

＜実践報告・資料＞

MDF を用いた耐力壁の面内せん断性能

近畿職業能力開発大学校 藤村 悦生

In-plane shear performance of MDF shear walls

Etsuo FUJIMURA

要約

在来軸組み構法木造住宅においては、筋交いや面材による耐力壁によって地震などの水平力に対する耐力を確保している。また、面材による耐力壁の多くが構造用合板による耐力壁となっている。本研究では、構造用合板の代わりに MDF (Medium Density Fiberboard、中密度繊維板) を使用する耐力壁について実験によりその耐力を評価する。

I はじめに

在来軸組み構法木造住宅においては筋交いや面材による耐力壁によって地震などの水平力に対する耐力を確保している。この中で、面材による耐力壁についての多くが構造用合板による耐力壁である。しかし、構造用合板の主たる原料は山林から伐採される丸太の原木であり、未使用部分が残ること及び廃材等の再利用ができないことなど木資源の有効活用からの更なる工夫が必要である。

そこで、我々は木材のチップから生産される MDF (Medium Density Fiberboard、中密度繊維板) を構造用合板の代わりに使用する耐力壁に注目し、その面内せん断性能を評価することを試みた。

II MDF(中密度繊維板)とは

図 1 に示すように、現状の木質パネルには、合板・パーティクルボード及び繊維板の 3 種があるが、現在日本で生産される 7 割以上が合板である。しかし、合

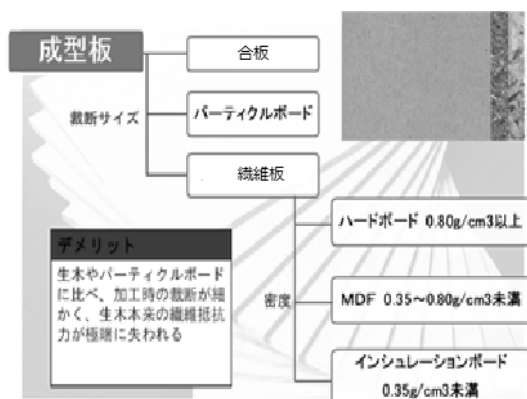
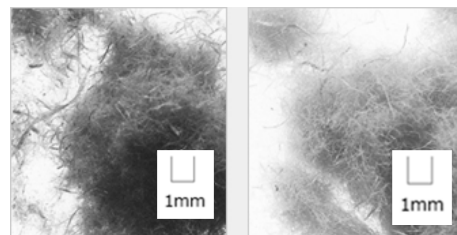


図 1 木質パネルの分類

板は丸太の原木を原料として使用していることから端材が発生し易いなど木質資源を最大限有効活用できないという製法上の弱点が存在する。

一方、繊維板は端材が発生しにくい素材チップを原料とすることから木質資源を有効に活用できる。その中でも、品質安定性および加工性に優れた MDF の利用が始まっている。

ここで、MDF とは木質繊維を原料とする成型板(繊維板)の一種であり、木材チップを蒸煮・解繊したものに接着剤となる合成樹脂を加え板状に熱圧成型したものである。接着剤の種類、木材チップの樹種、密度の 3 つの要素を組合せる事によって様々なタイプの MDF を作る事が出来る。写真 1 に MDF の素材となるチップの外観を、写真 2 に木質繊維の顕微鏡写真を示す。

写真 1 素材チップの外観
(左: 広葉樹 右: 針葉樹)写真 2 木質繊維の顕微鏡写真
(左: 広葉樹 右: 針葉樹)

Ⅲ MDF 耐力壁の面内せん断性能評価

1 試験

本研究では、日本建築センター、日本建築総合試験場、日本建築防災協会、日本住宅・木材技術センターの「木造の耐力壁及びその倍率性能評価方法」^[1]により MDF 耐力壁の面内せん断性能を評価する。写真 3 に、本研究に用いる静的加力試験装置の外観を示す。

1-1 試験方法

試験方法の要点を次の①～④に示す。

①加力方法

加力方法は正負交番繰り返し加力とし、繰り返しの原則は見掛けのせん断変形角が 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50rad の正負変形時に行う。

②繰り返し回数

同一変形段階で 3 回の繰り返し加力を行う。

③加力限界

実験最大荷重に達した後、最大荷重の 80% の荷重に低下するか、試験体の変形角が 1/15rad 以上に達するまで加力する。

④測定項目

- ・荷重、各測定点の変位および最大荷重、最大荷重時変位
- ・荷重－変形曲線
- ・試験中に試験体に生じた破壊の状況

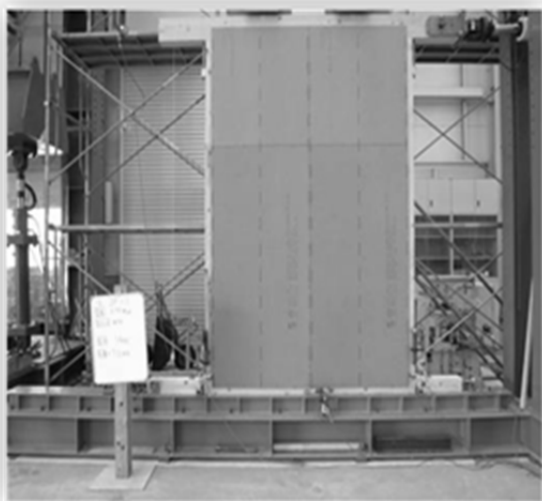


写真 3 静的加力試験装置の外観

1-2 試験体の仕様

図 2 に、MDF 耐力壁試験体の仕様を示す。その要素は、次の①～⑥に示すとおりである。

①軸組寸法：幅 910、1,820mm それぞれ 3 体
高さ：2,730mm

②木材：種類

スギ製材（柱、土台、間柱）

ベイマツ製材（梁、桁）

品質

柱、土台等；構造用製材の JAS2 乙種構造材 3

級

梁等：構造用製材の JAS2 甲種構造材 3 級

③断面寸法

柱 土台：105×105mm

梁：105×180mm

④乾燥の程度

含水率 20%以下

⑤仕口

ほぞ ホールダウン金物により補強

⑥試験体数

3 体

⑦MDF

繊維密度 0.6 g/cm³～0.8 g/cm³ まで

0.05 g/cm³ 刻み

厚み 9mm

⑧釘

材質 N50

間隔 @150

2 評価

MDF 耐力壁の面内せん断性能が、MDF の密度に影響されると仮定し、繊維密度 0.6 g/cm³ から 0.8 g/cm³ まで 0.05 g/cm³ 刻みごとに 3 体の試験体を制作し実験を行った。各 3 体の試験体における正側の荷重－せん断変形角関係（スケルトンカーブ）を完全弾塑性モデルに置換し、0.2Pu/Ds、最大耐力の 2/3 の値(2/3Pmax) および特定変形角（1/120rad）の時の耐力(P120))を求めた。

そして、これら 3 つの指標それぞれについて、3 体の平均値と変動係数(CV)から、信頼水準 75%の 50%下限値を求め、最小値を短期基準せん断耐力とする。

求めた短期基準せん断耐力を、耐力壁長さ L 及び 1.96kN（壁倍率 1 のときの基準となるせん断耐力）で割ることにより、壁倍率を算定した。図 3 に荷重変形

関係と正側の荷重－せん断変形角関係（スケルトンカーブ）を、図4にスケルトンカーブから完全弾塑性モデルに置換した例を、表1に MDF 材の繊維密度が 0.70g/cm³ の場合の短期基準せん断耐力を算定した例を示す。

実験結果から MDF 材の繊維密度が 0.70g/cm³ の耐力壁の壁倍率は、

$$\frac{10.2(\text{kN})}{1.82(\text{m}) \times 1.96(\text{kN/m})} = 2.8$$

となった。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - CV \times K \tag{1}$$

ここで、CV は変動係数、K は試験体数に依存する定数であり、試験体数が 3 体である本実験の場合 0.471 である。

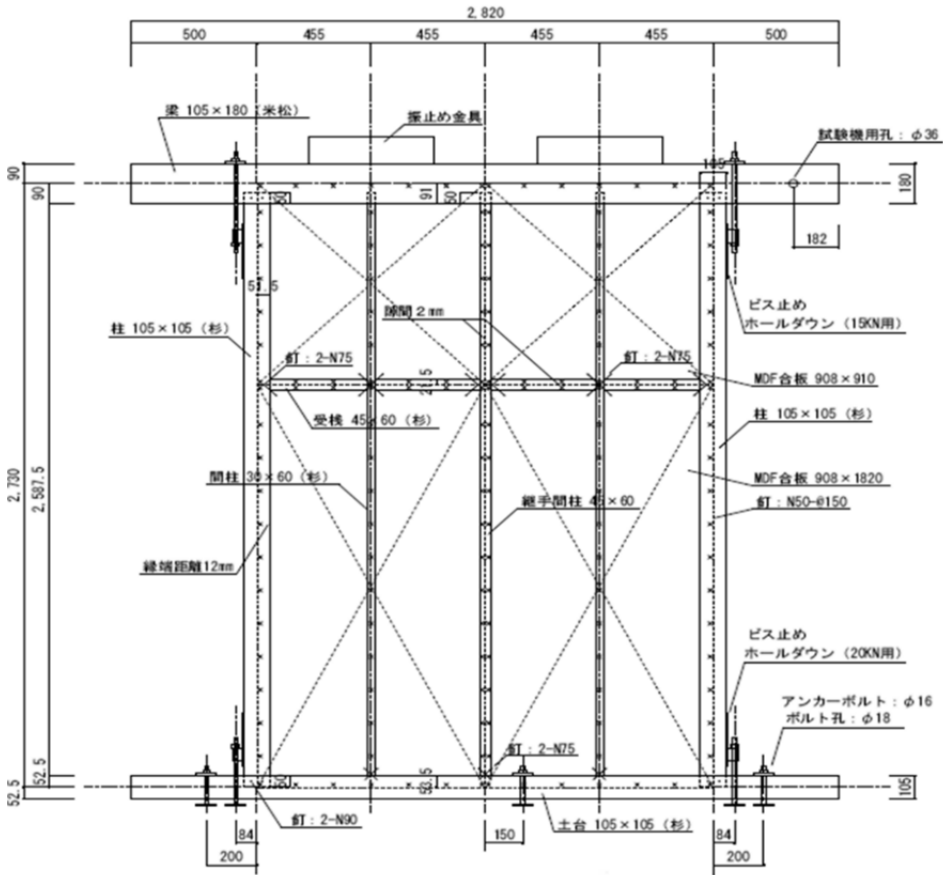


図 2 MDF 耐力壁試験体

表 1 幅 1820mm 繊維密度が 0.70g/cm³ の場合の
短期基準せん断耐力算定表

	P120	平均値	変動係数 (CV)	基準短期せん断耐力
0.70-①	11.1	11.1	0.6	10.8
0.70-②	11.6			
0.70-③	10.5			
	2/3Pmax	平均値	変動係数 (CV)	基準短期せん断耐力
0.70-①	11.7	11.2	0.6	10.9
0.70-②	11.5			
0.70-③	10.5			
	0.2Pu/Ds	平均値	変動係数 (CV)	基準短期せん断耐力
0.70-①	11.2	10.7	1.0	10.2
0.70-②	11.3			
0.70-③	9.5			

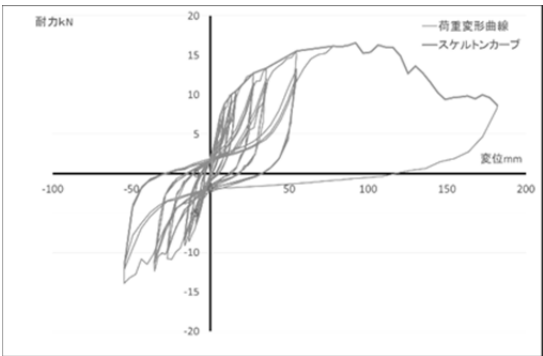


図 3 荷重変形曲線とスケルトンカーブ
(幅 1820mm 繊維密度 0.70g/cm³ の MDF の場合)



図 4 完全弾塑性モデルによる降伏耐力・終局耐力
(幅 1820mm 繊維密度 0.70g/cm³ の MDF の場合)



写真 4 試験終了後の軸組材

IV 面材耐力壁の面内せん断性能

木造軸組み工法における許容応力度設計法によると面材耐力壁の面材が水平方向の加力を受けたとき、図 5 に示すようなメカニズムに基づいて変形が生じる。

すなわち、面材が剛体を保ち釘が変形するとの仮定から耐力が算定される [1]。また、面材耐力壁の荷重変形特性は図 6 に説明する「By-liner+Slip 型」でモデル化される。これらのことは、今回の実験においても荷重変形曲線と試験終了後の状況から確認することができた。図 6 の荷重変形曲線の中央部に、明らかな By-liner 履歴特性が認められる。また外周部は、Slip 型の履歴特性となっている。これは、写真 4 に示す試験終了後の軸組材の状況及び写真 5 に示す釘の変形の状況からも推察できる。図 6 の中央部の By-liner 履歴特性は釘の繰返し変形によるものであり、外周部の Slip 型の履歴特性は、釘が軸組材にめり込むことによって生じた耐力によるものである。

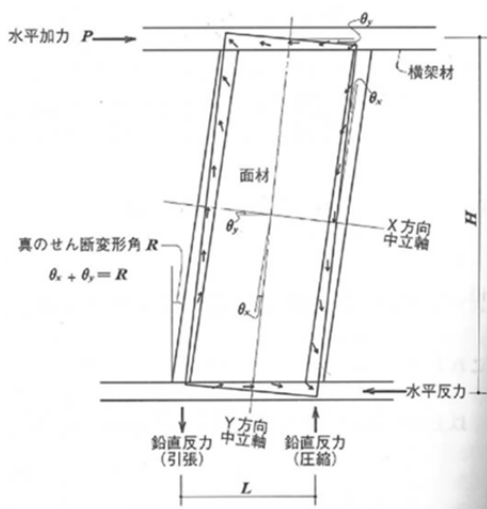


図 5 面材耐力壁の面内せん断変形メカニズム

すなわち、面材耐力壁の面内せん断性能は、釘が繰返し変形する By-liner 成分と釘が支持材にめり込む Slip 成分との重ね合わせとなっている。

また、耐力壁として破壊されたと評価される急激な耐力低下発生時では、釘部には写真 6 に示すパンチングアウトと写真 7 に示す釘の抜けが発生した。

ここで、パンチングアウトとは面材から釘が抜けて耐力を失う状態で、MDF の釘の保持能力が支持部材の釘の保持能力より低いことから起こる現象である。一方、釘抜けは軸組材から釘が抜けて耐力を失う状態で、MDF の釘の保持能力が支持部材の釘の保持能力を上回っていることから起こる現象である。このことから、面材耐力壁の面材として望ましい破壊形態は、釘抜けであるといえる。

結果として、面材に必要な性能とは、剛体として挙動すること、十分な釘の保持能力を持つことの 2 つである。

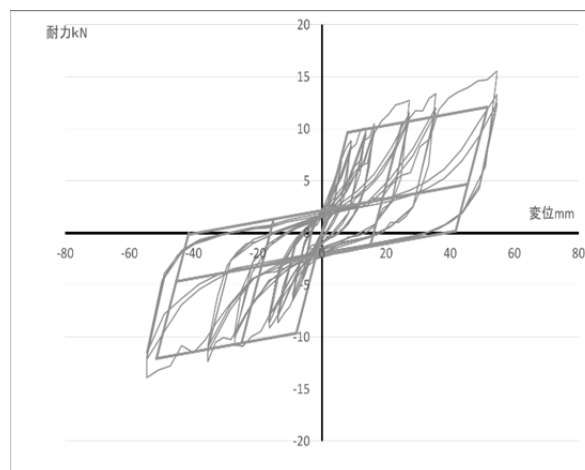


図 6 荷重変形特性とそのモデル化



写真5 試験終了後の釘の変形の状況



写真6 パンチングアウト



写真7 釘抜け

V MDF 面材耐力壁の面内せん断性能

MDF を耐力壁における面材として使用した場合、IV 節末に述べた2つの性能が必要となる。MDF の場合、これらの性能に大きく影響すると考えられる要素は、MDF の繊維密度であると推定される。そこで、MDF の繊維密度を変化させたときの耐力を実験により調べる。実験は、MDF の繊維密度を $0.60\text{g/cm}^3 \sim 0.80\text{g/cm}^3$ まで 0.05g/cm^3 ずつ変化させて行った。実験結果のまとめを表2に、図7～図9に実験で得られた代表的なスケルトンカーブを示す。ここで、表2の試験体の列の0.60-①などの記号は、繊維密度 0.60g/cm^3 のMDF材の1番目の試験体であることを示す。

表2 MDF の繊維密度の別実験結果

試験体	2/3Pmax	P120	0.2Pu/Ds
0.60-①	9.1	9.9	6.8
0.60-②	9.2	8.8	7.0
0.60-③	8.3	10.9	9.2
0.65-①	10.3	11.6	9.1
0.65-②	9.7	10.9	8.8
0.65-③	10.2	11.4	8.2
0.70-①	11.1	11.7	11.2
0.70-②	11.6	11.2	11.3
0.70-③	10.5	10.5	9.5
0.75-①	11.2	9.6	9.2
0.75-②	11.0	11.7	9.9
0.75-③	12.2	12.6	10.3
0.80-①	11.8	11.6	10.5
0.80-②	12.3	10.9	10.7
0.80-③	11.8	10.8	11.2

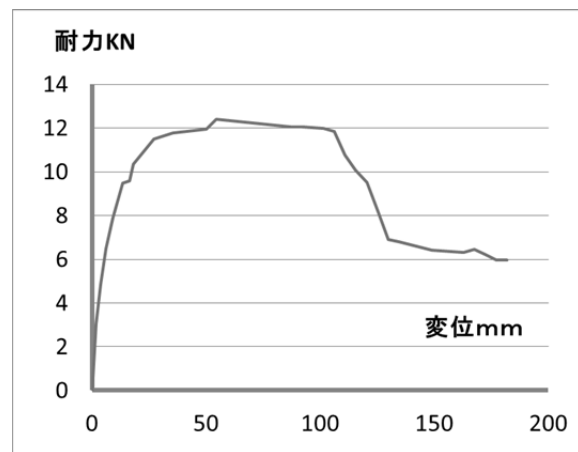


図7 スケルトンカーブ
(幅1820mm 繊維密度 0.60g/cm^3 のMDFの場合)

急激な耐力低下（破壊状態）の原因は、繊維密度が低い（繊維密度 $0.60\text{g/cm}^3 \sim 0.65\text{g/cm}^3$ ）の試験体では、パンチングアウトであり、繊維密度が中程度（繊維密度 $0.70\text{g/cm}^3 \sim 0.75\text{g/cm}^3$ ）或いは、繊維密度が高い（繊維密度 0.80g/cm^3 ）の試験体では釘抜けが原因となっていた。

ここで、表2のMDFの繊維密度別実験結果における2/3Pmaxの値をみると、繊維密度 0.70g/cm^3 を超える試験体では、11kN程度となっている。また、P120（初期剛性）の値も繊維密度 0.70g/cm^3 を超える試験体では、繊維密度 0.75g/cm^3 MDF材の2番目の試験体を除いて11kN程度となっている。さらに、耐力壁としての性能は、0.2Pu/Dsの値によって決定される。

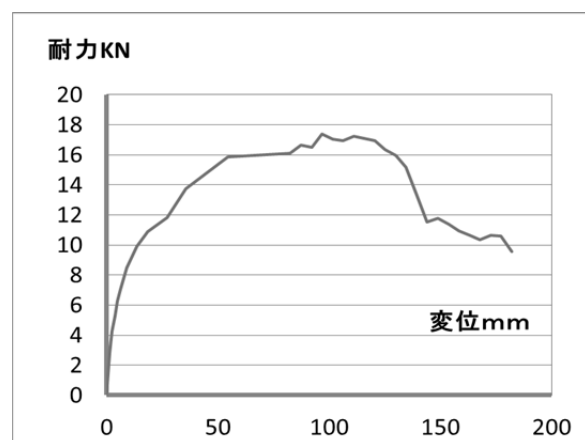


図8 スケルトンカーブ
(幅1820mm 繊維密度 0.70g/cm^3 のMDFの場合)

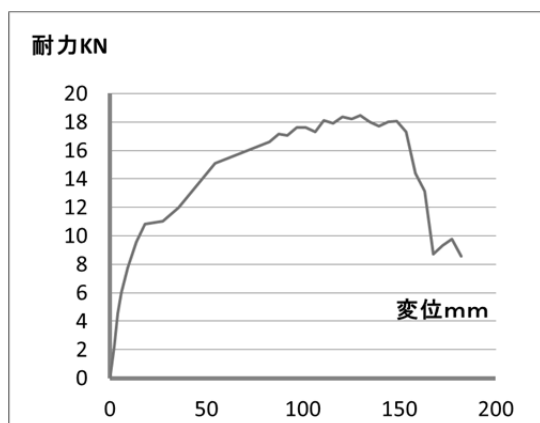


図9 スケルトンカーブ
(繊維密度 0.80g/cm^3 の MDF の場合)

以上の実験結果から各繊維密度の MDF 耐力壁の壁倍率の値は次のようになった。

表3 繊維密度別壁倍率算定結果

繊維密度	壁倍率
0.60g/cm^3	2.1
0.65g/cm^3	2.3
0.70g/cm^3	2.8
0.75g/cm^3	2.6
0.80g/cm^3	3.0

また、併せて行った構造用合板を使った耐力壁についての実験結果での壁倍率は2.9であった。

構造用合板耐力壁の耐力低下現象が発生している状況は、繊維密度 0.70g/cm^3 の MDF 材で行った実験の状態とほぼ同じであった。

繊維密度 0.60g/cm^3 の MDF 耐力壁の壁倍率は大きく構造用合板耐力壁の壁倍率を下回り、繊維密度 0.65g/cm^3 の MDF 耐力壁でも構造用合板耐力壁の壁倍率より低い値となっている。すなわち、MDF 耐力壁の繊維密度は 0.70g/cm^3 以上であれば構造用合板を面材とした耐力壁と同等な面内せん断性能を有する。

一方、繊維密度が 0.80g/cm^3 の MDF 耐力壁であっても繊維密度が 0.70g/cm^3 の MDF 耐力壁と比較して効果があるといえるほどの耐力上昇はなかった。

VI おわりに

本研究の実験結果をまとめる。 $2/3P_{\max}$ の値が繊維密度 0.70g/cm^3 を超える試験体では、 11 kN 程度となっていること、また、 P_{120} の値も繊維密度 0.70g/cm^3 を超える試験体では、 11 kN 程度となっていること、さらに、耐力壁としての性能は、 $0.2P_u/D_s$ の値であることなどから、面材耐力壁の性能は最大耐力に達した後の粘りによって決定される。すなわち、面材耐力壁の面材は、釘を十分保持して繰り返し折り曲げること及び釘が支持材に食い込むにより耐力を発揮している。釘の支持材への食い込みが進むと、支持材の釘の保持能力が限界に達して釘が抜け急激な耐力低下（破壊状態）に至ると推察する。

本研究における実験結果から、繊維密度が 0.70 g/cm^3 以上の MDF 材であれば支持材よりの釘抜けにより破壊している。また、構造用合板を面材とした耐力壁と同等な面内せん断性能を有する。すなわち、繊維密度が 0.70 g/cm^3 以上の MDF 材を用いた面材耐力壁は、構造用合板による面材耐力壁と比較しても遜色ない構造的性能をもつ。さらに、MDF 材は、構造用合板より耐久性・耐水性に優れている。^[2] したがって、MDF 材による耐力壁は、木造建物の耐震性能の向上に大きく寄与しうる。

謝辞

本研究では15体に及ぶ試験体を用いて実験・研究を行った。試験体を供給していただいたホクシン(株)技術開発部の皆様にここで深く感謝申し上げますとともに、本実験研究が MDF 耐震壁の幅広い普及に役立つことを祈念している。

【参考文献】

- (1) 木造軸組み住宅の許容応力度設計 2008 年度版
(財) 日本住宅・木材技術センター編：面材貼り大壁の詳細計算法 PP・342-353
- (2) 木造住宅建築下地「構造用スターウッド」
ホクシン株式会社
<http://www.hokushinmdf.co.jp/starwood/index.html>