

地震に強い地域をつくる

4.4 振動測定結果を用いた応答解析によって揺れ方を調べる

強震観測の結果から、間口方向に比べ奥行方向の方が加速度の増幅が大きいことがわかっている。そこで、この原因を探るために1質点系弾性応答解析結果(計算値)と実測値の比較を行った。1質点系弾性応答解析の概念図を図1に示す。ここで、応答解析は、各観測地震波から評価した固有周期となる1質点系モデルに対して下部の観測地震波を入力する弾性応答解析(内部粘性減衰 $h=5\%$)を行い、その最大応答加速度を入力地震波の最大加速度で除した値(計算値)を求めた。計算値と実測値の最大加速度の比較を図2、応答倍率の比較を図3に示す。間口方向の実測値は、計算値とよく一致する傾向が見られ、実挙動は概ね1質点系で模擬できる様子が伺える。一方の奥行方向については、計算値でも応答倍率が間口方向より大きくなることが確認できる。さらに、実測値は計算値よりも大きくなり、奥行方向の実地震時挙動については1質点系モデルによる周期特性を考慮した検証だけでは説明できない複雑な挙動を示していることが確認できた。

上述したように、1質点系弾性応答解析では、奥行方向の実測値と計算値に大きく差異が生じてしまっている。そこで、図4に示すような解析モデルを作成し、建造物が連坦することによる影響を検証する。解析モデルは、見世蔵と木造家屋をそれぞれ2質点系に置換し、両建物を2階床位置の剛体梁で連結している。各層の柱は2方向せん断バネとし、強震観測記録(下部)を2方向同時入力する弾性応答解析を行う。内部粘性減衰は、剛性比例型($h=5\%$)とする。解析に用いる建物重量は、実測調査や図面などによって把握した材料種別や部材寸法を用いて、文献4)を参考に、木部・屋根・壁などの各部の重量を積算した。ただし、土壁の重量については、30項に示した Type3 試験体の単位体積重量を用いて算出した。

解析に用いた各値を表1に示す。層剛性は、まず2層の剛性を2層の固有周期(表1中の2層固有周期)と2層重量から推定した。ここで、2層の固有周期は常時微動測定による2階床に対する小屋組の伝達関数の卓越周期から評価した。そして、常時微動測定による1階床に対する小屋組の伝達関数から評価した周期(表1中の全体固有周期)と各層の重量、および2層剛性を用いて1層の剛性を推定した。見世蔵のEW方向の1層剛性が他に比べて極端に高いが、見世蔵の1階EW方向の壁だけがほぼ無開口であること、また下屋があることで上階より壁量が多いこと、さらに北側構面の下屋先端に鉄筋コンクリート造の防火壁(改修時に新設)が設置されており、これらが剛性に大きく影響していると思われる。

$$\text{応答倍率} = \frac{\text{上部最大加速度}}{\text{下部最大加速度}}$$

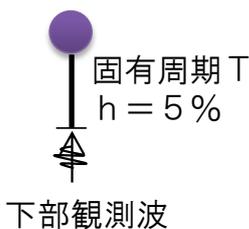


図1 1質点系解析の概念図

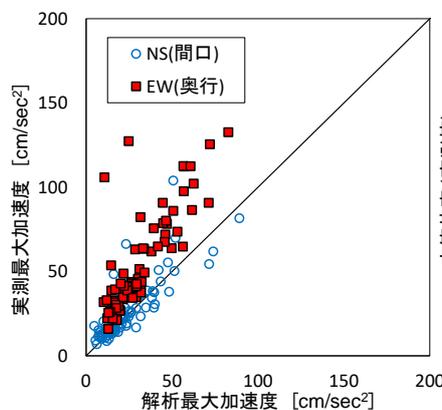


図2 最大加速度の比較

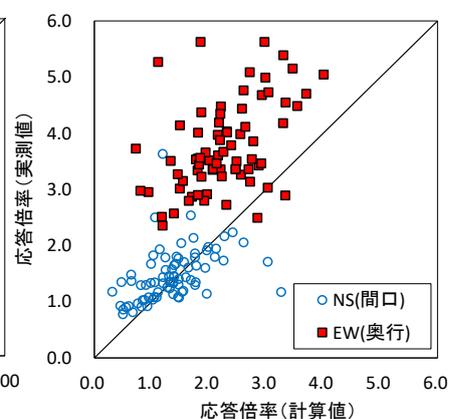


図3 応答倍率の比較

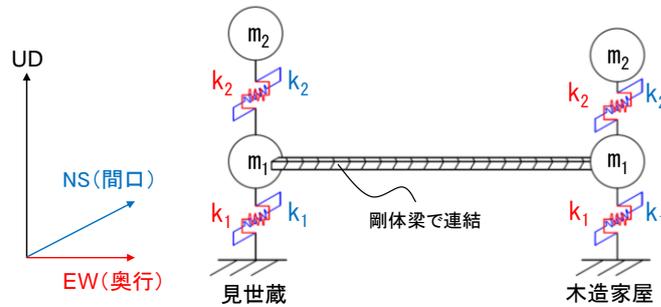


図4 多質点系解析モデルの概念図

表1 解析モデル諸元

		見世蔵		木造家屋	
		NS	EW	NS	EW
建物重量W [kN]	1層	211.0		145.9	
	2層	112.3		50.1	
剛性k [kN/mm]	1層	38.8	182.7	37.7	78.6
	2層	37.7	22.5	31.6	24.3
固有周期T [s]	全体	0.197	0.152	0.152	0.118
	2層	0.110	0.142	0.080	0.091
剛性 $k_{2/3}$ [kN/mm]	1層	25.9	121.8	25.1	52.4
	2層	25.1	15.0	21.1	16.2
固有周期 $T_{2/3}$ [s]	全体	0.239	0.182	0.184	0.119

推定剛性(表1剛性 k)を用いた解析モデルの上部最大加速度を実測値と比較して図5(a)に示す。NS・EW 方向共に全体的に実測値に比べて解析結果が大きくなった。これは強震観測と微動測定による固有周期の差異が影響していることが考えられる。そこで、簡便的ではあるが、推定剛性のバランスを保ちながら、解析モデルの固有周期が強震観測時の固有周期と同程度になるように推定剛性を一律 0.67 倍(2/3 倍)したモデル(低減剛性モデル)で検討を行った。低減させた層剛性とその時の解析モデルの固有周期は、表1中に $k_{2/3}$ 、 $T_{2/3}$ として示している。低減剛性モデルによる解析結果の上部最大加速度を実測値と比較して図5(b)に示す。固有周期を強震観測時の値に合わせることで、連坦する建物の影響を考慮した解析モデルで NS・EW 方向共に、実測値と概ね同程度の応答値を捉えられることがわかった。これにより、EW 方向(奥行方向)の応答倍率が NS 方向(間口方向)に比べて大きくなる要因として、付属する家屋が影響していることが示された。

図5(c)には、上記の低減剛性モデル(連坦モデル)を使った見世蔵単体の2質点系モデル(単体モデル)と低減剛性モデルの解析結果を比較して示している。この図より、建物が連坦していることによって、EW 方向(奥行方向)では単体の時よりも応答加速度が 15%程度上昇することがわかった。

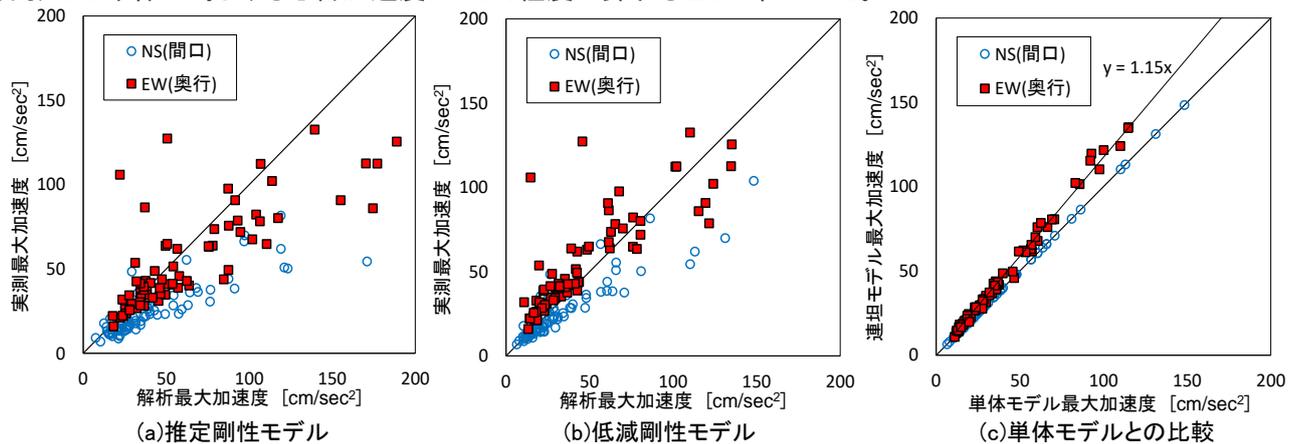


図5 解析結果と実測値の上部最大加速度の比較

参考文献 (下線の文献は本項に関する発表論文等を示す)

- 1) 横内基,野村佳亮,大橋好光: 栃木市に現存する伝統的建造物の地震被害および耐震性に関する研究(その3 伝統的建造物の振動性状)、日本建築学会学術講演梗概集、構造Ⅲ、pp.143-144、2012年9月
- 2) 野村佳亮,横内基,大橋好光: 栃木市に現存する土蔵造建物の構造特性に関する研究、日本建築学会関東支部研究報告集 83(I)、pp.513-516、2013年3月
- 3) 野村佳亮,横内基,大橋好光: 歴史的町並みの地震防災対策に関する研究(その17 地震観測による見世蔵の振動性状の評価)、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅲ、pp.511-512、2015年9月
- 4) 文化庁: 重要文化財(建造物)耐震基礎診断実施要領、2012年6月