

加速度データを用いた建物の荷重－変形関係の推定

1915025 櫻庭 柗士

指導教員：崔 琥

加速度データ 台形積分法 Iwan 法
ウェーブレット 多重解像度解析 荷重-変形関係

1. 研究の背景および目的

大地震時には多くの建物が被災し、多くの被害者、避難民が出る。また、地震による損傷を受けた建物の中には安全が保障されず 2 次被害を引き起こす可能性がある。そのため、災害時には迅速な建物の応急危険度判定が必要となる。しかし、技術者が目視で 1 棟ずつ応急危険度判定を行うため、判定期間の長期化および判定のばらつきが問題である。

そこで本研究では、建物に設置した加速度センサーから地震時に建物が経験した荷重－変形関係を把握し、建物の被災度がリアルタイムで評価できる残存耐震性能評価システムを開発することを主目的とする。本論文では、第 1 段階として、加速度データから荷重－変形関係を推定することを試みた。

2. 加速度データから変位算出

建物の変位は加速度を 2 回積分することで求められる。本研究では台形積分法、Iwan 法^{1),2)}、ウェーブレット変換法^{3),4)}の 3 つの手法を選択した。図 1 に本研究で入手した 3 つの加速度波形を示す ((a)縮小 RC フレームの振動台実験、(b)組積造試験体の振動台実験、(c)実大 5 階建て RC 建物の振動台実験)。加速度データは、変位算出結果と比較するための計測変位データが存在する振動台実験から厳選した。

2.1 台形積分法を用いた変位算出

この手法は積分区間を台形に切り取り面積を求める最も単純な数値積分法の 1 つであり、それらの面積の累積値が積分結果となる。ノイズや基線ずれなどの影響によって、変位波形が大幅に発散した (図 2)。

2.2 Iwan 法を用いた変位算出

台形積分法の積分誤差を除去する手法として Iwan 法を用いた。ここでは、加速度波形の変動に着目して 3 区間に分割したのちに、各区間での補正値を求めた。この手法による変位波形も発散する結果となった (図 3)。

2.3 ウェーブレット変換法を用いた変位算出

ウェーブレット変換法とは、信号を時間と周波数の両面から同時にとらえる時間周波数解析の 1 つである。本手法は、連続変換と離散変換の 2 種に大別され、本研究では離散変換における離散多重解像度解析を使用した。図 4 に離散多重解像度解析の概念図を示す。離散多重解像度解析では、解析対象に対してマザーウェーブレットと呼ばれる波を選択し、その波をスケール (伸縮) またはトランスレート (平行移動) させることで、解析対象の波形を分解する。解析対象のデー

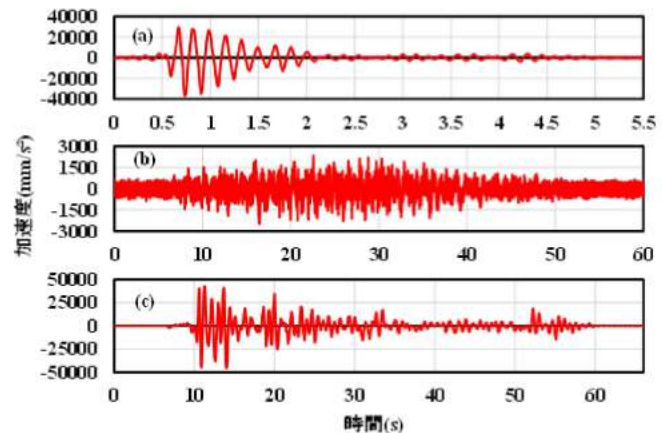


図 1 本研究で用いた加速度波形

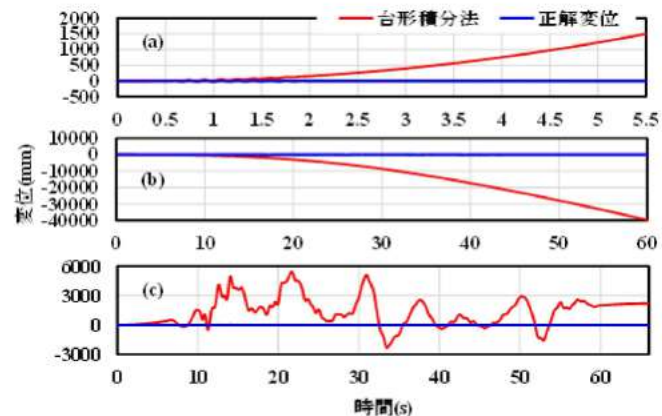


図 2 台形積分法による変位波形

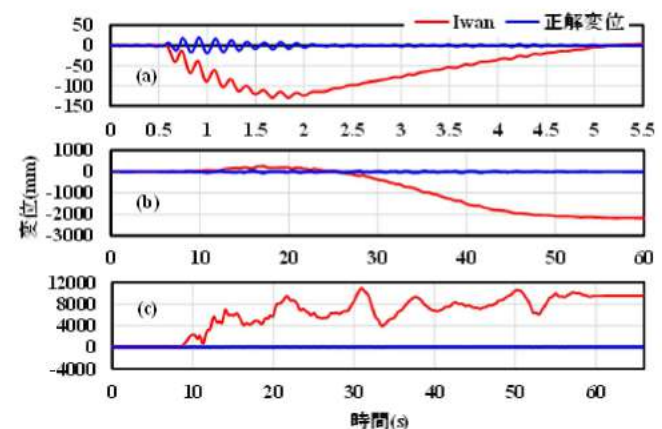


図 3 Iwan 法による変位波形

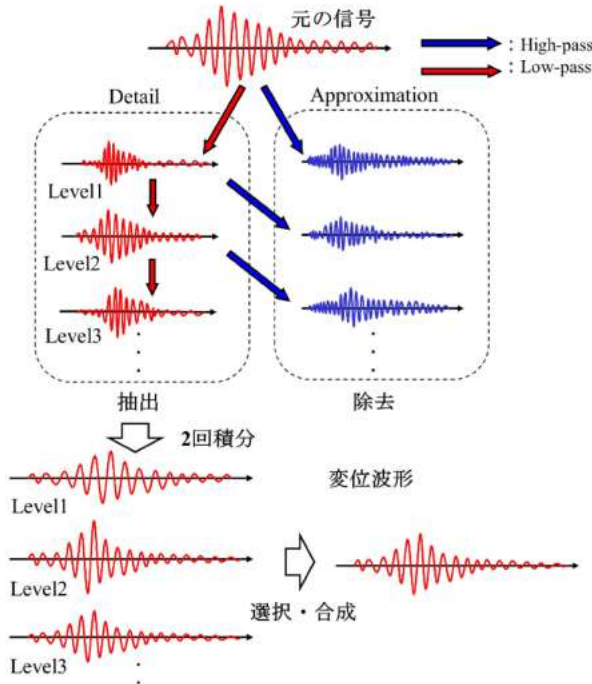


図4 離散多重解像度解析の概念図

タ数に従ったレベル数に分解された後、必要な特徴のみを保持した信号 Detail 係数と発散成分を含んだ Approximation 係数に分けられる。全レベルの Detail 係数を台形積分によって 2 回積分し変位を求め、必要レベルのみを足し合わせることで発散を抑えた変位波形を作成することができる。この手法では、発散を抑えながら実際の変位波形の大きさや位相を精度よく評価できた (図 5)。

3. 加速度データから建物の荷重-変形関係の推定

実大 5 階建て RC 建物の振動台実験から得られた 4 回の加振データ (60%, 100%, 125%1 回目, 125%2 回目, 図 1 の(c) は 125%1 回目のデータ) を用いてウェーブレット変換で算出した変位を図 6 に示す。すべてのデータにおいて実際の変位を精度よく評価できた。また、荷重は加速度に質量を掛けることで算出できるが、実際の質量を考慮しても、仮に質量を 1 とみなし荷重の代わりに加速度を用いても荷重-変形関係の形は変わらないため、質量を 1 と仮定した荷重-変形関係を図 7 に示す。ウェーブレット変換手法を用いることで、加速度データから建物の荷重-変形関係を精度よく評価できた。

4. まとめ

本論文では、加速度データから建物の荷重-変形関係を推定することを試みた。以下にその知見をまとめる。

- ① 台形積分法, Iwan 法では、変位波形が大幅に発散したが、ウェーブレット変換法では変位を精度よく評価できた。
- ② ウェーブレット変換手法を用いて、加速度データから建物の荷重-変形関係を精度よく評価できた。

今後、ウェーブレット変換手法の評価精度を向上されるとともに、荷重-変形関係から建物の被災度を瞬時に判断できるシステムを高知する予定である。

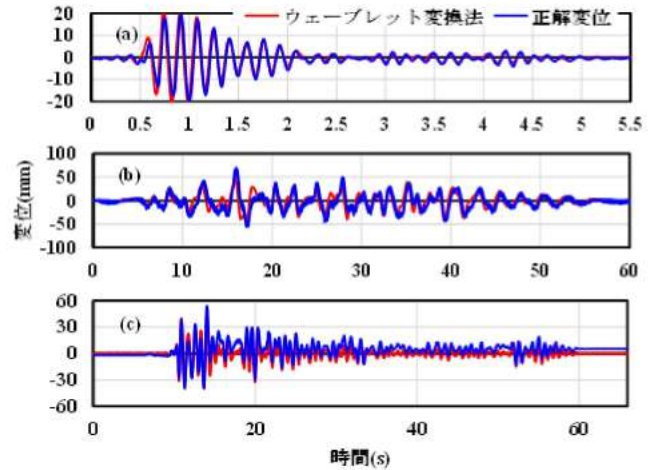


図5 ウェーブレット変換法による変位波形

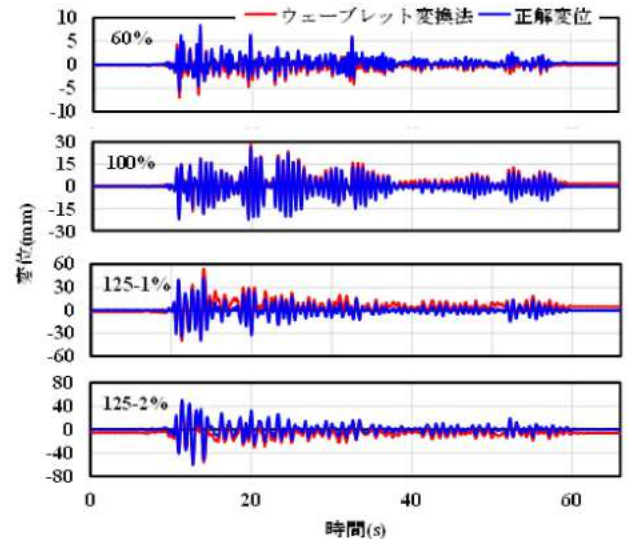


図6 (c)のウェーブレット変換による各変位波形

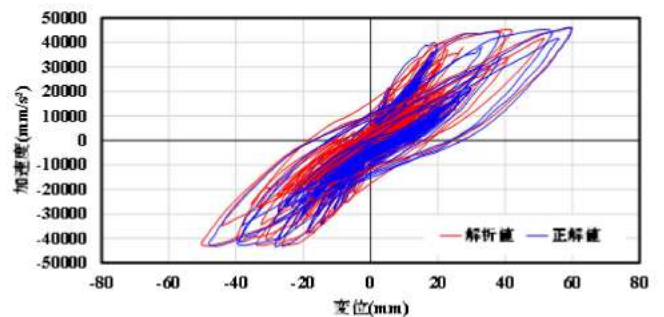


図7 荷重-変形関係の比較

【参考文献】

- 1) 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, 2003.7
- 2) Wilfred D. Iwan ら: Bulletin of the Seismological Society of America, 1985
- 3) 榑原進:ウェーブレットビギナーズガイド, 東京電機大学出版局, 1995.5
- 4) 川村学ら: 加速度計を用いた実構造物の性能曲線算出法に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 2013.6
- 5) 浅井竜也ら: RC 造建物の降伏変形評価手法の提案とその振動台実験に基づく検証, 日本建築学会構造系論文集, 2022.5