

伝統的木造住宅の垂れ壁付き構面振動台実験

その5 荷重変形関係の実験と計算の比較

垂れ壁付き独立柱 荷重変形関係 破壊モード
柱の曲げ破壊 土塗壁

正会員	○河合直人* ¹	同	桂川 晋* ²
同	五十田博* ³	同	岡部 実* ⁴
同	中川貴文* ⁵	同	和田幸子* ⁶
同	御子柴正* ⁷		

1. はじめに

本報では、実験に用いた垂れ壁付き構面の荷重変形関係の計算法について述べ、前報までに記した振動台実験結果^{1),2)}及び静的加力実験結果³⁾との比較検討を行う。

2. 荷重変形関係の計算方法

垂れ壁付き構面の荷重変形関係については、重要文化財(建造物)耐震診断指針⁴⁾、及び現行の木造住宅の耐震診断法⁵⁾において、図1、図2に示すような垂れ壁付き独立柱としてのモデル化による計算法が採用されている。これは、柱1本当当たりの垂れ壁負担長さをとり、垂れ壁部分のせん断力-せん断変形角関係が全面壁のそれに等しいと仮定し、そのせん断変形による柱剛体仮定での頂部の変位と、差鴨居から下の部分の柱の曲げ変形を加算して水平変位として、柱1本当当たりの荷重変形関係を求める方法である。

これに対して、図3のように垂れ壁のせん断抵抗が垂れ壁の上下で柱に横架材の軸力として伝達されるものとして柱の応力状態を考えると、垂れ壁の取りつく高さでの柱のせん断力 Q_c は、

$$Q_c = -\frac{M}{a} = -\frac{Pb}{a} \quad (1)$$

となり、垂れ壁高さでのせん断力が外力 P と等しいことから、垂れ壁のせん断力 Q_w は次式のように水平力 P に垂れ壁高さ a と横架材高さ h の比を乗じた値となる。

$$Q_w = P - Q_c = P + \frac{Pb}{a} = \frac{Ph}{a} \quad (2)$$

従って、この柱の逆せん断を考慮する場合には、図2に δ_w として描かれている垂れ壁部分のせん断変形による荷重変形関係について、全面壁の荷重変形関係ではなく、式(2)から逆算して、荷重側に (a/h) を乗じて低減したものをを用いる必要がある。

以下、本報では現行の耐震診断の方法を[方法1]、柱の逆せん断を考慮して垂れ壁部分の荷重変形関係に (a/h) を乗じて求める方法を[方法2]とする。

3. 試験体に対する荷重変形関係の計算

試験体の構面に適用するため、図4に示すような柱3本分の構面として同様の考え方を用い、表1に示す数値を入力してモデル化を行った。

土塗壁の荷重変形関係は、重要文化財(建造物)耐震

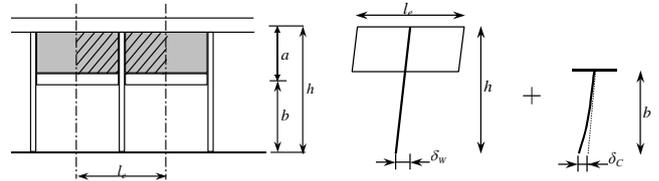


図1 垂れ壁付き独立柱のモデル化

a) 柱の曲げ破壊が生じる場合 b) 柱の曲げ破壊が生じない場合

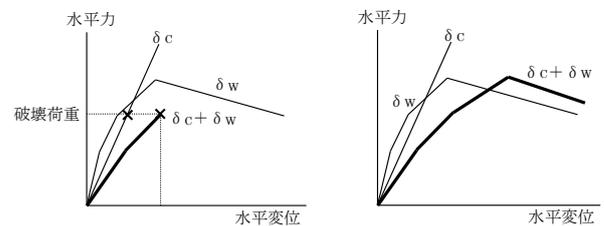


図2 垂れ壁付き独立柱の荷重変形関係

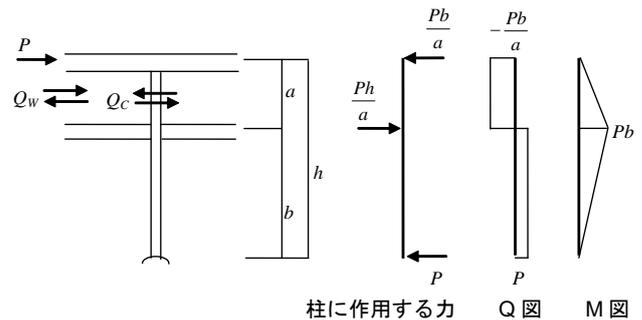


図3 柱の曲げモーメントとせん断力

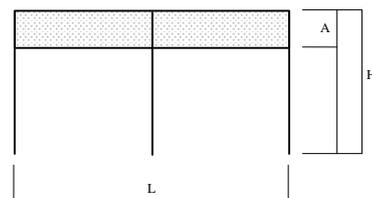


図4 振動実験試験体の構面のモデル

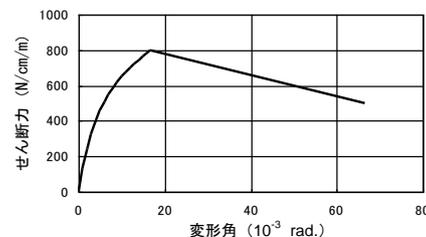


図5 土塗壁の荷重変形関係

診断指針⁴⁾の土塗壁の単位長さ (m)、単位厚さ (cm) 当たりの荷重変形関係に基づいて、次式により 60 分の 1 までの折れ線を「曲線」化したものを考える (図 5 参照)。

$$P = (P_0 + C_2 x) \left(1 - e^{-\frac{C_1 x}{P_0}} \right) \quad (3)$$

ただし、

$$P_0 = 509.2 \text{ (N/cm/m)}$$

$$C_2 = 17.82 \text{ (N/cm/m/10}^{-3}\text{rad.)}$$

$$C_1 = 148.7 \text{ (N/cm/m/10}^{-3}\text{rad.)}$$

x は変形角 (10^{-3} rad.) を表す

ただし、ほぼ同一仕様の土塗壁の実験結果⁹⁾は、この約 1.70 倍の耐力を示すことから、計算では式(3)の右辺を 1.70 倍して用いている。これに試験体の壁厚 7cm、壁長 5.46m を乗じ、さらに [方法 2] では(A/H) を乗じている。

また、柱の曲げヤング係数は柱材の仕口加工前の縦振動法によるヤング係数の平均値を、曲げ強さは 150mm 角柱を用いた振動台実験 (以下、振動実験 150mm 角と記す。他も同様)、振動実験 135mm 角に対してそれぞれ機械による等級区分 E90、E70 に対する曲げ強さの平均値⁷⁾を、静的加力 150mm 角に対しては両者の中間の値を用いた。

4. 荷重変形関係の実験結果と計算結果の比較

[方法 1] 及び [方法 2] による荷重変形関係の計算結果を、振動実験 150mm 角については試験体 A (柱脚固定) の錘 3ton で JMA 神戸 NS100% 入力時、静的加力 150mm 角については柱脚固定で振動台実験の応答変位履歴で変位制御した 2 体中の 1 体、振動実験 135mm 角については試験体 A (柱脚固定) JMA 神戸 NS100% 入力時の荷重変形関係と比較して図 6 から図 8 に示す。ただし、振動台実験の荷重は桁上の 4 つの加速度記録の平均に質量 (3,557kg) を乗じており、2 構面に対する荷重変形関係であり、計算結果も 2 倍して比較している。

これによると、振動実験 150mm 角及び静的加力 150mm 角の [方法 1] の計算結果は変位 40mm 前後から実験結果より耐力が高くなる側にはずれ、破壊モードも柱の曲げ破壊となり実際とは異なっていた。これに対し、[方法 2] の計算結果は、荷重変形関係の全体及び垂れ壁のせん断破壊となる破壊モードについて実験結果との適合性が良い。振動実験 135mm 角については、[方法 1]、[方法 2] とともに、荷重変形関係の実験結果との適合性は優劣付け難く、破壊モードも柱の曲げ破壊で実験結果と一致した。

5. まとめ

垂れ壁付き構面の荷重変形関係について、振動台実験結果及び静的加力実験結果との比較を行った。その結果、柱の逆せん断を考慮した場合に、荷重変形関係及び破壊モードにおいて実験結果と良い適合性を示した。

表 1 計算に用いた諸量

	A (m)	H (m)	E (N/mm ²)	Fb (N/mm ²)	ΣZ (cm ³)
振動実験 150mm 角	0.94	3.21	9,130	46.0	1,126
静的加力 150mm 角	0.94	3.21	7,970	42.8	1,126
振動実験 135mm 角	0.99	3.21	7,090	39.5	894

A, H: 図 4 に示す寸法、E: 柱のヤング係数、Fb: 柱の曲げ強さ、 ΣZ : 柱 3 本の仕口断面欠損を考慮した断面係数の和

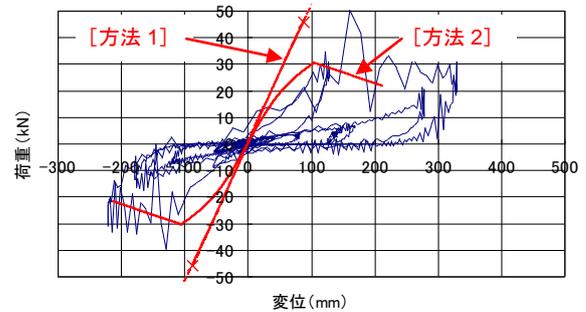


図 6 振動実験 150mm 角の実験結果と計算結果の比較

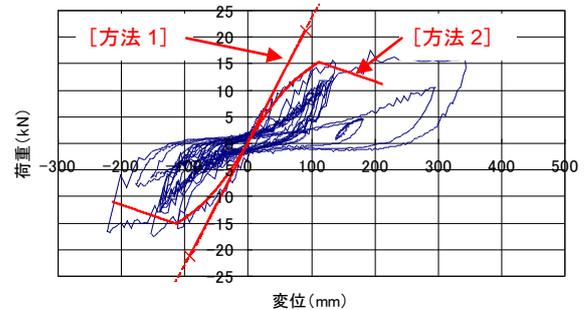


図 7 静的加力 150mm 角の実験結果と計算結果の比較

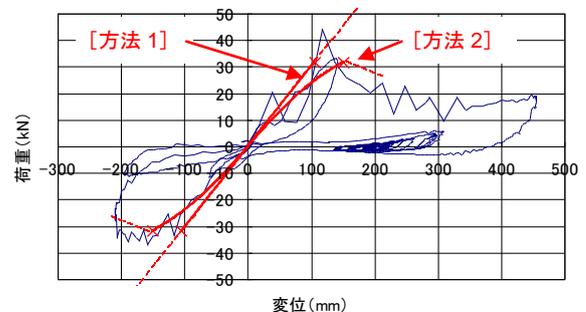


図 8 振動実験 135mm 角の実験結果と計算結果の比較

参考文献

- 1) 和田幸子他「伝統的木造住宅の垂れ壁付き構面振動台実験その 1」日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1, 2008 年
- 2) 桂川晋他「伝統的木造住宅の垂れ壁付き構面振動台実験その 4」日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1, 2009 年
- 3) 和田幸子他「伝統的木造住宅の垂れ壁付き構面の静的加力実験と振動台実験の比較」第 6 回日本地震工学会大会-2008 梗概集
- 4) 「重要文化財 (建造物) 耐震診断指針」文化庁, 2001 年
- 5) 「木造住宅の耐震診断と補強方法」(財)日本建築防災協会, 2004 年
- 6) 道場信義他「伝統的構法で新築された木造住宅の実大水平加力実験その 3」日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1, 2008 年
- 7) 「製材品の強度性能に関するデータベース データ集(6)強度性能研究会, 2002 年

*1 建築研究所 構造研究グループ 上席研究員 工博

*2 信州大学大学院 修士課程

*3 信州大学工学部 准教授 博士 (工学)

*4 ベターリビングつくば建築試験研究センター 主席試験研究員 農修

*5 建築研究所 材料研究グループ 研究員 博士 (農学)

*6 トヨタホーム株式会社 修士 (工学)

*7 防災科学技術研究所 主任研究員

*1 Chief Research Engineer, Dept. of Structural Engineering, BRI, Dr. Eng.

*2 Graduate Student, Graduate School of Engineering, Shinshu Univ.

*3 Associate Professor, Shinshu Univ., Dr. Eng.

*4 Center of Better Living Tsukuba Building Research and Testing Lab., Mr. Agr.

*5 Research Engineer, Dept. of Building Materials and Components, BRI, Dr. Agr.

*6 TOYOTA HOME Company, Mr. Eng.

*7 Senior Researcher, NIED