

厚物板壁工法による耐力壁の開発

その1・開発目的と耐力壁の面内せん断実験

ログハウス                      セトリング                      厚物板壁工法  
許容応力度計算法              木造軸組構法

1 はじめに

丸太組構法による建築物とは、ログ材を横積みし、ログ材間をダボで接合して構成する組積造である。したがって、セトリング(材の乾燥収縮と自重によりログ壁の高さが低くなる現象)が生じるため、他構法との平面混構造を計画する場合、建具の納まりや応力の伝達機構の複雑化という問題がある。

そこで、本報では、丸太組を厚物壁板として軸組構面に組み込むことで、従来の軸組工法と同様に取り扱える耐力壁を開発することを目的とし、ログ材による厚物板壁工法による耐力壁の面内せん断実験及び耐力壁の用途による低減係数を評価する接合部の促進劣化試験を実施し、構造性能について報告する。

2 耐力壁の面内せん断実験

2.1 試験体

耐力壁の水平せん断実験の試験体図(3mの場合)を図1に、使用木材の規格を表1に示す。ログ-ログ間の接合にはパネリード X(シネジック(株)製)のPX10-290、ログ材とフレームとの接合には同パネリードのDP7-230を使用する。パラメータは壁長さによる影響を検討するために、1.5mと3mの2種類とし、試験体数は壁長さ1.5mを1体、3mを3体とする。

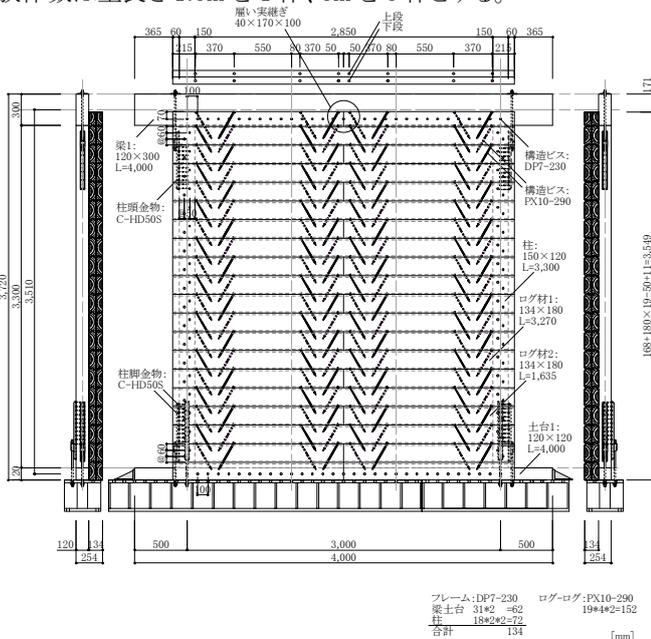


図1 試験体図(壁長さ3mの場合)

正会員    ○葛野耕司\*1    高岡 繭子\*2    松下勝久\*3  
正会員    花井 勉\*4        飯田秀年\*5

表1 使用木材の規格

| 部材  | 材料         | 区分        | 樹種        | 含水率  |      |
|-----|------------|-----------|-----------|------|------|
| 梁   | ハイブリッド・ビーム | E120-F330 | べいまつ・すぎ   | 15%  |      |
| 柱   | JAS構造用製材   | 目視等級区分    | 甲種Ⅱ級または乙種 | ひのき  | SD20 |
| 土台  | JAS構造用製材   | 目視等級区分    | 甲種Ⅱ級      | べいひば | SD20 |
| ログ材 | ラミネートログ    | —         | —         | パイン  | 15%  |
| 屢   | 製材         | —         | —         | SPF  | —    |

2.2 実験方法

加力は正負交番繰返し载荷とし、各サイクル3回繰返しとする。制御は見かけのせん断変形角で1/450、1/300、1/200、1/100、1/75、1/50rad.とする。加力は、最大荷重に達した後、最大荷重の80%の荷重に低下するまでか、または、試験体の見かけのせん断変形角が1/15rad.に達するまで行う。

2.3 実験結果

2.3.1 荷重変位関係

荷重変位関係について、壁長さ3mを図2に、壁長さ1.5mを図3に示す。荷重変形関係の形状は、壁式の木造軸組構法と同じく特定点志向となった。層間変形角が1/15rad.以降も大きな耐力低下がなく、グラフの形状は正負ほぼ同じになり引張圧縮で応力状態が変わることがないことを確認した。また、壁長さ3mの3体については大きなばらつきはなく安定的な性能を示した。

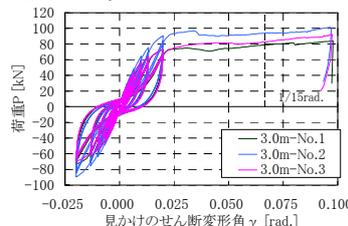


図2 荷重変位関係(3m)

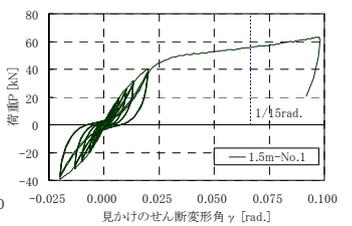


図3 荷重変位関係(1.5m)

2.3.2 損傷状況

壁長さ3mの1体目と1.5mの最大荷重時の全景写真を写真1及び写真2に示す。壁長さ3mは、ログ材が数段ずつずれる挙動を示したが、1.5mとともにログ-ログ間のずれの積重ねが層間変位を占めていることが確認できた。壁長さ1.5mでは、引張側のログ-ログ間の上下方向に隙間が見られ(写真3)、わずかではあるが壁全体として扇型になっていることが確認できた。外観では、木部に損傷がなく、ログ-ログ間の接合部で木部へのめり込みと構造ビスの変形による損傷であった。



写真1 最大荷重時の全景(3m1 体目)



写真2 最大荷重時の全景(1.5m)



写真3 ログ-ログ間の水平及び上下の隙間(1.5m)

### 2.3.3 構造性能評価

各試験体の構造特性値を表2に、見かけのせん断変形角による耐力評価を表3及び表5に示す。壁長さ3.0mは構造特性係数 $D_s$ が平均0.32と変形能力が高い結果となった。基準耐力の評価において、壁長さ3.0mは試験体数に応じた評価を行った。1.5mは、3.0mの実験結果と比較し、荷重変位関係の形状及び損傷性状がほぼ同じであり、かつ急激な荷重低下を引起す破壊を生じなかったことから、ばらつき係数を3.0mの値を準用し、0.95として評価した。結果、許容耐力について、3.0mは47.4kN、1.5mで21.3kNとなった。

壁長さとの関係について検討する。本耐力壁の変形成分は、せん断及び回転が大部分を占める。さらに、柱の部分もせん断耐力に寄与していると考えられるが、単位長さ当たりを占める柱本数が異なるため、単純に壁長さで比較することはできない。そこで、真のせん断変形角で壁の許容耐力を評価し、その差分を検討する。結果を表3～表6に示す。真のせん断変形角による許容耐力は、壁長さ1.5mと3.0mでは同じ値となったため、耐力に柱部分ほとんど寄与していないこと、また、壁の変形成分として3.0m以上はせん断が占めることが分かる。したがって、耐力壁の許容耐力は1.5m～3.0mを線形補間し、3.0m以上は3.0mと同等の耐力を用いることにした。

### 3 接合部の促進劣化試験

本工法は、仕上げ材を施さずログ材を現しで使用するため、用途による低減係数を算出するために、接合部の促進劣化試験を行う。

#### 3.1 試験体と試験方法

試験体は、ログ-ログ間とログ-柱間の接合部を抽出した。パラメータは、接合箇所2種類、前処理方法を標準状態と劣化処理の2種類、計4種類とする。前処理方法を表7に示す。試験体数は各々6体とする。加力方法は、単調圧縮せん断加力とする。

表7 前処理方法

|      |   |
|------|---|
| 標準状態 | 温度20℃、湿度65%の環境で、恒量となるまで静置(恒量とは24時間ごとに測定した重量の変化が0.5%以内に納まっているものとする。) |
| 劣化処理 | 「水中浸漬4時間→60℃乾燥20時間 合計24時間」×2サイクル<br>2サイクル終了後、水中浸漬4時間。その後、恒温恒湿器にて乾燥。 |

- \*1 (一社)日本ログハウス協会
- \*2 フリーランス、修士(工学)
- \*3 (株)フェニックスホーム
- \*4 (株)えびす建築研究所 代表取締役・博士(工学)
- \*5 (株)えびす建築研究所

表2 構造特性値

| 壁長さ [m] | 番号 No. | 最大荷重 $P_{max}$ [kN] | 降伏荷重 $P_y$ [kN] | 降伏変形角 $\gamma_y$ [ $\times 10^{-3}$ rad.] | 終局荷重 $P_u$ [kN] | 完全弾塑性モデルの剛性 $K$ [ $\times 10^3$ kN/rad.] | 塑性率 $\mu$ | 構造特性係数 $D_s$ |
|---------|--------|---------------------|-----------------|---|-----------------|--|-----------|--------------|
| 3.0     | 1      | 79.0                | 44.6            | 7.52                                      | 73.5            | 3.511                                    | 5.38      | 0.32         |
|         | 2      | 96.7                | 53.2            | 7.66                                      | 91.1            | 3.512                                    | 5.08      | 0.33         |
|         | 3      | 82.6                | 50.8            | 8.18                                      | 77.9            | 3.509                                    | 5.31      | 0.32         |
| 平均      |        | 86.1                | 49.5            | 7.79                                      | 80.8            | 3.511                                    | 5.26      | 0.32         |
| 1.5     | 1      | 56.6                | 32.9            | 14.62                                     | 51.6            | 2.250                                    | 2.91      | 0.46         |

表3 見かけのせん断変形角による評価(1.5m)

|        | $P_y$ | (0.2/Ds)* $P_u$ | 2/3Pmax | $P_{1/120rad.}$ |
|--------|-------|-----------------|---------|-----------------|
| No.1   | 32.9  | 22.4            | 37.3    | 22.9            |
| 平均     | 32.9  | 22.4            | 37.3    | 22.9            |
| 標準偏差   | —     | —               | —       | —               |
| 変動係数   | —     | —               | —       | —               |
| ばらつき係数 | 0.950 | 0.950           | 0.950   | 0.950           |
| 基準耐力   | 31.3  | <b>21.3</b>     | 35.4    | 21.8            |
| 壁倍率    | 10.6  | <b>7.2</b>      | 12.0    | 7.3             |

表4 真のせん断変形角による評価(1.5m)

|        | $P_y$ | (0.2/Ds)* $P_u$ | 2/3Pmax | $P_{1/120rad.}$ |
|--------|-------|-----------------|---------|-----------------|
| No.1   | 34.0  | 25.0            | 37.7    | 25.6            |
| 平均     | 34.0  | 25.0            | 37.7    | 25.6            |
| 標準偏差   | —     | —               | —       | —               |
| 変動係数   | —     | —               | —       | —               |
| ばらつき係数 | 0.950 | 0.950           | 0.950   | 0.950           |
| 基準耐力   | 32.3  | <b>23.8</b>     | 35.8    | 24.3            |
| 壁倍率    | 11.0  | <b>8.1</b>      | 12.2    | 8.3             |

表5 見かけのせん断変形角による評価(3.0m)

|        | $P_y$       | (0.2/Ds)* $P_u$ | 2/3Pmax | $P_{1/120rad.}$ |
|--------|-------------|-----------------|---------|-----------------|
| No.1   | 44.6        | 45.9            | 52.6    | 48.1            |
| No.2   | 53.2        | 55.2            | 64.5    | 56.8            |
| No.3   | 50.8        | 48.7            | 55.0    | 50.9            |
| 平均     | 49.5        | 49.9            | 57.4    | 51.9            |
| 標準偏差   | 4.44        | 4.77            | 6.29    | 4.44            |
| 変動係数   | 0.090       | 0.096           | 0.110   | 0.086           |
| ばらつき係数 | 0.958       | 0.955           | 0.948   | 0.959           |
| 基準耐力   | <b>47.4</b> | 47.7            | 54.4    | 49.8            |
| 壁倍率    | <b>8.1</b>  | 8.1             | 9.3     | 8.5             |

表6 真のせん断変形角による評価(3.0m)

|        | $P_y$       | (0.2/Ds)* $P_u$ | 2/3Pmax | $P_{1/120rad.}$ |
|--------|-------------|-----------------|---------|-----------------|
| No.1   | 44.2        | 49.1            | 52.6    | 52.0            |
| No.2   | 52.7        | 58.4            | 64.4    | 61.0            |
| No.3   | 51.9        | 50.0            | 55.0    | 53.9            |
| 平均     | 49.6        | 52.5            | 57.3    | 55.6            |
| 標準偏差   | 4.69        | 5.13            | 6.24    | 4.74            |
| 変動係数   | 0.095       | 0.098           | 0.109   | 0.085           |
| ばらつき係数 | 0.955       | 0.954           | 0.949   | 0.960           |
| 基準耐力   | <b>47.4</b> | 50.1            | 54.4    | 53.4            |
| 壁倍率    | <b>8.1</b>  | 8.5             | 9.3     | 9.1             |

[kN]

### 3.2 試験結果

6体の平均値の特定変位時の荷重を算出し、その最小値よりログ-ログ間で決まり、耐力壁の用途に伴う低減係数を0.85とした。荷重変位関係の形状では、大きな違いは見られなかった。

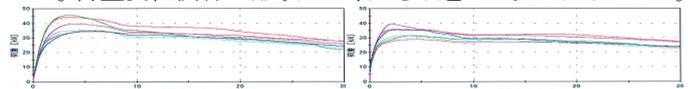


図4 標準状態(ログ-ログ間) 図5 劣化処理(ログ-ログ間)

### 4 おわりに

外観はログハウスと同じにも係らずノンセリングであり、木造軸組構法に適用可能な耐力壁を開発し、実物件に使用した。今後の課題として、壁倍率の大臣認定の取得や施工性の向上が挙げられる。

なお、本物件は一般社団法人木を活かす建築推進協会による平成27年度、木造建築技術先導事業の採択プロジェクトである。

JapanLogHouseAssociation

Freelance, Mr. Eng

Phoenix home Co.

President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr. Eng.

Ebisu Building Laboratory Co.