

계획설계 단계에서의 개방형 BIM 기반 초고층건축물 수직동선 계획 및 검증모듈 개발

김인한*, 조근하**, 최종식***, 천의영****

Open BIM-based Vertical Circulation Planning and Verifying Modules for Super-Tall Building at the Schematic Design Phase

In Han Kim*, Geun Ha Cho**, Jung Sik Choi*** and Eui Young Chun****

ABSTRACT

The automation technology is able to enhance the business process more rapidly and effective. Open BIM technology which supports automation technology of building overcomes the limitations of two dimensions drawings system. The purpose of this study is on the development of open BIM based modules for creating and verifying the core model for super-tall building in the schematic design phase. The module is expected to create cases of core models automatically and it is expected to verify the requirement of building model. This module is anticipated to utilize for creating the core model rapidly in order to create the alternative plan and to make the model accurate by its verification.

Key words : BIM, Core Model, Elevator, Super-tall building, Vertical Circulation, Verification Module

1. 서 론

계획설계 단계에서의 코어계획은 구조, 피난/방재, 수직동선 측면에서의 다양한 고려가 요구된다. 특히 초고층건축물은 대형화, 복합화된 정보를 포함하고 있으며, 수직적 공간의 구성으로 타 건축물에 비해 코어계획의 중요도가 높다. 초고층건축물의 코어계획 중 수직동선 부분은 일반 건축물보다 많은 승강기를 포함하고, 이를 효율적으로 운행하기 위해 운행방식 및 승강기 별 운행구간에 따른 배치, 그리고 요구되는 승강기 대수의 파악 등이 중요한 요소로 고려된다. 코어계획을 위해서는 기존 2차원에서 도출되는 정보 만으로는 충분한 요구조건 파악에 한계가 있다. 예를 들어 초고층건축물의 각 승강기 운행구간 파악을 위해서는 수많은 단면을 동시에 펼쳐 놓고 검토를 하게

될 것이며 이 경우 설계에 반영된 조건들을 검증하는데 많은 시간과 노력이 소모될 것이다. 이러한 문제점의 해결방안으로써 BIM 기술을 적용할 경우 건물형상의 시각적 검토와 분석 및 시뮬레이션 도구를 통해 요구조건에 충족여부를 검토할 수 있다. 그 결과 비효율적인 절차를 줄일 수 있으며 객관적이고 정확한 모델을 확보하여 설계 품질의 향상 결과를 가져올 수 있을 것이다^[1].

일반적인 BIM 기반의 설계는 다음과 같은 단계를 통해 BIM 모델의 작성 및 검증을 거칠 수 있다. 첫째, 계획 및 법규에 근거한 설계 요구조건을 분석한다. 둘째, BIM 모델링 소프트웨어를 통해 요구조건을 반영하여 BIM 모델을 작성한다. 셋째, BIM 품질검증 프로세스를 통해 요구조건에 대한 모델의 반영사항을 검토한다. 이러한 작성-검증의 과정을 통해 BIM 모델의 품질을 향상시킬 수 있다.

따라서 본 연구에서는 BIM 기반의 설계단계에서 BIM 기술을 활용한 설계 업무의 자동화 방안을 제시하고자 하며, 적용범위는 계획설계에서 활용 가능한 코어모델의 자동화 대안생성 방안과 생성된 모델의 검증단계를 위한 요구조건 검증모듈 개발에 있다. 이

*중신회원, 경희대학교 공과대학 건축학과

**교신저자, 학생회원, 경희대학교 대학원 건축학과

***정회원, (사)빌딩스마트협회 기술연구소

****정회원, 경기대학교 건축대학원

- 논문투고일: 2011. 02. 17

- 논문수정일: 2011. 03. 16

- 심사완료일: 2011. 03. 23

를 위한 세부 연구내용은 다음과 같다.

- (1) 초고층건축물 수직동선 중 승강기를 중심으로 계획 및 법규와 관련된 요구조건을 분석하였다.
- (2) 매개변수를 통해 모델의 형상을 제어하는 방식인 파라메트릭(Parametric) 기법을 응용하여 승강기 배치를 통한 코어모델 생성 방안을 제시하였다.
- (3) 모델의 승강기 대수와 법규상의 설치기준을 검토하는 모델을 개발하였다.

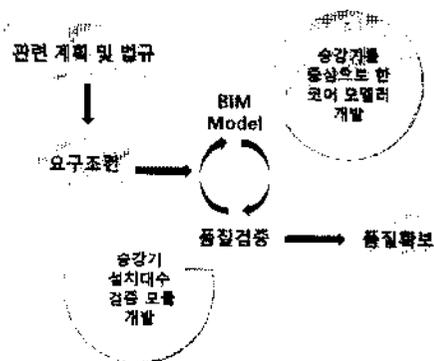


Fig. 1. 초고층건축물 수직동선 계획 및 검증모델 개발 방안.

2. 초고층건축물 수직동선 요구조건 분석

2.1 수직동선 계획설계를 위한 요구조건

초고층건축물의 계획설계 단계의 요구조건을 계획 일반 요소, 코어계획 요소, 승강기계획 요소로 나누어 분석하였다. 분석된 요소들의 조건은 BIM 코어모델 생성시 승강기 운행방식에 따른 평면상 배치 및 운행구간에 따른 승강기별 그룹화 적용 시에 고려되었다.

2.1.1 계획일반 요소

초고층건축물의 주요계획요소는 외부 인벨롭스킨(Exterior envelop skin)과 내부공간계획으로 구분할 수 있다. 내부공간 계획 시 고려 사항으로는 일반적인 고층사무실 계획에서 고려되는 기준층 평면계획, 수직 단면계획, 설비 및 구조계획 이외에 코어계획, 기본구성단위계획, 구조 스패 모듈계획, 피난계획, 스카이로비(Sky lobby) 계획 등의 핵심 요구조건을 만족시키는 것이 중요하다. 특히 복합용도의 임대용 건물이 많으므로 기준층의 크기(Floor plate size), 리스 스패(Lcase span), 층(Floor height), 벽 바닥비(Wall to floor ratio), 실내 천정고(Floor to ceiling) 등이 경제

성을 좌우하는 핵심이 된다^[2]. 초고층건축물은 일반적으로 복합용도가 많으며 그 중 상업, 업무용도와 주거 및 호텔용도는 기본적으로 구조 스패이 달라 이를 적절히 단면으로 분리하여 최적의 용도 조닝을 만들어 내는 것이 중요해진다. 결국 단면으로 분화된 수직기능존 사이에 설비와 스카이로비층을 계획함으로써 복합용도의 기능과 구조를 효율적으로 전환시키고, 초고층 승강기에 의해 감소될 수 있는 기준층의 유효면적을 증가시키도록 계획하게 된다.

특히 초고층의 상층부계획은 수직동선이 중심이 되는 코어와 풍하중의 횡력에 적절한 건디는 효율적인 구조를 만들면서도 평면상 적절한 유효 순번적비를 갖추지 못할 경우 경제성이 적어 초고층화가 실현될 가능성이 적어진다. 따라서 일반 수직구조체의 중심인 승강기와 설비, 피난계단 코어를 슈퍼 스트럭처(Superstructure)의 효율성의 관점에서 적절하게 배치하면서도 도시의 레드마크로서 초고층건축물의 감성적 디자인 효과를 만들어내는 것이 초고층건축물 계획의 핵심관건이라고 할 수 있다. 이러한 관점에서 구조체, 코어, 상층부에 의해 형성되는 비용이 보통 총공사비의 약 15-25%에 달하고 고층부로 갈수록 매스가 줄어드는 것이 일반적이기 때문에 이를 총체적으로 고려하여 기능수요에 따른 적절한 매스와 높이를 결정하고 이에 따른 코어와 승강기계획 요소들을 고려하는 것이 바람직하다^[3].

2.1.2 코어계획 요소

내부공간 계획 시 코어계획은 건축물의 수직동선을 담당하며, 동시에 설비와 구조가 집약된 건축요소로서 건축물의 형태구성과 성능에 중요한 영향을 미친다. 특히 서비스 코어는 리프트 샤프트, 엘리베이터 로비, 계단, 화장실, 기계전기의 설비시스템 공간 등을 포괄하고 있어 전체 타워의 공간 효율성에 결정적인 영향을 미친다. 일반적으로 초고층의 서비스 코어는 중앙코어(Central core)가 가장 일반적이지만 분리코어(Split core)를 쓰거나 전단벽형식의 양단코어(End core)를 사용하기도 한다.

코어계획의 고려요소로는 단면 기능존의 용도, 형태, 규모, 층수, 리스 스패, 모듈치수, 구조방식, 설비방식, 관리방식 등 아주 다양하다. 특히 층이 반복되며 누적됨으로 각 요소마다 검토와 피드백의 과정을 거쳐 전 요소들을 조직화하는 작업이 중요하며^[4] 이를 위해서는 기본적으로 기준층 평면상의 효율성을 극대화 할 수 있는 코어의 적절한 배치가 매우 중요해진다.

2.1.3 승강기계획 요소

코어의 승강기 계획은 초고층건축물의 수직동선을 형성시키는 중요한 요소이며, 승강기 운행방식에 따라 코어의 수직적 형태와 평면의 형태를 구분하게 된다.

초고층건축물의 승강기의 운행방식은 크게 존닝(Zoning) 방식, 더블데크(Double deck) 방식, 스카이로비 및 셔틀(Sky lobby & shuttle) 방식으로 구분할 수 있다(Fig. 2).

조닝방식은 승강기의 일정구간만 운행하도록 구획하여 대기시간을 줄이는 승강기 수직 분배 방식이며, 더블데크 방식은 운송용량을 늘리기 위해 2개의 층을 가진 승강기로서 한번에 2개의 층에 정지하여 승객을 운송하는 방식이다. 스카이로비 및 셔틀 방식은 건물의 특정 층을 스카이로비로 지정하여 그 층까지의 초고속 셔틀 승강기를 통해 운행한 후, 다시 구획되어있는 로컬 승강기로 환승하는 방식이다^[5]. 이러한 승강기 운행방식에 따른 승강기 배치는 초고층건축물의 코어구성에 기본적인 요소이며, 특히 평면구성에 핵심적 사항이 된다.

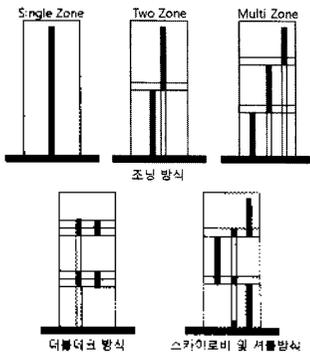


Fig. 2. 초고층건축물의 승강기 운행방식 예.

2.2 초고층건축물 관련 법규 및 기준상의 요구조건

본 연구에서는 기존 국내의 초고층건축물의 가이드라인 및 관련 법규를 통해 설계 요구조건을 분석하였다. 관련 법규 중에서는 승강기 설치 기준을 중심으로 수직동선 계획 자동화 검증 모듈의 요구조건을 적용하고자 한다.

2.2.1 초고층건축물 가이드라인 분석

국내 법규 중 초고층건축물에 특화되어 구분된 법규는 아직 미미한 실정이지만, 2009년부터 서울시에서 제안한 초고층건축물 가이드라인^[6]을 통해 일부 내용을 규정하고 있다. 가이드라인에서는 초고층건축물

을 50층 이상 또는 높이 200미터 이상인 건축물로 정의하여 적용대상을 규정(건축법시행령 제2조15항)하고 있으며, 주요 내용은 경관계획, 공공환경디자인계획서 제출, 전망층의 설치 등과 같은 환경적 부분을 다루고 있다. 또한 피난 안전성 확보를 위한 방재계획서 제출 의무화, 연돌 효과 저감방안 계획, 재난 시 대피를 위한 비상용 승강기 설치 등을 제시 함으로서 피난분야에 대한 언급을 하고 있다.

이와 관련된 국내 법규는 건물의 용도나 규모 등에 의해 적용대상을 구분하고 있으며 초고층건축물을 위한 별도의 기준은 없고 건물의 높이나 면적 등의 규모, 용도 등에 의해 구분되어 법규를 적용한다. 국내 법규 중 초고층건축물 설계 시 검토해야 할 주요법규를 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1. 초고층건축물 가이드라인 관련법규

항목	구분
피난층 설치	건축법시행령 제34조
승용승강기 및 비상용 승강기 대수산정	건축법시행령 제90조 건축물의 설비기준 등의 규칙 제 5조
배연설비 및 기타설비 규정	건축법시행령 제51조 건축물의 설비기준 등의 규칙 제 14조
소방법 및 주차장법	기타 규정

2.2.2 국내 초고층건축물 수직동선 관련 법규

수직동선과 관련된 국내 법규 중 승강기의 설치기준은 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제5조, 건축법시행령 제90조에 명시되어 있으며 승용 승강기와 비상용 승강기를 구분하여 설치기준을 제시하고 있다^[7].

Table 2. 승용 승강기 설치기준 (건축물의 설비기준 등의 규칙 제 5조)

건축물의 용도	6층 이상의 거실 면적 합	
	3,000 m ² 이하	3,000 m ² 초과
공연장, 집회장 및 관람장, 도매시장, 소매시장 및 상점, 의료시설	2대	초과하는 매 2,000 m ² 이내마다 1대의 비율로 가산한 대수
전시장 및 농·식물원, 업무시설, 숙박시설, 위락시설	1대	초과하는 매 2,000 m ² 이내마다 1대의 비율로 가산한 대수
공동주택, 교육연구 및 복지시설, 기타시설	1대	초과하는 매 3,000 m ² 이내마다 1대의 비율로 가산한 대수

국내 법규에 명시된 승용 승강기 설치기준은 건축물의 용도에 의해 기준을 제시하고 있지만, 초고층건축물과 같은 복합 용도를 가진 건축물의 경우 기준 적용이 어려운 점이 있어 초고층건축물과 같이 특화된 건축물에 적용할 수 있는 법규의 재·개정이 요구된다

Table 3. 비상용 승강기 설치기준 (건축법시행령 제90조)

		높이 31m를 넘는 각 층의 바닥면적 중 최대 바닥면적	
면적 조건	1,500 m ² 이하	1,500 m ² 초과	
산정 기준	1대 이상	1대에 초과하는 때 3,000 m ² 이내마다 1대씩 가산한 대수 이상	

또한 비상용 승강기의 설치기준은 건물의 최대 바닥면적을 기준으로 대수를 산정하고 있으며, 높이 31미터를 초과하는 건물로 그 내상을 규정하고 있다.

3. 수직동선 계획 요구조건을 반영한 코어모델러 개발

3.1 수직동선 계획 요구조건의 코어모델러 개발 방안

본 장에서는 초고층건축물의 수직동선의 핵심요소인 승강기를 중심으로 배개변수 입력에 의해 코어모델의 자동화 설계가 가능한 코어모델러를 구성하는 방안을 제시하였다. 이를 위한 연구방법은 다음과 같다.

- (1) 수직동선 계획과 관련된 요구조건들을 추출
- (2) 대상 모델의 승강기 계획을 위해 운행방식 및 배치에 따른 승강기의 그룹화
- (3) 요구조건 반영을 위한 파라메트릭 기법을 적용한 코어모델러 개발
- (4) 생성된 코어모델의 요구조건 변경 및 검토

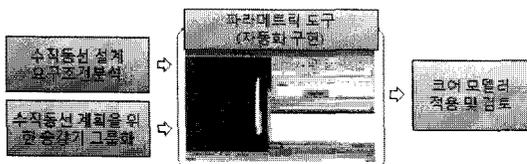


Fig. 3. 코어(승강기) 모델러 개발 방안.

3.1.1 수직동선 계획을 위한 설계요구조건 및 그룹화

본 연구에서 코어모델러에 적용할 대상 건물은 호텔과 오피스 기능을 포함하는 복합용도의 초고층건축

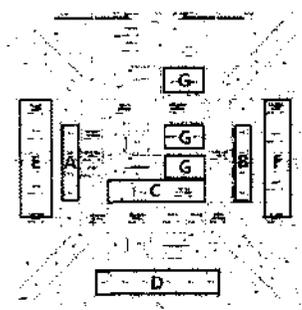
물로 지하 3층, 지상 112층 규모로 계획되었다. 대상 건물의 승강기 운행방식은 스카이로미 방식으로 다양한 운행구간의 승강기를 포함하고 있고 운행구간에 따라 승강기의 그룹화가 가능하기 때문에 이를 대상으로 코어모델을 구성하도록 하였다.

수직동선 계획요구조건으로는 건물높이, 층수, 층고, 승강기 운행구간을 포함하며 운행구간을 반영하기 위해 승강기 운행방식 및 메치에 따라 A파트에서 G 파트까지 그룹화하였다. 그룹화된 파트 별 승강기 정보는 Table 4와 같다.

Table 4. 승강기 운행방식에 따른 파트(Part)구분

Part	승강기	시작층	종료층	운행 구분
A	R1~R4	B3F	11F	매층 운행
	OL-A1~OL-A4	16F	23F	
	OL-B1~OL-B4	44F	54F	
	SE-5~SE-6	78F	102F	
B	R5~R8	B1F	11F	매층 운행
	OL-A9~OL-A12	16F	39F	
	OL-B9~OL-B12	44F	71F	
	SE-7~SE-8	78F	102F	
C	OL-A5~OL-A8	16F	32F	매층 운행
	OL-B5~OL-B8	44F	63F	
	H-1~H-4	78F	102F	
D	HX-1	1F	84F	특정층 운행
	HX-2~HX-3	1F	82F	
	HX-4~HX-6	1F	80F	
E	OX-A1~OX-A6	3F	17F	특정층 운행
F	OX-B1~OX-B6	3F	45F	특정층 운행
G	SE-1~SE-4	B2F	111F	매층 운행
	FL-1	1F	111F	
	FL-2/SE-2	B2F	111F	매층 운행
	FL-3	B3F	1F	

코어 배치 계획



3.1.2 코어모델러 개발 절차

수직동선 계획 요구조건의 코어모델 적용을 위해, 매개변수를 추출하고, 이를 파라메트릭 기반의 BIM 소프트웨어인 DP(Digital Project)를 통해 모델에 반영하여 코어모델을 생성하였다. 코어모델러는 다음과 같은 절차로 구현되었다(Fig. 4).

- (1) 코어계획은 운행방식 및 배치에 따라 승강기를 7개의 파트로 그룹화 하였다.
- (2) 코어모델의 수직동선 계획요구조건인 건물높이, 층수, 층고의 정보와 코어의 시작층과 종료층으로 구분된 구간정보를 Excel sheet를 통해 DP의 Design table에 입력하고 Driver 파트에 적용하여 Plane을 생성한다.
- (3) Driver 파트의 매개변수를 DP의 포뮬러(Formula) 기능에 의해 승강기 각각의 시작층과 종료층의 구간을 층고로 나누고 z축 방향으로 수직 배치 하였다.
- (4) 파라메트릭 정보가 반영된 자동화된 코어모델을 생성하였다.

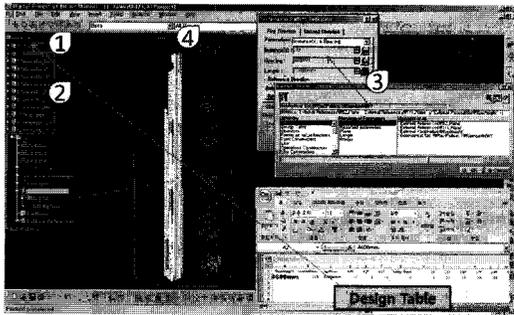


Fig. 4. 코어모델러의 구현.

3.2 파라메트릭 기법 적용 코어모델 생성 결과

모델은 입력된 매개변수를 통해 아래와 같이 생성되며 입력되는 조건의 변경에 따라 모델은 Table 5와 같이 변경된다. 변경조건은 운행구간, 층수, 층고로 각각 파트 A, 파트 G 및 전체를 대상으로 적용되었다.

이상과 같은 파라메트릭 기법을 적용한 코어모델은 초기 계획설계 단계에서 초고층건축물의 수직동선 계획을 반영한 자동화된 코어모델링이 가능하게 된다. 이러한 자동화 방안은 조건 변경에 따라 다양한 대안생성이 가능하고 생성된 대안의 시각적 검토를 통해 객관적이고 합리적인 대안 선택이 가능할 것이다.

Table 5. 코어모델 조건 변경 결과

파트	A→A'		G→G'		전체→전체'	
승강기	(OL-B1~OL-B4)		FL-3		전체	
변경 조건	운행구간		층수		층고	
변경전	44층~54층		4개층		4,600 mm	
변경후	44층~71층		48개층		5,000 mm	
	A	A'	G	G'	전체	전체'
코어 모델						

4. 수직동선 계획 자동화 검증모듈 개발

4.1 승강기 설치대수 자동화 검증모듈 개발 절차

이상에서 분석된 수직동선 계획 및 법규 가운데 승강기를 대상으로 한 법규를 기준으로 모델의 승강기 설치대수를 검증하는 자동화 모듈을 개발하였다. 본 연구에서는 법규상의 비상용 승강기 설치기준을 근거로 BIM모델의 적법성 및 논리적 품질⁽⁸⁾ 확보를 목적으로 한 자동화 모듈 개발을 Fig. 5와 같은 절차로 수행하였으며 BIM 모델은 룰(Rule) 기반 설계조건 자동화 검증 절차에 의해 검토된다.

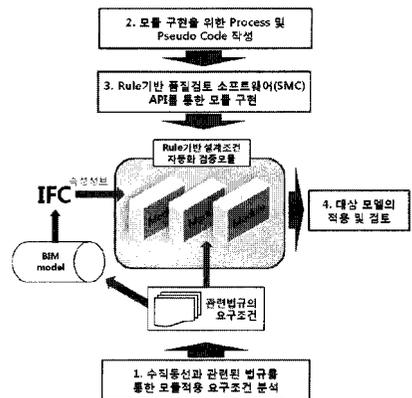


Fig. 5. 승강기 설치대수 검토 모듈 개발절차 및 검증절차.

Rule 기반 품질관리 소프트웨어인 SMC(Solibri Model Checker)의 API를 통해 개발된 모듈은 IFC (Industry Foundation Classes)로 변환된 BIM 모델을 자동적으로 검토하여 모델에 포함된 승강기 대수와 법적으로 요구되는 승강기 대수를 비교하여 적합성 여부의 판단이 가능하다.

4.1.1 모듈 개발을 위한 관련 법규의 요구조건 분석

분석된 초고층건축물의 수직동선과 관련된 법규 중 대개변수화 하여 모듈로 구현 가능한 법규를 선별하였다. 건물의 바닥면적 및 층수에 따른 조건을 전제로 한 규정인 건물의 요구되는 승강기 설치 기준을 대상으로 정하였고, 그 중 1단계로 비상용 승강기 설치 법규를 대상으로 선정하였다. 승강기 중 비상용 승강기는 높이 31미터를 넘는 고층건축물의 피난에 이용되는 용도로 설치를 의무화 하고 있으며, 최근 대두되는 피난 및 방재 분야와의 연구 확장 가능성을 두고 우선적으로 연구대상으로 선정하였다.

모듈에 적용하기 위해 요구되는 모델의 입력대상은 비상용 승강기 설치기준(Table 3)에 의해 추출되었으며 그 결과는 Table 6과 같다.

Table 6. 모듈 적용을 위한 모델의 입력대상

모델의 입력대상	모듈 적용 부분	
승강기실의 공간이름	비상용 승강기의 구분	모델에 존재하는 비상용 승강기 대수 분석
승강기실의 Global X값	상, 하부 비상용 승강기의 동일 여부 확인	
승강기실의 Global Y값		
각 층의 슬라브 면적	최대 바닥면적 분석	모델에 요구되는 비상용 승강기 대수 분석
각 층의 슬라브 높이	건물의 높이 분석	
건물 모델의 층수		

모델의 입력대상은 BIM 모델링 소프트웨어를 통해 속성값으로 입력되고 IFC 포맷으로 변환되어 모듈을 통해 분석된다.

4.1.2 모듈 구현을 위한 절차 및 Pseudo Code 작성

API를 통한 모듈 구현에 있어 사전 검토를 위한 단계로 법규에 대한 요구조건을 검증하는 절차를 순서대로 도식화하고 이를 Pseudo code로 작성하였다.

이 과정에서 각 분석 단계에서 필요한 정보를 검토하여 최종적으로 요구되는 모델의 속성을 확정하는 과정을 거쳤다. 분석을 위해 모델에 입력된 정보들은 법규근거에 따른 수식을 통해 분석되어 결과값을 보여준다.

모델의 모델 검증에 대한 시나리오는 Fig. 6과 같다. 모델이 있다고 가정하고 검증을 위해 필요한 속성정보로 비상용 승강기 공간의 이름을 입력한다. 모듈은 모델이 포함하는 비상용 승강기 대수를 분석하고 법규상의 요구되는 비상용 승강기 설치기준과 모델을 비교 및 검토한다.

Fig. 7은 건물에서 요구되는 비상용 승강기 대수를 분석하기 위한 Pseudo Code 사례 중 모델의 요구되는 승강기대수 산정을 위한 부분이다.

```

Ax = height of building
bx = floor area of each level
C = number of elevators
D = required number of elevators

If Ax>31 and bx>1500 Then
(bx-1500)/3000+1 = D
Elseif Ax ≤ 31 Then
Print "N/A"
End
Elseif bx ≤ 1500 Then
I = 0
End If
Print D
    
```

Fig. 7. 모듈 구현을 위한 Pseudo code예.

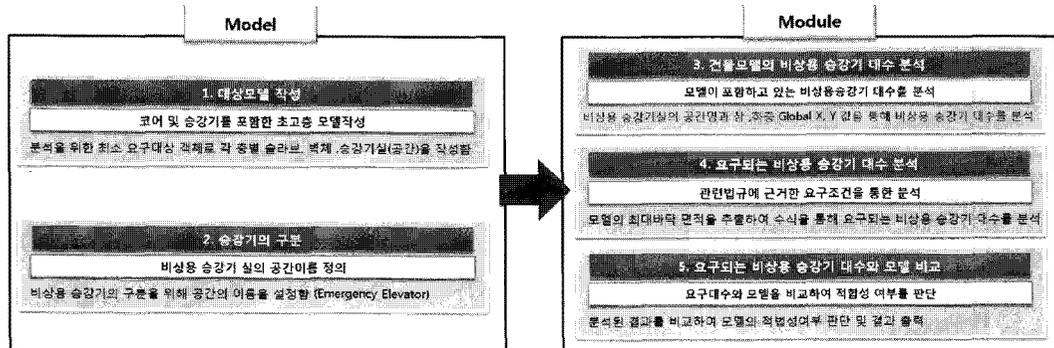


Fig. 6. 모듈을 통한 비상용 승강기 설치대수 검증 시나리오.

4.1.3 SMC API를 통한 모듈 개발

SMC는 API를 통해 사용자가 품질관리 목록인 모듈(Ruleset)을 정의할 수 있으며^[11] 이를 통해 BIM 모델의 요구조건 검증 및 품질확보를 가능하게 한다. 개발된 모듈을 통해 대상 모델을 검토하는 항목은 다음과 같다.

(1) 분석 대상 건물 여부 확인

분석 대상기준인 높이 31미터를 초과하는 건물인지 여부를 확인한다.

(2) 건물 모델이 포함하고 있는 비상용 승강기 대수 분석

비상용 승강기 실에 대한 공간객체의 입력이 되어야 하며, 모듈에서는 공간의 이름을 통해 1차적으로 공간을 추출하고, 2차적으로는 추출된 각 승강기 실의 공간을 Global X, Y 좌표 정보를 이용해 상층부와 하층부로 각각 따로 설정된 공간을 하나의 공간으로 정의하여 모델의 총 비상용 승강기 실을 산정하게 된다.

(3) 건물 모델에서 요구되는 비상용 승강기 대수 분석

모델에서 요구되는 비상용 승강기 대수는 건물 모델의 모든 슬라브 면적 값 중 가장 큰 면적을 추출하고 이를 법규근거에 따른 공식에 의해 산정하게 된다.

(4) 요구 승강기 대수와 모델의 비상용 승강기 대수 비교

법규 기준과 모델의 승강기 대수를 비교하여 검증한다.

다음의 Fig. 8은 API에서 구현된 모듈의 코딩 중 일부이며, 각 항목별 내용은 다음의 설명과 같다.

```

public void actionPerformed(ActionEvent e)
{
    Object ob = e.getSource();
    (1) if (ob == elevatorButton)
        getObject();
        VisualizeObjectAction vao = new VisualizeObjectAction("Emergency Elevator");
        vao.actionPerformed(e);
    (2) else if (ob == bidHighlightButton)
        getObject();
        JOptionPane.showMessageDialog(this, round((getBuildingsize()/1000).2) + " m");
    (3) else if (ob == grossAreaButton)
        getObject();
        JOptionPane.showMessageDialog(this, getGrossArea());
}
}
    
```

Fig. 8. API를 통한 Coding 예(Java Language).

- (1) "Emergency Elevator"를 포함한 공간을 검색
- (2) 건물의 높이를 통해 분석대상 여부를 확인
- (3) 각 층의 바닥면적 중 최대바닥 면적을 추출

4.2 자동화 검증모듈 적용 및 검증 결과

개발된 모듈에 비상용 승강기를 포함한 BIM 모델을 적용하여 검증하였다. 품질검증 소프트웨어에 추가된 모듈을 통해 초고층건축물 모델에서 요구되는 비상용 승강기 대수를 법적 근거에 따라 분석하여 모델과 비교 함으로서 법규에 적합한 설계가 이루어졌는지 여부를 확인할 수 있다. Fig. 9는 모델의 비상용 승강기 대수 검증사례이며, 모델에서 요구되는 승강기 대수는 4대의 결과값을 보여주고 있다.

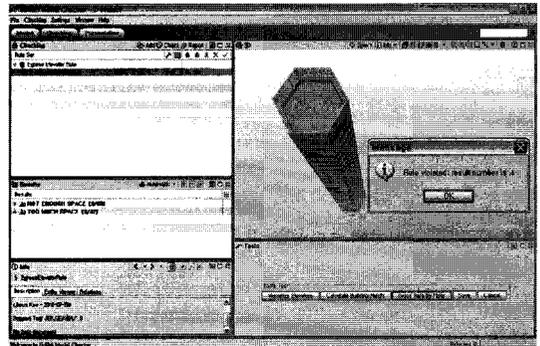


Fig. 9. 비상용 승강기 대수 검증 사례.

모델의 검증을 위한 적용대상 모델은 A, B, C, D 4가지로 구성하였으며, 각 모델은 높이 31미터를 넘는 조건을 기본으로 충족하기 위해 층고 4미터, 층수 100층의 규모로 작성하였다. 또한 최대 바닥면적과 승강기실 공간 개수를 임의대로 다르게 작성하여 분석대상 변수로 적용하였다. 분석된 비상용 승강기 설치대수 결과는 아래의 표와 같다.

Table 7. 모듈에 적용된 모델의 검증 결과

모델	A	B	C	D
최대 바닥면적(m ²)	4200	5600	6400	7650
모델의 비상용 승강기 대수	2대	2대	4대	4대
법규의 비상용 승강기 요구대수	2대	3대	3대	4대
모듈검증 비상용 승강기 요구대수	2대	3대	3대	4대
모델 결과 분석	이상 없음	-1대	+1대	이상 없음

본 연구는 BIM모델의 자동화 된 품질검토 시스템의 초기단계 연구로 선행되었으며, 설계조건의 충족 여부 검토를 통한 BIM 품질확보를 위한 목적을 갖고

있다. 또한 자동화를 통해 단 시간에 분석된 결과는 기존 설계업무에서 설계조건 검토를 위해 소모되는 비효율적인 절차를 줄일 수 있을 것이다.

5. 결 론

본 연구에서는 개방형 BIM 기술을 활용하여 자동화 모델 생성 방안을 제시하였고 요구조건 충족 여부를 소프트웨어를 통해 확인하는 검증 모듈을 개발하였다. 이를 위해 초고층건축물 수직동선 분야의 계획 및 법규상의 요구조건 분석을 하였으며, 승강기를 중심으로 한 코어모델 자동화 생성 방안을 제시하였다. 또한 모델의 승강기 대수와 법규상의 기준을 검토하여 결과를 보여주는 자동화 모듈을 개발하였다. 이러한 연구결과를 통해 기대되는 효과는 다음과 같다.

첫째, 초기 계획설계 단계에서 코어모델의 다양한 대안을 생성하여 신속한 의사결정을 가능하게 한다. 둘째, 승강기의 자동화 된 검증용 통해 설계조건 검토 소요시간을 단축할 수 있다. 셋째, 기준에 맞는 합리적이고 정확한 모델링을 가능하게 할 것으로 기대된다.

본 연구를 수행함에 있어 요구조건으로 분석된 일부 법규는 초고층건축물에 적용하기에 부족한 부분이 있어 개선이 요구된다. 현재 연구는 기초적인 단계이며 향후 코어모델러의 파라메트릭 정보를 코어 평면 구성으로 확장하기 위한 방안을 제시 할 것이다. 또한 수직동선의 자동화 검토 모듈은 추가적으로 피난 층의 규정, 피난계단의 규정 등의 법적 요구조건을 분석하여 초고층건축물 피난분야 검증의 연구로 확장 할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비 지원(과제번호#09첨단도시A01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Eastman, C. et al., "BIM Handbook," John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2008.
2. Ho, Paul H K. "Economics Planning of Super Tall Buildings in Asia Pacific Cities," TS 4G-Construction Economics and Development, pp. 2-5, 2007.

3. Watts, S., Kalita, N. and Maclean, M., "The Economics of Super-Tall Towers," The Structural Design of Tall and Special Buildings, pp.457-470, 2007.
4. 한국건설교통기술평가원, "초고층 건축물건설기술 연구단 최종보고서 부록2: 초고층 건축물 건설기술 자질," 2008.
5. Choi, Y., "A Study on Planning and Development of Tall Building," Ph D, IIT, 2000.
6. 서울특별시, "초고층 건축물 가이드라인," 2009.
7. 법제처, <http://www.moleg.go.kr>, (2011/1/10).
8. Eastman, C., "Building Core Modeler," buildingSMART Korea Workshop, 2010.
9. 김인한, 조근하, 최중식, "초고층 복합건축물용 개방형 BIM데이터 품질관리 대상 및 사례연구," 대한건축학회 학술발표대회논문집, 제30권, 제1호, pp.23-24, 2010.
10. Solibri Development Network, <https://ssl.solibri.com/sdn/wiki/index.php> (2011/2/1)
11. 신성우 외, "초고층 건축물 디자인과 설계기술," 기분당, 2007.
12. 김해규, "초고층 건축물 사례분석을 통한 주요 설계요소 적용 방안에 관한 연구," 서울과학기술대학교 건축공학과 석사학위논문, 2009.
13. 변계성, "초고층 건물의 엘리베이터 운송체계에 관한 사례연구," 대한건축학회 학술발표대회논문집, 제21권, 제1호, pp. 167-170, 2001.
14. Choi, J. and Kim, I., "An Approach to Share Architectural Drawing Information and Document Information for Automated Code Checking System," *Tsinghua Science and Technology*, Vol. 12, No. 1, pp. 1-8, 2007.
15. Jeong, J. and Lee, G., "Requirements for Automated Code Checking for Fire Resistance and Egress Rule Using BIM", *ICCEM/ICCPM*, pp. 316-322, 2009.
16. Eisele, J. and Kloft, F., "High-Rise Manual," Birkhauser-Publishers for Architecture, 2002.
17. CTBUH, Architecture of Tall Buildings, McGraw-Hill, 1995.
18. GfWiki, http://www.gfwiki.org/mwiki/index.php?title=Main_Page (2011/1/15)
19. 최중식, 김인한, 조찬원, 최중현, "국내 건설산업의 개방형 BIM 적용 현황 및 발전 방향," 한국CAD/CAM학회 논문집 제14권, 제6호, pp.355-363, 2009.
20. Kim, J., Jin, J. and Choi, J., "A Study on Open BIM based Building Energy Evaluation based on Quantitative Factors," 한국CAD/CAM학회 논문집 제15권, 제4호, pp. 289-296, 2010.
21. 서종철, 김인한, "국내 건설 공공발주에서 BIM의 도입 및 적용을 위한 기본방향에 관한 연구," 대한건축학회 논문집, Vol. 25, No. 9, pp. 21-30, 2009.



김 인 한

1988년 서울대학교 건축학과 졸업
 1991년 미국 Carnegie-Mellon 대학
 건축학 석사
 1994년 영국 Strathclyde 대학 건축학
 박사
 1996년~현재 경희대학교 공과대학
 건축학과 교수
 2002년~현재 한국CAD/CAM 학회 이사
 2004년~2008년 사단법인 STEP센터
 회장, 지식경제부
 2008년~현재 빌딩스마트협회 수석
 부회장
 2010년~현재 대한건축학회 이사
 관심분야: BIM(Building Information
 Modeling), CAAD, 데이터모델링
 및 통합 전산설계환경(STEP,
 IFC), 건축정보기술, Digital
 Design Media



조 근 하

2009년 경희대학교 건축공학과 졸업
 2009년~현재 경희대학교 일반대학원
 건축학과 석사과정
 관심분야: BIM(Building Information
 Modeling), IFC Interoperability,
 Rule based Pre-checking System,
 BIM Quality Assurance



최 중 식

1999년 경희대학교 건축공학과 졸업
 2001년 경희대학교 건축공학(건축정보
 기술) 석사
 2003년 경희대학교 건축공학과 박사
 과정 수료
 2009년~현재 (사)빌딩스마트협회 기술
 연구소 수석연구원
 2011년~현재 경희대학교 공과대학
 건축학과 겸임교수
 관심분야: BIM(Building Information
 Modeling), 자동화 법규검토
 (Automated Code Checking),
 CAAD, 데이터모델링 및 통합 전
 산설계환경(STEP, IFC), 건축성
 보기술



천 의 영

1985년 서울대학교 건축학과 졸업
 1993년 미국 하바드 대학교 디자인
 대학원 석사
 1999년 서울대학교 건축학 박사
 1993년~현재 경기대학교 건축대학원
 교수
 2009년 서울디자인올림픽2009 총감독
 2008년~현재 서울시 디자인위원회 위원
 2009년~현재 대한 건축가협회 역사
 분과위원회