

伝統木造社寺建築物の耐震性能に関する実験

その1. 建物概要と振動実験結果

正会員	○菅野 貴孔* ⁵	同	小野 徹郎* ¹
同	亀山 義比古* ²	同	井戸田 秀樹* ³
同	佐藤 篤司* ⁴	同	羽生田 善将* ²

伝統木造社寺建築物	振動実験	固有周期
減衰定数	加速度応答倍率	三河地震

1. 序

日本には数多くの伝統木造社寺建築物が存在する。構造的な特徴として貫架構、差し鴨居付独立柱、小壁付独立柱等で構成される。しかし、木組みの複雑さや木材の不均質性・不確定性など、詳細な構造解析が極めて難しく、その結果、永年にわたる大工棟梁の知恵が積み重なって築かれてきた構法であるため、構造力学的にその特性を定量的に把握することが難しい。また、壁量規定に基づく現行の木造建築物の耐震性能評価法は耐力壁に支配され、伝統木造建築物には対応していない。これまで、伝統木造社寺建築物の実物載荷実験はほとんど例がない。

本研究では、祐正寺本堂（愛知県幡豆郡）及び新福寺本堂（静岡県浜名郡）の解体を受けて、伝統木造社寺建築物の振動実験及び実物水平加力実験を行い、伝統木造社寺建築物の構造性能、対水平力機構の把握及び耐震性能を明らかにすることを目的とする。本報では、本堂の概要と振動実験結果について述べる。

2. 実験計画

2-1. 本堂の概要

祐正寺本堂（浄土真宗、写真1）は、江戸時代中期（寛保4年）に建立された。本堂は、伝統的な木造平屋建て（入母屋造り、棧瓦葺）であり、南北方向には、ほぼ対称な形状をしている。平面形状は七間四面（約13.5m×13.5m）で内陣、両余間、柵内、外陣で構成されている。特徴的な構法として虹梁差し軸組、土塗り小壁がある。立面形状は、棟高約11.5m、軒高約5m（GLから）である。建物重量は約100tである。

新福寺本堂（曹洞宗、写真2）は、江戸時代中期に建立された。本堂は、伝統的な木造平屋建て（寄棟造、棧瓦葺）である。平面形状は六間取（約13.7m×12m）で内陣、室中、大間、次の間、広縁で構成されている。特徴的な構法として土塗り真壁がある。立面形状は、棟高約10.6m、軒高4.7m（GLから）である。建物重量は約77tである。

2-2. 振動実験

起振器と加速度計の配置の基本的考え方は、祐正寺本堂及び新福寺本堂とも同じで、ここでは新福寺本堂における起振器と加速度計の配置図を図1に示す。振動実験では、小型起振器（サンエス製、最大加振力0.31kN、最大変位150mm^{p-p}、最大速度100cm/s、可動部支持方式：リニアスライド、総重量48kg）4台を桁梁上に設置して加

振した。加速度計は図1に示すように6台配置した。建築物の動的な特性である固有周期、減衰定数を得るため、水平加力実験前及び水平加力によって層間変形角1/200rad、1/120rad、1/60rad及び1/30radの損傷を与えた後、除荷して共振振動実験及び自由振動実験を行った。水平加力を建物に与えた後の振動実験は、貫のめり込みなどの損傷による振動特性の変化を見るためである。各振動実験内容を以下に示す。

(a)共振振動実験

両寺院とも4台の起振器を同位相で加振するX、Y方向並進振動実験と、逆位相で加振するねじれ振動実験を実施した。共振曲線はX方向、Y方向とも0.8~15Hzの振動数で行った。この実験から固有周期を推定する。

(b)自由振動実験

共振振動状態において、加振信号を切断することにより加振力を急停止し、自由振動に移行させ、その減衰振動波形から隣り合う1周期ごとの振幅の比率から算出する対数減衰率を用いて減衰定数を求める。



写真1 祐正寺本堂正面

写真2 新福寺本堂正面

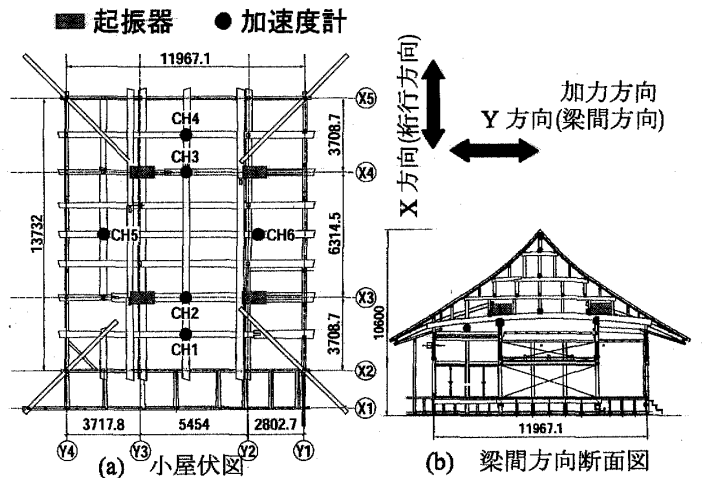


図1 新福寺本堂の振動実験装置配置図

3. 振動実験結果

3-1. 固有周期、減衰定数

表 1 及び表 2 に共振振動実験及び自由振動実験より得られた固有周期、減衰定数を示す。固有周期は、祐正寺本堂の方が新福寺本堂に比べ固有周期が短い。これは、祐正寺本堂の方は虹梁があり、小壁厚も大きいことに影響される。祐正寺本堂では X 方向より Y 方向、新福寺本堂では Y 方向より X 方向の方が固有周期は長い。これは、小壁量や虹梁の大きさの違いによるものである。ねじれ起振の固有周期は、祐正寺本堂の方が短いことからねじれ剛性は祐正寺本堂の方が大きい。

水平加力後の固有周期は、祐正寺本堂については水平加力を与えてもほぼ同程度であった。これは、経年変化や三河地震によって接合部におけるめり込みがすでに履歴として生じていたと考えられる。新福寺本堂については水平加力を与えるごとに固有周期が大きくなっている。

減衰定数は、水平加力実験前において、祐正寺本堂は X 方向、Y 方向ともほぼ同じであった。新福寺本堂は Y 方向が X 方向の 2 倍程度の大きさであった。水平加力後の減衰定数は、祐正寺本堂、新福寺本堂とも繰り返すごとに小さくなっている。

3-2. 加速度応答倍率

図 3 及び図 4 は水平加力実験前の X 方向・Y 方向加振及び層間変形角 1/60rad 損傷を与えた後の Y 方向加振の加速度応答倍率と固有周期の関係のグラフである。損傷を与えた後の共振値での加速度応答倍率は、無加力時と比べ小さくなっている。祐正寺本堂では 0.55sec、新福寺本堂では 0.61sec あたりに別のピークが見られるが、これは部材レベルで共振を示している。両本堂とも CH3、CH4 が高くなっており、その周辺の骨組が共振していると考えられる。

祐正寺本堂において既往の研究²⁾によると、幡豆町の祐正寺のある地盤の微動による卓越周期が 0.3sec~0.5sec 程度であると報告されている。従って、図 3 の祐正寺本堂の振動実験結果から推察すると三河地震時の加速度応答倍率はほぼ 1 前後と考えられる。三河地震の場合、陸域の直下地震であるため比較的短い周期 0.4sec~0.6sec が卓越し、長周期である祐正寺本堂の応答は小さかったと考えられる。

4. 結論

- 1)固有周期は、祐正寺本堂では加力による変化はなかったが、新福寺本堂では加力による変化は見られた。
- 2)減衰定数は、両本堂も加力するごとに低下した。
- 3)三河地震において、祐正寺本堂が長周期であったため加速度応答倍率はほぼ 1 前後であった。

*1 名古屋工業大学大学院社会工学専攻 教授 工博
 *2 亀山建設株式会社
 *3 名古屋工業大学大学院社会工学専攻 助教授 工博
 *4 名古屋工業大学大学院社会工学専攻 助手 工博
 *5 名古屋工業大学大学院社会工学専攻 修士課程

表 1 振動実験結果 (祐正寺本堂)

振動方向	固有振動数 (Hz)	固有周期 (sec)	減衰定数 h
X方向並進	1.130	0.885	0.035
Y方向並進	1.279	0.782	0.037
Y方向ねじれ	1.331	0.751	0.038
Y方向並進(1/200)	1.221	0.819	0.051
Y方向並進(1/120)	1.221	0.819	0.046
Y方向並進(1/60)	1.213	0.824	0.042

表 2 振動実験結果 (新福寺本堂)

振動方向	固有振動数 (Hz)	固有周期 (sec)	減衰定数 h
X方向並進	1.126	0.888	0.038
Y方向並進	0.971	1.030	0.076
Y方向ねじれ	1.077	0.929	0.050
Y方向並進(1/200)	0.971	1.030	0.091
Y方向並進(1/120)	0.945	1.059	0.065
Y方向並進(1/60)	0.906	1.104	0.051
Y方向並進(1/30)	0.898	1.113	0.048

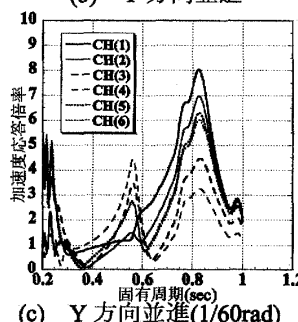
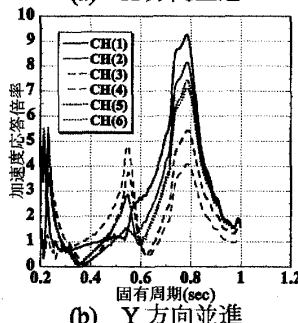
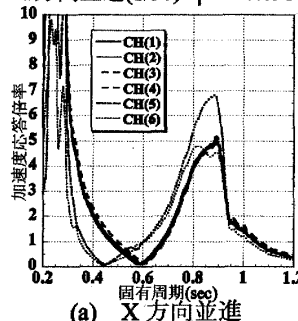


図 3 加速度応答倍率 (祐正寺本堂)

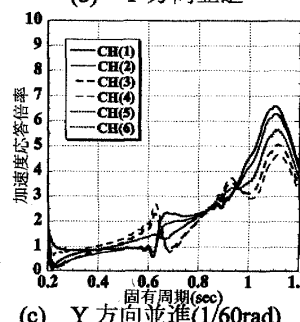
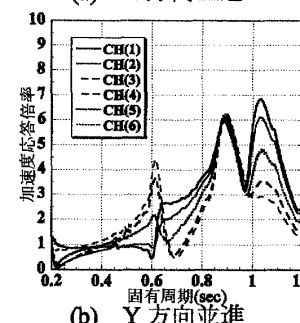
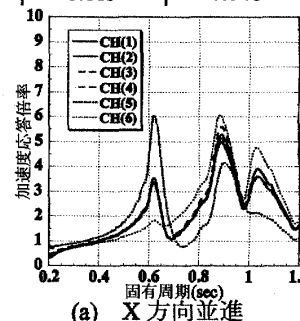


図 4 加速度応答倍率 (新福寺本堂)

参考文献

- 1)青木、小浜、高岸：伝統木造社寺建築物の動特性調査、日本建築学会東海支部研究報告集、p261-p264,2004.2
- 2)飯田淑事：昭和 20 年 1 月 13 日三河地震の震害と震度分布、飯田淑事教授論文選集 東海地方地震・津波災害誌、1985