韓國地形空間情報學會誌 第15卷 第3號 2007年 9月 pp. 59-67

연구논문

건축물 내진성능평가에 의한 지진재해관리정보체계 구축

Construction of Earthquake Disaster Management System Based on Seismic Performance Evaluation of Architectural Structure

김성삼* · 조은래** · 윤정배*** · 유환희****

Kim, Seong Sam · Cho, Eun Rae · Yoon, Jeong Bae · Yoo, Hwan Hee

要 旨

본 논문에서는 도시지역 내 건축물의 지진 안전도를 평가하기 위하여 건축 구조학적인 자료조사와 실험결과를 데이터베이스화하고 여기에 GIS를 연계하여 지진의 위험도를 체계적으로 관리하고 분석할 수 있는 지진재해관리용 정보체계구축의 가능성을 제시하였다. 내진성능평가를 위하여 건축물 대장과 건축도면, 수치지형도 등을 활용하여 건물의 구조, 주요 구조부재 등 지진내진평가 항목별로 자료를 수집·정리한 후 현장조사를 통해 자료를 보완하였으며, 내진성능평가를 실시하고 종합평가지수를 산정한 후 지진 위험도를 평가함으로서 지진재해를 효과적으로 대처하고 관리할 수 있는 GIS기반 정보체계를 구축하였다. 향 후 건물별 지진 위험도를 평가하는 절차와 방법을 모듈화할 경우 보다 신속하고 정확한 지진재해정보관리체계를 구축할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 건축 구조학, 내진성능평가, 지진위험도, GIS, 지진재해정보관리체계

Abstract

This paper proposes potentialities of constructing the information system for earthquake hazard management which can manage and analyse earthquake risk and hazard systematically. The experimental results as well as architectural structure investment data for seismicity assessment are built in database and connected with GIS for assessing earthquake safety of building in urban area. For earthquake-resistant performance assessment, we collected and classified building structural data according to assessment criteria using building register, architectural map, digital map, and then complemented database with field survey data. We also suggest GIS-based information system can cope with and manage earthquake hazard effectively, as evaluating earthquake risk by performing detailed earthquake-resistant assessment and determining final assessment scores. The assessment should be processed quickly and accurately by integrating the earthquake hazard information management system with modularization of assessment procedure and method in the future.

Keywords : Architectural structure, Earthquake resistant assessment, Earthquake risk, GIS, Earthquake hazard information management system

1. 서 론

지진은 자연재해 중에서 가장 예측하기 어려운 재해로서 인명 및 재산 피해가 막심할 뿐만 아니라 2차적인 화재 등 대규모 재앙으로 발전하는 매우 대처하기 곤란한 자연현상으로 잘 알려져 있다. 현재 규모 8 이상의 지진이 전 세계적으로 매년 2회, 그리고 규모 7이상은 20회 정도나 일어나고 있으며, 이와 같은 지진은 지진다발 지역인 지진대에서 주로 발생하고 있으나 그 규모와 빈도의 차이는 있지만 지구 표면 어디에서나 발생할 수 있다는 것이 지진학자들의 일반적인 견해이다(박철용, 2002; 한국강구조학회, 2006). 1995년 일본 고베 지진, 1999년 터키, 대만, 멕시코 지진, 2000년 대만 지진, 2001년 인도 지진 등의 강진(severe earthquake)은 수많은 인명의 손실과 함께 막대한 경제적 손실을 가져왔다. 이들 지진 발생 지역에서의 피해현황을 살펴보면 내진설계가 충분히 이

2007년 7월 30일 접수, 2007년 9월 11일 채택

* 경상대학교 부속 공학연구원 (sskim@gnu.ac.kr)
** 경상대학교 대학원 도시공학과 석사과정 (cerp1@hanmail.net)
*** 경상대학교 건설공학부 건축공학전공 교수 (jbyoon@gnu.ac.kr)
**** 교신저자·정회원·경상대학교 건설공학부 도시공학전공 교수 (hhyoo@gnu.ac.kr)

루어진 구조물에 대해서는 그 피해정도가 상대적으로 작음을 알 수 있으며, 이는 지진발생 가능지역에서의 구조물에 대한 내진설계의 중요성을 단편적으로 나타내는 예라고 할 수 있다. 화산활동과 지각변동으로 인해 지진재난 피해가 많은 일본에 비해 한반도는 지질학적으로 안전한 지역으로 인식되어 왔지만 최근 발생하고 있는 지진의 발생 주기나 강도를 감안할 때, 더 이상 우리나라도 지진으로부터의 위험을 간과할 수 없는 상황에 이르고 있다. 특히 한반도 동남부 영남권에는 역사적으로 최근에 이르기까지 잦은 지진활동이 관측되고 있으며, 인구, 산업적으로 매우 중요한 지역에 지진활동지역이 가까이 있으므로 지진재해에 대한 본격적인 대책이 부각되고 있다. 이런 인식에 따라 1988년부터는 건축물에 내진설계 기법이 도입되었고, 1992년부터는 도로교 표준시방서를 개정하여 교량도 내진설계를 하도록 규정하였다. 2000년 5월 건축법 제38조, 같은 법 시행령 제32조, 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 제6조에서 중요도(특, 1, 2)에 따라 안전여부 확인대상을 분류하여 내진설계를 규정화하고 있으며, 2005년 KBC 2005 규준에는 3층 이상 건물 내진설계를 의무화하고 있다(한국강구조학회, 2006; 한국지진공학회, 1999). 이와 같은 상황을 고려할 때 지역적 특성을 고려한 지진피해규모를 추정하고 지진 재해시 설물 현황과 지진 피해저감 기술을 조사, 분석하고 지역적 특성을 감안한 기술을 개발하여 지역의 지반특성에 맞는 신기술의 도입이 필요하다(김성삼 등, 2007, 국립방재연구소, 2002).

건축물에 관한 내진평가 연구 및 기술개발은 각 부재의 특성 분석에서부터 건축구조 해석, 지진저감 기술개발 및 평가에 이르기까지 다양하게 진행되고 있으며, 본 연구에서는 내진설계 기준 및 절차 정립에 관한 연구결과 및 관련 법규 위주로 조사하여 분석하였다. 또한, 건축물 대장과 건축도면, 수치지형도 등을 활용하여 대상 지역의 건물의 구조, 주요 구조부재 등 지진내진평가 항목별로 자료를 수집·정리한 후 현장조사를 통해 자료를 보완하였으며, 이들 자료를 공간정보와 속성정보로 연계하여 GIS 데이터베이스로 구축하였다. 지진위험도 평가를 위한 국가 차원의 평가기준이나 내진평가체계가 명확하게 정립되어 있지 않은 상황이므로 건교부의 지침과 국립방재연구소, 한국시설안전기술공단 및 한국지진공학회 등 기존의 내진평가 연구결과를 토대로 내진평가체계를 수립하고 대상건물의 구조적 내진성능평가를 실시하여 내진성능 평가지수를 등급화하여 각 건물의 지진위험도를 도출하였고, 이를 GIS와 접목하여 효과적으로 지진재해를 관리할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다.

2. 지진과 내진설계

2.1 내진설계 중요성

최근 일본 고베, 터키, 대만, 멕시코, 대만, 인도지진 등 수많은 인명의 손실과 함께 막대한 경제적 손실을 가져왔으며, 이들 지진 발생지역에서의 피해현황을 살펴보면 내진설계가 충분히 이루어진 구조물에 대해서는 그 피해정도가 상대적으로 작음을 알 수 있으며, 이는 지진발생 가능지역에서의 구조물에 대한 내진설계의 중요성을 단편적으로 나타내는 예라고 할 수 있다. 우리나라의 경우 1992년 개정된 도로교량표준시방서에 내진설계편이 신설됨에 따라 교량에 대한 내진설계가 처음으로 도입되었으며, 지금까지 수행된 내진설계의 방법을 보면 90년대 초까지는 지진의 영향을 단순하중(등가정적지진하중)으로 고려한 내진설계가 수행되어 왔으며, 최근에 와서야 교각의 연성(내진개념) 및 면진장치(면진개념)를 활용한 선진화된 내진설계 기법이 사용되고 있다.

2.2 내진설계 관련법규

특정 구조물의 재해위험도를 고려한 내진설계법은 ATC 3-06에서 대상 구조물의 지진노출위험도를 사용하게 된 것이 시초이다. 이후 San Fernado Valley 지진(1971)과 Northridge 지진(1994)을 거치며 그 개념이 크게 달라져 성능에 기초한 내진설계법(PBSD, Performance Based Seismic Design)이 도입되기에 이르렀다. 한편, 1985년의 NHERP (Natural Hazards and Emergency Response Program)기준을 시초로 1997년도의 FEMA(Federal Emergency Management Agency) 273, 274에 이르는 내진기준인 UBC(Uniform Building Code)94, -97과 통합규준인 IBC(International Building Code)2000으로 발전하게 되었다(최현훈, 2005; FEMA, 1999 and 2000). 우리나라는 1988년에 건축법규에 내진설계에 대한 규정이 제한적으로 제시되었다. 그 후 1998년에 성능에 기초한 내진설계 상위기준에 관한 규정이 마련되었으며, 2005년도에 3층 이상 건물 내진설계 의무화하고, 내진설계를 해야 하는 건축물은 다세대 주택과 다가구 주택, 근린생활시설 등이 대부분 포함되도록 개정한 KBC 2005 규정이 마련되기에 이르렀다. 한편, 도로교설계기준의 내진설계 규정은 1996년과 2000년 두 차례에 걸쳐 개정되었다(한국강구조학회, 2006).

3. 건축물 내진성능평가 체계

1988년에 건축법규에 내진설계에 대한 규정이 제한적으로 제시될 만큼 내진설계에 대한 관심이 부족했던 우리나라는 대부분의 기존 건물들이 내진설계 규준이 지정

되기 이전에 설계되고 시공되었으므로, 지진에 취약한 구조물들이 지니고 있는 내진성능 수준에 대한 평가가 시급히 필요하며 이에 대한 지침이 마련되어야 한다. 국외는 미국을 중심으로 이에 대한 연구(NEHRP Guideline)가 활발하며, 대규모 투자를 통하여 CASE STUDY(1998~2000)를 실시한 바 있다. 국내에서는 한국시설안전기술공단, 한국지진공학회와 국립방재연구소의 연구를 기초로 건축물 및 건축물 부재에 지진발생시 생길 수 있는 피해정도와 관련해서 기존건축물의 내진성능평가를 지침서를 발간하였다. 국립방재연구소에서는 1997년도부터 내진설계제도 및 기준 연구, 기존시설물의 내진성능 평가, 지진에 대비한 내진설계 등의 연구를 수행하여 국내외 내진설계 기준 조사 및 비교분석을 통한 국내 시설별 내진설계 체계를 정립하였다.

본 연구에서는 한국시설안전기술공단 및 한국지진공학회, 국립방재연구소의 기존 연구결과를 토대로 내진성능평가 체계를 수립하였다. 지역 지반의 특성을 고려한 내진설계체계를 수립하기 위해 연구대상지역의 지반 및 현장조사자료를 데이터베이스화하였으며, 방재선진국에서 수행하고 있는 기준과 대상 건축물의 성능을 면밀히 조사하여 평가를 수행하는 내진성능평가체계를 제시하였다. 내진성능평가 및 지진위험도 평가는 경상대학교 건축공학과 지진재해 연구팀과 공동연구로 수행하여 각종 지진재해 위험도에 대한 자료조사와 분석 및 평가가 이뤄졌으며, 이들 자료를 기반으로 GIS와 연계된 지진재해관리시스템이 구축되었다.

3.1 내진성능평가 절차

내진성능절차는 예비평가단계에서 시작하여 점차 세부적이고 구체적인 평가를 수반한다. 1차 내진성능평가(예비내진성능평가)에서는 구조물의 붕괴를 방지하는 수준에서 비교적 간단한 방법으로 수행되며, FEMA 154 RVS(Rapid Visual Screening) 평가는 개별 건축물의 형상 및 주요내진취약부에 대한 육안검사와 도면 검사, 약식 구조해석과정을 통해 해당 건축물을 1등급(위험)에서 3등급(안전)으로 안전성을 평가한다. 구조물의 거동을 보다 실제적으로 평가하게 되는 2차 내진성능평가에서는 구조물의 내진성능을 붕괴방지 수준으로 설정하고, 지진하중에 대한 구조물의 탄성해석을 근거로 구조물의 거동과 구성부재들의 내력이 설계규준을 어느 정도 만족하는가를 평가하는데 초점을 두고 평가항목을 설정한다. 정밀 내진성능평가에서는 비선형해석을 토대로 성능점을 계산하는 것을 주목적으로 삼는다. 대표적인 방법으로 capacity spectrum method를 권장한다. 성능점이 결정되면 구조물의 단계별 부재의 응력 및 변형을 추적하여 예상되는 파괴를 기술하여 내진평가 자료를 준비한다. 그림 1은 본 연구에서 제시한 단계별 내진성능평가 절차를 나타내고 있다.

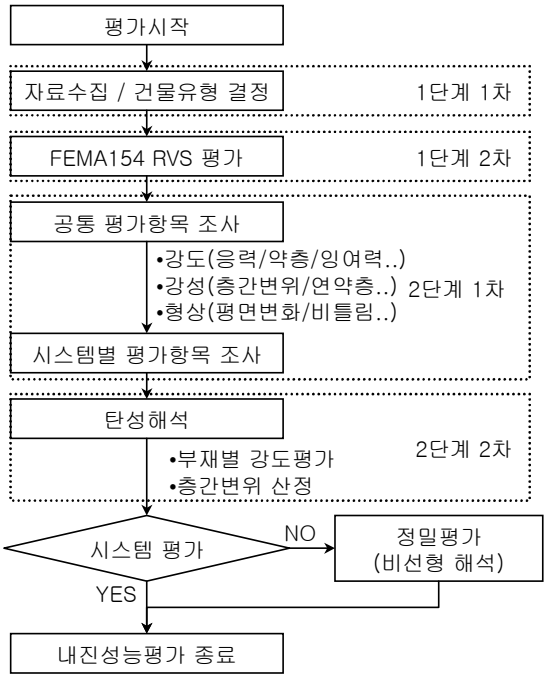


그림 1. 내진성능평가 절차

3.2 내진성능평가를 통한 위험도 등급 산정

이상과 같이 구조해석에 의한 내진성능평가를 개별 부재에 대하여 실시하고, 종합평가지수를 산정하여 안전성 여부를 판정한다. 최종적으로 판정기준이 되는 위험도 등급은 건설교통부의 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단지침을 토대로 내진성능평가를 통해 산출된 종합평가지수값을 정량화하여 5등급으로 분류하였다(표 1).

4. 내진성능평가와 GIS를 이용한 지진위험도 평가

4.1 자료 수집 및 DB구축

본 연구에서는 주요시설물을 대상으로 내진설계현황을 조사하여 향후 지진의 피해예측과 내진성능 보강대책의 기초자료로 활용하고자 한다. 광범위한 주요시설물을 다 조사할 수는 없지만 일차적으로 중규모도시를 선정하여 주요시설물을 분류하고, 가능한 자료의 범위에서 내진성능평가에 필요한 자료를 수집, 지진위험도 평가체계를 수립하였다.

자료 수집은 경남 M시 W동 지역을 대상으로 건물과

표 1. 지진위험도 등급

등급 부호	종합 평가지수	상태	조치
A등급	0.95이상	전반적으로 내진 성능이 기준에 만족하는 최상의 상태	일상적인 유지·관리
B등급	0.90이상 0.95미만	구조의 강도와 강성에 관한 내진 성능은 기준에 만족하나, 상세나 인접성 등이 기준에 미달한 상태	간단한 보완이나 보수에 의해 기능수행 성능을 확보하고, 장기적인 계획을 수립하여 보수·보강을 실시
C등급	0.85이상 0.90미만	구조의 강도나 강성이 부분적으로 기준에 미달하여 보수·보강이 필요한 상태	일반적인 내진보강 설계에 의한 보강을 실시하여 내진성능 향상
D등급	0.80이상 0.85미만	건축물의 층 단위로 구조의 강도나 강성이 기준에 미달하여 단위층 전반에 걸쳐 보수·보강이 필요한 상태	정밀한 구조해석과 내진보강 설계에 의한 보강을 실시하여 내진성능 향상
E등급	0.80미만	건축물의 전반에 걸쳐 내진성능이 기준에 미달하여 전체 구조의 성능 개량이나 철거가 필요한 상태	정밀한 구조해석과 경제성 분석에 의해 전체구조의 성능개량이나 철거를 판단하고, 필요한 경우에는 내진보강설계에 의한 구조의 성능을 개량하여 내진성능 향상

표 2. 조사대상지 건축물 현황

건물 기호	층별 용도	주 용도	구조	층수	
				지상	지하
S1	B1(주차장, 근생), F1~F6(근생(의원))	병원	철·콘조(B1~F6)	6	1
S2	B1~F2(근생), F3(주택)	상가	철·콘조(B1~F2), 시멘트 벽돌조(F3)	3	1
S3	F1(주택, 근생), F2(주택)	상가	조적조(F1~F2)	2	
S4	B2(주차장), B1(주차, 기계, 전기), F1~F4(근생), F5~F10(오피스텔)	병원	철·콘조	10	2
S5	F1(주택, 위험물판매), F2(주택)	주택	시멘트벽돌조	2	
S6	F1~F2(주택)	주택	시멘트벽돌조	2	
S7	F1(근생), F2~F3(주택)	상가	조적조(시멘트벽돌조)	3	
S8	F1~F3 (다가구 주택(3가구))	주택	시멘트벽돌조(F1~F2), 경량철골조(F3)	3	
S9	B1(주차장, 근생), F1~F5(업무), F6(주택)	APT	철·콘조	6	1
S10	B1(주차장, 전기실), F1~F5(오피스텔)	APT	철·콘조	5	1
S11	B1(위락), F1(근린), F2~F4(숙박)	숙박	철·콘조	4	1
S12	B1(위락), F1~F2 (근생), F3(주택)	근생	철·콘조, 조적조	3	1
S13	B1(창고), F1(근생), F2~F3(교육, 복지)	교육	철·콘조	3	1
S14	B1(근생), F1~F5(근생)	근생	철·콘조	5	1
S15	B1(위락), F1~F3(근생), F4(주택)	근생	철·콘조	4	1
S16	B1(창고), F1~F2(주택)	주택	시멘트벽돌조/블록조	2	1
S17	F1(근생), F2~F3(다가구주택), F4(옥탑)	주택	철·콘조	4	
S18	B1(음식점), F1~F2(근생), F3~F4(교육)	근생	철·콘조	4	1
S19	F1(수리점),F2~F3(다가구주택)	주택	철·콘조(F1), 조적조(F2~F3)	3	
S20	F1~F2(근생), F3~F4(주택)	주택	철·콘조	4	
S21	F1(근생), F2~F4(다가구주택)	주택	철·콘조	4	
S22	F1~F3(다가구주택), F2(주택)	주택	철·콘조(F1), 벽돌조(F2~F3)	3	
S23	B1(근생), F1(근생), F2~F5(숙박)	숙박	철·콘조	5	1

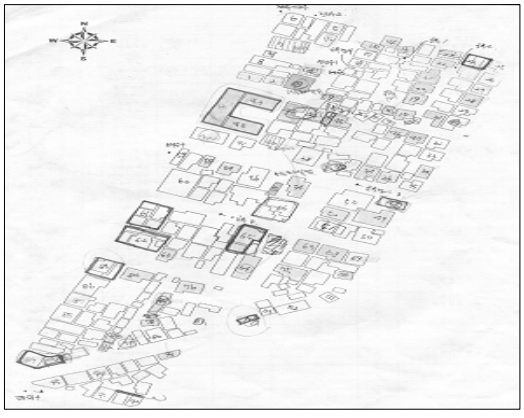
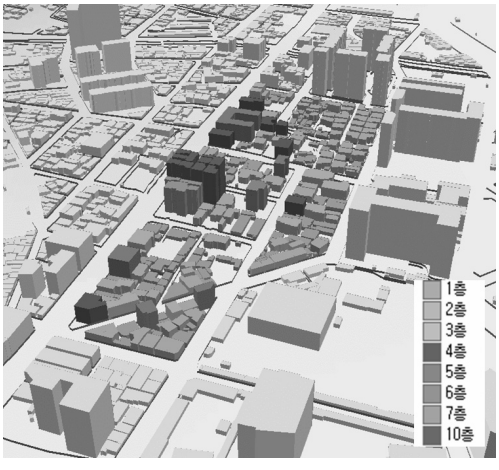


그림 2. 대상지역 조사건물현황도

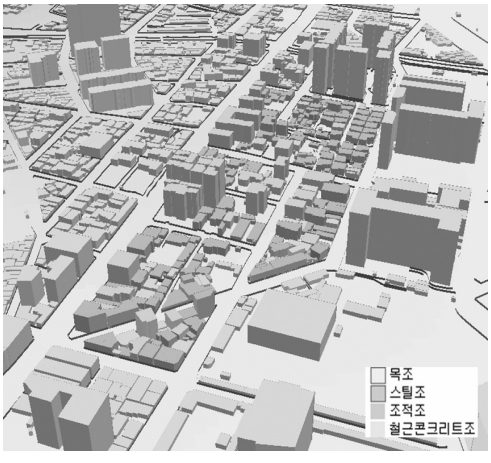
공동주택, 공공건물, 근린생활시설을 대상으로 현황조사를 수행하였다. 대상구조물에 대한 현황조사 방법은 내진설계법이 도입된 1988년 이전과 그 이후, 내진설계법의 주요내용이 바뀌거나 크게 보완된 1995년, 2000년 이후의 네 기간으로 나눠 조사하였다. 표 2와 그림 2, 3은 대상지역의 현장조사에서 분석된 건물 유형별 층수, 건축구조, 용도, 노후도에 대한 현황을 나타내고 있다.

4.2 내진성능평가 수행을 통한 GIS기반 지진위험도 평가

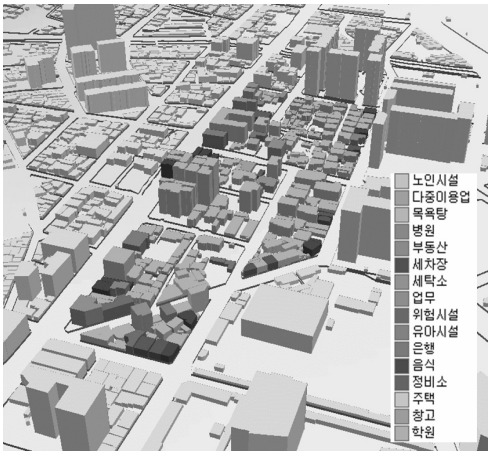
본 연구에서는 건축물 대장과 건축도면, 수치지형도 등을 활용하여 건물의 구조, 주요 구조부재 등 지진내진평가 항목별로 자료를 수집·정리한 후 현장조사를 통해 자



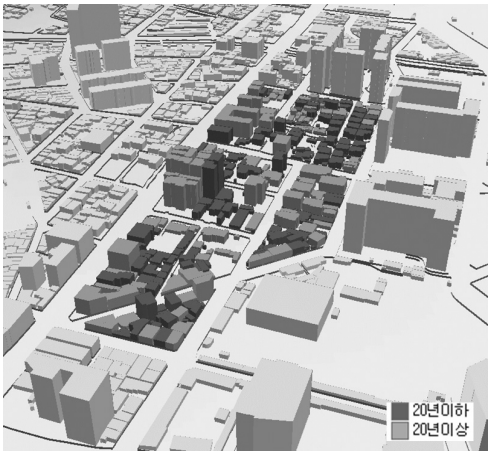
(a) 건물별 층수 현황



(b) 건물별 건축구조현황



(c) 건물 용도별 분류현황



(d) 건물 노후도 현황

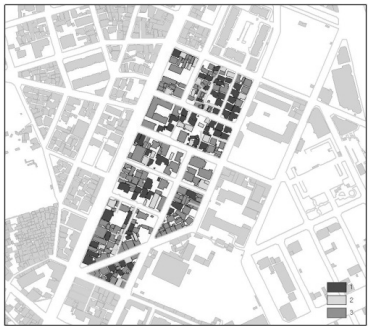
그림 3. 조사대상지역의 건물 유형별 분포

료를 보완하였으며, 이들 자료를 공간정보와 속성정보로 연계하여 GIS 데이터베이스로 구축하였다. GIS를 활용한 효과적인 자료관리와 더불어 공간분석 기능을 활용하여 구축된 데이터베이스 자료를 시각적으로 표현과 내진평가에 필요한 정보를 검색, 다양한 공간분석을 통해 도출된 지진위험도 평가 결과들을 효과적으로 제공할 수 있다. 그림 1에서 제시된 내진성능평가 절차에 의해 대상지역에 있는 건물을 단계별로 해석하였으며, 그 결과는 다음과 같다. 우선 수집된 건축물 자료와 건물 유형을 토대로 FEMA 154 RVS(1단계 2차) 평가를 수행하였다. FEMA 154 RVS 평가는 최종 점수가 2.0 이하이면 1등급으로 지진위험도가 높은 건축물로, 2.0에서 2.5이면 2등급으로 필요에 따라 세부평가가 필요한 등급으로, 2.5 이상이면 3등급으로 지진위험도가 안전함을 나타낸다. 표 3은 대상 지역내 건물 구조별로 대표적인 건물을 샘플링하여 FEMA 154 RVS 평가를 적용한 결과를 나타내고 있다.

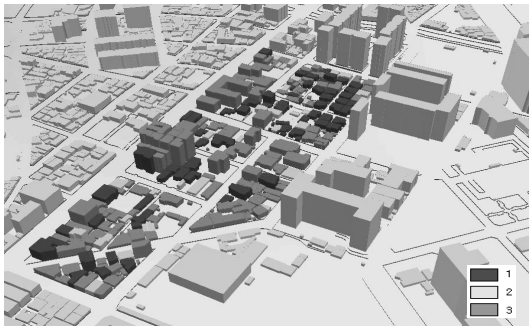
그림 4는 FEMA 154 RVS 평가에 의한 지진위험도를 나타내고 있다.

표 2에 조사된 건물 중 2단계 상세 내진성능평가는 우선 철근콘트리트 구조물을 대상으로 수행하였으며, 선정된 건축물은 표 4와 같다.

선정된 구조물의 정확한 부재치수는 설계도면에 의하여 조사하였으며, 도면에 표시되지 않은 건물의 단면치



(a) FEMA154 RVS 평가(1단계 2차) 지진위험도



(b) FEMA154 RVS 평가에 의한 3차원 지진위험도

그림 4. FEMA 154 RVS에 의한 지진위험도 평가

표 3. FEMA 154 RVS에 의한 단위건물별 지진위험도 평가

건물번호	주소	구조	층수	평가지수	최종등급
S1	C동 3가 2-X번지	철·콘조	6	2.4	2
S2	W동 3가 8-X번지	철·콘조+벽돌조	3	0.2	1
S4	W동 4가 3-X번지	철·콘조	10	-0.5	1
S7	C동 2가 1-X번지	조적조	3	1.1	1
S9	W동 4가 4-X번지	철·콘조	6	1.4	1
S10	C동 3가 7-X번지	철·콘조	5	3.4	3
S11	C동 2가 1-X1번지	철·콘조	4	4.4	3
S13	W동 4가 2-X번지	철·콘조	3	3.2	3
S14	C동 3가 4-X번지	철·콘조	5	4.4	3
S15	W동 4가 8-X번지	철·콘조	4	0.4	1
S18	C동 2가 1-X2번지	철·콘조	4	4.4	3
S19	C동 2가 1-X3번지	철·콘조+조적조	3	0.2	1
S20	C동 3가 X번지	철·콘조	4	4.4	3
S21	C동 3가 5-X번지	철·콘조	4	4.4	3
S22	C동 3가 5-X1번지	철·콘조+벽돌조	3	1.7	1

수는 표 5와 같이 정의하여 분석하였다.

W동 지역에 대해 구조별, 용도별, 층수별, 건축년도별로 분석한 후 각각의 특성을 대표할 수 있는 건물들을 샘플링하여 비슷한 조건에 있는 건물들에 평가 적용하는 방식으로 대상지역 전체의 평가지수를 산정하였다. 평가는 강도, 강성 및 형상, 상세 및 기타로 분류하여 수행되었으며, 500년과 2500년 재현주기별 동적해석 결과를 분석하였다.

표 6과 표 7은 대상지역내 건축물의 내진성능평가 과정을 소개하기 위해 건축물 중 하나를 선택하여 표로 나타낸 것이다. 선정된 건축물(W동 S1번3 건물)에 대한 내진성능평가의 항목평가 결과를 정리하면, 500년 주기 내

표 4. 철근 콘크리트구조 건물개요

건물 기호	주소	구조	층수		용도	준공연도
			지하	지상		
S4	W동 4가 3-X번지	철·콘조	2	10	병원 / 근·생시설	-
S12	W동 4가 2-X번지	철·콘조	1	3	교육 / 근·생시설	-
S13	W동 4가 2-X번지	철·콘조	1	3	교육 / 근·생시설	1996.03.25
S18	C동 2가 1-X2번지	철·콘조	1	4	교육 / 근·생시설	1989.12.06
S20	C동 3가 X번지	철·콘조	-	4	근·생시설	-
S21	C동 3가 5-X번지	철·콘조	-	4	근·생시설	2004.08.24
S23	C동 3가 5-X2번지	철·콘조	-	4	근·생시설	1991.04.15

표 5. 건물부재에 세부항목내용

건물 기호	준공연도	기둥 사이즈	기둥 주근 사이즈	기둥 띠철근 사이즈
S4	-	900×800, 800×800 1100×800, 900×950	D25	D10@200 (단부)
S12	-	400×400, 300×400	D25	D10
S13	1996.03.25	400×400, 450×450 500×400	D25	D10
S18	1989.12.06	500×500	D22	D10@300
S20	-	500×300	D25	D10
S21	2004.08.24	400×300	D25	D10
S23	1991.04.15	300×350, 350×500 400×400, 400×500	D25	D10

건물기호	외부 보 사이즈	내부 보 사이즈	슬래브 두께	보 주근 지름	보 띠철근 지름 및 간격
S4	350×700, 350×700 350×700, 300×600 300×600, 300×600	350×700	150	D22 or D19	D10 @100 or D10 @150
S12	350×700, 300×600 300×600	350×700, 300×600 300×600	135	D19 or D18	D10 @200
S13	300×600		135	D19	D10 @200
S18	300×600	300×600	135	D19	D10 @300
S20	300×500		150	D19	D10 @200
S21	300×500		135	D16	D10 @200
S23	300×600		135	D22 or D19	D10 @300

진성능 평가결과에서는 0.994로 내진 성능이 기준에 만족하는 상태인 A 등급으로 나타났으나, 2500년 주기에서는 0.946(B등급)으로 구조의 강도와 강성에 관한 내진 성능은 기준에 만족하나, 상세나 인접성 등이 기준에 미달한 상태로 평가되었다.

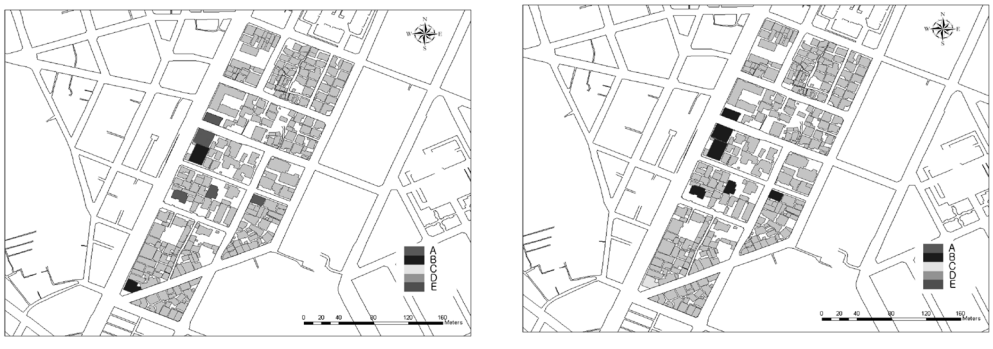
그림 5(a), (b)는 내진성능평가에 의한 지진위험도를

표 6. 내진성능평가 항목평가 결과(W동 S13 건물, 500년 재현주기)

구분	모멘트 저항 골조(C1)														
	강도			강성			형상				상세 및 기타				
상세 항목	응력	약층	잉여력	층간 변위	연약층	인접성	하중 경로	질량 변화	평면 변화	비틀림	접합부 편심	기둥 띠철근 간격	보 스트럽 간격	접합부 보강	노후도
항목 점수	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	항목 점수
경중률	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	1.0
항목 점수	0.98			1.0			1.0				1.0				
경중률	0.3			0.2			0.2				0.2				0.1
1차 평가	0.994														

표 7. 내진성능평가 항목평가 결과(W동 S13 건물, 2500년 재현주기)

구분	모멘트 저항 골조(C1)														
	강도			강성			형상				상세 및 기타				
상세 항목	응력	약층	잉여력	층간 변위	연약층	인접성	하중 경로	질량 변화	평면 변화	비틀림	접합부 편심	기둥 띠철근 간격	보의 스트럽 간격	접합부 보강	노후도
항목 점수	1.0	0.6	0.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	항목점수
경중률	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	1.0
항목 점수	0.82			1.0			1.0				1.0				
경중률	0.3			0.2			0.2				0.2				0.1
1차 평가	0.946														



(a) 내진성능평가 위험도(500년 재현주기) (b) 내진성능평가 위험도(2500년 재현주기)

그림 5. 내진성능평가에 의한 지진위험도 평가 결과

GIS와 연계하여 구축한 후 나타낸 것으로서, 500년 재현주기에서는 내진성능 평가에서 선정된 7개 건물 중 2개 건물이 B등급으로 분석되었으며, 2500년 재현주기에서는 6개 건물이 B 등급, 1개 건물은 C등급으로 평가되었다. 연구대상지역의 건축물에 대한 상세내진성능을 평가한 결과, 연구 대상지역 내 대부분의 건축물은 최근 새로 건설된 신시가지인 점을 고려할 때 전반적으로 내진성능 기준에 만족하는 평가 결과를 보였다. 그러나 상세 내진성능평가에서 B나 C등급으로 판정받은 건축물들은 구조의 강도와 강성에 관한 내진성능은 기준에 만족하나 상세나 인접성 등이 기준에 미달하는 상태로서 간단한 보완이나 보수에 의해 기능수행성능을 우선 확보하고 장기적인 계획을 수립하여 보수·보강을 실시해야 할 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 도시지역에 건축되어 있는 건축물의 지진 안전도를 평가하기 위하여 건축 구조학적인 자료조사와 실험결과를 데이터베이스화하고 여기에 GIS를 연계함으로서 지진의 위험도를 체계적으로 관리하고 분석할 수 있는 지진재해관리용 정보체계구축의 가능성을 제시하기 위해 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 내진성능평가를 위하여 건축물 대장과 건축도면, 수치지형도 등을 활용하여 건물의 구조, 주요 구조부재 등 지진내진평가 항목별로 자료를 수집·정리한 후 현장조사를 통해 자료를 보완하였다. 내진성능평가를 예비평가단계에서 시작하여 점차 세부적이고 구체적인 평가를 개별부재에 대하여 실시하고 종합 평가지수를 산정함으로써 건물별 지진에 대한 위험도를 평가할 수 있었으며, 이를 GIS와 연계함으로서 지진재해를 효과적으로 대처하고 관리할 수 있는 정보체계 구축 가능성을 제시하였다.

둘째, 건물별 지진 위험도를 평가하는 절차와 방법을 정규화하고 GIS의 지형정보 분석기능을 체계적으로 수행하기 위한 GIS기반의 지진재해정보관리체계 모듈화를 통하여 향 후 보다 신속하고 정확한 지진재해정보의 관리 및 제공이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 건축물의 지진 안정도평가체계와 GIS를 연계할 수 있는 방안을 모색하였으나, 지진 안정도를 평가하는데 요구되는 많은 평가항목 중 건축 구조학적 측면에서의 일부 주요 항목만을 선정하여 분석함으로서 평가결과에 대한 신뢰도가 저하될 수 있는 한계를 보였으며, 지진 안정도평가체계를 표준화하고 이것을 데이터베이스로 구축하여 GIS환경 안에서 모든 처리절차가 수행되도록 구축할 수 있는 체계적인 연구방안이 이뤄지지 못하였다. 아울러, 우리나라의 지반여건상 지진발생 빈도수가 적고 평가결과에 대한 검증이 확률론적인 평가방식에 의존하고 있어 현재로서는 연구결과의 검증에 한계가 있다고 판단되며, 향후 장기적이고 실질적인 case study를 통해 평가결과를 검증하는 추가적인 연구 수행이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. 건설교통부, 2003, 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단지침(건설교통부 고시 제2003-170호).
2. 국립방재연구소, 2002, 지진에 대한 지역 위험도 분석 연구, 행정자치부 국립방재연구소.
3. 김성삼, 조은래, 윤정배, 유환희, 2007, 건축구조해석기반 지진재해관리정보체계 구축, *2007 GIS 공동 춘계학술대회 논문집*, pp. 293-299.
4. 박철용, 2002, 기존 RC 건축물의 내진성능 평가방법, 건설기술쌍용 가을호 (v.24), pp. 46-53.
5. 최현훈, 2005, *非挫屈가새骨組의 性能에 基礎한 耐震設計*, 박사학위논문, 성균관대학교.
6. 한국강구조학회, 2006, 강구조설계, 구미서관.
7. 한국지진공학회, 1999, 구조물의 지진해석, 한국지진공학회.
8. FEMA, 1999, "Evaluation and repair of earthquake damaged concrete and masonry wall buildings FEMA reports 306, 307, and 308 in PDF format", Applied Technology Council, Computer optical disc.
9. FEMA, 2000, Recommended seismic evaluation and upgrade criteria for existing welded steel moment-frame buildings, SAC Joint Venture; PB Federal Emergency Management Agency.
10. http://www.atcouncil.org/
11. http://www.fema.gov/
12. http://www.nidp.go.kr/