

屋外で使用される構造用集成材の接着性能の検討

北海道立林産試験場 宮崎淳子

はじめに

近年、森林資源の保全やアメニティー重視の観点から、公共事業を中心に木製の屋外構造物の建設が進められています。こうした中、構造用集成材が橋梁などの耐力部材に利用される事例が増加しています。

構造用集成材を屋外で利用するには、様々な環境因子に対する抵抗力が必要になります。環境因子の中でも特に腐朽や水は、強度性能を著しく低下させて破壊を引き起こす原因になることから、集成材には高い耐朽性、耐水性が求められます。

高い耐朽性を付与するために、集成材には防腐処理が施されます。集成材への防腐処理方法としては、完成した集成材に対する防腐処理とひき板に対する防腐処理があります。前者に比べて後者は、内部まで防腐剤が含浸されるため、高い耐朽性が期待できますが、防腐処理されたひき板の接着性能が問題になります。

また、接着剤にはレゾルシノール樹脂など耐水性のあるものが用いられますが、野外で使用するには、水による強度性能への影響を調べ、耐水接着性能を把握する必要があります。

このような背景から、著者らは防腐処理集成材の接着性能、耐水接着性能を検討しました。本稿では、それらの結果を紹介します。

防腐処理集成材の接着性能¹⁻⁴⁾

防腐処理された木材の接着性能を調べるために、防腐剤として AAC（アルキルアンモニウム化合物系）、ACQ（銅・アルキルアンモニウム化合物系）、CuAz（銅・ホウ酸・アゾール系）を用い、これらの防腐剤をひき板に加圧

注入して、レゾルシノール樹脂接着剤、水性高分子・イソシアネート系接着剤（以下、API）で接着し、構造用集成材の日本農林規格（JAS）の接着性能試験を行いました。

カラマツ材では、防腐処理材をそのまま接着すると接着性能は低下しましたが、表面をプレーナーで平滑にすれば無処理材と同等の接着性能が得られました（図 1(a)）。他方、トドマツ材では表面を平滑にしなくても無処理材と同等の接着性能が得られました（図 1(b)）。いずれの樹種とも、防腐処理とそれに続く乾燥工程で、早材部が落ち込み、表面に凹凸が生じました。このような凹凸は、被着材面の接触を妨げ、接

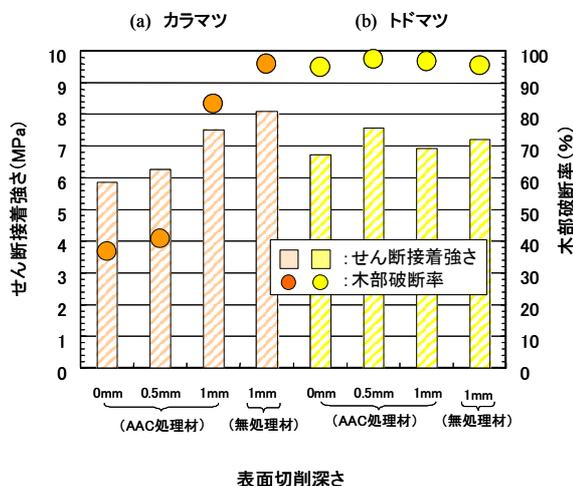


図 1 AAC で処理されたひき板の表面切削深さに対するせん断接着強さ、木部破断率^{1,4)}

接着剤:カラマツ フェノール-レゾルシノール共縮合樹脂
トドマツ レゾルシノール樹脂

JAS 基準値:カラマツ せん断接着強さ 7.2 MPa、
木部破断率 65%
トドマツ せん断接着強さ 6.0 MPa、
木部破断率 65%

着不良の原因になります。トドマツ材のように早晚材の比重差が小さくやわらかい材では、接着時の圧縮で凹凸がつぶされるため、良好に接着できたと考えられます。他方、カラマツ材のように早晚材の比重差が大きく晩材部が硬い材では、圧縮しても凹凸はつぶされず、接着不良を引き起こしたと考えられます。

図 2 は、AAC、ACQ、CuAz で処理したトドマツ材の接着性能試験の結果です。この結果から、いずれの薬剤で処理した場合も無処理材と同等の接着強さが得られ、構造用集成材の JAS の基準をクリアする接着性能が得られることがわかりました。

しかしながら、防腐剤が接着剤の硬化反応に及ぼす影響を調べた結果、ACQ、CuAz はレゾルシノール樹脂、API の硬化を阻害することが示されました。ACQ、CuAz にはいずれも銅が含まれます。そこで、銅がレゾルシノール樹脂、API の硬化に及ぼす影響を調べた結果、これらの接着剤は銅によって硬化阻害されることが示唆されました。

ACQ、CuAz 中の銅による硬化阻害の影響は、構造用集成材の JAS に従った接着性能試験の結果には示されませんでした（図 2）。しかしながら、JAS の試験よりも厳しい耐水接着性能試験や屋外暴露試験の結果、ACQ 処理材を積層した集成材の耐水接着性能は、無処理材を積層した集成材よりも低いことが報告されています^{5,6)}。ACQ 中の銅による硬化阻害が ACQ 処理材の接着耐久性にどのような影響を及ぼすのかは明らかになっていないため、このことについてはさらに検討を進める必要があります。

構造用集成材の耐水接着性能⁷⁾

表 1 はレゾルシノール樹脂、および API で接着した試験片（防腐処理なし）の浸せきはく離、煮沸はく離試験の結果です。試験方法は構造用集成材の JAS に従いました。その結果、

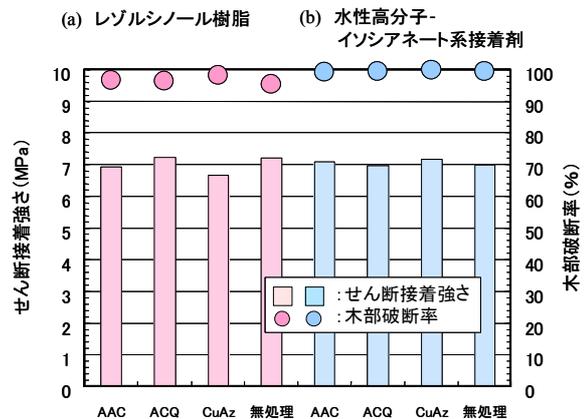


図 2 防腐処理されたトドマツ材のせん断接着強さ、木部破断率⁴⁾

JAS 基準値：せん断接着強さ 6.0 MPa、
木部破断率 65%

レゾルシノール樹脂、API で接着した試験片のはく離率はどちらも 0%で、使用環境 1（含水率が長期間継続的に又は断続的に 19%を超える環境、直接外気にさらされる環境）で用いられる集成材の耐水接着性能の基準をクリアすることがわかりました。

浸せきはく離試験は、集成材から切り出した接着試験片を一定時間水に浸せきした後、急激に乾燥し、接着層に生じたはく離の長さを測定する試験です。木材は水に浸されると膨潤し、乾燥すると収縮します。これに対し、接着剤は木材ほど伸び縮みしないため、接着層には“ずれ”を生じさせようとする力が生じます。浸せきはく離試験では、この力によって接着層に生じたはく離の長さを測定し、接着層の耐水性能を評価します。つまり、材料に外力がかからない状況での耐水性能を評価しています。

実際の使用環境では、湿潤状態で外力を受ける状況も考えられます。そこで、湿潤状態の接着強さを調べるために、高湿度下で調湿した接着試験片のせん断接着強さと木部破断率を調べました（図 3）。その結果、レゾルシノール

樹脂で接着した試験片は、相対湿度が高くても木部破断率には変化がなく、主に木部で破壊されたことが示されました。他方、APIで接着した試験片では、相対湿度の上昇とともに木部破断率が低下し、相対湿度 97%では、破壊は主に接着層で起こっていることが示されました。

図 4 は、レゾルシノール樹脂、API の硬化物の含水率と相対剛性率との関係を示したものです。相対剛性率とは、物質の剛直性（硬さ）を表すファクターで、値が低いと剛直性が低い

ことを示します。レゾルシノール樹脂では、含水率が増加しても相対剛性率はあまり変化しませんが、API では含水率が増加すると相対剛性率が大きく低下しました。この結果から API の剛直性はわずかな含水率の増加によって大きく低下することがわかりました。

これらの結果から、レゾルシノール樹脂は、含水率が増加しても接着剤自身の剛直性にはほとんど影響がありませんが、API の場合、含水率の増加によって接着剤の剛直性が低下し、高

表 1 レゾルシノール樹脂、水性高分子-イソシアネート系接着剤で接着したトドマツ材（無処理材）の浸せきはく離、煮沸はく離試験の結果

接着剤	はく離率(%)			
	浸せきはく離試験		煮沸はく離試験	
	1回目	2回目	1回目	2回目
レゾルシノール樹脂	0	0	0	0
水性高分子-イソシアネート系接着剤	0	0	0	0

JAS 基準: 使用環境 1(集成材の含水率が長期間継続的に又は断続的に 19%を超える環境、直接外気にさらされる環境など) を表示するには、2 回目のはく離率が5%以下であり、なおかつ同一接着層におけるはく離の長さの合計がそれぞれの長さの4分の1以下であること

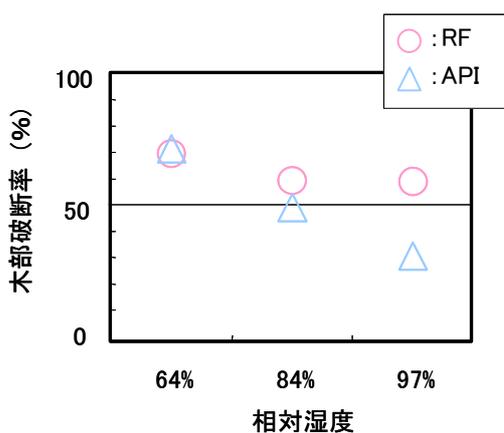


図 3 種々の相対湿度下で調湿した試験片の木部破断率
RF:レゾルシノール樹脂
API:水性高分子-イソシアネート系接着剤

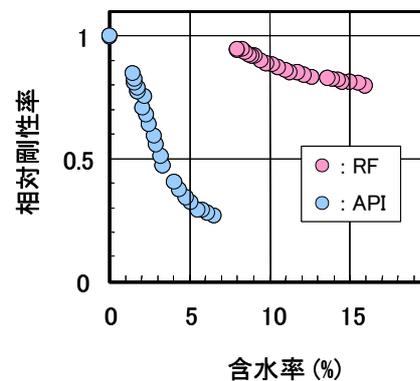


図 4 レゾルシノール樹脂、API 硬化物の含水率に対する相対剛性率の変化⁷⁾

湿度下では接着層での破壊が起こりやすくなると考えられます。

おわりに

本稿では、屋外利用される集成材の接着性能における問題である防腐処理材の接着性能、耐水接着性能について、防腐剤や水が接着剤の化学構造や物性に及ぼす影響をふまえて評価した結果を解説しました。この検討が屋外利用される構造用集成材を性能評価の一助になり、構造用集成材のさらなる利用拡大につながることを期待します。

参考文献

- 1) 宮崎淳子、中野隆人、平林靖、岸野正典：木材学会誌 **45**(1), 34-41 (1999).
- 2) 宮崎淳子、中野隆人：木材学会誌 **48**(3), 178-183 (2002).
- 3) 宮崎淳子、中野隆人：木材学会誌 **48**(3), 184-190 (2002).
- 4) 宮崎淳子、中野隆人：木材学会誌 **49**(3), 212-219 (2003).
- 5) 宮崎祐子、和田博、満名香織：奈良県森林技術センター研究報告 No.34, 97-102 (2005).
- 6) 宮崎祐子、和田博、満名香織：奈良県森林技術センター研究報告 No.34, 103-109 (2005).
- 7) Miyazaki, J. Nakano, T.: *Holzforschung* **59**(3), 342-346 (2005).