

伝統的木造建築物の制震改修について (その4 建物全体の応答予測と制震改修性能)

正会員 西塚 正*4 同 石丸 辰治*1
同 久保田 雅春*5 同 石垣 秀典*2
同 秦 一平*3 同 吉田 明義*6
同 東 義敬*4 同 西村 陽介*4

伝統木造建築 制震装置 応答予測
柱傾斜復元力 バイリニアモデル

§1 はじめに 本報は、(その3)で述べた制震壁の配置計画に伴う、耐震性能と概略の応答予測を行ったものである。検討のひとつは、こうした配置計画で現在の設計体系での値を満足している結果になっているのかということと、制震改修での構造計画的な意味での応答予測についての検討である。

§2 改修後の復元力特性と耐力 木質構造設計基準では、ベースシヤ係数 0.2 の地震荷重に対して、層間変形角が 1/120 以下(壁仕上げなどに有害な損傷が生じない場合)であることが求められている。

(その3)の表1及び表2によれば、亀壁及び浮壁を含んだ壁の復元力は、初期载荷実験の結果を利用すれば、梁間方向では図1のように描ける。したがって、600cm/120=5cm の層間変形に対する耐力は、亀壁で 32KN、浮壁で 72KN である。一方、傾斜復元力の耐力は、

$$0.75Ps, Ps = \frac{W}{H}a \quad (1)$$

である。柱幅 a は、重ね柱であるので、この効果を2倍増しとして見積れば、約 240KN となる。軸組抵抗力も現存軸組の2倍としてみれば、(その3)の表2より 500KN であり、総合計は 844KN となる。同様にして桁行方向も求めると、727KN となる。これは、ベースシヤ係数では梁間方向で 0.21、桁行方向で 0.18 に相当する。浮壁を含む系では、大引下の効果を無視しているため、こうした静的計算でもほぼ設計規準に近い値となっていると判断した。

§3 改修後の応答予測 前節では、剛性を大きく見積って耐力を予測したが、ここでは、亀壁の多数の繰り返し実験で得られた値で応答予測を行ってみる。この場合に用いた亀壁、浮壁の実験及び数学モデルの履歴を図2に、制震壁軸組としての性能を表1に示してある。また傾斜復元力は、平均的な値として 9KN/mm を採用した。これらを総合して評価した

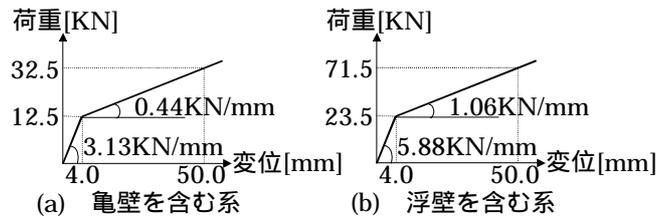


図1 梁間方向の復元力特性(初期载荷)

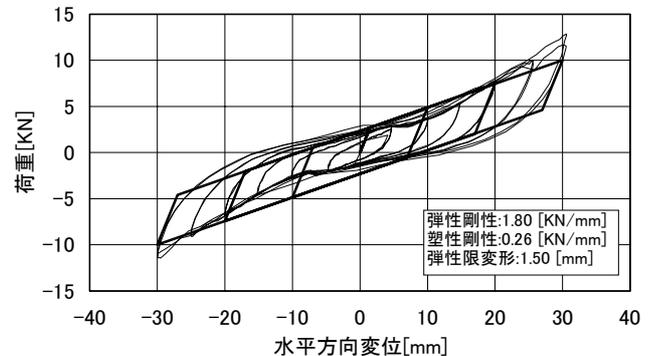


図2(a) 亀壁2枚における実験結果のモデル化

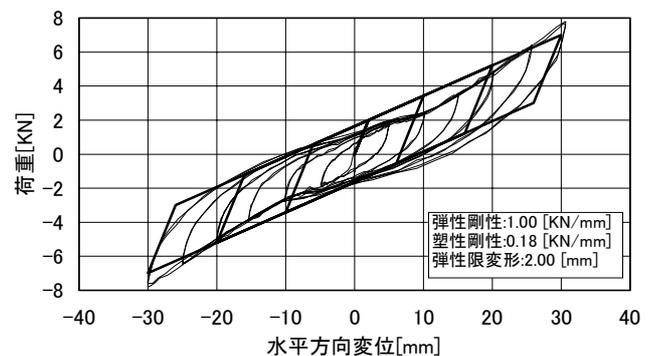


図2(b) 浮壁2枚における実験結果のモデル化

表1 制震壁軸組としての性能

方向		弾性限変形 δe[mm]	弾性剛性 k[KN/mm]	バイリニア 係数 p	塑性剛性 pk[KN/mm]
桁 行	亀壁	3.0	0.90	0.14	0.13
	浮壁	4.0	0.50	0.18	0.09
梁 間	亀壁	3.0	0.90	0.14	0.13
	浮壁	4.0	0.50	0.18	0.09

剛性予測は、表 2 に示す通りであり、弾性限変形を亀壁、浮壁のそれぞれの平均値 3.5mm で整理した履歴復元力は、図 3 に示してある。これより初期剛性に対する固有周期は、桁行、梁間方向共に 0.82 秒となる。

表 2 制震壁導入による剛性の予測

	桁行方向	梁間方向
亀壁 [KN/mm]	0.9 × 24枚 / 4 = 5.4	0.9 × 10枚 / 4 = 2.25
浮壁 [KN/mm]	0.5 × 31枚 / 4 = 3.875	0.5 × 47枚 / 4 = 5.875
軸組剛性 [KN/mm]	3.7 × 1.5 = 5.55	4.5 × 1.5 = 6.75
傾斜復元力 [KN/mm]	9.0	9.0

一方、トグルダンパーに用いられている粘性減衰係数は、0.294KN・s/mm のものをそれぞれの方向に 4 基使用している。トグル機構による増幅率は 2 倍であるが、基礎及び 1 階柱中間高さの間に設置してあるので、増幅の増減はない。したがって、粘性減衰係数は桁行、梁間の両方向に対して、1.176KN・s/mm となる。粘性減衰定数に変換すれば、周期 0.82 秒に対して両方向共に約 $h=0.2$ である。これらの値をもとに応答予測¹⁾を行ってみる。石丸研究室のホームページ²⁾から性能図表を示したのが図 4、図 5 である。本構造のバイリニア係数は 0.7 程度であるが、性能図表としては $p=0.5$ までなので、この図表をもとに応答予測を行う。

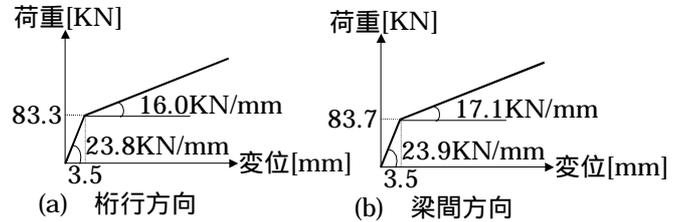


図 3 弾性限変形 3.5mm における履歴復元力

図 4 は実効周期図表であり、 $p=0.5$ では塑性率の如何にかかわらず、周期の伸びは、約 1.2 倍である。したがって本例の実効周期は、 $T'=1.0$ 秒程度となる。

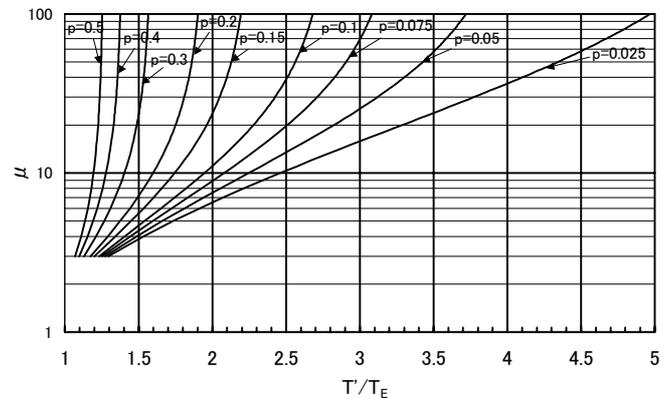


図 4 実行周期図表

図 5 は $p=0.5$ のときの D_{max}'/D_{40} のグラフであり、設計スペクトル $p_{SV,40}(h=0.4$ に対する擬似速度スペクトル)より、実効周期に対して読まれる加速度 A_{40} と変形 D_{40} に対する応答倍率 $A_y'/A_{40} \sim D_{max}'/D_{40}$ の関係が書かれている。図中の h は粘性減衰定数、 μ は応答塑性率である。この図から h が 10%以上では応答最大変位 D_{max}' に対する D_{40} の比率は、塑性率によらずほぼ一定で、 $h=0.2$ のとき $D_{max}'/D_{40}=1.4$ 倍程度に読める。

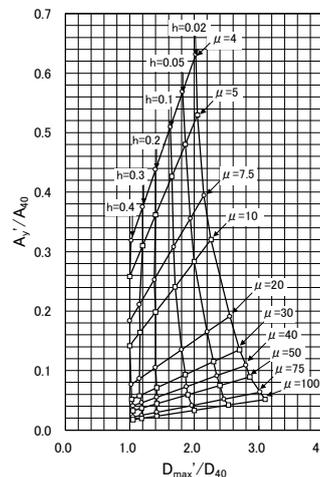


図 5 $p=0.5$ における応答性能設計図表

図 6 は、(その 5)の図 8 で示す告示波(最大加速度 384cm/sec^2)に対する $p_{SV,40}$ のスペクトルである。実効周期 $T'=1.0$ 秒に対する D_{40} は 5.5cm と読めるので、 $D_{max}=5.5\text{cm} \times 1.4=7.7\text{cm}$ ($\mu=20$)となる。層間変形角は $1/78$ である。実際には p は本計算例より若干大きいことや、履歴が少しハードニングの特性を示すことなどを考えると、応答変位はこれ以上になることはないと思われる。

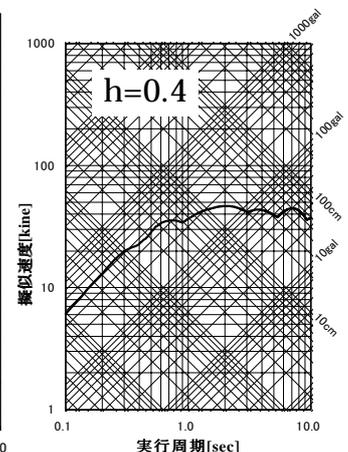


図 6 擬似速度応答スペクトル

§4 まとめ こうした予想の裏付けを(その 5)により詳しい弾塑性応答解析によって検証する。

<参考文献>

- 1) 石丸 辰治「エネルギースペクトルによる性能設計(粘性&履歴ダンパーを有する系の応答特性)」シンポジウム:耐震設計の一つの新しい方向(1995年10月)pp155~pp170
- 2) 石丸研究室ホームページ (<http://www.arch.cst.nihon-u.ac.jp/~ilab/html/design.html>)

*1 日本大学理工学部 教授・工博
*2 日本大学理工学部 助手
*3 日本大学理工学研究所 技手
*4 日本大学大学院理工学研究科
*5 飛鳥建設
*6 魚津社寺工務店

*1 Prof. College of Science and Technology, Nihon University, Dr. Eng
*2 Assistant, College of Science and Technology, Nihon University
*3 Assistant Eng, Research Institute of Science and Technology, Nihon University
*4 Graduate School of Science and Technology, Nihon University
*5 Tobishima Corporation
*6 Uotsu Shaji Corporation