

接着剤塗布釘の引抜耐力について*¹

矢田 茂樹*²・田本 真志*^{2,*3}

On Withdrawal Resistance of Nail Coated with Adhesive in the Nailed-Joint of Wood*¹

Shigeki YATA*² and Shinji TAMOTO*^{2,*3}

1. 緒言

釘接合は各種の木材接合法の中でも最も簡便な方法であるが、引き抜き耐力とくに繊維方向の耐力が十分でないため使用中にしばしば引抜けを生じる。例えば中学校技術・家庭科の授業では本立てなどの製作において繊維方向の釘打ちが行われるが、その接合強度が十分でないため使用中に隙間を生じて使用に耐えられなくなることがある。とくに比重の小さい木材を使用したときに問題を生じる。

前報¹⁾において、丸釘にかわって特殊な胴部形状を持つ、したがって摩擦抵抗の大きい特殊釘を使うと引抜き耐力が50%程度向上することを明らかにしたが、繰り返し荷重が加わる用途ではこの程度の改善ではなお不十分である。また前報では特殊釘の胴部に接着剤を塗布してから打込むと引抜き耐力が丸釘の3～4倍にも達することが示された。すなわち胴部に接着剤が付着したまま打込まれるタイプの特種釘を使うと、釘と木材間に働く摩擦抵抗のほか、界面での接着作用が加わるので引抜き耐力が飛躍的に向上する。しかしながら、いちいち釘胴部に接着剤を塗布してから打ち込むことは、作業性の点で実用的でない。

そこで本研究では釘打込み作業時の摩擦熱及び衝撃に注目して、熱溶融型接着剤及びマイクロカプセル化接着剤²⁾の適用を試みることにした。カプセルに入れた接着剤を施工時に破壊して接着作用を発現させる試みは建築分野で従来から行われてきたが³⁾、マイクロカプセル化接着剤は比較的新しく、これまで釘接合に適用された例はない。前述の接着剤はいずれもあらかじめ釘に塗布され、冷却または乾燥によって固化した後は普通の釘と全く同様に扱うことのできるものである。すなわち、釘打ち作業に支障を来すことなく、摩擦熱または衝撃によってはじめて接着作用を発現させようとするものである。

* 1 本研究の一部は日本産業技術教育学会関東支部第2回大会(1990.茨城)において口頭発表した。

* 2 教育学部技術学教室

* 3 現、横浜市立上菅田養護学校

2. 実験方法

1) 供試釘及びその表面処理

使用した釘の形状及び寸法を図1—aに示す。いずれもステンレス釘である。釘はアセトンで洗浄した後、胴部に接着剤を塗布した。接着剤は熱溶融型としてポリエステル系樹脂（ダイセル化学工業製，融点60℃）及びホットメルト樹脂接着剤（マナメルト製，融点70℃）の2種，衝撃破壊型としてエポキシ樹脂マイクロカプセル（スリーボンド製，2430型）の合計3種を使用した。釘1本あたりの塗布量は熱溶融型で約0.050 g，衝撃破壊型で約0.044 gであった。また，比較実験用に，木材及び金属に対し接着性が良好でしかも体積収縮の少ないエポキシ樹脂接着剤（商品名：アラルグイト，チバガイギー製）を釘に塗布した後，ただちに打込んだ。

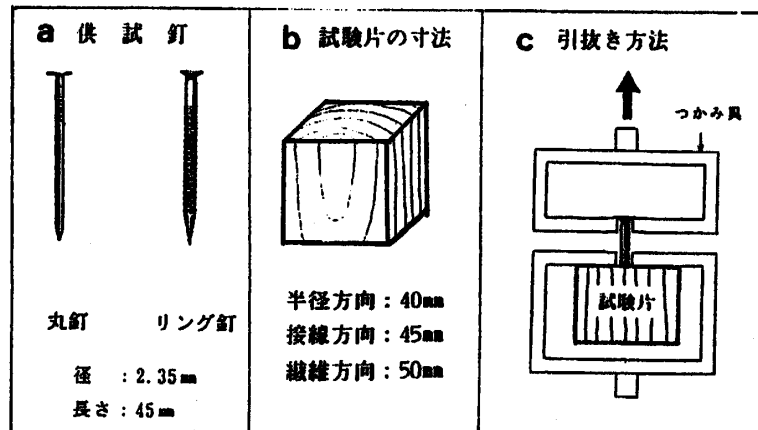


図1 実験材料及び実験方法

2) 供試木材及び実験方法

木材は密度の差を考慮して，ブナ（気乾比重0.61），カツラ（気乾比重0.45）及びスギ（気乾比重0.35）の3種を用い，含水率を12±1％に調湿したのち図1—bに示す試験片を作成した。

釘の打込みは木口面中央に釘を立て，繊維方向にげんのうで33mm打込んだ。一部の試験片については木表の板目面から繊維直角方向に打込みした。各条件の試験片数は5個以上とした。

釘の引抜き実験は JIS Z2121 に準拠して図1—cの方法で行い最大荷重を求めた。そして，最大荷重を打込み深さで割って，単位打込み深さあたりの引抜き耐力 (kg f/cm) を求めた。なお，試験機はオリエンテック社製テンシロン UCT-25T を使い，釘打込み48時間後に，引抜き速度 2 mm/min で実験した。

マイクロカプセル化接着剤塗布釘については，木材への打込みによるカプセルの破壊の様子を明らかにするため，走査電顕（日本電子，T200）で打込み前後の接着剤層を観察した。

3. 実験結果及び考察

各種特殊釘の引抜き実験の結果をまとめて表1に示す。まず、ここで実験したリング釘は同径・同長の丸釘と比較して数10%引抜き耐力が大きくなっている。これは前報¹⁾のスクリュウ釘と同様の傾向である。丸釘及びスクリュウ釘は胴部に接着剤を塗布しても打込み時に接着剤をこそぎ取られてしまうため効果がないが、このリング釘の場合は接着剤をあゆる程度付着したまま、材料内部に打込むことができる。

表1 釘の引抜き耐力

(kg f/cm)

	丸 釘	リング釘	リング釘+接着剤*1			通常の エポキシ樹 脂塗布釘*2
			熱 溶 融 型		衝撃破壊型	
			ポリエステル樹脂	ホットメルト樹脂	エポキシ樹脂 マイクロカプセル	
ブ ナ 繊 維 方 向	20.8(0.71)	28.9(4.42)	29.0(3.17)	33.1(2.19)	47.3(3.50)	63.8(4.65)
ブナ繊維直角方向	43.5(2.68)	57.8(4.26)	——	——	64.4(2.81)	——
カツラ繊維方向	15.6(1.38)	16.3(2.30)	——	——	32.0(1.44)	51.4(2.45)
カツラ繊維直角方向	——	24.8(2.67)	——	——	48.6(11.4)	——
ス ギ 繊 維 方 向	3.33(0.51)	5.88(0.18)	——	——	11.3(1.63)	31.5(2.66)

* 1 : 乾燥状態で打込み * 2 : 塗布直後に打込み

()内の数値は標準偏差

打込み作業に支障のないよう接着剤を乾式処理したリング釘の引抜き耐力は、接着剤のタイプにより明らかな差異が認められる(図2)。ブナの繊維方向の場合、熱溶解をねらいとしたポリエステル樹脂及びホットメルト樹脂はいずれも無塗布釘との間に有意差が認められなかった。また、引抜き後の釘胴部を観察しても木片の付着はほとんど認められなかった。打込み時に摩擦熱が発生することは、打込んだ釘を急激に引抜くと釘表面が手で触れないくらい発熱することからも明らかであるが、この程度の瞬間的な発熱では接着剤が熱溶解し、接着作用を発現するに至らないものと考えられる。接着剤にカーボランダムを添加して摩擦熱発生促進も試みたが、引抜き耐力に有意差は認められなかった。

一方、衝撃破壊型のマイクロカプセル化エポキシ樹脂の場合は無塗布釘に比較して、引抜き耐力が1.64倍にも達している。この場合には接着作用が確かに発現したと考えられるが、エポキシ樹脂を塗布直後に打込んだ湿式処理釘の値に比較して、かなり低い値を示している。したがってマイクロカプセル化接着剤はまだ接着作用の発現が十分ではなく、改良の余地があると考えられる。なお、エポキシ樹脂接着剤を塗布直後に打込んだ釘の引抜き後の釘胴部には木片が多量に付着し、いわゆる鞘抜け状態になっていた。すなわち木材がせん断破壊したように見える。釘の直径及び有効打込み深さ(28mm)から、単位面積あたりの引抜き強度を求めると100kg f/cm²となる。この値はこの密度のブナ材の繊維方向のせん断強度の文献値⁴⁾120kg f/cm²よりも若干小さいが、釘と木材の界面において木材があ

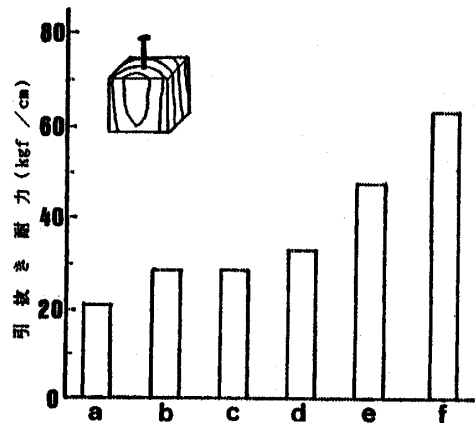


図2 接着剤塗布特殊釘の引抜き耐力

ブナ繊維方向 a: 丸釘 b: リング釘
 c: ポリエステル樹脂 d: ホットメルト樹脂
 e: エポキシ樹脂マイクロカプセル
 f: エポキシ樹脂塗布直後打込み

る程度破壊されていることを考慮すると、ほぼ極限值を示すものと考えられる。

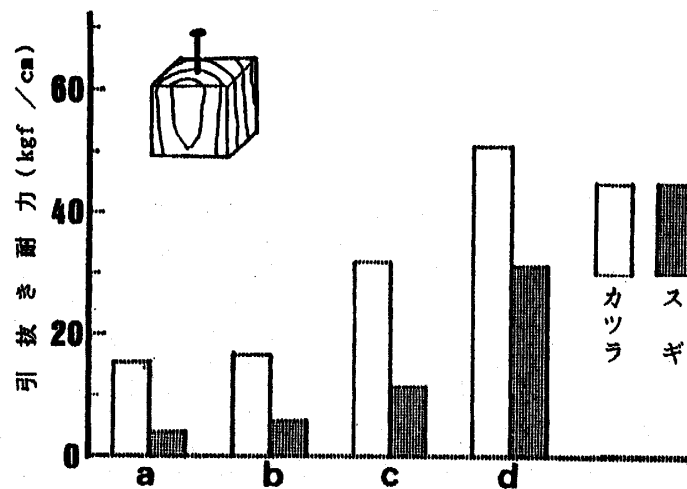


図3 カツラ及びスギの繊維方向に打込まれた特殊釘の引抜き耐力

a: 丸釘 b: リング釘 c: エポキシ樹脂マイクロカプセル d: エポキシ樹脂塗布直後打込み

以上は比重0.61のブナの結果であったが、比重の小さいカツラやスギの場合には図3に示したようにマイクロカプセル化接着剤の効果は無塗布釘に比較して約2倍に達している。したがって、引抜けしやすことが実用上問題となっている⁹⁾軽比重材において大きな効果が得られたことは意義のあることと考えられる。しかしこれらの樹種においてもブナと同様、引抜き耐力はエポキシ樹脂を塗布直後に打込んだ、いわゆる湿式処理釘の結果よ

りも小さな値を示している。これらの樹種においても接着作用の発現はまだ不完全といえる。なお、熱溶融型接着剤については、軽比重材は釘打込みの時の摩擦熱の発生がブナよりも少ないので無意味と考え、実験を行わなかった。

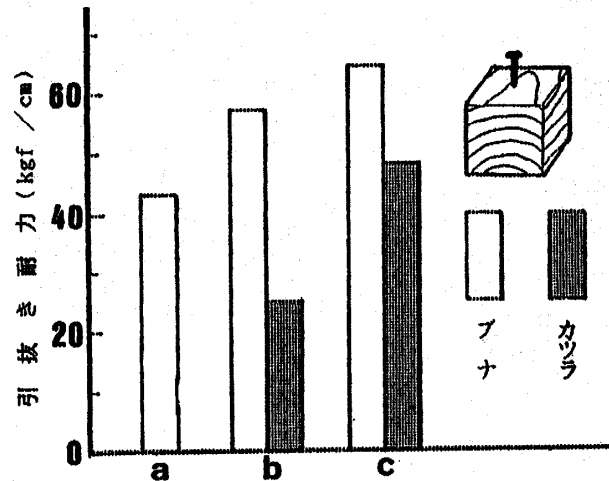


図4 ブナ及びカツラの繊維直角方向に打込まれた特殊釘の引抜き耐力

a: 丸釘 b: リング釘 c: エポキシ樹脂マイクロカプセル

これまでは繊維方向の結果であったが、次に繊維直角方向の実験結果を図4に示す。この方向は元来引抜き耐力が繊維方向よりも大きいマイクロカプセル化接着剤を用いると、より一層高い値を示す。

以上マイクロカプセル化接着剤を用いることによる釘打ち作業性に支障を来すことなく引抜き耐力を1.6～2倍に向上させることができたが、接着作用の発現はまだ不完全であった。そこでこの理由を調べるために界面部の組織観察を行った。その結果を図5に示す。打込み前の釘表面のマイクロカプセルを図5-aに示す。エポキシ樹脂を内包する直径20～70 μ mのカプセルが分散している様子が観察される。これらが打込み時にすべて破壊されれば高い接着効果が発現すると期待される。しかし、打込み48時間後に釘と木材との界面を剝離して観察すると(図5-b)、リング釘の溝部に存在するカプセルの多くは破壊されないまま残っている。このことは接着剤の塗布量またはリングの形状がカプセル破壊のための最適条件でないことを示唆している。これまでの実験では釘1本あたり0.044gのカプセル化接着剤を塗布したが、前記の観察結果によると過剰塗布であったように推察される。そこで塗布量を1/2から1/3に減らして引抜き実験を行ったが、その結果は今回の結果を上回るものではなかった。

リングの形状について、今回の実験ではリング間隔1.14mm、溝の深さ0.3mmの市販釘を使用した。少なくとも溝の深さはカプセルを破壊するには過大であったと推定される。リング間隔及び溝の深さの最適条件については、木材の横圧縮時の変形挙動も考慮に入れて、今後検討する必要がある。

マイクロカプセル化接着剤は釘製造メーカーがあらかじめ釘に処理しておけば利用者は

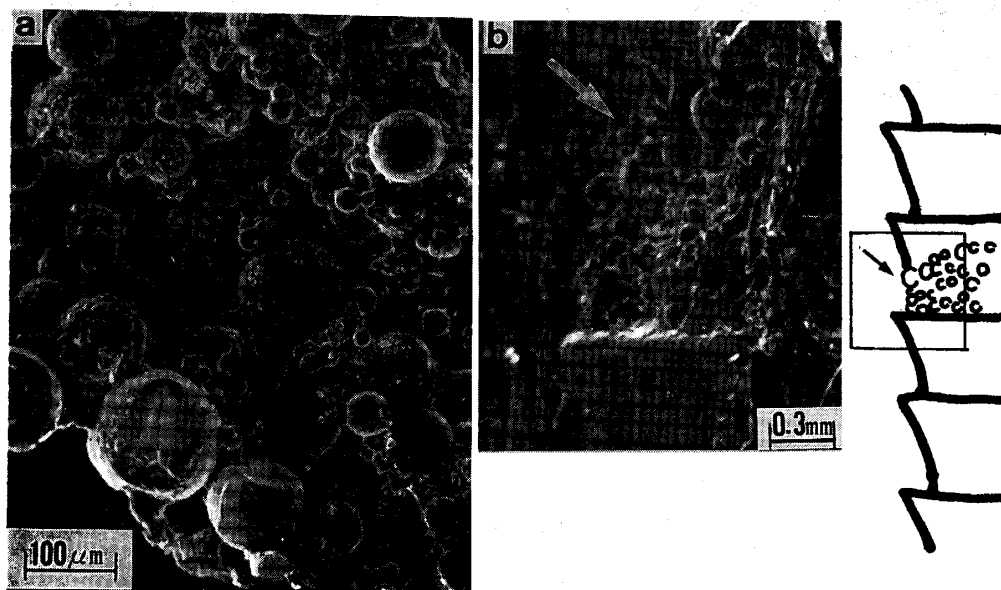


図5 マイクロカプセル化エポキシ樹脂の走査電子顕微像

a : 釘打込み前 b : 釘打込み後

それを普通の釘と全く同様に取り扱うことができる。利用者がいちいち接着剤を塗布する手間が省け、表面も乾燥しているから作業率に支障はなく、接着剤で手を汚すこともない。まだ接着作用の発現が不完全とはいえ、すでに1.6~2.0倍程度の耐力向上が認められる。今後の改良によって更に耐力が向上する可能性が高いので、構造上・安全上とくに引拔が問題となる用途（例えば遊具部材の接合）への活用が期待される。

謝辞

本研究の実施にあたり、(株)スリーボンドに大変お世話になった。ここに謝意を表する。

引用文献

- 1) 矢田茂樹, 磯辺和彦: 横浜国立大学教育学部紀要 No.31 245—253 (1991)
- 2) 近藤 保, 小石真純: マイクロカプセル, 114 (1987) 三共出版
- 3) 片桐太一, 清水泰: 日本建築学会関合支部研究報告集, 137—141 (1987)
- 4) 中戸莞二編: 新編木材工学, 208 (1985) 養賢堂
- 5) 矢田茂樹: 木材工業 43, 268—272 (1988)