 업무를 위하여 별도의 정보 재생산 노력이 요구되었다.
- SDP 제품군과 본 연구에서 개발된 ConiForm 환경에서 상기 업무는 골조설계정보 DB를 중심으로 통합 수행되며, 각 업무간 정보흐름을 자동화함으로써 정보재생산 비용을 최소화하고 정보 전달 과정에서의 오류 가능성을 최소화함으

로써 업무의 정확성도 제고된다.

□ 골조 밸류엔지니어링

- 전술한 바 대로 기존 구조설계 프로세스와 골조물량 및 산출이 분리되어 있는 업무 프로세스에서 골조 밸류엔지니어링은 별도의 작업으로 수행된다.
- ConiForm 환경 하에서는 SDP 제품군 사용으로 구축되는 구조설계정보 DB로부터 골조물량 산출이 설계 완료와 함께 수행되고, SDP 내부에 응력비 검토 기능등을 활용하여 구조설계와 골조 밸류엔지니어링을 동시에 수행할 수 있다.

□ 철근배근시공도 및 가공도 작성

- 국내외를 막론하고 기존 철근배근시공도 작성 프로그램에서는 엔지니어가 구조도면을 인식하고 철근의 이음/정착/철근길이 등을 고려하여 배근상세를 직접 설계, 결정하고 수작업으로 도면을 작성하여야 하였으며, 이 과정에 많은 노력과 시간이 소요되었다.
- ConiForm 환경 하에서는 SDP에 구축된 3차원 골조모델을 바탕으로 본 연구에서 개발된 SDPShop 프로그램의 RAP(Rebar Auto Placing) 알고리즘에 의하여 철근의 최적 이음/정착/철근길이/가공조합 등을 고려한 배근상세를 작성하여 줌으로써 정확한 이음/정착에 의한 철근 절감, 철근배근시공도 작성 생산성의 500% 이상 향상 등을 기대할 수 있다.

□ 설계/시공계획 변경에 실시간 대응

- 골조 시공 과정에서는 여러 가지 이유로 인하여 설계가 변경되거나 또는 콘크리트 끊어치기 위치의 변경 등이 발생하게 된다. 철근배근시공도의 경우 이러한 부분적인 변경에 의하여 전체 배근도를 다시 작성하여야 하는 특성이 있어 변경이 반복될 경우 업무량이 크게 늘어나게 되고, 배근시공도 재작성을 위한 추가적인 시간 확보가 요구된다.
- ConiForm을 활용할 경우 설계 변경 또는 끊어치기 위치 변경에 따른 배근시공도 작성을 신속하게 수행할 수 있어 각종 변경에 실시간으로 대응할 수 있다.

□ 물량의 정밀성

- 골조 물량 산출 시 기존의 견적 프로그램들은 철근 이음 및 정착에 따른 물량 증가를 일괄적인 할증율 적용으로 처리한다.
- ConiForm에서는 철근 물량산출을 철근가공도 작성이 완성된 후 이음 정착이 고려된 각 철근 물량 합으로 산출함으로써 보다 정밀한 물량산출이 가능하다.

□ 시공 단계별/부위별 물량산출

- 기존에는 전체 물량 산출 결과가 내역서 형태로 제출되며, 시공 단계 별 물량 산출 또는 부위별 물량산출 등 다양한 관점에서의 물량 관리를 위하여 추가의

업무가 소요되었다.

- ConiForm을 활용할 경우 3차원 설계정보와 연계된 물량 정보, 즉 3차원 골조 모델 안에서 각 부재별로 연계 저장된 철근정보를 활용하여 시공 단계별 물량 산출이 자동으로 수행되며, 기타 다양한 관점에서의 물량 관리가 가능하다.

□ 철근손실율 최소화

- 일반적으로 절단손실, 과다이음, 단척미사용 등 다양한 원인에 의하여 철근 손실율은 8~9%에 이르는 것으로 알려져있다.
- SDMShop에 의한 철근배근시공도 작성에서는 최적 철근가공조합, 정밀한 철근의 이음/정착, 시공 오류 배제 등으로 철근 손실율을 1~2% 수준으로 낮추는 것이 가능하다.

□ 철근배근시공도 작성 및 골조물량산출 납기 단축

- 기존에 각각 수행되는 철근배근시공도 작성과 골조물량산출의 경우 현재 현장에서 집합주택 단지 규모를 기준으로 각 업무 당 약 2개월이 소요된다.
- ConiForm을 활용할 경우 SDP 모델이 완성된 후 SDMShop을 이용하여 3~4일 이내에 철근배근시공도 작성 및 골조물량산출이 가능하므로 공정 관리에 유리한 조건을 제공한다.

그림8은 이상의 차별성을 통하여 기대되는 ConiForm 활용 효과이다.

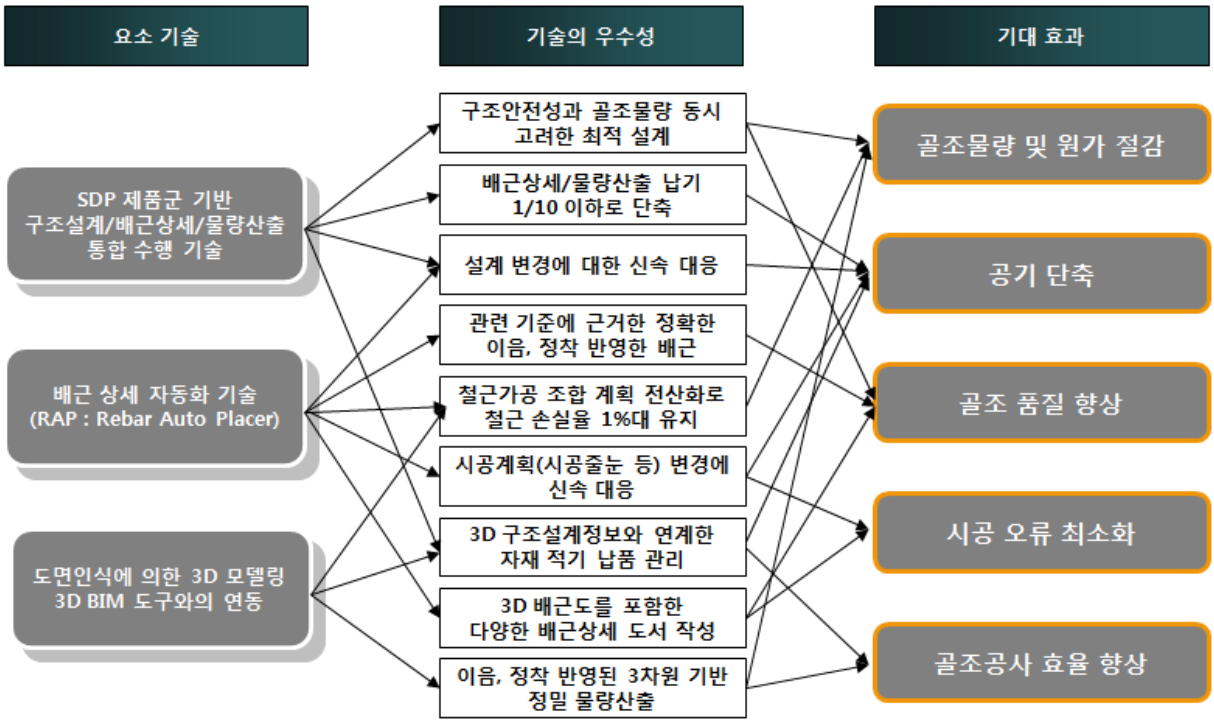


그림 8. 개발기술의 기대효과

1.5 활용방안

*기준 : 4만평 규모 APT 현장

비교대상		3D 전환	물량산출	배근상세설계	현장관리 (설계변경)	합계 (동시작업기간)
기존	기간	1개월	2개월	2개월	물리적 설계도서 기반 관리로 정보입출력 및 수작업 반복 (설계 변경 시 물량/배근상세 재 수행)	2-3개월
	비용	1억 20 man-day	1억5천 60 man-day			2억5천 80 man-day
	내용	2D 도면 읽어 3D 모델링 수작업	물량 또는 가공철근을 개별적으로 해당 프로그램에 수작업 입력			설계도서에 의한 단위작업간 정보재생산
개발 기술	기간	7일	15일		디지털화된 설계정보 및 물량정보 기반 관리 (설계 변경 시 실시간 대응)	22일
	효과	골조상세 등 모델링 오류 방지	• 합리적 상세로 물량 절감 • JIT 기법 재고관리 실현			
	내용	2D 도면 인식 후 3D 모델 자동 생성	3D 모델 기반 배근상세설계 정밀한 골조물량 자동 산출			400~500% 생산성 향상

그림 9. ConiForm에 의한 통합 엔지니어링

□ 골조공사 관련 통합엔지니어링 통한 업무 생산성 향상

- ConiForm의 활용으로 2차원 설계도서를 기반으로 3D BIM 모델을 구성하는 3D 전환, 골조 물량산출, 철근배근상세 설계 업무를 통합적으로 수행할 수 있다.
- 그림 9는 4만평 규모의 아파트 현장을 대상으로 3D전환, 물량산출, 배근상세설계에 소요되는 시간과 비용을 개략적으로 정리하고, ConiForm의 활용으로 기대되는 효과와 비교한 것이다.
- 그림에서 보는 바와 같이 SDP 내에 데이터베이스화되어 있는 골조설계정보를 공유하며 활용함으로써 업무 생산성이 400~500% 정도 향상될 수 있다.

□ 골조 물량 절감

- SDP의 통합설계 기능을 이용하여 다양한 구조계획 대안을 생성하여 비교하고 실시간 응력비 검토 및 재설계 등을 통하여 골조를 최적화함으로써 골조물량을 절감한다.
- 3차원 모델에 기반한 최적화된 철근의 이음/정착과 가공 조합을을 통하여 철근 손실율을 최소화하여 철근 물량을 절감한다.
- 구조설계/물량산출/철근배근상세설계/3D 전환 등에 대한 통합 엔지니어링으로

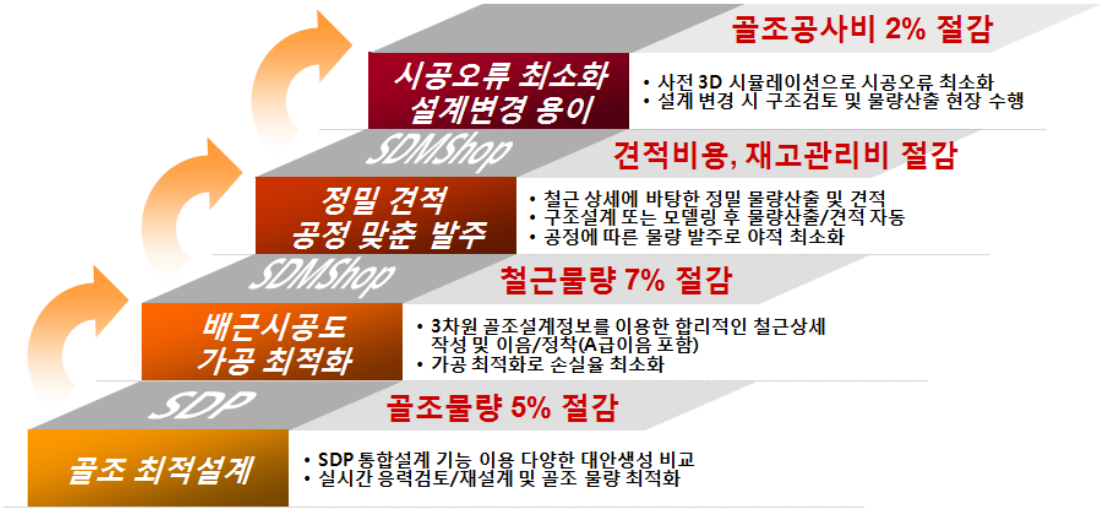


그림 10. ConiForm에 의한 골조공사 원가절감 요소

관련 업무 수행 시간과 비용을 절감하고, 공정에 따른 물량 발주로 재고를 최소화하여 관련 비용을 최소화한다.

- 3차원 모델을 이용한 사전 3D 시뮬레이션을 통하여 시공 오류를 최소화하고, 설계 또는 시공계획 변경 시 구조검토 및 물량산출, 배근시공도 작성을 현장에서 수행하여 공기 지연을 최소화한다.

□ 시장성 분석

- 그림 11은 ConiForm의 시장성과 수익모델을 정리한 것이다.

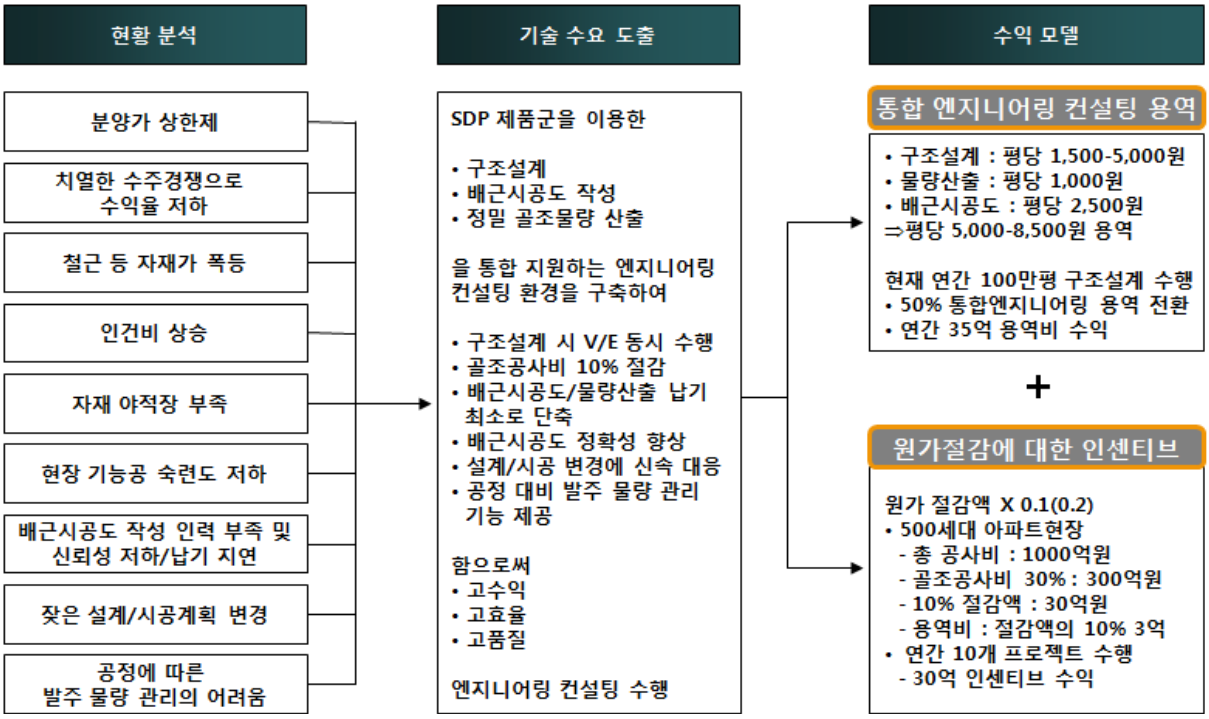


그림 11. ConiForm의 시장성과 수익모델

제2장 국내외 기술개발 현황

2.1 BIM 도구 현황

국외 기술 동향을 분석하여 본 결과 건축구조설계 분야를 포함하여 건축분야에서는 설계와 시공 전 단계를 망라하여 BIM(Building Information Model) 기반 설계 및 시공관리가 큰 흐름으로 발전하고 있었다.

본 과제에서 개발한 SDP의 특징 중에 하나는 과거 유한요소 프로그램들에서 사용되던 절점 및 유한요소라는 어휘를 바탕으로 구조해석 및 설계를 수행하던 개념에서 벗어나 기둥, 보, 슬래브, 벽체 등 건물 요소 단위의 모델링과 설계 수행이라는 면에서 BIM에 더욱 접근한 개념의 프로그램임을 확인할 수 있었다.

이는 SDP가 향후 3차원 BIM 기반 환경에 활용성이 더욱 증대될 수 있음을 의미하며, 이런 의미에서 본 연구에서는 건축분야 BIM 동향에 대하여 조사, 분석하였다.

2.1.1 건축분야 BIM 연구 동향

최근 국내외적으로 BIM(Building Information Modeling)에 대한 논의가 활발히 이루어지고 있으며 건설산업의 다양한 단계에서 도입이 시도되고 있다. BIM은 건설 프로젝트의 진행, 정보관리, 통합설계 등을 위한 종합적인 프로세스를 의미하며, ArchiCAD, Revit, AllPlan 등을 통한 3D CAD 모델은 BIM을 위한 기본 플랫폼이다. 즉, BIM은 단순히 새로운 BIM 소프트웨어를 구매하는데서 그치는 게 아니라 어떻게 사용할 것인지, 이것이 전반적인 작업 프로세스 내에서 어떻게 활용될 것인지를 이해하고 적용하는 것이 중요하다. 따라서 기존에 수행해 오던 작업방식으로는 큰 효과를 보기 어려우며 보다 세부적인 BIM 적용 시나리오와 도입 로드맵이 필요하다.

BIM 도입에 따라 설계작업에서의 가장 큰 변화는 기존의 “도면작업(drafting)" 중심의 설계방식에서 ”모델링(modeling)" 중심의 설계방식으로 전환을 들 수 있으며, 이러한 새로운 작업방식에 적응하고 효율적으로 작업을 처리하기 위해서는 우선 작업자의 문제접근 방식과 사고방식이 바뀌어야 한다. 이와 아울러 또 다른 작업방식의 변화는 협업방식의 변화이다. BIM 도구를 이용하여 설계를 할 때 가장 큰 장점 중 하나는 한 부분에서 설계를 변경하면 관련된 건물의 다른 부분이 자동으로 업데이트 되어서 나중에 실수로 업데이트 안 한 부분이 생기는 것을 막을 수 있다는 점이다. BIM 작업방식은 하나의 모델에 여러 작업자가 동시에 접근하여 작업하는 방식이므로 한 사람이 모델을 변경하면 동시에 모든 사람이 변경사항을 인식할 수 있다. 따라서 BIM 작업시에는 기존과는 다른 업무분장 및 협업방식이 필요하다. 이 과정에서 BIM 작업에 대한 작업 규약의 정립이 요구된다.

BIM 적용을 통해 구조 모델 데이터와 3D 모델 데이터의 연동이 가능하다. 3D 모델

작성 초기에 단순하게 모델링된 구조 부재를 상세 구분하여 속성값을 좀 더 상세하게 입력함으로써 기초, 기둥, 보, 슬래브, 계단 등에 대한 일람표 작성 및 물량산출 등의 작업을 수행할 수 있다. 이를 위해서는 구조 모델 데이터와 3D 모델 데이터를 상호 연동시키는 프로세스의 표준화와 기능의 지원이 필요하다. 현재 데이터의 연동에 의한 자동화는 설계자의 실수를 방지하는 차원에서 다루어지는 수준에 있으며 생산성 측면의 판단은 이른 형편이다.

2.1.2 3D CAD 모델러 현황

가. Revit

Autodest사의 Revit은 초기 출시될 때부터 BIM의 근본적 정의인 “모든 정보를 담고 있는 하나의 모델“을 잘 반영하고 있는 제품이다. BIM을 목적으로 개발된 Revit은 실제 건물을 미러링하므로, 평면도, 단면도 및 입면도와 같이 격리된 요소가 아닌 전체적인 관점에서 작업할 수 있다. 또한 파라메트릭 변경 기술을 이용하므로 시간과 장소에 관계없이 변경하는 모든 내용이 프로젝트의 원하는 모든 지점(모델 뷰, 도면 시트, 일람표, 단면도, 설계도 등)에서 자동으로 조정된다. 설계도와 문서가 변경 내용에 맞게 조정되고 일관성을 가지며 유지되는 것이다.

이와 같이 Revit은 초기 버전부터 내부적으로 정의한 BIM을 단일한 데이터베이스로

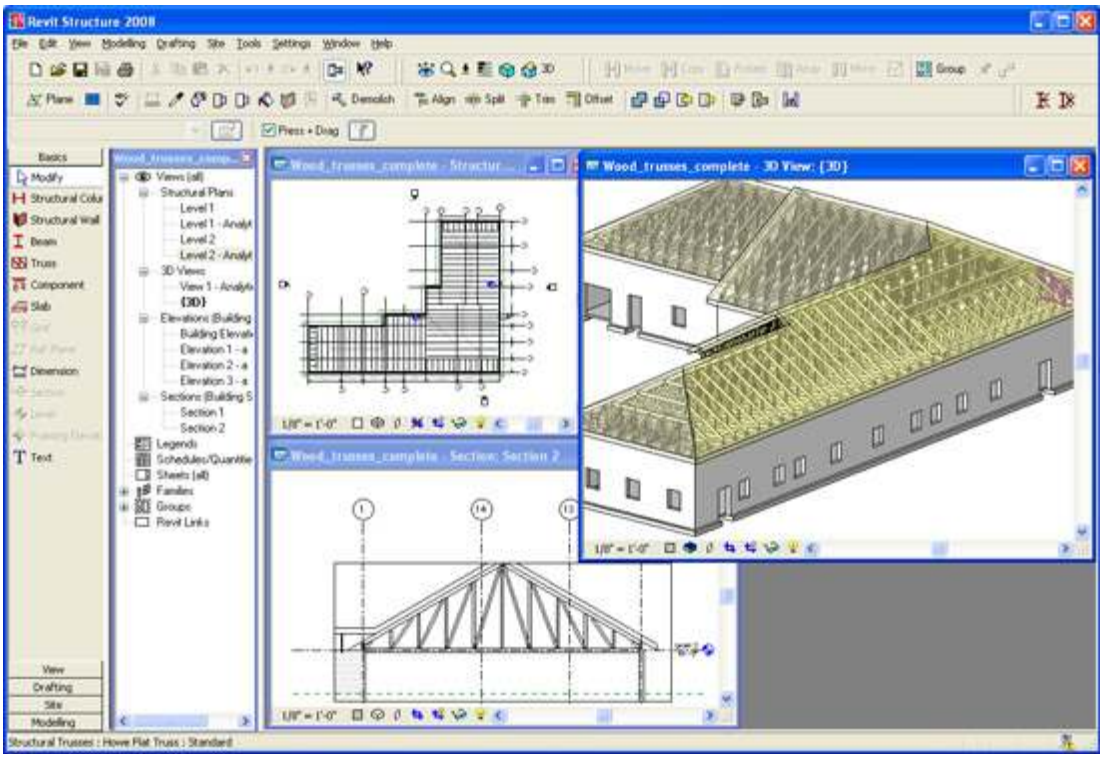


그림 12. Revit Structure 2008의 User Interface

(출처 : http://www.aecbytes.com/review/2007/RevitStructure2008.html)

구성함으로써 어떤 건물의 요소든간에 하나의 데이터베이스 내에서 구성하는 장점을 가지고 있다. 따라서 Revit을 사용하게 될 경우 모델이 수정되었을 때 바로 결과를 확인할 수 있고 수정된 내용이 모든 view 혹은 분석에 적용되기 때문에 관련된 문제점을 쉽게 찾을 수 있다.

나. ArchiCAD

Graphisoft사에서 개발한 ArchiCAD의 기본 개념은 “Virtual Building(건물을 구축하는 요소의 모든 것을 재현하는 3D디지털 데이터베이스)”으로서 건축 데이터를 빌딩 파일로서 관리한다는 것이다. 즉, 컴퓨터 내에 하나의 가상의 건축물을 만들어 낸다고 하는 발상이다. 설계자는 2D는 물론 3D에서도 설계 변경을 실시할 수 있고 변경된 데이터는 다시 "Virtual Building(가상 건물)"에 갱신되어 자동적으로 모든 도면에 실시간으로 반영되어 설계자가 직관적이고 효율적으로 설계할 수 있도록 지원한다.

ArchiCAD가 타 CAD 프로그램과 다른 점은 GUI(Graphic User Interface) 환경 하에서 개발이 시작되었다는 점이다. 초기 버전들은 Macintosh용으로 개발되었으나 4.1버전부터는 Windows용 버전도 출시되었으며, 8.0 버전부터는 OpenGL의 완벽한 지원을 위하여 Windows 2000, XP 환경에서만 구동되도록 하였다. 아울러 가장 최근에 발표된 ArchiCAD 12는 BIM 모델링과 도면화 작업에서 자주 쓰이는 연산에 표준 멀티

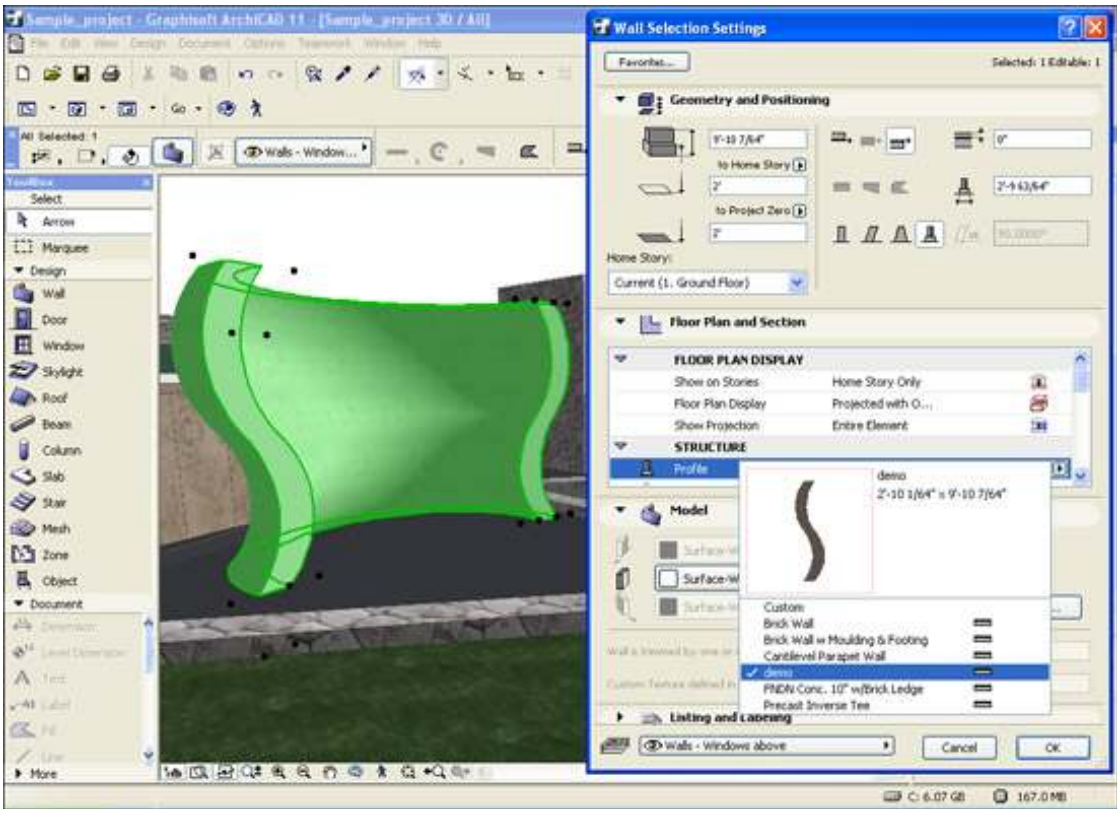


그림 13. ArchiCAD 11의 User Interface
(출처 : http://www.aecbytes.com/review/2007/ArchiCAD11.html)

코어 프로세서의 장점을 최대한 활용함으로써 보다 빠른 작업이 가능하도록 하였다.

다. Microstation

Bentley사는 Bentley Architecture(원래 이름인 Microstation Triforma로 판매)와 Bentley Structure, Bentley HVAC 등 여러 개의 어플리케이션 모듈들로 나눔으로써 BIM을 하나의 데이터베이스로 묶지 않았다. Microstation을 사용하는 각 분야(설계, 구조, 설비 등)에 종사하는 작업자들은 자신의 분야에 특화된 CAD로 설계된 모델을 만들 수 있으며 이러한 모델은 서로 호환이 가능하기 때문에 정보의 교환 혹은 이동이 원활해질 수 있다. 프로젝트 내에서의 데이터들은 DWG나 IFC 파일을 모두 지원한다. 하지만 궁극적으로 각 주체(설계, 구조, 설비 등)간의 호환성을 갖추려면 모든 주체가 Bentley 제품을 활용해야만 한다는 단점이 있다.

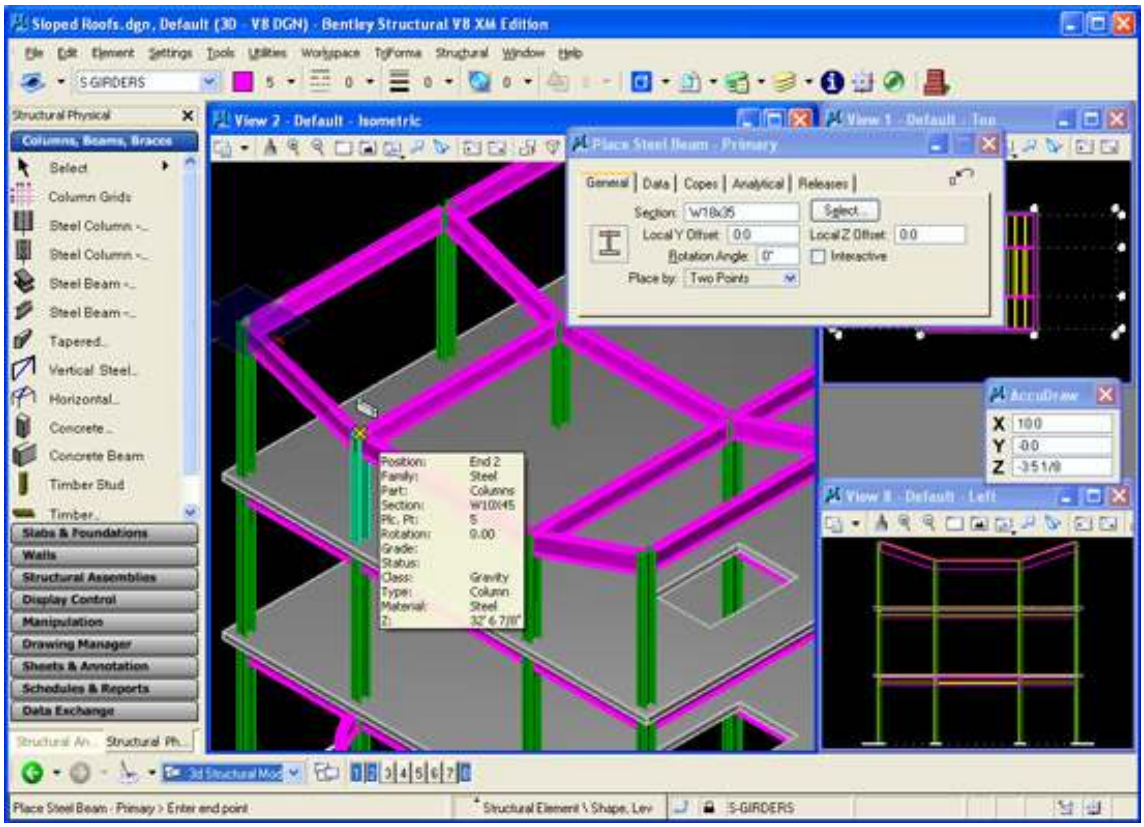


그림 14. Bentley Structural V8 XM의 User Interface
(출처 : http://www.aecbytes.com/review/2006/BentleyArchStructV8XM.html)

라. AllPlan

Nemecschek사에서 개발한 AllPlan의 데이터베이스는 NOI(Nemetschek Object Interface) 레이어를 사용함으로써 다른 소프트웨어와의 호환성을 높였다. NOI 레이어는 IFC 모델을 지원하는 API로 만들어졌다. AllPlan은 독일과 유럽국가에서 주로 사용하고 있으며 최신 버전의 AllPlan은 혁신적인 발전을 보여주고 있다.

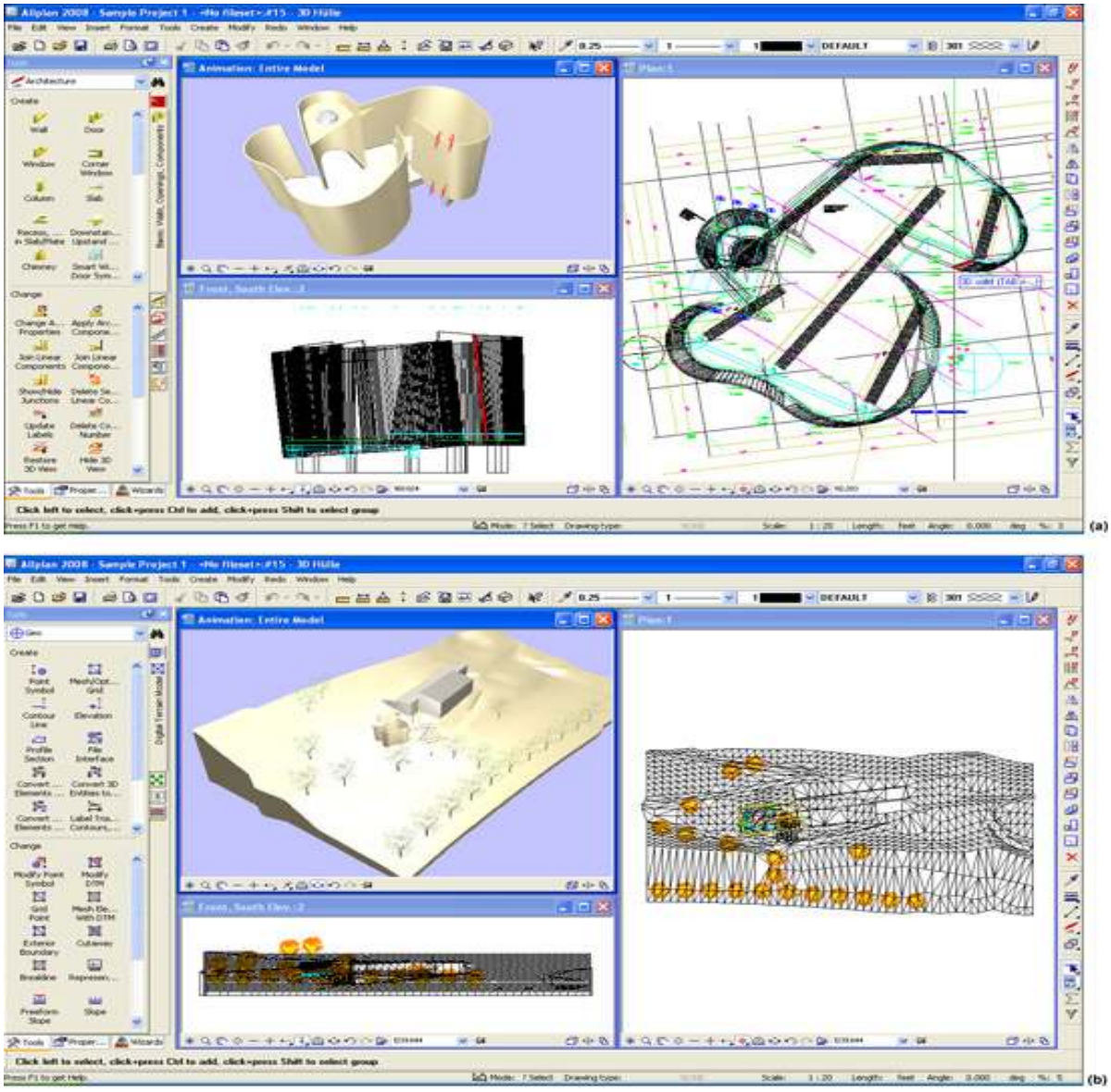


그림 15. AllPlan 2008의 User Interface
(출처 : http://www.aecbytes.com/review/2008/AllplanBIMArch.html)

마. ParaCloud Modeler

ParaCloud Modeler는 최근 건축계에서 하나의 유행처럼 번진 스크립트나 수학적 surface 구조들, 정보입력에 따른 형태변화의 개념이 있는 파라메트릭 등의 Computation에 대한 시대적 요구를 반영하는 전형적인 프로그램이다. 이스라엘의 Dr. Eyal Nir에 의해 개발된 파라메트릭 디자인 툴인 ParaCloud Modeler는 마이크로소프트 엑셀 스프레드시트를 3D 툴과 연동하여 변환시켜 주는 3D 모델러이다. Matrix를 기반으로 한 Bentley사의 Microstation Generative Components가 전신이라고 할 수 있으며, 초기에 Rhinoceros, Microstation에 연동되는 소프트웨어로 개발된 이후 SketchUP에도 연동될 예정이어서 주목받고 있다.

여러 Layer의 행렬을 기초로 한 이 소프트웨어는 논리모델의 node 좌표를 바탕으로 surface를 생성하며, 수치를 가진 node들은 X, Y, Z 축 안에서 수학적 연계가 가능하다. 이로서 일정한 수치변화를 가지는 NURBS를 생성하는 데 매우 유용하게 사용될 수 있으며, 1990년대 이후 이슈화되고 있는 유전자 알고리즘 디자인(Genetic Algorithm Design)을 구현할 수 있다.

이 소프트웨어는 3가지 개념을 가지고 있다. 엑셀의 스프레드시트를 기반으로 하여 node의 배열을 행렬로 표현하여 정확한 제어가 가능하게 해주는 MATRIX, TransXYZ, RotXYZ, ScaleXYZ 등의 조합으로 node의 연속함수 셋팅을 가능하게 해주는 I-codes, node값과 I-codes를 이용하여 모델링을 제어할 수 있는 필드인 GDNA가 그것이다. 이러한 형상을 표현하는 수학적 개념들을 이용하여 n차원 모델링과 분석을 위한 새로운 접근 방식의 플랫폼을 제공하고 수리 데이터와 그래픽 프리젠테이션 사이의 상호교류를 가능하게 해준다. 현재 ParaCloud Modeler v1.2는 Rhinoceros와 Bentley Microstation V8/XM과 연동이 되며, DXF와 Maya의 Mel script, VRML을 생성할 수 있다.

ParaCloud Modeler는 Generative Design이라는 기능을 통하여 부재설계, 시공설계, 성능검사를 가능하게 해주며, 또한 Behavior Modeling(각 디자인 컴포넌트간의 상호연관 관계기반), surface와 Ribs의 전개도 작성, Parametric Component의 설정 규칙에 의한 자동 생성 및 배치, 성능 기반 디자인 방법을 제공한다. 즉, 3D 툴을 이용하여 생성한 비정형 설계의 수정 및 검토, 시공 도면 작성을 위한 좌표의 추출 등을 쉽게 처리해 준다. 또한, 수학적 이론을 바탕으로 생성된 하나의 논리모델을 이용하여 여러 가지 표현이 가능하며, Visual Basic Script 사용도 가능하다. 이는 다양한 프로그램 호환을 위한 브릿지로도 사용될 수 있다. 아울러 엑셀을 기초로 하여 개발되었기 때문에 사용자가 친숙하게 접근할 수 있다는 장점도 있다.

실무설계의 입장에서 문제가 되었던 기존 3D 구현 소프트웨어에서의 정확한 좌표값 산출이 어려웠던 점은 Rhinoceros의 컨셉 드로잉과 ParaCloud Modeler의 수치화된

결과물 상호 변환으로 충분히 보완될 것이기에 실시설계도면이나 시공시 도움이 될 수 있다. 또한 아웃소싱 방식으로 프로그램 용량이 30Mb 정도로 상당히 작고 가벼우며, 수치 데이터를 조작함으로써 수작업에 의한 모델링보다 대안이 많이 나올 수 있고, 기존의 단순반복 작업인 파라메트릭 구조를 간단하게 생성하여 이에 대한 노동력과 시간 절감 효과를 예상할 수 있다.

ParaCloud Modeler가 많은 가능성을 가지고 있는 소프트웨어이기는 하나, 현재 개발 이후 초기 버전이어서 여러 문제점을 가지고 있다. 초기의 v1.0 이후 v1.2까지 나왔으나, 프로그램의 유저 인터페이스가 부족하고, 개발자 위주의 기능구현으로 사용이 다소 불편할 수 있다. 현재 저렴한 가격이 장점이기는 하나, 네트워크 라이센스를 지원하지 않고 별개의 라이센스로만 판매되고 일일이 사용자별로 사용자 코드를 요청하는 불편이 있으며, 사용자 등록시 인터넷 연결이 필요한 것도 사용자 친화적이지 않다. ParaCloud Modeler 실행시 뜨는 엑셀이 쉽게 종료되지 않는 것도 개선되어야 할 부분 중 하나이다. 게다가 현재 개발자 혼자서 영업과 개발, 운영 및 서비스를 모두 처리하고 있는 상황이 소프트웨어 이용에 적지 않은 불편함을 야기할 가능성도 높다.

이러한 문제점에도 불구하고 시대적 요구와 사용자의 요구에 의해 필요성이 대두되고 있으며, 사용자의 확산과 더불어 소프트웨어 제공사의 규모가 커질수록 서비스가 개선되고 지속적으로 업그레이드가 되리라 생각되므로 기대를 가져볼 수 있을 것이다.

바. Tekla Structures

일반적으로 널리 알려진 Revit, ArchiCAD, Bentley Structures와 같은 설계용 BIM 도구와 달리 Tekla Structures는 디테일링 도구이기 때문에 많은 일반인이 접합 기회가 없다. 물론 설계단계에서 사용할 수 있지만, 그러기에는 불편한 점이 많고 본 디테일링 기능이 막강하다.

Tekla Structures는 핀란드의 Tekla라는 회사에서 만든 제품이다. 일부 소프트웨어를

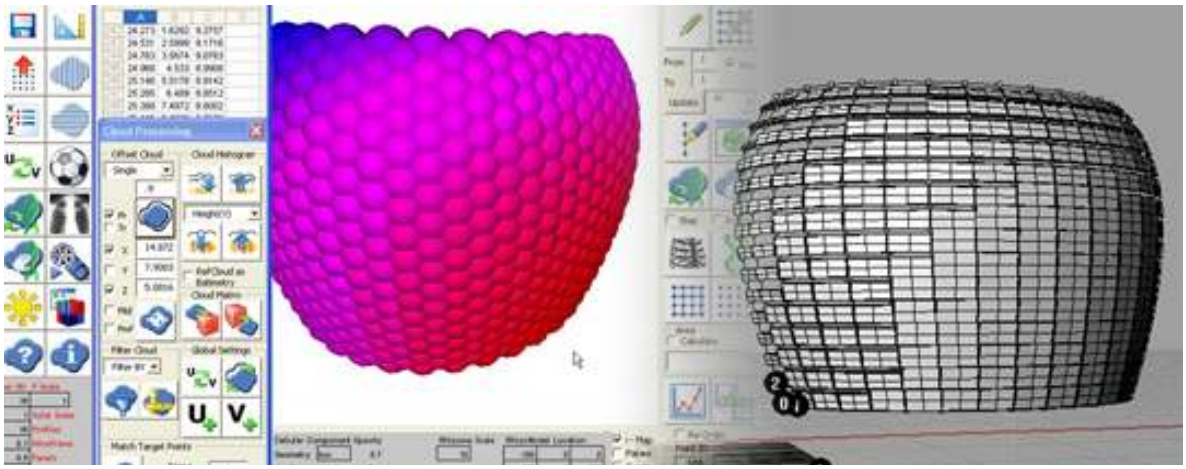


그림 16. ParaCloud Modeler의 User Interface
(출처 : 캐달로그 코리아 홈페이지, www.cadalog.co.kr)

아는 사람들에게는 이전 이름이었던 xSteel 또는 프랭크 게리 건물의 철골 디테일을 만들 때 사용되었던 소프트웨어로 더 널리 알려져 있다. 전 세계적으로 약 15,000 카피가 사용 중이며, 철골회사, 엔지니어링 회사, 프리캐스트 콘크리트 회사 등이 주요 사용자들이다. 국내의 경우에도 포스코건설을 포함한 다수의 건설사와 엔지니어링 회사에서 약 230 카피 정도가 사용중이다.

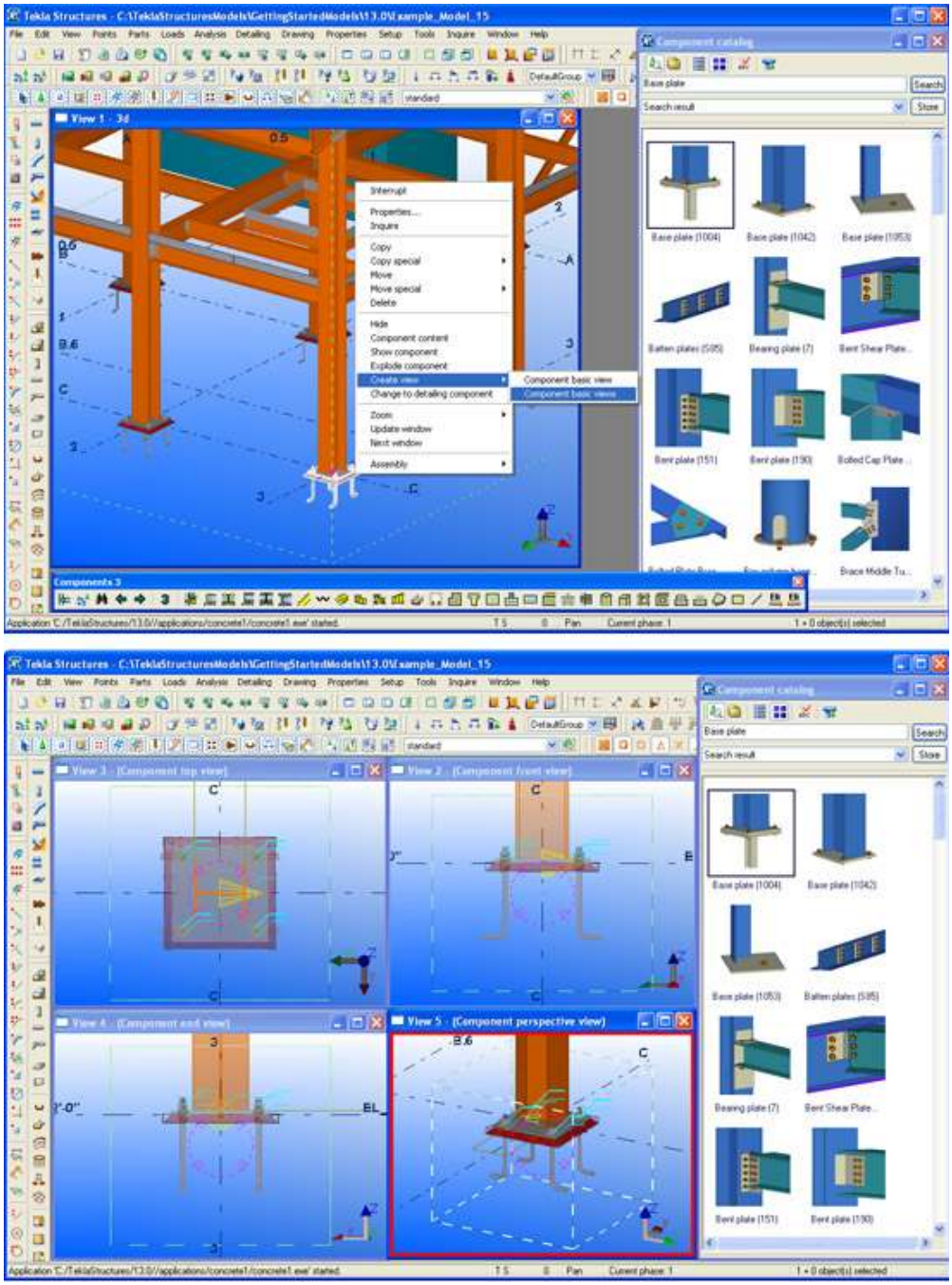


그림 17. Tekla Structures의 User Interface
(출처 : http://www.aecbytes.com/review/2007/TeklaStructures.html)

가장 대표적인 기능은 철골조의 골조 접합부 자동생성 기능과 프리캐스트 콘크리트, 일반 철근콘크리트의 철근 및 접합부 자동생성 기능이다. 작동원리는 미리 라이브러리에 파라메트릭하게 접합부를 정의해 놓고 주부재(primary member or supporting member)와 부부재(secondary member or supported member)를 지정하면 자동으로 상황에 맞게 크기가 조정되며 접합부가 생성된다. 철근의 배근은 철근을 배근할 부재를 선택하고 원하는 옵션을 선택하면 자동으로 부재의 크기에 맞게 철근이 생성된다. 써드파티 제품을 사용하면 구조계산 결과에 따라 철근을 배근할 수도 있다. SAP2000, STAAD.Pro, S-Frame, GTStrudl, ETABS 등 다양한 구조해석 소프트웨어와도 연결된다. 이렇게 만들어진 모델을 이용하여 도면을 자동 생성하고, 부재간 간섭을 확인하거나 물량을 자동으로 산출할 수 있다.

Tekla Structures는 생산용 도구이기 때문에, 전체 모델에서 하나의 부재만 떼어내 단독의 부재도면을 생성할 수 있다. 각각의 부재정보는 CNC 기계로 보내져 철골이나 프리캐스트 콘크리트의 자동가공 및 생산이 가능하게 된다.

Tekla Structures의 가장 큰 장점은 우선 디테일링 작업에서의 생산성 향상이며, 그 다음으로는 효율적인 모델 크기이다. Revit이나 ArchiCAD에서는 건물크기가 커지면 속도저하 현상이 나타난다. Tekla Structures도 건물크기가 매우 커지면 속도가 저하되지만, 성능면에서 월등하다. 이러한 이유는 먼저 Tekla가 1960년대 GIS 회사로부터 시작하였기 때문에 모델파일의 데이터 구조가 효율적으로 되어 있기 때문이며, 그 밖에도 여러 방법을 통하여 모델파일 사이즈를 최소화하였다.

Tekla Structures의 가장 큰 단점은 기능이 전문화 되어 있고 복잡하다 보니, 고급기능에 익숙해지는데 시간이 걸린다는 점이다. 또한 전문성 면에서 다른 제품과 가능을 비교하기 어렵지만, 2배 이상 비싸다는 것도 단점이다.

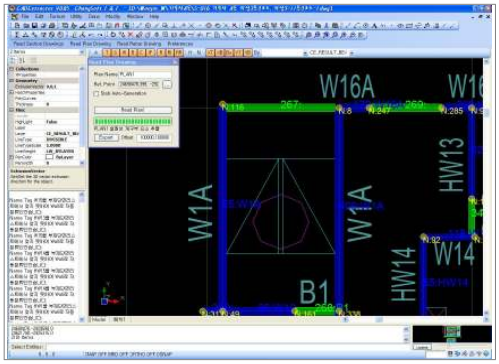
2.2 기술동향 분석 결론

- 향후 건축 분야의 설계, 엔지니어링, 시공은 3차원 BIM(Building Information Model) r기반으로 급속한 패러다임 전환이 예상된다. 그러므로 구조 엔지니어링 분야에서도 기술경쟁력 유지와 시장 선점을 위해서는 3차원 BIM 기반 엔지니어링 기술 개발과 보유에 관심을 가져야 할 때이다.
- 다양한 형태의 중·고층 건물을 대상으로 최적화되어 있는 기존의 구조설계 실무 절차로는 2005년 4월 1일부터 시행되는 건축법 시행령 개정안에 따른 내진설계 확대 의무화에 따라 새로이 구조설계 대상이 될 저층 건물에 대한 구조설계 추가 수요에 대응할 수 없다.
- 반면 일본의 STAN-3D, 중국의 PKPM 등 해외에는 일반적인 중·저층 건물의 구조설계를 효율적으로 수행하는 통합시스템 또는 일관시스템의 사용이 일반화되어 있는 것으로 분석되었다.
- 그러므로 철근콘크리트건물 구조설계를 위한 통합시스템의 개발이 시급하며, SDP는 상기 구조설계 통합시스템 관점에서 실용화에 가장 접근한 프로그램으로서, 실용화 시 내진설계 범위 확대 조치의 실효성에 크게 기여할 것으로 판단된다.
- 현재 국내 철근 수요의 10%정도가 공장가공으로 이루어지고 있는 반면 일본의 경우 건축은 90%, 토목은 거의 100% 공장가공이 이루어지고 있다. 우리나라도 현장 효율화의 일환으로 공장가공 비율이 급속히 확대되고 있는 추세이다.
- 다만, 공장가공을 위해 선행되어야 하는 철근가공도 작성에 투입되는 비용, 도면 오류에 따른 물량 손실 등의 절감이 시급한 이슈로 대두되고 있다.
- 그러므로 우리나라에서도 미국 ACI Detailing Manual 등에 견줄 수 있는 철근 형상 및 가공도의 표준화와 철근가공도 작성업무 전산화가 시급하다. SDP에 의해 구축되는 3차원 구조설계정보 데이터베이스는 철근가공도 작성에 필요한 입력정보를 대부분 포함하고 있어 철근가공도 작성 프로그램의 입력기능은 완성된 것으로 평가할 수 있으며, 최소한의 추가 노력으로 실용적인 철근가공도 작성 프로그램의 개발이 가능한 것으로 분석되었다.
- 현재 구조설계 분야에서 세계 선두주자인 영국의 Arup사에서는 CDO를 이용하여 수많은 대안을 빠르고 정확하게 검토하여 최적의 디자인 대안을 도출하는 기술을 보유하고 있으나 이러한 기술을 외부에 공개하지 않고 실제 프로젝트에 독점적으로 사용되고 있음.
- 미국의 Ghery Technology는 자동차와 항공분야에서 사용되는 CATIA를 기반으로 개발된 파라메트릭 모델링 도구인 Digital Project를 다양한 비정형 건축물 설계에 활용되고 있음.

- Autodest사의 Revit은 파라메트릭 변경 기술을 이용하므로 시간과 장소에 관계없이 변경하는 모든 내용이 프로젝트의 원하는 모든 지점(모델 뷰, 도면 시트, 일람표, 단면도, 설계도 등)에서 자동으로 조정됨으로써 설계도와 문서가 변경 내용에 맞게 조정되고 일관성을 가지며 유지됨.
- Graphisoft사에서 개발한 ArchiCAD는 “Virtual Building(건물을 구축하는 요소의 모든 것을 재현하는 3D디지털 데이터베이스)”을 기본 개념으로 하여 건축 데이터를 빌딩 파일로서 관리함. 이를 통해 설계자는 2D는 물론 3D에서도 설계 변경을 실시할 수 있고 변경된 데이터는 다시 "Virtual Building(가상 건물)"에 갱신되어 자동적으로 모든 도면에 실시간으로 반영되어 설계자가 직관적이고 효율적으로 설계할 수 있도록 지원하고 있음.
- Bentley사는 Bentley Architecture(원래 이름인 Microstation Triforma로 판매)와 Bentley Structure, Bentley HVAC 등 여러 개의 어플리케이션 모듈들로 나누고, 각 분야(설계, 구조, 설비 등)에 종사하는 작업자들이 자신의 분야에 특화된 CAD로 설계된 모델을 만들고 상호 호환하도록 함으로써 정보의 교환 혹은 이동이 가능하도록 지원하고 있음.
- 핀란드의 Tekla사가 개발한 Tekla는 미리 라이브러리에 파라메트릭하게 접합부를 정의해 놓고 주부재와 부부재를 지정하면 자동으로 상황에 맞게 크기가 조정되고 접합부가 생성되도록 지원하고 있음. 또한 다양한 구조해석 소프트웨어와도 연결되며 도면 자동 생성, 부재간 간섭체크, 물량 자동 산출 기능을 지원함과 아울러 각각의 부재정보를 CNC 기계로 보내 철골이나 프리캐스트 콘크리트의 자동가공 및 생산이 가능하도록 지원하고 있음.
- 점차 전산화되어가는 건축물 설계 경향과 관련하여, 국내 건설산업은 이에 대한 근본적인 기술 또는 설계 프로세스 대비 없이 해외 기술에 의존하고 있음.
- 국내에는 아직까지 3D BIM 기반 설계 및 엔지니어링에 최적화된 통합적인 설계기술이나 요소기술 등이 축적되어 있지 않으며, 일부 건설 선진국 또는 선도 설계회사 및 건설회사에 의하여 독점화 되어있으나 아직도 기술 개발과 그에 따른 기술 경쟁력 확보 가능성은 열려 있는 상황임.
- 특히 전산 기술을 활용한 설계, 엔지니어링, 시공 기술이 건설산업에서 원천기술화 되어가는 시점에 관련 기술의 국산화와 기술 축적은 우리나라 건설산업 국제경쟁력 향상에 핵심적인 요소로 그 중요성을 더하여 가고 있음.

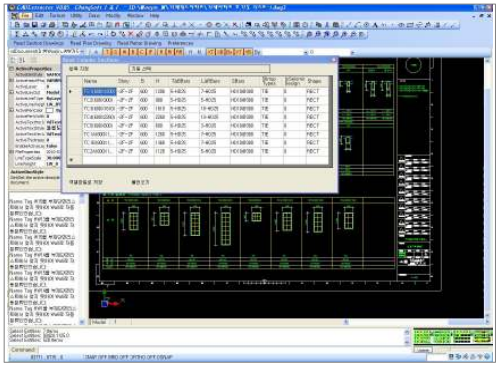
제3장 연구개발수행 내용 및 결과

3.1 3D 전환



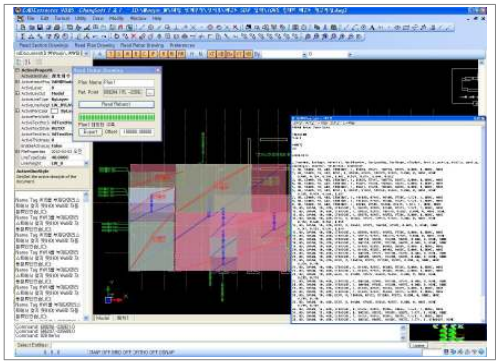
CAD Extractor 구조 데이터 추출

- 2차원 설계정보(구조도면, 구조계산서)로부터 3차원 골조모델을 최단 시간에 전환, 생성하는 기술 개발
- 구조평면도 인식하여 SDP 내에 3차원 골조형상 생성
- 부재일람표 인식하여 3차원 골조와 결합
- 구조부재의 편심, 보 및 슬래브의 단차, 슬래브 및 벽체의 오프닝 등 골조상세정보 생성 및 관리하며 골조 Physical Model 제공



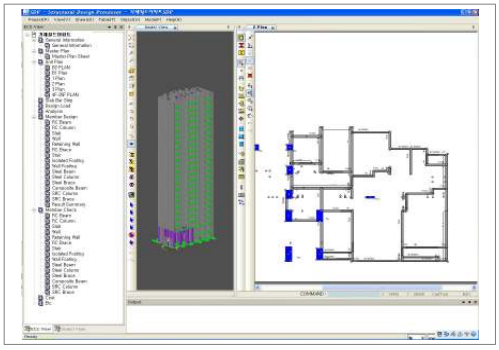
CAD Extractor 구조 데이터 인식

- 2D CAD로 작성된 보, 기둥 등의 단면 정보 인식
- Excel로 출력 및 SDP 3D Model 생성 시 입력
- 세로, 가로 형 등 리스트 유형 따라 구분된 인식 모듈 적용



CAD Extractor 배근도 인식

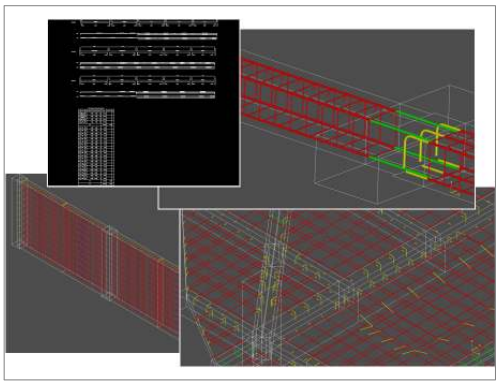
- 2D CAD로 작성된 Slab 배근도 인식 기능
- 철근 정보 및 배근 유형, 정착 인식하여 활용 가능한 배근 데이터 추출



SDP Modeler 3D 모델 생성

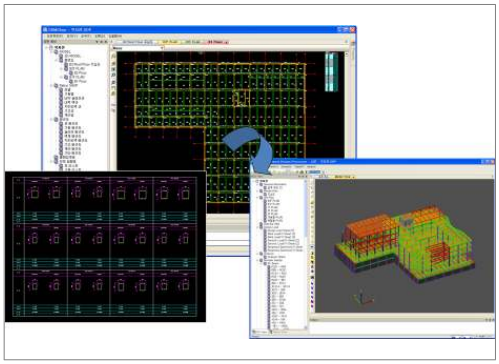
- CAD Extractor에서 추출된 데이터로 3D 구조 모델 자동 생성
- 보, 기둥 등의 부재 타입 및 부재간의 관계, 단면 정보, 층 정보 등을 포함하고 있는 구조 BIM 모델

3.2 ConiForm 구성



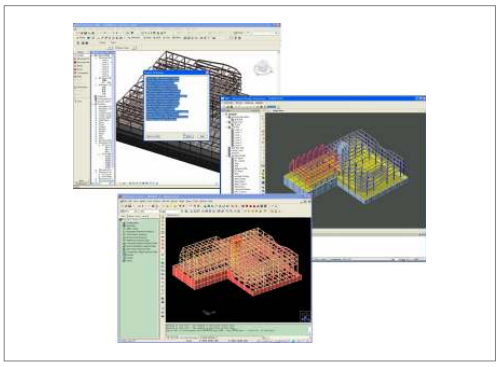
요소모듈 1　3차원 철근 자동배근(RAP) 모듈 (SDMShop)
(RAP : Rebar Auto Placing)

- 세계 최초로 3차원 BIM 모델로부터 KBC2008 기준에 의거 철근의 이음, 정착, 철근정척길이를 고려한 3차원 철근샵을 자동생성하는 기술 개발
- 건축도면과 부재 리스트 등 이미 생성된 구조설계 데이터를 바탕으로 배근시공도와 철근 가공도를 자동 작성하는 철근상세 프로그램
- 3차원 골조설계정보를 이용한 합리적인 철근상세를 작성하고 정밀 물량 및 견적을 자동으로 산출
- 기존 수작업 철근샵 대비 철근물량 5~10% 절감



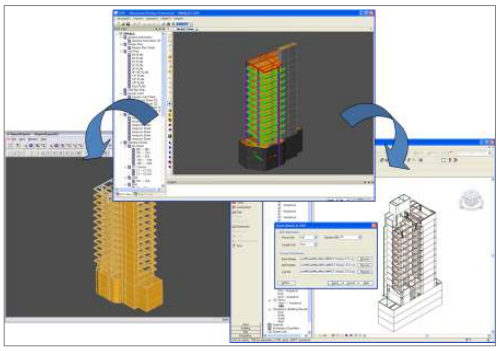
요소모듈 2　3D 모델 전환기술 (DWG Reader)

- 2차원 설계정보(구조도면, 구조계산서)로부터 3차원 골조모델을 최단 시간에 전환, 생성하는 기술 개발
- 구조평면도 인식하여 SDP 내에 3차원 골조형상 생성
- 부재일람표 인식하여 3차원 골조와 결합
- 구조부재의 편심, 보 및 슬래브의 단차, 슬래브 및 벽체의 오프닝 등 골조상세정보 생성 및 관리하며 골조 Physical Model 제공



요소모듈 3　BIM 도구와 구조해석/설계 도구간 연동기술

- ArchiCAD 및 Revit Structure로 작성된 BIM 모델을 Midas, ETABS, 및 창소프트와 공동연구로 자체 개발한 건축구조설계 통합시스템 SDP와 연계하는 기술 국내 유일 보유
- BIM 도구의 Physical Model과 구조해석/설계 도구의 Analytical 모델간 변환 기술 보유
- 건축모델과 구조모델간 정보공유 및 통합 BIM 실현을 위한 필수 요소기술

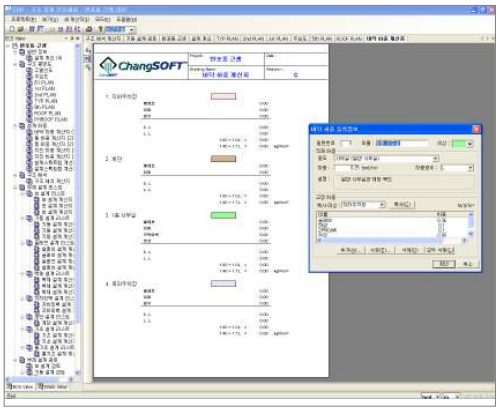


요소모듈 4　국내 최초 개방형 BIM(IFC) 기반 정보유통 기술

- 국내 최초로 개방형 BIM 기반 설계정보 유통 포맷인 IFC 포맷을 이용하여 골조설계정보를 통합 BIM 도구와 유통시킬 수 있는 기술 자체 개발 보유
- 협업사가 사용하는 BIM 도구 종류(ArchiCAD, Revit, Bentley)와 무관하게 골조설계 정보 공유

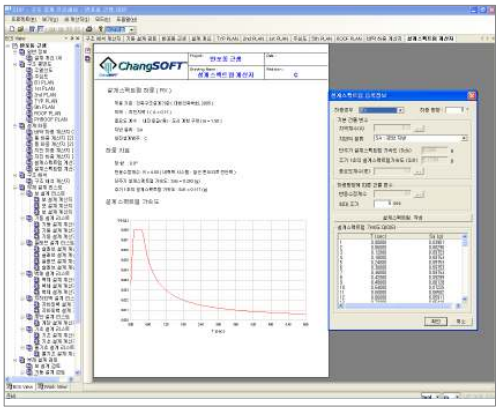
3.3 건축구조설계 통합시스템 SDP

건축구조설계 통합시스템 SDP(Structural Design Processor)는 구조설계 전 과정을 하나의 프로그램 안에서 수행할 수 있는 구조설계 통합시스템이다. 구조설계 과정에서 SDP는 순차적 단순계산이나 각 계산지 사이의 정보흐름 및 데이터 관리를 전담함으로써 엔지니어가 자신의 지식과 경험에 기초한 공학적 판단과 설계안 창출에 집중할 수 있도록 지원한다.



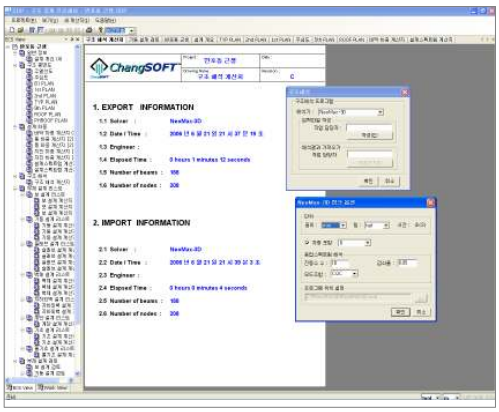
바닥하중 계산지

- 바닥하중의 산출 근거를 표시 하는 리스트
- 바닥하중 종류별 색깔 표시
- 사용 용도 별 활하중 데이터 베이스



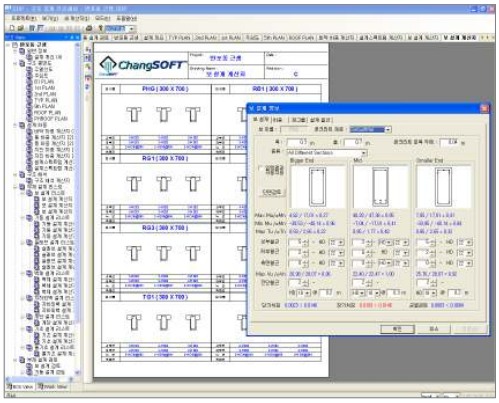
응답스펙트럼 계산지

- 선택한 구조 기준에 따라 스펙트럼 자동 생성



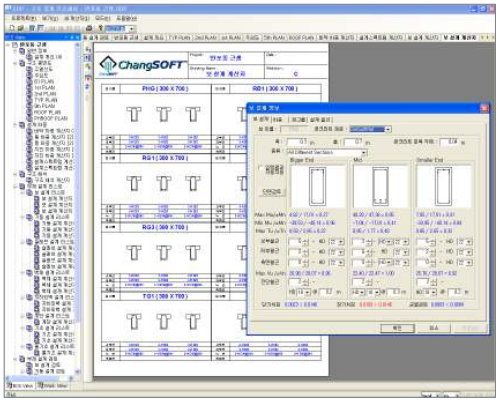
구조해석 계산지

- 구조 해석 단계
- 자체 해석기 뿐만 아니라 구조해석에 가장 많이 사용되는 사용프로그램(MIDAS GenW, ETABS)과 연계 가능
- 한번의 모델링으로 여러 해석프로그램을 이용한 해석 가능하기 때문에 VE 가능, 프로그램에 종속되지 않음



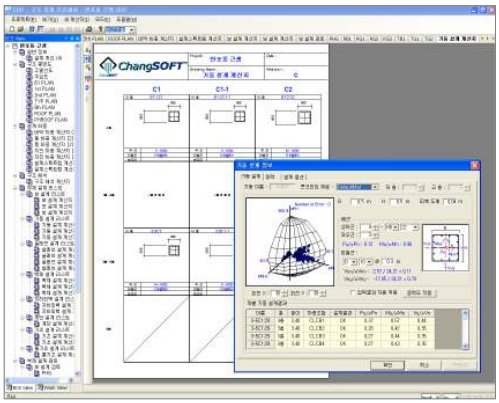
보 단면 설계 계산지

- 선택된 구조 기준에 따른 보 단면 설계
- 사용자가 입력한 임의의 부재력을 통한 설계 가능



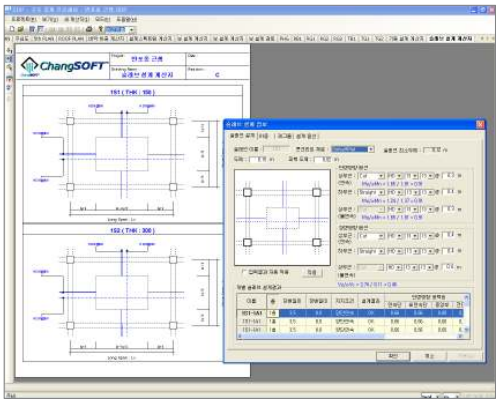
보 단면 상세검토 계산지

- 보 단면 설계 상세 표시



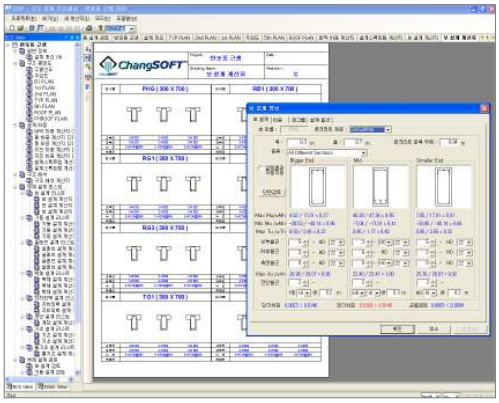
기둥 단면 설계 계산지

- 선택된 구조 기준에 따른 기둥 단면 설계
- 사용자가 입력한 임의의 부재력을 통한 설계 가능



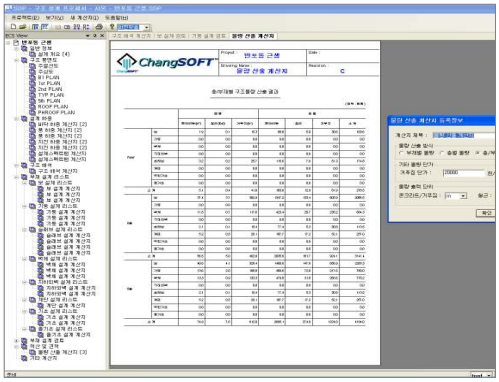
슬래브 단면 상세검토 계산지

- 슬래브 단면 설계 상세 표시



지하외벽 단면 상세검토 계산지

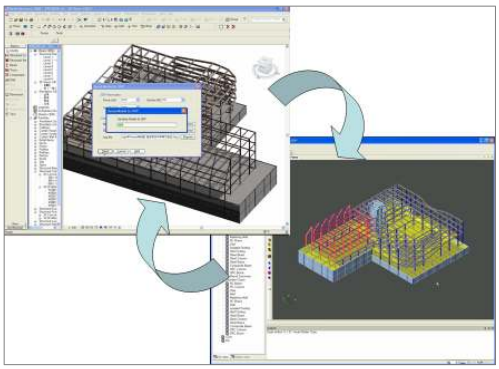
- 지하외벽 단면 설계 상세 표시



물량산출 계산지

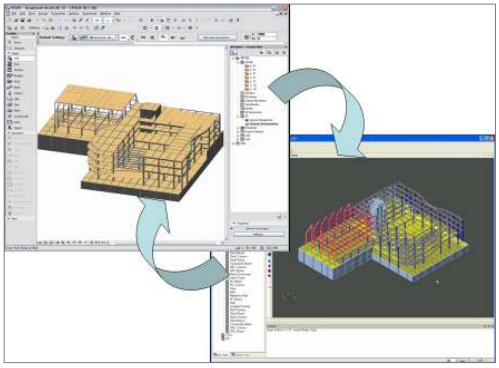
- 모델링을 통한 계락 물량 산출
- 부재별, 재료별 산출방법 선택
- 구조 모델에서 바로 물량 산출할 수 있어 VE를 가능하게 함

3.4 3D BIM 도구와의 연동



Autodesk Revit Structure와 SDP 연계

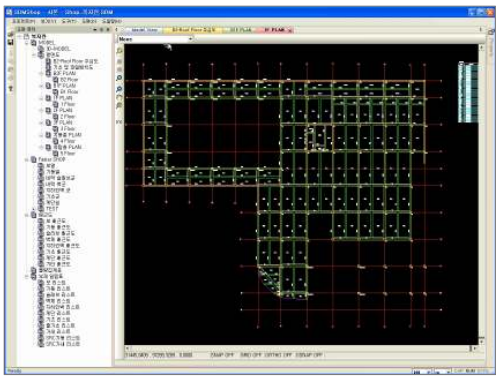
- 상용 3D BIM 도구인 Revit Structure로 작성된 BIM 모델을 SDP의 구조 모델데이터로 전환
- SDP에서 생성된 구조 모델데이터를 Revit Structure모델 데이터로 전환
- BIM 도구의 Physical Model을 구조해석/설계 도구의 Analytical Model로 변환



ArchiCAD와 SDP 연계

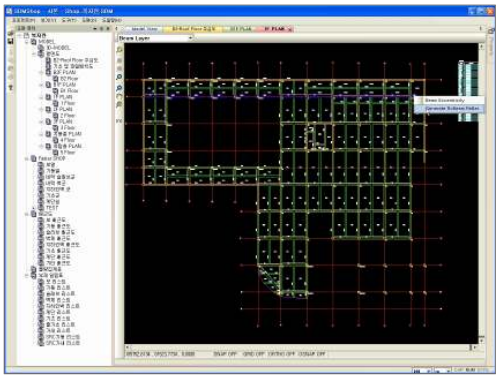
- 상용 3D BIM 도구인 ArchiCAD로 작성된 BIM 모델을 SDP의 구조 모델데이터로 전환
- SDP에서 생성된 구조 모델데이터를 ArchiCAD모델 데이터로 전환
- BIM 도구의 Physical Model을 구조해석/설계 도구의 Analytical Model로 변환

3.5 RAP(Rebar Auto Placing) 기술



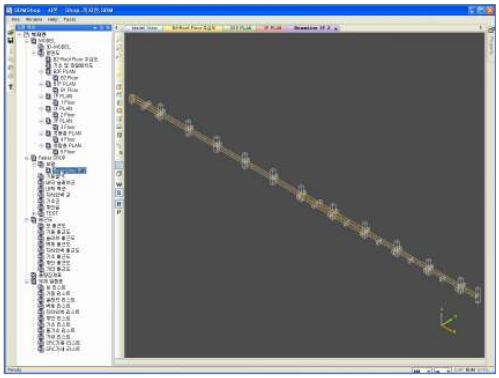
보 철근 자동 배근 생성　　1. 평면도 선택

- 철근 배근을 생성할 보가 있는 평면도를 열어, Beam Layer를 선택



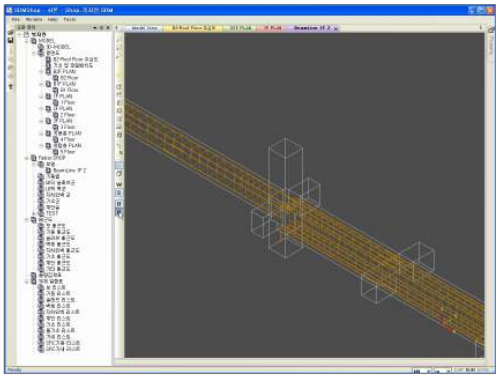
보 철근 자동 배근 생성　　2. Beam Line 선택

- 자동배근을 수행할 Beam Line 선택 후, [Generate Rc Beam Rebar] 메뉴 선택



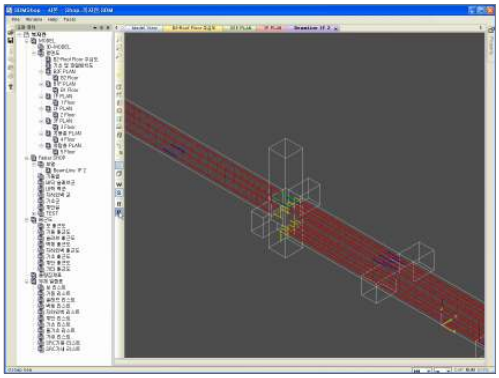
보 철근 자동 배근 생성　　3. RAP

- Rebar SHOP>보열 항목에서 선택한 Beam Line을 선택하여, [Generate Rebar] 메뉴를 선택하여 자동배근 수행
- 하나로 연결된 Beam Line을 SDP의 단면 데이터와 KBC 2005 기준을 통하여 보 철근 배근 자동 생성
- 주변부재와의 연관관계를 통하여 이음/정착/관통 등의 자동 배근
- 압축구간에서 철근 이음을 하여 철근량 감소



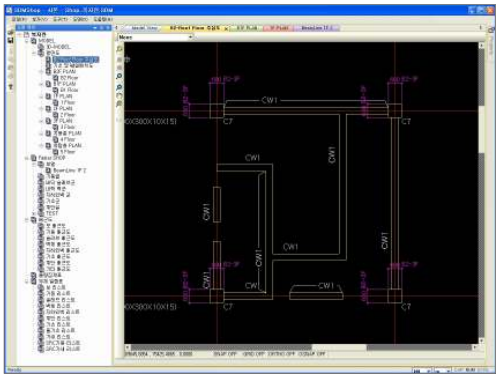
보 철근 자동 배근 생성　　4. Beam Line 배근 상세

- 철근 형상을 3D로 나타내서 직관적 파악 가능



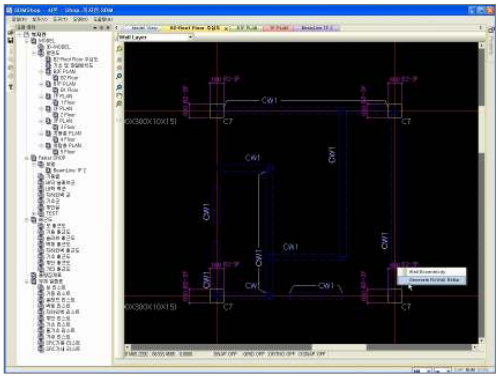
보 철근 자동 배근 생성　　5. 보 철근 속성 부여

- 각각의 철근에 주 철근 / 이음 철근 / 정착 철근 / 연결 철근의 4가지 속성을 색깔로 부여.



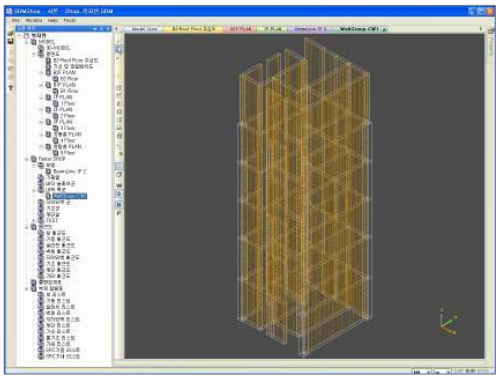
벽체 철근 자동 배근 생성　　1. 주심도 선택

- 수직으로 연결된 벽체를 한번에 배근
- 주심도를 열어, Wall Layer를 선택



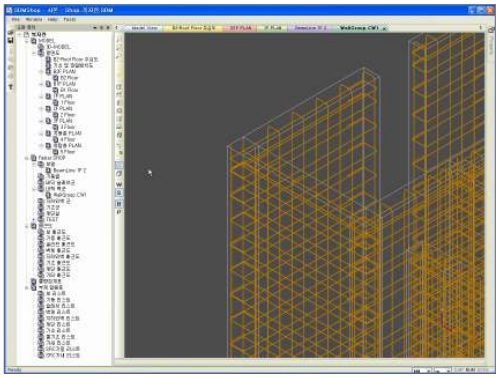
벽체 철근 자동 배근 생성　　2. Wall Group 선택

- 자동배근을 수행할 Wall Group 선택 후, [Generate Rc Wall Rebar] 메뉴 선택



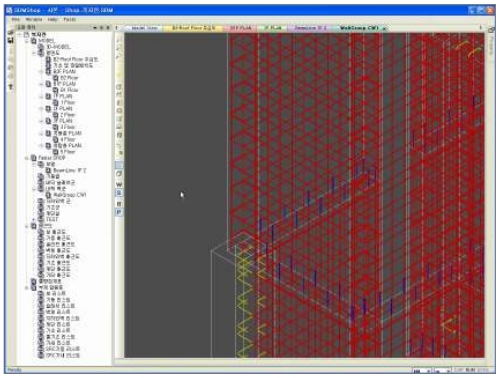
벽체 철근 자동 배근 생성　　3. RAP

- Rebar SHOP>내력벽군 항목에서 선택한 Wall Group을 선택하여, [Generate Rebar] 메뉴를 선택하여 자동배근 수행
- SDP의 단면 데이터와 KBC 2005 기준을 통하여 벽체 철근 배근 자동 생성
- 주변부재와의 연관관계를 통하여 이음/정착/관통 등의 자동 배근
- 교차 부분 / 단부 부분을 자동 파악하여 배근 상세 기준을 적용하여 자동 배근 생성



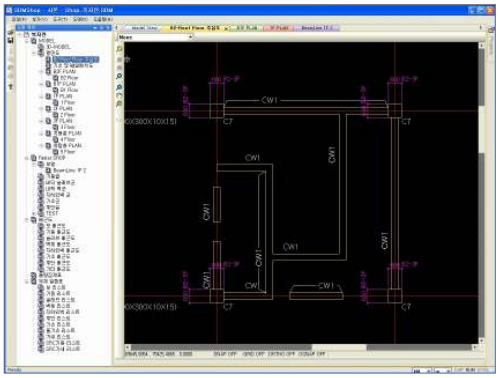
벽체 철근 자동 배근 생성　　4. Wall Group 배근 상세

- 철근 형상을 3D로 나타내서 직관적 파악 가능



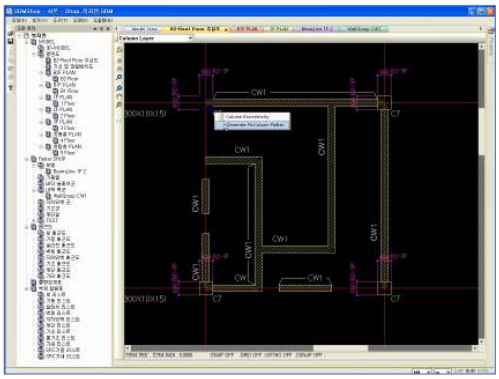
벽체 철근 자동 배근 생성　　5. 벽체 철근 속성 부여

- 각각의 철근에 주 철근 / 이음 철근 / 정착 철근 / 연결 철근의 4가지 속성을 색깔로 부여.



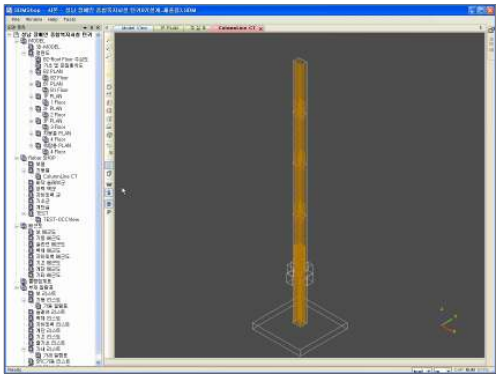
기둥 철근 자동 배근 생성　　1. 주심도 선택

- 수직으로 연결된 기둥를 한번에 배근
- 주심도를 열어, Column Layer를 선택



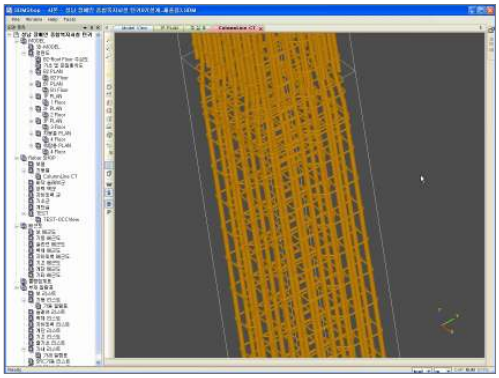
기둥 철근 자동 배근 생성　　2. Column Line 선택

- 자동배근을 수행할 Column Line선택 후, [Generate Rc Column Rebar] 메뉴 선택



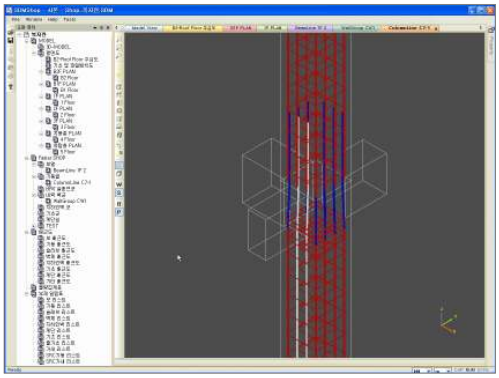
기둥 철근 자동 배근 생성　　3. RAP

- Rebar SHOP>기둥열 항목에서 선택한 Column Line을 선택하여, [Generate Rebar] 메뉴를 선택하여 자동배근 수행
- SDP의 단면 데이터와 KBC 2005 기준을 통하여 기둥 철근 배근 자동 생성
- 주변부재와의 연관관계를 통하여 이음/정착/관통 등의 자동 배근
- 시공 용이를 위해 층마다 이음 설정(물량감소를 위한 2층 배근 설정 가능)



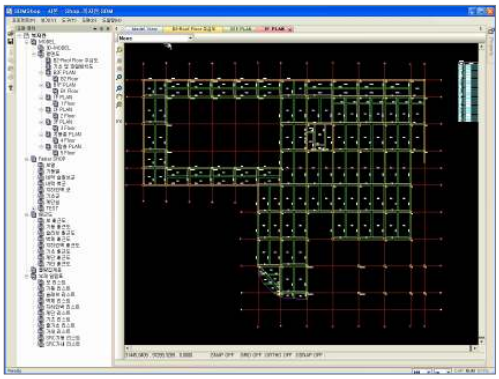
기둥 철근 자동 배근 생성　　4. Column Line 배근 상세

- 철근 형상을 3D로 나타내서 직관적 파악 가능



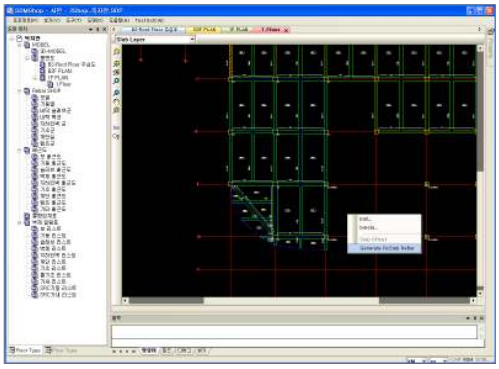
기둥 철근 자동 배근 생성　　5. 기둥 철근 속성 부여

- 각각의 철근에 주 철근 / 이음 철근 / 정착 철근 / 연결 철근의 4가지 속성을 색깔로 부여.



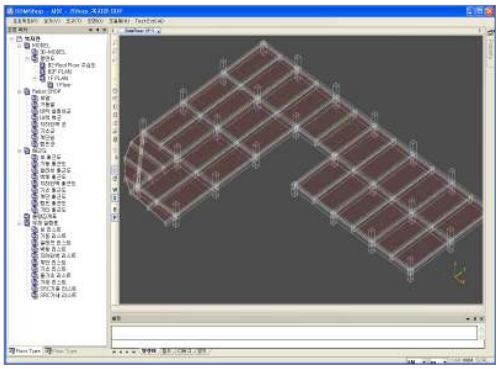
슬래브 철근 자동 배근 생성　1. 평면도 선택

- 철근 배근을 생성할 슬래브가 있는 평면도를 열어, Slab Layer를 선택



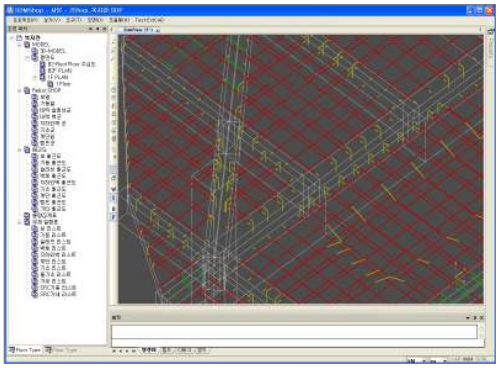
슬래브 철근 자동 배근 생성 2. Slab Group 선택

- 자동배근을 수행할 Slab Group 선택 후, [Generate Rc Slab Rebar] 메뉴 선택
- 사용자가 선택한 슬래브군을 한 번에 배근



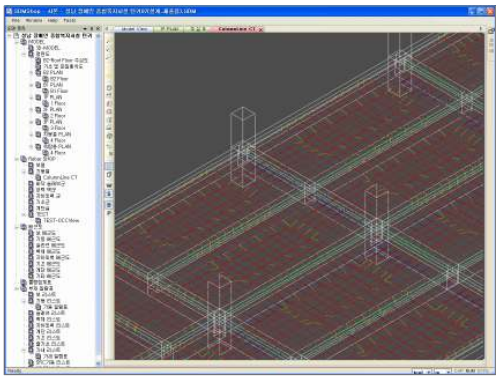
슬래브 철근 자동 배근 생성 3. RAP

- Rebar SHOP>슬래브군 항목에서 선택한 Slab Group을 선택하여, [Generate Rebar] 메뉴를 선택하여 자동배근 수행
- SDP의 단면 데이터와 KBC 2005 기준을 통하여 슬래브 철근 배근 자동 생성
- 주변부재와의 연관관계를 통하여 이음/정착/관통 등의 자동 배근
- 철근 형상을 3D로 나타내서 직관적 파악 가능



슬래브 철근 자동 배근 생성 4. Slab Group 배근 상세

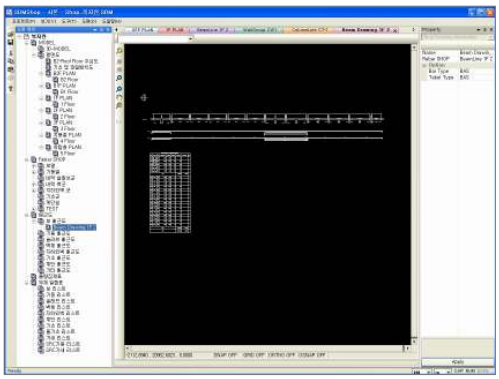
- 철근 형상을 3D로 나타내서 직관적 파악 가능



슬래브 철근 자동 배근 생성 5. 슬래브 철근 속성 부여

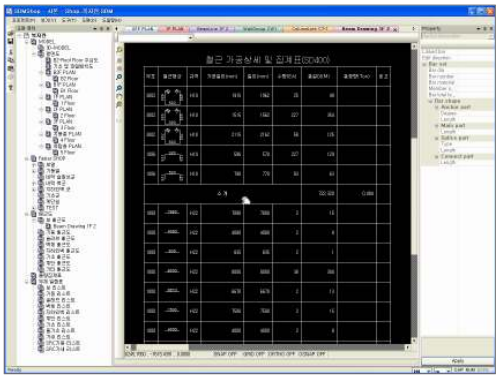
- 각각의 철근에 주 철근 / 이음 철근 / 정착 철근 / 연결 철근의 4가지 속성을 색깔로 부여.

3.6 골조 배근도 및 골조물량 산출



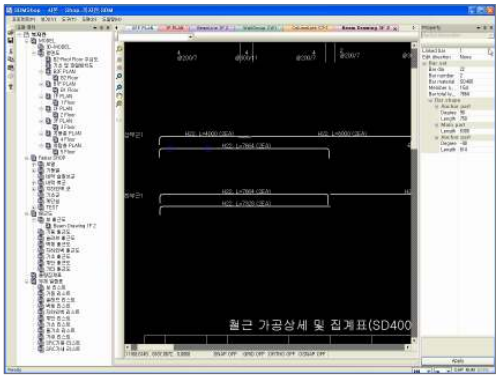
보 배근도 및 물량산출

- RAP 기술을 통해 생성된 철근 배근을 공사현장에서 사용할 수 있는 배근도로 작성
- 배근에 사용되는 철근 형상별 골조물량이 실시간으로 생성
- 배근시공도는 DXF 포맷에 의하여 2차원 CAD 호환 파일로 작성되어 현장 철근 배근 작업자의 이해를 높임



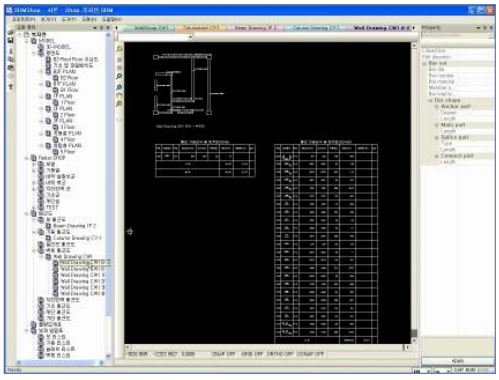
물량표 상세

- 재료별 / 철근 직경 별 / 형상 별 사용되는 철근이 정리되어 표시
- 실제 가공 길이와 현장배근 시 사용되는 길이가 모두 표시되어 가공시의 Loss를 줄임



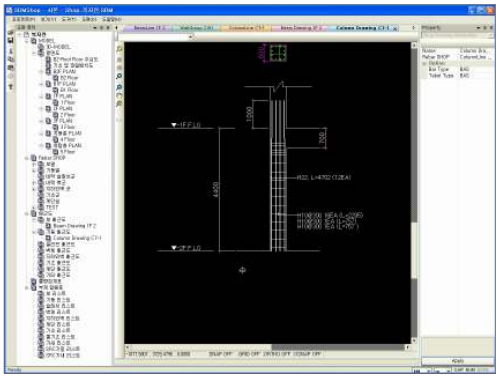
골조 배근 수정

- 생성된 철근의 속성이 표시되고 길이 / 정착 / 이음 등을 수정할 수 있음
- 현장에서 배근도 수정 시에 즉각적으로 대처 가능
- 수정된 사항은 바로 물량표에 반영



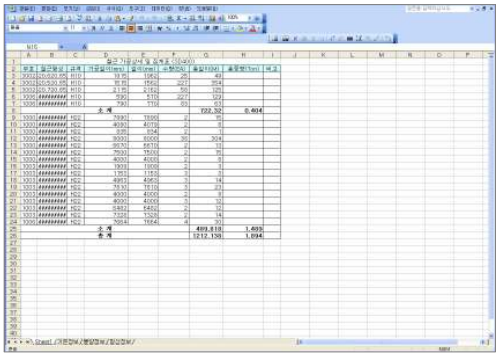
벽체 배근도 및 물량산출

- RAP 기술을 통해 생성된 철근 배근을 공사현장에서 사용할 수 있는 배근도로 작성
- 배근에 사용되는 철근 형상별 골조물량이 실시간으로 생성
- 벽체 특성 상, 수평근 / 수직근 배근도를 별도로 표시 가능
- 배근시공도는 DXF 포맷에 의하여 2차원 CAD 호환 파일로 작성되어 현장 철근 배근 작업자의 이해를 높임



기둥 배근도 및 물량산출

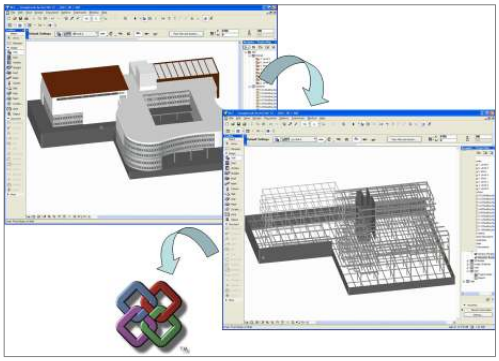
- RAP 기술을 통해 생성된 철근 배근을 공사현장에서 사용할 수 있는 배근도로 작성
- 배근에 사용되는 철근 형상별 골조물량이 실시간으로 생성
- 배근시공도는 DXF 포맷에 의하여 2차원 CAD 호환 파일로 작성되어 현장 철근 배근 작업자의 이해를 높임



물량표 MS-Excel로 출력

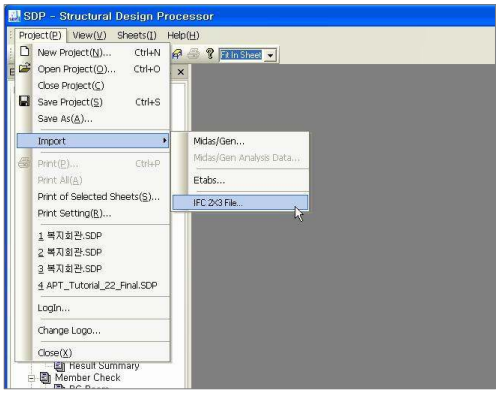
- Bar List와 물량산출 결과 등은 그 결과를 테이블 형태로 구성하여 MS-Excel의 형식으로 출력
- 견적 시 많이 사용하는 MS-Excel 파일로 내보내어 산출된 물량의 활용도를 높임

3.7 IFC 기반 정보유통



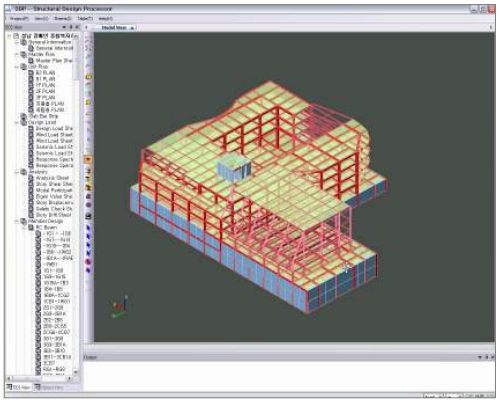
IFC 파일 생성

- 3D BIM 도구 등에서 구조 모델을 축출하여, IFC 파일로 저장



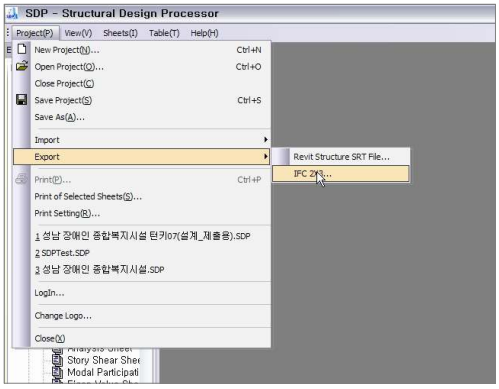
SDP에서 IFC 파일 불러오기

- SDP 프로젝트 생성 후, IFC파일을 불러옴



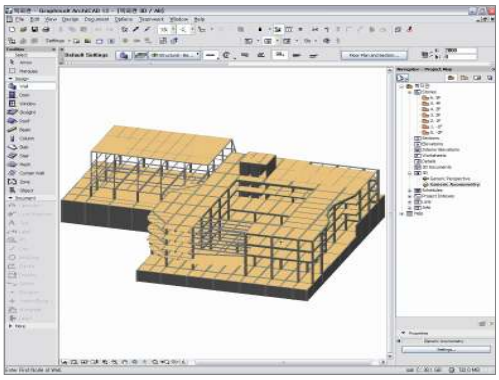
SDP 모델 생성 확인

- BIM 도구에서 생성된 모델과 동일한 모델 확인
- 건설 분야 국제 산업 표준 형식인 IFC 기반으로 모델을 호환
- 모든 3D BIM 도구와 정보교환이 가능



SDP에서 IFC 파일 내보내기

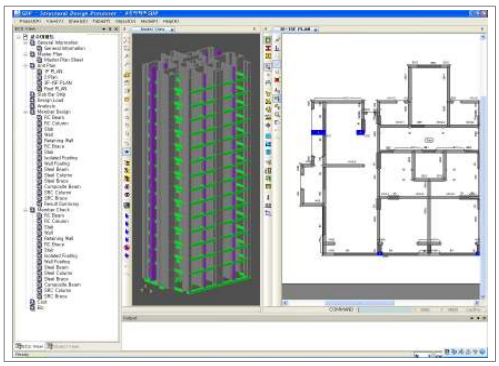
- SDP 데이터를 IFC 파일형식으로 내보냄
- 건설 분야 국제 산업 표준 형식인 IFC 기반으로 모델을 호환
- 모든 3D BIM 도구와 정보교환이 가능



BIM 도구에서 모델 생성

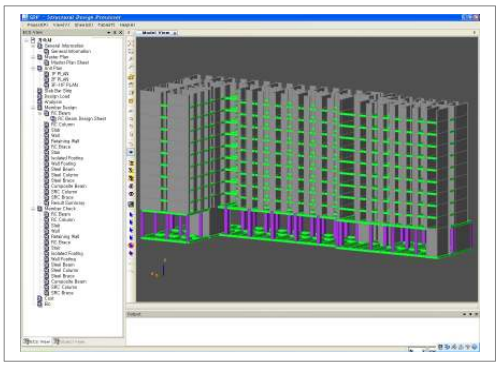
- BIM 도구에서 IFC 파일을 읽어오면 SDP 모델과 동일한 모델 확인

3.8 파일럿 프로젝트 수행



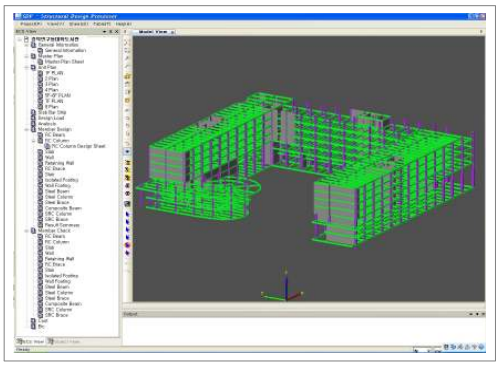
프로젝트 1　　00 아파트

- 부재일람표 인식하여 구조 모델에 결합



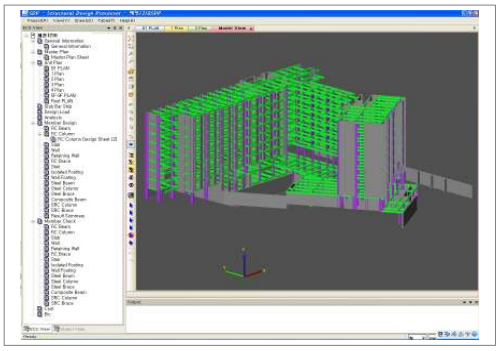
프로젝트 2　　기숙사

- 최하층의 라멘조, 나머지 층의 벽식 구조를 연결하는 트랜스퍼층 처리
- Deep Beam 인식을 위한 층 정보 수정



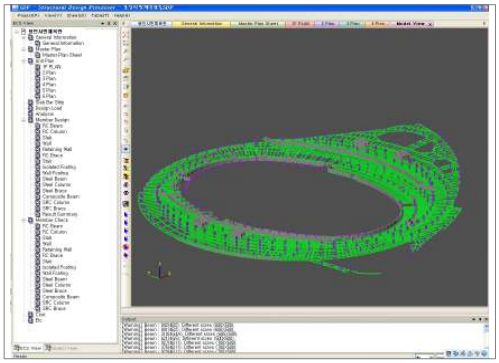
프로젝트 3　　강의 연구동 대학 도서관

- 곡선 보 부분 인식 및 모델링 가능



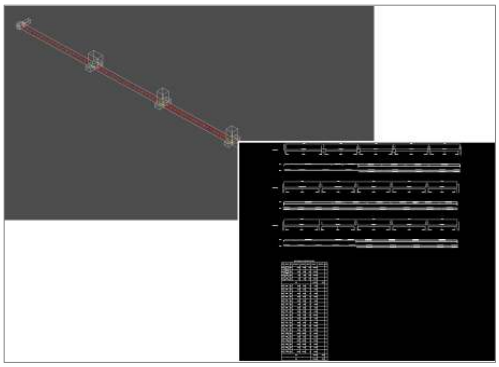
프로젝트 4　　혜천 기숙사

- 지하 옹벽 및 지하 주차장 모델링
- 직선으로 구성된 비정형 건물의 경우 추가적인 작업없이 프로젝트 수행 가능

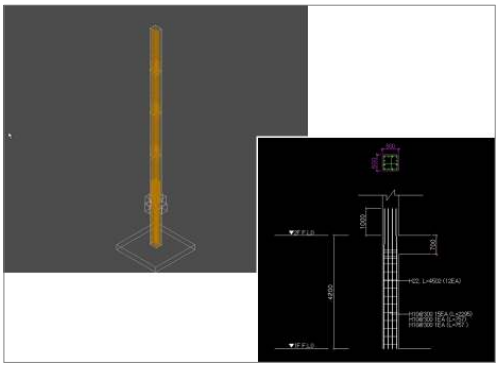


프로젝트 5　　용인 시민 체육관

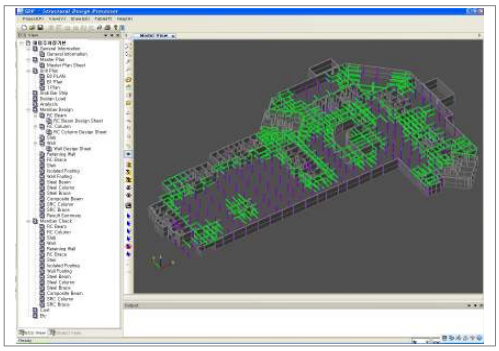
- 대공간 구조물 모델링
- 보와 기둥 간의 관계를 파악하여 슬래브 자동 인식 기능



보 배근

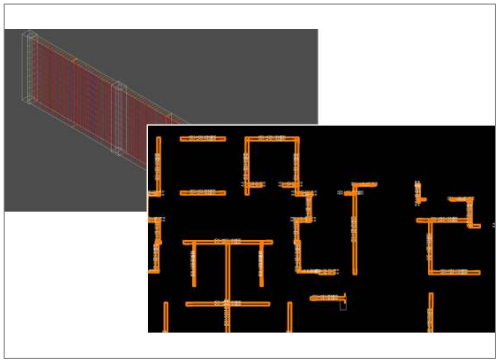


기둥 배근

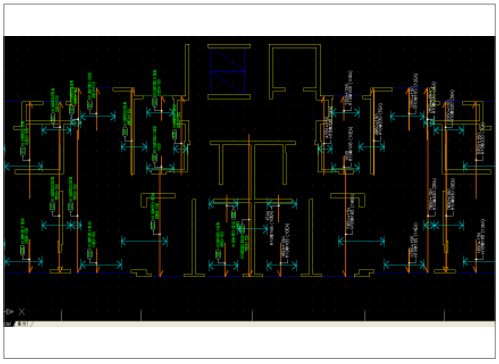


프로젝트 6　　대림 신계 아파트 및 지하 주차장

- 대규모 아파트 단지 프로젝트
- 슬래브 자동인식 기능 적용
- 지하주차장 진입 램프 모델링 기능 추가



벽체 배근



슬래브 배근(자유 형상)

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

4.1 목표달성도

연구목표	주요연구성과	달성도
■ 3D BIM 기반 골조공사 관리시스템 ConiForm 소요성능 분석	■ SDP의 구조설계정보 통합데이터를 이용하여 골조공사 데이터 설계 ■ 철근형상정보 데이터베이스 구축 ■ 통합 엔지니어링 프로세스 구축 ■ ConiForm 활용 시나리오 작성	100%
■ ConiForm 원형 구축	■ ConiForm 기반 골조공사관리 프로세스 구축 ■ 요소 모듈간 인터페이스 구축 ■ 구조설계 정보 통합 데이터베이스 구축 ■ IFC 기반 BIM 도구와의 골조설계정보 유통 ■ 구조해석모듈(Midas, ETABS)과의 인터페이스	100%
■ 부위별 철근 자동배근 모듈 개발	■ 구조설계 데이터와 건물의 형상을 통해 자동으로 철근 배근 데이터 형성 ■ KBC2005의 정밀식에 의한 철근 이음/정착 ■ 각 위치 특성을 가지는 철근 데이터 ■ 사용자 옵션을 통한 실시간 철근 데이터 형성	100%
■ 배근시공도 작성 모듈 개발	■ 생성된 철근 데이터의 도면화 모듈 개발 ■ 재생성된 철근배근 데이터가 실시간 반영된 도면 생성 ■ 2차원 CAD(DWG 포맷) 도면 생성 ■ 엑셀 기반 물량 산출 기능 구현	100%
■ 골조 정밀물량산출 모듈 개발	■ 가공철근 기반 철근 정밀물량산출 기능 ■ 공정에 따른 부위별 물량산출 기능	100%
■ 골조공사를 위한 본사/현장/가공장 모듈 개발	■ 웹기반 본사/현장/가공장 모듈 개발 중 ■ 온라인 철근배근시공도 Viewer 포함	60%
■ 파일럿 프로젝트 수행 및 현장 적용/실용화	■ 삼성건설 송도글로벌대학 아파트 및 기숙사 ■ 삼성건설 송도글로벌대학 강의 연구도 및 대학도서관 ■ GS건설 혜천기숙사 ■ 대림산업 용인시민체육공원 ■ 대림산업 신계아파트 및 지하주차장 ■ GS건설 광장자이아파트 ■ 파일럿 프로젝트 통한 기능 검증 및 개선 수행 중	90%
■ 사용자 지침서 및 보고서 작성	■ 사용자 지침서 작성 중 ■ 최종 보고서 작성	90%

4.2 관련 분야 기여도

4.2.1 기술적 측면

□ 3D BIM 기반 설계 환경 활성화
- 국내 구조설계기준과 관행에 부합되는 3D BIM 기반 구조설계 환경 제공
- 설계/구조/현장 간 골조설계정보 공유 및 협업체계 구축

□ 골조공사 효율화에 의한 기술 경쟁력 향상
- 3D BIM 기반 골조공사 관리시스템 도입으로 골조공사 효율성 향상
- 국내 건설산업 기술경쟁력 향상 요인으로 작용

□ 건설 분야 정보화 촉진
- 구조설계, 물량산출, 배근상세 업무 전산화로 후속작업 정보화 촉진
- 3D BIM 기반 설계 및 공사 환경 구축으로 건설정보화 플랫폼 구축

4.2.2 사회·경제적 측면

□ 건설사의 골조 자재 절감 효과
- 골조물량 절감으로 연간 수천억대 골조공사비 절감
- 철근의 경우 연간 5,000억원의 자재 절감 효과
- 철근 절감액 = 1,000만톤/연 X 5% X 100만원 = 5,000억원

□ 시공 오류 최소화로 건설사의 골조공사비 2% 절감
- 3D BIM 기반 설계 및 골조 공사관리로 시공 오류 최소화
- 시공 오류 최소화를 통한 골조공사비 2% 절감 통계

□ 철근관련 용역업체의 이익창출
- 신속하고 정확한 철근골조도 작업으로 인한 철근가공도 용역비 증가
- 철근골조도의 정확성으로 인한 철근배근 용역업체의 시공용이
- 철근가공의 공장화로 인한 철근가공장의 시장 확대

□ 수입 대체 및 해외 수출 효과
- 해외 프로그램이 장악하고 있는 3D BIM Tool 시장 국산화
- 연간 100억 (500만원/copy X 2,000copy) 수입 대체 효과
- 중국, 동남아 등 해외 시장 진출 모색

제5장 연구개발결과의 활용계획

5.1 ConiForm 활용 시나리오 작성

5.1.1 설계-구조-시공

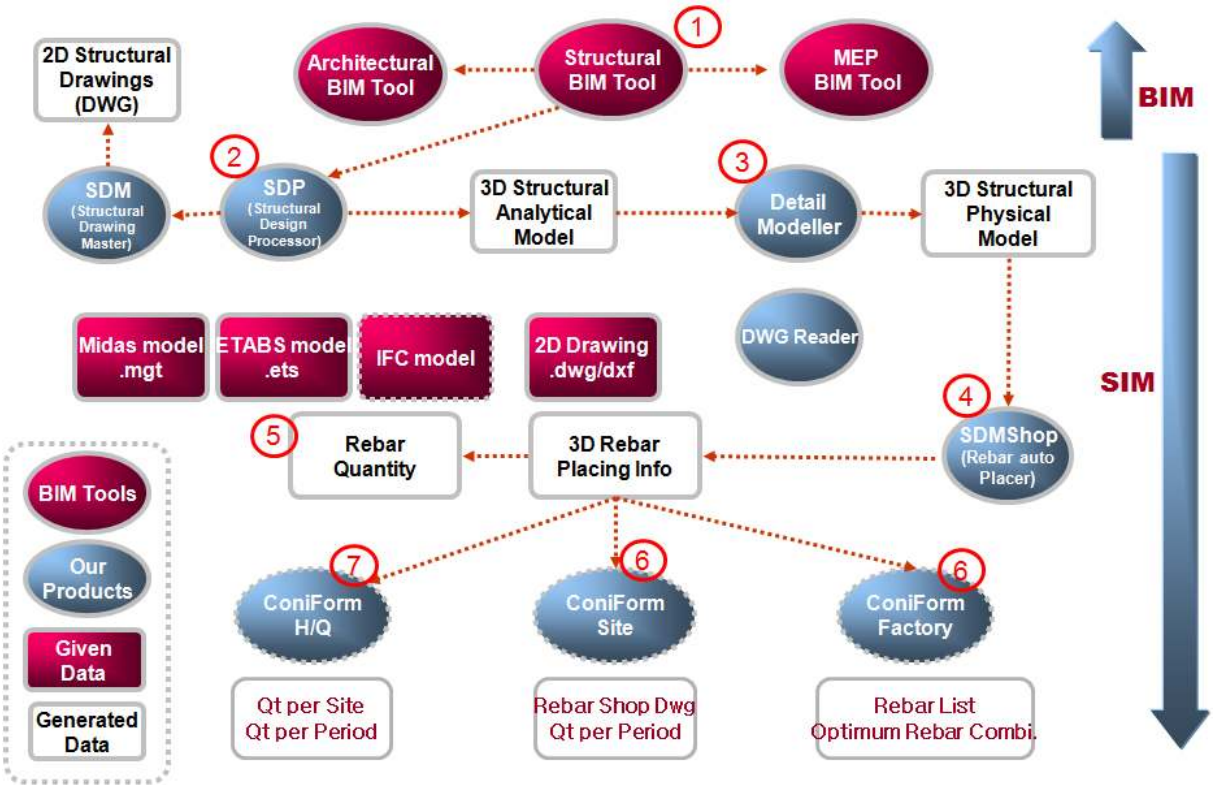


그림 18. 설계-구조-시공 활용 시나리오

□ 적용절차

1. 3D BIM(Revit, ArchiCAD) 골조 모델링
2. SDP에 의한 SIM(Structural information model) 구축 / 골조 VE
3. Detail Modeller에 의한 골조상세(편심, 단차, 오프닝) 편집
4. 3D Rebar Auto Placing 수행
5. 정밀골조물량(콘크리트, 철근) 계산
6. 부위별 철근배근도(현장), 철근가공도(가공공장) 작성
7. 물량산출 프로그램(고려적산) 및 공정관리 프로그램(P3, Microsoft Project 등)에 골조물량 정보 배출(export)

5.1.2 구조-설계-시공

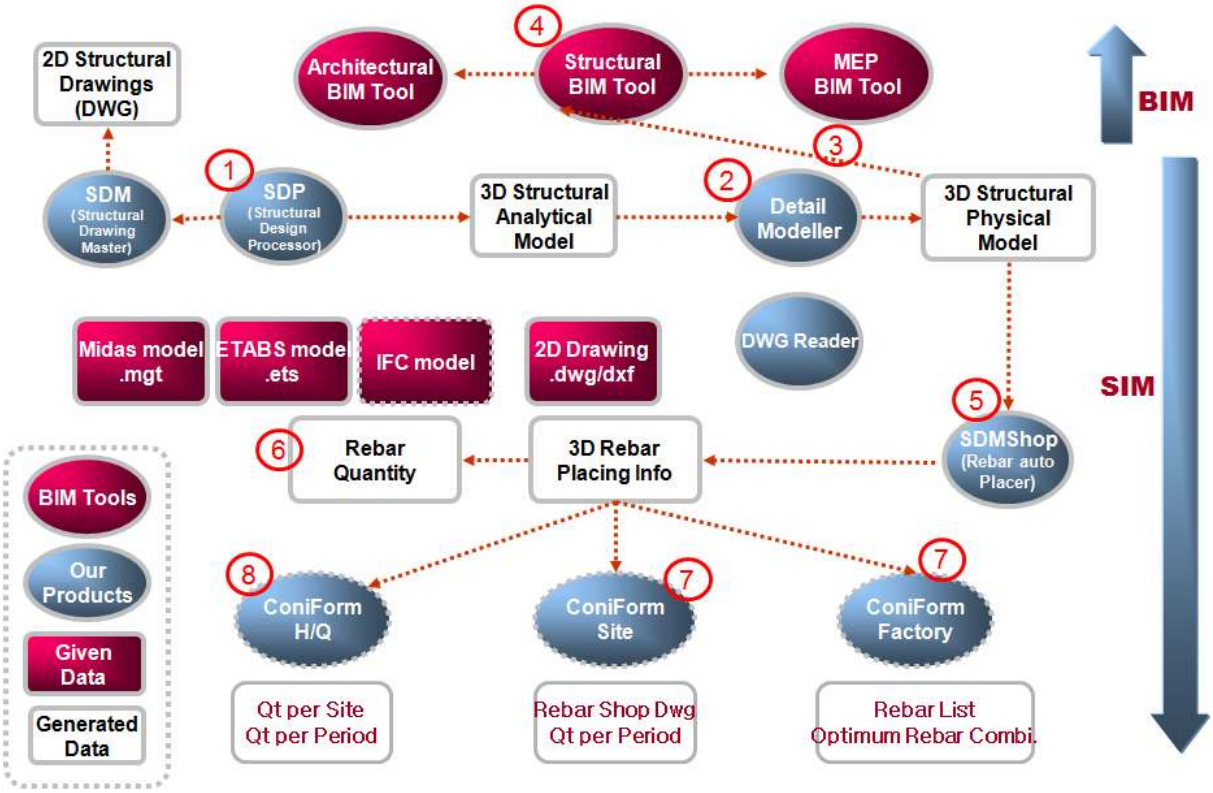


그림 19. 구조-설계-시공 활용 시나리오

□ 적용절차

1. SDP를 이용한 골조 구조설계로 골조 analytical 모델 생성
2. Detail Modeller에 의한 골조상세(편심, 단차, 오프닝) 편집하여 골조 physical 모델 생성
3. SDP-IFC를 이용하여 IFC 파일을 통한 골조 BIM 모델 생성
4. 설계/구조/설비 통합된 통합 BIM 구성
5. 3D Rebar Auto Placing 수행
6. 정밀골조물량(콘크리트, 철근) 계산
7. 부위별 철근배근도(현장), 철근가공도(가공공장) 작성
8. 물량산출 프로그램(고려적산) 및 공정관리 프로그램(P3, Microsoft Project 등)에 골조물량 정보 배출(export)

5.1.3 구조도면-설계-시공

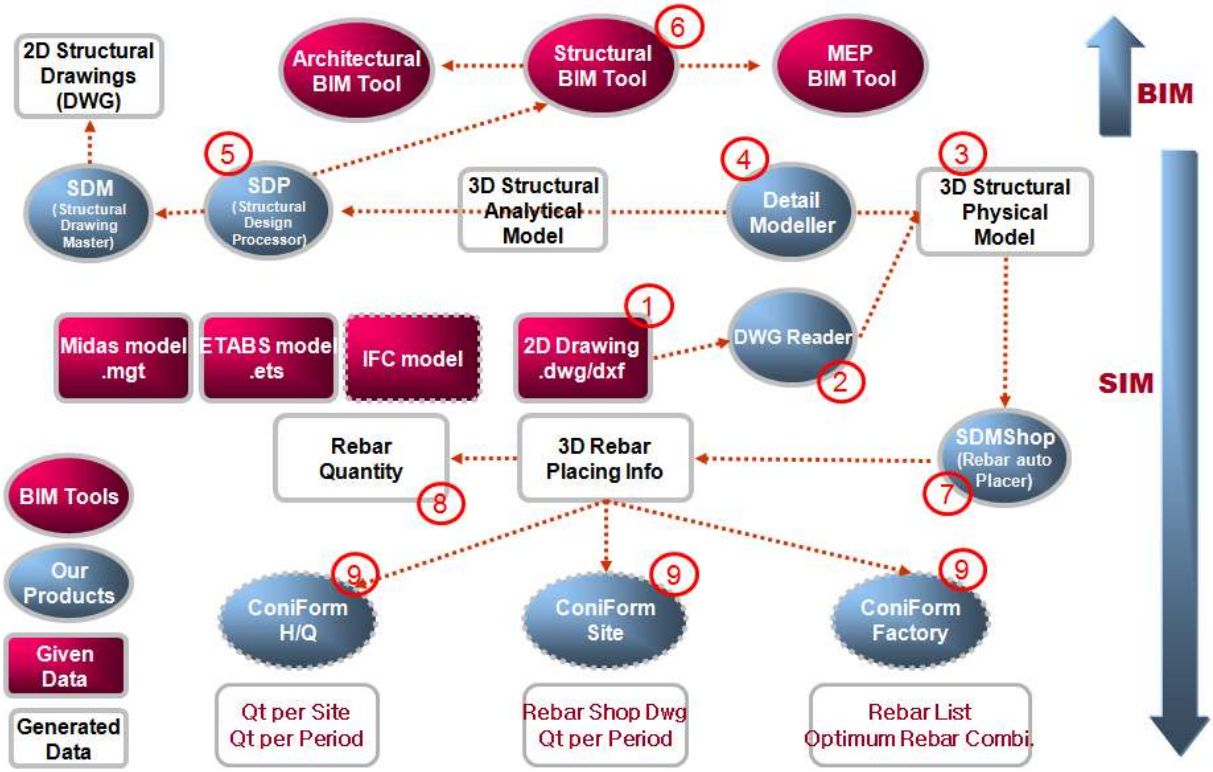


그림 20. 구조도면-설계-시공 활용 시나리오

□ 적용절차

1. 구조평면도와 구조부재일람표 도면 작성
2. DWG Reader를 이용한 구조평면도와 부재일람표 인식
3. 부재 편심등이 반영된 층별 골조 physical 모델 생성
4. Detail Modeller를 이용한 편심/단차/개구부 편집
5. SDP에 의한 3차원 골조 모델 생성
6. 설계/구조/설비 통합된 통합 BIM 구성
7. 3D Rebar Auto Placing 수행
8. 정밀골조물량(콘크리트, 철근) 계산
9. 부위별 철근배근도(현장), 철근가공도(가공공장) 작성 및 물량산출 프로그램(고려적산) 및 공정관리 프로그램(P3, Microsoft Project 등)에 골조물량 정보 배출(export)

5.2 현장적용 방안

□ 건설회사 도입 일정

- 2010년 상반기 중 각 건설회사 및 현장에 기술 홍보 실시
- 파일럿 프로젝트 수행을 통한 ConiForm 기능 검증 및 효과 확인
- 건설회사별 회사 여건에 맞춘 시스템 Porting
- 적용효과 평가 후 2010년 하반기부터 현장 적용

□ 진행 파일럿 프로젝트 내역

- 삼성건설 송도글로벌대학 아파트 및 기숙사
- 삼성건설 송도글로벌대학 강의 연구도 및 대학도서관
- GS건설 혜천기숙사
- 대림산업 용인시민체육공원
- 대림산업 신계아파트 및 지하주차장
- GS건설 광장자이아파트

- LH공사 파일럿 프로젝트 수행하여 기술 검증 후 LH공사 현장 적용 추진

□ 엔지니어링 용역 수행

- 2D도면 + 3D전환 + 배근상세 + 물량산출 + 상세도면 통합 엔지니어링
- 구조설계 + 배근상세 + 물량산출 + 상세도면 통합 엔지니어링
- 창소프트 개발팀 + 구조설계 엔지니어 + 골조상세 엔지니어
- 용역 수행 기간 1/5 이상 단축
- 골조 물량 10% 절감

□ 추가 개발

- 본 연구진은 추가기술 개발에 전념 예정
- ConiForm 기반의 비정형(Free Form) 건축물 설계기술 개발 예정
- 본 연구진 중심으로 '창소프트아이앤아이'벤처기업 설립하여 지속적인 개발
- 매출의 50%를 추가 기술개발에 투자 예정

□ 연구개발 실적 확보

- 국내 3편, 해외 3편의 학술논문 준비중 (당초 목표치 국내 2편, 해외 2편)
- 파일럿 프로젝트 수행 실적 바탕으로 국토해양부 신기술 추진
- 고용창출 목표 6명으로 현재 6명 달성

5.3 유지관리 방안

□ 기술의 신뢰성 및 안전성 확보

- ConiForm은 구조설계가 완료되어 안전성이 확보된 최종 도면을 인식하여 3D 모델 생성 및 배근시공도를 작성하는 기능을 제공하며, 그러므로 안전성은 기술 검증 대상이 아님
- 배근시공도 작성을 주 목적으로 하는 ConiForm의 기능 검증은 관련 기준(KBC2009)에 규정에 따른 배근 결과의 정확성과 최종 물량의 합리성으로 수행
- ConiForm 기능에 대한 신뢰성 검증을 위하여 현재 GS건설, 대림산업 등 다수 건설회사가 기 시공하여 견적물량과 실행물량, 그리고 배근시공도가 완성되어 있는 프로젝트를 대상으로 파일럿 프로젝트를 수행하여 배근시공도의 정확성과 최종 물량을 비교함
- 현재 아래 기술하는 GS건설 및 대림산업의 파일럿 프로젝트 수행 결과 ConiForm이 도출하는 배근시공도와 철근 물량의 정확성이 검증되어 양 사 모두 실제 프로젝트 현장에 적용 확정

□ 파일럿 프로젝트 수행을 통한 기능 검증

- GS건설 파일럿 프로젝트 수행 완료 및 현업 적용 사례
  - GS건설 금호자이1차 파일럿 프로젝트 수행 완료 (2010년 4월)

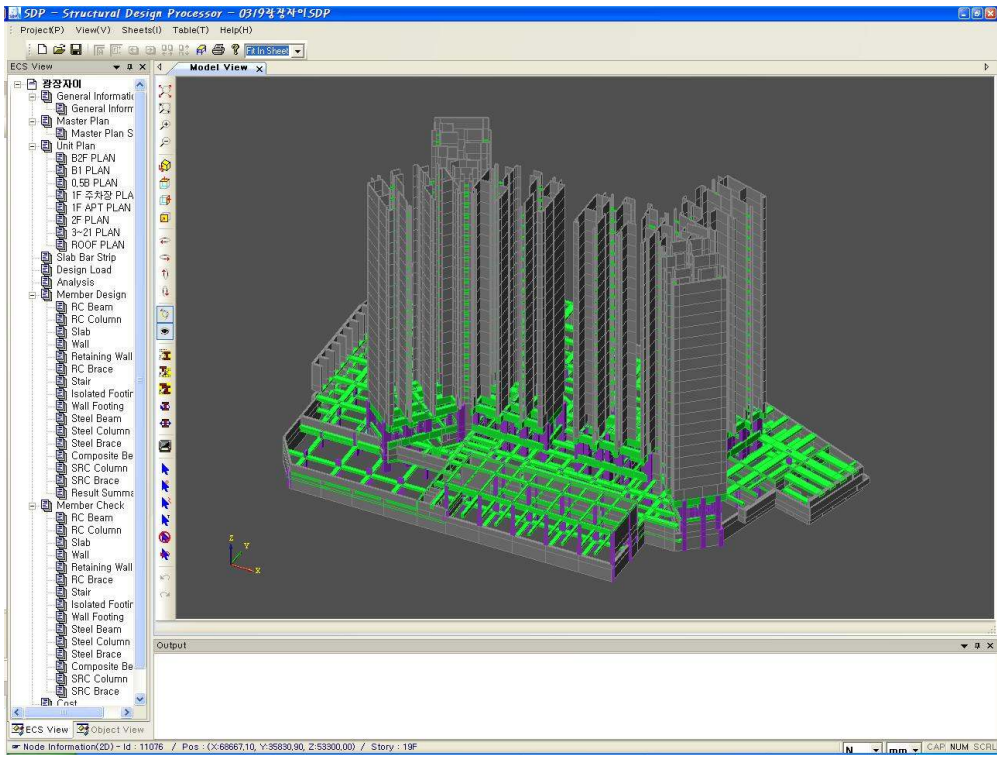


그림 21. 광장자이 2D 도면 인식을 통한 3D 모델 구축

- 대림산업 파일럿 프로젝트 수행 완료 및 현업 적용
  - 대림신계아파트 파일럿 프로젝트 수행 완료 (2010년 5월)

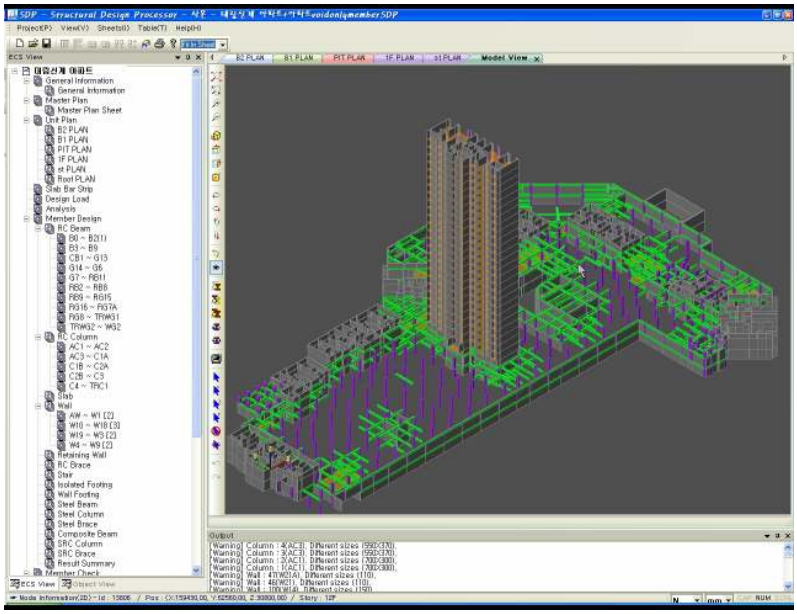


그림 22. 대림신계아파트 도면 인식 및 3D 모델 구축

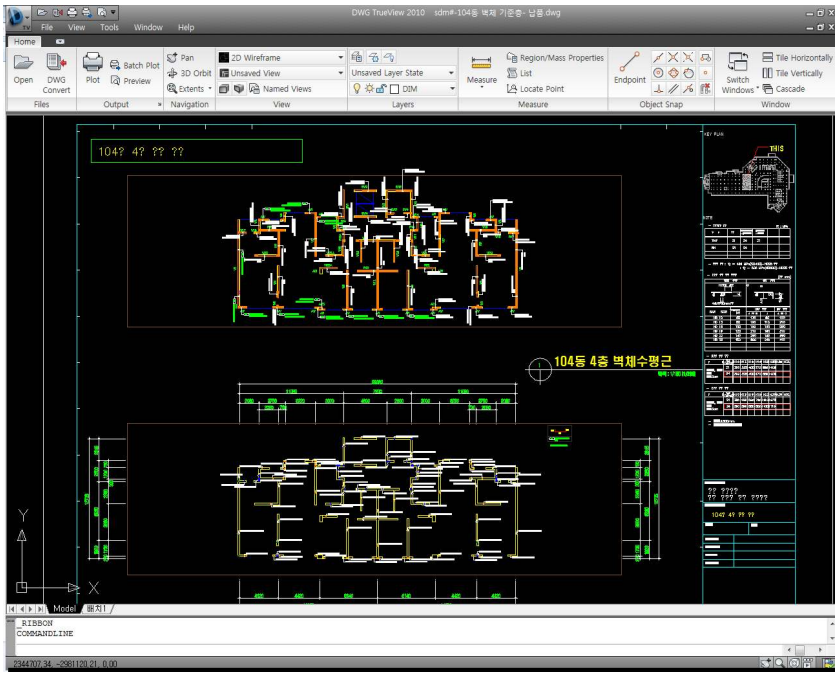


그림 23. 벽체배근시공도 작성

- 파일럿 프로젝트 수행 결과 배근도 작성 내용 및 물량에 대한 검증 완료

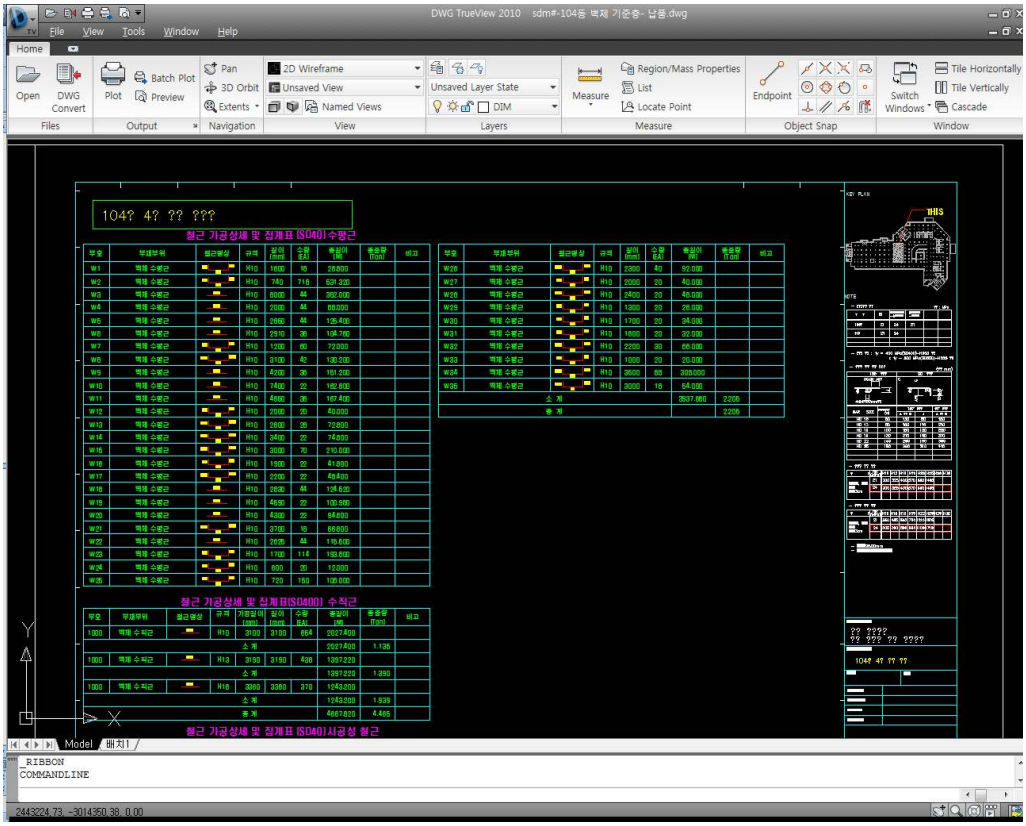


그림 24. 가공일람표 작성 및 물량집계

□ 현업 적용

용인시민체육공원 철근배근시공도 작성에 ConiForm 적용 결정/수행 중

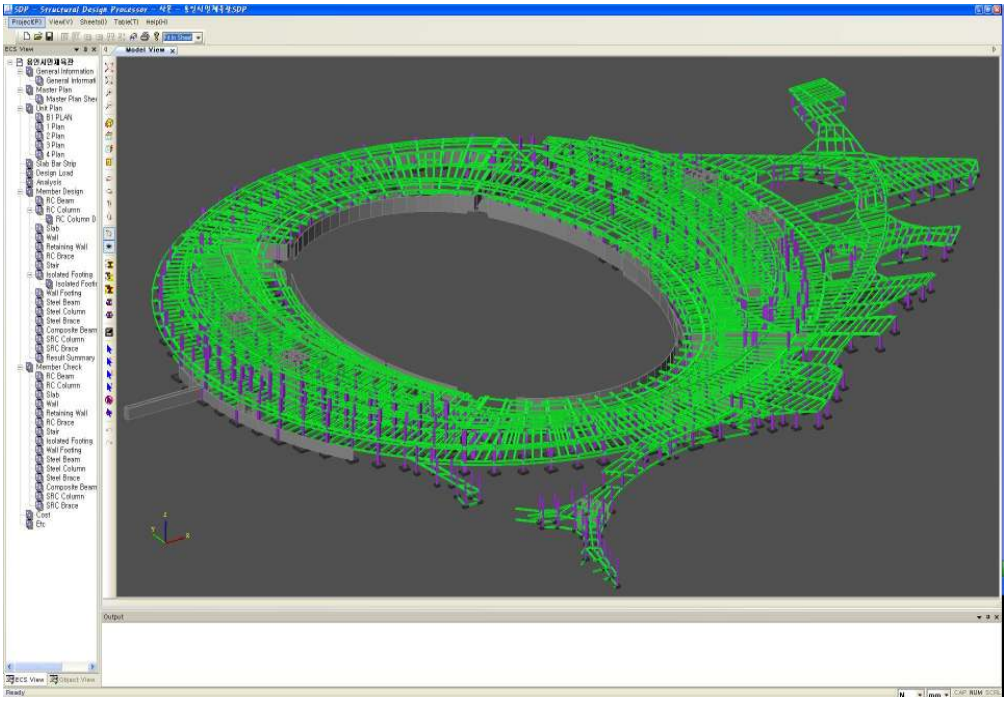


그림 25. 용인시민체육공원 3차원 모델 구축 및 배근시공도 작성

□ 기능 개선 및 확장

- IT융합 건설기술 개발 전문회사 '창소프트아이앤아이'설립 운영 중
- 국내외 최고 수준의 건설IT 기술 보유
- ConiForm 유지관리와 추가 기술 개발에 전념
- ConiForm을 이용한 용역 수익의 30% 추가 기술 개발에 재투자
- 창소프트아이앤아이 개발진

김치경	서울대 건축과 박사(구조)	SDP제품군 및 ConiForm 기획 및 개발 총괄
이상수	서울대 건축과 석사(구조)	건축 범용구조해석 SW MIDAS/Gen, MIDAS/FX+ 등 개발 경험
최현철	서울대 건축과 박사(계획)	비정형 모델링 기술 담당
안다운	성균관대 건축과 석사(구조)	SDP 설계 모듈 개발, RAP 설계 및 시스템 개발
전우진	서울대 건축과 석사(구조)	도면 인식 , D 모델 구축
김신웅	선문대 수학과	SDP 개발 총괄
강기욱	선문대 컴퓨터정보학부	SDM 도면 작성 모듈 개발, RAP 개발 실무
김하나	선문대 건축공학과	골조설계정보 유통, IFC reader/writer

그림 26. 창소프트아이앤아이 개발진

- 2010년 하반기 중 독립 통합엔지니어링사 설립 운영
  - 철근샵의 경우 현업 수행 위하여 3~4년의 현장 경험 엔지니어 필요
  - 국내 선도 그룹의 철근배근시공도 작성 엔지니어와 연합
  - 2D도면 + 3D전환 + 배근상세 + 물량산출 + 상세도면 통합 엔지니어링
  - 구조설계 + 배근상세 + 물량산출 + 상세도면 통합 엔지니어링
  - 창소프트 개발팀 + 구조설계 엔지니어 + 골조상세 엔지니어
  - 용역 수행 기간 1/5 이상 단축 + 골조 물량 10% 절감

5.4 사업화 방안

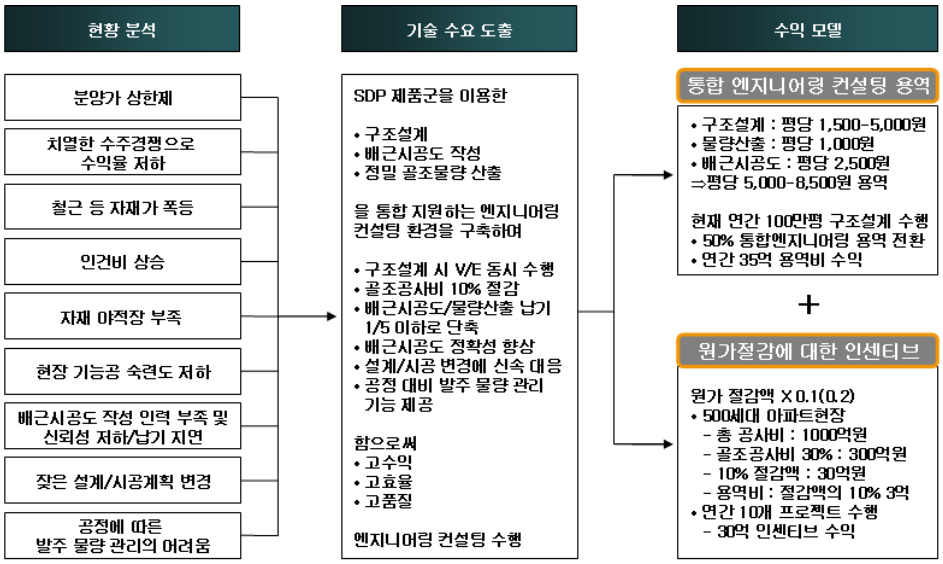


그림 27. 사업화 방안

□ 통합 엔지니어링 컨설팅 용역

- 구조설계 : 평당 1,500 ~ 5,000원
- 물량산출 : 평당 1,000원
  - 배근상세 : 평당 2,500원
  => 평당 5,000 ~ 8,500원 용역비 수익
- 2007년 구조설계 용역 규모 80건 100만평 규모
  => 50% 통합 엔지니어링 용역 전환
  => 연간 35억 용역비 수익 예상
- 통합 엔지니어링 수행에 따른 추가 용역 수주는 제외

□ 골조물량 절감에 따른 인센티브

- 골조물량 10% 절감에 따른 인센티브 10~20 수익
- 500세대 총공사비 1,000억 원 현장
  => 골조공사비 30% : 300억 원
  => 10% 절감액 : 30억 원
  => 인센티브 : 절감액의 10% 3억
- 연간 10개 프로젝트 골조물량 절감 시 : 30억 인센티브 수익

□ 현업 적용

- 2010년 상반기 중 파일럿 프로젝트 통한 기술 검증 후 사업화
- 2010년 10억 매출 목표 + 연간 10억 추가 매출 목표

제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

6.1 개방형 BIM 정보환경 요소기술

□ IFC(Industry Foundation Classes)

- IFC는 건설 산업의 응용소프트웨어 간 데이터의 공유 및 교환을 위한 국제 표준이다.
- 1994년 말에 AEC/FM(Architecture Engineering Construction/Facility Management)분야 전반에 걸쳐 유통되는 정보의 상호운용성(Interoperability) 확립을 목표로 buildingSMART 국제연합기구(IAI)[1]에서 초안이 개발된 이래 지속적으로 데이터모델의 확장 개발을 추진하고 있다.
- IFC2x4의 표준스펙에는 빌딩 서비스/전기디자인 도메인, 빌딩 구조/요소 정의, 외부 라이브러리 참조, 그리고 GIS 모델 연계에 관한 데이터 모델의 확장을 포함하고 있다.[2]
- 현재 IFC는 3차원 설계기술을 지원하는 응용소프트웨어 간의 데이터 교환 문제를 해결하기 위한 표준으로 인식되고 있으며, 특히 BIM과 같은 객체지향 플랫폼 환경에서 정보의 통합적 관리 및 활용이 가능하게 하기 위한 핵심 요소 기술이라 할 수 있다.

□ IFD(International Framework for Dictionaries)[3]

- IFD는 ISO 12006-3표준을 따르는 국제표준기술로서 건설 분야 공통의 용어사전(Terminology Library) 혹은 온톨로지의 집합이라고 할 수 있으며, 현재 캐나다, 네덜란드, 노르웨이, 미국의 참여로, IAI 국제조직 산하의 'IFD Library Group'내에서 개발되고 있다.
- IFD 라이브러리는 IFC 기반의 개방형 BIM 환경에 유연성을 제공하는 것으로, 특정 프로젝트 혹은 제품에 특화된 모델이나 데이터베이스와의 정보교환을 가능하게 하고 프로젝트 초기 단계에서 분석, 시뮬레이션, 설계 검토 등을 가능하게 하여 초기 개방형 BIM 모델의 활용도를 극대화할 수 있게 하고, 기존 지식기반 시스템과 개방형 BIM의 연계를 가능하게 한다.
- IFD는 건설 요소들에 대한 유형과 속성만을 정의하고 있으므로 IFC 모델과 통합되어 개방형 BIM 환경에 유연성을 제공하며, 현재 캐나다, 네덜란드, 노르웨이, 미국을 중심으로 용어사전 개념의 IFC 데이터의 다국어 변환을 제한적으로 지원하고 있다.

---

1) buildingSMART IAI web site http://www.buildingsmart.com/
2) 국제표준을 이용한 설계정보 납품 및 수치지도 연계활용방안 마련, 2009, 한국건설기술연구원
3) IFD LIBRARY web site, http://ifd-library.org/

□ IDM(Information Delivery Manual)[4)]

- IDM은 IFC 기반 BIM을 대상으로 건설 단계 및 분야별 정보 유통과 조달에 관한 요구정보 및 프로세스를 정의함으로서 IFC의 실무 적용을 높이기 위해 개발된 참조 매뉴얼이다.
- 현재 IAI Model Support Group(MSG) 산하 IDM Technical Team에서 개발을 수행하고 있으며, 기술지원 및 조정은 노르웨이의 buildingSMART 프로그램에 의해 지원되고 있다.
- IFC 표준이 단일의 통합모델로서 건설 단계 및 분야별 정보 유통 및 조달에 관점을 제공하지 못하여 실무적용에 어려움이 있는 부분을 해결하고자, IDM은 IFC 표준의 정보 유통 및 조달에 관한 요구정보 및 프로세스를 정의함으로써 실무적용성 증대 목적으로 개발되고 있다. 이를 위해 IDM은 건설 분야의 특정 프로세스를 프로세스 맵(Process Maps, PM)으로 정의하고, 해당 프로세스를 실행하기 위해 필요한 정보교환 요구사항(Exchange Requirement, ER)을 정의하며, 정보교환 요구사항(ER)을 시스템적으로 구현하기 위해 개발자가 필요로 하는 기능 요소(Functional Parts, FP)를 일괄적으로 기술하고 있다.
- 이를 통해 건설 프로세스에 참여하는 주체가 해당 프로세스를 명확하게 규정하기 위한 방법론과 규정된 프로세스를 IFC를 기반으로 시스템적인 구현을 위해 개발자에게 필요한 기술적인 항목을 제공하고 있다.

□ MVD(Model View Definition)[5)]

- MVD는 소프트웨어 벤더와 사용자에게 IFC 기반의 데이터 교환 능력을 제공하기 위한 참조 문서이며, IDM에서 정의된 정보교환 요구사항(ER)을 기반으로 IFC 데이터 교환을 지원하기 위한 관점(View)을 정의하는데 사용된다. 이를 위해 MVD는 다음 표와 같은 소프트웨어 개발 및 활용에 대한 각 관련자들의 역할을 기초로 기술적, 비기술적 측면을 다루고 있다.
- MVD 개발현황은 2005년 초 buildingSMART ITM회의에서 BLIS 조직에 의해 MVD의 연구가 제안되었고, 현재 MVD의 개발은 IAI에 의해 주도되고 있으며, BLIS, ProIT, IDM, 그리고 IFC 그룹 등 다수의 공동 참여로 이루어지고 있다.[6)]
- MVD 포맷은 IFC 외부(Independent) 정의와 IFC 내부(Specific) 정의로 분류되는데, IFC 외부 정의는 IFC 또는 소프트웨어 구현에 대한 지식이 없어도 이해할 수 있도록 제공되기 위해 일반적으로 데이터 교환에 이용되는 개념을 정의한 것이며, IFC 내부 정의는 실질적인 IFC 구현을 지원 및 제공할 수 있도록 IFC 명세가 요구되는 데이터를 교환하기 위해 어떻게 사용되는지 정의한 것이다.

---

4) Information Delivery Manual web site, http://idm.buildingsmart.no/confluence/display/IDM/home
5) Model View Definition web site, http://www.blis-project.org/IAI-MVD
6) 국제표준을 이용한 설계정보 납품 및 수치지도 연계활용방안 마련, 2009, 한국건설기술연구원

□ BIM Codes

- BIM Code는 BIM으로 구현된 가상건축물을 대상으로 자동화된 사전검토, 환경분석, 적법성 검토(방재, 설비, 장애시설, 구조물 검토, 친환경 등)가 가능하도록 건설 관련 법규, 조항, 제약사항 등의 관련된 다양한 코드를 디지털 구조화하여 구축한 체계이다.

6.2 개방형 BIM 국제 활용 현황

현재 국제적으로 BIM의 실무적 적용을 위한 국가별 지침 가이드가 개발되었거나 준비중인 상태이며, 지침은 국가별로 대상 범위 또는 목적에 따라 편차를 보이고 있으나, 작성 및 납품기준, 분야별 정보 유통 및 교환에 관한 프로세스 및 요구사항 등을 포함하고 있다.

미국의 경우, 미연방조달청(GSA)[7]에서 2006년 10월부터 모든 설계사들이 설계도면의 제출을 IFC기반의 BIM모델로 제출할 것을 요구하고 있으며, 현재 미국의 NASA, 국방부, National CoastGuard 등 정부기관에서 IFC기반의 개방형 BIM모델을 이미 표준 납품표준으로 채택하였거나 계획을 갖고 있다. 또한, buildingSMART International 산하의 미국의 학계 및 대표적 AEC분야 CAD 업체들(Autodesk, Graphisoft, Bentley Systems 등)이 GSA와 공동 연구를 하여 IFC기반의 BIM을 적용하고 있다. 싱가포르의 경우 2차원 도면대신 IFC기반의 모델을 건설 분야 국가표준으로 지정하여 대규모 연구개발 및 실무 적용을 하고 있는 상황이며, 유럽의 경우 덴마크에서는 공공공사 분야에 2007년 1월부터 개방형 BIM의 채택을 요구하고 있고, 핀란드에서는 공공 부동산 관리(Senate Properties)분야에 2007년 10월부터 개방형 BIM의 채택을 요구하고 있다. 노르웨이는 건축분야의 계획심사에 IFC와 GIS 활용을 요구하고 E-Plan Check에 대한 계획을 수립하고 있다.

이에 개방형 BIM 활용 시나리오 요소기술의 국제 활용 현황 파악을 위해 미국의 GSA, 덴마크 bips, 핀란드 senate 지침에서 개방형 BIM 활용 시나리오와 관련된 부분을 중심으로 그 내용을 파악하였다.

6.2.1 미국 GSA Building Information Modeling Guide Series[8]

㉮ 개요

- 2006년 미국 GSA에서 IFC-BIM의 납품을 위한 지침으로 발간되었으며, 규격 구성

7) U.S. General Services Administration web site http://www.gsa.gov/Portal/gsa/ep/home.do?tabId=0

8) 3D-4D Building Information Modeling, U.S. General Services Administration, http://www.gsa.gov/Portal/gsa/ep/channelView.do?pageTypeId=8195&channelPage=%2Fep%2Fchannel%2Fgsaoverview.jsp&channelId=-18161

은 3D-4D-BIM, Spatial Program Validation, 3D Laser Scanning, Energy Performance and Operations, Circulation and Security Validation, Building Elements에 대한 모델링과 요구조건을 포함하고 있다. 본 지침의 기준에 따라 IFC-BIM 포맷의 납품이 의무화되었으며, 납품 시 요구되는 정보를 포함하고 있다.

㉯ 지침의 구성

- 미국 GSA 지침의 구성은 아래 표와 같이 크게 3개 시리즈로 나뉘어져 있으며, BIM 지침의 전반적인 개요 및 설명, 공간 프로그램에 대한 BIM 관련 기준, 3D 이미지 작업에 대한 BIM 관련 기준으로 구성되어 있다.
- 이 중 본 연구와 관련하여 개방형 BIM 활용 시나리오와 대응되는 부분은 시리즈 02로서 해당 부분의 구성을 발췌한 구성은 다음 표와 같다.

표 1. GSA BIM Guide Series 02 중 시나리오 관련 부분

번호	제목	내용
section 1	spatial program bim	공간 프로그램 BIM
1.3	The Spatial Validation Process for A/Es	A/E를 위한 공간 유효성 검사 프로세스
1.3.1	Overview of the Process	프로세스 개요
1.3.2	Updating Software Requirements	소프트웨어 요구 조건 업데이트
1.3.3	Pre-Submission Checking	제출 전 확인
1.3.4	What Happens if the Submission Does Not Pass the Validation?	유효성 검사에 합격하지 못한 경우
1.4	High-Level Modeling Requirements	상위 모델링 요구 조건
1.4.1	BIM-Authoring Applications	BIM 저작 응용프로그램
1.4.2	Model Containment Hierarchy	모델 계층구조
1.4.3	Required BIM Objects & Properties	필수 BIM 객체 및 속성

㈐ 개방형 BIM 관련 시나리오의 관련 조사결과

- 이상과 같이 GSA 지침 중 개방형 BIM 활용 시나리오 부분을 발췌하여 살펴본 결과, GSA는 BIM 정보 교환 표준으로서 IFC의 사용을 권장하고 있으며, 공간데이터 관리에 집중하여 이에 필요한 유효성 검사 프로세스의 제시하고 있었으며, IFC가 지원하는 건축시스템 및 건물 구성 요소까지 통합하고자 하는 계획을 가지고 있었다. 또한 BIM 모델 계층 구조와 필수 BIM 모델 개체를 정의하고 이에 따른 유형과 속성에 대해 정의하고 있었다. 이에 향후 초고층 복합 건축물 적용을 위한 개방형 BIM 활용 시나리오 개발 시 공간 유효성 검사 부분에 대한 시나리오와 그에 따른 BIM 모델을 정의하는데 참고해야 할 것으로 판단된다.

6.2.2 핀란드 Senate Properties: BIM 2007[9)]

㈎ 개요

- 2007년 10월 핀란드 정부산하 공공회사인 Senate Properties에 의해 개발되었다. 건설 프로세스에서 업무 분야별 BIM 모델링과 요구조건(요구 및 유통정보)들을 수록하고 있으며, 9권의 지침으로 발간되었다.
- 설계 및 시공 프로세스에서 업무의 의사결정을 향상시키기 위해 BIM을 이용한 요구 및 유통정보에 대한 모델링 지침 제공을 주요 목적으로 하고 있다.

㈏ 지침의 구성

- 핀란드 Senate Properties BIM 2007 지침의 구성은 아래 표와 같이 총 9개 볼륨으로 나뉘어져 있으며, BIM 지침의 전반적인 개요 및 설명으로 시작하여 각 업무 분야별로 구분되어 구성되어 있다.

표 2. Senate Properties의 구성

번호	제목	내용
Volume 1	General Part	일반 부분
Volume 2	Modeling of the starting situation	착수 상태의 모델링
Volume 3	Architectural Design	건축 설계
Volume 4	MEP design	MEP 설계
Volume 5	Structural design	구조 설계
Volume 6	Quality assurance and merging of models	모델의 품질 보증 및 병합
Volume 7	Quantity take-off	공사 물량 산출
Volume 8	Using models for visualization	시각화를 위한 모델의 이용
Volume 9	Use of models in MEP analysis	MEP 분석에서의 모델의 이용

9) Senate Properties: BIM requirements 2007, Senate Properties, http://www.senaatti.fi/document.asp?siteID=2&docID=517

㉰ 개방형 BIM 관련 시나리오의 관련 조사결과

- 상기와 같이 핀란드 Senate Properties BIM 2007 지침의 개방형 BIM 활용 시나리오 부분을 발췌하여 살펴본 결과, BIM 모델링 부분을 크게 건축설계, 구조설계, MEP 설계로 나누고 BIM 모델링 단계별로 이용용도와 주요 요구 내용이 정의되어 있었다. 이와 같이 향후 개방형 BIM 활용 시나리오 개발 시 프로젝트의 진행에 있어서 BIM의 요구사항을 정확히 정의 내려 BIM 모델링 작업에 대한 공통사항을 만드는 것이 필요할 것으로 판단된다. 또한 핀란드 Senate Properties BIM 2007 지침에서는 상기의 물량산출을 위한 모델링 예와 같이 BIM외에 자체적인 분류체계를 가지고 있어 BIM으로 가능하지 않은 모델을 표현하는 방법을 제시하고 있었다. 이는 BIM으로 모델링 되지 않는 예외처리 부분에 대해 자체적인 처리기준이 필요함을 의미하며, 향후 개방형 BIM 활용 시나리오의 요구사항 마련에 있어서 고려해야 할 부분으로 생각된다.

6.2.3 덴마크 bips 3D Working Method[10)]

㉮ 개요

- 덴마크 bips 3D Working Method 지침은 NAEC(National Agency for Enterprise and Construction)이 주도하여 Digital Construction 프로젝트에서 공공 공사 분야 BIM 채택과 IFC 포맷 납품을 위해 개발되었다. BIM 데이터의 조달을 위한 작성(모델링) 및 납품 기준(데이터 타입, 데이터 납품 기준 등), 납품 폴더 체계, 시뮬레이션, 시각화, 문서화 등의 지침정보를 포함하고 있다.

㉯ 지침의 구성

- 덴마크 bips 지침의 구성은 아래 표와 같이 총 5개의 장으로 나뉘어져 있으며, BIM 지침의 전반적인 개요 및 설명으로 시작하여 각 업무 별로 구분되어 구성되어 있다.

표 3. 덴마크 bips 3D Working Method의 구성

번호	제목	내용
1	Introduction	소개
2	Modelling concept	모델링 개념
3	Information levels	정보 수준
4	Example of a design process with the 3D working method	3D 작업 방식의 설계 프로세스의 예
5	Glossary	용어해설

10) Digital Construction-in english, DET DIGITALE BYGGERI, http://detdigitalebyggeri.dk/component/option,com_docman/Itemid,110/task,cat_view/gid,187

㈐ 개방형 BIM 관련 시나리오의 관련 조사결과

- 덴마크 bips 3D Working Method 지침에서 개방형 BIM 활용 시나리오 부분을 발췌하여 살펴본 결과, 개방형 BIM을 적용하여 기존의 건설 프로젝트 업무 프로세스와 제품 생산을 지원하고 업무 주체들 간의 정보교환을 촉진시키기 위한 목적으로 개방형 BIM을 이용한 건축물 모델의 타입과 데이터의 흐름을 정의하고 있었다.
- 특히 개방형 BIM을 이용한 건축물 모델의 타입 구분, 정보수준, 건설 프로젝트의 업무 프로세스에 따른 분야별 BIM 데이터의 흐름 정의내용 등은 향후 개방형 BIM 시나리오 개발 시 참고가 될 수 있을 것으로 판단된다.
- 따라서 대규모의 BIM 데이터가 생산되어 유통될 것으로 예상되는 초고층 복합 건축물 프로세스에서 원활한 단계별 정보 유통 및 활용을 위해서는 정보수준별 정의와 분야별 업무 프로세스에 따른 정보 교환을 위한 개방형 BIM 표준명세의 활용이 요구될 것으로 생각된다.

6.2.4 IAI Model View Definition(MVD)

㈎ 개요

- MVD(Model View Definition)는 소프트웨어 벤더와 사용자 간에 IFC 기반의 데이터 교환 능력을 제공하기 위한 참조 문서이며, IDM(Information Delivery Manual)에서 정의된 교환 요구사항(Exchange Requirements, ER)을 정의하는데 사용된다.[11)]
- IAI에서 운영하고 있는 IFC Solutions Factory의 The Model View Definition site[12)]에 등록현황을 살펴보면 2009.10 현재, 23개 모델 뷰와, 61개 주요 컨셉, 985개 고정 컨셉이 등록되어있다.

㈏ 모델 뷰의 구성

- IAI MVD Site에 등록되어 있는 23개 모델 뷰의 구성은 다음 표와 같으며, 각 모델 뷰 하위에는 기본적으로 Process Map, Exchange Requirements, Overview, IFC2x3 Diagram 등으로 구성되어 있다.

11) 국제표준을 이용한 설계정보 납품 및 수치지도 연계활용방안 마련, 2009, 한국건설기술연구원
12) Model View Definition Web Site, http://blis-project.org/IAI-MVD/

표 4. MVD의 Model View 구성

명칭	참조	명칭	참조
Design to Design Analysis 디자인 분석을 위한 설계	GSA-005	Design to Energy Performance Analysis 에너지 성능 해석을 위한 설계	BSA-002
Architectural Design to Circulation/Security Analysis 동선/보안해석을 위한 건축 설계	GSA-002	Design to Quantity Takeoff 물량산출을 위한 설계	BSA-001
Architectural design to landscape design 조경 설계를 위한 건축 설계	CRC_CI-003	Extended coordination view 확장된 좌표 뷰	ISG-001
Architectural design to quantity take-off - level 1 물량산출을 위한 건축 설계 - level 1	VBL-004	Extensibility 확장성	VBL-003
Architectural design to quantity take-off - level 2 물량산출을 위한 건축 설계 - level 2	GSC-002	Indoor climate simulation to HVAC design HVAC 설계를 위한 실내기후해석	HUT_HVAC-001
Architectural design to quantity take-off - level 3 물량산출을 위한 건축 설계 - level 3	VBL-006	Landscape design to road design 도로 설계를 위한 조경 설계	CRC_CI-002
Architectural Design to Spatial Program Validation 공간 계획 검증을 위한 건축 설계	GSA-001	Precast Concrete Domain Concept Library 프리캐스트 콘크리트 분야 자료	PCI-001
Architectural design to structural design 구조 설계를 위한 건축 설계	VBL-002	Road design to landscape design 조경 설계를 위한 도로 설계	CRC_CI-001
Architectural design to thermal simulation 열해석을 위한 건축 설계	VBL-007	Space Requirements and Targets to Thermal Simulation 열해석을 위한 공간 요구사항 및 목표	HUT_HVAC-002
Architectural Programming to Architectural Design 건축 설계를 위한 건축 프로그래밍	BSI-001	Structural design to structural analysis 구조해석을 위한 구조 설계	VBL-001
Basic HandOver to Facility Management 시설물 관리를 위한 기본적인 양도	GSC-001	Structural Design to Structural Detailing (ATC-75) 구조 상세를 위한 구조 설계	ATC-001
Design to Code Compliance Checking (ICC 2006) 코드 준수 검사를 위한 설계	ICC-001		

- 상기와 같은 모델 뷰가 포함하고 있는 내용 중 본 연구의 개방형 BIM 활용 시나리오와 관련이 있는 프로세스 맵을 대상으로 그 내용을 조사하였다. 다만 본 연구에서는 조사범위를 설계부분으로 한정하여 'Design to Design Analysis(디자인 분석을 위한 설계)', 'Architectural Design to Spatial Program Validation(공간 계획 검증을 위한 건축 설계)', 'Architectural Programming to Architectural Design(건축 설계를 위한 건축 계획)'에 대하여 그 내용을 조사하였다.

㉰ 개방형 BIM 관련 조사결과

- IAI MVD에서 개방형 BIM 활용 시나리오 부분과 관련이 있을 것으로 판단되는 프로세스 맵을 발췌하여 살펴본 결과, 건설 프로젝트 참여자의 업무 진행 흐름을 다이어그램으로 표현하여 참조 데이터 및 BIM 데이터의 교환 시기 및 고려사항에 대해 정보를 제공하고 있었다. 또한 개방형 BIM 데이터의 유통 및 활용 흐름에 대한 명세를 제공하고 있다는 점에서 개방형 BIM 활용 시나리오 개발 시 국내 환경에 맞는 데이터의 상호 연관관계 정의 및 명세 작성에 핵심 정보로 참고할 수 있을 것으로 판단된다
- 현재 싱가포르 건설청의 주관으로 건축과 IT분야를 연계하기 위해 13개 정부 기관이 연계된 웹 기반의 건설 행정처리 시스템인 CORENET(COnstruction and Real Estate NETwork)[13]의 경우, IFC 기반의 자동 체크 프로세스를 제공하고 있다. 노르웨이의 경우, 현재는 프로젝트 계획 설계 단계부터 허가 기관에서의 허가, 시공 단계, 완료 시 건물, 대지 등의 사용 등록까지 데이터의 유통에 있어 텍스트 단위의 관련 법규들의 검토가 진행되고 있고, 향후 IFC와 IFG의 구조적 데이터 포맷의 사용으로 텍스트(Text), 디자인(Design), 지도(Map) 등의 모든 단계의 데이터가 효과적으로 활용될 수 있도록 진행할 계획을 수립하였다. 그 외 미국 등 주요 선진국의 경우, 모든 건물에 관련된 계획, 도면, 시방서 등과 건물에 관련된 법규 사항의 상호 운용성을 유지하기 위해 자동적인 법규 검토와 승인 프로세스를 ICC(International Code Council)[14]에서 개발하고 있으며, 향후에는 National BIM Standard[15]의 기준에 따라 인증된 BIM 도구를 이용하여 디자인에 대한 표현을 한 후 MCS(model checking software)를 통해 BIM 데이터를 로드시킨 뒤 SMARTcodes와 BIM을 비교·검토하여 자동 법규 검토가 이루어진 뒤 최종 제출하는 과정을 계획하고 있다.

13) BCA/CORENET web site http://www.corenet.gov.sg/
14) 국제법규위원회(International Code Council, ICC) web site http://www.iccsafe.org/Pages/default.aspx
15) The National Institute of Building Sciences web site http://www.nibs.org/

6.3 Parametric Design 기법 연구

6.3.1 Parametric Design

(1) 특징

- 현재의 도구들은 직접적인 모델 구성요소들의 구현을 필요로 함
- 구성요소 상호간의 논리적인 연결 관계가 필요함
- 파라메트릭 모델의 모든 구성요소가 상호 의존적임
- 전통적인 CAD의 대안으로 실용가능 하도록 재설정되어야 함
- 직관적이고 유동적인 모델링 인터페이스를 찾아내야 함
- 의존 관계가 약한 모델을 만들어 내는 것이 효과적일 것으로 예상됨

(2) Baha'i Temple 모델 구현 : 디자인 도구 비교

- CATIA
    - 개체들의 종속관계를 통해 모델을 재생성
    - 인터페이스가 복잡, Workbench에 수많은 속성들이 파묻혀 있음
    - 시공에 보다 적합한 모델링 방법
- Generative Components
    - 상호작용은 아주 간단하고, 형태를 만들어내는 코드와 알고리즘은 복잡함
    - 건축가와 디자이너를 위한 프로그램
    - 개념적으로 시각 디자인의 모든 유연한 형태를 다루는데 사용

2) Parametric Design 도구

(1) Generative Components

- 논리적이고 개념적인 모델링 방법
- 유연한 형태의 도구상자를 통해 개념적인 설계가 가능
- 객체 생성을 통해 직접 디자인을 할 수도 있고
- 객체의 생장을 유추하는 방법으로 형태를 생성할 수도 있음
- 전체적인 구조 안에서 건축설계를 할 수 있는 통합시스템

(2) Grasshopper

- Component 간의 논리 관계를 이용한 파라메트릭 디자인
- Rhino의 Plug-in으로 기존의 Rhino model을 이용한 디자인 가능
- 변수에 따른 결과물이 Rhino로 실시간 반영되어 시각적으로 유리
- Component 간의 관계를 직관적으로 파악하는데 용이

- Script를 이용하여 창의적인 로직 첨부 가능

3) Parametric Design 관련 논문 검토

(1) Baha'i Temple 모델 구현을 통한 파라메트릭 디자인 도구의 특성 비교

- Application : Baha'i Temple 케이스 스터디
  - CATIA를 사용한 Baha'i 사원의 표현
  - CATIA의 특징 및 간략한 비평
- Exposition : Generative Components
  - 파라메트릭 디자인 도구의 잠재성
  - 모델링 방법, 사용자화된 소프트웨어, UI 확장
  - 도구 자체의 고유한 문법을 가짐
- Framework : 실무자 및 개발자 설문조사
- 파라메트릭 디자인 도구
  - 사용자와 프로그램의 관계를 확장하여 시각적 모델링을 통한 디자인이 가능
  - 방정식이나 변수들이 알아서 계산을 수행하므로 기하학적인 형태만 변형하면서 반복되는 디자인 작업을 정확하게 수행

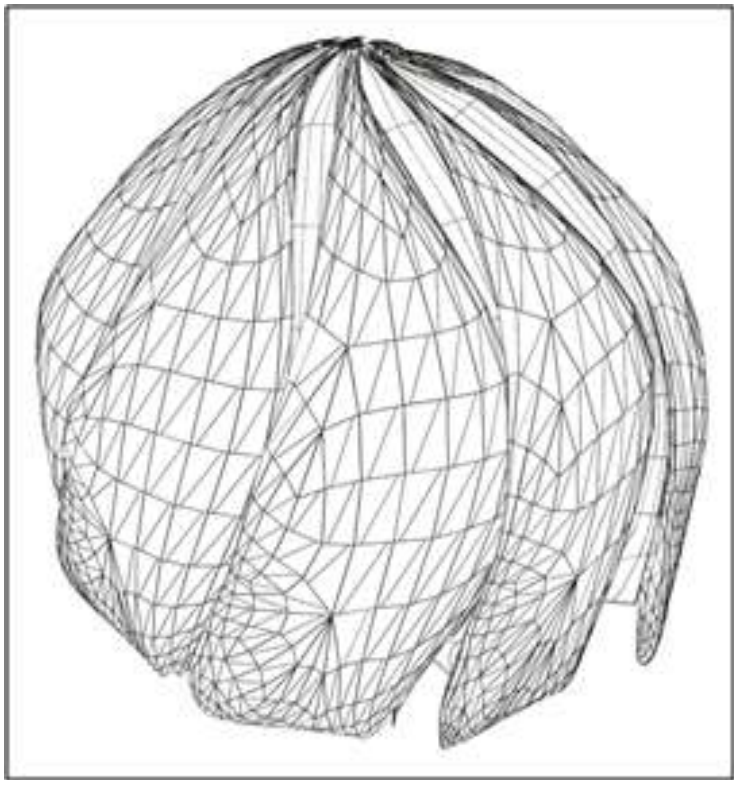


그림22. Baha'i Temple 모델

4) Parametric Design 툴 비교 검토 (Generative Components)

- 논리적 구조와 디자인 원칙에 따라 각각의 요소들의 관계를 구축한 이후, 디자이너가 자유롭게 형상을 변환할 수 있음
- 그래픽 중심 디자인, 스크립트 활용, 프로그래밍 방법론 활용
- 알고리즘 활용 디자인과 직접 수정하는 전통적인 디자인의 통합
- MS Visual Studio의 C#을 활용하여 프로그램 기반 Feature 생성 지원

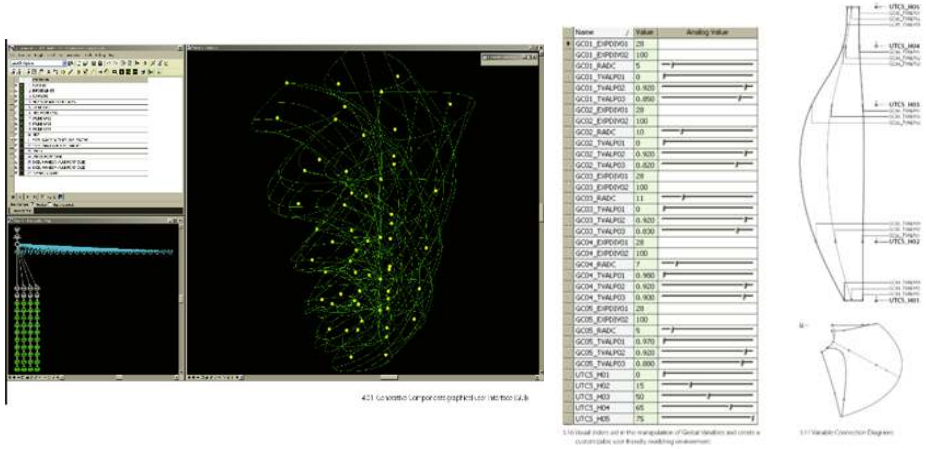


그림 23. Generative Component에 의한 파라메트릭 디자인

(2) 구성요소

- Transaction : 모델 변화 기록, 사용자가 개체를 생성하면 자동으로 단계 기록
- Model : 파라메트릭 모델이 생성되어 시각적 정보 확인
- Symbolic : 모델의 개체들의 관계를 다이어그램으로 표현
- Script : GC 모델을 생성하는데 필요한 모든 정보 포함

(3) 주요 특징

- 보다 강력하게 OOP(Object Oriented Programming)를 지원
- 루프, 조건문, 자동생성 기하학 등의 특징
- 프로그래밍에 기초하여 형태를 바꿀 수 있음
- 함수를 통해서 형상을 만들어내는 기능
- 복잡한 기하학 형상을 쉽게 이해하는데 도움이 됨
- 설계 변수로부터 시작된 로직을 따라 완성된 형상을 구축한 후 변수를 변화시켜 실시간으로 변하는 결과물을 확인 가능
- 내재된 랜덤 엔진 등을 이용해 대안 생성이 가능하며 각각의 기준을 만족하는지 검토하는 로직을 통해 대안의 타당성 검토 가능

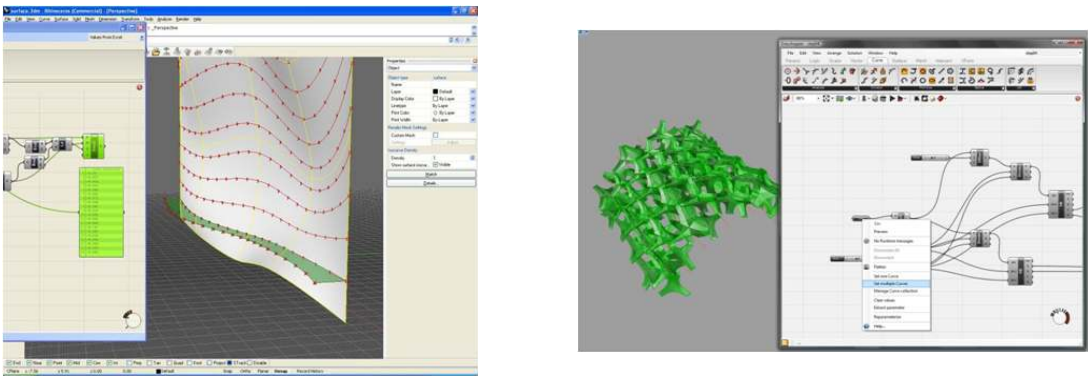


그림 24. Grasshopper에 의한 파라메트릭 디자인

- Component 간의 관계와 오류 관계를 시각적으로 직관적인 확인
- 함수 및 Script 활용 가능(C# & Visual Basic)
- 로직이 거대해지고 복잡해졌을 때 선들이 많아지면 관계 파악이 힘들어지는 단점
- 아직 개발중(version 0.6)이라 변화가 많고 다른 version간에 호환이 되지 않는 경우가 많음
- 엔지니어 및 디자이너의 의견이 적극 반영되어 component들이 수정, 추가되는 유연성이 큼
- 중국 및 유럽 일부에서 실제 비정형 건축물을 Grasshopper를 통해 파일럿 프로젝트 수행 완료
- 같은 형상이라도 개인의 능력에 따라 로직의 효율성이 차이남

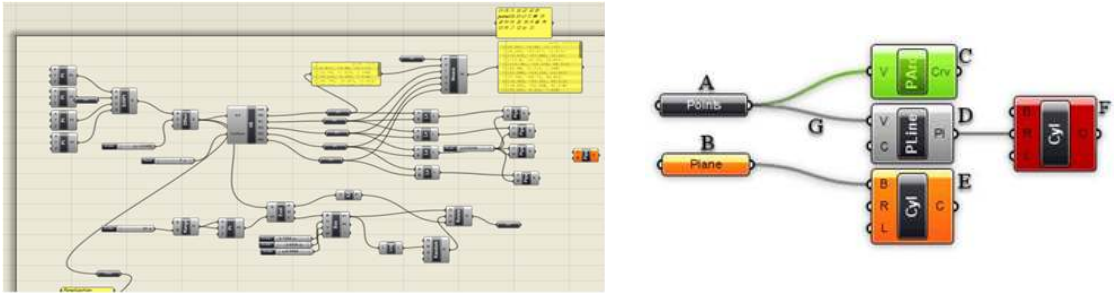


그림 25. Grasshopper에 의한 파라메트릭 디자인

제7장 참고문헌

1. NBIMS Project Committee, National BIM Standard-Overview, 2006
2. GSA, GSA Building Information Modeling Guide Series: 02-GSA BIM Guide For Spatial Program Validation, 2006
3. Kiviniemi, A. et al., BIM Requirements 2007 in Different Phases of the Design and Construction Process, 2007
4. Kiviniemi, A, BIM and IFC in Finland: State-of-the-Art and Some Case Studies, 2007
5. Fussell, T., et al. CRC-CI Project 2007-002-EP: National BIM Guidelines and Case Studies, 2007
6. DET DIGITALE BYGGERI(bips), 3D CAD-manual 2006, 2006
7. IFD LIBRARY for buildingSMART. http://ifd-library.org/index.php?title=Main_Page
8. Grant, R. (2008). IFD Library White Paper.http://www.ifd-library.org/images/IFD_Library _White_Paper_2008-04-10_I_.pdf
9. Haagenrud, Svein E. (2007). IFC and IFD feasibility for innovative sustainable housing STAND-INN Deliverable D15 Report.
10. Watson, D. (2008). IFD Library Use Cases.
11. Information Delivery Manual(IDM). http://idm.buildingsmart.no/confluence/display/IDM/ home
12. buildingSMART Nordic. Information Delivery Manual - Guide to Components and Development Methods. http://idm.buildingsmart.no/confluence/download/attachments/446/IDM2_Methodology.pdf?version=1
13. 빌딩스마트코리아 http://www.buildingsmart.or.kr
14. (사)스텝센터, http://www.kstep.or.kr/
15. BIM Resources @ Georgia Tech, http://bim.arch.gatech.edu/
16. buildingSMART alliance, http://www.buildingsmartalliance.org/
17. CABA, Continental Automated Buildings Association, https://www.caba.org
18. CAD.BIM Techmology Center, https://cadbim.usace.army.mil/BIM
19. CIFE, Center for Integrated Facility Engineering, http://cife.stanford.edu
20. Construction Users Roundtable, http://www.curt.org/
21. FIATECH, http://www.fiatech.org/
22. GSA - 3D-4D Building Information Modeling,

http://www.gsa.gov/Portal/gsa/ep/channelView.do?pageTypeId=8195&channelPage=%2Fep%2Fchannel%2FgsaOverview.jsp&channelId=-18161
23. IAI International, http://www.iai-international.org
24. SMARTcodes™, http://www.iccsafe.org/SMARTcodes/
25. IDM, Information Delivery Manual, http://idm.buildingsmart.no
26. IFCwiki http://www.ifcwiki.org
27. IFD, International Framework Dictionary, http://www.ifd-library.org
28. National BIM Standard, http://www.facilityinformationcouncil.org/bim/index. php
29. NIBS , National Institute of Building Sciences, https://www.nibs.org/
30. oBIX,Open Building Information Xchange, http://www.obix.org
31. MVD, Model View Definition site, http://www.blis-project.org/IAI-MVD/
32. USGBC: U.S. Green Building Council, http://www.usgbc.org/
33. AIA(American Institute of Architects), AIA Firm survey, 2006
34. buildingSMART 협회, buildingSMART Forum 2008 설문조사, 2008
35. 한국건설산업연구원, 2008년 하반기 건설경기 전망, 2008
36. ETRI (Electronics and Telecommunications Research Institute), 건설-IT 융합 기술 개발 전략, 2008
37. VTT, Finnish ICT Barometer 2007, 2007
38. McGraw-Hill CONSTRUCTION, SmartMarket Report - Interoperability in the Construction Industry, 2007
39. AECbytes, Top Criteria for BIM Solutions AECbytes Survey Results (http://www.aecbytes.com/feature/2007/BIMSurveyReport.html), 2007
40. USACE(US Army Corps of Engineers), So you have a BIM Model, What can you do with it? - Facility Composer and other IFC-BIM Initiatives in the US Army Corps of Engineers, 2006
41. VTT, VBE/BIM Status Overview, 2006
42. NIST, Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry, 2004
43. KAWNEER, http://www.kawneer.com
44. MATERIA, http://www.materia.nl
45. REED CONSTRUCTION DATA, http://www.reedfirstsource.com
46. BIM WORLD, http://www.bimworld.com
47. REVITCITY, http://www.revitcity.com
48. VISA LIGHTING, http://www.visalighting.com

49. SWEETS NETWORK, http://www.sweets.com
50. FORMFONTS 3D, http://www.formfonts.com/
51. builingSAMRTalliance, Omniclass and IFD Library, 2008
52. OCCS Development Committee, Omniclass, 2006
53. 빌딩스마트협회, The BIM, 2008
54. BB미디어, 월간 CAD&Graphics 2월호, 2008
55. Gehry Technologies, BIM Implementation Strategies, 2007
56. buildingSMARTalliance, AECOO Testbed 2007-2008, 2007
57. Dave Conover, Development and Implementation of Automated Code Compliance Checking, 2007

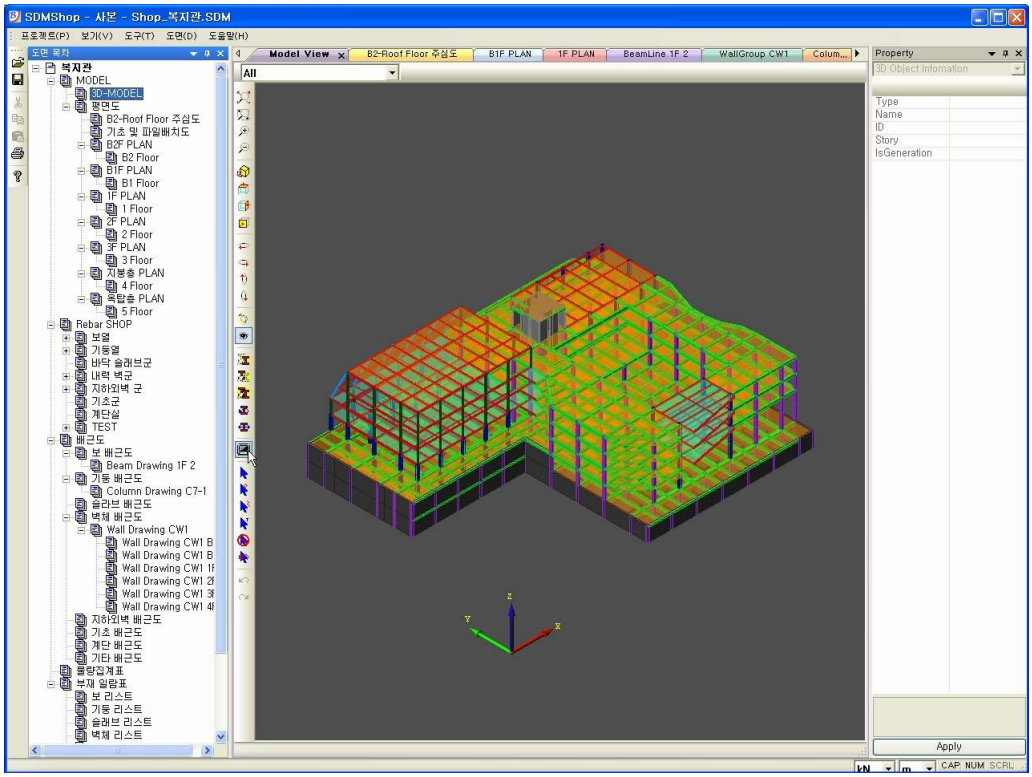
첨부. SDM#에 의한
RC 건축물 철근배근도 작성

SDM# 활용예

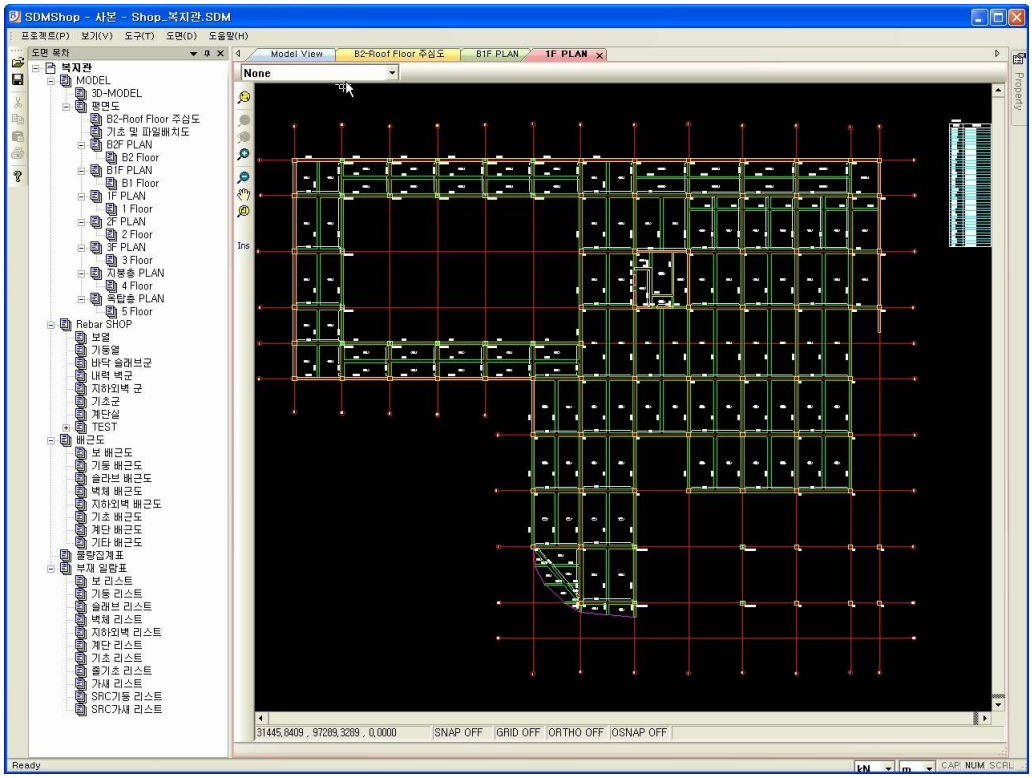
현재 SDM#은 SDM의 구조도면과 일람표 작성 기능과 철근 배근도, Bar List 산출 등을 작성한다.
아래 그림은 SDM#을 이용한 철근배근도 자동 생성 사례를 보여준다.

---

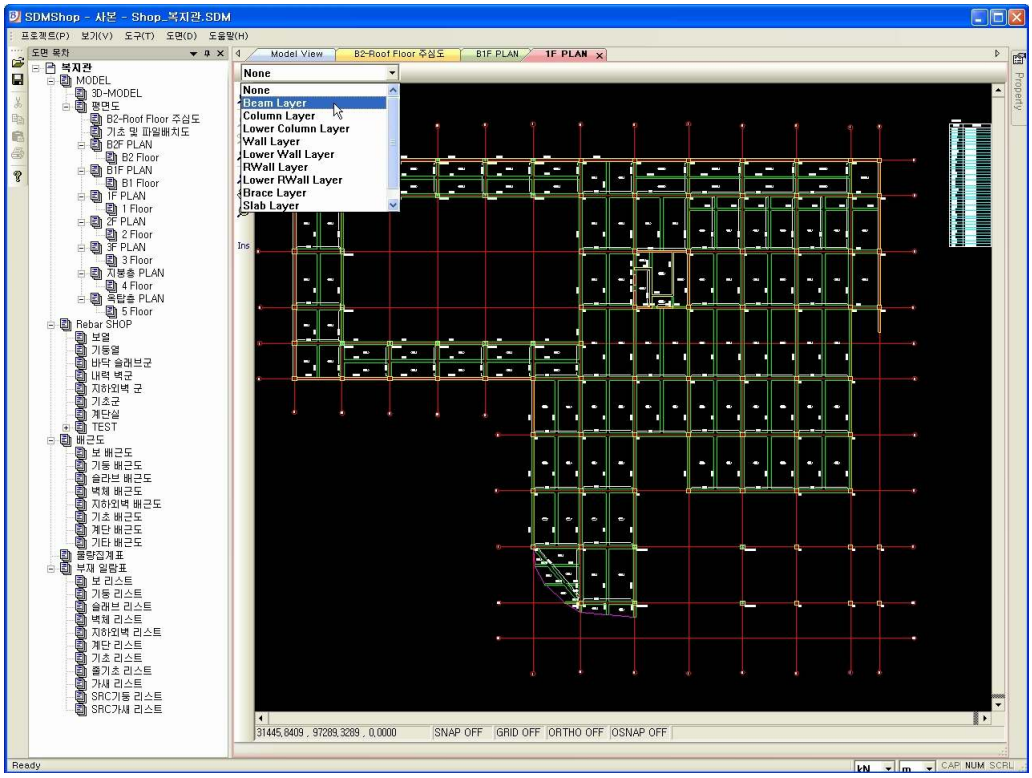
1. Project 열기



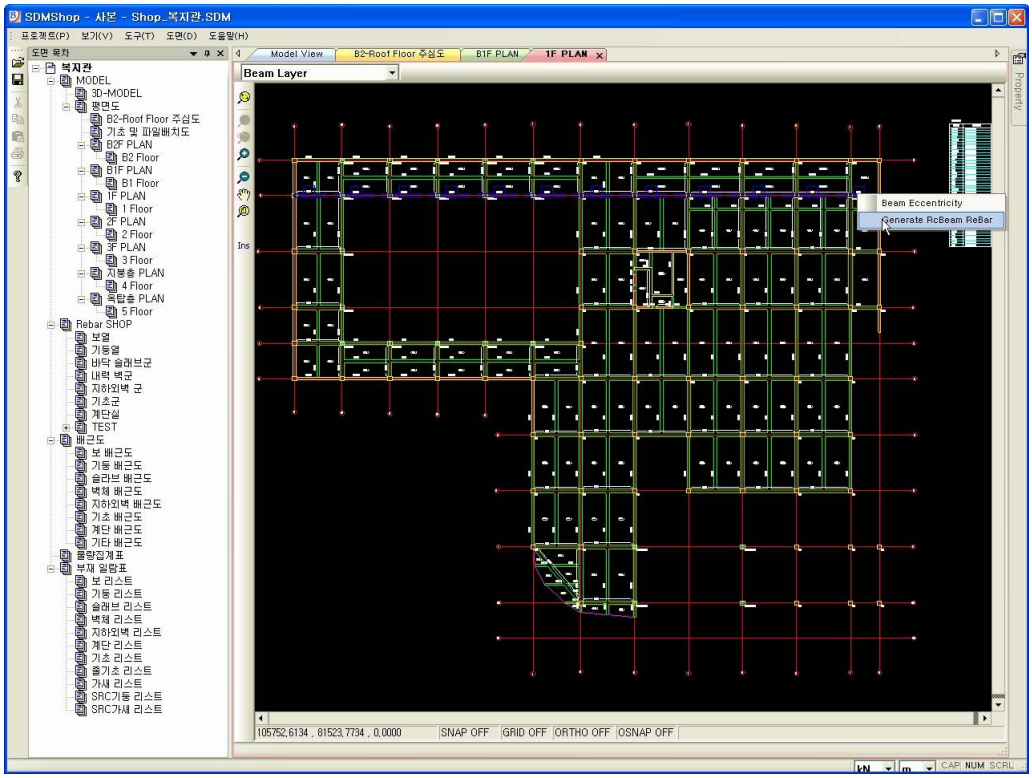
2. 평면도 선택



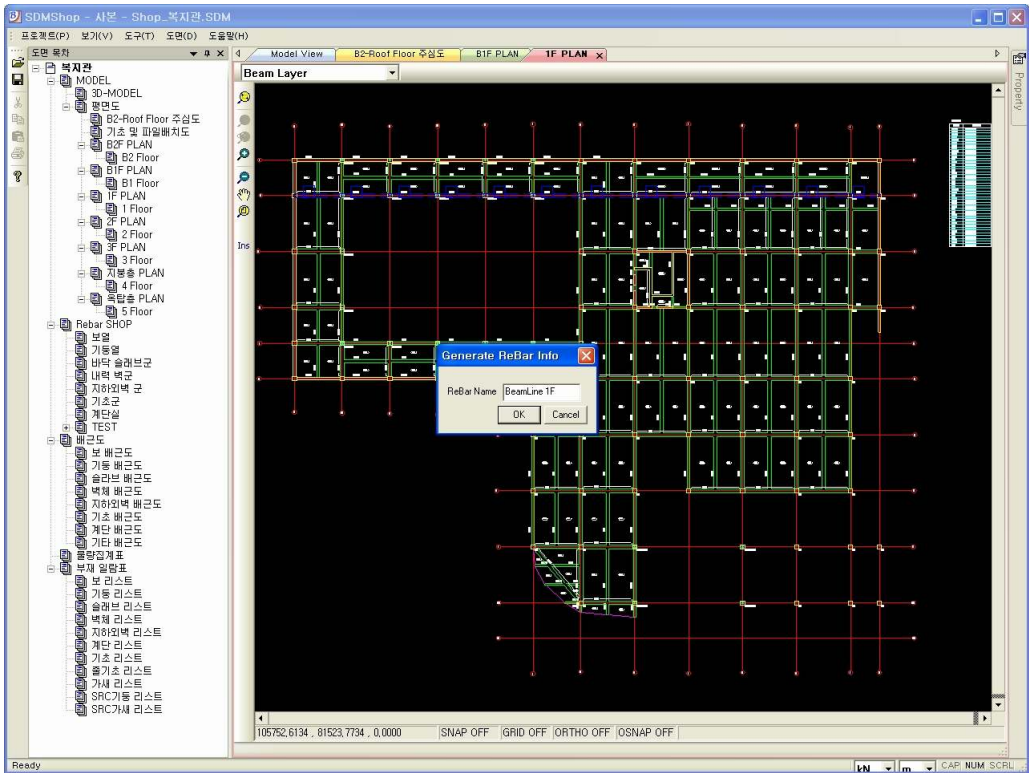
3. Beam Layer 선택



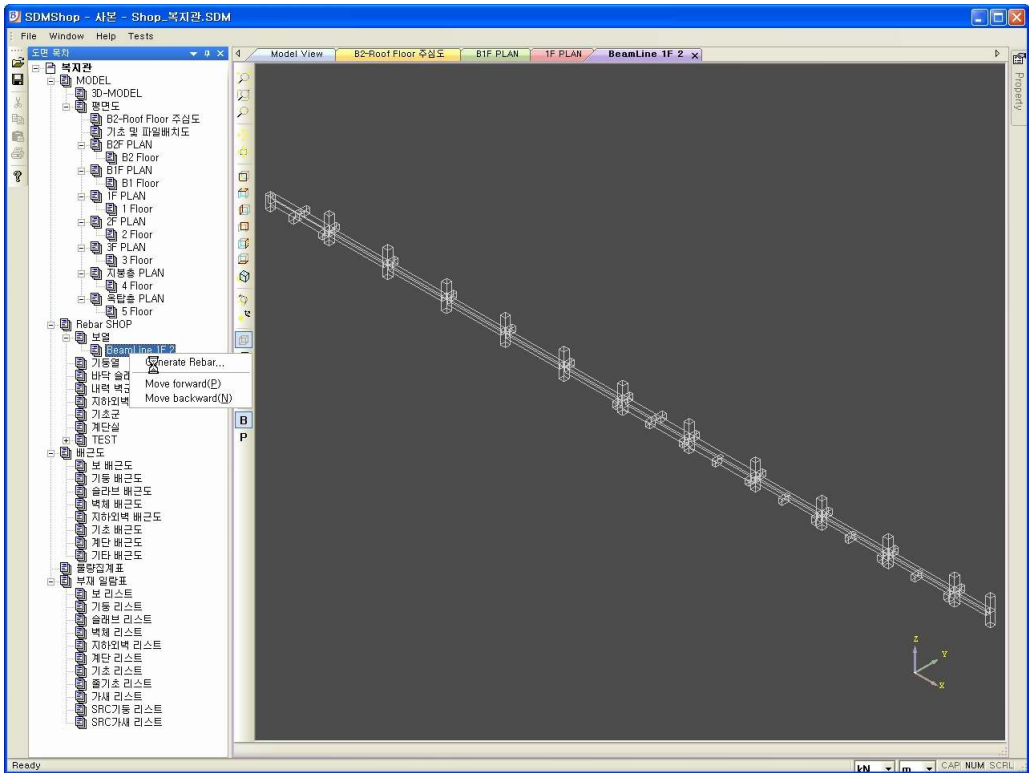
4. 자동배근을 수행할 Beam Line 선택 후, [Generate Rc Beam Rebar] 메뉴 선택



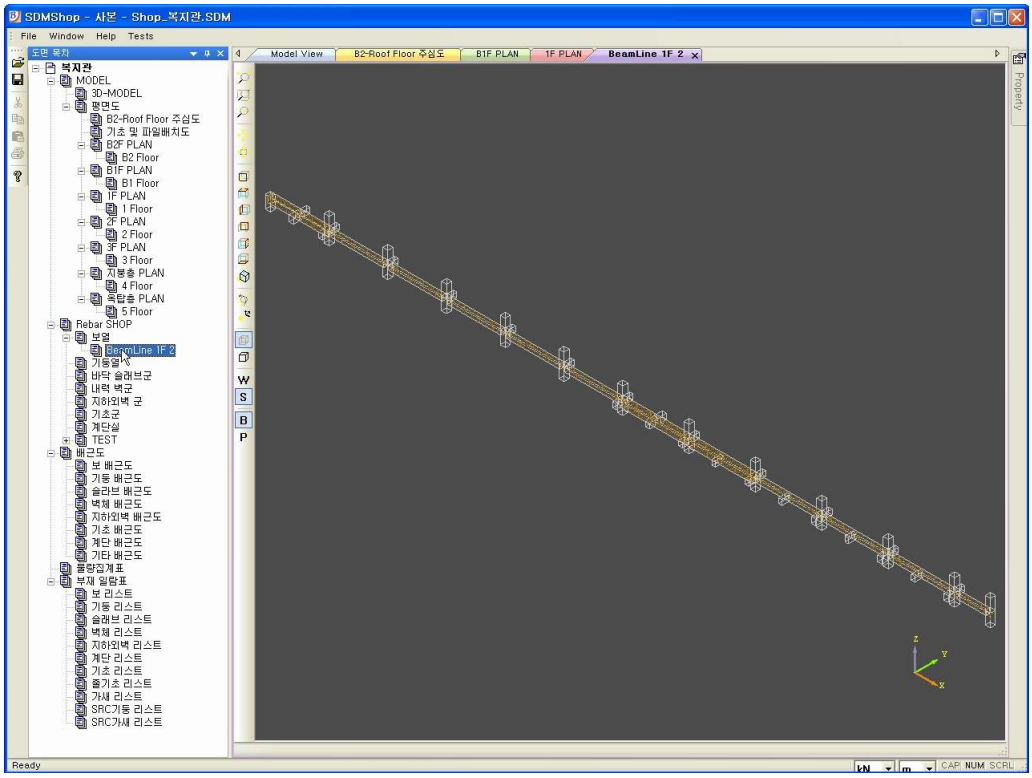
5. Beam Line 이름 기입



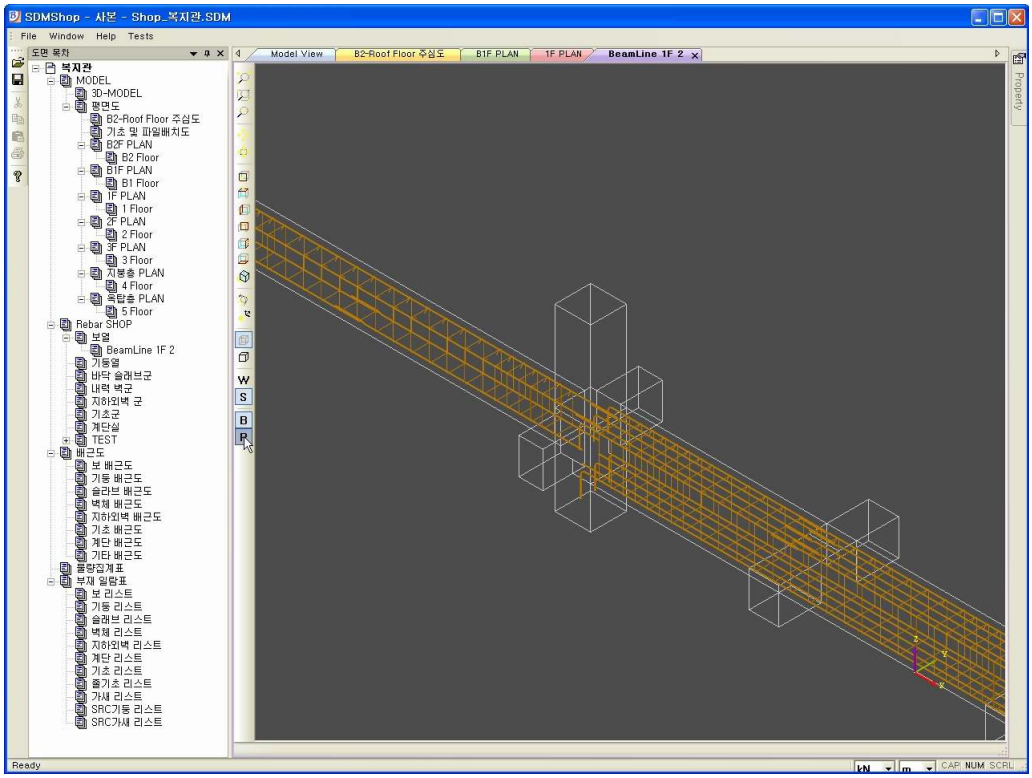
6. Rebar SHOP>보열 항목에서 선택한 Beam Line을 선택하여, [Generate Rebar] 메뉴를 선택하여 자동배근 수행



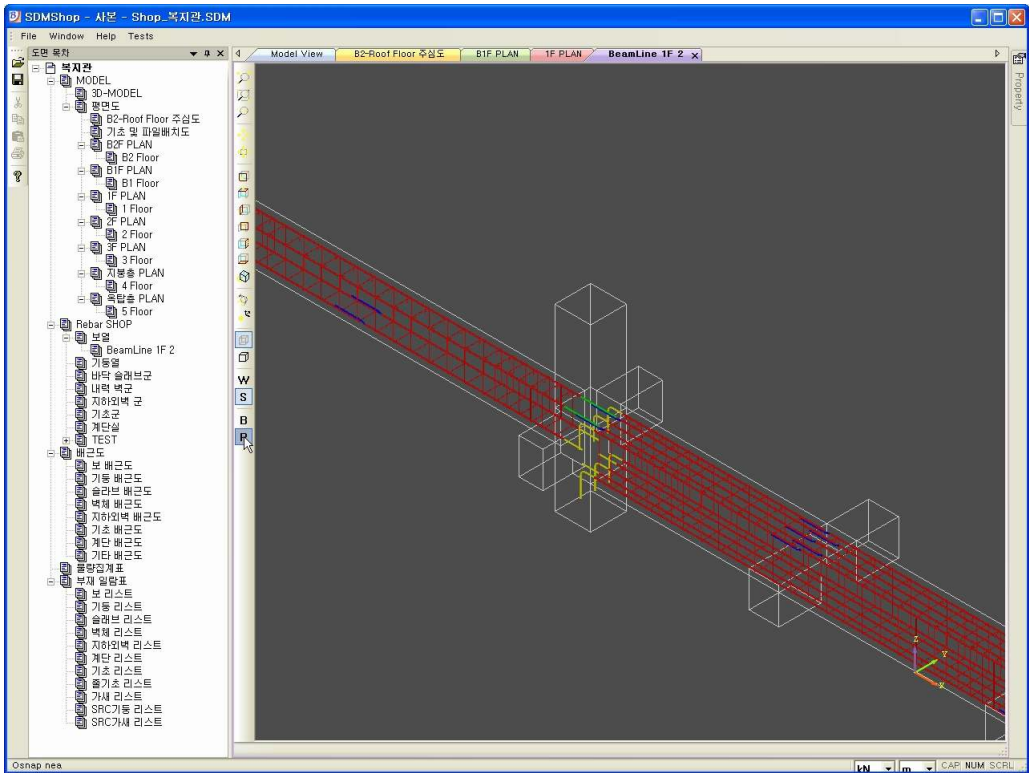
7. Beam Line 자동배근 생성



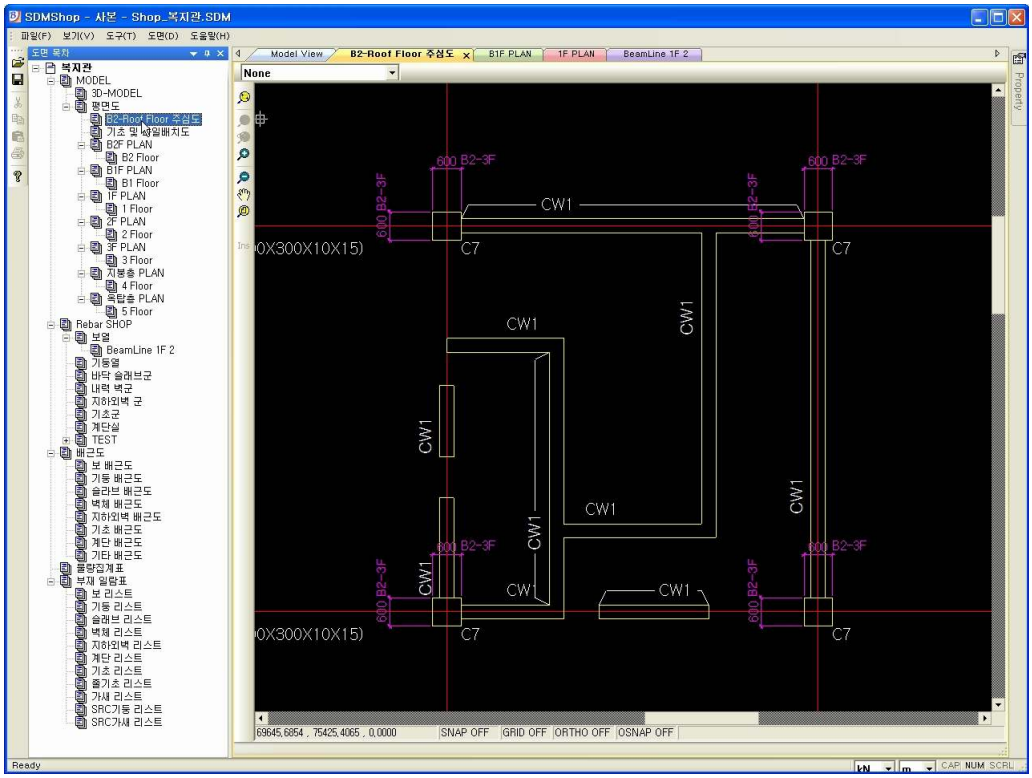
8. Beam Line 자동배근 상세



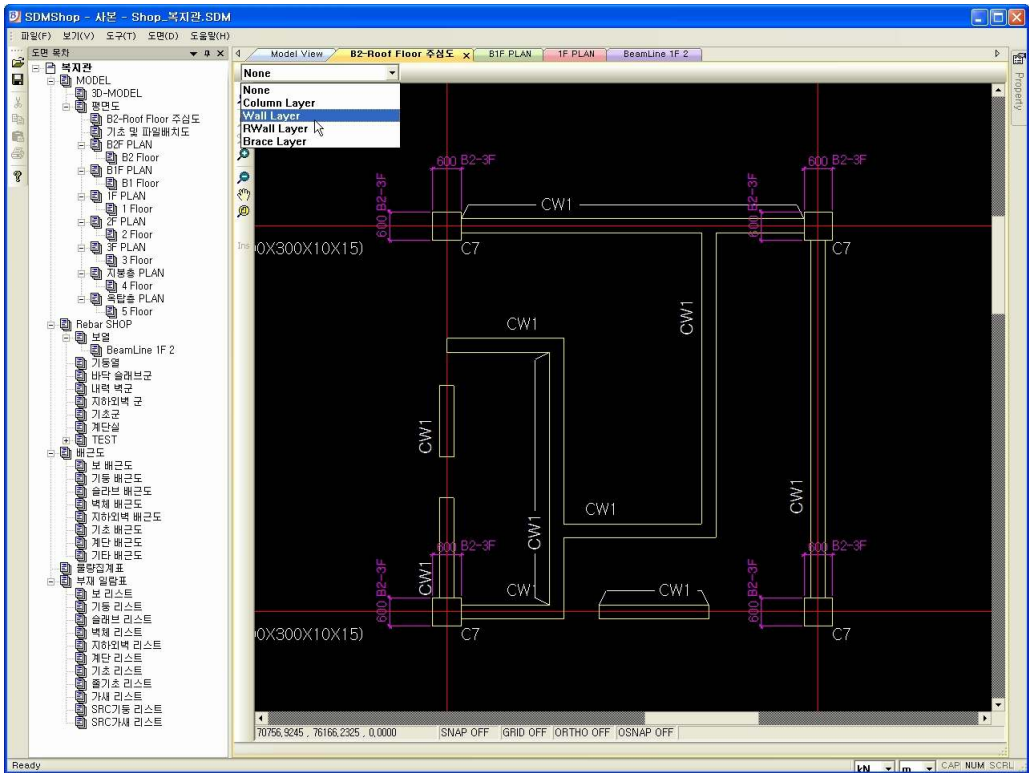
9. Beam Line 철근 속성 보기



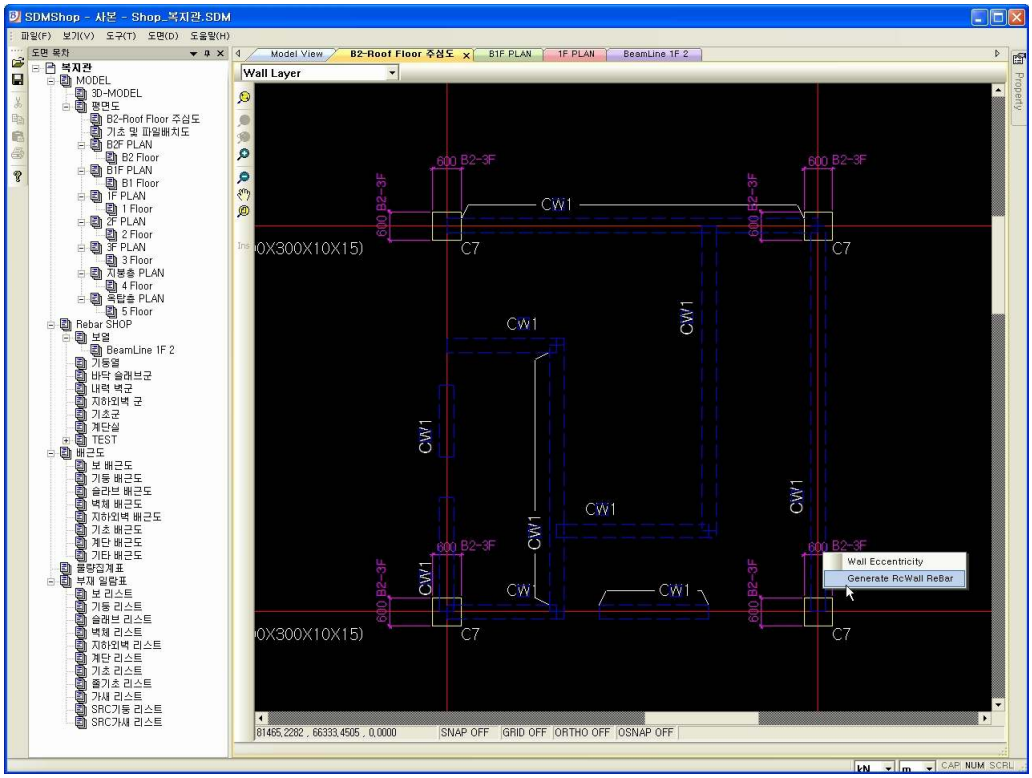
10. 주심도 선택



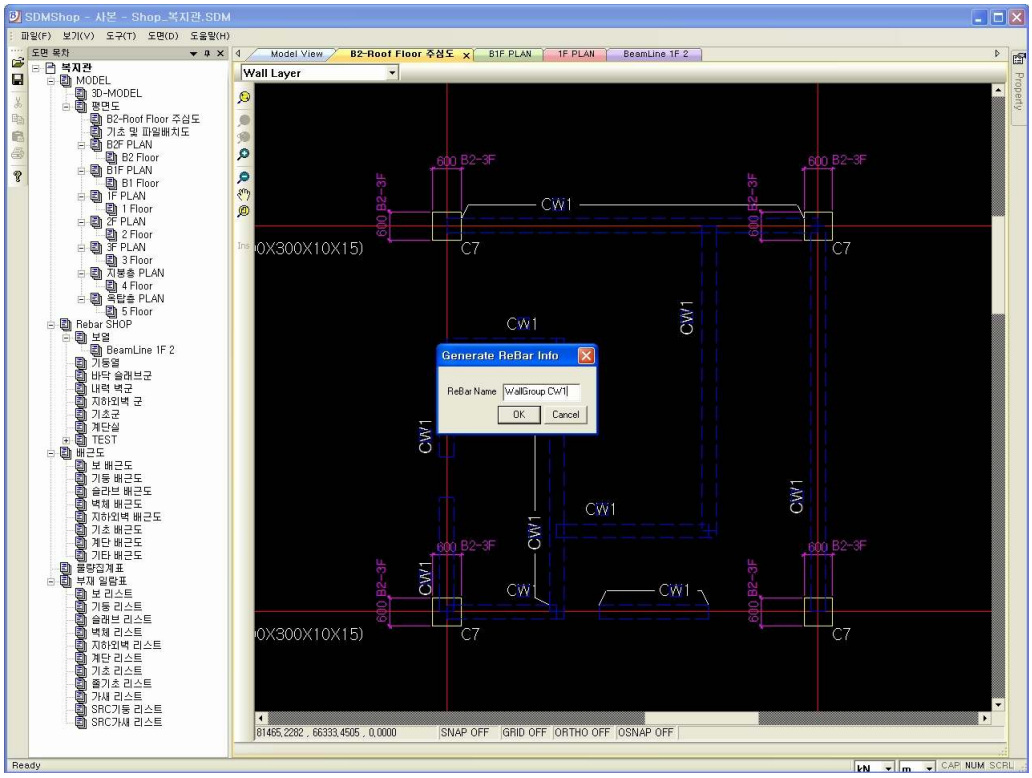
11. Wall Layer 선택



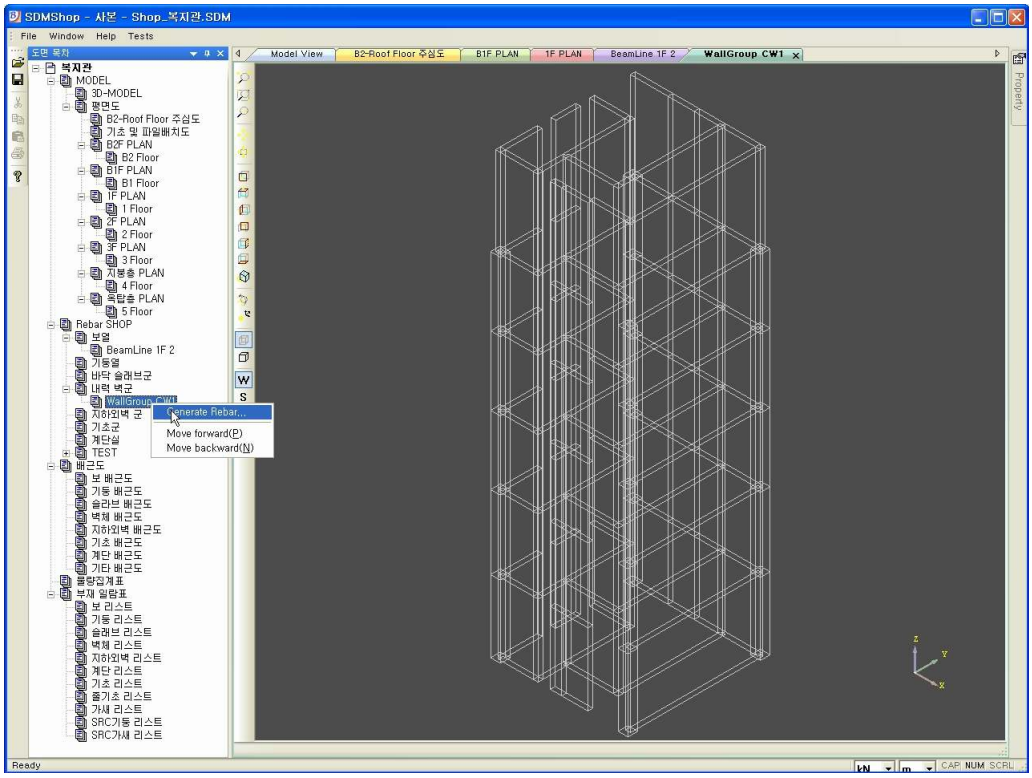
12. 자동배근을 수행할 Beam Line 선택 후, [Generate Rc Wall Rebar] 메뉴 선택



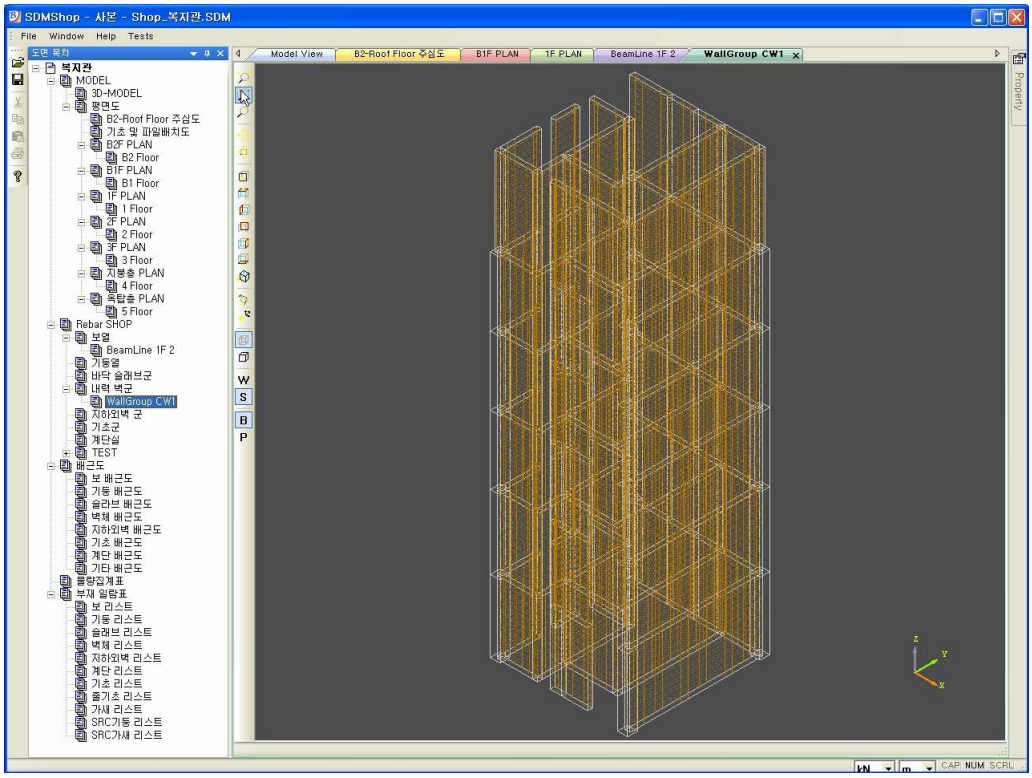
13. Wall Group 이름 기입



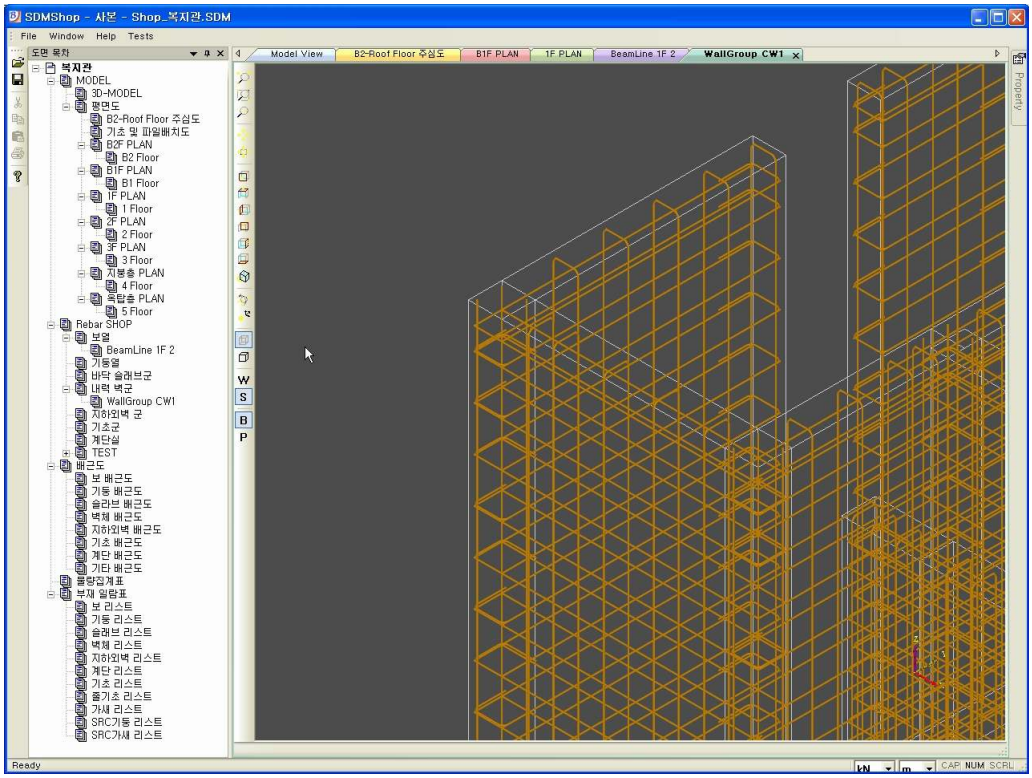
14. Rebar SHOP>내력벽군 항목에서 선택한 Wall Group을 선택하여, [Generate Rebar] 메뉴를 선택하여 자동배근 수행



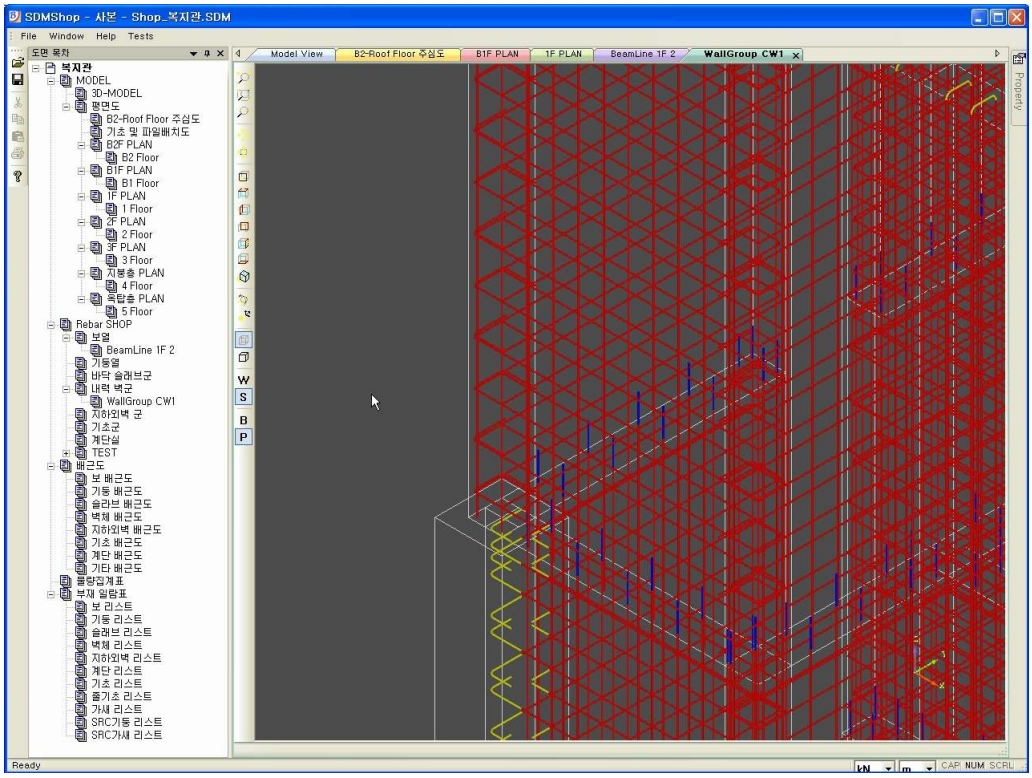
15. Wall Group 자동배근 생성



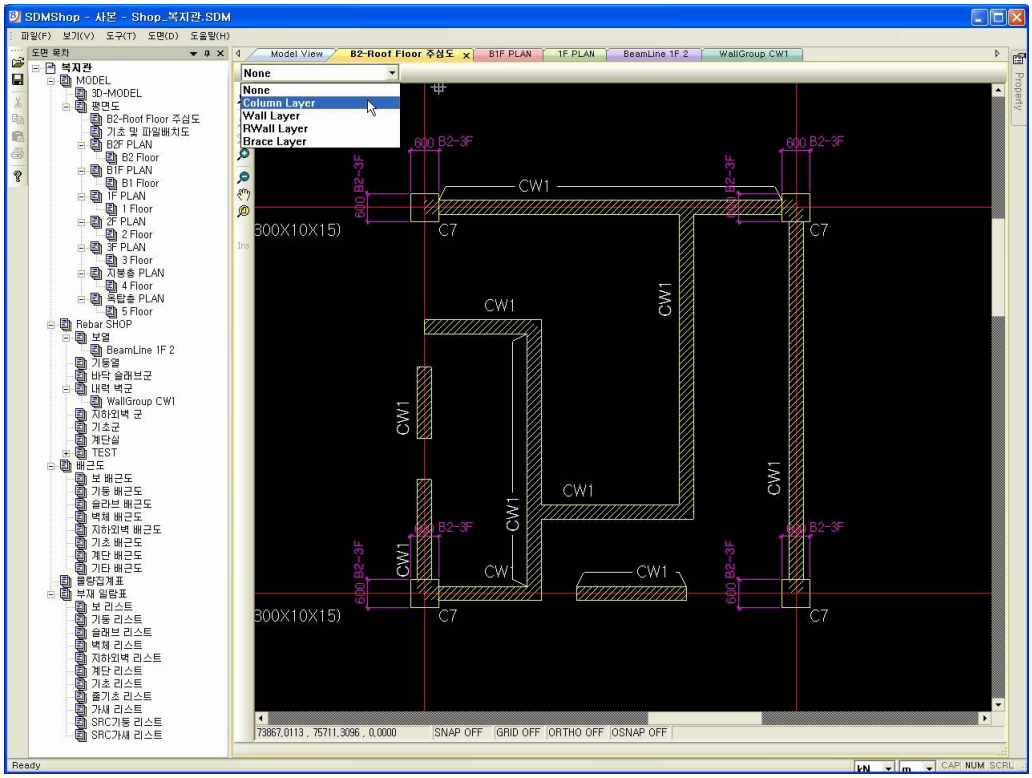
16. Wall Group 자동배근 상세



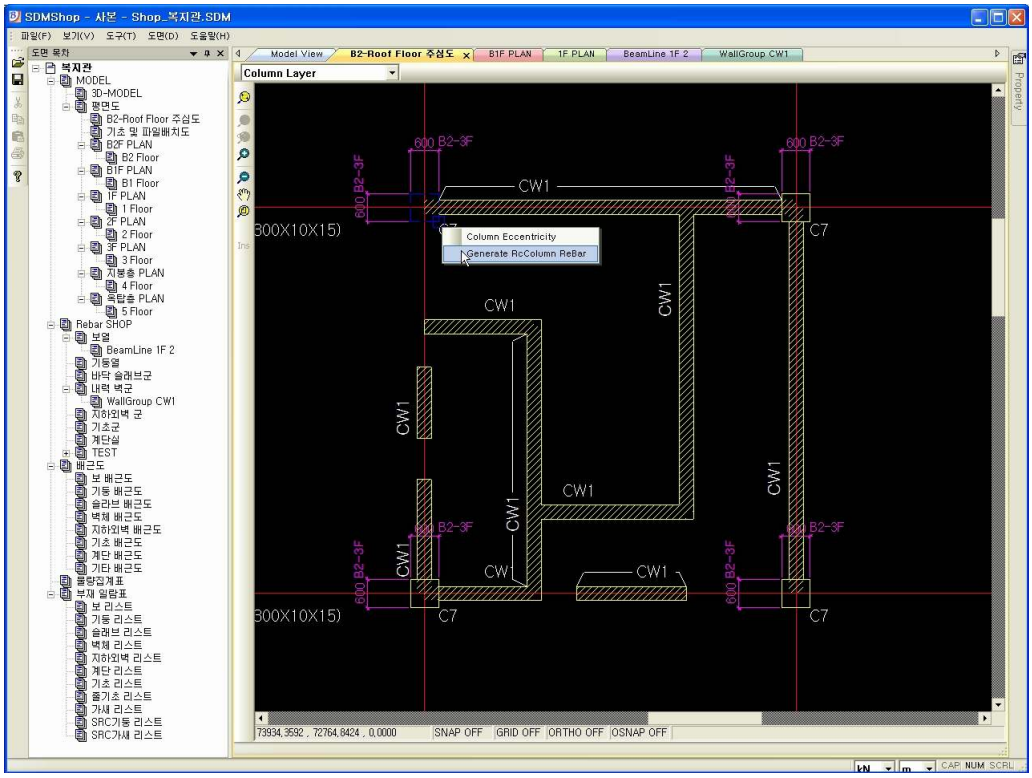
17. Wall Group 철근 속성 보기



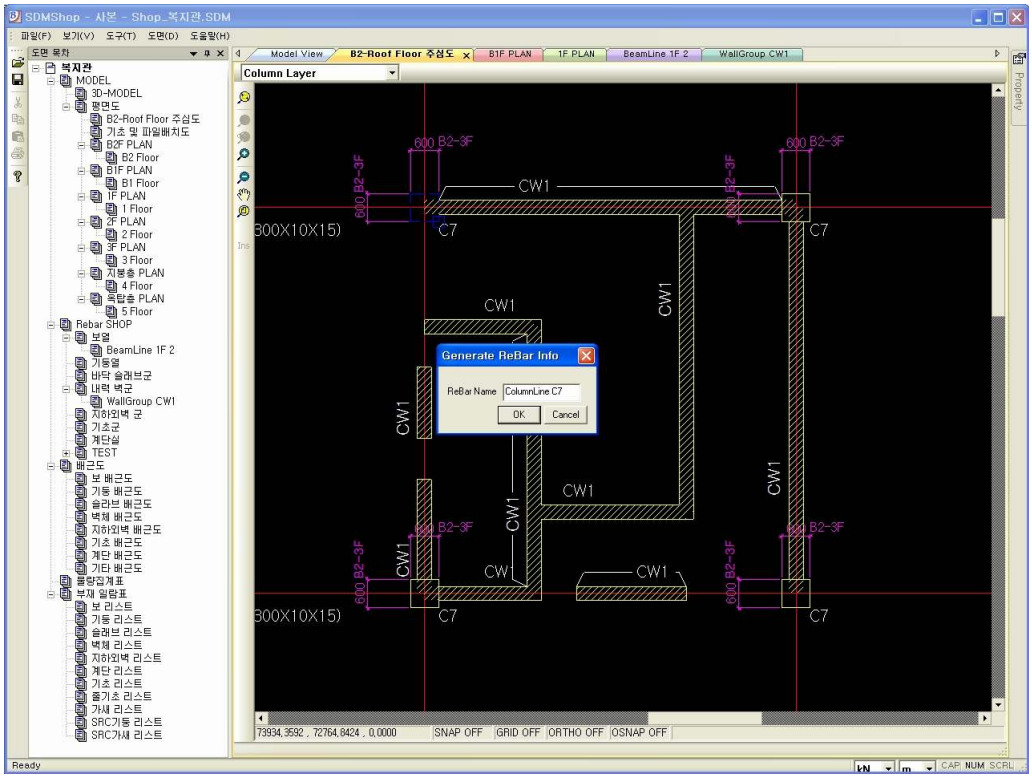
18. Column Layer 선택



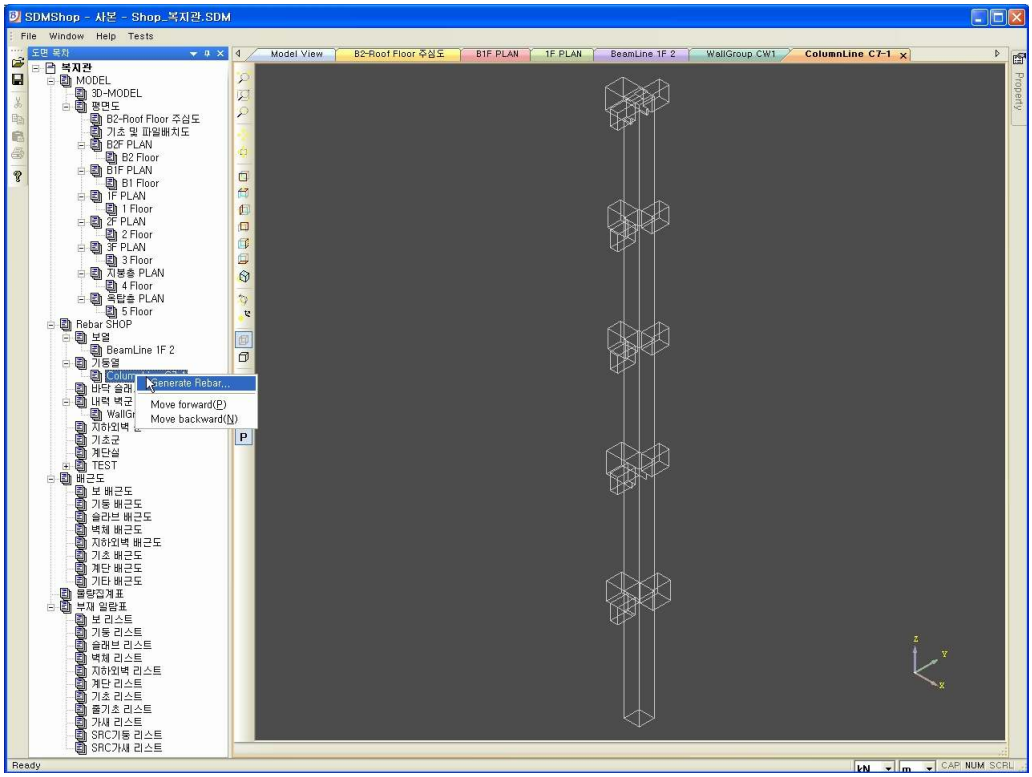
19. 자동배근을 수행할 Column Line선택 후, [Generate Rc Column Rebar] 메뉴 선택



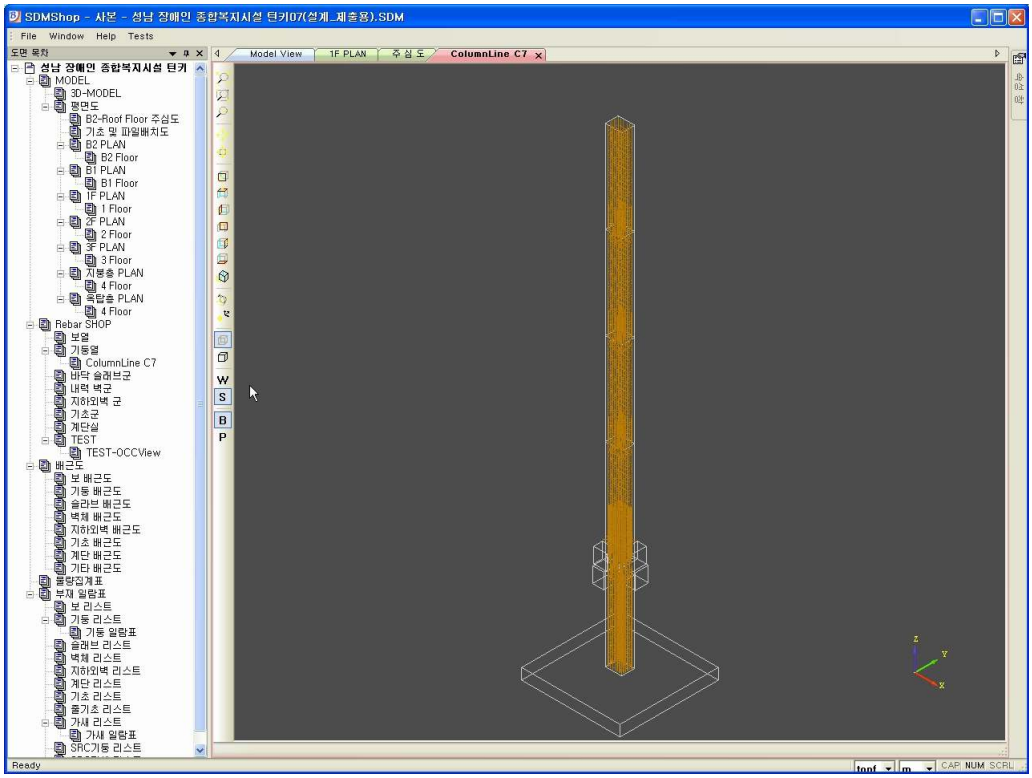
20. Column Line이름 기입



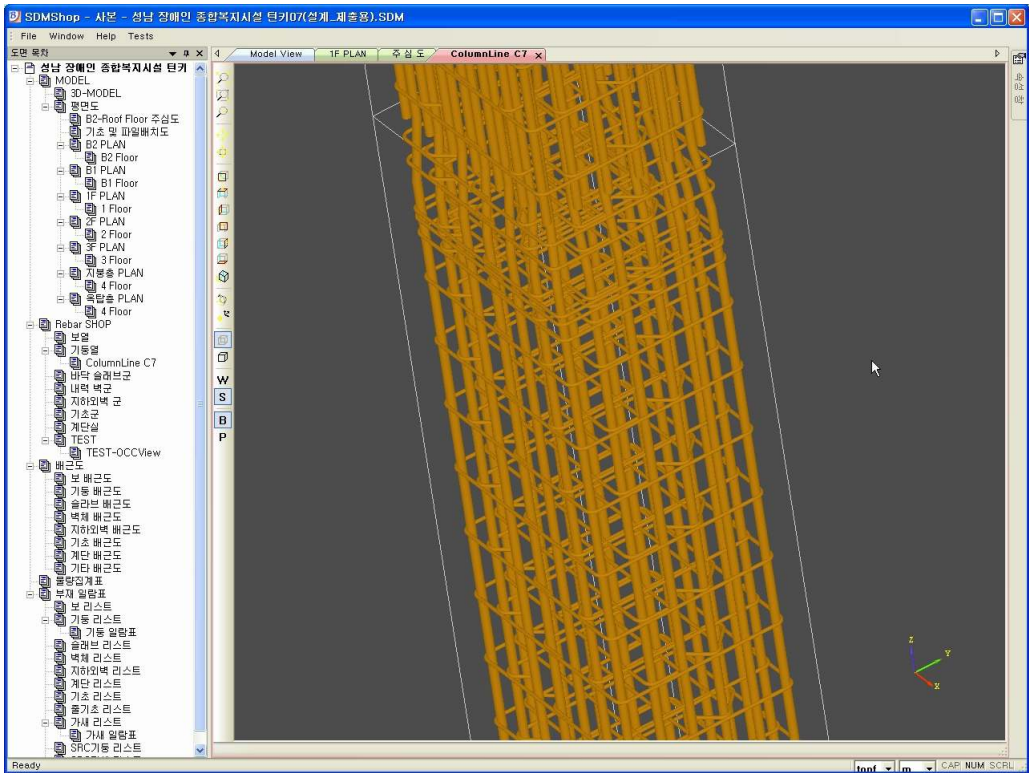
21. Rebar SHOP>기둥열 항목에서 선택한 Column Line을 선택하여, [Generate Rebar] 메뉴를 선택하여 자동배근 수행



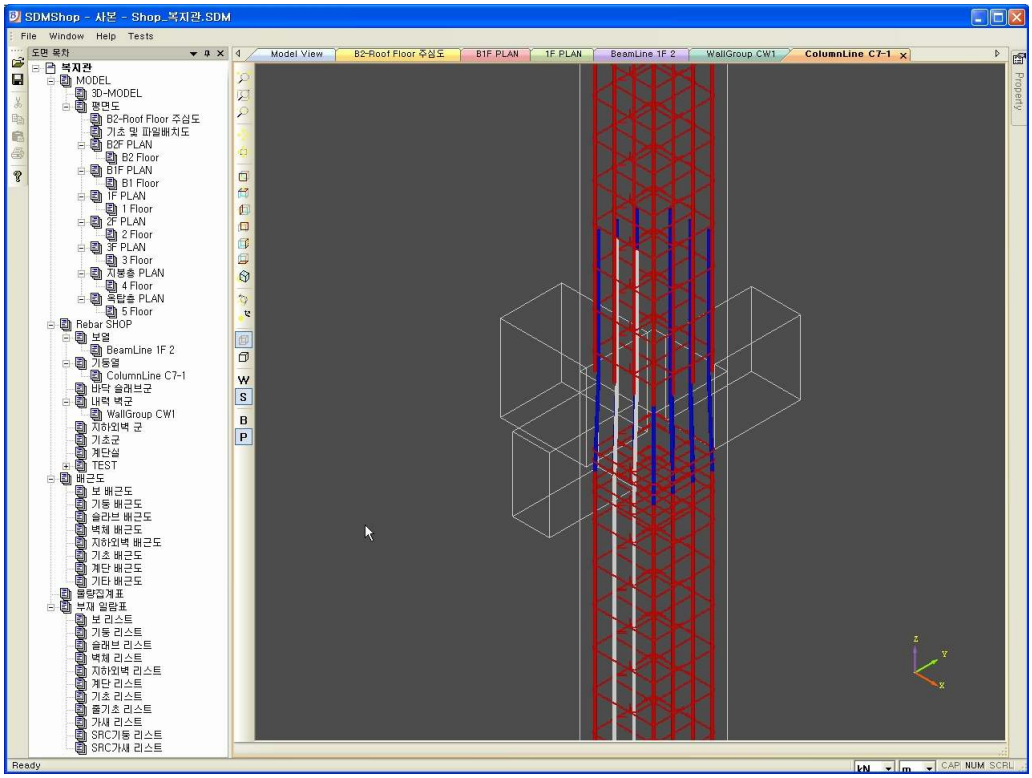
22. Column Line 자동배근 생성



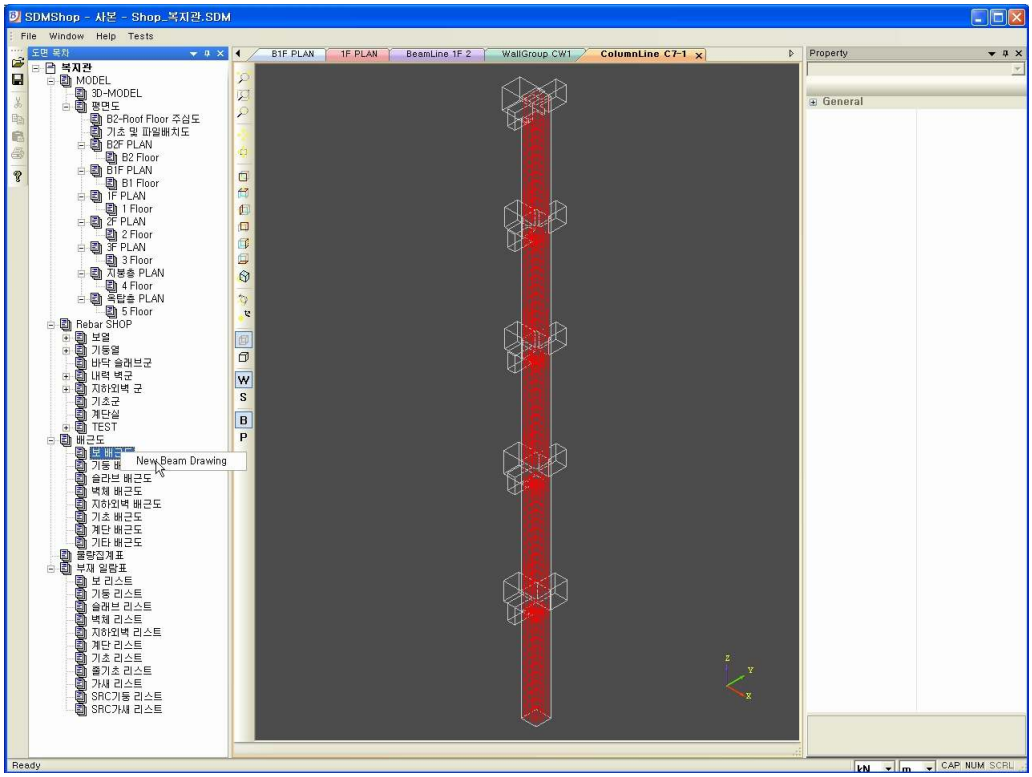
23. Column Line 자동배근 상세



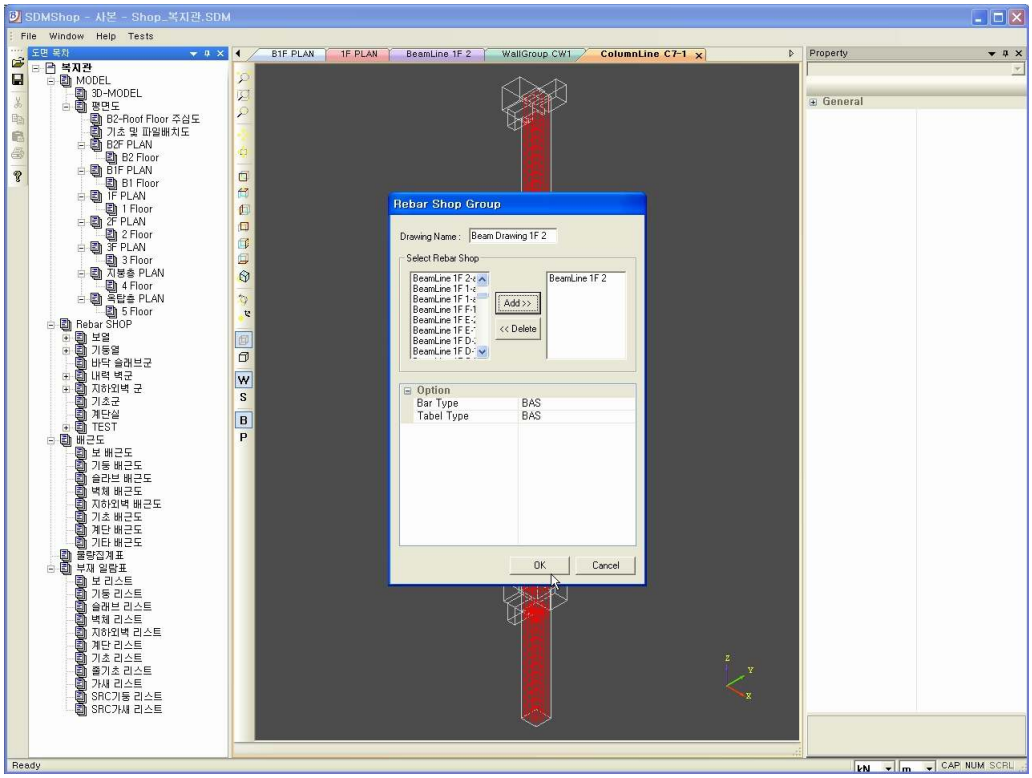
24. Column Line 철근 속성 보기



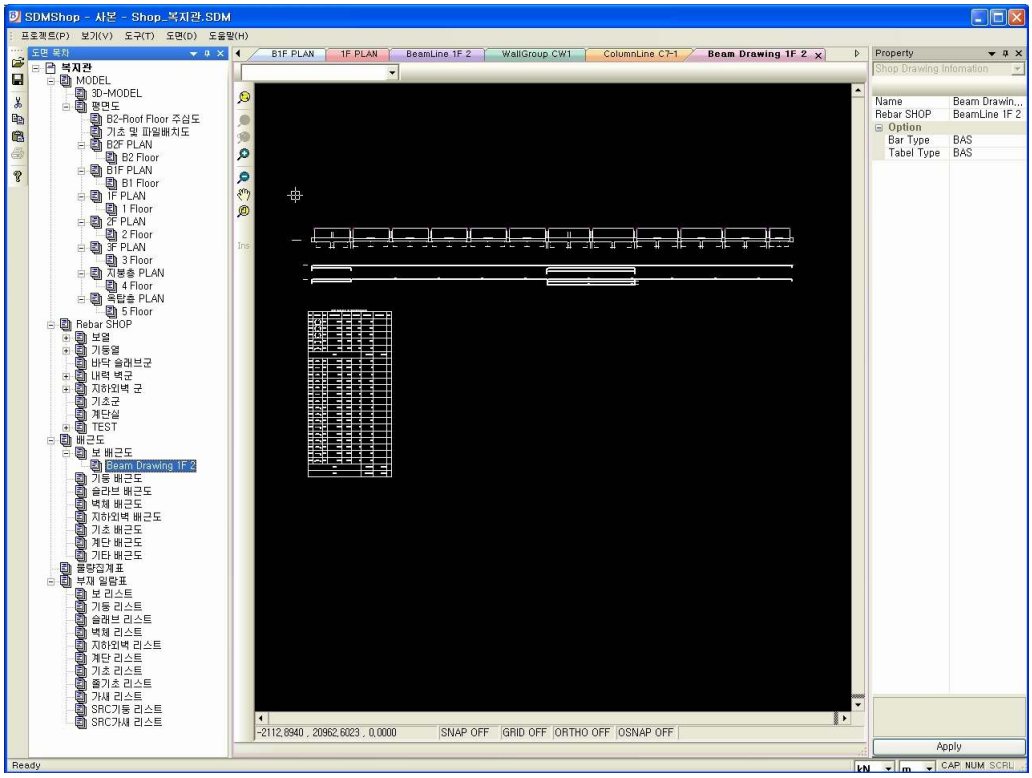
25. 배근도>보 를 선택하여, [New Beam Drawing] 메뉴를 선택



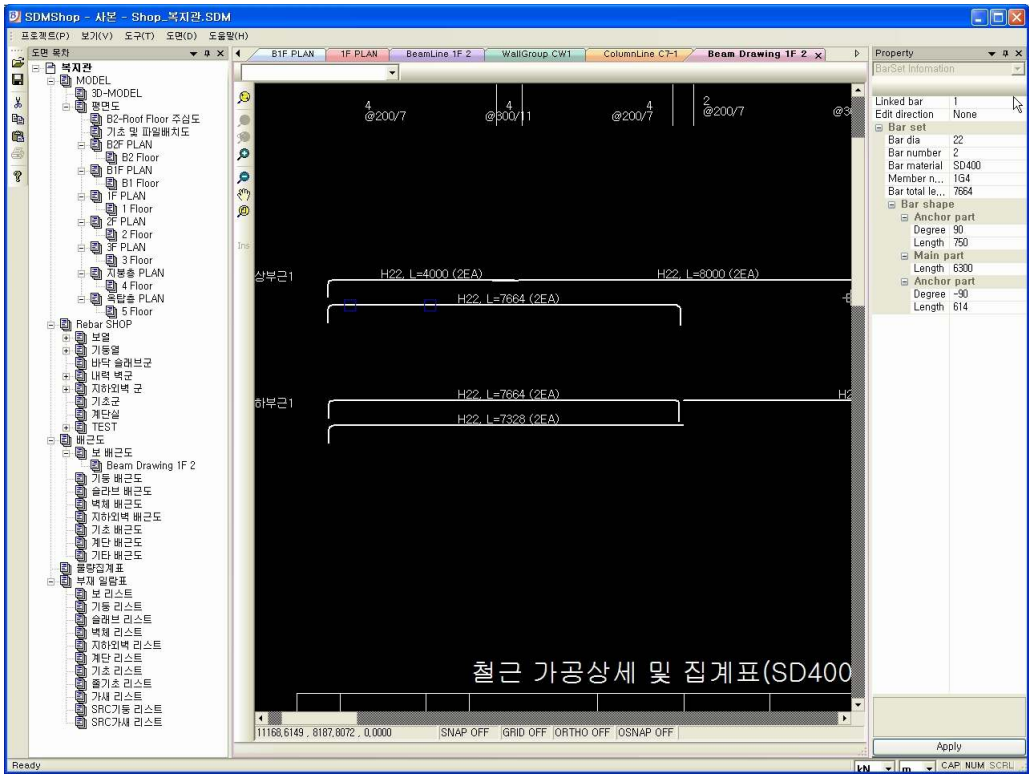
26. 배근도를 작성할 Beam Line 선택



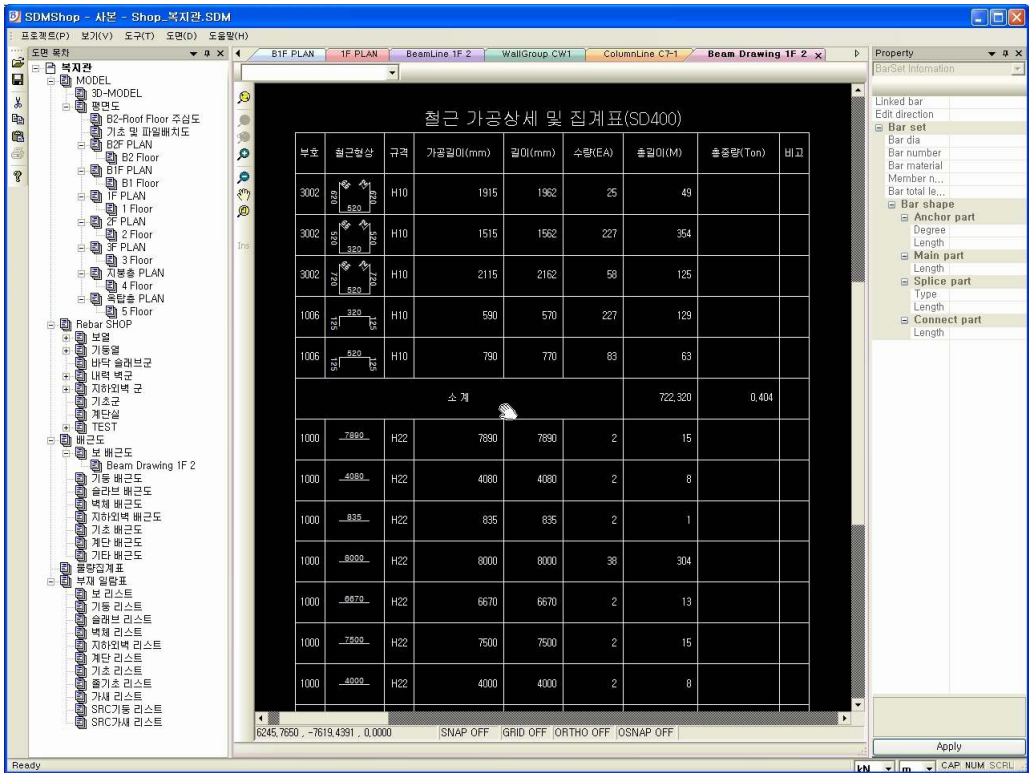
27. 보 배근도 자동 생성



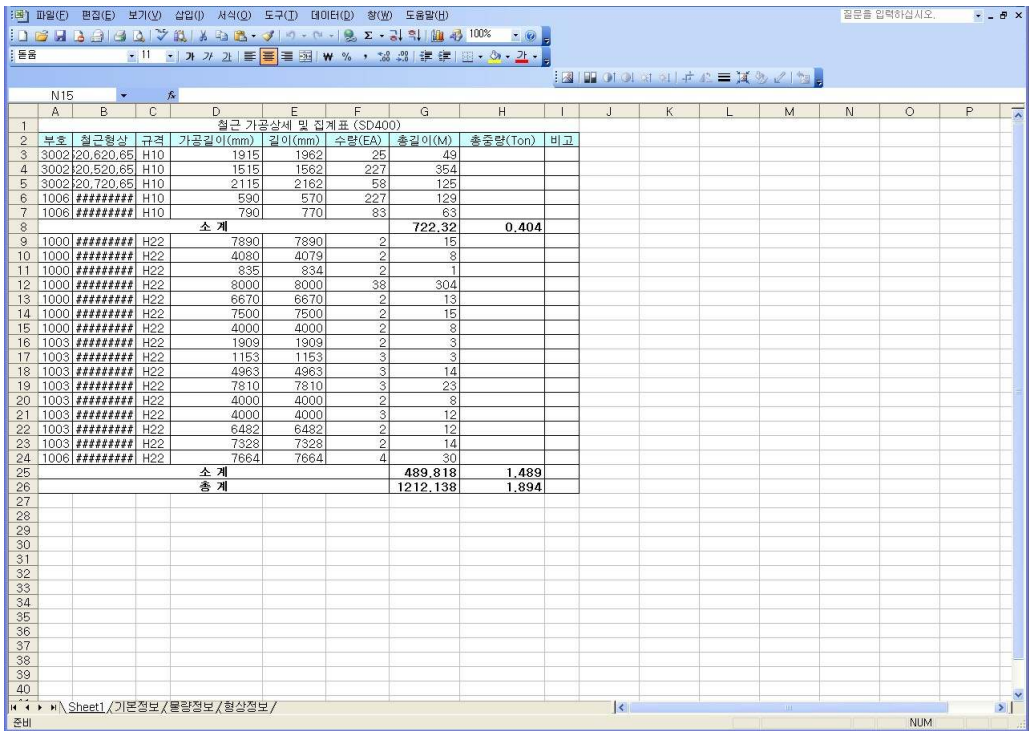
28. 보 배근도 철근 부분 상세



29. 보 배근도 Bar List 부분 상세



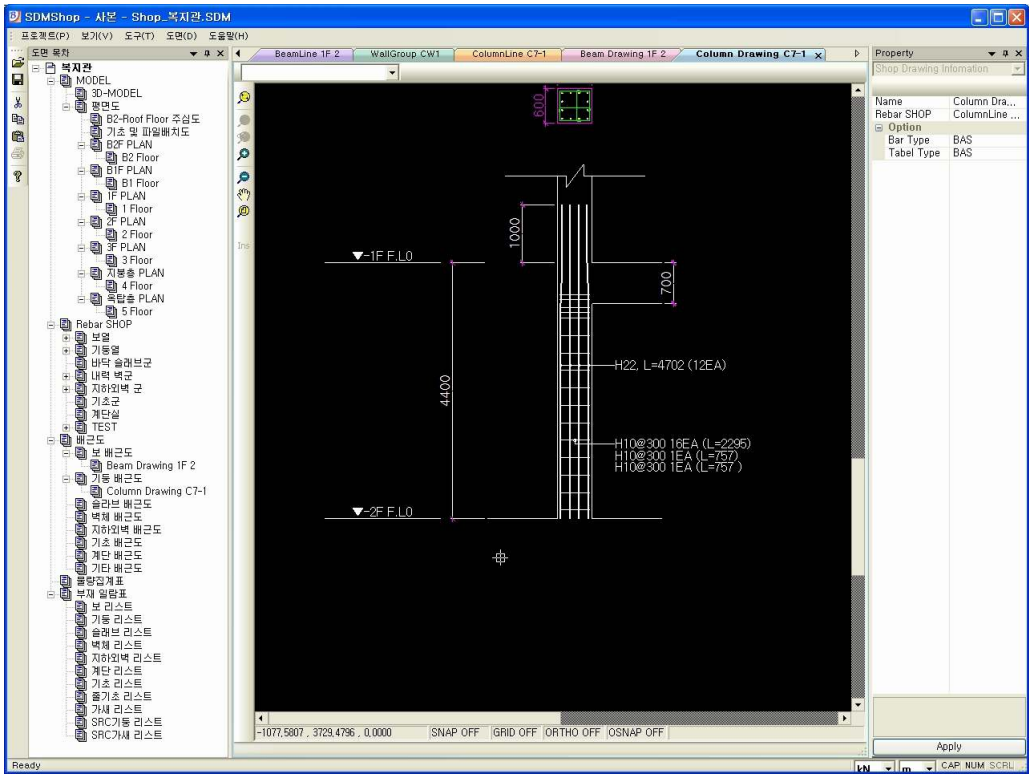
30. MS-Excel Table로 표시 된 Bar List



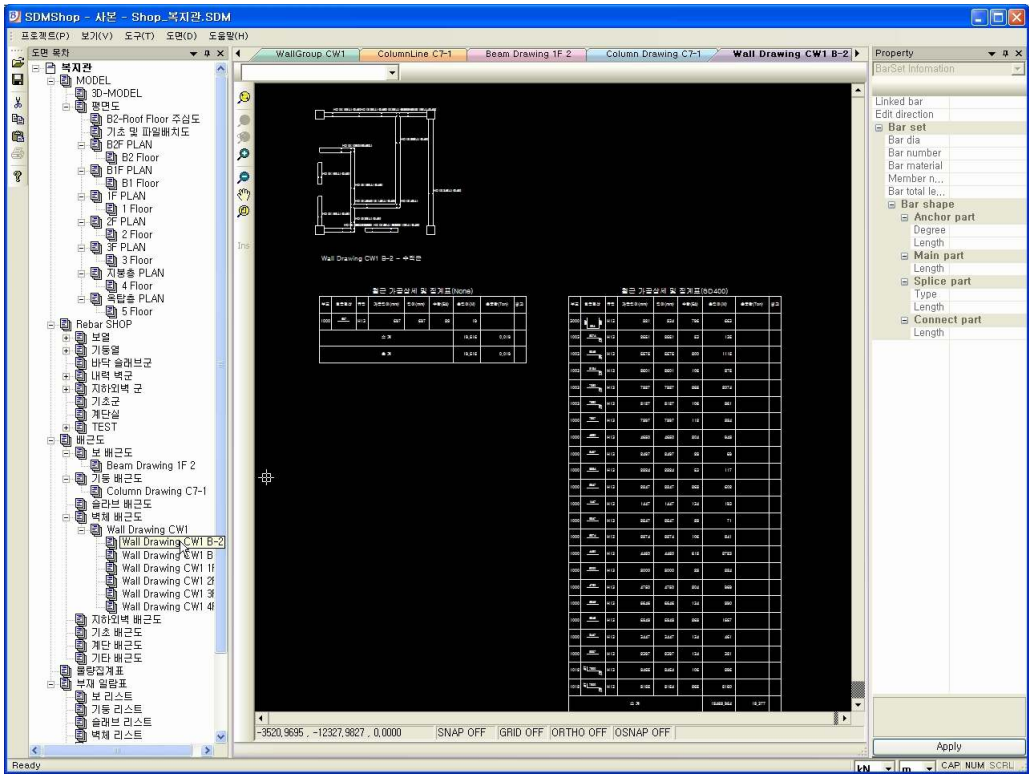
철근 가공상세 및 집계표 (SD400)

부호	철근형상	규격	가공길이(mm)	길이(mm)	수량(EA)	총길이(M)	총중량(Ton)	비고
3002	20,620,65	H10	1915	1962	25	49		
3002	20,520,65	H10	1515	1562	227	354		
3002	20,720,65	H10	2115	2162	58	125		
1006	#########	H10	590	570	227	129		
1006	#########	H10	790	770	83	63		
			소 계			722.32	0.404	
1000	#########	H22	7890	7890	2	15		
1000	#########	H22	4080	4079	2	8		
1000	#########	H22	835	834	2	1		
1000	#########	H22	8000	8000	38	304		
1000	#########	H22	6670	6670	2	13		
1000	#########	H22	7500	7500	2	15		
1000	#########	H22	4000	4000	2	8		
1003	#########	H22	1909	1909	2	3		
1003	#########	H22	1153	1153	3	3		
1003	#########	H22	4963	4963	3	14		
1003	#########	H22	7810	7810	3	23		
1003	#########	H22	4000	4000	2	8		
1003	#########	H22	4000	4000	3	12		
1003	#########	H22	6482	6482	2	12		
1003	#########	H22	7328	7328	2	14		
1006	#########	H22	7664	7664	4	30		
			소 계			489.818	1.489	
			총 계			1212.138	1.894	

31. 기둥 배근도 자동 생성



32. 벽체 배근도 자동 생성



주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 건설교통R&D정책인프라사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 건설교통R&D정책인프라사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.