

文化財建造物の耐震性能

はじめに 平成10～11年度科研基盤研究(C)により、「伝統的木造建築の振動特性に関する研究」(代表者・内田昭人)として、建設省建築研究所・職業能力開発総合大学校と共同研究を行っている。これらの研究成果については、逐次国内外の学会で発表してきた。本稿では平成11年に「1999RILEM第1回木質構造国際シンポジウム(スウェーデン)」で発表した論文の概要について報告する。近年、伝統的木造建築の耐震性能に関する研究が増し、荷重変形関係の推定もある程度可能となってきた。荷重変形関係の評価の妥当性と、耐震診断における常時微動測定の有効性を検討するため、寺院建築5棟について、荷重変形関係及び固有振動数の推定を行い、常時微動測定結果と比較した結果について述べる。

荷重変形関係の推定 測定対象建築物一覧を表1に、平面図・断面図を図1に、常時微動測定結果を表2(内田他「伝統的木造建築物の振動特性 その3,4,6,7」『日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1』1996・97・98)に示す。対象建築物の耐震要素としては、柱の傾斜復元力と土塗壁が、その主たるものと考えられる。なお、ここで述べる荷重変形関係のモデル化は、文化庁「文化財建造物等の耐震性能の向上に関する調査研究協力者会議」において、耐震診断法開発の一環として検討中のものである。

1) 柱傾斜復元力 柱のロッキングに伴う復元力は、図2に示すようなモデル化により、およそ図のような形で表されることが知られている(坂「社寺骨組の力学的研究(第1部)」『建築学会論文集』21 1941)(Kawai,N., “Column Rocking Resistance in Japanese Traditional Timber Buildings” Procs.of IWEC, 1996)。既往の実験結果を概観して、典型的な荷重変形関係として図3のようにモデル化した。

2) 土塗壁 土塗壁の荷重変形関係は、既往の実験結果(杉山他「文化財建造物の構造力学的研究」『古文化財に関する保存科学と人文・自然科学総括報告書』1984)に基づき、さらに、特定せん断変形時の耐力が塗り厚と壁長に比例するものとして、図4のようにモデル化した。

3) 建築物の荷重変形関係 建築物の1階方向の荷重変形関係は、上記の柱傾斜復元力と土塗壁の荷重変形関

係の和として算出した。建築物の質量は、部材ごとの質量の積算を原則とするが、法隆寺中門については、法隆寺金堂の質量から床面積に比例するものとして算出した。建築物の荷重変形関係の計算に用いた各種数値を表3に、計算結果を図5に示す。

固有振動数の比較 各建築物について、荷重変形関係の初期剛性及び質量を用いて固有振動数を算出し、常時微動測定結果と比較した。その結果を図6に示す。計算結果と測定結果は、計算値が低い値となるものの、簡易な推定にしては比較的高い相関を示した。計算値が低くなるのは、計算に用いた初期剛性が、1/500rad.を超える変形に対応した剛性であるのに対し、常時微動測定の変位振幅は遙かに小さいことによるものと考えられる。

まとめ 伝統的木造建築5棟について、柱傾斜復元力と土塗壁の効果を考慮した荷重変形関係の推定を行い、固有振動数の計算値と常時微動測定結果とを比較した。このことは、荷重変形関係の推定が少なくとも小変形領域で妥当であること、耐震診断における一材料として、常時微動測定結果が有効に利用できることを示唆している。

貫や板壁など、他の耐震要素については、特に小変形領域での寄与が小さいものとして、今回の計算には入れなかったが、その定量化は今後の課題である。

(内田昭人/埋蔵文化財センター)

表1 対象建築物一覧

建築物	建設年	平面寸法				高さ (m)
		桁行 (間)/(m)		梁間 (間)/(m)		
1. 東大寺転害門	8世紀	3	16.65	2	8.33	10.64
2. 法隆寺大講堂	990年	9	33.81	4	16.42	13.56
3. 法隆寺中門	7～8世紀	4	11.90	3	8.64	14.44
4. 法隆寺金堂	7世紀	5	14.02	4	10.79	16.07
5. 南禅寺三門	1628年	5	21.82	2	10.48	22.01

表2 常時微動測定結果の要約

建物 No.	固有振動数			減衰定数		振動モード*		
	$f(\text{Hz})$			$h(\%)$				
	Mode 1	2	3	Mode 1	2	Mode 1	2	3
1.	1.45	1.9	4.05	1.6	3.5	S	R	S2
2.	1.7	2.1	2.5	2.5	1.9	S	R	T
3.	1.55	1.8	-	4.4	2.6	S	R	-
4.	1.8	2.05	-	4.4	1.7	S	R	-
5.	0.94	1.05	1.25	2.0	-	S	T	R

*振動モードは S：梁間方向並進、R：桁行方向並進
S2：張間方向での高さの2次、T：ねじれ を示す

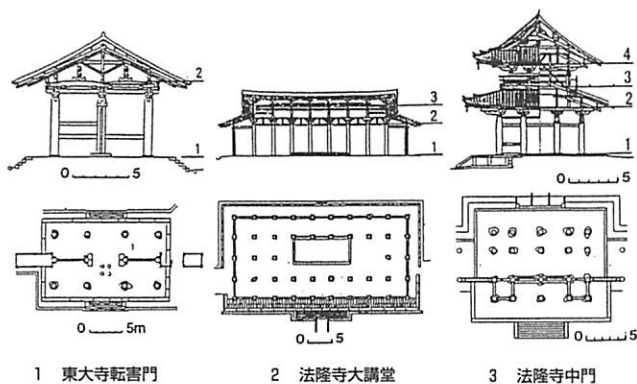


図1 対象建築物の平面図・断面図

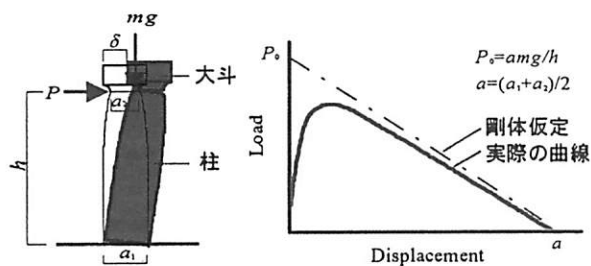


図2 柱傾斜復元力

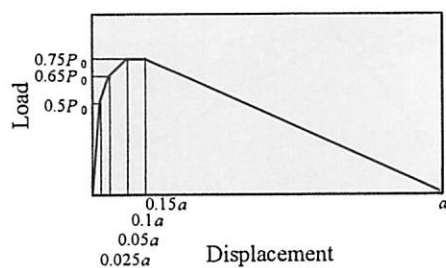
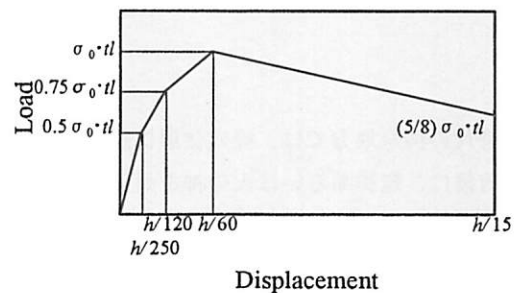


図3 柱傾斜復元力による荷重-変形関係のモデル



t = 壁厚、 l = 壁長、 h = 高さ、 σ_0 = せん断強度 ($=78.5\text{kPa}$)

図4 土塗壁の荷重変形関係のモデル

表3 計算に用いた数値

建物 No.	質量 m (t)	柱		土塗壁		
		h (m)	a (m)	t (m)	l (梁間) (m)	l (桁行) (m)
1	140	5.08	.617	.15	0	9.26
2 (外陣)	219	5.04	.518	.18	12.32	25.93
2 (内陣)	175	6.21	.570	.18	0	9.09
3	158	3.85	.500	.15	3.84	3.84
4	218	3.72	.530	.15	11.64	11.64
5	659	6.31	.575	-	0	0

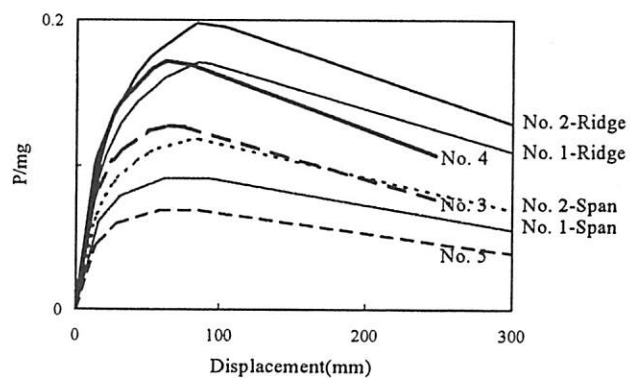


図5 建築物の荷重変形関係の計算結果

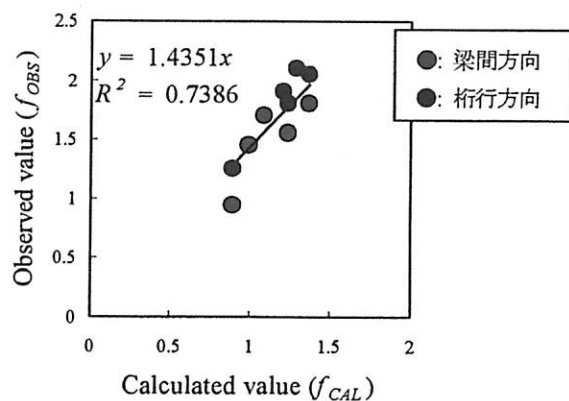


図6 固有振動数の計算値と実測値の比較