

剛節の木質ラーメンを実現する！

性能部 耐久・構造グループ 野田康信

■ はじめに

このタイトルを見て「そんなものができるのか？」と思われた方は、木質構造をよく勉強されている人です。ラーメンという言葉は、林産試だより 2010 年 10 月号「接合部が住宅の構造様式を変える？」¹⁾でも紹介しましたが、建築用語事典でラーメンを引いてみると「各節点で部材が剛接合されている骨組みの総称、剛接骨組という。」と書いてあります。平たく言えば、接合部が固くて変形しない骨組みのことをラーメンということになります。

■ 剛節、剛接合

剛節も剛接合も基本的には同じものを指します。剛節について少し掘り下げて説明します。先ほど、剛節を接合部が固くて変形しないと説明しましたが、どんな物質でも力を加えれば変形するのが物理の法則です。では、何をもって剛節と定義しているかといえますと、接合部の変形量が骨組み全体の変形量に占める割合が無視できる程度である場合²⁾とされています。

鉄骨造における接合部の例を図 1 に示します。鉄は溶接ができますので、容易に剛節とみなせる接合部ができます。ここで、柱と梁とが交わっている部分をパネルゾーンといいます。このパネルゾーンは、柱と梁に力が加わると、菱形に変形しようとするのですが、この変形による柱や梁の角度変化が、たわみ変形に対して非常に小さく無視できる場合に剛節であるといえます。

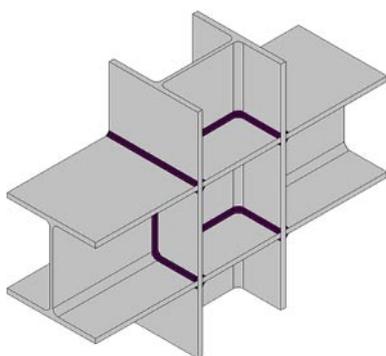


図1 鉄骨造における接合部の例
(H形鋼を溶接 (黒太線) した接合部)

■ 木質構造における接合部の実際

木質構造の接合部は、通常、接合金物を使って接合するのが一般的です。ここでは、集成材の中央にスリットを入れ、そこに鋼板を挿入し、ドリフトピンという丸棒で留め付けた接合 (鋼板挿入ドリフトピン接合) を例として示します (図 2)。

鉄骨造における接合部の場合と同じく、パネルゾーンに注目すると、鋼板を傾ける力に対してドリフトピンが抵抗するのですが、○位置にあったドリフトピンが木材にめり込み●位置に移動し、直角であった接合部自体が回転変形します。変形量を参考文献 3) に示した計算方法により評価してみると、この接合部自体の変形は、骨組み全体の変形量に対して無視できる量とはなりません。

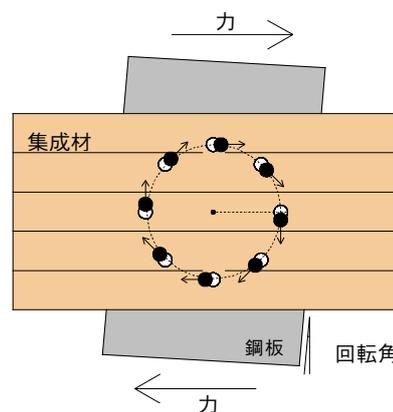


図2 鋼板挿入型ドリフトピン接合部における
ドリフトピンの動きのイメージ

このように、木質ラーメンは接合部の変形を考慮する必要があるラーメンですので、ラーメンという言葉を使わずに、集成材等フレーム構造と表現すべきだという意見もあります。また、その接合部は剛節ではなく、「半剛節」(半分の意ではなく、剛節と回転が自由な接合の中間の意)という言葉が用いられています。

ちなみに、ボルトの本数を増やしたり、ボルトを太くしたりすることで変形を小さくできますが、木材自体の断面を減らすことになるので、低い荷重で割裂破壊して強度的に満足しない接合部になることが危惧されます。

■ 剛節の木質ラーメン

木材の接合部を剛節とする方法が無いわけではありません。唯一の方法として、接着剤を使ったものが挙げられます。しかし、接着剤は建築現場では、温度、塗布量、硬化時間など接着の良否に関与する要因が数多く存在するので、それらを管理できる体制が現場で構築できない限り使うべきではありません。また、接合性能としても接着剤は粘り強さがなく、接合部試験をすると金物接合よりも低い荷重で破壊することもあります。

■ 単板積層圧密接合法の開発

以上のことから、部材強度も同時に向上させれば木質材料でも剛節の木質ラーメンが成立するであろうと考え、次のような接合方法を開発しました。写真1が今回開発した接合法による柱梁接合部モデルです。



写真1 単板積層圧密接合によるL字形部材

この接合方法は合板用の単板（ここではトドマツを使用）にフェノール樹脂を染み込ませた樹脂含浸単板を基本材料とします。長方形の樹脂含浸単板を乾燥し、単板の角を基準に1枚ずつ直交するように交互に重ねると、交差部とそこから飛び出た腕部で積層数が異なる配置となります（写真2上）。これを腕部の単板がそれぞれ接触するまで熱をかけながらプレスして一体化します（写真2下）。結果として、交差部は元の厚さのおおよそ半分になって、元々の単板よりも強化されています。交差部では腕部との圧縮率が異なることから、フェノール樹脂の色が濃く出ているのも特徴です。

この写真2下のL字プレートを張り合わせて、120mm厚にして整えたものが、写真1の正体でした。

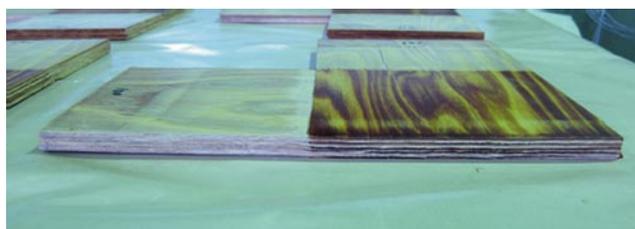


写真2 プレスして一体化するときの様子
(上：プレス前，下：プレス後)

■ 木質フレームとしての性能

この接合方法は、圧密強化された接合部パネルからLVLが突き出たものにとらえることもできます。本研究ではこの接合部を用いた実大フレームを構築し、性能試験を実施しました（写真3）。

林産試験場の大型プレスを用いて、腕の長さが560mmのL字形部材を製造し、これを集成材と連結（ここでは木ダボ接合を採用）して、スパン4m、高さ2.73mのフレームを作成しました。このとき、左肩には金物工法に用いられる梁受け金物による接合とし、柱脚は通常の在来構法の仕様としました。これに積雪荷重に相当する鉛直荷重（2t）を梁にぶら下げた状態で、油圧シリンダーで梁に水平力を加えました。

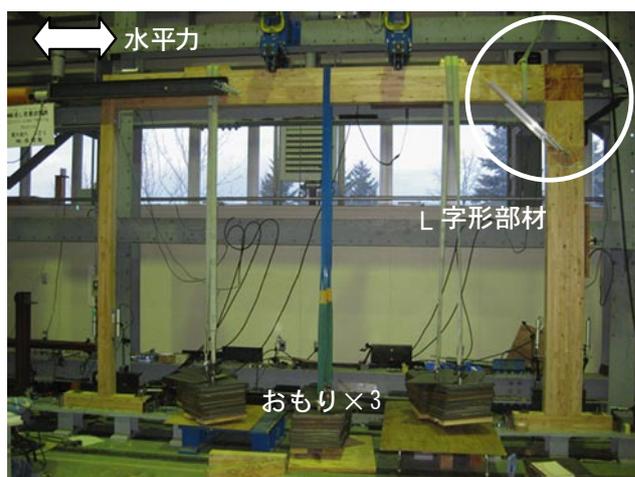


写真3 フレーム試験の様子

梁を押し引きしたとき、L 字形部材は開閉します。この試験から得られた荷重と L 字形部材の変形量の関係を計算値と比較したところ、接合部の変形量がフレーム全体の変形量に占める割合が無視できる程度であったことから、この接合部は剛節とみなせることが確認できました。

破壊形態の例を写真 4 に示します。梁の付け根で曲げ破壊し、梁が脱落しました。このときのシリンダーによる水平力は $2t$ で、梁の曲げ強度から算出される計算値におおよそ一致することも確認できました。



写真4 梁の曲げ破壊後の様子

■ おわりに

開発した単板積層圧密接合法を用いた接合部で構成した実大フレームの性能試験を実施したところ、剛節

と見なせることが確認できました。したがって、この木質フレーム構造は名実ともに「木質ラーメン」と言えます。また、従来からある接着接合に比べても強度が高いという特徴も得られました。引き続き、この接合法を用いた建物の耐震性能についての考察を深め、図 3 に示したような木質フレーム構造の建築物を実現させたいと思っています。



図3 木質フレーム構造の例

参考文献

- 1) 野田康信, 林産試だより 10 号, 2010. 10.
<http://www.fpri.hro.or.jp/rsdayo/11010010103.pdf>
- 2) 日本建築学会, 鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 -, 2005.
- 3) (地独) 北海道立総合研究機構北方建築総合研究所・林産試験場, 道産材を用いた木造住宅における接合部開発・設計の手引き, 2011. 7.
http://www.nrb.hro.or.jp/provide/gi_jutu.html