

外装材取付金具の変形追従性能確認実験

Seismic Deformation Test of Exterior Finishing Boards with Mechanical Attachment

高橋 典之^{*}・山内 成人^{*}・古田 直行^{**}・中埜 良昭^{*}

Noriyuki TAKAHASHI, Naruhito YAMAUCHI, Naoyuki FURUTA and Yoshiaki NAKANO

1. はじめに

建築構造物に耐震設計上許容される変形に対して、耐震設計では考慮されていない非構造部材が構造物の変形に追従できない場合、地震による構造物の安全性が保たれていても、非構造部材の損傷によって建築物全体の安全性や機能が損なわれることになる。建築物全体の耐震安全性や機能性を維持するためには、非構造部材の構造体に対する変形追従性能および脱落防止機構が確保されている必要がある。日本建築学会の非構造部材耐震設計施工指針¹⁾では、構造体と非構造部材の取り合いに応じて、慣性力に対する耐震安全性の検討および強制変形角に対する耐震安全性の検討をそれぞれ独立に行うよう指示している。そのうち、強制変形角に対する耐震安全性の検討については、非構造部材の破壊程度をAからEの5段階に区分している。特に外壁の許容損傷程度は、中地震時はB（被害はあるけれども補修以上の行為は必要ない状態）、大地震時はD（部品交換の必要性があるくらい損傷しているが、脱落はしていない状態）までにとどめることを目標としている。

本研究の目的は、パラマウント硝子工業が開発した外断熱工法に用いる建築外装材取付金具の構造体に対する変形追従性能について、構造壁に当該外装材取付金具および外装材パネルを実際に施工した実大試験体の正負交番漸増繰返静的載荷実験を行い、外装材パネルにおける損傷発生の有無を確認するとともに、試験体の挙動から変形追従メカニズムの検証を行なうことである。

2. 実験概要

2.1 外装材取付金具概要

パラマウント硝子工業が開発した建築外装材取付金具の概要を図1および図2に示す。外装材パネルが構造体の変形による面内歪みを受けて脱落・破損しないためには、外装材パネルの取り合い部分（目地）に変形を計画（変形追従機構を計画）する必要がある。本研究が対象としている

変形追従機構を分類すると、ルーズホールによる変形追従、胴縁のスライドによる変形追従、胴縁受け金具の回転+切欠き付き胴縁のスライドによる変形追従が挙げられる。

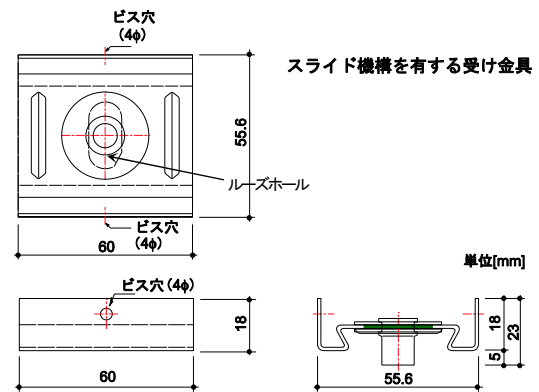


図1 外装材取付金具（スライド機構型）の投影図

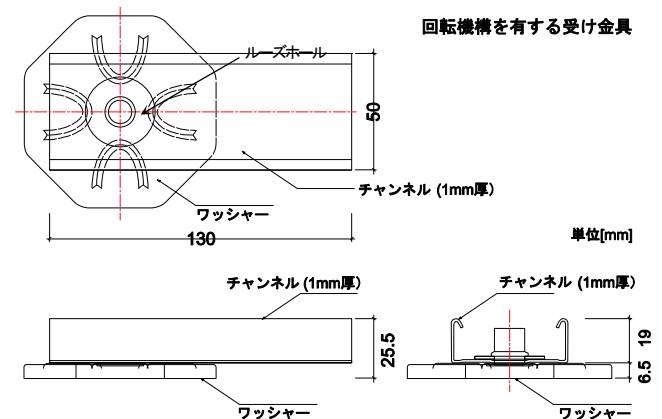


図2 外装材取付金具（回転機構型）の投影図

図1においては、平面図上下方向への変形追従はルーズホールによって、同左右方向への変形追従は胴縁のスライドによって機能するものと考えられる。一方、図2においては、平面図上下方向への変形追従はルーズホールおよび受け金具の回転によって、同左右方向への変形追従はチャンネルと直交して噛み合う切欠き付きの胴縁がチャンネル上をスライドすることで機能するものと考えられる。

* 東京大学生産技術研究所 基礎系部門

** パラマウント硝子工業株式会社

2.2 試験体概要

構造体に相当する試験体を、一般建築用構造木材により在来工法で組まれた高さ 2440mm×幅 1820mm の骨組の両面に 5mm 厚の合板を釘打ちで留めつけた木造パネルとした。木造パネルのみの試験体 N のほか、木造パネルに外装材（外装材取付金具+マグネシウムセメント板）を取り付けた試験体を、外装材取付け装置型（スライド機構型：SLide、回転機構型：ROtation）および胴縁の走行方向（鉛直方向：Vertical、水平方向：Horizontal）別に試験体 SL-V、試験体 SL-H、試験体 RO-V、試験体 RO-H とし、計 5 体を作成した。木造パネル（試験体 N）に、外装材取付金具、胴縁、外装材パネル（マグネシウムセメント板）を取付ける際の割付図を、図 3 および図 4 に示す。

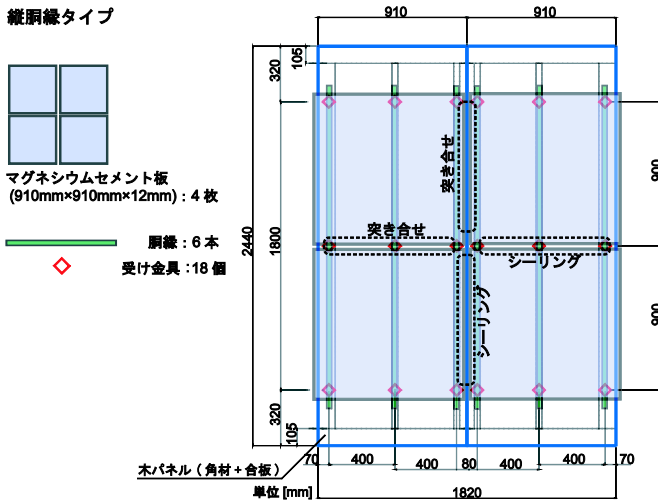


図 3 試験体 SL-V および試験体 RO-V の外装材割付図

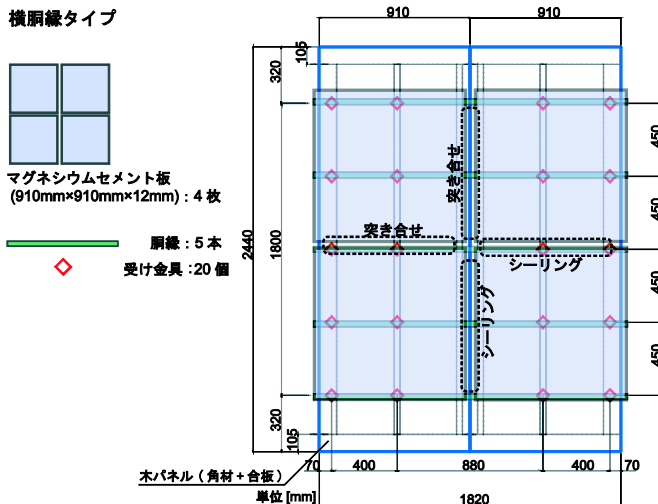


図 4 試験体 SL-H および試験体 RO-H の外装材割付図

外装材パネルはリーマービスで胴縁に留めつけるものとし、パネルの取り合い部分は縦目地・横目地ともに、半分を突き合せ、半分をシーリング（油性コーキングのシーリング：皮膜を形成するが内部は非硬化となる）とした。また、試験体 SL-V については、外装材の自重によるスライド機

構上の滑落を防止するために、外装材 1 枚を支える縦胴縁 3 本のうち、中央の 1 本のみを胴縁滑落防止ビスで受け金具に固定した。

2.3 試験方法

JIS A 1414 にある「組み立てられた非耐力用パネルの面内せん断曲げによる変形能試験」の方法に準じ、木造パネルに外装材を施工した実大試験体の正負交番漸増繰返静的載荷実験を行った。

(1) 加力装置

加力装置立面図を図 5 に示す。加力装置は、200kN 可搬式アクチュエーターを反力壁に固定し、四隅をピンで固定した試験体取付けフレームの上部を水平方向に加力することで、フレームに内蔵されたパネルに強制変形角を与えるものである。本実験では、振れ止め用ビームに取り付けられた不動点に可視光型レーザー変位計（LB-1200+LB-300）を取り付け、木造パネル上梁に固定した照射板との距離から水平変位を測定した。また、アクチュエーターがフレームと接する端部に 196kN ロードセルを取り付け、加力試験体に入力されるせん断力を測定した。

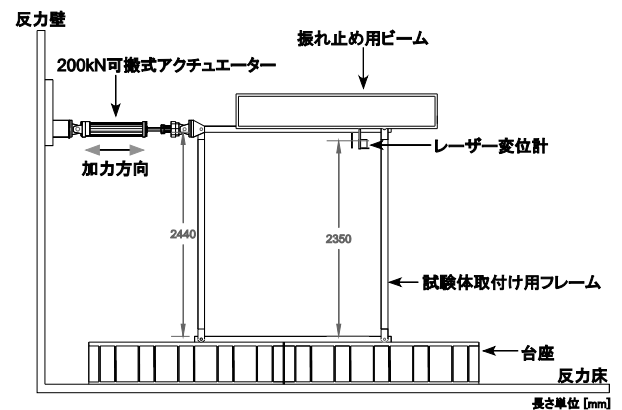


図 5 加力装置立面図

(2) 載荷履歴

レーザー変位計で測定された水平変位を試験体下端に対するレーザー変位計照射点高さで除した値を層間変形角として、層間変形角による変位制御で載荷を行った。載荷履歴を図 6 に示す。

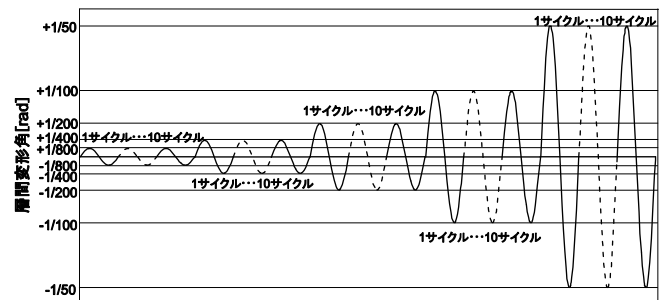


図 6 載荷履歴

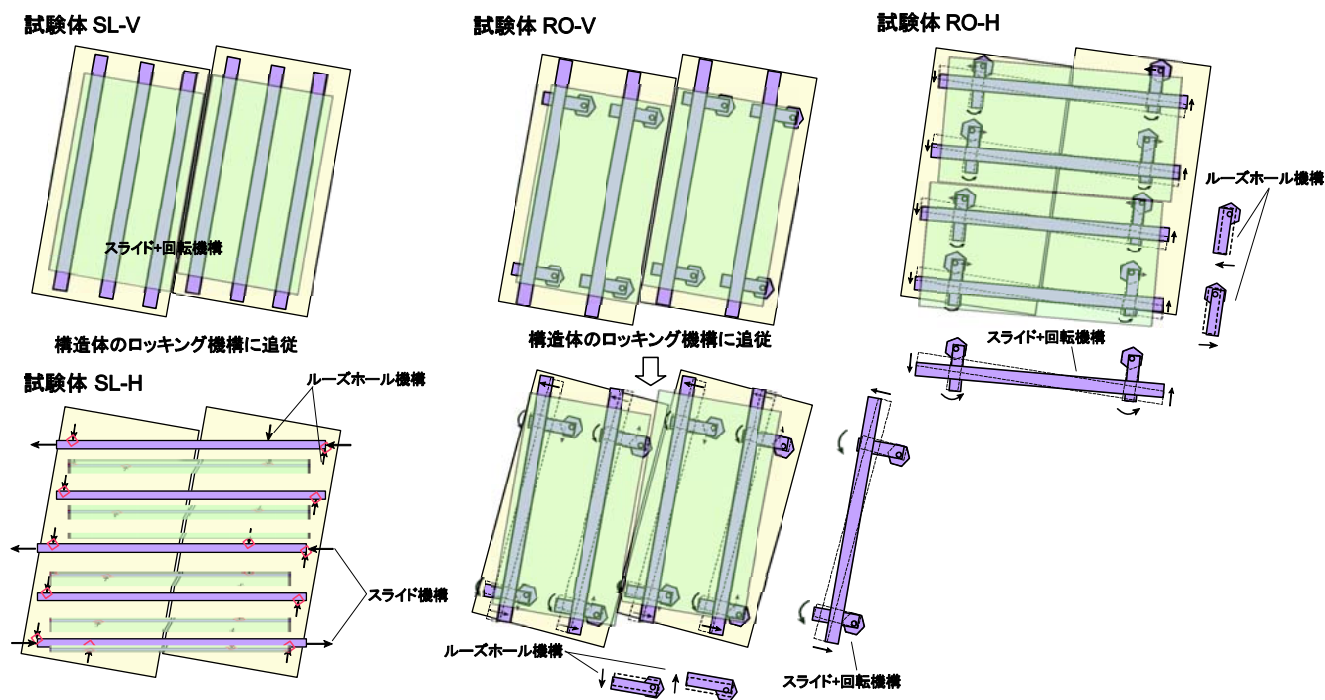


図7 本実験で観測された変形追従メカニズム

変位振幅は正弦波に従い、層間変形角で $\pm 1/800$ rad, $\pm 1/400$ rad, $\pm 1/200$ rad, $\pm 1/100$ rad, $\pm 1/50$ rad を各 10 サイクル繰返ししながら単調増加させた。1 サイクルの周期は、層間変形角 $\pm 1/800$ rad でおおよそ 120 sec, 層間変形角 $\pm 1/400$ rad でおおよそ 160 sec, 層間変形角 $\pm 1/200$ rad でおおよそ 200 sec, 層間変形角 $\pm 1/100$ rad でおおよそ 280 sec, 層間変形角 $\pm 1/50$ rad でおおよそ 360 sec であった。

2.4 計測内容および方法

JIS A 1414 に従い、A.組立・取付部の残留歪み及び変形、B.破損音、C.仕上材のはく離、D.パネル及び取付部を貫通するきれつ又はすき間の4点について計測および記録した。Aについては、外装材パネル突合せ目地部分に100 mm 間隔でグリッドを引き、加力1 サイクル目と10 サイクル目の正負ピーク時および最終除荷時の目地ズレを最小目盛 0.5 mm のスケールを用いて計測した。B, C, Dについては観測中に確認できたものを記録した。このほか、木造パネルを形成する2枚の合板はロッキング変形が卓越するため、2枚の合板の取り合い部分にも100 mm 間隔でグリッドを引き、加力1 サイクル目と10 サイクル目の正負ピーク時および最終除荷時のロッキングによる合板取り合い部分のずれ量を最小目盛0.5 mm のスケールを用いて測定した。

3. 実験結果

図7は、本実験で観測された変形追従メカニズムを示した概念図である。縦胴縁を有する試験体 SL-V および試験体 RO-V では、層間変形角 $1/50$ rad で僅かにメカニズムが機能したものの、それより小さい変形角では外装材取付装置の変形追従メカニズムが機能することはなく、構造体の

ロッキング変形に追従するだけであった。一方、横胴縁を有する試験体 SL-H および試験体 RO-H では、外装材取付装置の変形追従メカニズムの機能が確認できるものの、その殆どがルーズホール機構の機能による変形追従で、胴縁のスライド機構による変形追従は層間変形角 $1/50$ rad になって機能しはじめた。

図8は、各試験体の加力10 サイクル目におけるピーク時目地ずれ量を示した図である。縦胴縁を有する試験体 SL-V および試験体 RO-V では、横目地に目地ずれを生じることはなく、縦目地の目地ずれ量と木造パネルのロッキングによる合板取り合い部分のずれ量とがほぼ同じ値を示した。一方、横胴縁を有する試験体 RO-H では、縦目地に目地ずれを生じることはなく、横目地の目地ずれ量と木造パネルのロッキングによる合板取り合い部分のずれ量とがほぼ同じ値を示した。また試験体 SL-H では、横目地および縦目地両方に目地ずれが発生したが、木造パネルのロッキングによる合板取り合い部分のずれ量よりも横目地および縦目地の目地ずれ量は小さく、さらに、横目地の目地ずれ量に比べて縦目地の目地ずれ量は半分以下であった。シーリング処理をした目地における損傷状態は、ピーク時目地ずれ量が $0.5 \sim 1.0$ mm でシーリングにしわが発生し、 $4.5 \sim 6.0$ mm でシーリングに亀裂が発生した。最終サイクルの層間変形角 $1/50$ rad で受け金物のスライド機構あるいは回転機構に基づく変形追従メカニズムが機能しはじめると、試験体 SL-V を除き、除荷時の目地に残留変形(ずれ)が生じた。これは、試験体 SL-V では外装材滑落防止ビスによって縦胴縁の一部を受け金物に固定していたため除荷時に外装材を初めの位置に戻す拘束力が働いたが、その他の試験体で

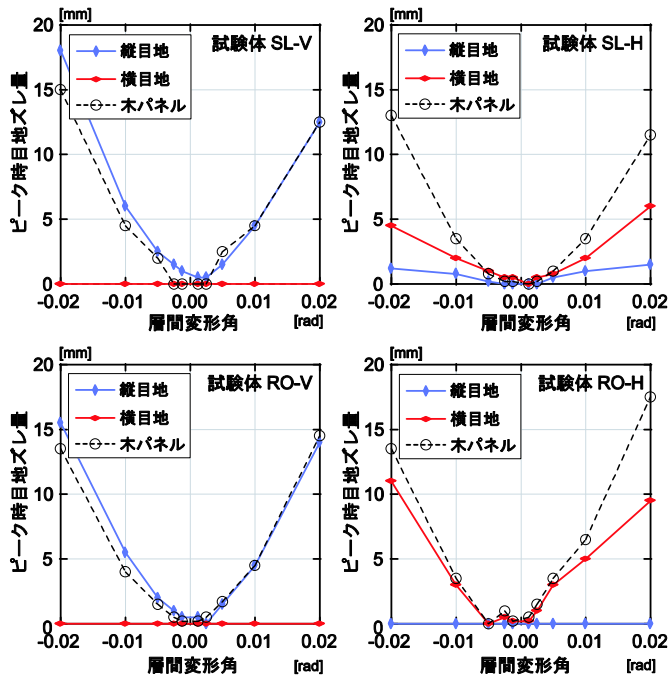


図8 ピーク時目地ずれ量 (各10サイクル目)

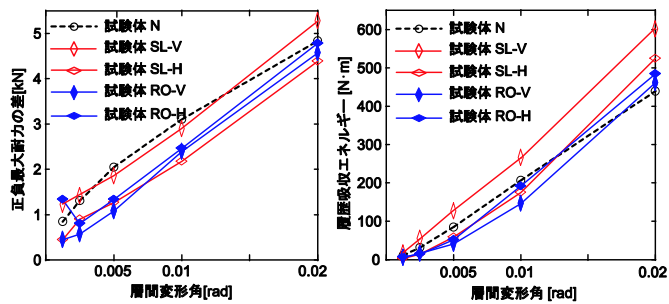


図9 正負最大耐力差および履歴吸収エネルギー (10サイクル分) の変遷

は、スライド機構あるいはスライド+回転機構が効きはじめて後、完全に摩擦力だけに依存するフリーな状態のため、除荷時に元の位置に戻るような拘束力が働かなかつたものと考えられる。

図9は、各試験体の正負最大耐力差および10サイクル分の履歴吸収エネルギー量を示した図である。図7に示した外装材取付装置の変形追従機構が作用を始める層間変形角1/50 radに至ると、外装材取付装置のない試験体Nに比べて、いずれの試験体も最大耐力に寄与しない外装材取付装置の摩擦による付加的な力のため履歴消費エネルギーが増加した。ただし、ここで見られる履歴消費エネルギーの増加は、構造体の変形量が大きくなってから発現するものであるため、例えば中小地震による構造体の変形制御を目的としたエネルギー吸収デバイスとしての損傷制御に寄与する性質のものではない。

4. まとめ

パラマウント硝子工業が開発した建築外装材取付装置の

変形追従性能確認実験より得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 開発した外装材取付装置のスライド機構およびスライド+回転機構は層間変形角1/100 radまで殆ど機能しなかったが、ルーズホール機構が変形追従に大きく寄与したため、外装材パネル、外装材取付金具および留付けビスに損傷はなく、外装材取付装置がもたらす不具合も特に認められなかった。スライド機構およびスライド+回転機構が大変形まで作用しなかったのは、各機構が作用を開始するための静止摩擦力が過大だったためと考えられる。また、ルーズホール機構による変形追従性能を発揮するためには、設置段階でルーズホールの遊びが均等に分布するよう施工する必要がある。
- (2) ピーク時の目地ずれについては、変形追従メカニズムに従い、縦同縁を有する試験体では縦目地に目地ずれが発生し、横同縁を有する試験体では主に横目地に目地ずれが発生した。残留変形(ずれ)については、SL-V試験体では外装材滑落防止ビスによって縦同縁の一部を受け金物に固定していたため、除荷時に外装材を初めの位置に戻す拘束力により残留変形(ずれ)が生じなかったが、その他の試験体ではスライド機構あるいはスライド+回転機構が効きはじめて後、完全に摩擦力だけに依存するフリーな状態となるため、除荷時に元の位置に戻るような拘束力が働かず残留変形(ずれ)が生じた。
- (3) 外装材取付装置の変形追従機構が作用を始める層間変形角1/50 radに至ると、摩擦による付加的な力のため履歴消費エネルギーが僅かに増加した。ただし、構造体の変形量が大きくなってから履歴消費エネルギーが増加するため、中小地震による構造体の変形制御を目的とした損傷制御に寄与する性質のエネルギー消費ではないと考えられる。

今後、同様の実験を行う際には、構造体の変形状態が非構造部材に最も都合の悪い変形状態となる割付けを計画し、それが非構造部材に都合の良い変形状態に置き換えられるかどうかを確認する必要がある。

謝辞

本実験はパラマウント硝子工業株式会社の寄付金により行われました。実験の実施にあたって、サイトウ商工株式会社の齋藤守貞氏に多大なご協力を賜りました。ここに記して深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建築非構造部材の耐震設計施工指針・同解説および耐震設計施工要領，日本建築学会，2003年