

## 科学技術研究費補助金による研究開発

### - 1 建築物のリアルタイム残余耐震性能評価法の確立に関する研究

#### Development of real-time residual seismic capacity evaluation system for existing buildings

(研究期間 平成 14～16 年度)

構造研究グループ

Dept. of Structural Engineering

楠 浩一

Koichi Kusunoki

In order to reduce furthermore damage due to an aftershock and to reduce the number of refugee, a quick inspection on the damaged buildings must be carried out. However, the buildings have to be investigated one by one by engineers or researchers under the present situation. The judgement can vary according to the engineers' experiences and it takes long time to investigate all damaged buildings. This research aims to develop a new automatic and quick inspection system that has only few cheap accelerometers. This system makes it possible to indicate the safety level against an aftershock to inhabitants immediately.

#### 【研究目的及び経過】

大地震時には、多くの建物が被災し、その結果、多くの避難民を生む事となる。被災した建物の中には、その損傷ゆえに本震後の余震によって更に損傷が拡大し、建物内の人に甚大な 2 次被害を生じる可能性のあるものがある。また、それとは逆に、工学的な検証により、余震に対して十分な耐震性能を依然保有している建物に対しても、地震に対する恐怖心から住民が建物から避難し、その結果避難民の数を増加させる場合がある。余震による 2 次被害を低減するとともに、避難民の数を減らすためには、本震後の迅速な建物の応急危険度判定が必要不可欠である。しかし、現状では設計技術者あるいは研究者が目視で 1 棟ずつ応急危険度判定を実施しているのが現状である。判定に必要なとした期間も長く、判定建物数も充分とはいえない。また、目視に依るが故に技術者のレベルによって判定が大きくばらつくことが問題である。更に技術者による詳細な調査が必要となる「要注意」という灰色の判定が多く出され、この詳細調査には時間がかかり、その結果、住民の不安を早急に取り除くことができず、避難民の数を増やすこととなる。

そこでこういった問題を解決するために、本研究では、各建物に数台の安価な加速度センサーを配置し、その加速度センサー計測値から、機械的に建物の地震時の応答を計測し、地震後の残余耐震性能をリアルタイムで判定する技術の確立を目的とする。特に本研究ではその第一段階として、ねじれ振動等立体振動の卓越しない低層建物を対象としている。この技術により、本震直後には建物の安全性を住民に表示することが可能となる。

#### 【研究内容】

本装置は、図 1 に示すように、基本として 2 台の加速度計と 1 台の耐震性能評価装置からなる。地震時の建物応答および入力地震動を加速度計によって計測し、残余耐震性能、つまりどの程度の地震にまで堪えうる性能が建物に残っているかを瞬時に表示する装置である。この装置を用いることにより、建物の地震後の安全性について、ほぼリアルタイムに判定することが出来る。

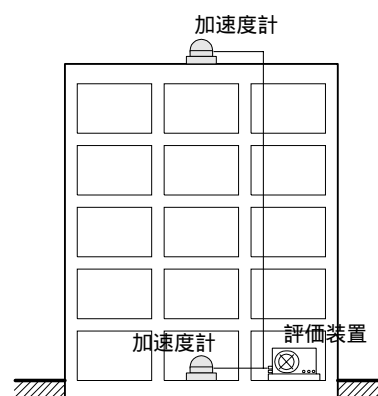


図 1 機器構成

判定は、計測された各層応答加速度から算出される建物の性能曲線と、計測された入力地震動から算出される要求曲線を比較することにより行う(図 2 参照)。

性能曲線とは、多質点系である建物の性状を、代表変位  $u$  と代表復元力  $S$  で表したものである。また、要求曲線とは、入力地震動の加速度応答スペクトルを縦軸に、変位応答スペクトルを横軸にとった曲線である。

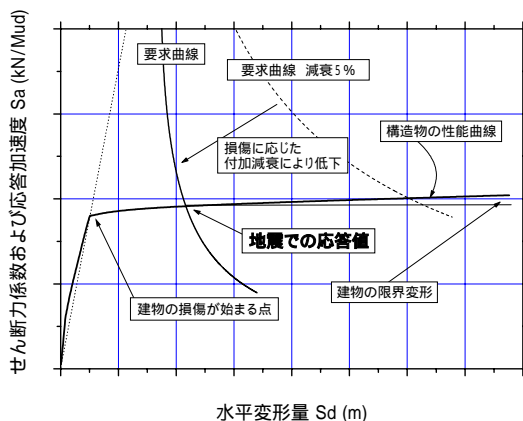


図 2 判定の概要

ここで、本震を超える余震は存在しないと仮定し、余震の発生機構等が本震と同じであると仮定すると、余震の最大の要求曲線は、本震の要求曲線と一致することになる。実際には、余震によって更に建物が損傷を受けた場合は、それに応じた履歴減衰が作用するため、要求曲線を低下することが出来る。しかし、一度損傷を受けた建物が、更に余震を受けた場合に生じる履歴減衰の大きさを精度良く推定する方法が現時点ではないため、本手法では安全側の判断として余震に対しては損傷によって生じる履歴減衰を考慮しないこととする。よって、最大の余震の要求曲線は 5% 減衰で求めた本震の要求曲線とする。建物の残余耐震性能は、建物の限界変形点とこの 5% 減衰での要求曲線を比較することによって算出することが出来る。建物の限界変形点での等価周期における性能曲線上の  $S_{ap}$  の値と、要求曲線状の  $S_{aq}$  の値の比  $S_{ap} / S_{aq}$  が 1 を上回る場合は余震に対して「安全」と判断でき、下回る場合は余震に対して「危険」と判断される。

【研究結果】

本装置に要求される重要な性能の一つとして、加速度計測値からの変位の算出が挙げられる。これにより、変位計を構造物に設置する必要がなくなる。しかし、加速度記録には計測誤差やノイズが含まれており、その大きさは小さいものの 2 階積分することにより変位の誤差は非常に大きくなる。そこで、Iwan 教授の提案する方法<sup>1)</sup>を元に、新たな積分法を提案した<sup>2)</sup>。この方法により、図 3 に示すように、比較的精度よく変位を加速度から算出することが出来る。

さらにこれまでの結果を用いて、想定する判定装置と同一の性能を持つ、判定装置試作機を作成し、平面鉄骨フレーム試験体を用いてその性能を検証した。試験体

は図 4 に示すように板ばねの柱・梁と集中質量を模擬した接合部からなる。極低降伏点鋼を用いることで、層崩壊形と全体崩壊形を模擬した。つまた、板ばねを取り外すことで、1~3 層の建物を実験した。その結果、図 5 に示すように、判定結果は計測変位を用いた性能曲線とほぼ一致し、本装置の有用性が確認された。

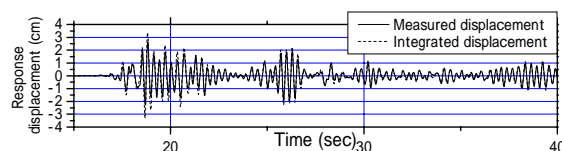


図 3 積分変位と計測変位

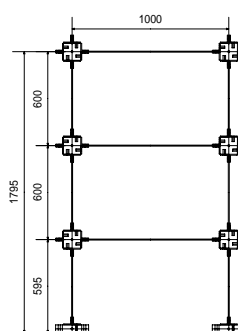


図 4 鉄骨平面フレーム試験体

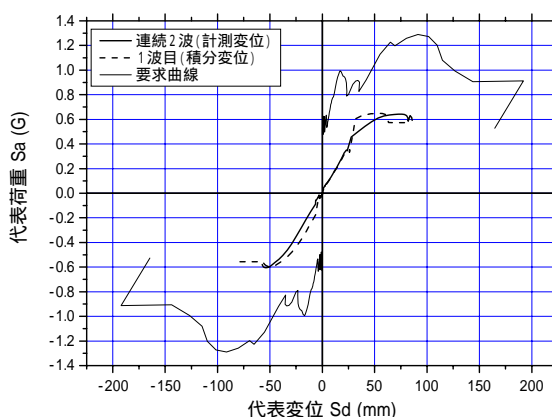


図 5 3 層建物 180% 入力での性能曲線

【参考文献】

- 1) Iwan, W. D., et al., Some Observations on Strong-motion Earthquake Measurement using a Digital Accelerograph, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 75, pp. 1255-1246, October, 1985,
- 2) 楠浩一・勅使川原正臣、リアルタイム残余耐震性能判定装置の開発のための加速度積分法、日本建築学会構造系論文集、569、pp.119-226, 2003