

学位論文の要旨

専攻	安全システム工学専攻	ふりがな 氏名	おかだ けいいち 岡田 敬一
学位論文題目	地震後の建築物の健全性判断システムの開発 (Development of diagnostics system using structural health monitoring of buildings after earthquake)		
学位論文要旨			
<p>本論文の目的は、地震後における建築物の健全性を判断する情報を提供するシステムを開発し、提案することである。根幹となる技術は、建築物に取り付けるセンサの開発とそこから得られた情報の処理である。本論文では、上述の目的のために簡便で多機能な変位記憶型センサシステムを提案する。また、限られた数の加速度センサ情報から、全階の応答を推定する手法も提案する。この2種のモニタリングシステムにより専門家でも地震直後に建築物の健全性が容易に判断可能となる。さらに緊急地震速報と連動することで、現状よりもさらに災害を減ずることができる建築物ができることを示す。</p> <p>第1章「序論」では、本研究の背景、目的、構成を述べている。</p> <p>第2章「変位記憶型センサシステムの開発と実建物への適用と検証」では、構造部材の変形量が健全性判断指標として簡便かつ重要なものであることから、機能を大地震後の健全性診断に絞った変位センサを開発している。このセンサの最大の特徴は、無電源で変位最大値を記録することが可能なことであり、大地震時に停電が発生した場合にも動作可能である。また記録されたデータは、ワイヤレス計測装置にて簡単に読取ることができ、さらに計測装置に健全性に対する判定値が表示される。これによって構造物の健全性がわかる。まず、このシステムが、想定している使用状況下において十分な性能を持つことを各種試験によって確認した。さらに、開発したシステムを実建物に取り付け、建物の層間変位の計測を行った。設置した建物では、これまでに多くの実稼働記録が得られおり、その記録の中で2011年3月11日に発生した2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)の際に取得された記録を本論文では紹介している。対象建物は、東京都内の研究施設(S造5階)、宮城県仙台市に位置する事務所ビル(S造14階)および低層事務所ビル(S造3階)である。この建物に設置したセンサで得られた実記録と対比させて考察し、提案システムの有用性を示している。</p> <p>第3章「2ヶ所のセンサにより得られた地震記録を用いた建物全層応答推定手法」では、グローバルモニタリングシステムの一例として、建築物全階の応答推定手法を提案している。本手法は、設計時のモーダル解析あるいは実験・実測から得られるモード形の情報を用いて、最下階(基礎)・最上階での2点のセンサ記録から建物全階での応答を推定するものである。まず、多数のセンサが設置されている実建物での観測結果に提案手法を適用し、推定精度の確認を行った。対象とした観測建物は2</p>			

棟あり、それぞれで観測された 12 地震を用いた。1 例目の建物では、推定の際に必要な振動モード係数は、地震記録から求めたものを用いている。2 例目の建物では、常時微動計測により求めた振動モード係数を用いた。推定応答波形は、観測されているものとよく一致しており、当然のことであるが、加速度、速度、変位の最大値の対応も良好であった。ただし層間変位最大値においては、小さめに評価をしていた。これらのことから、本論文で提案している手法は実建物の応答推定に十分適用できると考えている。しかしながら、高振動数成分が入力地震動の場合には、大きな誤差をもって推定されることがあることから、適切なモード係数の設定など更なる手法の改良が必要である。さらに、提案した推定手法の精度を確認するために、数値実験を行った。3 階建て、5 階建て、10 階建て、20 階建ての建築物を想定した質点系解析モデルを作成し、それらに対して 3 次までの振動モードを考慮して線形の時刻歴応答解析を行った。その応答波形に対して本手法を適用し応答を推定し、誤差を評価した。入力波は 2011 年東北地方太平洋沖地震の際に K-NET で得られた 188 記録を用いている。その結果、入力された地震波特性によっては、大きな誤差となる場合もあるが、低層であればあるほど誤差は小さく、成分としては加速度、速度、変位の順に精度良く推定できることが確認できた。特に、変位応答、速度応答の推定誤差の中央値は、最も誤差の大きい 20 質点モデルであっても、それぞれ 0.6%、8.7%であり、この 2 つの指標の推定には使えると考えている。

第 4 章「減災のためのモニタリングシステム開発」では、まず第 2 章・第 3 章で示すセンサシステムおよび応答推定手法を実際に適用した建物を示した。次に減災のためのシステムとして、構造物のダンパー制御を構造ヘルスマニタリングによって行うシステムの実施例および緊急地震速報と構造ヘルスマニタリングの技術を組み合わせた複合化システムを示した。構造ヘルスマニタリングは地震の事後対応となるが、直後に健全性を自動的に評価することで、迅速な判断と対応、2 次災害の回避につながられることを示した。さらに事前対応が可能な緊急地震速報と組み合わせることで、より一層の減災を目指すシステムとして活用できることを示した。

最後に第 5 章で論文のまとめを述べている。