

伝統木造社寺建築物の耐震性能評価
その1. 実伝統木造社寺建築物の復元力特性

伝統木造社寺建築物 復元力特性 耐震性能
耐震要素

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

1. 序

伝統木造社寺建築物の耐震要素として貫などのめりこみ、小壁付き独立柱及び柱傾斜復元力特性などがある。これらは多くの実験などにより復元力特性の基本は一応明らかになっているが、現実の寺院でどの程度これらの耐震要素が骨組の復元力特性に寄与しているかを検討している研究は少ない。

本報では、耐震要素別に復元力特性を算定し、既報 1) で示される実伝統木造社寺建築物の水平加力実験の結果と比較して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。

2. 水平加力実験の概要

図 1 に祐正寺本堂の平面図を、図 2 に新福寺本堂の平面図を示す。寺院の概要を表 1 に示す。樹種は主として、祐正寺本堂、新福寺本堂ともに柱はヒノキ（ヤング係数：8,820N/mm²）、横架材はマツ（ヤング係数：7,840N/mm²）である。実験装置は図 3 に示す。

祐正寺本堂は、層間変形角 1/30rad で最大水平力 163.05kN を示し、新福寺本堂は層間変形角 1/15rad で 70.05kN を示した。

表 1 検討建物の概要

	平面	棟高	軒高	概算建物重量 [kN]
	[m]			
祐正寺	13.5×13.5	11.5	5	1000
新福寺	13.7×12	10.6	4.7	770

3. 伝統木造社寺建築物の復元力特性の算定

3-1.耐震要素の考え方

(1) 小壁付き独立柱

小壁付き独立柱は、小壁をせん断パネル、独立柱を曲げ変形が卓越した片持ち柱とみなす。小壁付き独立柱の復元力特性を図 4 に示す。小壁付き独立柱の頂部変形(δ)は、小壁のせん断変形(δ_w)と小壁より下の柱の曲げ変形(δ_c)の和として求める。祐正寺本堂の場合は、小壁内に筋交いが入っているので小壁のせん断変形は無いものとした。最大水平力は、小壁のせん断耐力と柱の曲げ耐力の小さいほうの値とし、柱の曲げ耐力は、柱の断面性能と材料特性から求めた。図 4 中の初期剛性 S₁₁ 及び 2 次剛性 S₂ は以下に示すものとした。

$$S_{11} = \frac{P}{\delta} = \frac{3EG_c I t}{3EIh + G_c L t h^3} \quad (1)$$

P：水平力、d：水平変位、E：柱の曲げヤング係数、G₁：初期剛性時の小壁のせん断弾性係数(10N/mm²)、G₂：2 次剛性時の小壁のせん断弾性係数(3.16N/mm²)、I：柱の断面 2 次モーメント、L：小壁長さ、t：小壁厚、h：階高、h₁：独立柱長さ

(2) 貫架構

貫接合部の耐力は回転する貫に柱がめり込むことにより生じるめり込み抵抗とし、回転剛性は稲山のめり込み理論²⁾を用いている。復元力特性は図 5 に示すように、バイリニアモデルとしている。尚、略鎌継手は、通し貫の耐力を 1/2 倍として計算している。虹梁については、ほぞ部分のめり込みと胴づき面のめり込みを考慮している。

(3) 柱傾斜復元力

柱断面が大きい社寺建築物では、水平力に対する構成要素として図 6 に示すような柱傾斜復元力を考慮する。本研究では、柱径 200mm 以上の柱について柱傾斜復元力を算入した。祐正寺本堂については柱径 230mm 及び柱径 324mm の柱を考慮した。新福寺本堂については柱径 200mm 以上の柱が無いので、柱傾斜復元力を考慮していない。

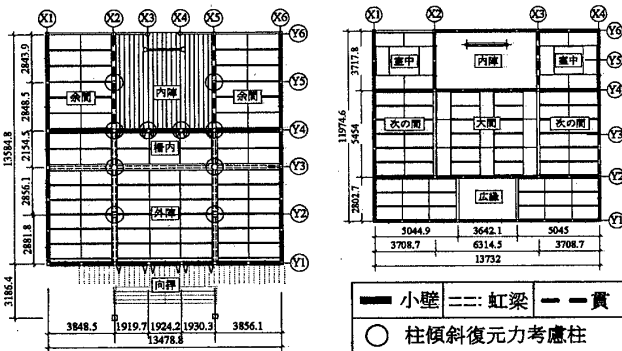


図 1 祐正寺本堂平面図 図 2 新福寺本堂平面図

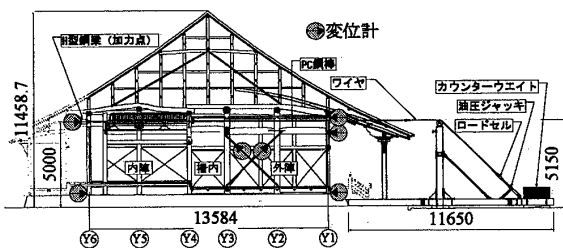


図 3 祐正寺の実験装置図

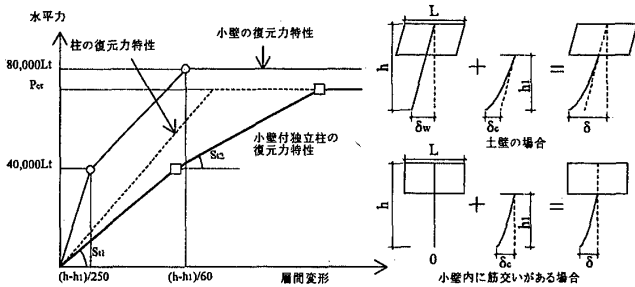


図4 小壁付き独立柱の復元力特性

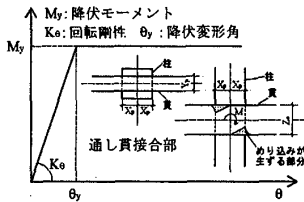


図5 貫架構の復元力特性

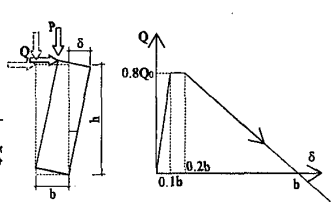


図6 柱傾斜復元力特性

4. 復元力特性算定結果

4-1. 復元力特性算定結果

以上の考えを基に得られた復元力特性と、水平加力実験により得られた復元力特性を図7及び図8に示す。

計算値の最大水平力は両寺院とも実験値より大きく、課題評価となっている。これは、経年変化や損傷による劣化を考慮していないためである。一方、祐正寺本堂において柱傾斜復元力非考慮の場合、最大水平力は実験値と近くになっているが、層間変形角 1/60rad 以下の復元力特性が実験値より小さくなっている。

4-2. 劣化を考慮した復元力特性算定結果

前節で算定した復元力特性は実験値より大きく、過大評価となっている。従って、ここではこの差を各耐震要素の経年変化に伴うみかけ上の土壁のせん断剛性低減係数 α 及びみかけ上の柱の曲げ剛性低減係数 β として(1)式に導入する。

$$S_u = \frac{P}{\delta} = \frac{3\alpha\beta E G_c I L t}{3\beta E I h + \alpha G_c L t h^3} \quad (2)$$

α : みかけ上の土壁のせん断剛性低減係数、 β : みかけ上の柱の曲げ剛性低減係数

貫架構は貫の劣化を考慮し、復元力特性を低減した。

柱傾斜復元力は低減していない。

表2 各耐震要素の低減係数

	みかけ上の土壁のせん断剛性低減係数 α		みかけ上の柱の曲げ剛性低減係数 β	貫架構の低減係数
	初期剛性時(S_{u1})	2次剛性時(S_{u2})		
祐正寺	0.50	0.33	0.90	0.90
新福寺	0.50	0.33	0.85	0.85

*1 名古屋工業大学大学院社会学専攻 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学専攻 助手 工博
 *4 大成建設株式会社 工修
 *5 東京工業大学大学院環境理工学創造専攻 修士課程

図9及び図10に低減した復元力特性と水平加力実験より得られた復元力特性を示す。低減した復元力特性の最大水平力は両寺院とも実験値の復元力特性と近くになっている。

以上より、本研究で提示した各耐震要素の復元力特性より建物全体の復元力特性を算定できる事を示したが、両寺院とも実験値より大きい結果となり劣化による低減係数の評価が復元力特性を算定する上で重要な要素となる。耐震要素別にみると、両寺院とも小壁付独立柱が建物の復元力特性大きく寄与している。

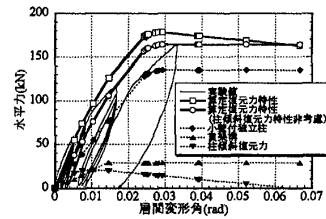


図7 祐正寺の復元力特性

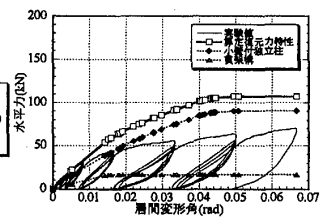


図8 新福寺の復元力特性

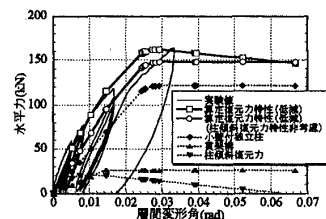


図9 低減した祐正寺の復元力特性

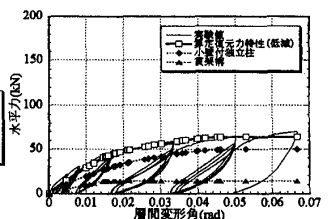


図10 低減した新福寺の復元力特性

5. 結論

- 1) 本研究で提案した各耐震要素の復元力特性より建物全体の復元力特性を算定できる事を示したが、両寺院とも実験値より大きい結果となり劣化による低減係数の評価が復元力特性を算定する上で重要な要素となる。
- 2) 伝統木造社寺建築物において、小壁付独立柱が建物の復元力特性に大きく寄与している。

参考文献

- 1) 小野徹郎他：伝統木造社寺建築物の耐震性能に関する実験、日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）（その1）～（その2）、p439-p442、2005.9
- 2) (財)日本住宅・木造技術センター：木造軸組工法の許容応力度設計 2004.3
- 3) 文化庁文化財保護部構造物課：重要文化財（建造物）耐震診断指針 2001.3
- 4) 京都府建築士会、日本建築学会近畿支部（木造部会）：木造軸組構法の新しい耐震設計法—京町家の改修促進に向けて—、2002.7

*1 Professor, Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.
 *2 Kameyama Construction
 *3 Research Associate, Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.
 *4 Taisei Cooperation, M. Eng.
 *5 Graduate Student, Tokyo Institute of Technology