



## A Design and Implementation of Real-time Safety Diagnosis Evaluation System Using the Dynamic Response Signal Information of Building

Hyun-Ju Kim<sup>1</sup>, Chang-Guen Kim<sup>1</sup>, Suk-Hyeong Yoo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Computer Science & Engineering, GNTECH

<sup>2</sup>Architectural Engineering, GNTECH

### ABSTRACT

National Emergency Management Agency in Korea recently made it obligatory to install seismic acceleration sensor for the seismic safety diagnosis of buildings. This can be used to analyze the effects of the disaster on the building structures by measuring the magnitude of the seismic acceleration, and to evaluate the soundness of the building structure and determine the safety grade of the building. In addition, it is used as the data for studies and technical development to establish earthquake countermeasures and mitigate the seismic disaster. In this study, a real-time structure safety diagnosis and evaluation system are proposed and implemented based on the natural period change and maximum inter-story drift, which are dynamic characteristic data. The natural period change data in the proposed system include the information about the change in the rigidity of the damaged structure, and the maximum inter-story drift data include the inter-story displacement due to the reduced rigidity of the damaged structure. Based on the two kinds of data, the system was designed and implemented so that the soundness of the building was subjected to a disaster can be evaluated in real time, and warning signals can also be automatically propagated according to the evaluation results.

© 2015 KKITS All rights reserved

**KEYWORDS** : Damage Detection, Diagnostics, Monitoring, Safeties, Buildings

**ARTICLE INFO**: Received 17 December 2014, Revised 13 February 2015, Accepted 13 February 2015.

\*Corresponding author is with Department of Computer Science & Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, 150 Chiran-Dong, JinJu, Gyeongnam 660-758, KOREA.  
E-mail address: cgkim@gntech.ac.kr

### 1. 서론

최근 우리나라 주변 국가에서 대규모 지진 발생으로 인해 시설물 재산 피해 및 인명 피해에 대한

경각심이 고조되고 있다. 이에 우리나라에서도 처음으로 2010년도 소방방재청 고시(지진 가속도 계측기 설치 및 운영 기준)에 따라 일정 규모 이상의 공공건축물에 진동 측정 계측기 설치를 의무화하여 공공건축물의 건전도를 상시 모니터링 하도록 규정하고 있다[1]. 2010년도 고시된 「지진가속도 계측기 설치 및 운영기준」에 따르면 전국 주요 건축·토목 시설물에 가속도계를 설치 유지관리 하도록 명시하고 있다. 이는 지진발생시 구조물의 동적응답 신호를 분석하여 구조물의 건전도를 평가하고 축적된 자료를 활용하여 내진설계기법 개선에 활용하고자 함이다[2~4]. 이에 2010년도 관련기준이 고시된 이후 주요국가 시설물들을 중심으로 가속도계가 설치되고 있으나 아직도 측정데이터에 대한 분석 및 평가지침에 대한 기준이 명확하지 않으며, 또한 이 분야에 대한 실무 관리자의 인식 정도가 낮아 지진가속도 계측기 현장 활용에 어려움이 많다[1~3].

한편으로 토목구조물 분야에서는 구조물의 동적응답신호를 분석하여 구조물의 손상을 탐지하는 기술이 활발히 연구되어 왔으며, 이미 실용화 단계에 이르러 부분적으로 사용되고 있다. 그러나 건축구조물의 경우 동적계측 신호를 이용한 손상탐지에 몇 가지 어려움이 있어 기술개발이 미진한 상태에 있다[5~7]. 따라서 고시된 기준에 의한 건축구조물 동적응답 신호를 활용할 방안 마련이 매우 시급한 실정이며, 재난 발생 시 재산 및 인명 피해를 줄이기 위하여 건축물의 손상 정도를 파악하고 손상 정도에 따른 대응 등급을 실시간으로 알릴 수 있는 프로그램에 대한 개발은 매우 필요하다[8].

이에 본 논문에서는 건축물의 동특성 정보인 고유주기 변화율과 최대중간 변위정보를 기반으로 하는 실시간 건축구조물 건전도 평가 시스템을 제안하고 설계·구현하였다. 본 논문에서 사용한 고유주기 변화율 데이터는 손상된 건축 구조물의 강

성 변화에 관한 정보를 포함하고 있으며, 최대중간 변위 데이터는 손상된 건축물의 강성저하로 인하여 발생하는 층간의 변위정보를 가지고 있다. 본 논문에서는 이들 두 가지 정보를 기반으로 재난이 발생된 건축구조물의 건전성 정도를 실시간으로 평가할 수 있고, 평가 결과의 정도에 따라 자동으로 경고신호를 전파할 수 있도록 모델링하였다.

본 논문의 구성은 먼저 2장에서 관련 연구에 대해 기술하고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 시스템의 구조, 건전성 평가 알고리즘 및 경보 시스템 등에 대해 기술하였다. 그리고 4장에서는 본 논문에서 설계·구현한 BSMoS(Building Safety Monitoring System)에 대해 기술하였으며, 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후연구 과제 등에 대해 기술하였다.

## 2. 관련연구

### 2.1 동적응답 신호 계측기준

최근 2012년도 소방방재청의 「지진가속도 계측기 설치 및 운영기준」에 따르면 건축물의 지진가속도 계측항목은 건축물 주변 지반의 자유장 계측과 건축물의 지진거동특성 계측 등으로 분류되어 있다. 먼저, 자유장은 「지진가속도 계측기 설치 및 운영기준」 제9조(자유장 계측)에 의하면, 해당 시설의 지반운동을 대표할 수 있는 장소이어야 하며, 얕은 기초의 단층건물 1층 바닥 또는 지하 1층에 설치된 지진가속도계는 자유장 지진가속도계로 대체할 수 있도록 규정되어 있다[4]. 다음으로 건축물에 대한 지진거동특성 계측은 「지진가속도 계측기 설치 및 운영기준」 제11조(지진가속도계 설치 위치와 개수)에 의하면, 10층을 기준으로 미만과 이상의 건축물로 구분하여 규정하고 있다[5]. 본 논문에서의 실험에서는 10층 미만의 건축물을 대상으로

하였으며, 이는 최하층(1층 바닥 또는 지하 1층)과 최상층(옥탑층 제외), 중간층 등 3곳에 지진가속도계를 설치하도록 규정하고 있다[5~8].

## 2.2 건전성 평가 프로세스

일반적으로 지진가속도계를 이용한 건축구조물에 대한 건전성 평가 프로세스는 크게 3단계로 진행된다. 이에 대한 일반적인 진행 순서는 다음의 <그림 1>과 같다.

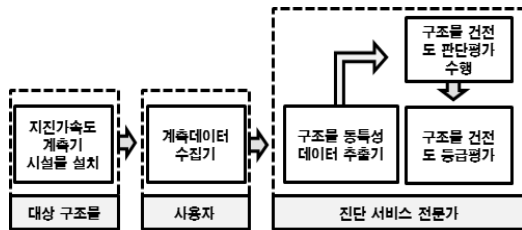


그림 1 건전성 평가 처리과정  
Figure 1. process of safety diagnosis and evaluation

첫 번째 단계는 지진가속도 계측기의 시설물 설치 단계이다. 이는 2.1절에서 기술한 소방방재청의 「지진가속도 계측기 설치 및 운영기준」에 따라 해당 건축물에 설치되며, 본 논문에서는 「10층 미만의 건축물」을 대상으로 BSMoS를 실험하였다. 따라서 지진가속도 계측기는 최하층, 중간층, 최상층 등 3곳에 설치하며, 이를 통해 재난 발생에 따른 건축구조물의 동적응답 진동 데이터를 수집한다. 두 번째 단계는 설치된 계측기로부터 건축구조물에서 발생하는 동적응답 진동 데이터를 수집하는 단계이다. 이는 건축구조물에 설치된 3곳의 계측기 센서로부터 동적응답 진동 데이터를 수집하게 된다. 이때 수집된 동적응답 진동 데이터에는 건축 마감재 및 칸막이 벽 등의 비구조 요소 등의 영향이 포함되어 있으며, 또한 기계, 차량 및 주변 환경으로부터 발생한 진동 등도 포함되어 있다. 마지막으

로 세 번째 단계는 건축구조물 동특성 데이터 추출 및 건전성 평가 단계이다. 수집된 건축구조물의 동적응답 신호는 구조형식과 그에 따른 구조적 거동이 토목 구조물보다 훨씬 복잡하고 다양하여 계측된 동적응답 신호를 역해석하여 건축구조물 시스템의 동특성에 관한 원인을 규명하는데 많은 어려움이 있다[8~9]. 이에 수집된 동적응답 진동 데이터로부터 재난이 건축구조물에 영향을 준 요소만을 추출하고, 이를 기반으로 건축구조물의 건전성 정도를 판단한다. 그러나 <그림 1>에서 보는 것과 같이 세 번째 단계는 대부분 진단서비스 전문가 그룹에게 분석을 의뢰하여 처리하고 있다. 따라서 건축구조물의 건전성 정도를 최종 판단하기까지는 많은 시간이 소요된다.

## 2.3 건축구조물 동특성 분석기법

최근 건축구조물의 동특성인 고유진동수와 모드형상 등의 데이터를 분석하는 방법으로 푸리에(Fourier)와 웨이브렛(Wavelet) 변환(Transformation) 등이 활발히 연구되어 왔다[9~10]. 먼저, 푸리에 변환은 시간영역에서 구조물의 응답신호를 주파수축에 전개함으로써 시간에 대한 정보를 알 수 없게 되어 특정 이벤트 발생시간을 알 수 없는 문제점을 가지고 있다[2]. 두 번째로 웨이브렛 변환은 구조물의 응답신호를 기본 웨이브를 이용하여 이를 스케일링 하거나 시프트(Shift) 하여 원 신호를 시간 축 상에 전개하는 변환이다[11~13]. 이는 건축구조물에 발생한 이벤트 시간을 알 수 있는 장점을 가지고 있다. 이는 구조물의 결함 발생을 실시간으로 파악할 수 있으며, 또한 특정 주파수 성분을 선택적으로 분석할 수 있어 대용량의 신호처리에도 유용한 기법으로써 초고층 구조물의 동적거동 분석에 적합한 방법으로 알려져 있다 [3~4, 13].

### 3. 제안한 BSMoS

이 장에서는 본 논문에서 제안한 BSMoS에 대해 기술한다. 제안한 BSMoS는 건축구조물의 동특성 정보를 기반으로 구조물의 건전성 정도에 따라 4단계의 등급으로 평가한다. 먼저, 이 3.1절에서는 본 논문에서 제안한 BSMoS의 전체 시스템 구조에 대해 기술하고, 3.2절에서는 건축구조물의 건전성을 판단하기 위해 사용된 고유주기를 이용한 평가 알고리즘과 최대충간 변위를 이용한 평가 알고리즘에 대해 기술한다. 마지막으로 3.3절에서는 3.2절에서 처리된 건전성 평가정보에 따라 건물 관리자 혹은 다수의 공공 사용자에게 경보신호를 알려줄 수 있는 경보시스템의 구성에 대해 기술하였다.

#### 3.1 전체시스템 구조

본 논문에서 제안하는 BSMoS의 전체 시스템에 대한 전체 구성은 아래의 <그림 2>와 같다. 이들은 계측데이터 분석 부 시스템, 동특성 정보추출 부 시스템, 건전도 평가 부 시스템, 경보 부 시스템 등 4개의 모듈로 구성되어 있다.

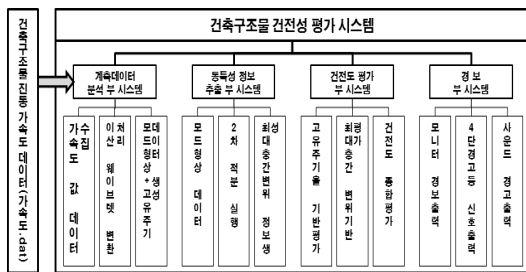


그림 2 BSMoS의 전체구성도  
Figure 2. structure of BSMoS

<그림 2>는 본 논문에서 설계한 BSMoS의 전체구조이다. 첫 번째로 계측데이터 분석 부 시스템이다. 이는 건축구조물로부터 발생된 동적진동 신호를

계측기 센서로 부터 수집한다. 이때 수집된 데이터는 재난 발생이 건축구조물에 어느 정도의 영향을 주었는지에 대해 분석하는 기초자료로 사용된다. 일반적으로 진동 센서로부터 수집된 자료에는 건축물의 다양한 요소들에 대한 데이터가 혼합되어 있다. 따라서 건축구조물의 특정 주파수 성분을 선택적으로 처리하기 위해서는 건축구조물의 동특성 정보를 분리 추출해야 한다. 두 번째로는 동특성 정보 추출 부 시스템이다. 이는 건축구조물의 동특성 정보인 고유주기와 최대충간 변위 데이터를 생성하기 위해 본 논문에서는 FFT(Fast Fourier Transform)방법으로 동특성 정보 분석을 수행하였다. 세 번째는 건전도 평가 부 시스템이다. 이는 재난이 발생했을 때 건축구조물에 미친 영향의 정도에 따라 건전성 등급을 평가하게 되며, 본 논문에서는 안전, 점검필요, 대피, 심한손상 등 4개의 등급으로 평가하였다. 마지막으로 경보 부 시스템이다. 이는 앞에서 생성한 건축구조물의 건전성 평가 등급 정보를 관리자 혹은 일반 건물 이용자들에게 건축구조물의 건전성 평가등급을 경보신호로 실시간 제공한다. 이는 1차적으로는 본 논문에서 설계 구현한 BSMoS의 모니터를 통해 경보신호 정보를 제공하며, 다음으로 외부 신호인 4색 LED 경고등과 경고소리로 건축구조물의 건전성 평가 등급정보를 제공한다.

#### 3.2 건전성 평가 알고리즘

이 절에서는 건축구조물의 건전성 정도 평가에 사용된 고유주기 변화율 평가, 최대 충간변위 평가 알고리즘에 대해 기술한다.

##### 3.2.1 고유주기(Natural Frequency) 변화율 평가

고유주기는 건축구조물이 가지는 고유한 진동수

를 의미한다. 이는 구조물의 특성을 가지는 고유한 성질이라고도 한다. 이에 본 논문에서는 구조물의 동특성 정보로 고유주기 변화율을 사용하여 재난이 구조물에 미치는 정도를 평가하는 요소로 사용하였다. 본 논문에서 사용한 고유주기 변화율 평가 알고리즘은 다음의 <그림 3>과 수행하였다.

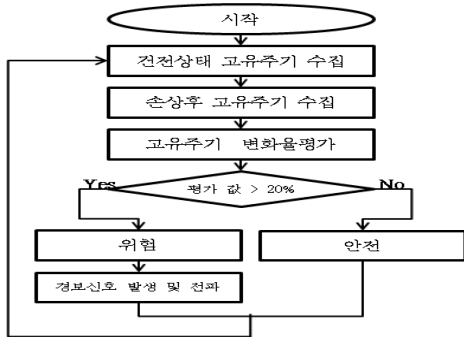


그림 3 고유주기 변화율 기반 건전성 평가  
Figure 3. safety diagnosis and evaluation using Natural Frequency Rate

먼저, BSMoS에서 건전성 평가를 위해 구조물에 대한 건전상태 고유주기 정보를 관리자가 직접 입력한다. 이를 기반으로 BSMoS에서는 손상된 건축구조물로부터 수집된 가속도 데이터에서 건축구조물의 동특성 추출정보인 고유주기 정보를 상호 비교 평가하여 고유주기 변화율 평가 정보로 사용하였다. 이때 사용한 평가 수식은 다음과 같다.

$$\Delta T = \frac{|T_0 - T'|}{T_0} \times 100 \quad (1)$$

- $T_0$  : 건전상태 고유주기(사전 입력값)  
- $T'$  : 손상 후 고유주기(진동대 실측값)

수식 (1)로 평가된 고유주기 변화율 정보는 20%를 기준으로 건축구조물의 건전성에 대한 안전과 위험 등급으로 분류하였으며, 이때 위험 등급으로 판정되면 BSMoS의 모니터와 외부 경고등으로 위험

정보신호를 생성하도록 설계하였다.

### 3.2.2 최대 층간변위 평가

최대층간 변위 정보는 건축구조물의 각 층에 대한 모드형상(Mode Shape) 데이터를 기초로 생성되는 정보이다. 이때 사용된 모드형상 데이터는 건축구조물에 재난 발생으로 진동이 영향을 주어 이를 포함하고 있는 물체 고유의 진동 형태이다. 이는 재난이 건축구조물에 영향을 주어 건축구조물의 강성저하로 인하여 발생하는 각 층간의 변위정보를 포함하고 있다. 본 논문에서는 이를 기반으로 건축구조물의 재난에 따른 피해 등급을 안전, 점검 필요, 심한손상, 대피 등 4개의 등급으로 분류하였으며, 이를 처리하는 과정은 다음의 그림과 같다.

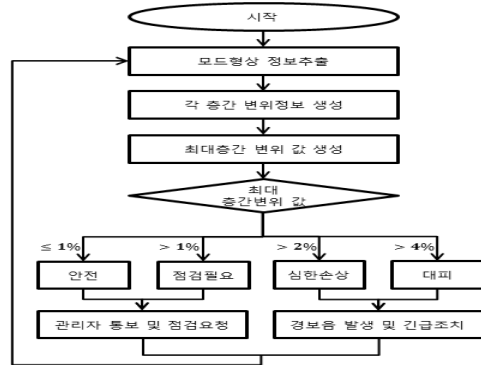


그림 4. 최대층간 변위 기반 건전성 평가  
Figure 4. safety diagnosis and evaluation using Mode Shape Data

<그림 4>에서 사용된 모드형상 정보는 재난 발생 시 건축구조물에서 발생한 동적진동 데이터인 가속도 데이터에서 건축구조물 동특성 분석에 많이 사용되는 고속 푸리에 변환(FFT, Fast Fourier Transform) 알고리즘으로 분리 추출한 정보이다. 이때 추출된 모드형상 정보는 시간대별 건축구조물의 각 층에 대한 모드형상 정보를 가지고 있다.

이에 수식 (2)를 기반으로 각 층에 대한 층간 변위 정보를 평가하고 생성하였다.

$$\delta_i = (\phi_i - \phi_{i-1}) \mu_{max} / h_i \quad (2)$$

- $\mu_{max}$ : 손상 후 최대층간변위
- $\phi_i$ :  $i$ 층 모드형상
- $h_i$ :  $i$ 층고

이때 생성된 층간변위 정보 중 최대 층간변위 값을 건축구조물의 건전성 평가 척도로 사용하였으며, 이에 대한 건축구조물 건전성 평가는 아래의 <표 1>를 기준으로 분류하였다.

표 1. 최대 층간변위 평가 범위  
Table 1. Range of the Evaluation for Mode Shape

판정등급	최대 층간변위 값( $x$ ) 평가기준
안전	• $x \leq 1\%$
점검요망	• $1\% < x \leq 2\%$
심한손상	• $2\% < x \leq 4\%$
대피	• $x > 4\%$

### 3.3 정보 시스템 구성도

이 절에서는 건축구조물의 건전성 정도 평가에 따른 경보신호 체계에 대해 기술한다. 경보신호는 3.2절에서 평가된 정보를 기반으로 BSMoS의 모니터와 외부 4색 LED 경고등 및 경고음 등으로 생성하였으며, 이에 대한 경보신호 체계는 아래의 <표 2>와 같이 설계하였다.

<표 2>는 본 논문에서 설계한 건축구조물 건전성 평가에 대한 경보신호 체계이다. 각 단계별 경보신호는 고유주기 변화율과 최대 층간변위 등 두 가지 정보를 논리합(OR) 연산으로 (표 2)와 같이 생성하였다.

표 2. 건전성 정보체계

Table 2. safety diagnosis and evaluation warning system

구분	건전성 평가정보		정보 시스템			최종 평가 결과
	고유 주기 변화율	최대 층간변위	BSMoS 모니터	LED 경고등	경고음	
1	안전	안전	■	Green	OFF	안전
2		점검필요	■	Blue	OFF	
3	위험	대피	■	Yellow	ON	위험
4		심한손상	■	Red	ON	

## 4. 실험결과 및 구현

이 장에서는 본 논문에서 실험하고 설계한 BSMoS의 구현한 환경에 대해 기술한다. 먼저 4.1절에서는 실험환경 및 BSMoS 구현환경에 대해 기술한다. 4.2절에서는 프로토 타입으로 구현한 BSMoS의 구현화면 및 구현함수를 중심으로 기술한다.

### 4.1 실험 및 구현환경

이 절에서는 본 논문에서 사용한 실험 및 구현 환경에 대해 기술한다. 먼저 실험을 위해서 다음의 <그림 5>와 같이 설계 구성하였다. 이는 진동관리 시스템(ST-V2013)과 건전성 모니터링 시스템(BSMoS) 등의 2개 모듈로 구성하였다.

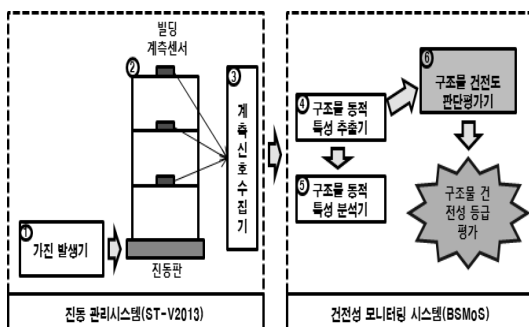


그림 5. 구현 환경

Figure 5. environment of Implementation

<그림 5>는 2개의 부 시스템으로 구성되어 있다. 첫 번째는 진동관리 시스템(ST-V2013)으로 가진 발생기, 진동판, 빌딩계측센서, 계측신호 수집기 등으로 설치 구성하였다. 이들 구성요소는 실제 재난이 발생하였을 때 건축구조물에 어떤 영향을 주는지에 관한 정보를 생성할 수 있는 모형이다. 또한 본 논문에서 사용한 ST-V2013 진동 관리시스템은 가진 발생기능, 가진 발생에 따른 건축구조물의 진동 감지를 통한 계측신호 수집기능 등을 수행할 수 있는 상용 S/W를 기반으로 구성하여 사용하였다. 두 번째로 건전성 모니터링 시스템 부분이다. 이는 진동 관리시스템에서 수집한 데이터를 건축구조물에 진동이 미치는 영향에 대해 분석하고 평가하여 최종적으로 건축구조물의 건전성을 평가하도록 본 논문에서 설계 구현시스템이다.

#### 4.2 프로토타입 BSMoS 구현화면

이 절에서는 건축구조물의 건전성을 평가하기 위해 구현한 BSMoS의 구현화면에 대해 기술한다. 이에 관해 구현한 모니터링 화면은 다음의 <그림 6>과 같다.



그림 6 BSMoS 구현화면  
Figure 6. Interface of BSMoS

구현된 BSMoS는 크게 2개의 부분으로 구성하였다. 먼저, 등급 ①로 표시된 부분은 건축구조물의

건전성 평가를 실시간으로 수행하여 모드형상 정보와 고유주기 정보를 수치화하여 보여주는 부분이다. 두 번째로 등급 ②로 표시된 부분은 모드형상 정보를 기반으로 건전성 평가와 최종 건축구조물에 대한 건전성 평가 결과를 표시부분이다. 이를 구현하기 위해 설계된 주요 함수들은 아래의 <표 3>과 같다.

표 3 구현된 BSMoS 주요 함수  
Table 3. Implemented of Main Function for BSMoS

구현함수	기능
ModeShapeReverse(FILE *fp);	-손상 후 고유주기 역수 계산
SearchVibration(FILE *fp, float sb);	-가속도 데이터에서 모드형상 정보 추출
Cal2Integration(FILE *fp, float sb);	-추출된 모드형상 정보를 2차 적분으로 동특성 분석
SearchMax(FILE *fp, float sb[]);	-최대 층간변위 값 검색
SafetyEval(float MaxVal);	-최대 층간변위 평가 등급 판정
ModeShapeDataRead(float data);	-층간변위 데이터 값 검색
NatFreEval(float data);	-고유주기 변화를 평가 등급 판정

#### 5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 재난 발생 시 건축구조물의 건전성 정도를 실시간으로 모니터링 할 수 있는 시스템을 Proto-Type으로 설계 구현하였다. 이를 위해 건축구조물의 동특성 정보인 고유주기 변화율과 최대 층간변위 정보를 사용하여 건축구조물의 건전성 정도를 평가하였다. 본 논문에서 구현한 BSMoS는 일반적인 건축구조물의 건전성 정도를 평가할 때 수행하는 단계 중 세 번째 단계인 건축구조물의 건전성 평가에 대한 부분을 자동화하였다. 따라서 향후 연구과제로는 본 논문에서 설계한 BSMoS를 확장 설계하여 ST-V2013 상용 S/W가 가지고 있는 가진 발생

기능, 진동 센서로 부터의 가속도 데이터 수집기능 등을 설계 구현할 예정이다. 이는 다양한 가진 발생의 유형을 생성할 수 있으며, 더불어 다양한 건축구조물의 유형에 따른 재난 대응방안을 예측하는 분야에 응용할 수 있다. 또한 진동판 위의 가건물을 현존하는 건물과의 유사한 모델의 설계 개발, 계측 데이터의 수집에 따른 정확성 향상방법 등이 향후 연구 과제로 남아 있다.

### References

[1] Al-Khalidy, A., Noori, M., Hou, Z., Carmona, R., Yamamoto, S., Masuda, A., and Sone, A., *A study of health monitoring system of linear structures using wavelet analysis*, ASEM PVP 347, pp. 49~58, 1997.

[2] Kitada, Y., *Identification of nonlinear structural dynamic system using wavelet*, Journal of Engrg. Mech., Vol. 124, No. 10, pp. 1056~1066, 1998.

[3] Hou Z., Noori, M., and Amand, R.S., *Wavelet based approach for structural damage detection*, J. Engrg. Mech., Vol. 126, No. 7, pp. 677~683, 2000.

[4] E. S. Seo and S. H. Choi, *Analysis of seismic response coefficient by fundamental period using geographic information system*, Journal of Korea Spatial Information Society, Vol. 20, No. 1, pp. 39 ~ 45, 2012.

[5] K. S. Kim, S. J. Lee, and E. S. Chung, *Development and test of line-telemetry DPS for KSLV-I upper stage*, Korea Aerospace Research Institute, pp. 107-115, 2010.

[6] Jhao, J., and DeWolf, J. T., *Sensitivity study for vibrational parameters ulsed in damage dectection*, J. Struct. Engineering, ASCE, Vol. 125, No. 4, 1999, pp. 410-416.

[7] A. Arias, *A measure of earthquake intensity*, Seismic Design for Nuclear Power Plants, MIT Press, Cambridge, MA, pp. 438-483, 1970.

[8] G. W. Housner, *An investigation of the effects of earthquakes on buildings*, Ph. D. Thesis, California Institute of Technology, Pasadena, California, 1941.

[9] N. M. Newmark, *A method of computation forstructural dynamics*, Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol. 85, pp. 67-94, 1959.

[10] Yamaguchi, H. Fujlno, Y., and Tsumura, N., *Passive control of structures with TMD*, Proc., Colloguium on control of Structures, Part B, JSCE, 1991.

[11] Hansen. B. J., J. W., and Vanmarcke E. H., *Human response to wind-induced motion*, Journal of Structural Division, ASCE, Vol. 98, No. ST 7, pp. 1589-1605, 1973.

[12] National Emergency Management Agency, <http://law.go.kr/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2000000092602>

[13] H. J. Gu, H. J. Kim, and S. Y. Choi, *Natural period and Damping ratio of RC buildings for Serviceability Design*, Conference of WEIK., No. 17, 2014.

---

### 건축물의 동특성 정보를 이용한 실시간 안전진단 평가시스템의 설계 및 구현

김현주<sup>1</sup>, 김창근<sup>1</sup>, 유석형<sup>2</sup>

<sup>1</sup>경남과학기술대학교 컴퓨터공학과

<sup>2</sup>경남과학기술대학교 건축공학과

---

### 요 약

최근 소방방재청에서는 지진 발생 시 건축물의 안전성 진단을 위해 지진가속도 계측센서 설치를 의무

---

화 하였다. 이는 건축물의 재난 발생 시 지진가속도의 크기를 예측하여 건축 구조물에 미치는 영향을 분석하고, 해당 건축 구조물의 건전도를 평가하여 건축물에 대한 안전성 등급을 판정하는데 사용될 수 있다. 또한 향후 건축물의 내진대책과 지진재해를 줄이기 위한 연구 및 기술개발 등에 필요한 자료로 활용된다. 이에 본 논문에서는 건축물의 동특성 정보인 고유주기 변화율과 최대중간 변위정보를 기반으로 하는 실시간 건축물 안전진단 평가 시스템을 제안하고 구현하였다. 제안한 시스템에서 사용된 고유주기 변화율 데이터는 손상된 건축 구조물의 강성 변화에 관한 정보를 내포하고 있으며, 다음으로 최대중간 변위 데이터는 손상된 건축물의 강성저하로 인하여 발생하는 층간의 변위정보를 포함하고 있다. 이에 본 논문에서는 이들 두 가지 정보를 기반으로 재난이 발생한 건축물의 건전성 정도를 실시간으로 평가할 수 있도록 설계 구현하였으며, 평가 결과의 정도에 따라 자동으로 경고신호를 전파할 수 있도록 설계·구현하였다.

## 감사의 글

본 논문은 경남과학기술대학교의 2013학년도 학술연구조성비를 지원 받음.



**Hyun Ju Kim** received the B.S., M.S., and Ph. D. degree in the Department of Computer Science from Gyeongsang National University and Soongsil University Korea in 1988, 1990, and 2000, respectively. Since 2002 he has been with Gyeongnam National University of Science and Technology, Korea. He is currently professor in the Department of Computer Science & Engineering. His research interests include Information Retrieval, XML and Mobile Programming.

*E-mail address:* khj@gntech.ac.kr



**Chang Geun Kim** received the B.S., M.S., and Ph. D. degree in the Department of Computer Science from Gyeongsang National University and Gyeongnam University Korea in 1985, 1991, respectively. Since 1995 he has been with Gyeongnam National University of Science and Technology, Korea. He is currently professor in the Department of Computer Science & Engineering. His research interests include computer network, data communication and e-business.

*E-mail address:* cgkim@gntech.ac.kr



**Suk-hyeong Yoo** received the B.S., M.S., and Ph. D. degree in the Department of Architectural Engineering from Hanyang University Korea in 1992, 1995, and 2003, respectively. Since 2006 he has been with Gyeongnam National University of Science and Technology, Korea. He is currently associated professor in the Department of Architectural Engineering. His research interests include Reinforced Concrete Structure, Damage Detection of Building Structure and Analysis of Building Structure.

*E-mail address:* piter31@gntech.ac.kr