

ドリフトピンを用いた小断面木質材料の接合強度

山本幸雄
日田産業工芸試験所

Strength Properties of Small Section Woods Connected with Driftpin

Yukio YAMAMOTO
Hita Industrial Art Research Division

要旨

家具などに用いられる小断面木質材料の接合は、ほぞおよびダボと接着剤を併用した接合方法が一般的であるが、環境への関心は日に日に高まってきており、接着剤を使わずに家具部材を接合する方法の開発が期待されている。

そこで、木造ドームなどの大規模木造建築などで使用されることの多いドリフトピン接合を小断面木質材料に使用できないか検討するために、プレートおよびドリフトピンにアルミニウムを使用し、ドリフトピン接合部の引張り試験を行った。その結果アルミニウム板の厚さは2.0mm、アルミニウムピンの直径は10.0mm、アルミニウム板端とアルミニウムピン中心までの距離はドリフトピン直径の2倍、主材端とアルミニウムピン中心までの距離はドリフトピン直径の4倍が最適であることがわかった。

1.はじめに

家具などに用いられる小断面木質材料の接合は、ほぞおよびダボと接着剤を併用した接合方法が一般的である。このような接合方法は、仕口の加工が容易で組み立てが簡単であるといった特徴がある反面、ひとたび接合すると分解が不可能で壊れたパーツの取替えができないといった問題がある。このため、いったんパーツが壊れてしまうと、接着剤を用いて接合した家具は修理が難しく家具本体を廃棄しなければならないのが現状である。

ところで、特定家庭用機器再商品化法（家電リサイクル法）およびダイオキシン規制対策特別措置法、ホルムアルデヒド対策などが盛り込まれた建築基準法の改正の成立などに見られるように、環境への関心は日に日に高まってきており、今後は今までのように家具を廃棄することが困難になることが予想される。

接着剤を用いないで木材を接合する方法には、従来から用いられてきた金輪継ぎ、追掛け大栓継ぎなどの木組み、木造ドームなどの大規模木造建築などで使用されることの多いボルト接

合、ドリフトピン接合などがある。このうち金輪継ぎ、追掛け大栓継ぎなどの木組みは仕口の形状が複雑で加工が難しいという欠点がある。これに対しボルト接合、ドリフトピン接合は接合部を主材、側材またはプレート、ボルトまたはドリフトピンで構成でき、その加工も非常に容易である。ドリフトピン接合の概要をFig.1に示す。とくにドリフトピン接合は、ドリフトピンを木材に打ち込むため、それを家具のデザインのアクセントとして利用することも可能であると考えられる。ところがドリフトピン接合は、大規模木造建築などで使用されてはいるものの家具など小断面木質材料で使用されることはほとんどない。

そこで、木工機械でも容易に加工が可能なアルミニウムをプレートおよびドリフトピンに用い、ドリフトピン接合を小断面木質材料に使用できないか検討するために、ドリフトピン接合部の引張り試験を行った。

2.実験方法

2.1 供試材

試験に用いたアルミニウム板、およびアルミニウムピンはJIS H4000 アルミニウム及びアルミニウム合金の板及び条に規定されているA5052Pを用いた。アルミニウム板の幅は50mm、アルミニウムピンの長さは25mmとした。

下記の2.3 スギにアルミ板を挿入し、スギ材端距離、アルミ板端距離ともに固定した場合および2.4 スギにアルミ板を挿入し、スギ材端距離は固定し、アルミ板端距離を変化させた場合に用いたスギは、長さ900mm、幅300mm、厚さ60mmの板4枚から、長さ900mm、幅50mm、厚さ25mm、40本を切り出した。その後、FFTアナライザー（ユー・アンド・ディー社製、AD-3527）を用い、動的ヤング係数を求めた。このときの密度

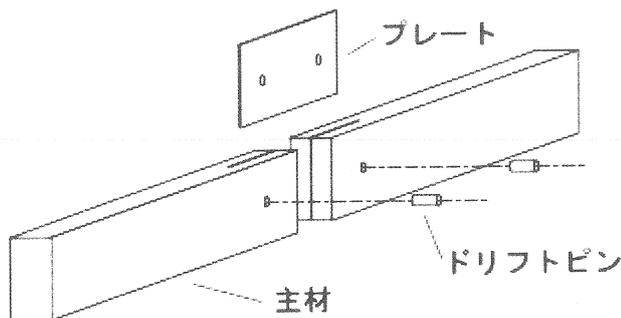


Fig.1 ドリフトピン接合の概要

は 321.3kg/m^3 、動的ヤング係数の平均は 4.88GPa 、標準偏差は 1.91 であった。その後切り出したスギを、ヤング係数の分布が等しくなるように4つのグループに分け試験に用いた。また下記の2.5 スギにアルミ板を挿入し、スギ材端距離を変化させ、アルミ板端距離は固定した場合に用いたスギは、長さ 900mm 、幅 300mm 、厚さ 60mm の板5枚から、長さ 900mm 、幅 50mm 、厚さ 25mm 、50本を切り出した。その後、FFTアナライザー（エー・アンド・ディー社製、AD-3527）を用い、動的ヤング係数を求めた。このときの密度は 323.8kg/m^3 、動的ヤング係数の平均は 5.71GPa 、標準偏差は 1.77 であった。その後切り出したスギを、ヤング係数の分布が等しくなるように5つのグループに分け試験に用いた。

アルミニウム板の厚さが 1.0mm 、 1.5mm のときは鋸厚 1.5mm の丸鋸で、アルミニウム板の厚さが 2.0mm のときは鋸厚 2.4mm の丸鋸で、アルミニウム板の厚さが 3.0mm のときは鋸厚 3.0mm の丸鋸でスリットを明けアルミニウム板をスギへ挿入した。

試験には、INSTRON社製万能試験機（5568 最大容量 50kN ）を用いた。試験速度は 5mm/min とした。試験は各条件とも5体ずつ行った。

2.2 主材を鋼にした場合

アルミニウム板およびアルミニウムピンのせん断強度を求め、主材を鋼にし引張り試験を行った(Fig.2)。アルミニウム板の厚さ D_{AL} は 1.0mm 、 1.5mm 、 2.0mm 、 3.0mm 、アルミニウムピンの直径 Φ は 3.0mm 、 6.0mm 、 8.0mm 、 10.0mm とした(Fig.3)。主材とアルミニウムピン中心までの距離 L_W は 20mm 、アルミニウム板端とアルミニウムピン中心までの距離 L_{AL} は 4Φ とした。

2.3 スギにアルミニウム板を挿入し、 L_W 、 L_{AL} ともに固定し

た場合

主材をスギにした場合のアルミニウム板およびアルミニウムピンのせん断強度を求め、アルミニウム板の厚さとアルミニウムピンの直径の最適な組み合わせを求めるため、主材端とアルミニウムピン中心までの距離 L_W は 7Φ 、アルミニウム板端とアルミニウムピン中心までの距離 L_{AL} は 4Φ に固定し、引張り試験を行った(Fig.4)。アルミニウム板の厚さ D_{AL} は 1.0mm 、 1.5mm 、 2.0mm 、 3.0mm 、アルミニウムピンの直径 Φ は 3.0mm 、 6.0mm 、 8.0mm 、 10.0mm とした。

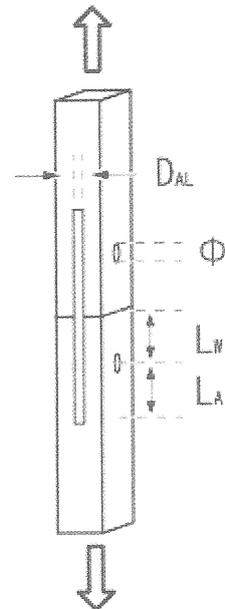


Fig.3 試験片の概要

- D_{AL} ：アルミニウム板の厚さ
- Φ ：アルミニウムピンの直径
- L_W ：主材とアルミニウムピン中心までの距離
- L_{AL} ：アルミニウム板端とアルミニウムピン中心までの距離

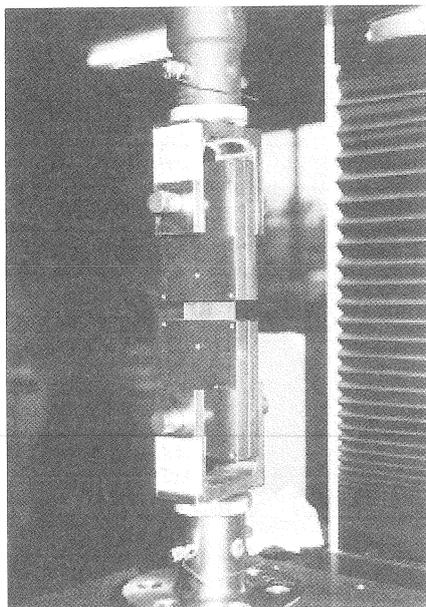


Fig.2 主材を鋼にした場合の試験の様子

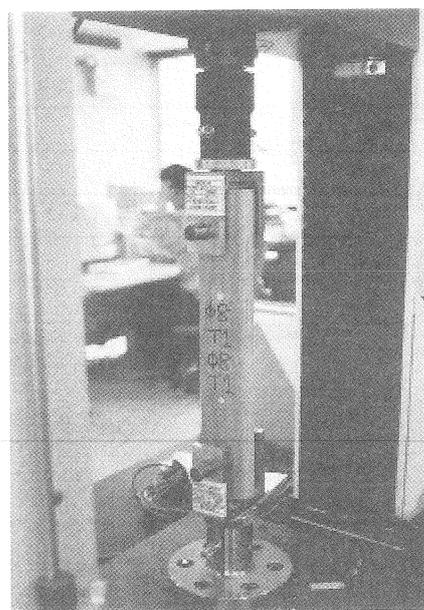


Fig.4 主材をスギにした場合の試験の様子

2.4 スギにアルミニウム板を挿入し、 L_W は固定し、 L_{AL} を変化させた場合

主材をスギにした場合のアルミニウム板端とアルミニウムピン中心までの距離の影響をみるため、アルミニウム板端とアルミニウムピン中心までの距離 L_{AL} を 2Φ または 3Φ とし、引張り試験を行った。アルミニウム板の厚さ D_{AL} は、2.0mm、アルミニウムピンの直径 Φ は10.0mmとした。主材端とアルミニウムピン中心までの距離 L_W は 7Φ とした。

2.5 スギにアルミ板を挿入し、 L_W を変化させ、 L_{AL} は固定した場合

主材をスギにした場合の主材端とアルミニウムピン中心までの距離の影響をみるため、主材端とアルミニウムピン中心までの距離 L_W を 2Φ 、 3Φ 、 4Φ 、 5Φ 、 6Φ とし、引張り試験を行った。アルミニウム板の厚さ D_{AL} は2.0mm、アルミニウムピンの直径 Φ は10.0mmとした。アルミニウム板端とアルミニウムピン中心までの距離 L_{AL} は 4Φ とした。

3.結果

3.1 主材を鋼にした場合

引張り試験の変位と荷重の関係を Fig.5 に示す。また Table 1 に破壊形態を、Table 2 に最大荷重の平均を示す。破壊形態には、アルミニウム板にアルミニウムピンがめり込み最後には板の端が破断し破壊する場合と、アルミニウム板がアルミニウムピンにめり込みアルミニウムピンがせん断破壊する場合とがみられた。アルミニウム板にアルミニウムピンがめり込み最後には板の端が破断し破壊する場合は、アルミニウムピンがせん断破壊する場合に比べ、最大荷重は低く変形が大きくなる傾向があることがわかった。

3.2 スギにアルミニウム板を挿入し、 L_W 、 L_{AL} ともに固定した場合

引張り試験の変位と荷重の関係を Fig.6 に示す。また Table 3 に破壊形態を、Table 4 に最大荷重の平均を示す。破壊形態には、アルミニウム板がアルミニウムピンにめり込みアルミニウムピンがせん断破壊する場合(Fig.7)と、アルミニウムピンがアルミニウム板にめり込み最後にアルミニウム板の端が破断し破壊する場合(Fig.8)、主材のスギがアルミニウムピン部から割れ破壊する場合(Fig.9)の3つのタイプがみられた。アルミニウムピン

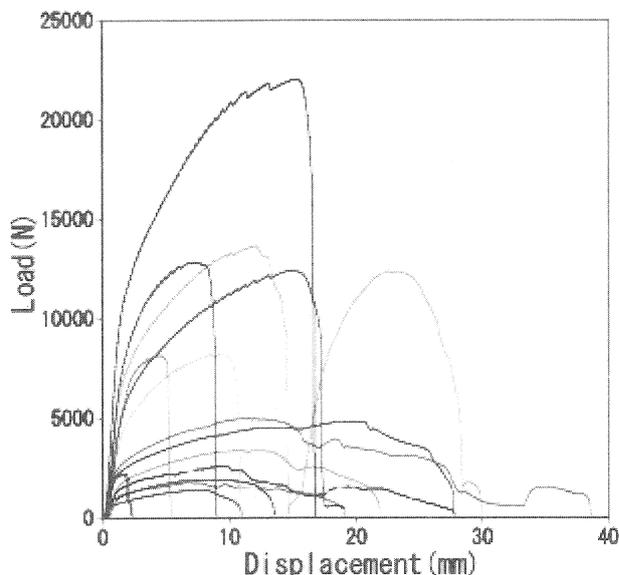


Fig.5 主材を鋼にした場合の引張り試験の変位と荷重の関係

—	D_{AL} 1.0mm Φ 3.0mm	—	D_{AL} 2.0mm Φ 3.0mm
—	D_{AL} 1.0mm Φ 6.0mm	—	D_{AL} 2.0mm Φ 6.0mm
—	D_{AL} 1.0mm Φ 8.0mm	—	D_{AL} 2.0mm Φ 8.0mm
—	D_{AL} 1.0mm Φ 10.0mm	—	D_{AL} 2.0mm Φ 10.0mm
—	D_{AL} 1.5mm Φ 3.0mm	—	D_{AL} 3.0mm Φ 3.0mm
—	D_{AL} 1.5mm Φ 6.0mm	—	D_{AL} 3.0mm Φ 6.0mm
—	D_{AL} 1.5mm Φ 8.0mm	—	D_{AL} 3.0mm Φ 8.0mm
—	D_{AL} 1.5mm Φ 10.0mm	—	D_{AL} 3.0mm Φ 10.0mm

Table1 主材を鋼にした場合の破壊形態

D_{AL}	3.0	6.0	8.0	10.0
1.0	板のめり込み	板のめり込み	板のめり込み	板のめり込み
1.5	板のめり込み	板のめり込み	板のめり込み	板のめり込み
2.0	ピン切断	ピン切断	ピン切断	板のめり込み
3.0	ピン切断	ピン切断	ピン切断	ピン切断

注：板のめり込み アルミニウム板のめり込みによる破壊
ピン切断 アルミニウムピンの切断による破壊

Table2 主材を鋼にした場合の最大荷重 (N)

D_{AL}	3.0	6.0	8.0	10.0
1.0	1417.3	1883.6	2626.0	2873.5
1.5	1922.6	3423.1	4777.5	4868.2
2.0	2226.6	8198.7	12234.1	13626.8
3.0	2238.5	8045.2	12906.9	21811.8

がせん断破壊する場合とアルミニウム板の端が破断し破壊する場合は、主材のスギとアルミニウムピン部分の強度よりもアルミニウム板とアルミニウムピン部分の強度が低いためであり、主材のスギがアルミニウムピン部から割れ破壊する場合は、アルミニウム板とアルミニウムピン部分の強度よりも主材のスギとアルミニウムピン部分の強度が低いためである。このことから、アルミニウム板の厚さとアルミニウムピンの直径の最適な組み合わせは主材のスギがアルミニウムピン部から割れ破壊する場合の組み合わせから選択すればよいことがわかる。これらのことと、Table 4 に示した最大荷重の平均値の結果から、アルミニウム板の厚さは2.0mmで、アルミニウムピンの直径は10.0mmの組み合わせが最もよいことがわかった。このときの最大荷重の平均は5050.3Nであり、Fig.5 から破壊時のアルミニウム板およびアルミニウムピンの変形は、弾性変形域内に収まっていることがわかった。

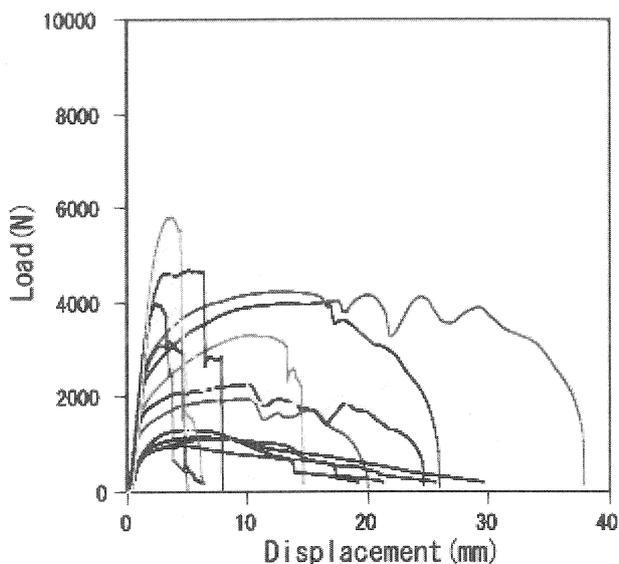


Fig.6 主材のスギにアルミニウム板を挿入し、 L_W 、 L_{AL} ともに固定した場合の引張り試験の変位と荷重の関係

3.3 スギにアルミニウム板を挿入し、 L_W は固定し、 L_{AL} を変化させた場合

引張り試験の変位と荷重の関係を Fig.10 に示す。破壊形状は、アルミニウム板端とアルミニウムピン中心までの距離 L_{AL} が2Φの場合も3Φの場合とも、主材のスギがアルミニウムピン部から割れ破壊した。最大荷重の平均は2Φのときが4812.5N (標

- D_{AL} 1.0mm Φ 3.0mm
- D_{AL} 1.0mm Φ 6.0mm
- D_{AL} 1.0mm Φ 8.0mm
- D_{AL} 1.0mm Φ 10.0mm
- D_{AL} 1.5mm Φ 3.0mm
- D_{AL} 1.5mm Φ 6.0mm
- D_{AL} 1.5mm Φ 8.0mm
- D_{AL} 1.5mm Φ 10.0mm
- D_{AL} 2.0mm Φ 3.0mm
- D_{AL} 2.0mm Φ 6.0mm
- D_{AL} 2.0mm Φ 8.0mm
- D_{AL} 2.0mm Φ 10.0mm
- D_{AL} 3.0mm Φ 3.0mm
- D_{AL} 3.0mm Φ 6.0mm
- D_{AL} 3.0mm Φ 8.0mm
- D_{AL} 3.0mm Φ 10.0mm

Table3 スギにアルミ板を挿入し、 L_W 、 L_{AL} ともに固定した場合の破壊形態

D_{AL}	3.0	6.0	8.0	10.0
1.0	ピン切断	板のめり込み	板のめり込み	板のめり込み
1.5	ピン切断	スギ割れ	板のめり込み	板のめり込み
2.0	ピン切断	スギ割れ	スギ割れ	スギ割れ
3.0	ピン切断	スギ割れ	スギ割れ	スギ割れ

注：ピン切断 アルミニウムピンの切断による破壊
 板のめり込み アルミニウム板のめり込みによる破壊
 スギ割れ 主材のスギがドリフトピン部から割れ破壊

Table4 スギにアルミ板を挿入し、 L_W 、 L_{AL} ともに固定した場合の最大荷重 (N)

D_{AL}	3.0	6.0	8.0	10.0
1.0	1155.3	1912.3	2177.0	2381.7
1.5	1161.9	3419.9	3900.7	4322.6
2.0	1156.6	3345.7	4607.0	5050.3
3.0	1010.9	3077.2	4092.1	4791.5

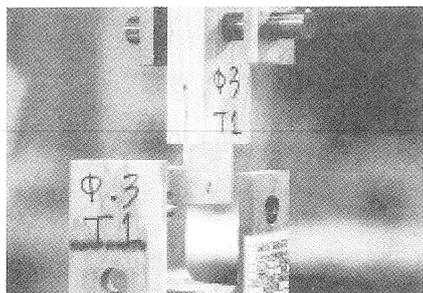


Fig.7 アルミニウムピンがせん断破壊した様子

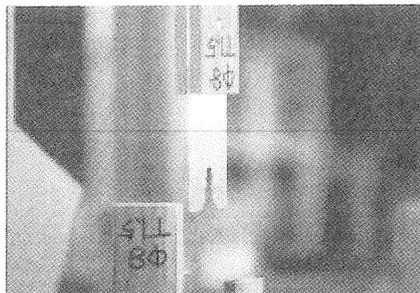


Fig.8 アルミニウム板の端が破断し破壊した様子

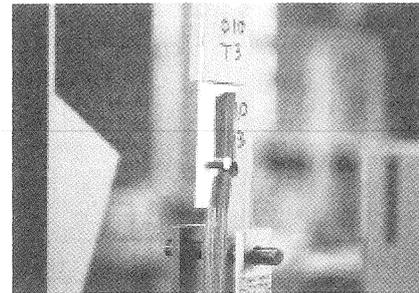


Fig.9 主材のスギがアルミニウムピン部から割れ破壊した様子

標準偏差 254.82), 3Φのときが 5005.1N (標準偏差 379.71) であった。このことから, アルミニウム板端とアルミニウムピン中心までの距離 L_{AL} は 2Φ でよいことがわかった。

3.4 スギにアルミ板を挿入し, L_W を変化させ, L_{AL} は固定した場合

引張り試験の変位と荷重の関係を Fig.11 に示す。このグラフから, 主材端とアルミニウムピン中心までの距離 L_W が 2Φ の場合は弾性変形域内で, 3Φ の場合は塑性変形域に入った直後に, それ以外の場合は塑性変形域で破壊していることがわかる。破壊形状は, 主材端とアルミニウムピン中心までの距離 L_W が 2Φ, 3Φ, 4Φ, 5Φ, 6Φ いずれの場合も, 主材のスギがアルミニウムピン部から割れ破壊した。最大荷重の平均は 2Φ のときが 2858.3N (標準偏差 742.90), 3Φ のときが 4741.7N (標準偏差 1120.04), 4Φ のときが 4986.4N (標準偏差 467.62), 5Φ のときが 4576.8N (標準偏差 438.44), 6Φ のときが 4693.6N (標準偏差 546.96) であった。これらから, 主材端とアルミニウムピン中心までの距離 L_W は 4Φ でよいことがわかった。

4.まとめ

ドリフトピン接合を小断面木質材料に使用できないか検討するために, プレートおよびドリフトピンにアルミニウムを使用し, ドリフトピン接合部の引張り試験を行った結果, アルミニウム板の厚さは 2.0mm, アルミニウムピンの直径は 10.0mm, アルミニウム板端とアルミニウムピン中心までの距離は 2Φ, 主材端とアルミニウムピン中心までの距離は 4Φ が最適であることがわかった。

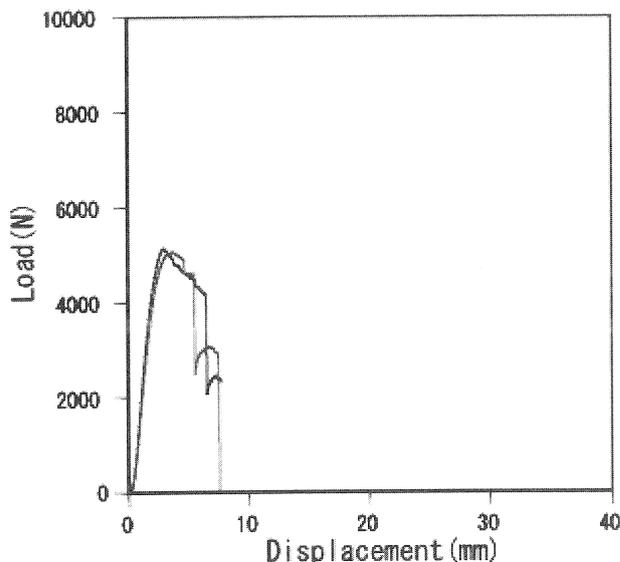


Fig.10 スギにアルミニウム板を挿入し, L_W は固定し, L_{AL} を変化させた場合の引張り試験の変位と荷重の関係

— 2Φ — 3Φ

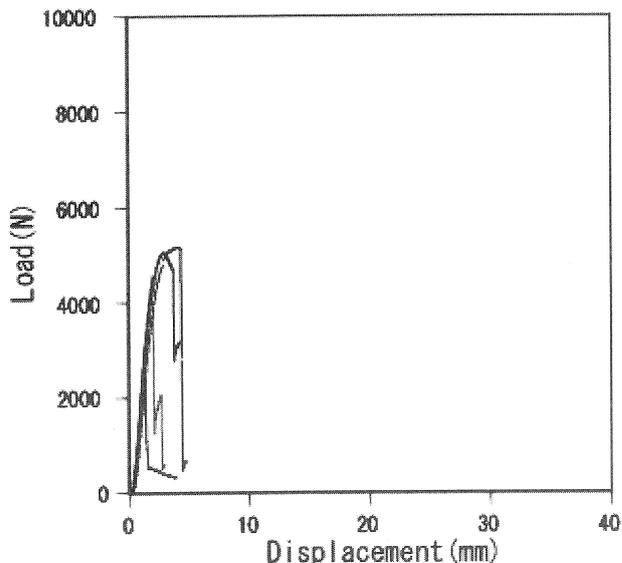


Fig.11 スギにアルミ板を挿入し, L_W を変化させ, L_{AL} は固定した場合の引張り試験の変位と荷重の関係

— 2Φ — 5Φ
 - - - 3Φ — 6Φ
 . . . 4Φ