

# API 樹脂で接着したカラマツ材の接着性に及ぼす架橋剤の影響

本多 琢巳

Dependence of adhesive strength of aqueous polymer isocyanate on amounts of hardener

Takumi HONDA

**Summary :** The first purpose of this work was to investigate the effect of amounts of hardener and curing temperature on fracture toughness and tension strength. The second was to clarify the relationship between fracture toughness and tension strength. Fracture toughness was obtained using double-cantilever beams, and tension strength was evaluated using cross-lap specimens. Aqueous polymer isocyanate (API) adhesive were prepared in various formulations. By adding a small amount of hardener, fracture toughness increased considerably. But this effect is saturated above 12% addition. The wet fracture toughness was reduced considerably by the water soaking treatment. On the other hand, the strength by cross-lap tension test depends on the intensity of the wood itself. The tension properties of cured resin films increased by adding hardener.

**要旨 :** 2液性接着剤を使用する集成材の製造において、主剤と架橋剤の配合比を最適化することは、コスト的に有利であると考えられる。本研究では、木材接着における破壊じん性と引張り強さに及ぼす架橋剤の添加量や硬化温度の影響を調べた。さらに破壊じん性と引張り強さの相互関係についても検討した。水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤を様々な配合比で調整した。破壊じん性と引張り強さの測定には、それぞれ2重片持梁試験片およびクロスラップ試験片を用いた。破壊じん性は架橋剤を増加することにより大きくなるが、12%程度で飽和した。浸漬処理後の湿潤状態では、破壊じん性は著しく小さかった。一方、クロスラップ試験では、木部破断の割合がやや高いことから接着強さが木材自身の凝集力に依存するため、架橋剤の添加量との関係が不明瞭であった。接着剤フィルムの引張り特性は架橋剤の増加に伴って向上した。

## 1 はじめに

集成材の生産量は比較的堅調に推移しているものの、輸入製品や他社製品との間で依然として厳しい価格競争を強いられている。また、集成材工業で使用する接着剤は石油化学製品であり、製造コストに占めるその割合が大きいことから、原油価格の及ぼす影響は大きい。しかも、原油価格の上昇局面が続いている近年のような状況下では、いかに製品価値を落とさずに製造コストを削減するかがとりわけ大切である。

小規模の集成材工場の場合、品質管理に起因するトラブルを迅速に解決することは、製造コストの低コスト化

に極めて有効であると考えられる。以下に述べるように、集成材工場においては品質管理に関して技術開発の余地がある。剥離などが基準を満足しない場合、原因究明に多大な労力を要するばかりでなく、その間の出荷停止による減収を招いてしまう。そのため製造条件に対応した接着データを収集しておく必要がある。そうすれば、トラブル解消も比較的早いものと考えられるが、大規模工場のように自主検査体制が充実していない限り、工場自ら多くのデータを集めることは困難であろう。一方、接着剤メーカーのデータでは工場ごとの製造環境が必ずしも考慮されているとは限らない。さらに等級アップに直接影響しない過剰な品質は避ける必要がある。そのため、過剰部分の削減について接着性能面から詳細に追求する

必要がある。

本研究では、集成材の接着性能における過剰品質を回避することを目的に、接着条件の最適化を図るため、API樹脂接着剤について、接着強さに及ぼす架橋剤の配合比や硬化温度などの影響を調べた。

## 2 実 験

### 2.1 接着試験

#### 2.1.1 クロスラップ法による接着試験

供試材料は集成材工場で日常的に機械等級区分されているカラマツ乾燥ラミナ (L110 等級) で、この心材部分から厚さ 10mm、幅 20mm、長さ 45mm の板目板および追い柵目板を採取した。クロスラップ試験 (松本 1970) 用に作製された型枠に試験片をクロスさせてはめ込み、前後左右にずれないように固定し、平板プレスで圧縮した。接着剤の塗布量は  $250\text{g}/\text{m}^2$  で、圧縮圧  $0.98\text{Mpa}$ 、室温で 2hr 硬化させた。接着面積は  $400\text{mm}^2$  ( $=20\text{mm}\times 20\text{mm}$ ) である。接着剤は API 樹脂 (PI7300、大鹿振興 (株) 製) で、主剤に対し架橋剤を 5、10、12、15、18、20、25 および 30 部混合した。クロスラップ試験片専用のつかみジグを作製し、荷重を接着面に垂直に負荷した。クロスヘッドスピードは  $5\text{mm}/\text{min}$  であった。

集成材の養生場所は工場内であっても、特に空調しなければ夏場は  $30^\circ\text{C}$  前後まで上がり、冬場は  $10^\circ\text{C}$  前後まで下がると想定される。そのため、養生温度は  $10^\circ\text{C}$ 、 $20^\circ\text{C}$  (RH65%) および  $30^\circ\text{C}$  に設定した。 $10^\circ\text{C}$  および  $30^\circ\text{C}$  の場合、特に湿度の調整を行わなかったが、それぞれ約 80% と約 35% であった。

#### 2.1.2 破壊じん性試験

前記の供試材料から図 1 に示した形状の 2 重片持ち梁 (DCB) 試験体を作製した。全長 115mm、接着層は荷重点から  $47\text{mm}-110\text{mm}$  の間である。接着条件は前記に同じであるが、柵目面接着とした。モード I の破壊じん性 ( $G_I$ ) をクロスヘッドスピード  $1\text{mm}/\text{min}$  で測定した。

破壊じん性  $G_I$  は高谷らの報告 (高谷ほか 1984) を参考に Sasaki-Walsh の式 (佐々木・Walsh 1977) から算出した。木破率は接着層の先端から 1cm までの範囲を 1mm 透明方眼紙を当てて測定した。

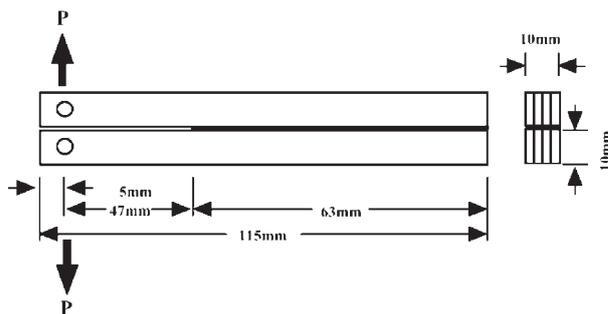


図 1 破壊じん性測定用の試験片の形状

### 2.2 クロスラップ接着強さの経時的測定

架橋剤を 12 部、15 部および 18 部混合した接着剤については、接着強さの経時変化に及ぼす養生温度の影響を調べた。養生温度は  $10^\circ\text{C}$ 、 $20^\circ\text{C}$  および  $30^\circ\text{C}$  とし、養生期間は 1、3、7、14 および 28 日とした。

### 2.3 耐水性試験

クロスラップ接着強さの測定は、常態試験及び吸湿試験 ( $\text{K}_2\text{SO}_4$  水溶液で 3 週間以上調湿) を行った。また、破壊じん性の測定は、常態試験、吸湿試験 ( $\text{K}_2\text{SO}_4$  水溶液で 3 週間以上調湿)、吸水試験 ( $20^\circ\text{C}$  の水に 24hr 漬浸) 及び煮沸試験 (煮沸 6hr  $\rightarrow 60^\circ\text{C}$  で 18hr 乾燥) を行った。

### 2.4 接着剤フィルムの引張り試験

主剤と架橋剤を十分に混合し、テフロンシート上にキャストすることでフィルム試料を作成した。この試料から JIS K 6251 に規定するダンベル状の試験片を打抜き具で作製した。 $20^\circ\text{C}$  RH65% で 28 日間養生させた。なお、1 日経過した時点で一度室内にフィルムを取り出して試験片を作製し、直ちに養生を継続した。引張り試験はクロスヘッドスピード  $1\text{mm}/\text{min}$  で行った。

## 3 結果及び考察

### 3.1 接着強さに及ぼす架橋剤添加量の影響

クロスラップ接着強さに及ぼす架橋剤添加量の影響を図 2 に示す。全体的に木部破断率が高いために、接着剤の物性がさほど反映されず架橋剤添加量の影響が判然としない。接着面の比較では、板目/板目接着の方が柵目/板目接着よりも接着強さが大きく、木部破断率も高い。これは、柵目/板目接着の場合、接着面に占める晩材の

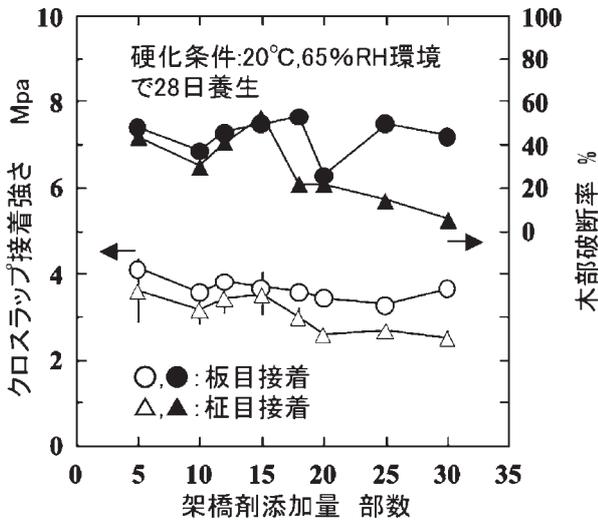


図2 クロスラップ接着強さと架橋剤添加量

割合が高いこと、カラマツ材の晩材では接着剤の浸透が悪いことなどが原因と考えられる。

接着剤フィルムの物性に及ぼす架橋剤添加量の影響を図3に示す。引張りヤング係数は、架橋剤の増加に伴って高くなるものの、測定範囲内ではピークを示さない。一方、引っ張り強度のグラフは凸を呈し、12部にピークを持つ。30部で大きく低下したのは、イソシアネート基と水の反応で生じる気泡(CO<sub>2</sub>)が影響していると考えられる。

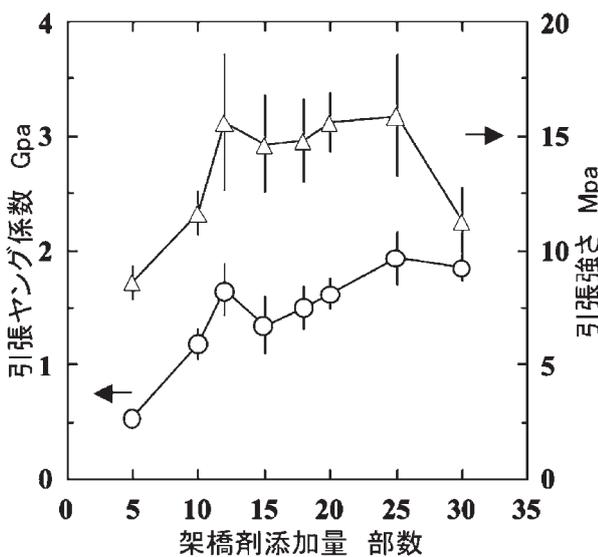


図3 接着剤フィルムの物性と架橋剤添加量

破壊じん性に及ぼす架橋剤添加量の影響を図4に示す。破壊じん性のグラフは、気乾の場合、凸を呈し、10部にピークを持つ。煮沸繰返しでは、処理後の破壊じん性が大きくなったが、これは乾燥により接着剤の後硬化が生じたためと考えられる。また、吸水状態では、破壊じん性の低下が顕著である。木部破断率もほぼゼロパーセントであり、界面破壊の様相を呈した。これは、ベースポリマーが吸水したことにより、接着層が軟化したためと考えられる。

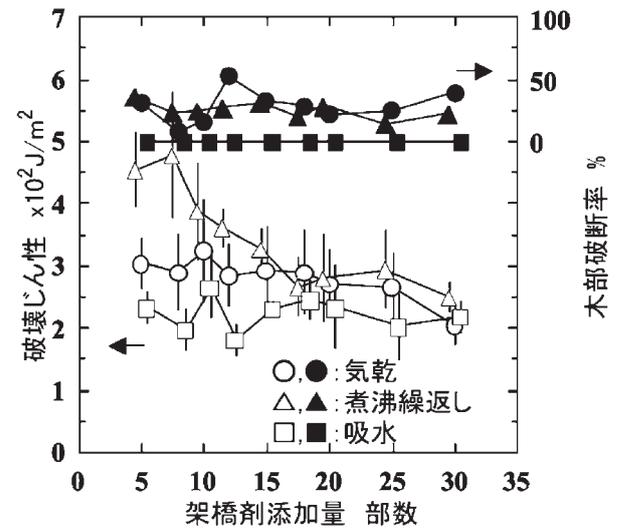


図4 破壊じん性と架橋剤添加量

以上の結果から、破壊じん性試験は、クロスラップ接着試験と比較して木部破断率が低いために、接着剤の特性が良く対応しており、架橋剤添加量の影響が比較的明確に現れたと考えられる。架橋剤添加量は標準で15部だが、それ以上添加しても接着性能の改善はあまり期待できないと考えられる。

### 3.2 接着強さに及ぼす硬化温度の影響

クロスラップ接着強さに及ぼす硬化温度の影響を図5～図7に示す。硬化温度に対するクロスラップ接着強さは、架橋剤添加量が標準以上かそれ以下であっても、標準の場合とほぼ同様の挙動を示した。次に破壊じん性に及ぼす硬化温度の影響を図8～図10に示す。破壊じん性は、架橋剤添加量を標準以上に増加しても、標準の場合とほぼ同様の挙動を示した。一方、架橋剤添加量が標準以下の場合、10°Cの硬化において、煮沸繰返し処理後の破壊じん性の低下が確認されたことにより、この条件では耐久性に問題が生ずると考えられる。

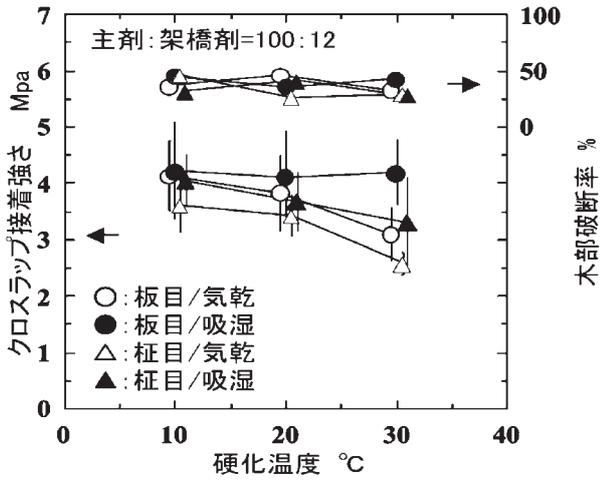


図5 クロスラップ接着強さと硬化温度

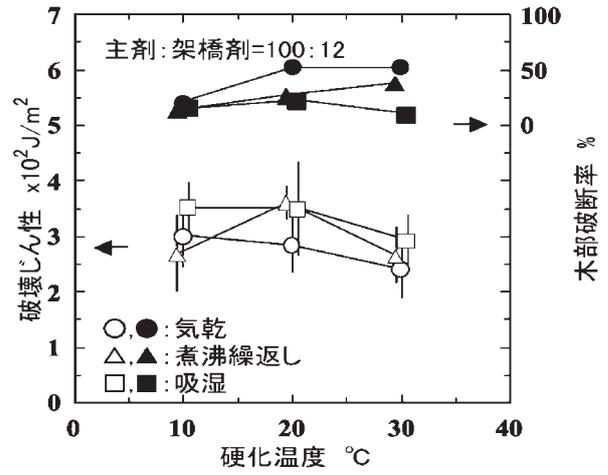


図8 破壊じん性と硬化温度

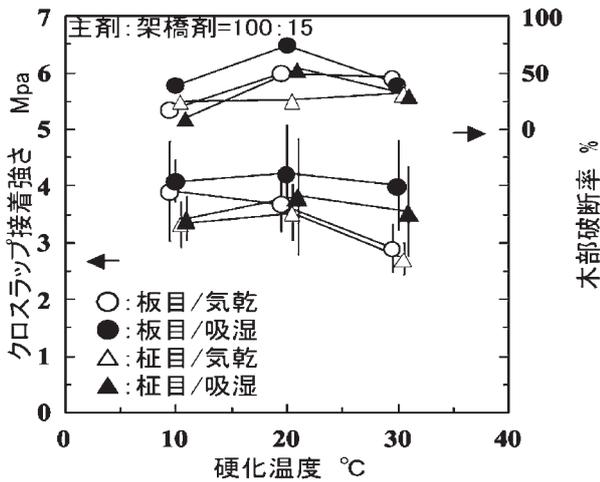


図6 クロスラップ接着強さと硬化温度

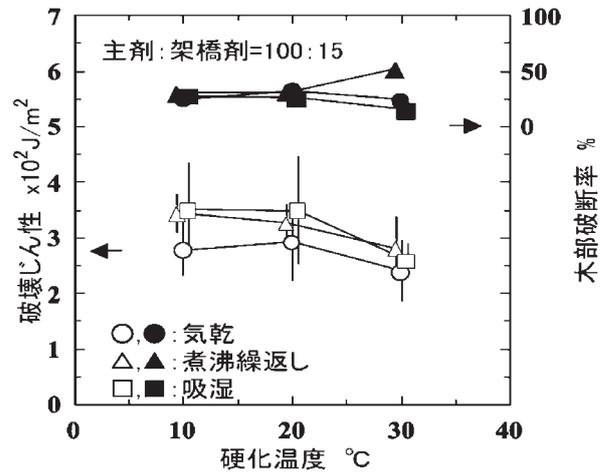


図9 破壊じん性と硬化温度

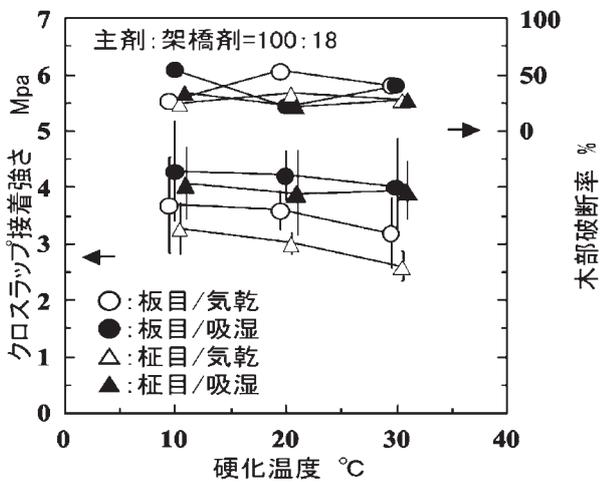


図7 クロスラップ接着強さと硬化温度

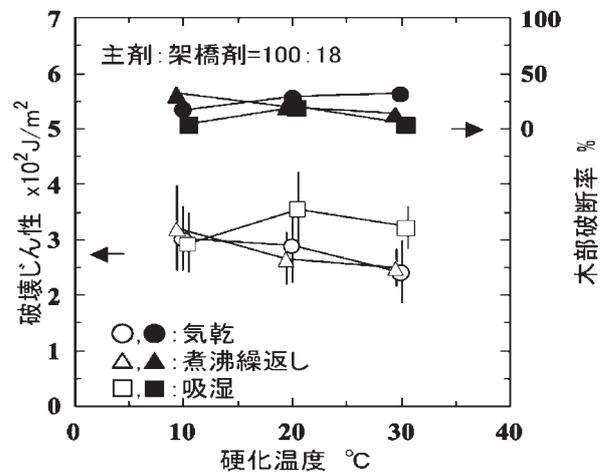


図10 破壊じん性と硬化温度

### 3.3 接着強さの経時変化に及ぼす養生温度の影響

クロスラップ接着強さの経時変化に及ぼす養生温度の影響を図 11~図 13 に示す。架橋剤添加量が標準以下の場合、20°Cの養生において、クロスラップ接着強さは初期の立ち上がりがやや鈍くなる挙動を示した。

## 4 まとめ

カラマツ材の接着強度に及ぼす API 樹脂接着剤の架橋剤添加量の影響を明らかにした。また、標準量前後の架橋剤を混合した接着剤について、接着強度に及ぼす養生温度、養生時間の影響を調べた。これらの結果から、接着性能に最も優れているのは、標準量の架橋剤を混合した接着剤であると判断した。

## 引用文献

- 松本庸夫 (1970) クロスラップ法による接着力試験. 林業試験場研究報告, 232:97-108
- 高谷政広, 浜田良三, 佐々木光 (1984) 木材接着層の開口型破壊靱性試験 (第 1 報). 木材学会誌, 30:124-138
- 佐々木光, Walsh PF (1977) 木材-エポキシ樹脂接着系のへき開破壊じん性. 材料, 26:453-459

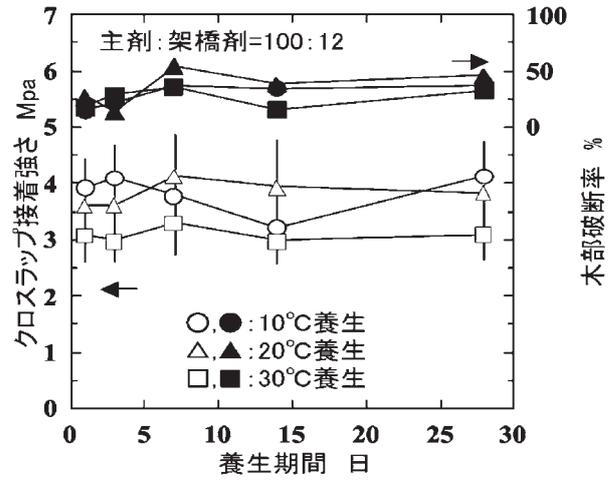


図 11 クロスラップ接着強さの経時的変化

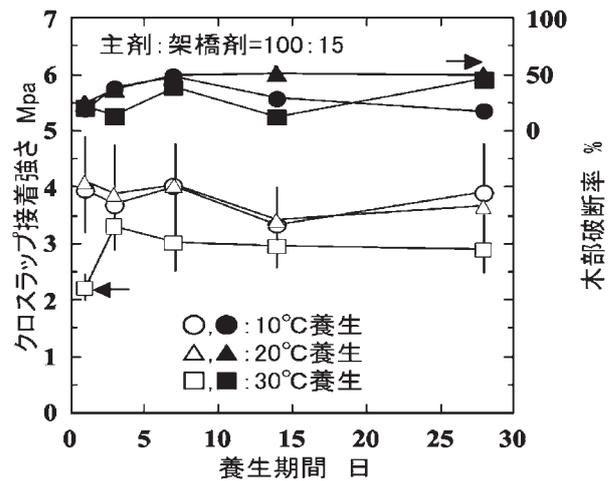


図 12 クロスラップ接着強さの経時的変化

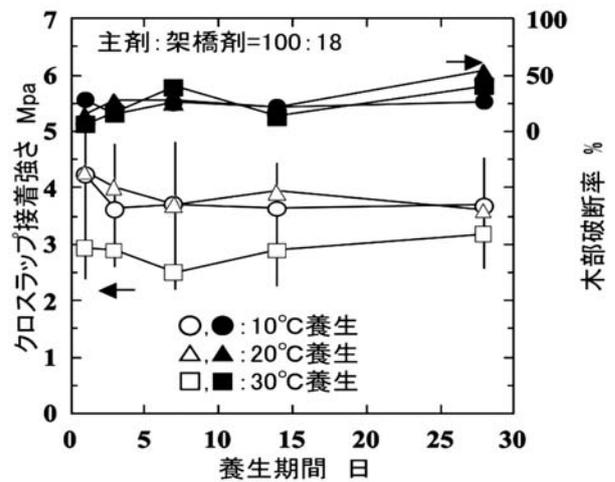


図 13 クロスラップ接着強さの経時的変化