

木質石こうボードの製造試験(8)

- 樹脂類又は撥水剤の添加による耐水性の賦与 -

高橋利男 北沢政幸
波岡保夫

1. まえがき

カラマツ小径間伐材と石こうを原料として平面材料を構成するための製造諸因子と材質の関係について検討している。その中で凝結硬化性を有する型半水石こう、型半水石こう、型無水石こうのあいだにバインダーとしての差は明瞭でないことが認められた¹⁾。すなわち上記3種の石こうのうち、カラマツ小片のバインダーとして最も安価な型半水石こうで十分だということが見い出されている。また型半水石こうの硬化性に対して、カラマツの抽出成分は、凝結時間を遅延する効果をもつものの、硬化後のボード品質に対して悪い影響を与えないことが観察された²⁾。更にボードの曲げ強度に着目し、これを向上するためには衝突型切削片よりもフレークタイプの小片が有利であること、それもできるだけ薄く³⁾、且つ長い⁴⁾小片ほど効果の大きいことが認められている。

ところで硬化した二水石こうの水に対する溶解度は0.205g/100g・H₂O, 20 (無水塩換算)⁵⁾と比較的大きく、耐水性の劣る素材とされている。そのため石こうプasterや石こうボードなどの使用箇所は、その大部分が水の当たらない内装用に限定されている。したがって木質石こうボードのグレードを、木質セメントボードのそれまで高めるとすれば、何らかの手段で耐水性を賦与することが必要となる。

耐水性賦与の方法としては石こうの成形時に尿素樹脂^{6),7)}、メラミン樹脂⁸⁾、ブタジエン・スチレンラテックス⁷⁾、アスファルト・ワックスエマルジョン⁹⁾、その他多数のビニル系モノマー、プレポリマー、水溶性ポリマー、ポリマエマルジョン等¹⁰⁾を添加する方法について報告されている。更には普通ポルトランドセメント^{11),12)}、消石灰¹²⁾を添加する方法についても報告されている。なお石こう硬化体にあとから樹

脂を含浸して硬化させるいわゆるGPC (Gypsum - Polymer Composites) の研究もすすめられている¹³⁻¹⁷⁾。

しかるに木質石こうボードへの耐水性賦与策としては技術的側面とともにコスト的側面をも加味して考慮する必要がある。すなわち特別な工程の追加をできるだけ避けたいということである。その意味でGPC化への方向は考えにくいものと判断される。

ここではいくつかの合成樹脂と撥水剤を選定し、それらを成形時に添加する方法について検討した。

なお、本報告は第13回日本木材学会北海道支部大会(昭和55年10月、旭川市)で発表したものの詳報である。

2. 実験

2.1 原料

径級7~8cm程度の剥皮したカラマツ間伐小径材を、ディスク型のシェーピングマシン(菊川製作所製、円盤直径;1m,円盤回転数;500rpm,モーター;7.5HP4P,ナイフ枚数;3枚,ナイフ長さ;350mm,けびきカッター間隔;40mm)に装着し、長さ40mm,厚さ0.25mm,幅ランダムの小片を得た。石こうは吉野石膏KK製陶磁器型材用B級である。その物理的性質を第1表に示す。石こうの硬化時間を調

第1表 供試石こうの物理的性質

物理的性質 (JIS R 9112)	規格値 (JIS R 9111)	供試石こう		
		調整前	調整後 ^{a)}	
混水量 (%)	82以下	73	73	
凝結時間 (分)	始発	11.4	62.5	
	みかけの終結	—	13.8	70.3
	終結	35以下	27.5	83.3
ぬれ引張強さ (kg/cm ²)	7.5以上	15.5	15.4	

注) a) 蛋白系遅延剤を石こう対比0.12%添加したもの

第2表 使用した樹脂類及び撥水剤の種類

種 類	用 (種 別)	性 状		
		不揮発分 (%)	粘 度 cP (25°C)	pH
ユリア樹脂 ^{a)}	合 板	48±1	80~200	7.3~7.9
ユリア・メラミン共縮合樹脂 ^{b)}	合 板	50±1	100~200	10.0~11.0
フェノール樹脂 ^{c)}	(常温硬化型)	45	50以下	8.0~9.0
酢酸ビニルエマルジョン	木 工	40±1	1000~2000	7.0~8.0
アクリル変性酢酸ビニルエマルジョン	塗 料	50±1	1000~3000	4.5~5.5
カルボン酸変性ブタジエン・ステレンラテックス	セメント混和剤	49	40	8.0
ポリビニルアルコール	試 薬	粉 末 ・ 重 合 度 ; 約1500		
メチルセルロース	試 薬	粉 末 ・ 重 合 度 ; 約 740		
変性ダイマー型エマルジョン	削 片 板 織 維 板	16.2±0.4	5~100	3.2~4.0
ワックス系エマルジョン	削 片 板	40±1	1000以下	8.5~9.5
パラフィン系エマルジョン (1)	石こうボード	32.0	2100 (20°C)	8
パラフィン系エマルジョン (2)	石こうボード	44.4	600 (20°C)	8

注) a), b) 硬化剤として NH₄Cl を不揮発分対比1.5%添加
c) 芳香族スルホン酸系のものを液比で10%添加

整するため蛋白系の遅延剤(小野田セメントKK製P-02)を用いた。

選定した合成樹脂7種類, セルロース誘導体1種類及び撥水剤4種類についてその性状を含めて第2表にあげる。合成樹脂, 撥水剤ともに試薬を除いて3社から提供を受けた。

2.2 製板方法

石こう/木質比を3.0, ボード予定比重を0.8及び1.1, 水/石こう比を予定比重別にそれぞれ0.82(予定比重0.8の場合), 0.47(予定比重1.1の場合)と設定した。遅延剤を石こう対比0.12%添加し, 凝結始発時間が1時間程度となるよう調整した。その物理試験結果を第1表右側に示す。樹脂又は撥水剤の添加を, 石こう対比不揮発分として1~7%の範囲で3水準設定した。遅延剤, 樹脂等は水/石こう比で規制される水量に溶かして使用した。ただしポリビニルアルコールとメチルセルロースについては所定量を粉末状であらかじめ石こうに添加しておいた。

[林産試月報 1981年1月]

気乾小片に遅延剤, 樹脂等の混合水溶液を噴霧したのち, 石こうをまぶしながら攪拌した。これを内法32×34cmの木枠に手でマット状にフォーミングした。15mm厚のディスタンスバーをマットの両端に置き約1日圧縮した。脱型後60℃で24時間乾燥し, 直ちに20℃, 65%R.H.で約1ヵ月調湿した。

2.3 材質試験方法

調湿を終えたボード1枚あてから長さ28cm, 幅5cmの試験片を4本採取した。2本を気乾状態の曲げ試験に, 残り2本を25℃水中24時間浸漬後の曲げ試験に供した。曲げ試験はスパン24cm, 荷重速度10mm/分で行った。気乾状態で曲げ試験を終了したものの端部から5×5cmのはくり試験体を採取した。はくり試験は試験片の両面に鉄片を接着し, 板の厚さ方向に10mm/分の引っ張り荷重を与えた。

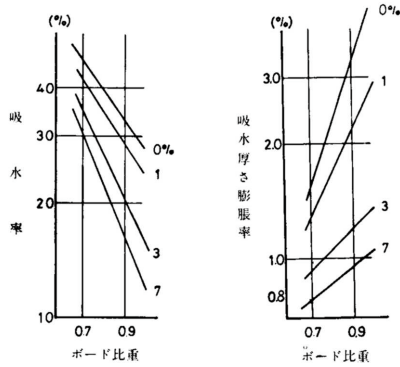
吸水性については25℃水中24時間浸漬前後における曲げ試験体の重量, 厚さ変化を測定した。

3. 実験結果と考察

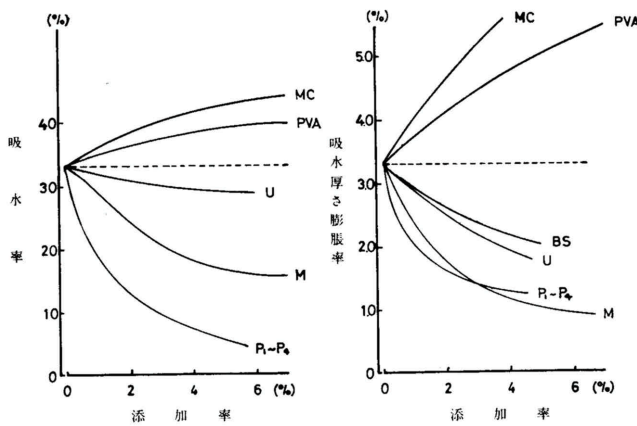
3.1 吸水率と吸水厚さ膨脹率について

過去の試験結果において, ボード比重と吸水率又は吸水厚さ膨脹率を両対数方眼紙上にプロットすると直線関係にあることが認められている¹⁾。ユリア・メラミン共縮合樹脂を添加した例について, その添加率をパラメーターにとりプロットしたものが第1図である。

吸水率はボード比重に対して負の直線関係, 吸水厚さ膨脹率は正の直線関係が認められる。この作図を他の合成樹脂又は撥水剤の例についても行い, その上で各添加率別にボード比重0.9への内挿値を読み取る。ここで読み取った値を吸水率, 吸水厚さ膨脹率ごと添加率に対してプロットしたものが第2図である。樹脂又は撥水剤の種類をパラメーターとしている。



第1図 ボード比重と吸水性の関係
(ユリア・メラミン共縮合樹脂添加)



第2図 樹脂類または撥水剤添加率と吸水性
(ボード比重0.9への内挿値)

これによればメチルセルロース (MC)、ポリビニルアルコール (PVA) については吸水率、吸水厚さ膨脹率が樹脂添加率とともに増加し、耐水性の賦与に関しては何らの寄与をしていないことが認められる。この二者はもともと水溶性ポリマーであり、乾いた状態では強度の増進に寄与する¹⁰⁾ものの、湿潤状態ではそれ自身が水を取り込み (吸水)、且つ膨潤するため、いわば当然の結果といえよう。ただここで考えなければならないのは、製板過程で添加した水量として木片・石こうの2成分系で最適な条件を設定したことである。すなわち水溶性ポリマー自体がとり込む水量を別に加える必要があったわけで、製板条件上かならずしも適正であったとはいえない。その意味でここで観測された吸水率、吸水厚さ膨脹率の絶対値はむしろ大きめにあらわれているとみることもできる。

吸水率の低下に対してはユリア (U)、ユリア・メラミン共縮合 (M)、撥水剤 (P₁~P₄) の順序で効果が大きくなっていることが分かる。撥水剤4種のあいだに大きな違いは認められなかった。図中横軸に平行な点線は無添加のレベルであるが、フェノール、酢酸ビニル等その他の樹脂はこの直線のまわりに位置している。すなわち吸水率の低下に対してこれらの樹脂は効果のないことが示される。いずれにしても吸水率の低下に対しては合成樹脂に比べ、撥水剤の効果の大きいことが認められる。

吸水厚さ膨脹率に対しても上述の傾向が認められるが、ここでは吸水率の低下に寄与のなかったカルボン酸変性ブタジエソ・スチレンラテックス (BS) が効果を示している。また添加率の比較的高いところで撥水剤類 (P₁~P₄) とユリア・メラミン共縮合樹脂 (M) とのあいだに効果の程度の逆転が観察される。

フェノール樹脂については一般的な仕様にに基づき、芳香族スルホン酸系の硬化剤を使用したが、石こうが介在することによりpHのバランスがくずれ硬化条件としては不十分であったことも考えられる。

しかし小林によればフェノール樹脂は石こうの強度増進に寄与しなかったと報告されている¹⁰⁾。したがってフェノール樹脂は石こうとの関係において親和性の欠ける物質だと推定することもできるが真相はさだかではない。

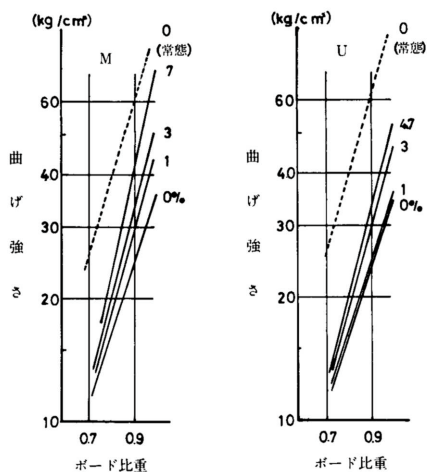
3.2 曲げ強さ残存率について

耐水性について論議する場合、板状材料についてはこれまで述べた吸水率、吸水厚さ膨脹率のほかに曲げ強さ残存率 (retention) を問題にすることがある。すなわち気乾状態 (常態) の曲げ強さを100%とした時、ある促進劣化処理を施した後のそれが何%残っているかという概念である。構造的用途に使用する材料の耐久性を評価する指標の一つでもある。この場合どのような促進劣化処理を行うかが問題となるが、まず

使用箇所の設定を行う必要がある。われわれは木質石こうボードにかかわる一連の研究の目標を外装用面材の開発に置いている。一方で市販されている準不燃材料を対象としていくつかの促進劣化処理を施し曲げの性能低下を調査した。その結果煮沸処理(沸とう水中2時間,その後常温水中で30分以上冷却),水浸処理(常温水中24時間浸漬),乾湿繰り返し処理(常温水中4時間,60乾燥20時間,常温水中4時間,60乾燥20時間,常温水中4時間)など試験時において濡れた状態にあるものの強度低下が最も大きいことが明らかとなった¹⁸⁾。

これらの促進劣化処理のうち煮沸処理は実際の使用条件下との対応であまり現実的なものといえない。乾湿繰り返し処理は施工時に雨のかかる恐れのあること,更に完成後も結露や雨水の浸入等が考えられるなど比較的現実性を反映した促進劣化処理である¹⁹⁾ものの,処理操作がいささか厄介である。水浸処理は乾湿繰り返し処理と同様の意味付けをもち,なおかつその測定されたデータの値が乾湿繰り返し処理のそれとほぼ同じレベルにある¹⁸⁾。以上のことを勘案し,ここでは促進劣化処理として水浸処理を選定したわけである。

そこで水浸処理(25℃水中24時間浸漬)したものの,曲げ強さをボード比重に対してプロットしてみる。ユリア樹脂(U)とユリア・メラミン共縮合樹脂



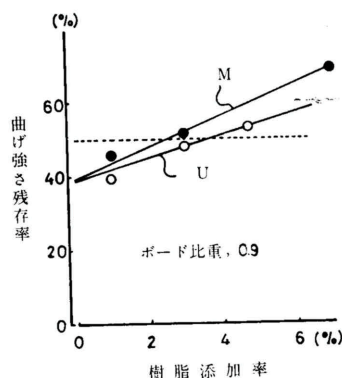
第3図 25・24hrs水浸後の曲げ強さ

(M)の例が第3図である。図中点線で示したものは気乾状態で無添加のものの強度値である。実線は25℃で24時間浸漬したのちの曲げ強さである。この計算にあたっては気乾時の厚さを用いている。この図によれば樹脂の添加率の増加とともに気乾状態の強度に接近してゆく挙動が認められる。樹脂添加の効果は明瞭である。その他の樹脂,撥水剤についてはかならずしもこうした傾向を認めることはできなかった。すなわち添加率の如何にかかわらず無添加の実線のまわりに位置している。

第2図で認められた吸水率,吸水厚さ膨脹率の低下改善に寄与する撥水剤類が,湿潤状態の曲げ強さの改善にかならずしも寄与しないということは興味深い。このあたりの原因究明については今後の課題として残されている。

ところで第3図においてボード比重0.9への内挿値を常態のそれで除して%表示したもの,すなわち曲げ強さ残存率(retention)を樹脂添加率に対してプロットしてみる。それが第4図である。曲げ強さ残存率は樹脂添加率とともに直線的に増加する傾向が認められる。直線の傾きはユリア樹脂(U)に比べて,ユリア・メラミン共縮合樹脂(M)の方が大きい。曲げ強さ残存率の改善に対してはユリア・メラミン共縮合樹脂(M)の方が有利だということになる。その他の樹脂,撥水剤について,こうした効果の期待できないことは第3図の説明のところで述べた。

さて市販されている木毛セメント板や硬質木片セメント板の水浸処理による曲げ強さ残存率は50~60%程



第4図 樹脂添加による曲げ強さ残存率の向上

度である¹⁸⁾²⁰⁾。すなわち50%がいわば下限値である。第4図に入れた点線はこれを意味する。これに比べ木質石こうボードでは40%弱で、かなり低位である。これをセメント製品並みに近づけるためには何らかの手段を講ずる必要がある。ユリア樹脂、ユリア・メラミン共縮合樹脂の添加はその意味で有効である。曲げ強さ残存率を50%まで高めるためにはユリア樹脂で3.7%、ユリア・メラミン共縮合樹脂で2.5%添加する必要のあることが読みとれる。またこれを更に60%まで高めるためにはエリア樹脂で7%程度、ユリア・メラミン共縮合樹脂で5%程度を石こう対比で添加する必要のあることが読みとれる。

以上のことからユリア樹脂、ユリア・メラミン共縮合樹脂は、吸水率、吸水厚さ膨脹率の低下、湿潤状態における曲げ強さ残存率の向上に寄与することが認められた。しかしこれらの樹脂の添加による難燃性への影響、製品コストへのはねかえりなど、新たな検討課題も付随している。

3.3 気乾状態における強度に対する効果

ここでとりあげた合成樹脂又は撥水剤が気乾状態の強度に対してどのような影響を与えるのか、ユリア樹脂とユリア・メラミン樹脂についてみたものが第5図である。曲げ強さとはくり強さの例をあげた。印がユリア樹脂、印がユリア・メラミン共縮合樹脂を示している。実測されたボード比重と強度値の関係を添加率別に両対数方眼紙上にプロットした上で、両者のあいだに直線関係のあるものと仮定し、ボード比重

0.9への内挿値を読み取ったものである。強度の比重依存性に関する影響を排除するためである。

図中の実線は樹脂無添加のレベルである。バラツキはあるものの無添加のレベルに対して大きな差はないものとみることができる。すなわちこれらの樹脂を添加しても常態強度に対して、少くとも悪い影響を与えないものと判断される。

他の樹脂又は撥水剤についても同様のことが認められる。すなわち常態強度の改善に対してプラスもマイナスもないということである。ただ酢酸ビニルエマルジョンとカルボン酸変性ブタジエン・スチレンラテックスの二者がはくり強さの向上に寄与する傾向をみせている。本試験を企画した当初においては撥水剤類はともかく、樹脂類のいずれかは石こうを改質し、常態強度をも改善するものと予測していたが期待はずれに終わっている。

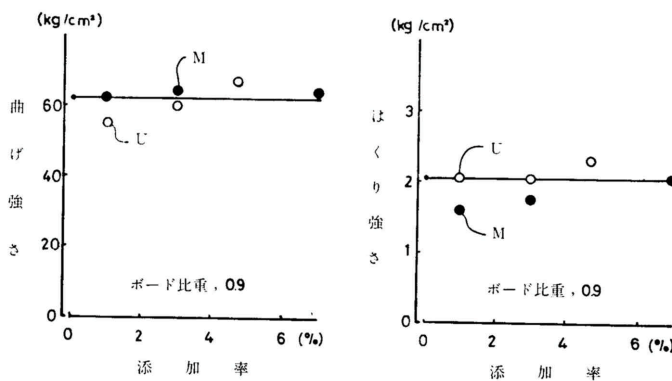
4. おわりに

木質石こうボードへの耐水性を賦与するため、第2表にあげた7種類の合成樹脂、1種類のセルローズ誘導体と4種類の撥水剤を選定した。それぞれについて石こう対比固形分で1~7%の範囲で添加した。耐水性賦与の効果を観察した結果の概要は次のとおりである。

1) 吸水率の低下に関してはユリア、ユリア・メラミン共縮合樹脂、撥水剤類の順序で効果が大きくなっている。撥水剤の種類間に大きなちがいは認められなかった。

2) 吸水厚さ膨脹率の低下に関してはカルボン酸変性ブタジエン・スチレンラテックス、ユリア、ユリア・メラミン共縮合樹脂、撥水剤類の順序で効果が大きくなっている。撥水剤の種類間のちがいは認められなかった。

3) 木質石こうボードの25℃、24時間水浸後の曲げ強さ残存率は40%弱であり、市販の木質セメント板



第5図 樹脂添加ボードの常態強度

の50~60%に比べてかなり劣る。

4) 前項の曲げ強さ残存率を高める手段としてユリア・ユリア・メラミン共縮合樹脂の添加が有効である。曲げ強さ残存率は添加率に対して直線的に向上し・ユリア・メラミン共縮合樹脂の効果が大きい。

5) ここでとりあげた合成樹脂, セルローズ誘導体及び撥水剤は一部を除き気乾状態における曲げ強さ, はくり強さの強度改善に寄与していない。

文献

1) 高橋利男ほか2名: 林産試月報, 335, 7 (1979)
 2) 同 上: 同 上, 332, 10 (1979)
 3) 同 上: 同 上, 318, 1 (1978)
 4) 同 上: 同 上, 336, 7 (1980)
 5) 日本化学会編: 化学便覧, 基礎編, 779 (1975)
 6) 伊藤 融ほか1名: 石膏と石灰, No. 64, 120 (1963)
 7) 村上恵一ほか2名: 同 上, No. 72, 12 (1964)
 8) 伊藤 融ほか2名: 同 上, No. 65, 155 (1963)
 9) 瀬戸山克己ほか1名: 同 上, No. 184, 12 (1975)
 10) 小林力夫・第2回住宅関連研究成果発表会試料, No. 62 (1973) ~ 日本産業技術振興会発行

11) 笠井順一ほか1名: 石膏と石灰, No. 12, 15 (1954)
 12) 青木繁樹ほか1名: 同 上, No. 152, 8 (1978)
 13) 山口 格ほか5名: 同 上, No. 141, 8 (1976)
 14) 同 上: 同 上, 同 上, 20 (同上)
 15) 安江 任ほか2名: 同 上, No. 160, 12 (1979)
 16) 小林力夫: 第8回住宅関連研究成果発表会試料: No. 68 (1973) - 日本産業技術振興協会発行
 17) 村山敏博: 合成樹脂, Vol. 17, No. 9, 37 (1971) など
 18) 高橋利男ほか2名: 林産試月報, 341, 1 (1980)
 19) 建設省建築研究所: 昭和49年度総合技術開発プロジェクト ~ 小規模住宅の新施工法の開発, p. p. 187 ~ 224 (昭和50年8月)
 20) 建設省建築研究所など: 昭和50年度総合技術開発プロジェクト ~ 小規模住宅の新施工法の開発. p. p. 61 ~ 77 (昭和51年8月)

- 木材部 改良木材料 -
(原稿受理 昭和55.12.8)

林産試験場月報 1981年1月号(第348号)

(略号 林産試月報)

編集人 北海道立林産試験場編集委員会

昭和56年1月20日発行

発行人 北海道立林産試験場
郵便番号 070 旭川市 緑町 12 丁目
電話 0166(代表)51-1171番

印刷所 植平印刷株式会社
郵便番号 070 旭川市 9 条 通 7 丁目
電話 (代表) 26-0161番