広島工業大学紀要研究編
第41巻（2007）pp. 67-72
論　　文

木造在来構法住宅の外壁下地材補強による耐震性向上

岩井　　哲*・今宿　律也**・宮本　英明***

（平成18年10月30日受理）

Earthquake-Resistance Improvement Using Strengthened Sub-Frame against Exterior Walls for a Conventional Wooden Framed House

Satoshi IWAI, Ritsuya IMAJUKU and Hideaki MIYAMOTO

(Received Oct. 30, 2006)

Abstract

The improvement of earthquake-proof performance of wooden houses is one of the most important disaster prevention measures for urban area against earthquakes. The purpose of this research is to investigate the earthquake-proof performance of the inside sub-frame by using the polypropylene material processing as the strengthened exterior wall. The test results are as follows. (1) The wall area index of the proposed inside-frame shows about 0.5 at 1/120 rad of story-deformation angle. (2) The ultimate bearing force of the proposed inside-frame is over 2 or 3 times against the strength at 1/120 rad; therefore the sufficient safety ratio can be maintained. (3) The rupture of the proposed inside-frame occurred due to the breakage of the joint part fastened by screw nails between the inside-frame and the supporting stud. Thus it will be better to improve resistance property of the joint part.

Key Words: conventional wooden frame construction, exterior sub-frame, earthquake-resistance, earthquake-bearing wall, wall area index, static loading test

1．研　究　目　的

住宅の耐震性能向上は，都市域の地震防災対策を進める上で最重要課題である。しかしながら，1981年の新耐震設計法による壁量規定改正の前に建設された木造住宅に関しても，耐震診断や耐震補強を促す施策があるにも拘わらず，住宅の耐震対策は遅々として進んでいないのが現状である。本研究は，木造外壁に用いられる「サイディング・ウォール」と呼ばれる外壁材とそれを柱材・間柱材の間に支持する下地材として，樹脂材加工による下地フレームを施工することを提案するものである。この外壁下地フレームによって，外壁の耐力と変形性能における耐震性向上効果を増し，既存の建物に有効であることを載荷実験によって検証するものである。

周知のように木造住宅の外壁は，耐震・耐風性能を支持する部材として重要である。外壁サイディング・ウォールは通常，住宅の耐水，断熱，防音のために用いられる。しかしながらこれは主に施工上の理由から，軽さと取り付けの簡便さを求められており，耐震強度は持たないとされる。ここでは図１に示すように外壁の下地フレームを，外壁と家屋本体の軸組柱の間に配し，耐震用途に取り付けるものである。この方法は木造住宅において，住まいながら耐震補強できる手法として，都市地震防災上，耐震診断ならびに耐震補強を促す施策を推し進め易くするところが長所で

* 広島工業大学工学部建築工学科
** ㈱骨太住宅
*** ㈱モルテン

あり，意義があると考える。

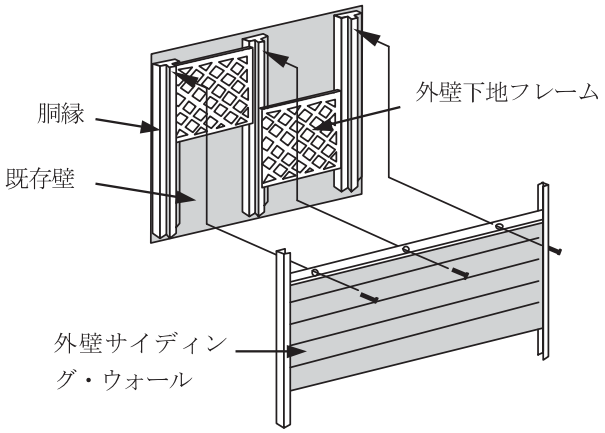

図１　外壁下地材とサイディング・ウォールの取り付け

２．外壁下地フレーム材の形状と特徴

外壁下地フレームの素材は合成樹脂材ポリプロピレン（以後，PP と称する）を主材とする。PP は熱可塑性で比重 0.90 ～ 0.92，丈夫で耐熱性・耐水性・耐酸性，高周波絶縁性に優れ，電線被覆，高周波絶縁物に利用される。強度増強のため本研究では PP にグラスファイバー（GF）を配合したものを使用した。GF の配合量を７％，10％，15％，20％，30％と変え，GF の量ならびに繊維長さの変化が壁耐力にどのような影響を与えるかを検証する。また PP の経年劣化を促進させた材を用意して，耐力ならびに靭性への影響を調査する。

外壁下地フレームは厚さ12mm で，木造在来構法において平面の基準寸法となる 910mmを基本として，その半分の 455mm×455mm の寸法を設定している。この寸法の場合，建築基準法で認められる耐力壁だけではなく，住宅の品質確保促進法に基づく住宅性能表示において「準耐力壁」と称される，開口部の上・下に存在する垂れ壁・腰壁部に用いて補強する場合にも利くため，耐力壁以外の部分でも取り付ければ建物の終局強度の向上にも大いに有効となる。

３．載荷実験方法

(1) 試験体

試験体は図２に示す５通りのフレームの組み合わせを用意した。単１層（１枚）と，並列１層（横２枚）あるいは直列２層（縦２枚）とした場合，千鳥型の配置で２層あるいは３層とした場合である。いずれも２つの構面を平行に並べて載荷装置に取り付け，実験を行った。

(2) 載荷装置

実際の壁裏面に存在する柱や間柱を受け木材として，胴縁を介して外壁下地フレーム試験体に強制変形を生じさ

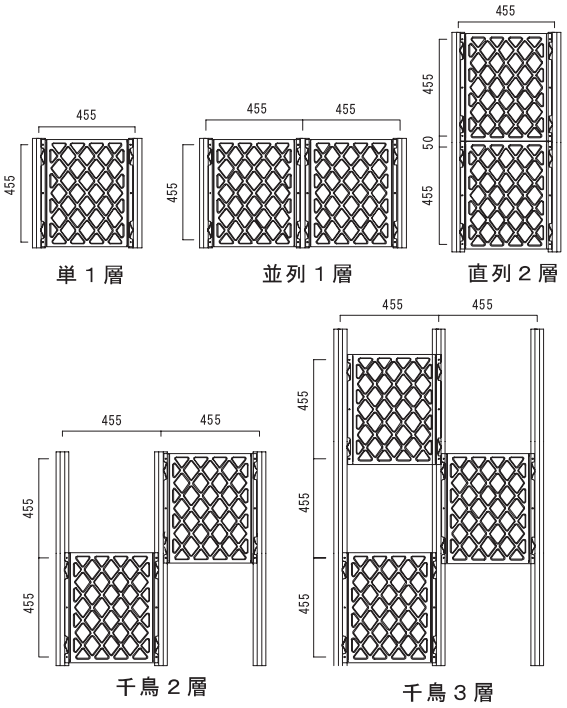

図２　試験体の形状

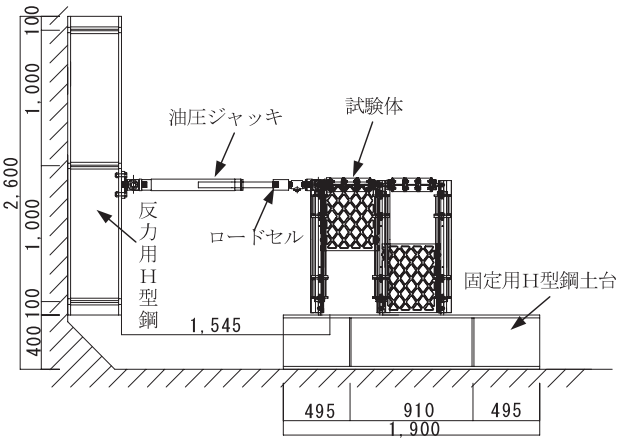

図３　載荷実験装置

せ，水平せん断力が作用するように図３に示す載荷装置を製作した。載荷装置は試験体フレームの各施工パターンに対応できるよう縦・横方向に 455mm の倍数で伸長可能である。載荷は下地フレームに面内のせん断変形を制御・作用させる形式である。図４に示すH形鋼で作製した載荷枠の梁と柱を，回転自由なピン接点（ロッドエンド利用）４箇所（並列層では６箇所）で接合し，受けの木材（90mm×60mm）を鋼載荷枠の柱部に M8 ボルトで固定した。その受け木材にフレーム試験体と同様の合成樹脂製の胴縁を防災瓦ビス M4 によって留め，試験体フレーム１枚について胴縁にビス各３本，計６本で取り付けた。

(3) 載荷方法

荷重は 200kN 複動シリンダー，ストローク 500mm の

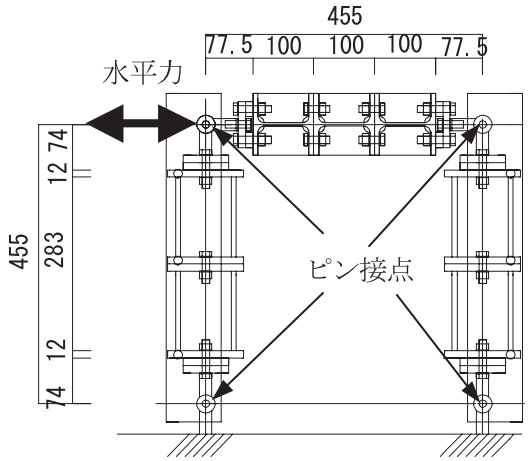

図４　単１層試験体用装置詳細

油圧ジャッキを用い，載荷装置の上梁部の水平方向変位（層間変形角）を変位計によって制御して与えた。実験は次の２種類の載荷方法によった。

①　正方向のせん断変形角 1/120rad において一度折り返し，負方向に－1/120rad まで載荷し，その後は再び正方向へ一方向に 1/15rad まで単調載荷する。載荷は最大荷重が 400kgf（＝壁１構面の長さ 1m 当り 200kgf で壁倍率 1.0 に相当）を越えるか，または試験体に破壊が生じて最大耐力の８割以下に低下するまでとした。

②　繰り返し載荷は，せん断変形角 1/480，1/360，1/240，1/180，1/120，1/90，1/60rad まで各振幅で２回ずつの正負漸増変位載荷とし，その後 1/15rad までの単調載荷とする。載荷終了の判断は①と同様である。

壁耐力の評価は，木造軸組耐力壁の試験方法，評価方法[1)]に則って，降伏耐力，終局耐力，剛性，履歴ループ形状から壁倍率を求めるものである。

(4) 樹脂材の劣化促進方法

樹脂材の劣化促進方法には，特に規格や特別の要求仕様がないため，自動車部品の仕様を参考にして，約 20 倍のサイクル負荷をかけて実施した。冷熱繰り返し方法として，－ 30℃で２時間，その後１時間かけて 80℃まで昇温，さらに１時間かけて冷温，という一連の過程を１サイクルとして，100 サイクルを実施したものである。

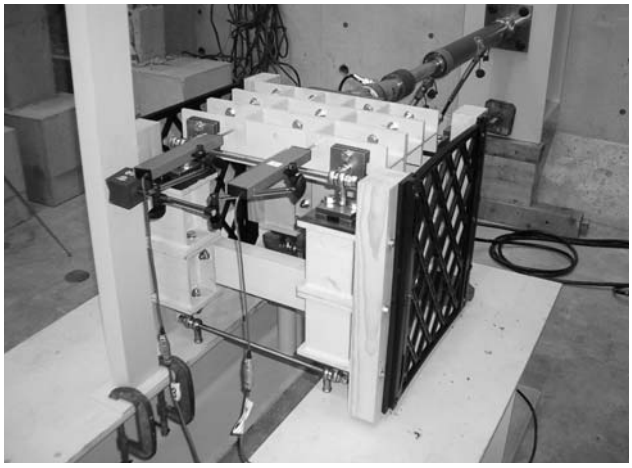

写真１　単１層試験体の加力・計測状況

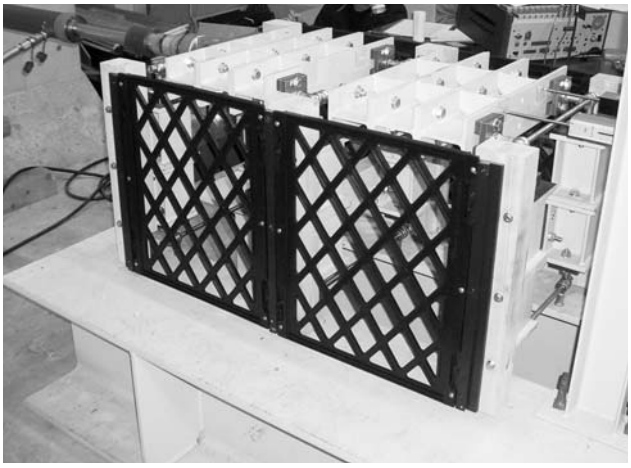

写真２　並列１層試験体の加力・計測状況

写真３　千鳥２層試験体の加力・計測状況

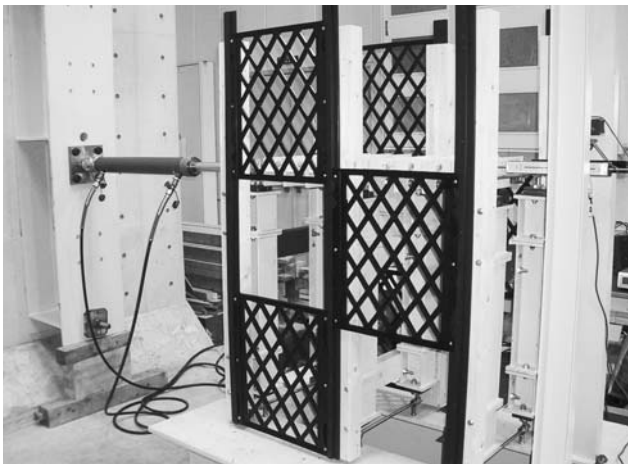

写真４　千鳥３層試験体の加力・計測状況

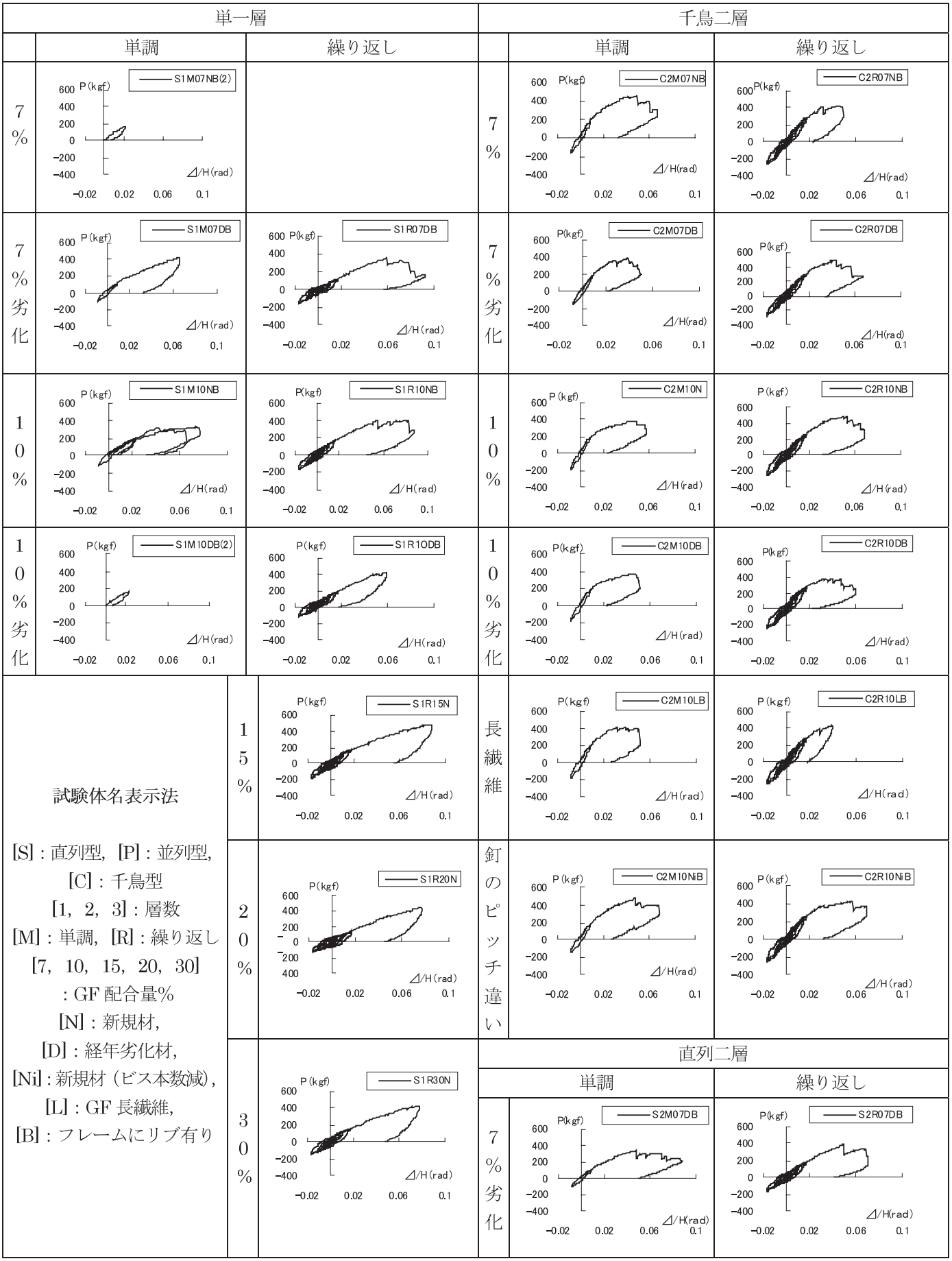

図5　全試験体の水平力－層間変形関係

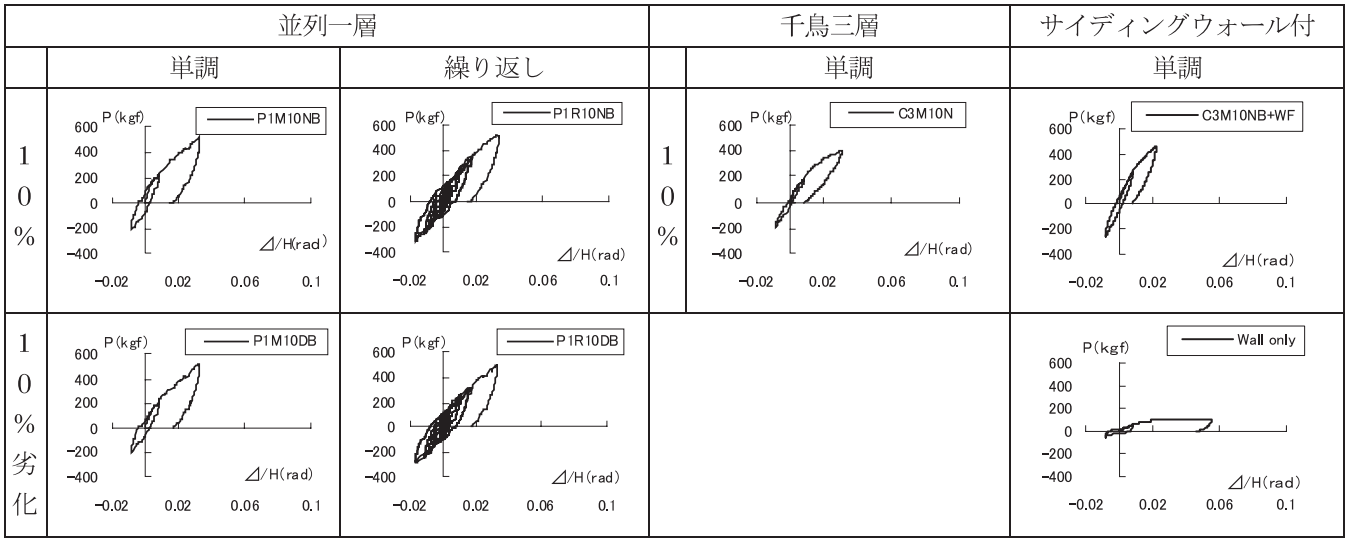

図５（続）　全試験体の水平力－層間変形関係

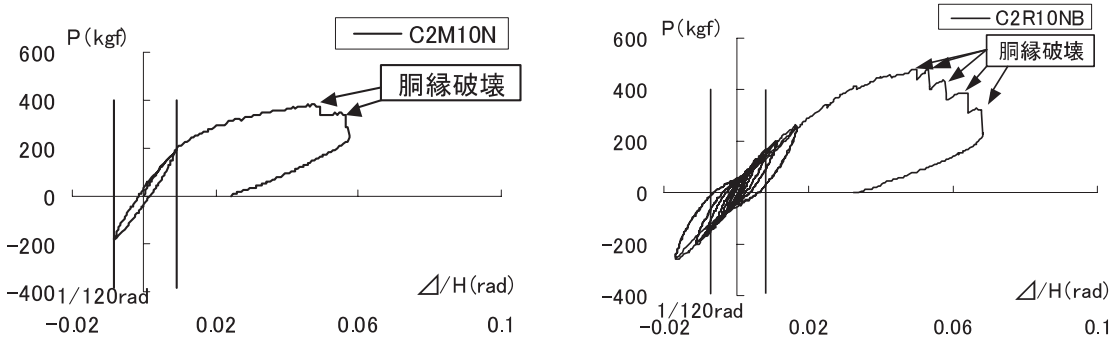

図６　水平力－層間変形関係と破壊過程

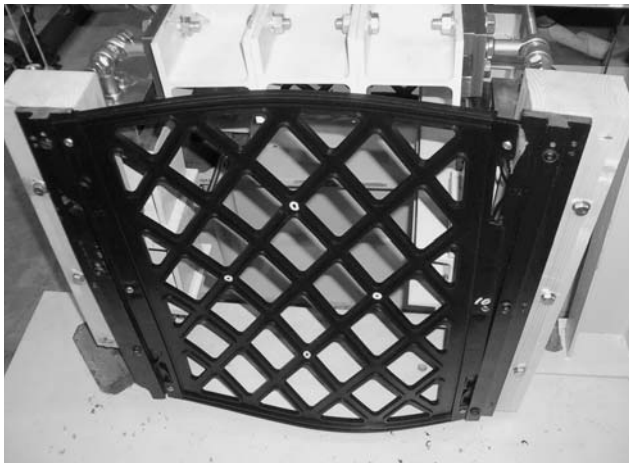

写真５　破壊前の下地フレームの変形

写真６　胴縁のビス部の割裂け破壊状況

４．実　験　結　果

実験の各変数による影響は以下の通りであった。

(1) サイディング・ウォール付きの場合の耐力への影響

サイディング・ウォールのみを載荷枠に取り付けて載荷した場合では，サイディング・ウォールの端部に廻り縁を設けなければ，12.5kgf 程度で，ほとんど耐力を持たないことを確認した。試験体 C3M10NB+WF は C3M10NB にサイディング・ウォール WF を端部に廻り縁を設けて，試験体 C3M10N と比較したもので，60 ～ 70kgf 程度，耐力は上昇する。

(2) 載荷パターンの影響

単調載荷（± 1/120rad で 1 回だけ折り返しあり）と繰り返し載荷では耐力や復元力の履歴ループ形状に大差はな

い。図５，図６に示すように繰り返しを± 1/480rad から± 1/60rad まで各変位振幅で２回ずつ行ったが，繰り返しによる耐力劣化はほとんど認められない。

(3) GF の含有量の影響

破壊が生じたのは，写真６に示すようにいずれも胴縁のビス取り付け部が割裂けることによるものであった。GF の含有量を７％から 30％まで変化させたが，耐力・性能に大きな差はなかった。但し，GF の含有量が増えることにより，下地フレームの固さは増しており，胴縁の変形・破壊に及ぼす影響が若干出る傾向にあるが，定量的には明確ではない。GF の繊維長さに関しても同様のことが言える。

(4) PP の経年劣化促進の影響

PP に温度変化を繰り返し与えて経年劣化を促進させた下地フレームを，経年劣化させていない新規材料のものと比較した結果は，特に差異が認められなかった。

(5) 施工パターン：単１層（１枚）の場合

単１層の耐力は± 1/120rad 時，ほぼ 90 ～ 100kgf であり，壁長さ１m 当りとして約 100kgf ＝ 壁倍率 0.5 相当の補強効果が得られている。複数の実験で結果にばらつきは少なく，比較的安定した耐力が期待できる。破壊は，層間変形角で 1/18rad から 1/12rad の時に，ビス部で胴縁が割裂けることによるもので，この時の耐力はほぼ 300 ～ 400kgf であり，1/120rad 時の３～４倍を示す。

(6) 施工パターン：並列１層（横２枚）の場合

並列１層（横２枚）の場合は 1/120rad 時で 200～220kgf と，単１層（１枚）の場合に比較して，ほぼ２倍の耐力が認められる。従って壁量計算と同様に水平投影長さに応じた耐力があると見なすことが可能である。

(7) 施工パターン：直列２層（縦２枚）の場合

直列２層（縦２枚）の場合は単１層（１枚）の場合とほぼ同じ耐力を示した。水平投影長さが変わらないことから，壁量計算的な考え方で処理できる。

(8) 施工パターン：千鳥型２層の場合

千鳥型２層の場合は，正負の載荷方向による耐力差が出ることを想定したが，実際にはほとんど差を生じなかった。また千鳥型２層と千鳥型３層は，下地フレームを逆対称形に配して行ったが，大差ないことを確認した。

(9) 施工パターン：千鳥型３層の場合

千鳥型３層は，載荷点を千鳥型２層と同じ所にして，上部の第３層があることによって，より抵抗力が増すこと（千鳥型２層が低い性能となること）を確認する目的で実験を行ったものであるが，千鳥型２層で正負の載荷方向による差が出ないこともあり，千鳥型２層が千鳥型３層と変わらない結果となった。

５．結論ならびに今後の課題

(1) 木造外壁下地材として，樹脂材加工によるサイディングフレームを用いて壁倍率 0.5 相当の耐力上昇を獲得できる。

(2) 終局破壊時の耐力と変形は 1/120rad 時の２倍～４倍であり，充分な安全率を保持できる。

(3) 終局的な破壊はサイディングフレームではなく，支持する胴縁がビス止め部で割裂けたことにある。外壁下地フレームと共に，胴縁の耐力，剛性，変形性能がこの耐震性能に大きく関わる。

(4) 外壁下地フレームの基本寸法を 455mm×455mm に対応させたため，コンパクトで施工性も優れるならば，量産化し，より安価な耐震補強が可能となろう。

謝　　辞

本研究は広島工業大学と，株式会社ウエスト（現 株式会社骨太住宅），ならびに株式会社モルテンとの共同研究課題「木造住宅の耐震性の向上に関する研究」として実施したものである。また，当課題は竹腰誠司君，土屋智祐君の平成 17 年度卒業研究として取り組まれた。なお研究用資金には㈶広島産業振興機構による開発支援助成金を一部利用させていただきました。ここに記して深く感謝致します。

参　考　文　献

１）国土交通省住宅局建築指導課（監修）：「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」２章 試験方法と評価方法，日本住宅・木材技術センター，2001 年 12 月.