

国産材を使った新しい木造建築の開発

The development of the new wooden building which I used domestic lumber for

尾形素臣[†] , 堀内康久^{††} , 織田麻衣子^{†††}
M. Ogata , Y. Horiuchi , M. Oda

Abstract While Japan is world eminent forest large country , the forestry follows a course of the decline. Therefore I do not become the wood resources which are useful as building materials without moderate thinning being performed. Therefore I aim at the development of the new wooden ramen architecture which used thinning materials in this study. A joint becomes important to realize a wooden bent. Therefore I thought about the split Model T joining that I used the lag screw bolt which was congenial to a tree for. At first I examined the basic performance of the lag screw bolt, but I exceeded the standard that Architectural Institute of Japan established with thinning materials enough and understood a safe thing. I performed the bending strength experiment of the split Model T joint based on the basic performance of the lag screw bolt next. As an examination body, I used [a pillar / beam - wood], 2 of the [pillar - wood, a beam - steel frame]. The bending strength of the former showed an extremely low value, and it followed that I was poor in utility. On the other hand, the bending strength of the latter showed an extremely high price, and the break occurred by the drawing of the lag screw bolt of the pillar side. The drawing strength was able to almost use drawing power to the maximum. In addition, load at the maximum came to the left side than the value of the permission angle of rotation (θa), and it followed that I was good.

1. 緒言

日本は世界有数の森林大国である。しかし、林業は衰退の一途を辿っている。そのため、山は間伐されずに荒れ果て、建材として役立つ木材資源とはならない。間伐をしないと森が成長しないことだけでなく、自然災害などの被害拡大の要因にもなる。愛知県内の間伐材は直径が25cm~30cmであるが、建材としてはまだ小さく十分な強度を得ることは難しい。そこで、駐車場や小さい倉庫などなら間伐材が使えると考え、簡単なラーメン構造の開発を目指すことにした。木造ラーメン構造を開発するには、接合部の開発が一番重要である。しかし、従来の木造の接合部として使われている釘では高い強度を得ることは難しい。また、ボルトやナットを使用すると木材の乾燥収縮によりゆるんでしまう。そこで、木ネジであるラグスクリューボルトに焦点をあててみた。木ネジ（以下、ラグスクリューボルトとする。）は木材の乾燥収縮によるゆるみは生じず、むしろ堅く締まる。そこで、ラグスクリューボルトを使ったスプリットT型接合の研究をすることにした。簡便かつ剛な接合方法が開発されれば間伐材の利用を促進することにも繋がるだろう。

本研究では、まず間伐材におけるラグスクリューボルトの基本性能を調べ、それを基にスプリットT型接合の仕口部耐力を調べる。そこから実用に向けて今後の課題を見いだす。

2. 実験方法

2.1 ラグスクリューボルトの基本性能

2.1-1 引抜き試験

2.1-2 試験方法

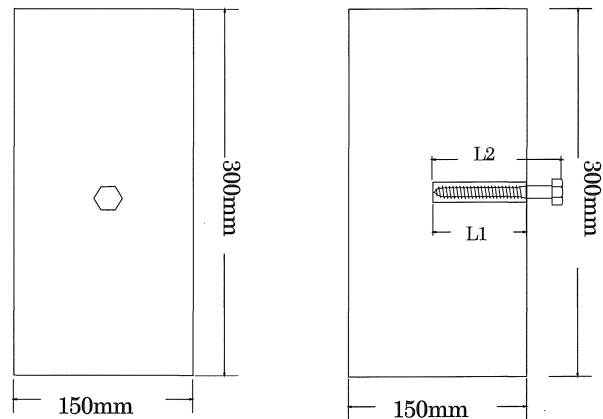
ラグスクリューボルトの引抜き試験を行い、荷重と変位を計

[†] 愛知工業大学 工学部 建築学科
^{††} 有限会社 堀内建築研究所 代表取締役社長
^{†††} 有限会社 シービーリサーチ

測する。試験機は「アムスラー型 100t 耐圧試験機」を使用。

2.1-3 試験体

試験体としてM12のラグスクリューボルトと愛知県産のスギ間伐材（材齢約30年）を使用。試験体形状（図1-1）、ラグスクリューボルトの寸法と下穴の長さ（表1-1）を下記に示す。



Elevation Section
【図1-1】 test piece

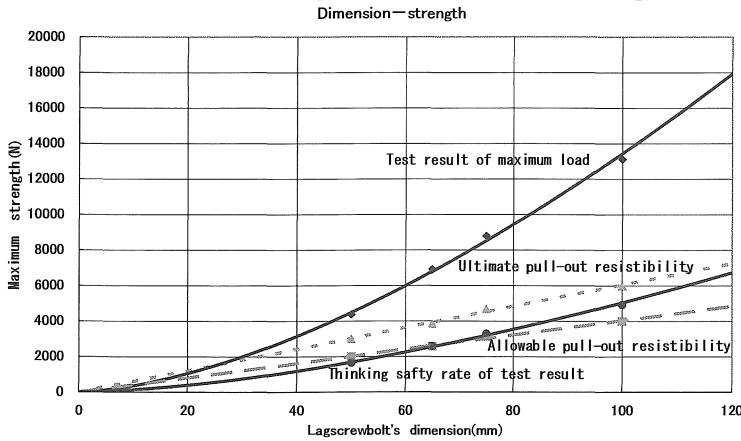
test piece No.	1 ~ 5	6 ~ 10	11 ~ 15	16 ~ 20	21 ~ 25	26 ~ 30
L1(mm)	35	45	55	75	80	80
L2(mm)	50	65	75	100	110	100

【表1-1】 Lagscrewbolt's dimension

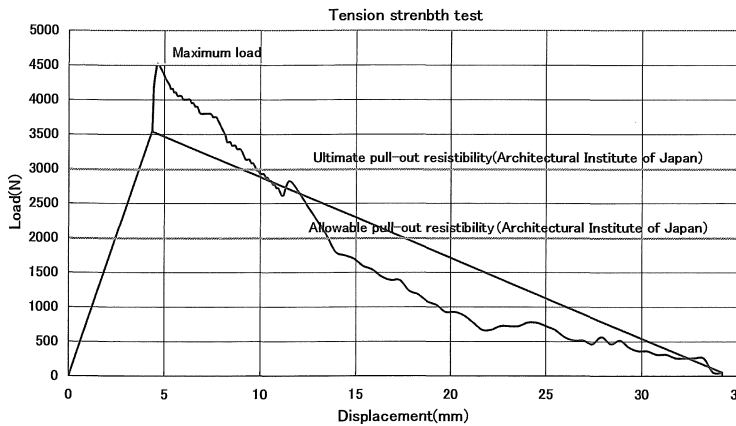
2.1-4 実験結果

【表1-2】に示すようにラグスクリューボルト長さと同引抜き強

度は比例関係にあり、長さが長いほど引抜き強度が大きくなっている。「木構造計算規準同解説」^② (日本建築学会) に示されている式より計算した値を上回る結果となった【表1-3】。



【表1-2】 test of result



【表1-3】 test of result

一般に間伐材は木目が粗く、通常使用されている木材に比べ強度が低いので、この結果は意外なものとなった。原因はラグスクリューボルトのねじ込み方向にあると考えられる。「木構造計算規準同解説」^② では木材の繊維方向の考慮がなされていないと推定される。

次式が計算式である。

ラグスクリュー接合の引抜き耐力

(i) ねじ部の単位長さあたりの設計用許容引張強度

$$Pa = \frac{1}{3} * {}_jK_d * {}_jK_m * P_{ut}$$

記号

Pa : ねじ部の単位長さ当りの設計用許容引張耐力(N/m)

P_{ut} : ねじ部の単位長さ当りの終局引張耐力 (N/m)

${}_jK_d$: 荷重継続期間影響計数

${}_jK_m$: 含水率影響計数

※ ${}_jK_d$ と ${}_jK_m$ の値は日本建築学会により、それぞれ2.0, 1.0とする。

(ii) ねじ部の終局引張耐力

$$P_{ut} = 1.77r_o^{0.8} * d * l_1$$

記号

P_{ut} : ラグスクリュー接合の終局引張耐力 (N)

l_1 : 木材の基準比重

r_o : ラグスクリューの直径 (mm)

d : ねじり部分の長さ (mm)

※ r_o の値は日本建築学会に従い、0.32 とする。

この計算式には木目方向は示されていない。今回の実験は木目に直角に引抜いている。この強度はもっとも高いものと推定される。木目に平行であれば極めて低強度になり、使用に耐えないと思われる。

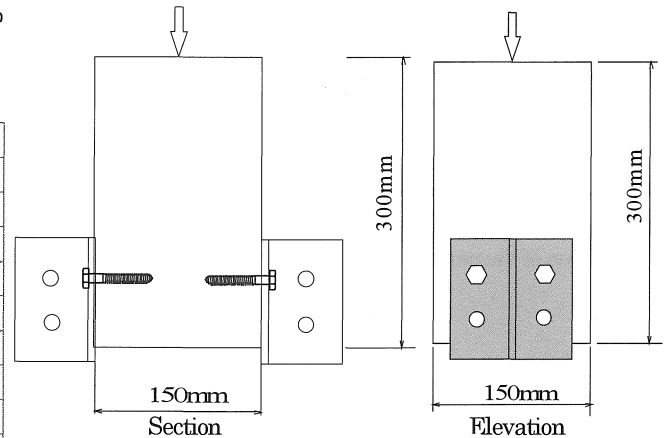
2. 2-1 セン断試験

2. 2-2 試験方法

間伐材のせん断力(曲げ耐力)を求めるために、荷重と変位を計測し、曲げモーメントと回転角を計算した。試験は「アムスラー型 200t 耐圧試験機」を使用。

2. 2-2 試験体

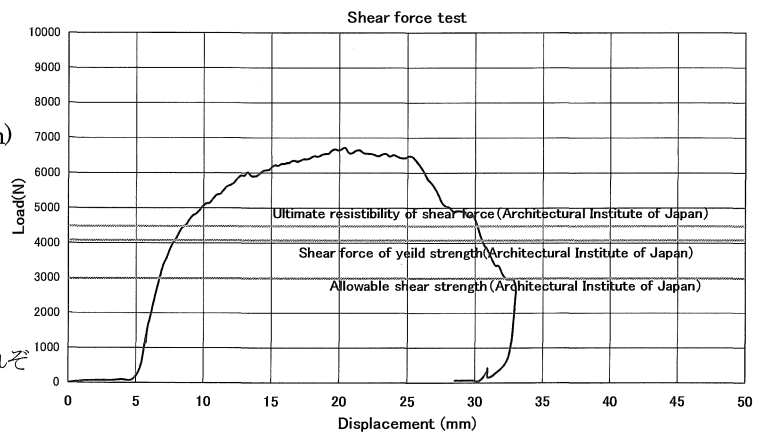
試験体は下穴 55mm, ボルト長さ 75mm, M-12 のラグスクリューボルトを使用。形状は【図2-1】に示す。



【図2-1】 test piece

2. 2-4 実験結果

試験結果を(表2-1)に示す。せん断試験は2面せん断(押抜き試験)である。ラグスクリューボルトは長さが75mmを使用している。実験結果では破壊は全て木材であり、ラグスクリューボルトのせん断強度とは言いにくい結果となった。しかし、ラグスクリューボルトの長さをいくら長くしても、鋼材であるスクリュー部がせん断破壊することはないであろう。荷重方向は木目に平行であり、強度的には弱い方での結果である。この条件で75mmのラグスクリューボルトのせん断強度は3197N/本となった。



【表2-1】 test of result

2. 2-5 考察

引抜き試験では、森林林業白書^④で決定された許容引抜き耐力の算定式より算出した。しかし、繊維方向で設計強度が見積もられているので設計荷重が低く、今回の実験を適用しても引抜き試験に関しては設計基準を満たし、安全である当結果になった。また繊維方向に直交方向の設計強度がまだ発見できていないため、今後の実験に期待したい。

せん断試験では、実験結果より試験体5体の許容耐力を求めた。設計基準、グラフをみて分かるように日本建築学会が設定する終局せん断耐力、許容せん断耐力ともに間伐材を使用するにあたり比較的安全であるということが分かった。従来の研究では、間伐材のせん断許容耐力は間伐材そのものの比重、含水率によるものが多いというデータに基づくが、今回の実験では強い強度が認められた。

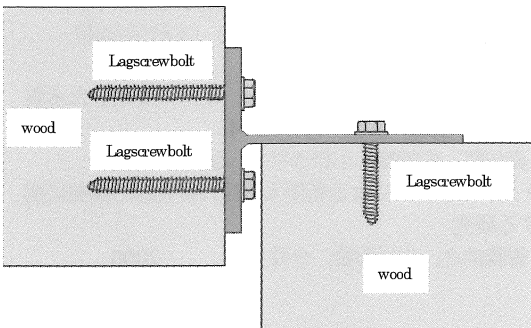
3. 1 スプリットT型接合の仕口部耐力

3. 1-1 スプリットT型接合とは

カットT鋼材(H形鋼を切断した鋼材)を使用し、柱側はラグスクリューボルトの引っ張り接合とし、梁側はせん断接合、または高力ボルトの一面せん断接合とした接合部である。形状を【図3-1】に示す。

施工手順を以下に示す。

- ① ラグスクリューボルトをねじ込む位置に8mm(直径12mm)のラグスクリューボルトの場合の下穴をあける。
- ② 木材の下穴をカットTのねじ穴に合わせ、ラグスクリューボルトをねじ込む。



【図3-1】 Split model T joining

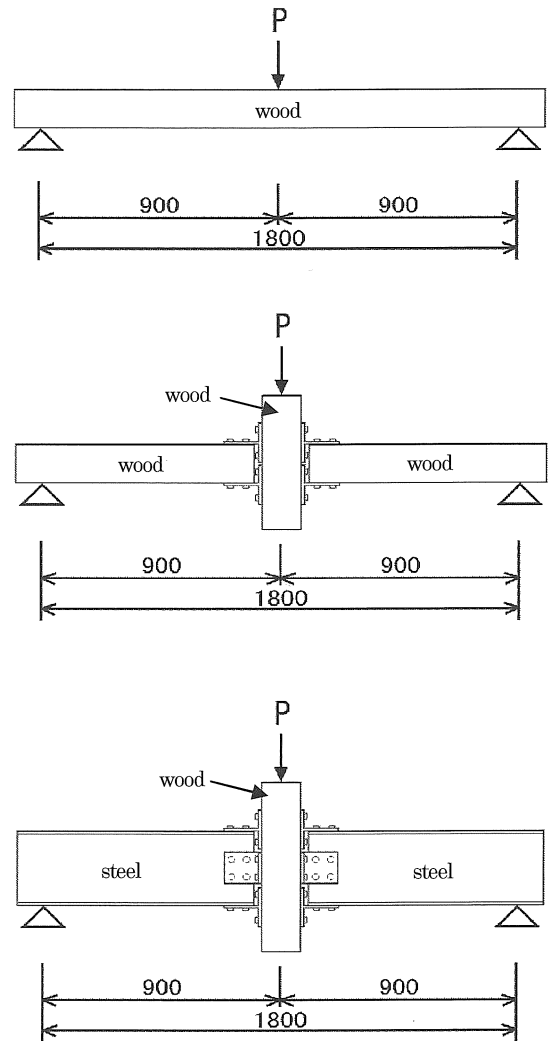
手順良くやれば作業はかなり容易である。また、剛接合としても十分な耐力を発揮するであろうと思う。

簡便かつ剛な接合方法として使用されるようになれば、間伐材の利用促進にも繋がり、新しい木造建築物の開発に役立つだろう。

3. 1-2 試験体

試験体の形状は【図3-2】に示す3種類である。木材曲げ試験は他の試験体2種類の基準になる曲げ性状を得るための試験体である。「柱、梁-木材」試験体は、この実験の中心になる試験体であり、木材にスプリットT型接合を用いた場合の仕口部性状を明らかにするための試験体である。「柱-木材、梁-H形鋼」試験体は、梁のせん断接合ラグスクリューが端空き不足により十分な強度が得られないことを想定しての試験体である。この試験体であればラグスクリューボルトの引張り強度を十分に利用することが可能であると予想された。

なお、試験に使用した木材は全て芯持ちの間伐材である。



【図3-2】 test piece

3. 1-3 試験方法

荷重と変位を計測し、曲げモーメントを求める。試験は「アムスラー型200t 耐圧試験機」を使用。変形角0.03を許容回転角とし、そのときの強度または最大強度の2/3のいずれか小さい方を許容曲げ強度と定めた。

3. 1-4 試験結果

「木材曲げ試験」

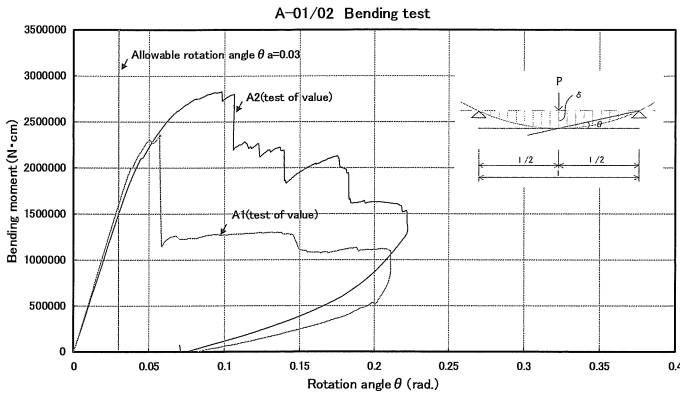
間伐材は木目が粗く強度が低いといわれているが、曲げ強度は日本建築センターの基準^①をみだし、まずまずの強度が得られた。これは芯持ち材であることが影響していると思われる。許容曲げモーメントは約1560(kN・cm)であり、この値を他の試験体の基準とした。【表3-1】

「柱、梁-木材」仕口部試験

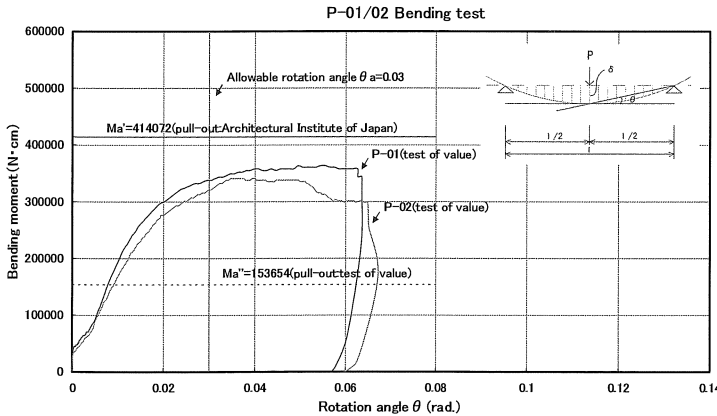
試験結果を【表3-2】に示す。曲げ強度は極めて低い値となった。これは仕口部ディテールの不適切さによるものである。破断はスプリットT型接合部の梁側で発生した。柱側のラグスクリューボルトの引抜き強度には十分余裕があるが、梁側のラグスクリューボルトは木材の端空き不足で十分なせん断強度を得ることが出来なかった。許容曲げモーメントは約329(kN・cm)であり、実用性に乏しい値となった。

「柱・木材、梁・H形鋼」仕口部試験

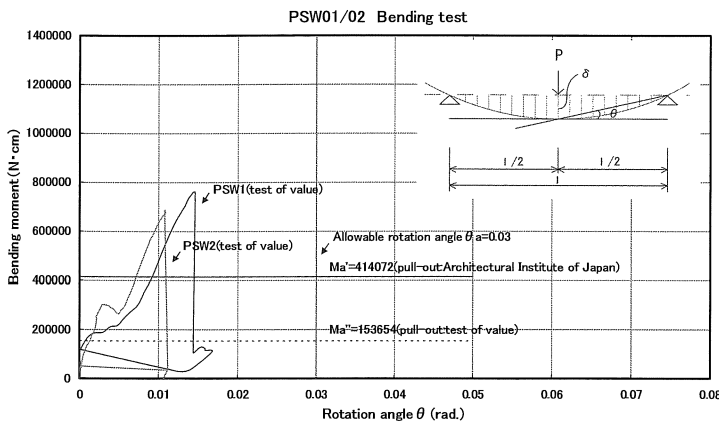
試験結果を【表3-3】に示す。曲げ強度は極めて高い値となった。破断は柱側のラグスクリューボルトの引抜きで発生した。柱側のラグスクリューボルトの引抜き強度のほぼ最大値まで引抜き力を利用できた。梁側は高力ボルトの一面せん断接合であり。十分なせん断強度を得ることができた。また、許容回転角 θ_a の値より左側に最大荷重がきており、良好な結果となった。



【表3-1】 test of result



【表3-2】 test of result



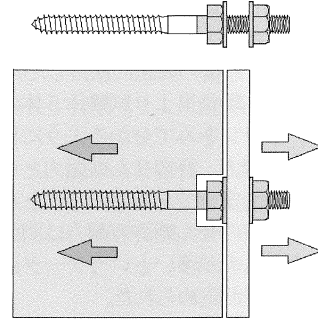
【表3-3】 test of result

3. 1-5 考察と今後の課題

「柱、梁・木材」仕口部試験の結果は好ましいものではなかった。今後は梁側のせん断接合強度の向上が課題となった。木材の端空き不足が原因であることは明らかであるが、端空き不足を解消するにはカットT材が大きくなり、実用性が低下する。この部分は釘を利用するのも良いかもしれない。

また、木材の収縮変形の対応にはさらに工夫が必要である。

一連の実験結果より【図3-3】のような接合方法が好ましいと思われる。これは(仮称)ボルトスクリューと呼ばれるものであり、木材の収縮変形への対応には極めて有効であると想定される。今後の研究課題である。



【図3-3】 bolt screw

4. 参考文献

○著書

- (1) 2007年版「建築物の構造関係技術基準解説書」
建築センター 2007
- (2) 「木質構造設計規準・同解説」
日本建築学会 2006
- (3) 「木質構造」(第2版)
平井卓郎, 宮澤健二, 小松幸平 2006

○研究論文

- (4) ラグスクリューボルトの引抜き性能発見機構(第2報)「繊維平行方向引抜き理論の構築」(木材学会誌)
中谷誠, 小松幸平 2005
- (5) ラグスクリューボルトの引抜き性能発見機構(第3報)「繊維平行方向引抜き理論の構築」(木材学会誌)
中谷誠, 小松幸平 2006
- (6) 雄ネジタイプラグスクリューボルトを用いた木質ラーメン構造の開発 その1~4
森拓郎, 中谷誠, 小松幸平 2006~2007
- (7) ラグスクリューによる新型木質仕口接合部の開発に関する研究
曾我浩之, 古川忠稔, 今井克彦 2006

○HP

- (8) 間伐推進中央協議会
- (9) 林野庁
- (10) 長野県