

社寺建築物の耐震改修工事の過程における段階的常時微動計測

正会員 ○藤井 智規*¹ 同 飛田 潤 *²
同 福和 伸夫*³

伝統木造 社寺 耐震改修
常時微動 固有周期 荷重

1. はじめに

耐震改修工事を進めている伝統木造の社寺建築物を対象に、工事前及び工事中の各段階における常時微動計測を実施中である。これまでも耐震改修前後の計測により振動特性の変化や耐震性向上の確認を行っている¹⁾が、工事途中の各段階を追って継続的に計測することにより、旧部材の撤去や新たな耐震要素の付加による特性の変化を詳細に検討できる。本論では、工事前から屋根と土壁の撤去後までの結果について述べる。

2. 建物と耐震改修工事の概要

対象建物は愛知県豊田市に立地する如意寺本堂である。概要を表 1、正面外観を写真 1、平面及び断面図を図 1, 2 に示す。建物は、一般的な真宗大谷派の様式を継承した社寺建築物であり、江戸時代後期に建てられ、2009 年の耐震補強工事の着工前までに何度か修理が行われている。屋根瓦は 1972 年に葺替えられた棧瓦で、下地には葺き土が用いられている。屋根瓦は数十年おきに葺替えられるため、建立当時とは仕様が異なることが多い。そのほかには、本堂正面両脇及び南側背面に軒先の垂れを防止するための鉄骨柱が加えられている。なお、敷地は矢作川支流の川沿いにあり、地盤は硬質である。

耐震改修による構造的な変更を表 2 にまとめて示す。工事は 2009 年 10 月に開始され、2011 年 4 月完了予定である。「屋根撤去後」(2010 年 2 月初頭)とは、瓦、葺き土、野地板を撤去し、同時に床組も撤去した段階である。また「壁撤去後」(2 月中旬)は、内陣の一部を除くほぼ全ての土壁を撤去した段階である。

この後、基礎は礎石立ちから全面ベタ基礎として一体化し、床下の足固めと緊結する。壁は土壁部分を全て格子壁に変更し、壁が不足する正面隅角部には格子壁を追加する。



写真 1 本堂外観

加する。小屋裏では小屋組を筋交い補強し、格天井の真上で水平補強を行う。屋根は軽量化を図るため葺き土を用いない棧瓦の空葺き工法とする。その他、既設鉄骨柱を撤去して軒先の垂れを防止するために桔木を追加する。

表 1 建物の概要

建物名称	如意寺 本堂	屋根形式	入母屋
宗派	真宗大谷派	瓦	棧瓦+土
所在地	愛知県豊田市	建立年	1823
表層地盤	洪積層	建物高さ (m)	13.2
基礎	礎石	床面積 (m ²)	383.8
		屋根面積 (m ²)	1033.3

表 2 各段階の本堂の仕様

工事段階	計測日	基礎	床下	壁面	屋根
工事前	2009/10/13	礎石	大引,根太	土壁	棧瓦,葺土
屋根撤去中	2010/ 1/20	〃	解体中	〃	解体中
屋根撤去後	2010/ 2/ 3	〃	解体後	〃	撤去後
壁撤去後	2010/ 2/19	〃	〃	解体後	〃
工事後	2011/4 予定	ベタ基礎	床下補強	格子壁補強	棧瓦(空葺き)

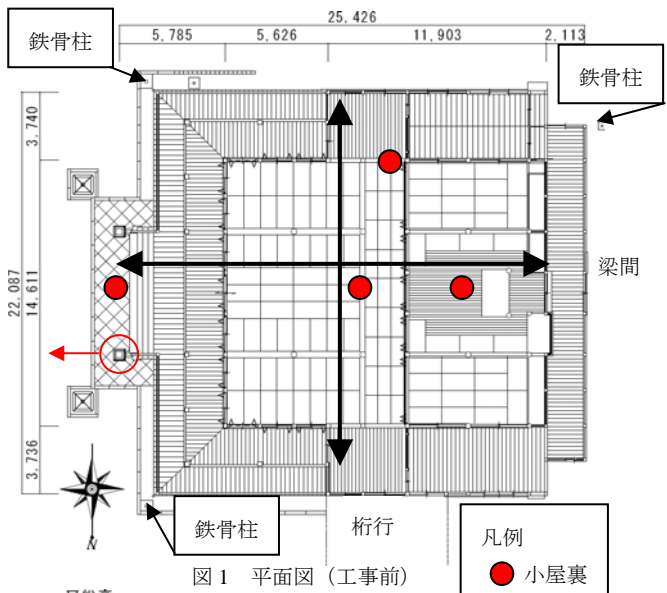


図 1 平面図 (工事前)

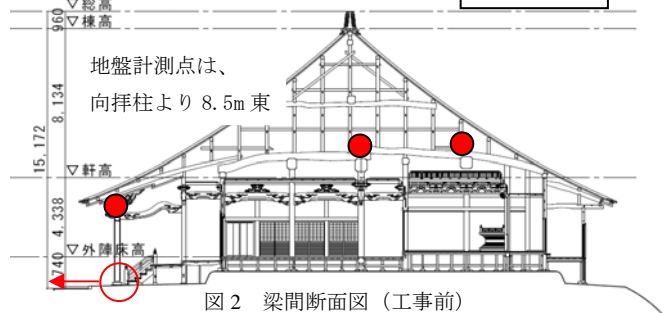


図 2 梁間断面図 (工事前)

3. 常時微動計測による振動特性の変化の検討

常時微動計測には動コイル型 3ch 速度計（以下、微動計）を用い、図 1 に示す配置とした。工事の状況により設置位置が多少異なるケースもある。1 回の計測時間は 30 分間、100Hz サンプリングでデータ収録した。

図 3 に地盤の H/V スペクトルを示す。当該敷地は 2.5m 以深で N 値 50 を越える砂礫層となる硬質な地盤であり、表層地盤の卓越周期は明確でない。

図 4 に、各計測ケースの張間・桁行方向の平均フーリエスペクトルをまとめて示す。位置は小屋裏中央である。またピーク位置から求めた 1 次固有振動数を表 4 に示す。これより、屋根撤去により固有振動数は大きくなるが、壁を撤去することで低下し、工事前に近くなっている。

スペクトルの振幅は、屋根撤去後に 1 桁大きくなっている。図は省いたが、地盤に対する小屋裏の伝達関数は位相の乱れが大きく、コヒーレンスも小さいため、地盤入力による応答が主とはなっていないと考えられる。また、小屋の複数の計測位置でのスペクトル特性は、屋根の撤去後は場所によりかなり異なっており、小屋の一体性が低下していることがうかがえる。

4. 荷重の検討

改修工事の進捗に伴う振動特性の変化を検討するため、固定荷重を評価した結果を表 5 に示す。棧瓦と葺き土は、解体時に一部の質量を測定し、面積換算して屋根全体の値を算出した。棧瓦は 665N/m^2 、葺き土は平部分の厚みが 60mm で 362N/m^2 であった。棟及び降り棟の部分や、大鬼、隅瓦等の鬼瓦の質量は未測定だが、棟熨斗(9.8N/枚)の枚数を算出し、職人へのヒアリングにより一般的な本堂に用いる土の全体積や鬼瓦の質量を概算して、まとめて「役物瓦」とした。また、厚さ 80mm の乾燥土壁²⁾の垂壁部分の面積から「土壁」の欄に、小屋組、桁、虹梁、柱の上半分等の体積の合計に便宜的に一律の密度 $0.5(\text{kg} \times 10^3/\text{m}^3)$ を乗じた値を「木部」の欄に示した。表 5 中の「工事前」は全荷重の合計、「屋根撤去後」は土壁と木部の合計、「壁撤去後」は木部のみの値を示す。

以上の値を用いて、工事前に対する質量の比の逆数の平行根を表 4 に追記した。これより、屋根の撤去に伴う固有振動数の増加は、屋根質量の低下から期待されるよりかなり小さく、剛性も工事前から屋根撤去後の間で低下していることが推測される。

この理由として、建物全体の 72% を占める屋根荷重が低減されたとき、和小屋で構成されている小屋組の剛床（一体性）が成り立たなくなったことが考えられる。また、柱軸力が低下

したことによって、建物全体の接合部が緩み、剛性が低下したとも考えられる。

5. まとめ

伝統木造建築物の耐震改修工事に伴う継続的な微動観測により、様々な状態の構造特性を検討することができた。本報告の範囲では、屋根荷重の影響が大きいことが明らかになった。今後も工事の各段階での計測を続ける予定である。

【参考文献】

- 1) 藤井ほか：常時微動計測に基づく社寺建築の移築・耐震補強に伴う振動特性の変化、日本建築学会大会、B-2、2009.8.
- 2) 建築物荷重指針・同解説、日本建築学会、2004.

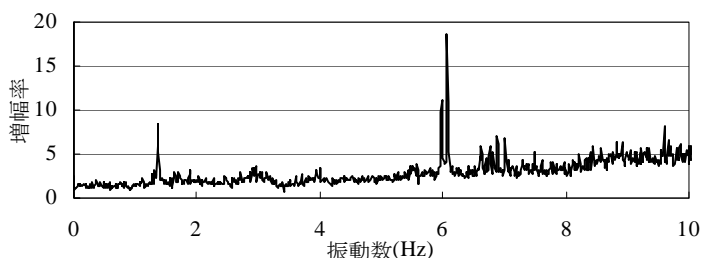


図 3 地盤の H/V スペクトル

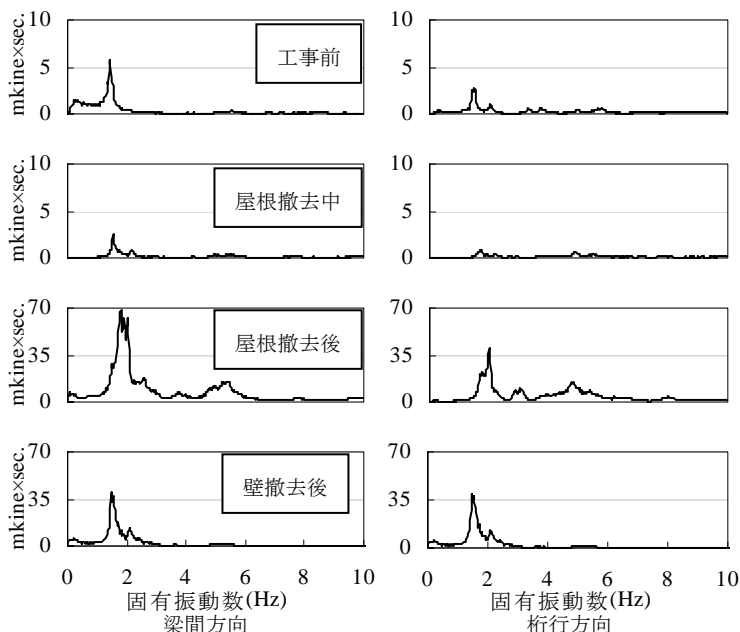


図 4 平均速度フーリエスペクトルのまとめ

表 4 建物の 1 次固有振動数

	本堂の状態	固有振動数 (Hz)	工事前との 振動数比	$\sqrt{\frac{m(\text{工事前})}{m(\text{各段階})}}$	建物の固定荷重	
					部位	荷重 (kN)
梁間	工事前	1.42	—	1.00	棧瓦	686.9
	屋根撤去中	1.54	1.09	—	葺き土	374.0
	屋根撤去後	1.81	1.28	1.90	役物瓦	84.5
	壁撤去後	1.46	1.03	2.13	土壁	92.4
桁行	工事前	1.49	—	1.00	木部	348.8
	屋根撤去中	1.71	1.15	—	工事前	1586.6
	屋根撤去後	2.00	1.34	1.90	屋根撤去後	441.2
	壁撤去後	1.76	1.18	2.13	壁撤去後	348.8

*1 魚津社寺工務店・修士(工学)

*2 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授・工博

*3 名古屋大学大学院環境学研究科・教授・工博

*1 Uotsu Shaji Corporation, M.Eng

*2 Assoc. Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.

*3 Prof., Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.