HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	木材ーボルト接合部の基礎耐力試験法比較
Author(s)	平井, 卓郎
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 46(4), 959-966
Issue Date	1989-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21310
Type	departmental bulletin paper
File Information	46(4)_P959-966.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

木材—ボルト接合部の基礎耐力試験法比較

平　井　卓　郎*

Rational Testing Methods for Determination of Basic Lateral Resistance of Bolted Wood-Joints

By

Takuro HIRAI*

要　　旨

木材—ボルト接合部の各種基礎耐力試験法（木材の繊維方向加力について3タイプ，木材の繊維に垂直方向加力について4タイプ）を比較し，特に最大耐力の測定法の適否について検討した。その結果，繊維方向加力では比較的影響が少ないが，繊維に垂直方向加力では試験法の適否が非常にはっきりしていることが明らかとなった。

キーワード：　ボルト接合，基礎耐力試験法，最大耐力，変形性能。

1. 緒　　言

ボルトやドリフトピン，比較的短いラグスクリュー等の金属接合具を用いた木材接合部は，非線形の変形挙動を示しながら，ほとんどの場合最終的に木材部分が割裂や剪断破壊を起こして破壊に至る。これらの木材接合部を合理的に設計しようとすると，適切な構造解析手法を確立することはもちろん，それとともに正しい基礎接合耐力データの蓄積が必要不可欠となる。ところが，接合部の基礎耐力を求めようとする場合，試験方法の影響がかなり大きく，方法によっては最大耐力の測定が非常に困難となることがある。したがって，基礎接合耐力試験を実施する際には，適切な試験法を採用すること，あるいはそれが実際上難しい場合には，採用した試験法の問題点と限界を正確に把握しておくことが重要である。しかし，既往の試験法規格[1,2]等においてもこの点に関する検討が十分であるとは言い難く，各研究者によって様々な試験法が用いられているために，試験結果の統一的な比較が難しく，接合耐力に関する議論

1989年2月28日受理　Received February 28, 1989.

* 北海道大学農学部林産学科木材加工学講座　Laboratory of Wood Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060

そのものが混乱をきたしているのが現状であるように思われる。そこで，本研究では荷重が木材の繊維方向に加わる場合，繊維に垂直方向に加わる場合それぞれについて，普通に行われているいくつかの接合部試験法を比較し，その適否について検討を加えてみた。

2. 実　　験

この研究では，Fig. 1 に示すように，木材の繊維方向加力について 3 種類（L1～L3），繊維に垂直方向加力について 4 種類（T1～T4）の試験法を用いて木材—ボルト接合部の基礎耐力試験を行い，それぞれの結果を比較してみた。ただし，ここでは鋼材あるいは木材の側材を用いず，図中に示されているように鋼製の支持具と木材試験体を直接ボルト（鋼製丸棒）でつないでいる。また木材試験体の厚さをボルト径の約 2.25 倍としているためボルトの曲げ変形はごくわずかにおさえられている。以上のことから，試験条件としては 2 面剪断型のボルト面圧試験（ボルトが曲げ変形を伴わずに木材中にめり込んで行くときの変形，耐力性能を求める試験）[3] と考えても大きな誤りはないように思われる。繊維方向加力の L1 は木材の木口面に作った半円形のへこみ部分にボルトを押し込んで行くいわゆる面圧試験型の試験法で，L2 の木材試験体をボルト先孔中央部分で切断したものと考えれば良く，どちらも圧縮型の接合部試験法

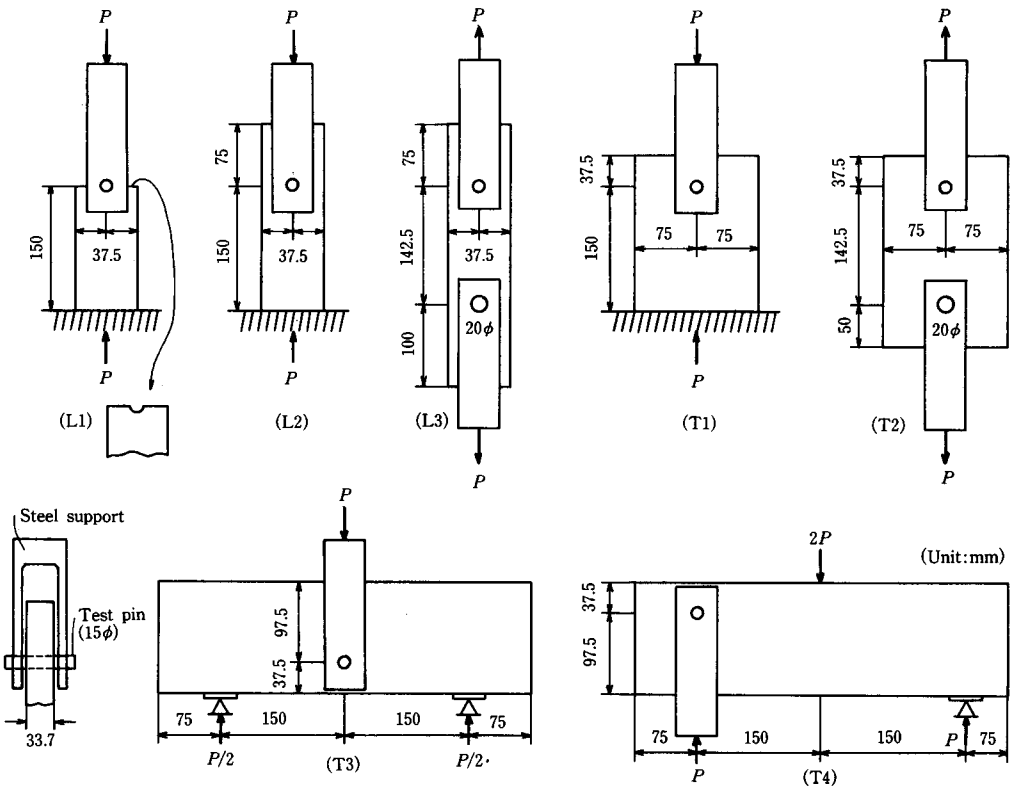

Fig. 1. Specimen geometries and testing methods.

Table 1. Basic properties of test material

Material	r_u	u (%)	*MOE* (t/cm²)
Spruce 2″×10″ (S-Dry)	0.43 (0.42-0.46)	16.7 (16.0-17.1)	115 (103-120)

r_u: Specific gravity; u: Moisture content; and *MOE*: Modulus of elasticity.

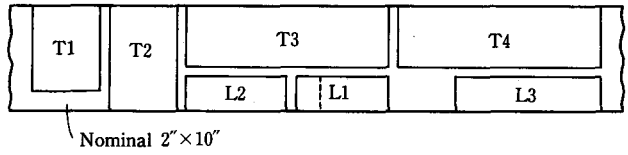

Fig. 2. Matching of specimens.

に属す。これに対してL3は試験用ボルトよりも径の太い支持ボルトを用いて木材試験体を支えた引張型の2面剪断試験となっている。繊維に垂直方向加力のT1，T2はそれぞれ繊維方向加力のL2，L3と同様な試験法である。T3，T4はそれぞれ曲げ試験の荷重点部分と支点部分にボルトを配した方法でT1とT2の中間的な試験条件となっているが，T3はどちらかと言えば圧縮型のT1に，T4はどちらかと言えば引張型のT2に近いものと考えられる。試験に用いたボルト（鋼製丸棒）の径は15 mmで，木材試験体の材厚は公称2インチ厚のディメンションランバーを丁寧に仕上げた結果33.7 mmとなった。木材試験体の端距離，縁距離寸法は以前に行った試験結果に基づいて与えた[4,5]。試験に用いた材料はTable 1に示すような基礎材質を持つスプルース210材で，Fig. 2のような木取りでマッチングを行った。試験体数は各試験法につき5体，計35体とした。負荷にはオルゼン型万能試験機を用いたが，荷重ヘッドの変位速度は約1.0 mm/min.とし，途中1回の除荷，再負荷を行った後試験体を破壊した。除荷を行った荷重レベルは繊維方向加力では800 kg，繊維に垂直方向加力では300 kgとした。

3. 結果と考察

試験の結果得られた最大公称面圧応力（最大荷重/ボルト径・材厚）をFig. 3に示す。繊維方向加力のLタイプでは，容易に予想される通り割裂，剪断の生じる側の木口面が拘束されていないL3が最も低い値を示しているが，どの試験方法でも最大耐力の検出は一応可能で

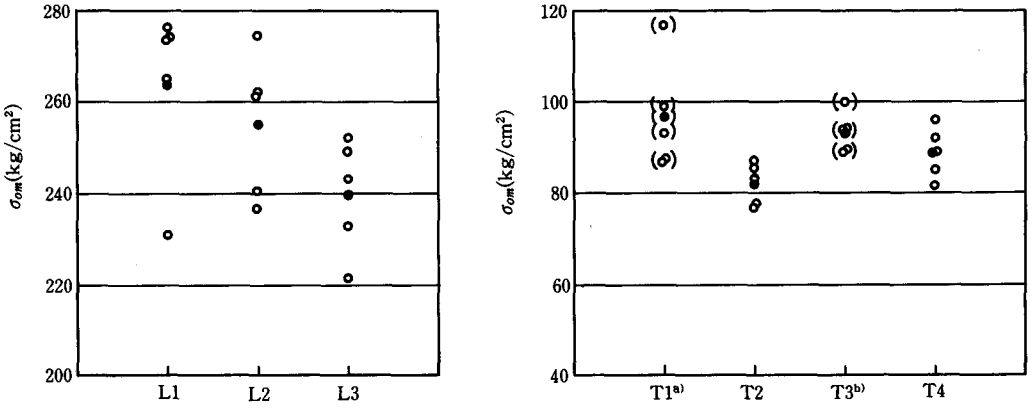

Fig. 3. Maximum nominal bearing-stresses.

○ : Observed maximum nominal bearing-stress of each specimen;

● : Average value of five specimens.

a) No evident indication of failure was found on the load-displacement curve, and each plotted value could be determined only through the visual observation of a small crack originating in the bolt hole.

b) Sudden reduction in load at the time of failure was not observed, and the stagnation of load increase was regarded as an indication of failure.

あった。したがって，L3タイプの引張型2面剪断試験を行うのが困難な場合，最大荷重が多少高めに測定されることを考慮すればL1，L2タイプの圧縮型試験法を採用しても特に大きな問題はないものと思われる。ただし，今回の試験では支持具と木材試験体の間に摩擦の無い条件となっているが，長めのボルト接合部試験体で，破壊時に主材，側材間にかなり大きな摩擦

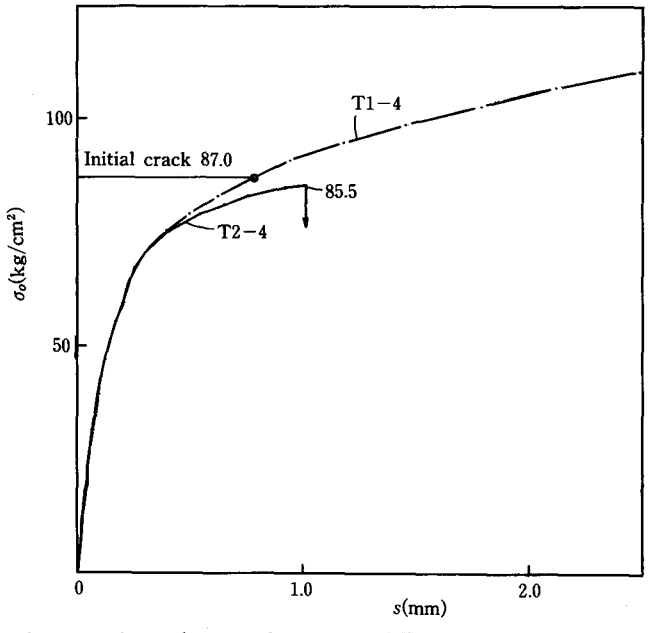

Fig. 4. A comparison of stress-slip curves of T1 type and T2 type specimens.

力が生じるような場合には，破壊荷重の検出が非常に難しくなる可能性もあるので，改めて検討しておく必要があろう。なお，L1タイプは面圧試験以外には実際上あまり有用な試験法ではないように思われる。一方，繊維に垂直方向加力のTタイプでは，試験法による差が非常に大きく，破壊荷重をはっきりとらえることが出来たのはT2タイプとT4タイプのみであった。また，この両者のうちでは試験条件の相対的にきびしいT2タイプの方が低い最大荷重を示した。T1タイプの試験体ではFig. 4に見られるように，ボルト孔部分からクラックが生じても荷重減少はほとんど認められず，実際上，破壊荷重を検出するには視覚的にクラックの発生を確認する以外にはない。Fig. 3にはそのようにして視覚的に得た最大応力をプロットしてあるが，確実性に乏しいだけではなく，多くの場合このような方法による破壊荷重の検出は甚だ困難であるように思われる。また，T3タイプの試験体では，今回の試験法の場合，はっきりした荷重減少は認められなかったものの，ボルト孔部分に生じたクラックが進むにつれて荷重が増加しなくなるため，若干高めではあるが一応破壊荷重の検出は可能であった。しかし，試験条件によってはそれが難しい場合もあるように思われる。そのような一例として，合板と木材をラグスクリューで接合したときの試験結果（平井，未発表）をFig. 5に示す。図中の(A)タイプは内容的には引張型に属す試験法で破壊荷重の検出が確実であるが，T3と同様な(B)タイプではクラックが生じても一旦荷重増加が鈍ると言った程度で，その後も荷重が増加し続ける。もちろんこの場合にも，T1タイプのような場合とは異なり破壊荷重の検出が全く不可能なわけではなく，またX—Yプロッターその他を用いた連続的な測定を行えばある程度の結果は得られるものと推測されるが，T2，T4タイプに比べるとかなり確実性には乏しいように思われる。したがって，他の試験法を採用することが難しい場合以外はさけた方が無難であろう。以上の試験結果をまとめると，繊維方向加力ではL3タイプの他にL2タイプも使用可能であるが，繊維に垂直方向加力ではT2，T4タイプ以外はあまり好ましくないと言うことになろう。なおFig. 5 (A)の試験法もT2，T4

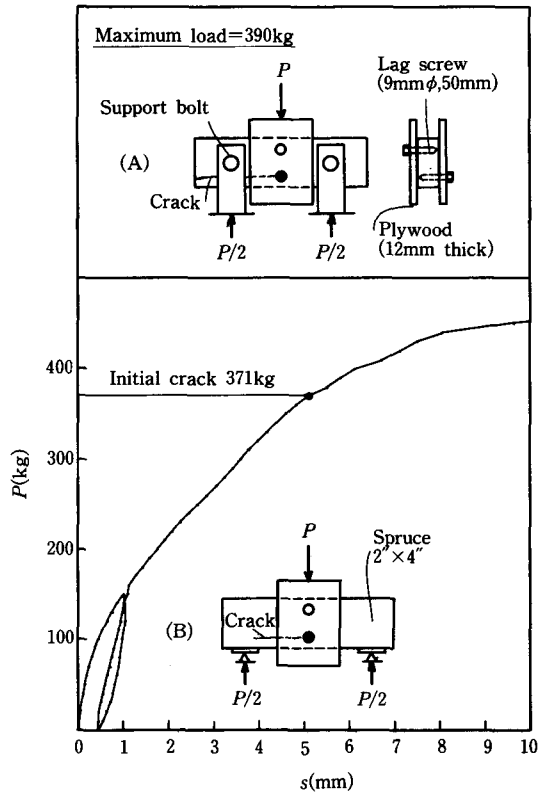

Fig. 5. An example of the load-slip curve of a T3 type specimen.

と同様に扱えるものと思われる。

次に変形性能について検討するため，Fig. 6 に示される荷重—変位曲線の初期直線域の傾き k_{si} と繰り返し負荷時の直線域の傾き k_{sc} を比較してみると Fig. 7 のようになる。上に述べたように最大耐力を知りたい場合には，特に繊維に垂直方向加力の場合，試験法の影響が非常に

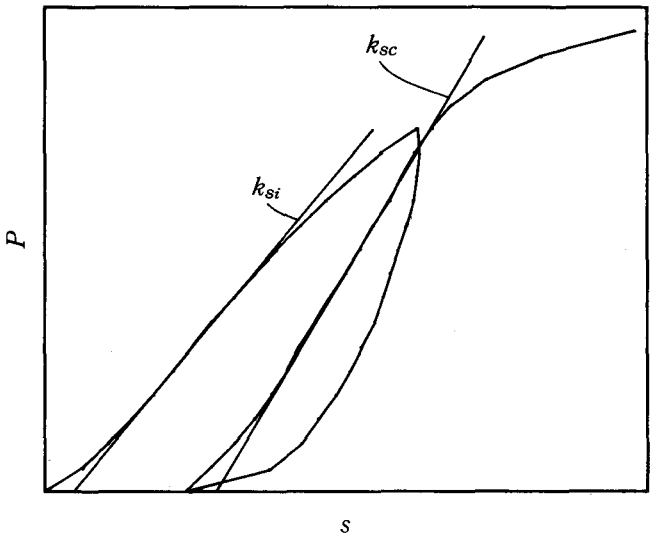

Fig. 6. Definition of slip modului.

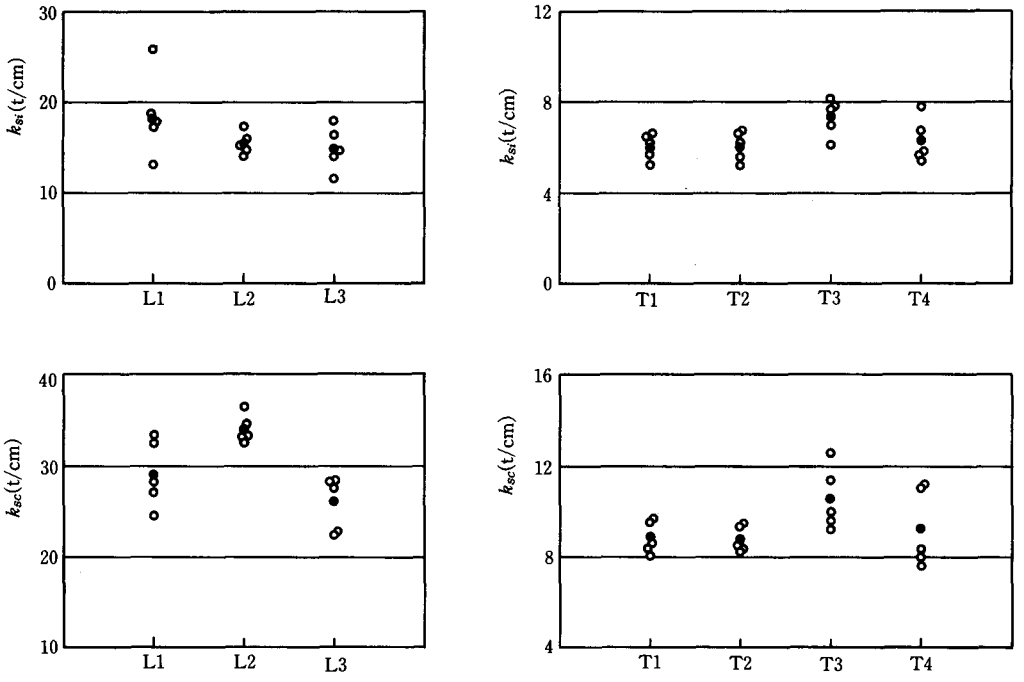

Fig. 7. Slip modului.

大きかったが，変形性能に関してはいずれの試験法でも大きな差は見られないようである。したがって，変形性能のみを知りたいときにはどの試験法を採用してもさしつかえないと言えよう。

4. 結　　論

この研究では木材—ボルト接合部の基礎耐力試験法の適否について比較試験を行った。その結果，繊維方向加力では引張型，圧縮型どちらの試験法もおおむね採用可能であるが，繊維に垂直方向加力の場合には，試験法によっては最大耐力の検出が困難で，耐力試験として不適であることが明らかとなった。繊維に垂直方向加力の好ましい試験法としては、Fig. 1 に示される T2，T4 タイプがあげられる。また，今回比較試験は行っていないが，他の試験結果から見て Fig. 5 （A）の試験法も適当であるものと思われる。

文　　献

1) Standard Association of Australia : AS 1649-1974 (1977).
2) 日本建築学会編：“木構造計算規準・同解説”，丸善，p. 219-227 (1988).
3) 平井卓郎：木材学会誌，**30**(12)，959-964 (1984).
4) 平井卓郎，沢田稔：同上，**28**(3)，137-142 (1982).
5) 平井卓郎：同上，**29**(2)，118-122 (1983).

Summary

Various testing methods are currently being employed to measure the basic lateral resistance of bolted wood-joints. Some of them, however, seem to be inadequate in determining the maximum load. Several types of joint tests were analyzed in this study, and an evaluation was made of their adequacy.

Three testing methods for loads parallel to the grain (L1, L2 and L3 in Fig. 1) were examined, and four testing methods for loads perpendicular to the grain (T1, T2, T3, and T4 in Fig. 1) were also examined. The basic properties of test materials are shown in Table 1, and the specimens were end or side matched as shown in Fig. 2.

Obtained maximum nominal bearing-stresses (maximum load/projected area of the bolt) are plotted in Fig. 3. When the specimen was loaded parallel to the grain, the maximum load was able to be determined by each testing method, L1, L2 or L3, although the most conservative result was obtained by the tension type test L3, which seemed to be most adequate testing method. When the specimen was loaded perpendicular to the grain, however, the maximum load was able to be distinctly determined only by two of the testing methods, T2 and T4. T2 was a typical tension-type test, and T4 was considered to be similar to the tension type test because the cracking of wood which directly brought on the final rupture of the specimen was not restrained in both testing methods. The compression type test, T1, was not applicable in any way, because the maximum load could not be determined except through the visual observation of a small crack

originating in the bolt hole, which might be very difficult under ordinary conditions. The typical stress-slip curves of the T1 and T2 testing methods are compared in Fig. 4 to indicate their differences. The last method, T3, also seemed to be inadequate, although it was comparatively better than T1. In the T3 testing method, the determination of the maximum load was not always impossible, but still was not easy in some cases. An example of one of these cases is shown in Fig. 5. In this figure, test (B) is a T3 type test, and test (A) is considered to be similar to the tension type test, in which the maximum load could be determined accurately.

The load-slip behavior of specimens, on the other hand, was scarcely affected by the difference in testing method. The two slip moduli, k_{s1} and k_{sc} defined in Fig. 6 are plotted for each testing method in Fig. 7.