

課題情報シート

テーマ名：	文化財における鋼製枠を使用した面材耐力壁の開発				
担当指導員名：	宇都宮直樹	実施年度：	28 年度		
施設名：	近畿職業能力開発大学校				
課程名：	応用課程	訓練科名：	建築施工システム技術科		
課題の区分：	開発課題実習	学生数：	6	時間：	26 単位 (468h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

既存の文化財建造物の板壁の耐震改修を行う場合には、既存の面材補強では仕上面に影響する（ちりが少なくなる）ことから、仕上げに影響を少なくするために新たに鋼製枠を考案し、面材と組み合わせました。

【訓練（指導）のポイント】

企業と共同で課題に取り組んだことで、企業が抱える問題点を学生が身近に感じ、課題実習に取り組む重要性を認識し、モチベーションを維持させました。

課題に関する問い合わせ先

施設名： 近畿職業能力開発大学校
住所： 〒596-0817 大阪府岸和田市岸の丘町 3-1-1
電話番号： 072-489-2111（代表）
施設 Web アドレス： <http://www3.jeed.or.jp/osaka/college/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

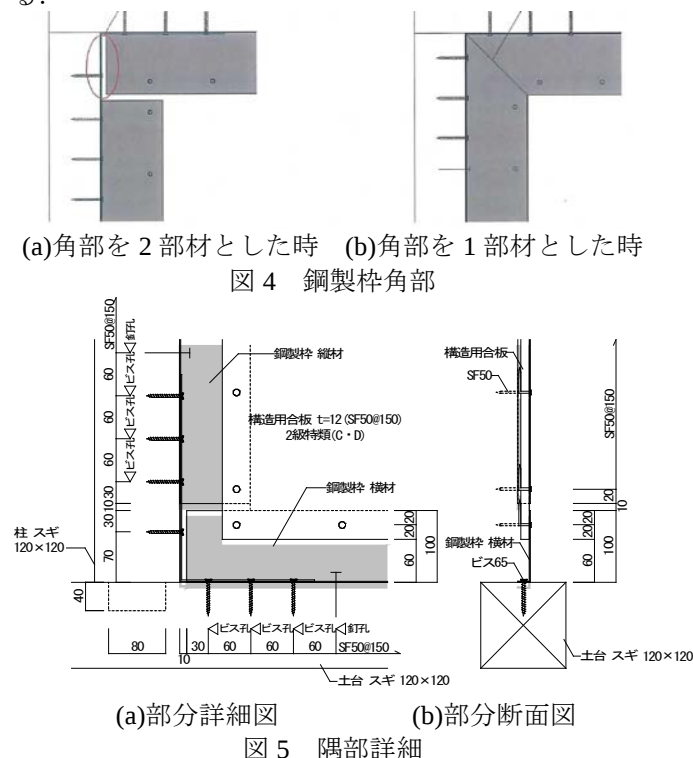
図 3 耐震補強事例
弾力性に富む鋼材を受材（以下、鋼製枠と呼称する）

として使用することとし、面材には構造用合板を使用することとした。鋼製枠の形状はL型とし、躯体と面材に釘で留めつけられるようにした。角部は横材と縦材が取り付くため、一体性を確保するためにL型金物を使用することとした。継ぎ目には、継材を使用し面材を接合する。ここで、図 4(a)に示す角部分の剛性が弱いのではないかと考えた。そこで図 4(b)に示すように、鋼製枠の角部分を1部材としたときの耐力についても評価を行うことにした。

3. 鋼製枠

3.1 仕様 鋼製枠の材種はSUS304である。SF50の釘を用いて軸組に接合する。試験体角部にはL型金物を長さ50mmのステンレス製のビスを使用し60mmピッチで固定する。鋼製枠角部はプレス加工とし、ビス穴、釘穴は使用するビス径、釘径の+0.3mmの大きさとした。

3.2 釘位置の検討 図 5(a), (b)に示すように試験体詳細図面の作成に際し、鋼製枠の釘、ビスの位置の検討を行った。面材は釘列からの縁端距離が不足していることによって、終局時に部材端部の割れが生じないようしなければならない。釘のへりあきが不足して面材端部が割れる破壊は、同じへりあきでも面材が厚く釘のせん断力が高いほど、また、釘のピッチが小さいほど、起こりやすい。通常の構造用合板張りでは、釘ピッチ150mm、合板120mm+N50mmの仕様でへりあき10mm程度でも割れることは少ないという事例^[4]を基準に、釘のピッチは150mmとする。これを元に、釘の割付は、中心からバランスよく行い、へりあきは20mmとした。合板と鋼製枠との取り付け方法は、SF50の釘を鋼製枠側から打ち、突き出した先端を折り曲げ固定する。



3.3 施工方法 施工手順を図 6 に示す。横材と縦材を

SF50の釘を用いて軸組に取付ける。取付けた鋼製枠の上からL型金物を取付けビスで固定する。構造用合板をSF50の釘を用いて鋼製枠側から打付ける。打付けた釘の先端を叩き、折り曲げる。

4. 試験体概要

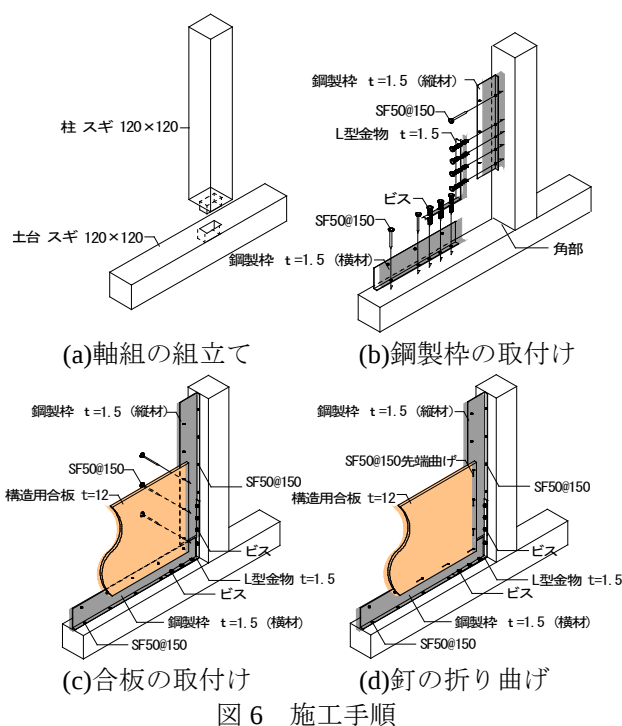
本実験では形状による破壊性状と耐力の違いを比較するために表 1、図 7 に示す 5 種類の試験体を作製した。以上の 5 種各 3 体、計 15 体を使用する。部材寸法は柱が 120×120mm、梁が 120×180mm、土台が 20×120mm とし、材種はスギ材である。構造用合板は厚さ 12 mm の JAS 2 級特類、ほぞは短ほぞとし CN90 釘を 2 本平打ちとした。

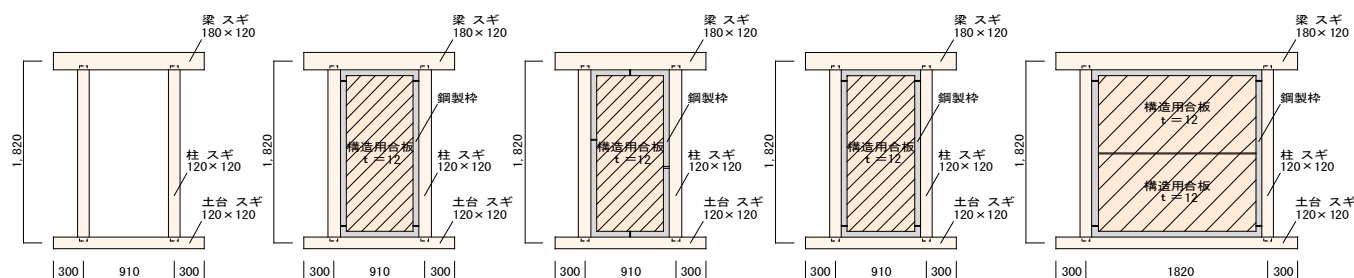
5. 比較目的

- 鋼製枠耐力壁実験における比較目的を以下に示す。
- 試験体 A から仕口と引寄せ金物の影響を把握する。
 - 角部の鋼製枠を 1 部材としたときと 2 部材としたときの耐力と破壊性状の違いを把握するため、試験体 B と試験体 C との比較を行う。
 - 釘の径や長さによる基本的な耐力と破壊性状の違いを把握するため試験体 B と試験体 D の比較を行う。
 - 合板の継手の有無による耐力と破壊性状の違いを把握するため試験体 D と試験体 E の比較を行う。

6. 構造性能評価

構造性能評価は、図 8 に示す静加力試験機で行う。载荷はサーボアクチュエーターで行い、図 9 に示すように、見かけのせん断変形角が 1/450 rad から 1/20rad まで正・負方向に交番 3 回繰り返す载荷とし、終局は 1/10rad まで片引きとした。試験は柱脚固定とし、柱頭 15kN 柱脚に 25kN の引き寄せ金物を取付けた。





試験体 A

試験体 B

試験体 C

試験体 D

試験体 E

図 7 試験体

表 1 試験体概要

試験体名	寸法 (芯芯間距離)	鋼製枠の構成	L型金物の有無	合板留め付けの釘の種類	継ぎ材の有無
試験体A	H1820×W910mm	なし	なし	なし	なし
試験体B	H1820×W910mm	2部材	あり	SF50	なし
試験体C	H1820×W910mm	1部材	なし	SF50	なし
試験体D	H1820×W910mm	2部材	なし	SF65	なし
試験体E	H1820×W1820mm	2部材	なし	SF50	あり

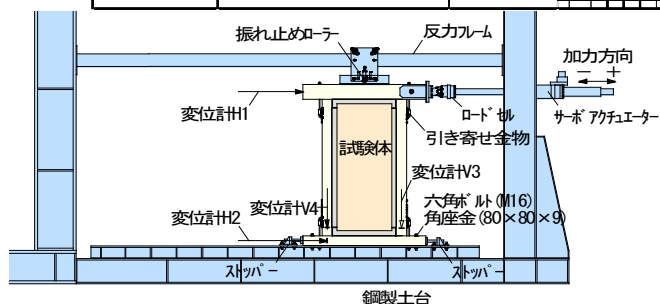


図 8 試験機取り付け図

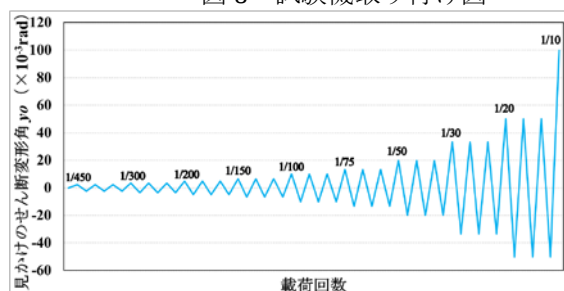


図 9 載荷スケジュール

7. 試験結果

7.1 評価方法 試験結果の荷重と見かけのせん断変形角の関係から包絡線を作成し、変形角 1/120rad 時の耐力壁のせん断力を短期許容せん断耐力とし壁倍率を算定した。

7.2 破壊性状 以下、試験体ごとの加力時の破壊性状について示す。

1) 試験体 A : 試験体 A では引き寄せ金物と仕口のみでの試験体の破壊性状及び荷重と変形を測定するものであり本実験の基準とする。1/30rad 時より柱仕口部の引き抜きがみられた。最大耐力 P_{max} は平均で 6.3kN、壁倍率は平均 0.6 倍となった。

2) 試験体 B : 図 10(a)(b)に試験体 B の代表的な破壊性状を示す。鋼製枠角 2部材とした試験体 B では、フレームの変形に追従するように鋼製枠の変形がみられた。1/100rad 時より、構造用合板面の釘の浮き上がりが始まった。また、1/30rad 時に変形により構造用合板をとめる釘の頭がせん断された。1/15rad 時では構造用合板から釘が完全に抜ける結果となった。

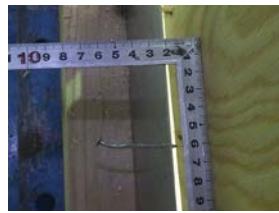
3) 試験体 C : 図 10(c)(d)に試験体 C の代表的な破壊性状を示す。鋼製枠角 1部材とした試験体 C では、フレームの変形に伴い、鋼製枠の大きな曲げ変形がみられた。1/75rad 時より枠材の座屈が始まり、1/50rad 時より柱頭柱脚部の曲げ変形による鋼製枠と釘の浮きがみられた。

4) 試験体 D : 図 10(e)(f)に試験体 D の代表的な破壊性状を示す。鋼製枠角 2部材、釘長さ 65 mm とした試験体 D では、試験体 B と同様に 1/100rad 時より構造用合板面の釘の引き上がりが見られた。1/20rad 時に変形により構造用合板をとめる釘の頭がせん断された。1/10rad 時には左側構造用合板の釘が全て引き抜け、構造用合板が完全に浮きあがった。

5) 試験体 E : 図 10(g)(h)に試験体 E の代表的な破壊性状を示す。試験体寸法 1820×1820 の試験体 E では、



(a) 釘頭せん断



(b) 釘の引き抜け



(c) 鋼製枠の座屈



(d) 鋼製枠の浮き上がり



(e) 釘の引き上がり



(f) 構造用合板の浮き



(g) 釘の引き上がり



(h) 構造用合板の反り

図 10 破壊性状

1/100rad 時より釘の引き上がりがみられた。1/30rad 時より構造用合板の裏側への 2.5 mm の反りがみられた。

7.3 荷重と変形の関係の比較 実験結果をもとに解析ソフト PickPoint を用い、データの比較を行うこととした。試験体 E 3 に関して、変位計の故障により正確なデータが得られなかった為、比較対象から除くこととする。

1) 試験体 B・C の比較：図 11 に、試験体 B・C における荷重と変形角の各平均値の関係を示す。試験体 B は、最大耐力 P_{max} が 11.5kN、壁倍率は 2.9 倍となった。試験体 C は最大耐力 P_{max} が 14.3kN、壁倍率は 3.3 倍となった。試験体 C は B に比べ、剛性が高いことがわかる。しかし、鋼製枠角 1 部材は部材の剛性が高いためフレームの挙動に追従せず、フレーム自体に影響を与えてしまう。

2) 試験体 B・D の比較：図 12 に、試験体 B・D における荷重と変形角の各平均値の関係を示す。試験体 D は、最大耐力 P_{max} が 14.2kN、壁倍率は 3.2 倍となった。試験体 D は B に比べ釘が長くなった為構造用合板からの引き上がりが少なく、剛性が上がった。

3) 試験体 B・E：図 13 に、試験体 B・E における荷重と変形角の各平均値の関係を示す。試験体 E は、最大耐力 P_{max} が 23.36kN、壁倍率は 4.4 倍となった。試験体 E3 に着目すると最大耐力、終局耐力ともに試験体 B を上回る結果となっているため、試験体作成の際の精度、施工方法により変化すると考えられる。

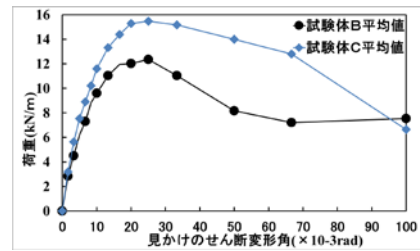


図 11 試験体 B・C 荷重 - 変形包絡線

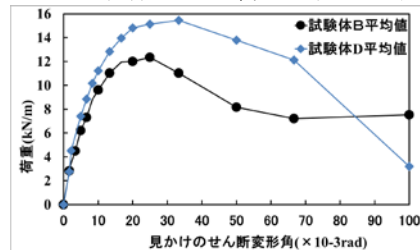


図 12 試験体 B・D 荷重 - 変形包絡線

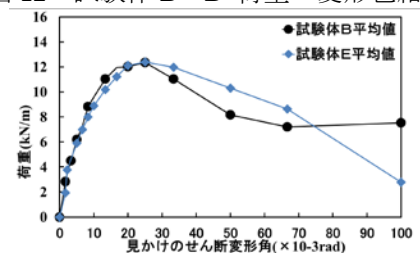


図 13 試験体 B・E 荷重 - 変形包絡線

8. 考察

鋼製枠を用いた面材耐力壁は耐力壁として十分な耐力があることが分かった。鋼製枠角 1 部材は角 2 部材のものに比べ剛性が高くなった。しかし、フレームに欠損を与えてしまうため、改修を視野に入れた場合、構造用合板上での破壊が望ましい。また、釘のピッチを小さくする、釘を太くし、引き抜きに対応することで耐力向上が見込めると考える。

9. 結言

本研究では、鋼製枠を使用した面材耐力壁を提案し構造的評価を行った。実験の結果から提案した鋼製枠を用いた面材耐力壁は耐力壁として十分な耐力があることが分かった。今後研究を進めるにあたり、釘のピッチを小さくする、釘を太くし引き抜きに対応することでさらなる耐力の向上が見込めると考える。

10. 謝辞

本研究を行うにあたり、適切な助言とご支援をいただきました株式会社 B の皆様に感謝申し上げます。

文献

- [1] 重要文化財（建造物）耐震診断・耐震補強の手引き, 文化庁, 文化庁文化財部参事官
- [2] 目で見る木造住宅の耐震性[第 2 版]
- [3] 合板耐力壁マニュアル, 日本合板工業組合連合会
- [4] 木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008 年版)
(2017 年 01 月 23 日提出)

課題実習「テーマ設定シート」

科名：建築施工システム技術科

教科の科目		実習テーマ名	
施工・施工管理実習施工管理総合実習 (開発課題実習)		文化財における鋼製枠を使用した面材耐力壁の開発	
担当教員		担当学生	
建築施工システム技術科 宇都宮 直樹			
課題実習の技能・技術習得目標			
伝統的木造建築物における構造性能に関して開発課題実習として取り組むことにより、伝統的木造建築物の水平構面の耐震性能に必要な仕様について深い知見を得ることにつながる。加えて、実験、評価、改善案の提案、検証といった一連の活動を通して、これまで学んだ施工・施工管理に関する技能・技術及び安全作業に関する能力（評価手法・施工計画・施工図書の作成・施工管理・報告書作成・プレゼンテーション能力）の習得を目標とする。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
文化財建造物の耐震補強において水平構面の補強が必要となる場合が多い。水平構面の補強では文化財への影響が極力少なくなるように鋼製のブレースを用いることが多いが、梁の高さレベルが一定でないため、ブレースの取り付け位置が同一平面上とならない。その場合、ブレースの取り付け部にガセットプレートを用いると、取り付け角度に精度が求められ、施工が非常に困難となる。 本テーマでは、ブレース支点の角度が調整可能な可動ジョイントを製作し、引張強度及び剛性を確認することを目的とする。			
実習テーマの特徴・概要			
まずはじめに実験方法の考案をし、試験体の図面を作成を行う。 水平面として作成した三体の試験体を、静加力試験機にて加力実験を行う。 この実験により、フレーム全体の強度、接合部の耐力を調査する。 その実験結果を参考文献の実験値と比較し、水平ブレースの有用性を確かめる。			
No	取組目標		
①	実験を安全に留意しながら実施します。		
②	実験の結果をまとめるとともに、問題点と改善案を見つけます。		
③	施工計画などの検討については、独自性を持って創意工夫を行い、品質、コスト及び納期をバランス良く調和させます。		
④	施工にあたっては、技能・技術の複合に対応します。		
⑤	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）を身につけ職業人としての行動ができる。		
⑥	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案します。（課題発見、分析能力）		
⑦	工程・日程・人材・他部門との関係・予算・リスク等の観点から計画を立て、進捗を調整します。（計画推進力）		
⑧	グループメンバーの意見を取りまとめて課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識を成立させます。（コミュニケーション力）		
⑨	各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローしあって、グループのモチベーションを維持します。（チームワーク力）		
⑩	図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。		