

木質材料の改良に関する研究 (第3報)^{※1}

Wood-Plastic Combination (WPC) の接着性について

(その2) ポリマー量およびオープンアセンブリータイムの影響^{※2}

往 西 弘 次^{※3}・後 藤 輝 男^{※4}

Hirotsugu ONISHI^{※3} and Teruo GOTO^{※4}

Studies on the Improvement of Wooden Materials (III)^{※1}

On the Glueability of Wood-Plastic Combination (WPC)

(Part 2) Effect of Polymer Content and Open Assembly Time^{※2}

1 はじめに

WPCは木材空隙に非極性ポリマーが充填しているために湿潤性が悪く、接着が困難であると考えられる。前報⁽¹⁾において、WPCの接着性におよぼす湿潤性ならびにポリマー量の影響について報告した。すなわち、ポリマー量の増加にしたがって湿潤性は著しく低下し、ポリマー量約70%ではほとんどぬれない状態となった。また、接着力も同様にポリマー量の増加とともに減少し、接着力と湿潤性とは密接な関係があることを認めた。これはWPC中への水分の浸透・拡散が遅く、硬化後も接着界面あるいは接着層内に残留するためであると考えられる。LOOSら⁽²⁾はWPC中への水分の拡散速度は無処理材と比較して約100倍ほど遅いことを報告している。

本報においては、一般に熱硬化性樹脂接着剤の許容オープンアセンブリータイムは非常に短いとされているが、WPCのような水分浸透性の不良な材料の接着においてある程度オープンアセンブリータイムを与え、接着界面における溶剤(水)残留量を少なくした場合、接着に良い結果をおよぼすかどうかを検討した。

加熱触媒重合法で得たWPCを市販の木材用接着剤を用いて、引張せん断接着力におよぼすポリマー量ならびにオープンアセンブリータイムの影響を検討した。

2 実験方法

2.1 WPCの調製

※1 前報島根大学農学部研究報告 2:99 (1968)

※2 第19回日本木材学会大会において一部発表した(1969年7月)

※3 演習林産加工場
Division of Wood Science and Technology

※4 改良木材学研究室
Laboratory of Chemical and Physical Processing of Wood

重合処理木材として、1.5mm厚さのカバ (*Betula Maximowicziana* REGEL) のスライズ単板を用いた。重合前にアルコール・ベンゼン溶液(1:2)を用いて48時間抽出処理をおこなった。

モノマーとして、市販メタクリル酸メチル(MMA)を未精製のまま用いた。また、溶媒としてベンゼンを、重合開始剤として過酸化ベンゾイルを用いた。開始剤の添加量は溶液に対して1%とした。

WPCの調製は前報⁽¹⁾に述べた加熱触媒法によっておこなった。

2.2 接着方法

接着剤は一般に使用されている木材用接着剤で、ユリア樹脂接着剤(UF)、レゾルシノール樹脂接着剤(RF)、エポキシ樹脂接着剤(Epoxy)およびポリ酢酸ビニルエマルジョン(PVAc)である。

単板組合せは直交構成3プライ合板とした。この場合各単板は同一処理条件とし、接着に際して接着面をNo.80サンドペーパーで研磨した。

接着条件はTable 1に示した。接着剤の塗布面はオープンアセンブリータイムを与えるために表裏単板とした。

接着後、1週間20°C、60%関係湿度の恒温恒湿室で放置後、合板のJAS規格で規定された方法によって引張せん断接着力を測定した。

3 実験結果および考察

得られた結果について、ポリマー量およびオープンアセンブリータイムの接着力におよぼす影響を二元配置の分散分析によって検討した。これらの分析結果をTable 2に示した。以下、ポリマー量、オープンアセンブリー

タイムおよび交互作用と接着力との関係について考察する。

3.1 ポリマー量の影響

木材中に充填しているポリマー量と接着力との関係をそれぞれの接着剤について Fig. 1 から Fig 5 に示した。

ポリマー量 0%とは抽出および研磨した試片で、これらの処理の影響は前報⁽¹⁾に示した。

UFの結果は Fig. 1 に示したように、ポリマー量の増加にしたがって1%レベルの有意差で接着力は低下した。また、UFは実験に供した接着剤のうちで最も接着力低下は著しく、無処理材とWPCとの接着力に極端な差異が認められた。これは前報⁽¹⁾および LOOS ら⁽²⁾の結果と一致する。一方、WPCのみについてはポリマー量の多少による接着力の差異はほとんどない。すなわち、WPCのみについて分散分析をおこなった結果、ポリマー量と接着力間には有意差は認められなかった。

RFについての結果は Fig. 2 に示したように、1%レベルでポリマー量について有意差が認められ、接着力はポリマー量の増加につれて低下した。しかし、その低下割合はUFのように著しくない。たとえば、ポリマー量約50%における接着力低下は無処理材と比較して20%前後である。これはWPCの接着剤としてRFが最良であると報告している LOOS ら⁽²⁾の結果と一致する。

以上のように、UFおよびRFの接着力がポリマー量の増加にしたがって低下する理由として、WPCの湿潤性が考えられる。液滴および傾板法による蒸留水の湿潤性は無処理材と比較してWPCはポリマー量の増加にしたがってぬれにくくなった⁽¹⁾。その結果、接着剤中に含まれている水分が十分に被着材に浸透・拡散することが困難となり、硬化後も接着界面あるいは接着層内に残留するため接着力は低下すると考えられる。さらに、UFでは硬化に伴ない大きな容積収縮が起こるため著し

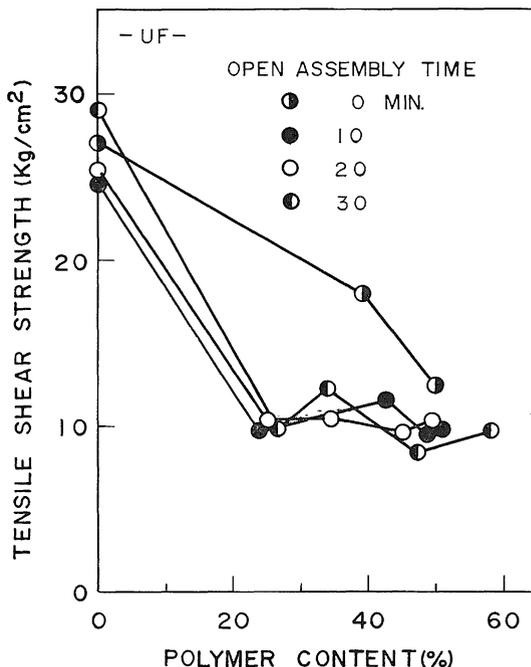


Fig. 1. Relation between tensile shear strength of glue-joint and polymer content. (Kaba-PMMA)

い低下を引き起こすものと考えられる。一方、RFは、接着剤自体の化学成分に起因するWPCに対する極性あるいは硬化にともなう容積収縮などの差異により接着力の低下は少ないと考えられる。

Fig. 3 に Epoxy の結果を示した。分散分析の結果より、ポリマー量について1%レベルで有意差が認められ、ポリマー量の増加にしたがって接着力は低下した。無処理材の接着力は 23kg/cm² 前後で、他の接着剤と

Table 1. Gluing condition.

Adhesive	Catalyst	Mixing Proportions (Parts)	Spread (g/m ²)	Open Assembly Time (min.)	Pressure (kg/cm ²)	Press Temp. (°C)	Press Time (hr.)
Urea-formaldehyde	10% NH ₄ Cl aq.	100 resin 10 catalyst	280	10, 20, 30	10	50	2
Resorcinol-formaldehyde	paraform	100 resin 15 catalyst	280	10, 20, 30	10	25	24
Epoxy	unknown	100 resin 10 catalyst 20 solvent	280	10, 20, 30	10	25	24
Polyvinyl acetate emulsion	none	—	280	10, 30, 60	10	25	24
				30, 60, 120	10	100	1/8

Table 2. Analysis of variance.

Factor	Urea-formaldehyde	Resorcinol-formaldehyde	Epoxy	Polyvinyl acetate (cold-press)	Polyvinyl acetate (hot-press)
Polymer content	HS	HS	HS	HS	HS
Open assembly time	NS	HS	NS	HS	NS
Interaction	NS	NS	HS	HS	HS

- 1) HS indicates significance at the 1 percent level.
- 2) NS indicates no significant.

比較して低いが、ポリマー量による接着力の低下割合は20%程度でRFと同様に少ない。これは硬化にともなう容積収縮がほとんどなく、さらに水分を含有していないために、WPCの接着を妨害することが少ないと思われる。

常温で接着したPVAcの結果をFig. 4に、熱圧条件下で接着した結果をFig. 5に示した。PVAcによる接着は他の接着剤と異なった挙動を示す。Table 2に示したように、ポリマー量について1%レベルで有意差が認められた。すなわち、常温の接着ではポリマー量の増加とともに接着力は10分間のアセンブリを除いて増大した。また熱圧接着では接着力は増大した。PVAcを塗布し、長時間放置するとPVAcの被膜が形成され接着

力は低下するが、熱圧をおこなうと、PVAcは再活性化するため相手単板への接着剤の移動ならびに浸透が促進されるために、接着力は高くなると考えられる。

3.2 オープンアセンブリータイムの影響

オープンアセンブリータイムが接着力におよぼす影響を検討した結果、Table 2に示したようにUF、EpoxyおよびPVAc(熱圧)の3種の接着剤について有意差は認められなかった。

RFは1%レベルで有意差が認められ、オープンアセンブリータイムが少ないほど接着力は高い。特に、無処理材でその影響が顕著である。ポリマー量が多い程、オープンアセンブリータイムの影響は少なくなる傾向である。これはWPCおよび無処理材の湿潤性の相異による

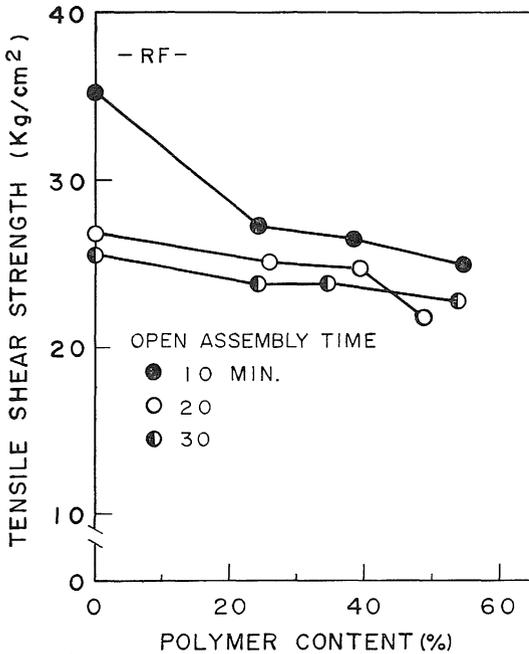


Fig. 2. Relation between tensile shear strength of glue-joint and polymer content. (Kaba-PMMA)

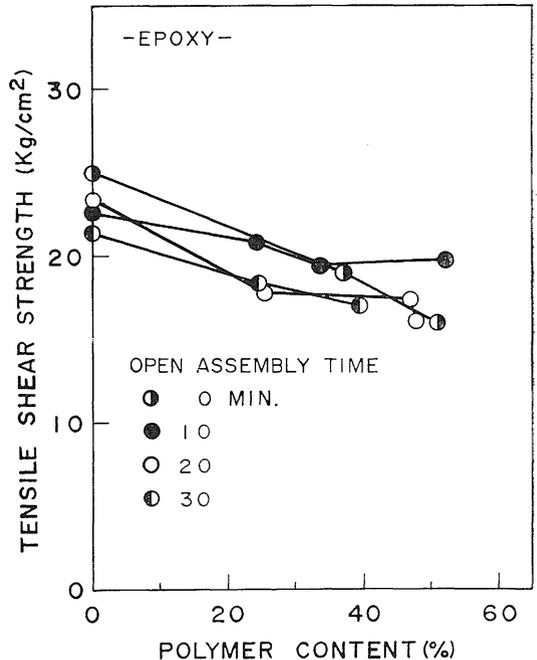


Fig. 3. Relation between tensile shear strength of glue-joint and polymer content. (Kaba-PMMA)

ためであらう。

PVAc (常温接着) についても1%レベルで有意差が

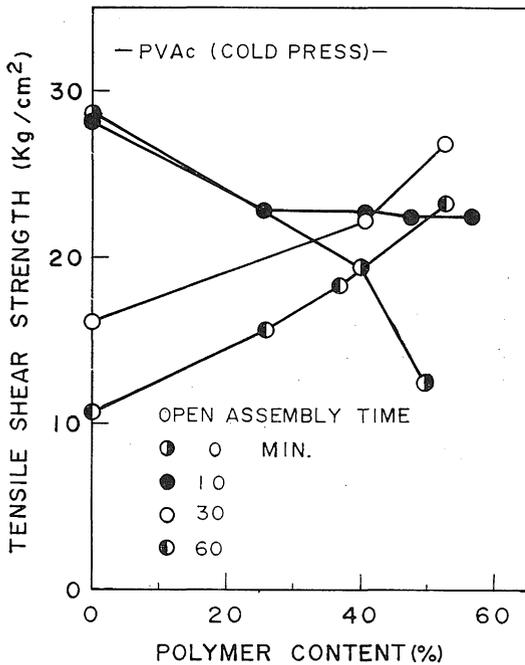


Fig. 4. Relation between tensile shear strength of glue-joint and polymer content. (Kaba-PMMA)

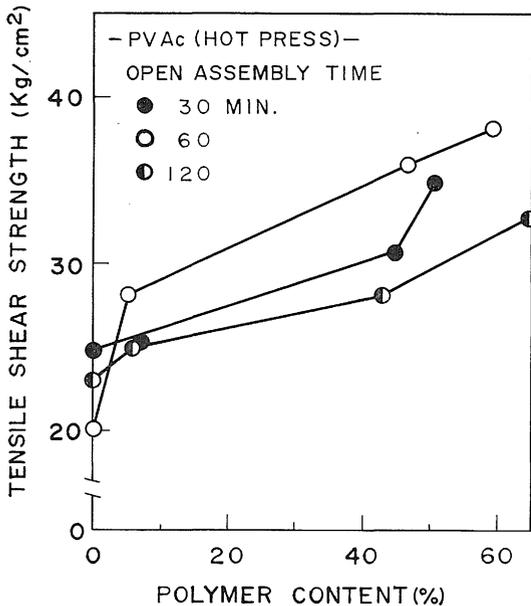


Fig. 5. Relation between tensile shear strength of glue-joint and polymer content. (Kaba-PMMA)

認められ、オープンアセンブリータイムが短い程接着力は高くなる。オープンアセンブリータイム10分と、30分および60分の傾向は全く異なり、無処理材では長時間のオープンアセンブリータイムによって接着力は著しく低下した。この理由として、PVAc中に含まれている水分が浸透あるいは蒸発することによって、エマルジョンを形成することが困難となりPVAcの被膜を生じることが多くなるためであらう。

3.3 両因子の交互作用の影響

オープンアセンブリータイムとポリマー量の交互作用の影響について検討した。

PVAc (常温接着) は1%レベルで有意差が認められた。これは30分および60分のオープンアセンブリータイムを与えた場合、ポリマー量の増加にしたがって接着力は増大するためである。この理由として、WPCの湿潤性は無処理材よりも著しく悪いために、10分のオープンアセンブリータイムよりも30分あるいは60分オープンアセンブリータイムを与えた場合、ポリマー量が多くなるにしたがって水分の影響が少なくなるためであらう。

PVAc (熱圧) についても交互作用において有意差が認められ、ポリマー量の増加とともに接着力は無処理材よりも増大するが、オープンアセンブリータイム60分の場合が最もその影響を受ける。

また、Epoxy についても1%レベルで有意差が認められた。

無処理材の木破率はほとんどの接着剤では100%あるいはそれに近いが、PVAc (常温接着) の30および60分のオープンアセンブリータイムを与えた場合、ならびに、Epoxy で接着した場合は10%前後である。一方、WPCではUF, Epoxy, PVAc (常温接着) ではほとんど木破率は認められなかった。しかし、PVAc (熱圧) ではすべてのオープンアセンブリータイムとも50%前後の木破率が認められた。また、RFでも10分および20分のオープンアセンブリータイムを与えた場合30%前後の木破率が認められた。

なお、WPCの接着剤として、充填ポリマーと同種のモノマーによって接着した。用いた接着剤はMMAプレポリマーである。その結果、無処理材および処理材ともかなりの接着力が認められ、無処理材で接着力は33kg/cm²、33% PMMA 充填WPCで26kg/cm²、52% PMMAで31kg/cm²であった。また、木破率は無処理材で約70%、処理工材で40%前後であった。これは接着剤と充填ポリマーが同質であること、あるいはPMMA自体の特質などが接着力増大の一因子として考えられる。

4 お わ り に

WPCの接着性について、ポリマー量ならびにオープンアセンブリータイムの影響を調べ、その結果について分散分析をおこない検討した。

1. すべての接着剤とも、ポリマー量について1%レベルで接着力に有意差が認められた (Table 2)。UF, RF および Epoxy はポリマー量の増加にしたがって接着力は低下した。特に、UF ではその傾向が著しかった (Figs. 1, 2 および 3)。また、PVAc についてはポリマー量の増加にしたがって接着力は10分のオープンアセンブリータイムを除いて増大した (Figs. 4 および 5)。

2. オープンアセンブリータイムについて1%レベルで有意差が認められた接着剤はRF および PVAc (常

温接着) であった (Table 2, Fig. 2 および 4)。

3. ポリマー量とオープンアセンブリータイムの交互作用について、1%レベルで有意差が認められた接着剤はEpoxy およびPVAc (常温接着, 熱圧接着) であった (Table 2, Fig. 3, 4 および 5)。

4. 木破率は無処理材では一般に100%であったが、WPCではほとんど認められない。しかし、PVAc (熱圧) およびRFでは30~50%前後認められた。

引用 文 献

1. 後藤輝男・往西弘次・作野友康：島根大農研報 2 : 99-104, 1968
2. LOOS, W. E. and KENT, J. A.: For. Prod. J. 18 (3) : 23-27, 1968

Summary

The wettability of wood-plastic combination (WPC) is worse than that of untreated wood. This wettability depends strongly on the polymer content. For that, it may be difficult that WPC is glued with conventional wood gluing technique. In the present paper, the effect of open assembly time and polymer content on the gluability is investigated using several conventional adhesives.

The wood specimen used in this experiment was prepared from clear, defect-free sliced veneer of Kaba (Birch, *Betula Maximowicziana* REGEL: 1.5mm thickness, 15% moisture content). The specimens were extracted with ethanol-benzene solution to extract soluble materials. WPC was produced with the wood-methyl methacrylate-benzene-benzoyl peroxide system by means of the heat-catalyst polymerization method. Before gluing, the gluing surface was sanded.

The three-ply plywoods were made from treated wood or control (extracted and sanded-wood) with urea-formaldehyde resin adhesive (UF), resorcinol-formaldehyde resin adhesive (RF), epoxy resin adhesive (Epoxy) and polyvinyl acetate emulsion (PVAc) by the gluing condition shown in Table 1. After these plywood had been stored in a conditioning chamber held at 20°C and 60% R. H. for 1 week, the tensile shear specimens were tested in a universal testing machine according to the Japan Agriculture Standard Specification.

An analysis of variance for the polymer content and open assembly time was made separately on each adhesive. The analysis of variance is shown in Table 2.

The results obtained were as follows ;

1) For all adhesives used in this experiment, the 1% level of significance was indicated on the polymer content (Table 2). For UF, RF and Epoxy, the tensile shear strength of the glue-joint decreased along with increased polymer content: UF gave especially inferior results (Figs. 1, 2 and 3). For PVAc, the tensile shear strength of the glue-joint generally increased with the increasing of the polymer content (Figs. 4 and 5).

2) For RF and PVAc (cold-press), the tensile shear strength of the glue-joint decreased with the increasing of the open assembly time at the 1% level of significance (Table 2, Figs. 2 and 4).

3) For Epoxy and PVAc, the interaction of the polymer content and open assembly time indicated significance at the 1% level (Table 2, Figs. 3, 4 and 5).

4) The wood failure for control was almost 100%. On the other hand, that for WPC was very low (zero or nearly so) but 30 to 50% wood failure was observed for RF and PAVc (hot-press).