

# 解体時の実大振動実験と常時微動に基づく在来木造軸組住宅の振動特性に関する研究

名古屋大学工学部社会環境工学科  
建築学コース飛田研究室 藤井智規

## 1. 背景と目的

1995年1月に起きた兵庫県南部地震の教訓から、同年12月に耐震改修促進法が施行された。この法による耐震改修の主な対象建物は、1981年以前に建てられた、新耐震基準を満たしていない不特定多数が利用するある程度の規模以上の既存不適格建築物である。一方在来木造住宅は兵庫県南部地震において特に被害が大きく、倒壊などにより多くの人命が失われた。これらの既存不適格建築物の耐震化の動きが各地で行われているが、進行状況は芳しくない。木造軸組構造の特徴として雑壁などの非構造部材が振動特性に大きな影響を与え、耐震性にも影響することが既往の研究で示されているが、定量的に明確にされておらず、そのため改修の指標になり難い。本論では、実際の木造住宅に対して非構造部材の性能を評価できるように目的に応じた解体を行い、その段階毎に振動実験を行うことにより、各部材が振動特性に与える影響を把握する。また、建物の振幅依存性と実験方法や分析方法により変化する特性の評価について、各評価の適用性を検討する。

## 2. 対象建物及び実験の概要

実験対象建物は1971年に建てられた2階建ての木造軸組構造住宅である。基礎構造は鉄筋コンクリートの連続布基礎である。上部構造は防腐・防蟻処理した土台と基礎がアンカーボルトで緊結されており、その上に柱・梁が組み、簡単に金具で固定されている。耐震上重要な筋交いは随所に配置されているが、柱や梁への固定が十分にされておらず、また同じ向きの筋交いのみで一方に弱い箇所もある。

本実験では非構造部材が振動特性に与える影響を把握するため、解体を4段階(ケース)に分けて常時微動計測、周波数スイープ加振実験、自由振動実験などを行った。起振機は屋根裏(R)階中央に設置し、収録には動コイル型微動計とサーボ型加速度計を用いた。表1に各解体段階の状況を、図1に対象建物の平面図及びセンサー配置図を示す。スイープ加振実験では起振機を用いて1Hz~12Hzの範囲を毎秒0.01Hzで周波数を上昇・下降させた。自由振動実験では起振機を用いて固有振動数で共振させた後に急停止して自由振動させた。

## 3. 振動特性に関する分析

常時微動計測から求めた各解体段階のRF/1F伝達関数の推移をEW(長辺)・NS(短辺)各方向について図2に示す。この図より、解体段階が進むにつれて固有振動数が減少している。ピーク振幅はEW方向では段階が進むにつれて増加し、NS方向ではケース2のときが最大で、それを除けば概ね段階が進むにつれて増加する傾向が見られる。詳しい解体状況と併せて考察すると、まずケース1からケース2では東西の平屋が撤去され、EW・NS方向ともに固有振動数が低下し、ピーク振幅が増加している。次にケース

2からケース3では筋交いの入っていない雑壁が撤去され、EW方向の壁量が大きく低下し、EW方向の固有振動数の減少の割合が大きい。また、R階の東側と西側が異なった固有振動数をもつようになり、R階中央で記録された図中のNS方向の伝達関数は2つのピークを示している。最後にケース3からケース4ではEW方向とNS方向の筋交いの一部を撤去し、固有振動数はともに減少している。

次に、スイープ加振実験より各段階のR階の加振力に対する共振曲線を図3に示す。非構造部材が撤去されることにより建物の剛性が低下していることが、長周期化していることからわかる。図2と図3を比較すると、同じ解体段階のとき、強制加振による共振曲線の方が固有振動数は低下することがわかる。これは強制加振によって振動振幅が大きくなり、接合部に影響が出ると考えられる。

表1 各解体段階の建物概要

段階	建物概要	重量 (kN)	面積 (㎡)	備考
1	解体前		189.25	2階の面積は78.67㎡、以下不変
2	東西平屋撤去	240.0	93.38	
3	1階雑壁撤去	223.9	93.38	筋交いが入っていない雑壁の撤去
4-1	1階大部分の壁撤去	219.8	93.38	
4-2		240.3	93.38	2階床に2t載荷
4-3		240.3	93.38	NS方向に引き綱試験

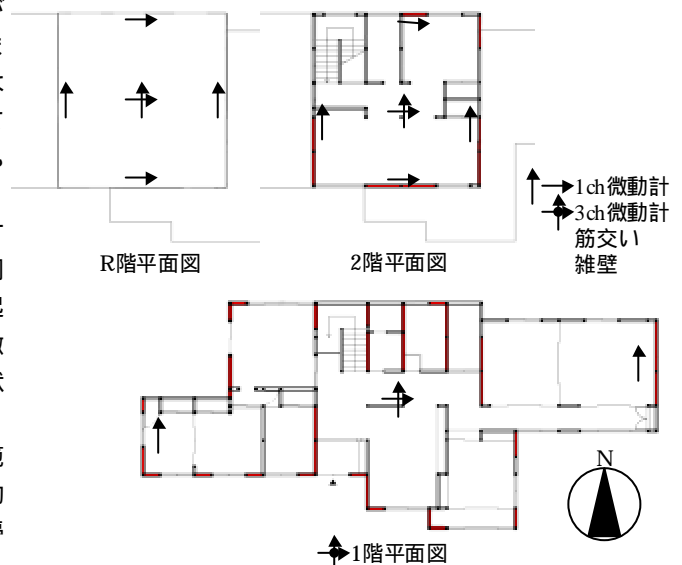


図1 対象建物平面図及びセンサー配置図

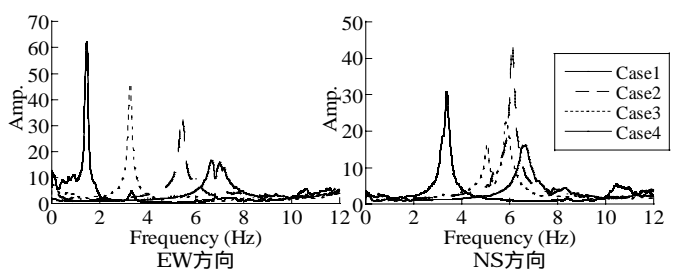


図2 各解体段階の伝達関数の推移

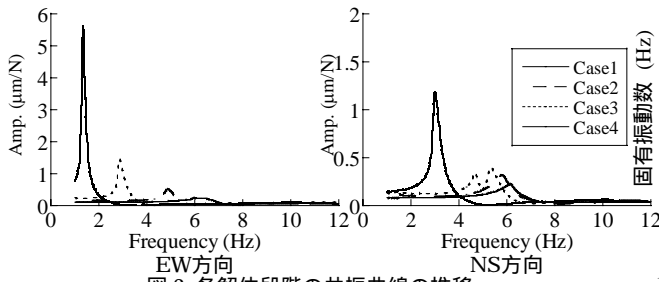


図3 各解体段階の共振曲線の推移

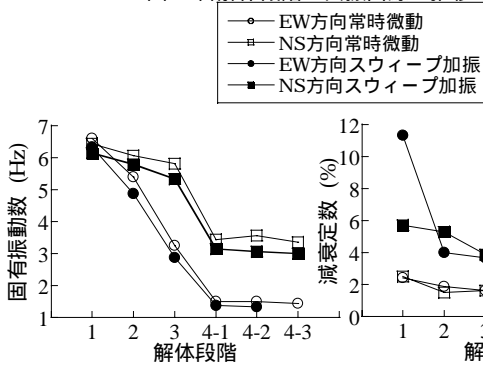


図4 各解体段階の固有振動数と減衰定数の変化

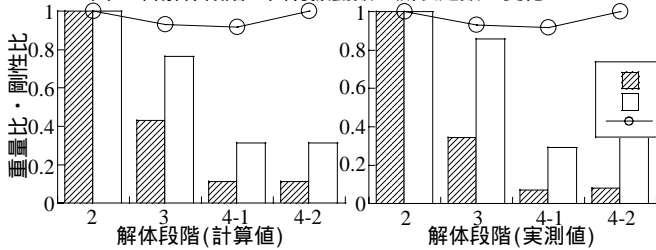


図5 各解体段階の重量比及び1階剛性比

各解体段階の常時微動伝達関数とスイープ共振曲線から求めた固有振動数と減衰定数のまとめを図4に示す。図4より、固有振動数はスイープ加振の方が常時微動より1割程度減少し、減衰定数常時微動の場合2~3%、スイープ加振の場合概ね3~5%となる。建物のケース2からケース4(2t 載荷前)までの解体段階のケース2に対する重量比と1階の剛性比を図5に示す。木材の特徴である部材の軽さのため、剛性の低下に比べて重量の低下の割合が小さい。

#### 4. 振幅依存性の検討

自由振動実験において、R 階中央で記録された変位波形から、3 波区間毎にゼロクロッシング法及び対数減衰率より固有振動数と減衰定数を求める。その結果の一例としてケース2における固有振動数及び減衰定数の振幅依存性を図6に示す。そして時刻歴自由振動波形を図7に示す。固有振動数は振幅が小さくなるほど増加する一方、減衰定数は減少するという振幅依存性が確認される。EW 方向の5~10 μm の範囲で減衰定数が低下しないのは、近接固有振動数が存在するとき起こる現象である。2 方向の自由振動で振動エネルギーが相互に受け渡しされうなりが生じるためと考えられる。また、微小振幅時では固有振動数と減衰定数のばらつきが大きいので、適切な評価を行うためには振幅レベルを考慮に入れる必要がある。

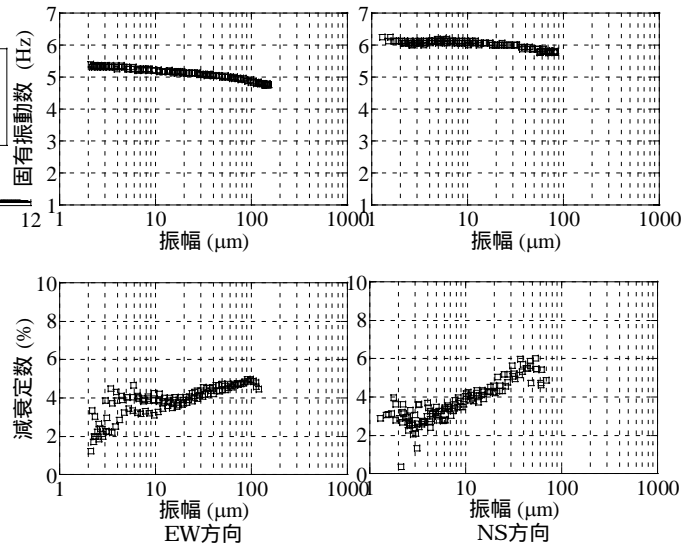


図6 ケース2の振幅依存性

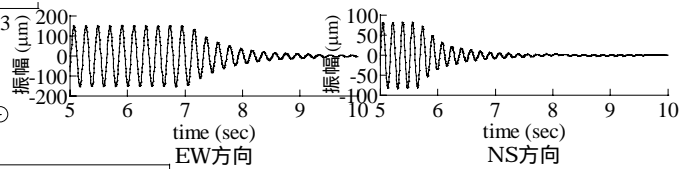


図7 ケース2の自由振動波形

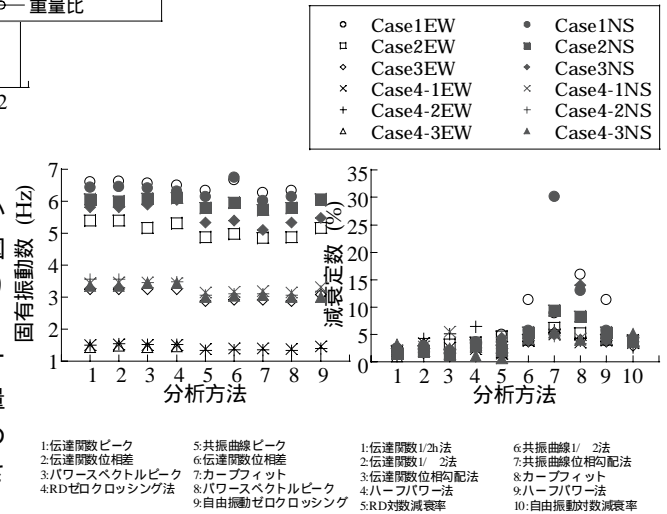


図8 分析方法と固有振動数・減衰定数

#### 5. 分析方法が評価値に与える影響

固有振動数・減衰定数の分析方法による差を図8に示す。この図より、固有振動数はどの推定法でもほぼ同様の結果が得られる一方、減衰定数はばらつきがあることがわかる。特に近接固有振動数がピーク値付近に存在し、減衰定数を過大評価している場合があった。このことから実験や分析方法の特徴をよく考慮して評価を行うことが必要といえる。

#### 6. まとめ

本論文では木造住宅の各解体段階の振動特性に関して検討を行った結果、非構造部材の剛性と固有振動数に大きな相関があることが確認された。今後、部材剛性を既往文献や建物の状態から求めて全体剛性を考察し、それによる固有振動数と実験から得られたものとを比較検討する。

- 1:伝達関数ピーク
- 2:伝達関数位相
- 3:パワースペクトルピーク
- 4:RDゼロクロッシング法
- 5:共振曲線ピーク
- 6:伝達関数位相差
- 7:カーブフィット
- 8:パワースペクトルピーク
- 9:自由振動ゼロクロッシング
- 1:伝達関数1/2法
- 2:伝達関数1/2法
- 3:伝達関数位相配法
- 4:カーブフィット
- 5:RD対数減衰率
- 6:共振曲線1/2法
- 7:共振曲線位相配法
- 8:カーブフィット
- 9:ハーフパワー法
- 10:自由振動対数減衰率