建築構造物の解体に伴い発生する解体木材のウッドプラスチックへの適用に関する基礎的検討

BASIC INVESTIGATION OF USING DEMOLISHED-TIMBER FROM BUILDINGS FOR WOOD PLASTIC

道正泰弘 —*1 近藤 学 —*2
村 雄一 —*3

Yasuhiro DOSHO —*1 Manabu KONDO —*2
Yuichi MURA —*3

キーワード：
解体木材, 廃プラスチック, ウッドプラスチック, リサイクル

Keywords:
Demolished timber, Waste plastic, Wood plastic, Recycle

This study presents the basic characteristics of recycled wood plastic comprising waste plastic and demolished timber. Fundamental physical property test such as bending, elasticity, etc. and durability tests were carried out on recycled wood plastic specimens. The influence of demolished timber mixing rate on the quality of recycled wood plastic was confirmed through those tests. Consequently recycled wood plastic is deemed applicable to use as a formed panel for exterior products.

1. はじめに

建築物の新設, 解体等により発生する建設発生木材の再資源化率は, 平成 14 年度には約 61%に達しているものの¹⁾, コンクリート塊等と比べると依然低いことから, 有効な利用法の確立が求められている。一方, 電力建物の解体により発生する建設発生木材(解体木材)の量は, 火力発電所建物(タービン建屋, 事務所建物等)の実績を例にとると, 延床面積当たりでは, 約 10~15kg/m²程度であるが, 大規模な鉄骨造建築物であることから, 比較的短期間で多量に発生する。従って, 植栽のマルチング材等として構内で利用する他, リサイクル製品として利用するための検討が必要となる。

解体木材等の木質系原料と廃プラスチック等のプラスチック原料による木材・プラスチック再生複合材(ウッドプラスチック)は, 省資源, 廃棄物削減および二酸化炭素排出量の削減に有効であり²⁾, 住宅あるいは野外施設用のエクステリア材, 型枠工事用あるいは歩道用の土木材料等といった幅広い用途への利用が可能である。これら用途への適用にあたり, 最近では JIS 化^{注1)}されるなど, 普及にむけた規・基準類の整備も進んできている。

本検討は, 火力発電所等の電力建物における解体木材と廃プラスチックを混合して得られるウッドプラスチックの, 二次製品用の化粧型枠, 点検用歩廊デッキ等のエクステリア材への適用性について基礎的検討を行ったものである^{注2)}。

2. ウッドプラスチックパネル

2.1 製造方法

ウッドプラスチックは, 図 1 に示すように, リサイクル材料である熱可塑性プラスチックの造粒品と, 建築解体材および使用済みコンクリート型枠用合板を主原料とした木片チップを混練機により混合・熔融したのち, 油圧プレスによりパネル状に成型した。

2.2 実験概要

(1) 使用材料

使用材料の諸元を表 1 に示す。プラスチック原料には「容器包装に係る分別収集および再商品化の促進等に関する法律」で回収された廃プラスチックで, 比重選別したポリプロピレン (PP), ポリエチレン (PE) を破碎・造粒したものを使用した。木質系原料には, 主に杉柱材, 松梁材, その他下地材等の建築解体材および使用済みコンクリート型枠用合板を破碎して得られた木片チップを使用した。なお, 木片チップは 2mm スクリーンを通した木粉(木粉:M)および 10mm 以下の粗目の木粉(粗木粉:A)にあらかじめ選別されている。試験体に対する木質系原料の重量比率(混入率)は 10~50%とした。試験体の寸法はいずれも 200×200×4.5mm とした。

(2) 試験方法

試験材料の原材料, 試験項目および試験方法を表 2, 3 に示す。各試験に供する試験片の数は, 基礎的な品質確認のため 3 片とした。

※ 本検討の範囲を実線で, 範囲外を破線で示す

*1 一次破碎したもののみ用いた *2 今後, 回収ルート, 再原料化技術等の検討が必要

図 1 ウッドプラスチックパネルの製造フロー

*1 東京電力㈱建設部土木・建築技術センター スペシャリスト・博士(工学)
(〒100-0011 東京都千代田区幸町1-1-3)

*2 東京電力㈱技術開発研究所設備基盤技術グループ

*3 東電設計㈱建築本部建築設計部 企画・環境グループマネージャー

*1 Specialist, Construction Engineering Center, Construction Department, TEPCO, Dr. Eng.

*2 Researcher, Civil Engineering & Architecture Technology Group, R&D Center, TEPCO

*3 Group Manager, Architectural Design & Environment Technology Group, Architectural & Structural Design Department, TEPCO

1) 基本物性

基本物性は、JIS Z 2101 (木材の試験方法) および型枠材としての基礎的な性能評価の検討^{3), 4)}に引用されている JIS A 5908 (パーティクルボード) に準拠して行った。試験結果の比較対象は、チップを主原料とする素地パーティクルボード (タイプ 8, 13, 18) とした。

2) 耐久性

型枠材、デッキ材に限らず、エクステリア材としての用途に適用させるため、耐久性の中でも主として耐候性を評価することとし、ウッドプラスチックの促進暴露と暴露による曲げ特性の変化について試験を実施した。なお、木質系建材の規格に示されている耐候性試験では、暴露後の表面状態 (割れ、膨れ、はがれ等) の評価が主体であるため、曲げ特性の試験はプラスチックの規格に準じた。

a. 促進暴露: JIS A 1415 (高分子系建築材料の実験室光源による暴露試験方法) の 6.3 オープンフレームカーボンアークランプによる暴露試験方法に準拠して行った。試験方法は、屋外用ということで、WS-A、フィルタは I 形とし、500 時間および 1000 時間の照射を行った。水噴霧サイクルは、水噴霧時間 18 分、水噴霧停止時間 102 分の合計 120 分を 1 サイクルとした。

b. 暴露後の曲げ特性: JIS K 7171 (プラスチック-曲げ特性の試験方法) に準拠して行った。比較用の照射を行わない試験体 (未照射試験体) および照射 500, 1000 時間測定用の試験体の各々 1 体ずつから、90×10×4.5mm の試験片をそれぞれ 3 片採取した。支点間距離は、全ての試験片において規定範囲内 (平均厚さの 16±1 倍) となる 69mm とし、試験速度は 2mm/min とした。また、曲げ弾性率 (曲げヤング係数) はひずみの微小な範囲で求めると、バラツキが大きいことから、線形挙動を示す範囲のひずみ 0.002 と 0.004 の間で求めた。各試験体は表 3 に示す各試験方法に基づき、所要寸法に加工し、試験を行った。なお、試験値はいずれも試験片 3 片の平均値を示す。

3. ウッドプラスチック

3.1 基本物性

表 4 に密度、含水率および吸水厚さ膨張率試験の結果を示す。

(1) 密度・含水率

密度 (気乾) は、0.99~1.07g/cm³ の範囲にあり、素地パーティクルボードの上限値 0.90g/cm³ を上回り、混入率の増加に伴い大きくなる傾向がみられる。なお、密度 (絶乾) の変動係数は、各試験片で 0~0.9% とバラツキは小さい。一方、含水率は木粉の混入により増加するが、混入率が 50% の場合においても、素地パーティクルボードの下限値 5% を大きく下回る。

(2) 曲げ特性

試験結果を図 2 に示す。各試験片の曲げ強さは、混入率 30% までであれば、素地パーティクルボード 18 タイプの曲げ強さを上回る。また、木粉の混入率 30% まで低下はみられないものの、50% になると大きく低下する。なお、粗木粉 30% と木粉 50% はほぼ同等である。

曲げヤング係数は、1,350~2,150N/mm² の範囲にあり、木粉の混入率 30% 以上の試験片では、素地パーティクルボード 8 タイプの参考値である 2,000N/mm² 以上をほぼ満足する。一方、粗木粉 30% と木粉 10% はほぼ同等であり、2,000N/mm² を下回る。木粉の混入率が増加するのに伴い曲げ強さは低下する一方、曲げヤング係数は増加する傾向がみられる。これは、混入率が増加するとプラスチック

原料およびその結合剤が減少するため、曲げ強さは低下する。一般的に、プラスチック (PP, PE) の曲げヤング係数は、100~2,100N/mm² 程度⁵⁾であるのに対して、木材 (針葉樹 繊維方向) では、5,400~13,700N/mm² 程度⁶⁾であることから、チップ状の場合でも木質系原料の混入量が増加することにより、固く脆くなることに起因する³⁾

表 1 使用材料の諸元

種類	比重	形状	主材
廃プラスチック	0.9~1.0	造粒品	ポリプロピレン (PP): ポリエチレン (PE) = 50 : 50 (重量比)
解体木材	0.3~0.7	チップ	建築解体材、使用済みコンクリート型枠用合板

表 2 試験材料に用いた原材料および試験項目

試験体記号	原材料の種類 および組成		試験項目						耐久性	
			基本物性							
	木質系原料	プラスチック原料	密度・含水率	曲げ特性	吸水厚さ膨張率	はく離強さ	木ねじ保持力	促進暴露	暴露後の曲げ特性	
N0	0%	100%						○	○	
M10	木粉 10%	90%	○	○	○	○	○	○	○	
M30	木粉 30%	70%	○	○	○	○	○	○	○	
M50	木粉 50%	50%	○	○	○	○	○	○	○	
A10	粗木粉 10%	90%						○	○	
A15	粗木粉 15%	85%						○	○	
A20	粗木粉 20%	80%						○	○	
A30	粗木粉 30%	70%	○	○	○	○	○	●	●	

※●については、試験体が成型直後に反りを生じたため実施していない

表 3 試験項目、試験方法および試験体概要

区分	試験項目	試験方法・試験体概要
基本物性	密度・含水率	JIS A 5908 6.3 密度試験 JIS Z 2101 3.2 含水率試験 試験片寸法: 100×100×4.5mm, 3 片
	曲げ特性	JIS Z 2101 9 曲げ試験 スパン: 平均厚さの 16 倍 上部荷重点直径: 10mm 試験片寸法: 幅 50mm×厚 4.5mm, 3 片
	吸水厚さ膨張率	JIS A 5908 6.7 吸水厚さ膨張率試験 試験片寸法: 50×50×4.5mm, 3 片
	はく離強さ	JIS A 5908 6.8 はく離強さ試験 試験片寸法: 50×50×4.5mm, 3 片
	木ねじ保持力	JIS A 5908 6.9 木ねじ保持力試験 ねじ込み深さ: 材料厚さ 試験片寸法: 50×100×4.5mm, 3 片
耐久性	促進暴露	JIS A 1415 暴露時間 0, 500, 1000 時間 試験体寸法: 200×200×4.5mm, 各 1 体
	暴露後の曲げ特性	暴露後に実施 JIS K 7171 (プラスチック-曲げ特性の試験方法) スパン: 平均厚さの 16±1 倍 試験片寸法: 90×10×4.5mm, 3 片

表 4 密度、含水率および吸水厚さ膨張率試験結果

試験体記号	質量 (g)		密度 (g/cm ³)		含水率 (%)	吸水厚さ膨張率 (%)
	気乾	絶乾	気乾	絶乾		
M10	44.4	44.3	0.99	0.98	0.2	1
M30	42.2	42.1	1.02	1.01	0.4	1
M50	41.7	41.3	1.07	1.06	1.0	1
A30	41.3	41.1	0.99	0.98	0.5	1

(3) 吸水厚さ膨張率

各試験片の吸水厚さ膨張率はいずれも 1% であった。素地パーティクルボード規定値である 12% 以下を大きく下回っていることから、雨水等の浸漬による膨れは少ない。

(4) はく離強さ

はく離強さの試験結果を図 3 に示す。各試験片のはく離強さは、 $1.2 \sim 3.0 \text{ N/mm}^2$ の範囲で、素地パーティクルボードの $0.15 \sim 0.3 \text{ N/mm}^2$ を大きく上回る。粗木粉の混入率 30% が 1.2 N/mm^2 と比較的低いものの、木粉を混入したものは全て 2.1 N/mm^2 以上であった。また、破壊状況は木粉、粗木粉ともに、殆どの試験片において、鋼製ブロックとの接着界面で破断する接着破壊^{注 3)}が生じた。なお、M10 の 1 片のみ試験片内部ではく離が生じる被着材破壊^{注 3)}となった。

(5) 木ねじ保持力

木ねじ保持力は、材料の密度、ねじ込み深さに関係する。各試験片は、図 3 に示すように $200 \sim 310 \text{ N}$ の範囲となった。なお、JIS A 5908 では厚さ 15mm 以上の材料に適用し、約 11mm のねじ部をねじ込み、引き抜くこととしているが、本検討に用いた試験片の厚さは 4.5mm のため、ねじ込み深さは材料厚さとした。試験片の厚さは薄いものの、木粉の混入率 30% 以下であれば、素地パーティクルボード 8 タイプの規定値 300N 以上を満たす。また、混入率の増加に伴い低下する傾向がみられ、木粉 50% と粗木粉 30% は規定値を満たさない。

3.2 耐久性

促進暴露およびその後の曲げ強さ、曲げヤング係数の試験を実施した。なお、粗木粉 30% の試験体 (A30) については、プレス成型直後に反りが生じてしまったため、耐久性の試験は実施していない。

(1) 促進暴露

促進暴露後の試験体の外観観察結果を図 4 に示す。これによると、木粉の混入率の増加に伴い、色相は濃い灰色から茶灰色系に変化する。また、木粉の混入率および照射時間の増加に伴い、照射後の退色傾向はより顕著となる。なお、粗木粉の混入率 20% の場合、照射 1000 時間後の試験体に若干反りが生じた。

(2) 暴露後の曲げ特性

暴露後の各試験片における照射時間、木粉の混入率による曲げ強さ、曲げヤング係数の変化について、木質系原料無混入の未照射試験体から採取した試験片 (未照射試験片) に対する比率を図 5 に示す。

暴露前は、木粉の場合、混入率の増加により曲げ強さは低下する一方、曲げヤング係数は増加し、基本物性の結果と同様の傾向がみられた。これに対し、粗木粉の場合、混入率の増加による曲げ強さの低下は認められないが、曲げヤング係数では、木粉と同様、混入率の増加に伴い、ほぼ比例して増加する傾向を示した。

暴露後の曲げ強さをみると、木粉の場合、照射時間にはほぼ比例して強度が低下する傾向が認められた。これは、木質系原料無混入のものとはほぼ同様な傾向である。粗木粉の場合、混入率 15% までは照射による強度低下は認められないが、混入率 20% では照射時間によっては、木粉よりも顕著な強度低下が認められる。

暴露後の曲げヤング係数は、木粉の場合、照射時間の増加により低下する傾向を示し、混入率が大きくなるほど顕著である。粗木粉の場合、曲げ強さと同様に混入率 15% までは、照射時間の影響による低下は殆どみられないが、混入率 20% では木粉と同様、照射時間にはほぼ比例して低下する傾向が認められた。

図 2 混入率と曲げ強度および曲げヤング係数の関係

図 3 混入率とはく離強さおよび木ねじ保持力の関係

試験体記号	N0	M10	M30	M50	A10	A15	A20
照射時間 0 時間							
500 時間							
1000 時間							

図 4 促進暴露試験による外観の変化 (同一試験体の同一場所を撮影したものではない)

4. エクステリア材としての適用性評価

本検討で引用した準拠規格と規定値、試験方法および得られた試験結果と、JIS A 5741 における試験方法並びにエクステリア材としての規定値との比較を表5に示す。

本検討の範囲では、JIS A 5741 にそのまま合致する試験は少ないものの、密度および曲げ特性でみると、JIS A 5741 のエクステリアの規定値を満足している。また、暴露後の強度特性についても、500時間の照射であれば、曲げ強さ変化率は最大でも9%と小さい。

これらから、エクステリア材としての基礎的な性能は確認することができ、概ね適用性はあるものと評価できる。

5. まとめ

解体木材と廃プラスチックを混合したエクステリア用のウッドプラスチックパネルへの適用性について基礎的検討を行った。

- (1) 作製した ウッドプラスチックパネルは、密度の変動係数が1%以下とバラツキが少なく、原材料がほぼ均一に混合されたと判断できる。木粉は混入率 50%であっても、含水率、曲げ特性は二次製品用等のエクステリア材として必要な性能を満足する。一方、粗木粉は同じ混入率で比較すると、木粉に比べて性能が低下する。
- (2) ウッドプラスチックパネルは、吸水厚さ膨張率が1%以下であり、屋外で雨水の浸漬がある場合でも、その影響は少ない。
- (3) 原材料の性質により、曲げ強さは混入率の増加に伴い低下する一方、曲げヤング係数は増加する。暴露後の曲げ強さおよび曲げヤング係数は、木質系原料の混入率が高いものほど（木粉 30%以上、粗木粉 20%）、照射時間にほぼ比例して低下する傾向がみられる。特に曲げヤング係数の低下は顕著である。
- (4) 粗木粉を混入すると、混入率 20%で照射 1000 時間後に反りを生じ、30%では成型直後の段階で反りが生じた。これは、粗木粉の10mm というサイズに対し、試験体あるいは試験片の厚さが4.5mmと薄く、均一に混合されなかった箇所があったためと思われる。
- (5) 本検討では、JIS A 5741 と合致している試験は少ないが、密度、曲げ特性等の主要物性は規定値を満たし、暴露後の強度低下も小さいことから、エクステリア材としての適用性は概ね確認できた。

以上のことから、本検討の範囲では、解体木材は、対象となる製品に合わせた形状・サイズに破碎し、混入率 30%以下で廃プラスチックと混合することにより、エクステリア用のウッドプラスチックパネルとして適用できる可能性がある。今後、実用化およびその展開にあたっては、JIS A 5741 に基づく評価とともに、寸法安定性あるいは4.5mmをこえる厚さのものを対象とした検討等が必要となる。

謝辞

本検討の実施にあたり、明治大学理工学部 菊池雅史教授、(財)建材試験センター中央試験所品質性能部 大島 明氏、松原知子氏に懇切なご指導を賜りました。ここに厚く謝意を表します。

注

- 注1) JIS A 5741「木材・プラスチック再生複合材」2006.4.20 制定
- 注2) 本検討の一部は、日本建築学会大会(近畿)において発表した⁷⁾。
- 注3) JIS K 6800における定義。接着破壊：接着剤と被着材との界面で生じた破壊。被着材破壊：見掛け上被着材内部で生じた破壊

参考文献

- 1) (財)クリーン・ジャパン・センター：リサイクルデータブック 2005、平成 17 年 3 月
- 2) 茂呂 隆、多葉井宏、高口洋人：リサイクル建築資材製造時の環境負荷原単位に関する研究、日本建築学会環境系論文集第 595 号、

図5 暴露後の曲げ試験結果

表5 本検討で引用した準拠規格、試験方法等と JIS A 5741 の比較

試験項目	本検討			JIS A 5741	
	準拠規格 試験方法	規定値	試験値	試験方法	規定値*
密度・比重	JIS A 5908	0.40~0.90	0.99~1.07	JIS K 7112	0.8~1.5
曲げ特性	JIS A 5908	8, 13, 18 N/mm ² 以上	—	JIS K 7171	20 MPa 以上
	JIS Z 2101	—	17~25 N/mm ²		
	JIS K 7171	—	20.0~ 23.4MPa		
含水率(%)	JIS A 5908 JIS Z 2101	5~13 —	— 0.2~1.0	—	—
吸水厚さ 膨張率(%)	JIS A 5908	12 以下	1	—	—
吸水率(%)	—	—	—	JIS A 5905	10 以下
長さ変化 率(%)	—	—	—	JIS A 5905	3 以下
促進暴露 (時間)	JIS A 1415	—	(照射時間 500, 1000)	JIS K 7350-2	(照射時間 500)
暴露後の 強度特性	JIS K 7171 曲げ特性	—	曲げ強さ 変化率 9%以内	JIS A 5721 引張特性	引張強さ 変化率 -30%以内
はく離強 さ(N/mm ²)	JIS A 5908	0.15, 0.2, 0.3 以上	1.2~3.0	—	—
木ねじ 保持力(N)	JIS A 5908	300, 400, 500 以上	220~310	—	—
衝撃強さ (kJ/m ²)	—	—	—	JIS K 7111	0.5 以上
荷重たわ み温度(℃)	—	—	—	JIS K 7191-1	70 以上
安全性	—	—	—	JIS A 1460 等	各規定値

* JIS A 5741 の規定値は用途分野エクステリア EX I (Ⅱ, Ⅲを包含)を記載

pp.113-119, 2005.9

- 3) (社)日本建材産業協会：組成別建築廃棄物の再資源化・用途開発推進のための調査研究、平成 14 年度 再資源化・用途開発調査委員会報告書、平成 15 年 3 月
- 4) 大島 明、菊池雅史、小山明男、福部 聡、柳 啓：廃木材の再利用に関する研究（コンクリートパネルへの適用）、日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）、No.1154、pp.307-308, 2003.9
- 5) 岸谷孝一：建築材料ハンドブック、技法堂出版、pp.334-335, 1987.11
- 6) 木材活用事典編集委員会：木材活用事典、産業調査会、pp.114, 1995.2
- 7) 村 雄一、道正泰弘、近藤 学：電力建物の解体により発生する解体木材の利用（ウッドプラスチック製品への適用に関する基礎的検討）、日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）、No.1113、pp.225-226, 2005.9

[2006年4月20日原稿受理 2006年7月27日採用決定]