

伝統的木造建築物の制震改修について (その2 亀壁制震壁の復元力特性について)

正会員 西村 陽介*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 西塚 正*4

減衰装置 静的載荷実験 増幅機構

§1 はじめに

本報では、その1で述べた伝統的木造建築物の制震改修の装置として用いられた「亀壁」と称する制震壁の、復元力特性を把握すべく静的載荷実験を行ったものである。

§2 亀壁制震壁の概要

図1は本制震壁の概念図である。柱と梁で構成されたフレームA B C Dの内側に、格子で構成されたA' B' C' D'の枠が組み込まれ、A A' B B' C C' D D'を連結棒「アーム」でお互いの対角線が一致しないように設置したものである。フレームA B C Dに右方向の外力が加わった場合、格子A' B' C' D'には、反対方向のモーメントが発生し回転する。この回転変形によってフレームA B C Dと格子A' B' C' D'の隙間の相対変位量を増幅させる機構である。但しアーム部の摩擦を期待しているため、アームの両端部は擦動可能としている。また、軸組と格子の隙間に直径30mmのゴム球を3個組み合わせさせて入れている。内部の格子A' B' C' D'が回転をはじめるとフレームA B C Dとの変形差によりゴム球が圧縮され、効果的にエネルギーを吸収するシステムである。また本報ではアームのないものを「浮壁」、格子とフレームとの隙間にくさびを打ちこんだものを「くさび付き亀壁」と称している。

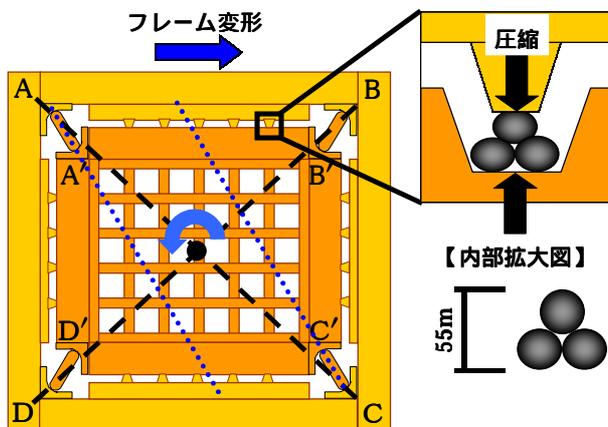


図1 亀壁の作動原理

§3 亀壁制震壁の静的載荷実験

本実験で用いた試験体は、図2に示すように、鉄骨フレームの先端にアクチュエーターが取り付けられている。この鉄骨フレームは接合部がすべてピンで構成されている。そして、その内側にベイマツで造られたスパン2922mm、高さ2817mmの亀壁制震壁を2体並べて配置している。この亀壁制震壁と鉄骨フレームとの接合部も同様の理由で、純粋な亀壁制震壁の性能を確かめるべく、その接合部は全てピンとしている。亀壁制震壁を構成するフレームの断面形状は柱240×240mm、梁265×165mmの角材である。また挿入されているゴム球は、3個のゴム球を1組とし、試験体全体で計36組配置されており、それぞれに、効率よく減衰を得られるように、予め15mm程度の初期圧縮変位が加えられている。

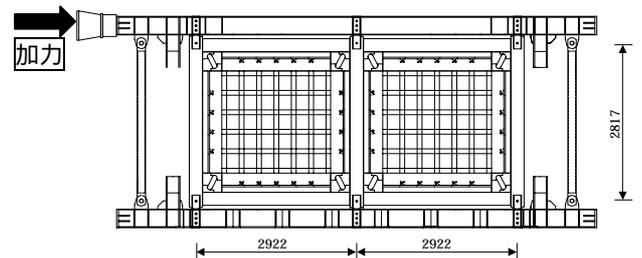


図2 亀壁制震壁の載荷試験体

図3に3種類の制震壁の荷重-変形関係を併せて示す。連結棒を取り付け、くさびを打ち込むことにより履歴面積が増大し、より多くの減衰を稼ぐことが可能となることがわかる。

また、これらの履歴は初回の載荷の他は、百回以上の繰り返し載荷に対しても常に安定した履歴を描くという特徴を持っている事がわかった。

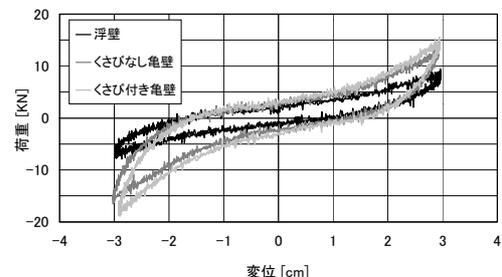


図3 各制震壁の実験結果の比較

§4 ゴム球静的載荷実験

亀壁制震壁の復元力特性を把握するには、そこに使われている減衰要素のひとつであるゴム球の基本特性を理解することが不可欠であると考え、ゴム球単体での実験を鉛直方向と水平方向について行った。その理由は、フレームが水平方向に変形するのに対して、亀壁制震壁内部の格子が回転によりゴム球に鉛直かつ水平方向の変形が強制されるからである。しかし水平方向は剛性、履歴面積ともに極めて小さいものであり、亀壁の履歴復元力に与える影響は無いことが判明しているため、本報では割愛する。

3個のゴム球を組み合わせたものに対して振幅25mmまで5mm刻みで鉛直方向の漸増載荷を行った際の荷重-変形関係が、図4である。このグラフを見ると、変位15-20mm近辺において履歴面積が最も大きくなっていることがわかる。このような性質があることから、亀壁に挿入されているゴム球には、15-20mm程度の予圧縮が加えられている。また3個のゴム球を組み合わせて使用することにより、ストロークを大きく取ることができ、効率よくエネルギーを吸収することが可能となる。

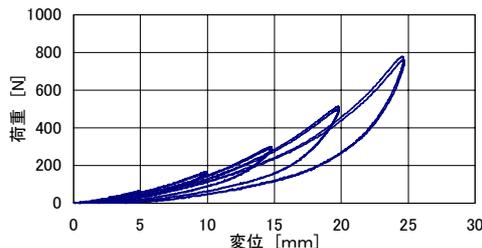


図4 ゴム球鉛直方向載荷による履歴

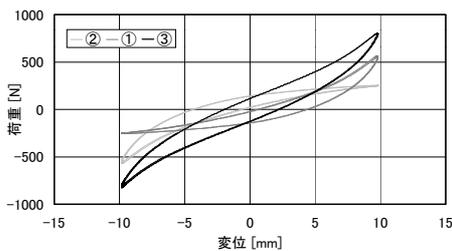


図5 履歴復元力の合成

(同一変位点の荷重和による合成)

図5の履歴は図4において、変位15mmの点を原点として描かせた履歴である。亀壁制震壁に挿入されているゴム球は、正負対称性をもって配置されているので、図2中の履歴と、この履歴を変位・荷重ともにゼロの点を軸に対称移動させて出来る履歴を足し合わせることにより、正負対称な履歴を得られるとして描いたものである。この

履歴を対象に、解析に用い易くするため、等価なバイリニアに置換を行なった。

§5 亀壁の静的増分解析

本解析では、亀壁のゴム球部分を、前節のゴム球静的載荷実験の結果を図6に示すばねに、軸方向のみの弾塑性ばねとして解析を行なった。但しアームは回転自由で摩擦はないものとしている。

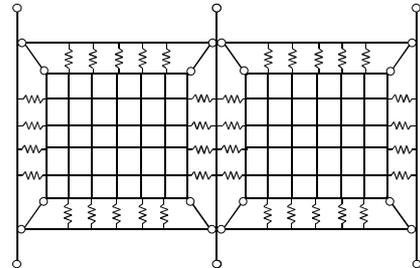


図6 解析モデル

図7は、実験結果と本解析結果との比較であるが、解析の履歴面積は実験の約半分であり、その差分をアーム端部の摩擦と、格子の弾性時の剛性に伴う弾塑性履歴であると考え履歴を再構成したものが図8である。両者は良く一致しており、上記のようなモデル化が可能であるといえよう。しかしアーム端部の摩擦や格子の剛性が亀壁の履歴復元力に与える影響は、今後の実験で解明する必要がある。

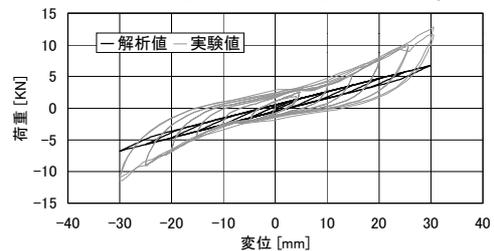


図7 解析結果

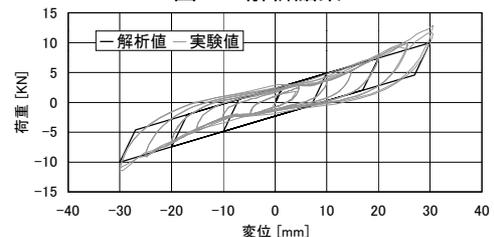


図8 アーム端部の摩擦と格子の剛性に伴う弾塑性履歴を考慮した解析結果

§6 まとめ

本実験を通じて以下のことを確認した。

- ・くさび、連結棒を取り付けることで、より大きな減衰性能を発揮する。
- ・繰り返し載荷に対しても、安定かつ高い耐久性を示す。

*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.