

B-03

복합상영관 건축구조의 성능설계를 위한 피난평가

허준호, 노삼규, 심천보*, 권태남*
광운대학교 건축학부, (주)도원방재엔지니어링*

Escape Estimation for Performance Design of Multiplex Movie Theater

Jun-Ho Hur, Sam-Kew Roh, Cheon-Bo Sim, Tae-Nam, Kyon**
*Kwangwoon University, Doone Fire Protection Engineering**

1. 서론

도시화와 문화산업의 발달은 건축구조의 변화를 주고 있으며 도시권 및 수도권에서 많은 상업적 건물 신축에는 복합상영관이 포함되어 건축되고 있는 것이 추세가 되고 있다.

이는 상업건물의 특성상 많은 유동인구가 필요하고 이에 충족되는 문화시설인 복합상영관을 겸한 건물이 보다 경제성이 있다고 판단한 건축가와 건축주의 욕구가 일치되는 현대사회의 현상이라고 할 수 있다. 그러나 불특정 다수의 인원이 밀집되어 있으며 지상 상층부 또는 지하에 위치하고 있어 무창층의 공간적 특성을 가지고 있는 복합상영관에서의 화재는 규제적인 법의 한계만으로는 인명의 안전과 재산적 손실을 대처하기에는 많은 문제점을 가지고 있다. 특히 많은 인명피해가 예상되는 복합상영관의 건축구조는 피난을 고려하지 않고서는 그 안전을 보장할 수 없다. 그럼에도 건축물 설계시부터 시공까지의 과정에서 피난에 대한 인식을 아직도 이루어지지 않고있는 것이 현실이며 이는 규정에 의한 검토보다는 엔지니어링 차원의 분석과 검토가 이루어 져야 할 것이다.

따라서 현재 건축되어지고 있는 상업시설내의 복합상영관을 대상으로 건축기본계획시 설계에서부터 화재시 안전한 피난과 인명피해의 최소화가 가능하도록 피난평가를 실시하고, 그 결과에 따라 건축구조에 반영토록 함으로써 건축구조의 피난안전성능설계가 엔지니어링 차원에서 가능토록 추진하였다.

2. 복합상영관 건축구조의 검토

2.1 검토대상선정 및 건축구조

2.1.1 검토대상선정

상업시설내의 건축물 검토대상은 지하 6층 지상 11층 건물내에 지상 8~11층에 6개의 영

화관을 두고 건축되고 있는 수도권내 건축물을 대상으로 하였다. 이 건물은 지하에 주차장과 판매시설, 지상에는 판매시설과 복합상영관으로 이루어져 있으며 수도권 전철역과 연계되어 많은 유동인구가 발생하는 공간으로서 검토장소는 당 건축물내의 복합상영관 부분이다.

구 분	내 용
건 물 명	OO 복합빌딩
대지위치	수도권내
지역지구	근린상업지역/중심지미관지구/방화지구/지구단위계획구역
대지면적	2,870.80㎡ (868.41평)
건축규모	지상6층, 지상11층
건물용도	판매시설, 문화 및 집회시설
건축면적	1,674.30㎡(연면적 28,902.49㎡)
건물구조	철골철근콘크리트구조
최고높이	57.30 M

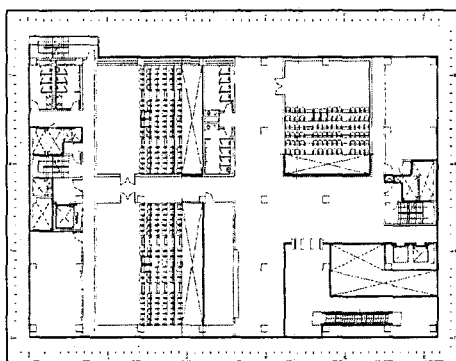
층 별 개 요

층별용도	층	내 용
	지하6층 ~ 지하3층	주차장, 기계실
	지하2층 ~ 지하1층	판매시설
	지상1층 ~ 지상6층	판매시설
	지상7층	판매시설, BOX OFFICE
	지상8층 ~ 지상11층	복합상영관

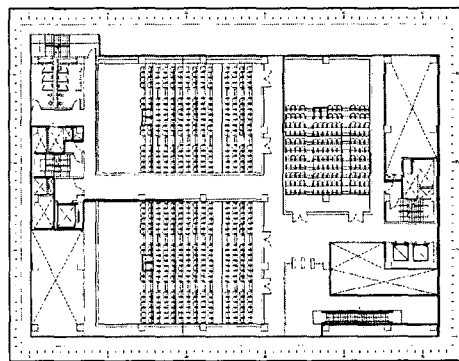
표 1. 건축개요

2.1.2 건축구조

건축기본계획시 지상 8~11층에 위치한 복합상영관은 2개층별 3개관씩 총 6개관의 영화관으로 구성되어 있다.



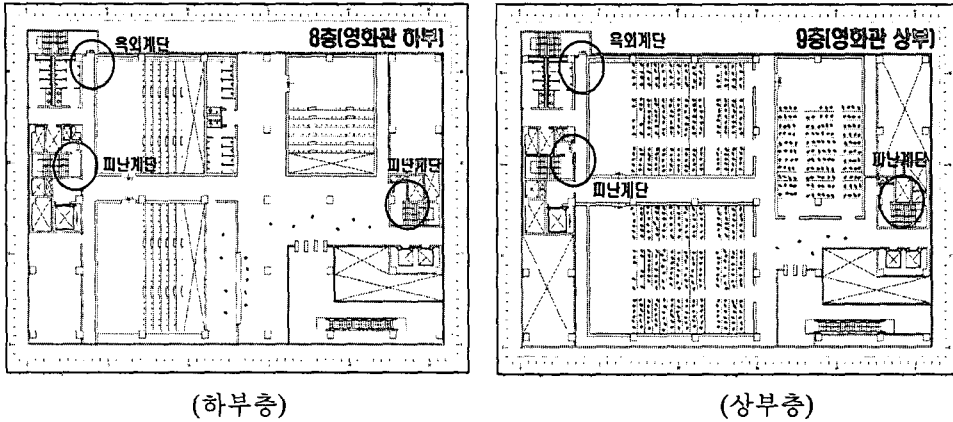
(하부층)



(상부층)

그림 1. 기본계획시의 복합상영관 건축구조

건축물의 복합상영관내에는 하부층 비상구와 상부층 비상구를 통하여 피난이 가능토록 이루어져 있고 각 층에서는 2개의 피난계단과 1개의 옥외계단으로 피난이 가능하도록 되어 있다.



(하부층)

(상부층)

그림 2. 기본계획시의 복합상영관 피난계단의 위치

2.2 피난동선의 구조적 검토

2.2.1 검토의 목적

복합건물의 기본계획을 검토하여 화재시 거주자 및 불특정 다수인의 인명안전을 도모하여 안전한 피난성능을 확보하기 위하여 건축도면상의 피난동선 및 비상계단의 위치와 피난용량을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 분석하여 건축기본도면을 보완토록 건의하기 위함

2.2.2 검토방법 및 수행

피난전용 컴퓨터 시뮬레이션 SIMULEX(영국)을 이용하여 복합상영관내의 관람객을 대상으로 화재시를 가상으로 피난을 실시하고 피난시의 정체, 동선상의 문제, 피난계단의 용량 및 위치 등을 분석하고 피난시간결과를 수계산(일본 건축성 층피난허용시간)과 비교 분석하여 피난허용시간내의 피난이 가능한지 여부를 확인하였다.

■ 피난검토상의 문제점

- 옥외계단과 피난계단이 근접된 단일 피난통로상에 위치하고 있어 피난시 옥외피난이 전혀 사용되지 못하고 3개의 영화관 전체관람인원이 2개의 피난계단으로 밀집되어 정체현상을 유발
- 영화관 상부층이 피난통로와 피난계단의 정체로 관람인원이 피난이 원활히 이루어지지 않아 피난개시후 3분경에는 열, 연기의 영향을 받을 것으로 예측되어 인명피해의 우려가 있음
- 영화관 하부층도 피난통로와 피난계단의 정체로 피난개시 4분경에 열, 연기의 영향을 받을 것으로 예측되어 인명피해의 우려가 있음
- 영화관에서의 정체현상은 관람인원들에 대한 정신적 혼란(Panic)을 야기할 수 있으며, 피난통로와 상영관출입구에서의 혼잡은 2차 재해(압사 등)의 발생이 우려됨

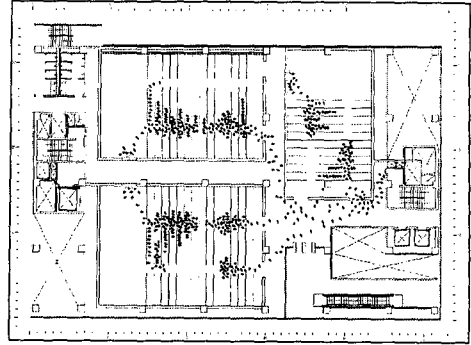
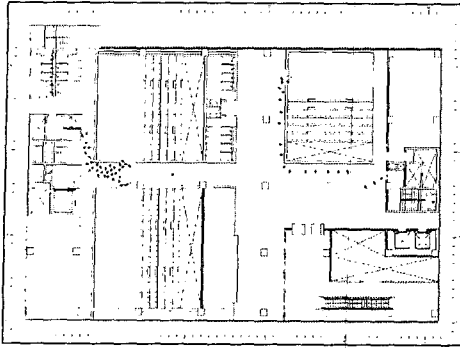


그림 3. 피난개시 30초경 상황

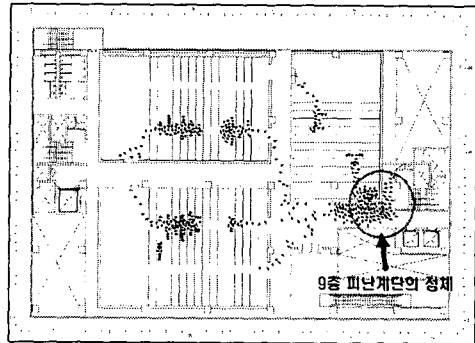
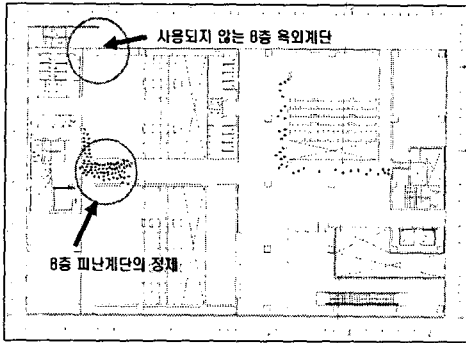


그림 4. 피난개시 60초(1분)경 상황

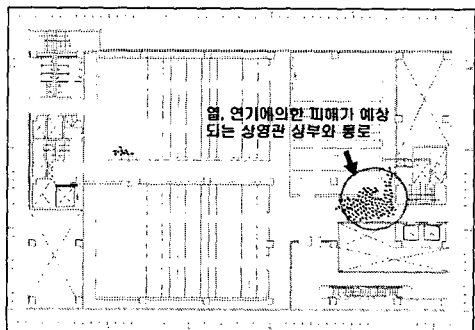
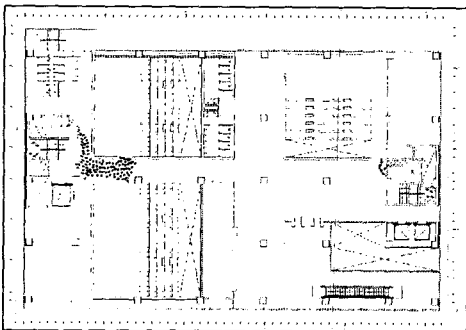


그림 5. 피난개시 180초(3분)경 상황

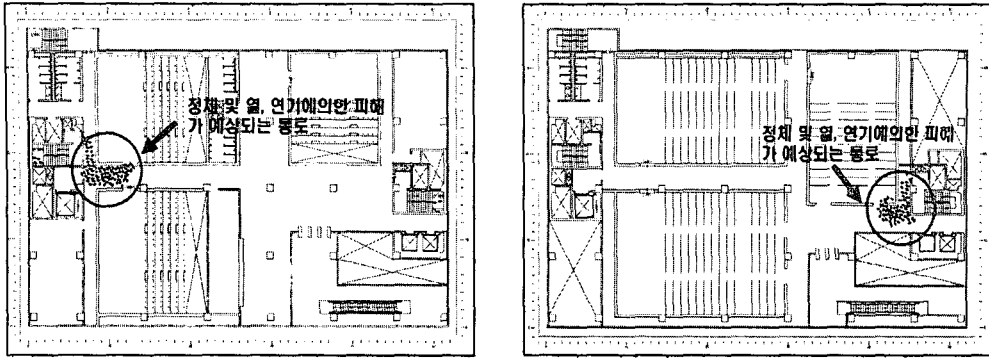


그림 6. 피난개시 240초(4분)경 상황

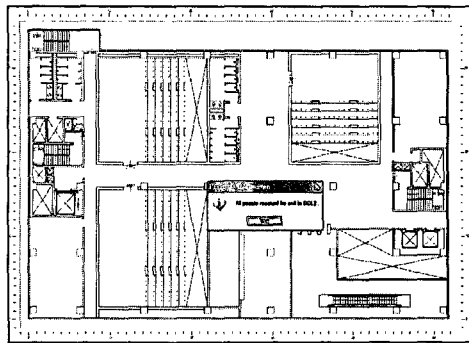


그림 7. 피난완료 364초(6분 4초)

■ 층피난 허용시간 검토

- 일본 건축성 층피난허용시간 계산식을 이용하여 피난안전성을 평가하며 거주자의 층피난이 끝나면 피난이 완료된 것으로 한다.
- 각층피난 허용시간 계산식: $8\sqrt{A1+2}$
 - * A1+2 (층의 모든 거실 및 복도의 면적 합계)
- 지상 복합상영관의 층피난허용시간
 - $8\sqrt{1087} = 263$ 초(4분 23초)
- 복합상영관의 피난검토결과: 피난안전성은 적정하지 않음
 - ⇒ 층피난허용시간(263초) < 피난시뮬레이션(364초)

■ 피난안전성을 위한 제언

- 복합상영관 피난통로의 위치를 변경하고, 인근 영화관에서 피난하는 관람객의 피난을 옥외계단으로 유도할 수 있도록 조치하여 3개 피난계단으로 인원을 분산
- 피난통로의 변경과 관람객들의 안정적인 피난을 위하여 영화관 출입구 방향조정 필요

3. 건축구조의 피난안전성능설계 적용 및 평가

3.1 건축구조의 피난안전성능설계

건축구조에서의 피난안전성능설계는 피난성능의 명확한 수준을 충족하기 위한 공학적 해결방법으로서 객관적으로 측정되는 건축구조에서의 피난에 대한 성능에 요구되는 사양 규정 기준법규의 부족한 점을 보완하고 공학적인 분석을 토대로 화재위험에 보다 적극적으로 대응할 수 있는 설계를 수행하는 것이며 기초 설계단계에서 화재 또는 피난모델링과 같은 방법으로 평가를 수행하여 보완 및 대책을 강구하고 최종설계에 반영하는 것으로 화재공학의 성능위주방화설계(Performance-Based Fire Safety Design)의 한방향이라고 할 수 있다.

3.2 건축구조의 반영

건축적인 기본설계도면에서 피난검토결과 피난에 문제점을 가진 건축구조를 보다 안정성을 보완하기 위하여 구조적 제언사항을 받아들여 건축설계에 반영하였다.

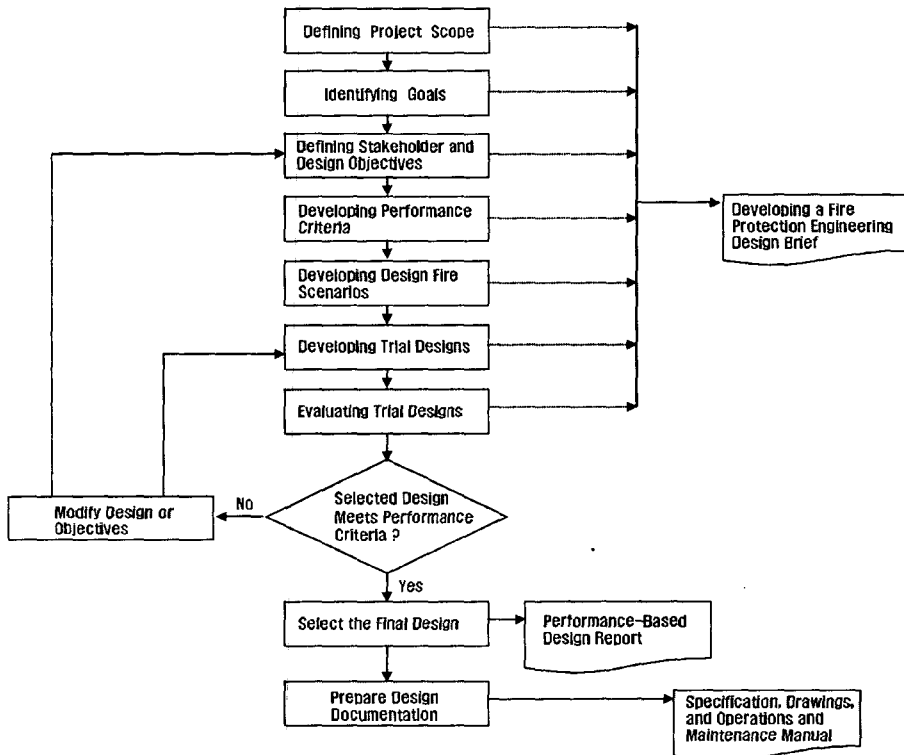


그림 8. Performance-Based Design Process

■ 반영사항

- 1) 2방향 피난을 위한 피난동선 및 피난통로의 위치를 변경
- 2) 영화관 출입구의 위치조정으로 피난인원의 분산조치
- 3) 옥외계단을 이용한 피난이 가능하도록 구조의 보완
- 4) 영화관 출입구의 방향을 영화관 상단부 및 하단부로 구성하여 복합적인 피난이 가능하도록 함

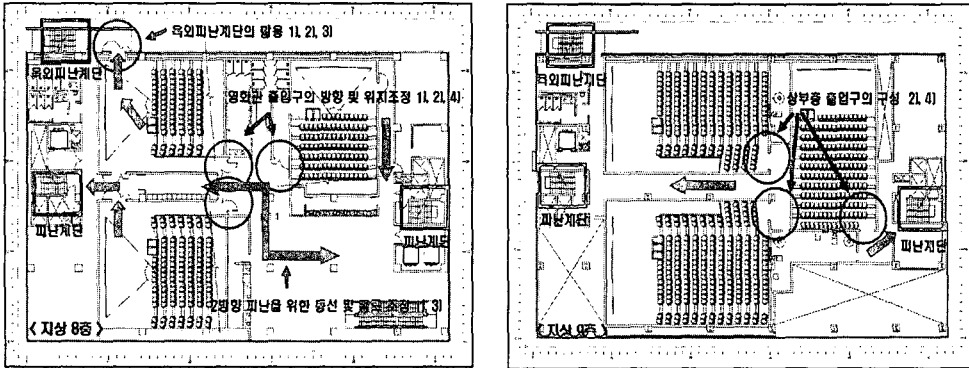


그림 9. 개선후의 건축구조

3.3 성능평가 및 결과

개선된 건축구조가 허용가능한 피난시간(Available Safe Egress Time)안에 피난이 가능한지 여부를 확인하기 위하여 화재모델링 기법과 피난모델링 기법을 사용하여 성능평가를 하였다.

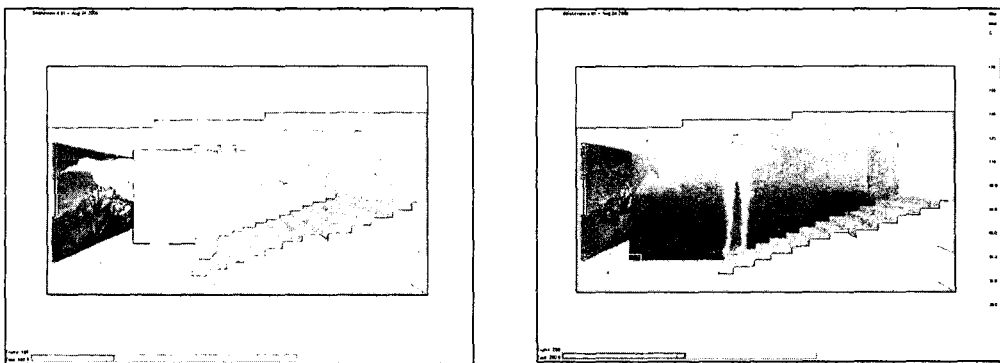


그림 10. 화재모델링(FDS 4.0) 상황

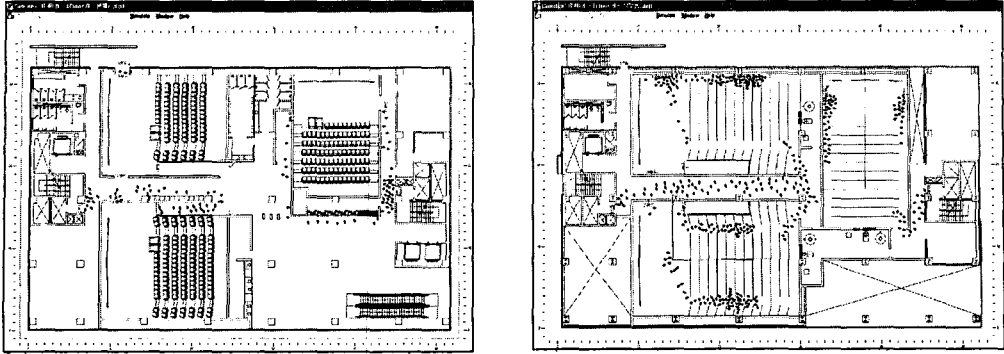


그림 11. 초기 피난시의 모델링(Simulax) 상황

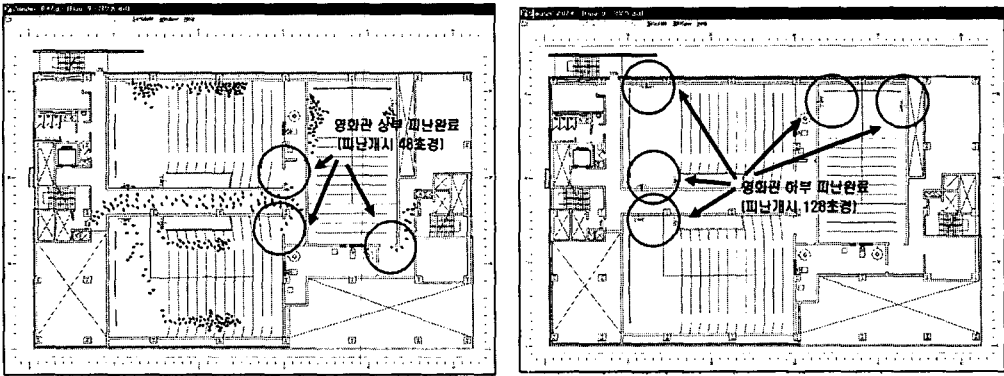


그림 12. 피난진행단계의 모델링 상황

■ 평가의 결과

대상공간	피난수계산	화재시물레이션 피난한계시간	피난시물레이션 피난완료시간	안정성평가
복합상영관	층전체: 263초	상부층: 200초 하부층: 560초	상부층: 150초 층전체: 238초	OK

□ 안정성평가: 화재시물레이션 피난한계시간 ≥ 피난시물레이션 피난시간

3.4 성능설계를 위한 엔지니어링의 방향

건축물의 화재 및 피난성능의 개선을 위한 성능설계는 건축계획 초기시부터 건축과 소방엔지니어링 부분에서 검토 및 구조개선을 필요로 하고 있다. 기존에 이루어지고 있는 사양규정의 구조는 기본적인 법적설비의 검토만이 이루어지고 있으며, 실질적인 피난을

위한 검토는 화재모델링과 피난모델링 같은 기법을 사용하여 실제화재에 가까운 가상화재를 재현함으로써 그 효과를 볼 수 있다. 따라서 건축초기설계에서 건축설계사와 소방설계사가 그 구조적 문제점을 검토하고 분석함으로써 대안을 제시할 수 있을 것이며, 이것은 건축과 소방이 초기설계에서 검토와 대안제시가 동시에 이루어져 짧은 시간에 심의, 허가, 실시의 단계로 진행되는 건축물 설계단계에 도면수정이나 구조적 문제를 실시설계 이전단계에서 수정하여 그 성능을 만족시킬 수 있도록 하는 엔지니어링 차원의 기술적 방향으로 전개되어야 할 것이다.

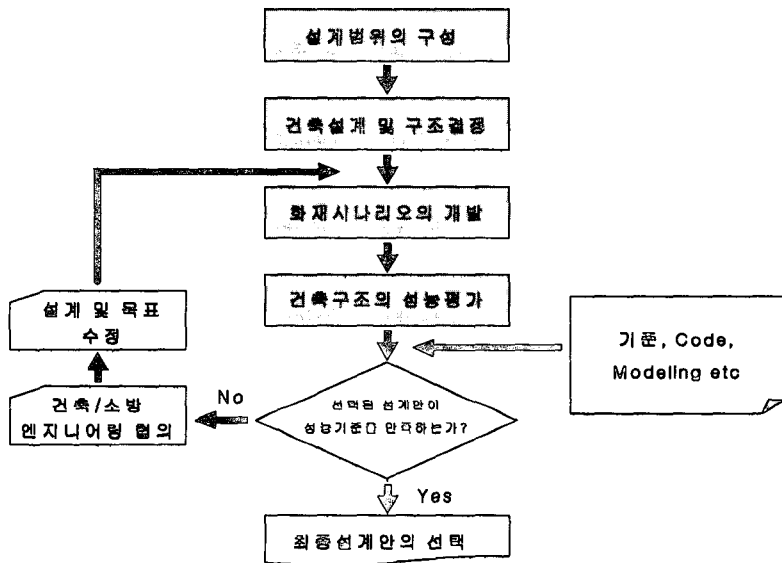


그림 13. 건축과 소방의 성능설계 업무진행흐름

그러나 성능위주의 방화설계를 위한 방안으로 화재 및 피난모델링이라는 무조건적인 접근은 잘못된 편견이 될 수 있다. 모델링의 한계는 일반화된 화재의 구현이 어렵고, 설계자의 의도와 근사치의 화재만을 재현할 수 있으며, 의도에 반한 화재 및 피난이라도 프로그램상의 제한으로 구현이 어려울 수 있으며, 건축물에 설치되어 있는 소방설비의 작동상의 여러 가지 현상을 재현하고 판단할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 따라서 성능위주 방화설계는 적절한 공학적 분석을 통해 수용가능한 부분에서의 포괄적인 일련의 예상과 예측가능한 조건하에서의 증명을 할 수 있으며 그 타당성과 신뢰성은 선택된 성능기준과 예상화재시나리오의 포괄성 및 분석에 사용된 공학적 도구와 방법론의 정확성과 타당성에 상당부분 의존하게 된다.

그러므로 이러한 성능위주의 설계기법은 현실상에서 재현할 수 없는 부분을 가장 현실에 가깝게 재현하여 그 타당성을 분석해본다는 점에서 그 장점을 찾을 수 있지만 아직도 많은 연구와 발전의 필요성이 있다고 하겠다.

특히 건축물의 피난안전을 위한 성능설계는 건축설계와 소방설계의 전문부서에서 그

대안을 제시할 수 있으며, 상호보완 및 협의를 거쳐 가장 경제적이고 안정적인 구조를 현실적으로 도출할 수 있어야 하며 이를 위한 방법과 순서는 계속적으로 개선해 가야 할 것이다.

4. 결론

복합상영관의 건축구조를 기본계획부터 화재에 대한 피난안전을 반영하여 인명손실을 최소화하기 위한 피난성능을 평가하고 그 성능이 적정한가를 판단하여 성능설계의한 적용 및 개선된 건축구조를 최종설계에 반영함으로써 성능위주의 방재설계가 되도록 하였다.

이를 위한 방법으로 화재모델링과 피난모델링의 기법을 사용하였으며 인명안전을 위한 가상화재 및 피난상황을 재현하였고, 그에 따른 문제점과 대안을 제시할 수 있었다. 이는 건축설계 초기단계에서 건축설계와 소방설계를 하는 기업간에 기본계획시에 우선적으로 검토가 되어야 하며 지속적인 검토와 개선으로 경제성과 안전성을 추구하여 가장 안정적이고 적합한 구조가 될 수 있도록 하기 위한 성능설계를 반영시켜야 한다.

그러나 이러한 성능위주의 방화설계가 가장 정확하고 현실적으로 타당하다고는 할 수는 없으며, 가장 현실에 근접된 방법으로서 이를 위한 연구 및 개선의 노력은 계속되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Dougal Drysdale, "An Introduction to Fire Dynamics", WILEY(1999)
2. NFPA, SFPE, "SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design of Buildings", 2000
3. 노삼규, "소방의 PBD 정착을 위한 방안", 한국화재소방학회 추계발표논문(2004)
4. 이수경, "성능기준 화재안전설계 적용기술 개발", 과학기술부(2001)
5. 허준호, 노삼규의 2명, "복합상영관 화재에 대한 화재모델링의 적용", 한국화재소방학회 논문(2004)