

研究論文

パルプモールドの積層加工による強度向上

村松圭介*1、飯田恭平*1、林直宏*1、佐藤幹彦*1

Reinforcement of Molded Pulp by Superposing

Keisuke MURAMATSU*1, Kyohei IIDA*1, Naohiro HAYASHI*1 and Mikihiro SATO*1

Industrial Research Center*1

パルプモールドは基本的にパルプのみから作られる成型品であり、軽量で生産性が高く容易にリサイクル可能であるため様々な用途で利用されている。しかし、金型でパルプを吸引して製造するため最大厚さが4mmに制限されており、曲げ強度が非常に低いという問題があった。本研究では、複数のパルプモールドを重ねることで厚さや密度を増し、曲げ強度を向上する検討を行った。その結果、厚さ4mmのパルプモールドに同一形状で厚さ2mmのパルプモールドを重ねてプレスすることで、厚さ4mmのパルプモールド単独の場合よりも約30%曲げ強度の高いパルプモールドを得ることができた。また、パルプモールドパレットに補強材としてパルプモールドを重ねることで、パレットの曲げ強度が補強前の約2倍に向上した。

1. はじめに

パルプモールドは、基本的にパルプのみから作られるリサイクル可能な成型品であり、鶏卵や果物用のトレーのほか、工業製品の緩衝固定材としても広く利用されている。特に工業製品用途では従来からパルプモールドの強度が要求されており、主に型の形状改善や添加剤によって強度向上が試みられてきた。その中で近年、パルプモールドを物流用パレットに利用する例が見られるようになった。パレットをパルプモールド単一素材で製造すると軽量かつ生産性が高く、非常に経済的である。しかし、曲げ強度が低い用途が限定されるという問題があった。これを解決するには型の形状や添加剤の工夫だけでは不十分で、パルプモールドの厚みを増して強度を高める必要がある。しかし、パルプモールドの製造は図1に示すようにパルプスラリー（懸濁液）を吸引して型に吸着する方法で行うため、厚さが5mmに達するとそれ以上吸着させることができなくなる。そのため、パルプモールドの厚さは1~5mmまでとされ、成形性や離型性の面から通常は最大厚さ4mmで製造されている。

そこで、本研究では厚さ4mmのパルプモールドを上回る強度のパルプモールドを開発することとした。具体的には、2枚のパルプモールドを重ねて熱プレスすることで高密度かつ厚いパルプモールドを試作した。金型のコストを抑えるため、パルプモールドは同一の金型で作製した同一形状のものとした。また、パルプモールドパレットについても強度向上を試みた。強度を向上しつつ生産性の低下を抑える方法として、パルプモールドで補

強材を作製し、それをパレットにはめ込んで補強する方法を検討した。補強の対象は、パレット全体の曲げ強度と、紙製パレットで問題となりやすいフォーク差込時の局所荷重に対する強度とした。

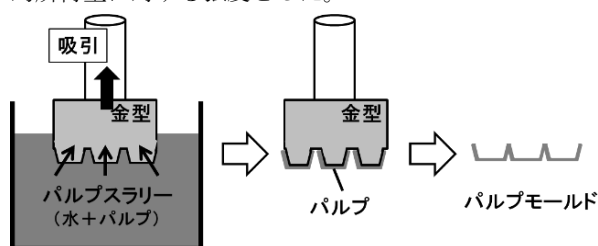


図1 パルプモールドの製造方法

2. 実験方法

2.1 パルプモールド

2.1.1 パルプモールドの材料

パルプモールドに用いるパルプの材料は段ボール古紙6:新聞古紙4の配合比とした。パルプスラリー中にポリアクリルアミド系紙力増強剤をパルプ重量に対して5%添加した。

2.1.2 パルプモールドの調製

調製したパルプモールドの形状を図2及び図3に示す。図2に示すパルプモールドAは、パルプモールドパレット差込部の溝と同一の形状として差込部の補強を図った。図3に示すパルプモールドBは、2枚を直線状に繋ぐことでパルプモールドパレットを横断する溝に合致する形状としてパレット全体の曲げ強度向上を図った。

厚さは測定位置による誤差が非常に大きいため、試料の質量をそれに代わるパラメータとして用いた。パルプモールド A の質量は 40g(厚さ約 2mm、以下 A40)、60g(厚さ約 3mm、以下 A60)、80g(厚さ約 4mm、以下 A80)の 3 種類とした。パルプモールド B の質量は 30g(厚さ約 3mm)とした。形状を整えるため、各試料は単独で熱プレスを実施した。プレス条件は金型温度 100℃、プレス圧 10t、プレス時間 2.5s とした。

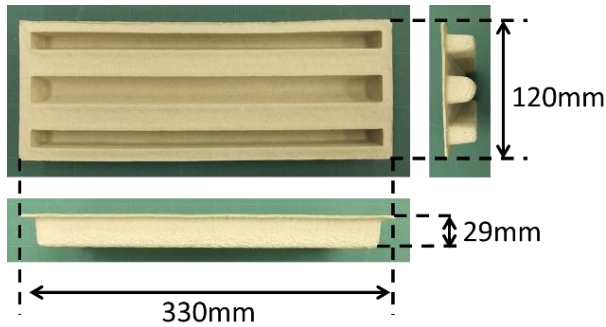


図 2 試作パルプモールド A

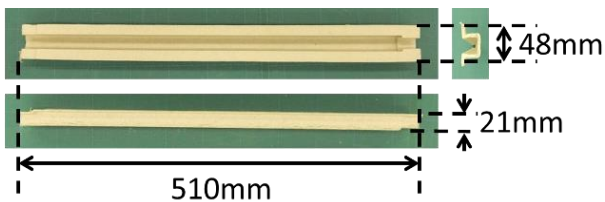


図 3 試作パルプモールド B

2.1.3 パルプモールドの積層

調製したパルプモールド A を 2 枚重ね合わせ積層プレスを行った。プレス条件は金型温度 100℃、プレス圧 10t、プレス時間 10s とし、パルプモールドの破れや重なり具合を評価した。

2.1.4 パルプモールドの曲げ試験

図 4 に示すように、パルプモールド A の凸部を上向きにして曲げ荷重を加え、最大曲げ荷重を測定した。

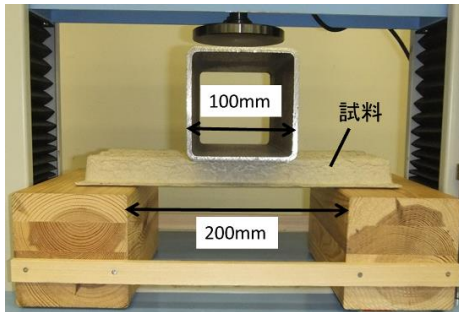


図 4 パルプモールド曲げ試験方法

2.2 パルプモールドパレット

2.2.1 パルプモールドパレットの補強

図 5 に示すパルプモールドパレットに対してパルプモ

ールド A またはパルプモールド B をはめ込んだ。パルプモールド A は A60 を図 6 に示すようにパレット天面の 6 か所にはめ込み、差込口を補強した。

パルプモールド B は 2 枚ずつ直線状に繋ぎ、図 7 に示すようにパレット天面の 3 か所にはめ込んだ。また、図 8 に示すように底面の 3 か所にはめ込んだ試料も作製した。

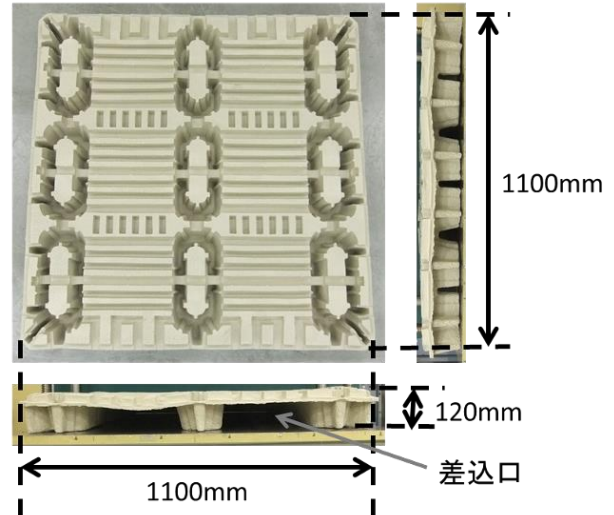


図 5 パルプモールドパレット

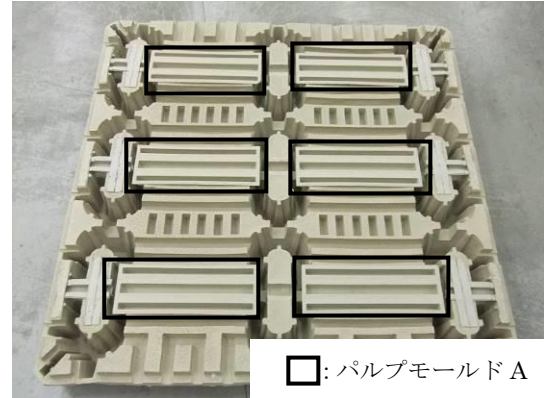


図 6 差込口補強パレット

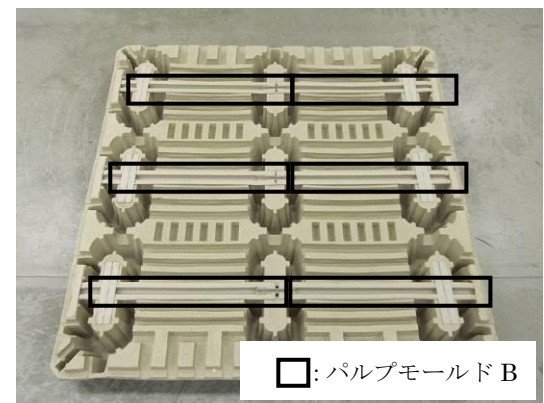


図 7 天面補強パレット

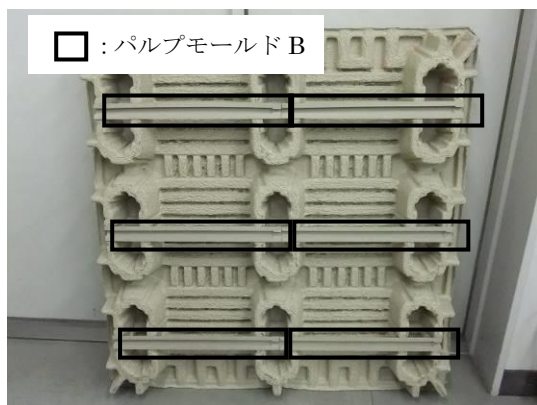


図 8 底面補強パレット

2.2.2 曲げ試験

図 7 の天面補強パレット及び図 8 の底面補強パレットは、JIS Z 0602²⁾の曲げ試験方法に規定された治具配置で曲げ試験を実施し、最大曲げ荷重を求めた。

2.2.3 フォークリフト持ち上げ試験

図 6 の差込口補強パレットは、フォークリフトによる持ち上げを模した試験により強度を比較した。具体的には図 9 に示すように治具を配置して圧縮試験を行い、最大荷重を求めた。

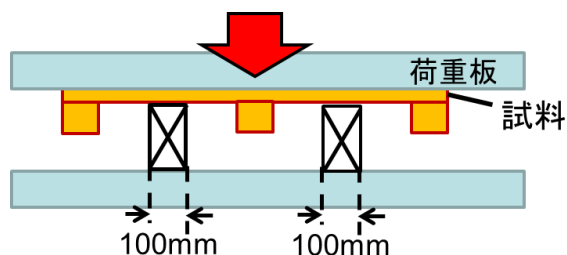


図 9 パレットのフォークリフト持ち上げ試験概要図

3. 実験結果及び考察

3.1 パルプモールド

3.1.1 パルプモールドの調製

調製したパルプモールド A の質量を表 1 に示す。試作質量の平均値に対して±5%以内のばらつきで調製することができた。目標 80g の試作品では質量 80g に至らなかったが、これ以上厚くすると成形性や離型性に問題があるため、この質量が試作可能な上限であった。

表 1 パルプモールド A の目標質量と試作質量

試作品名	目標質量 (g)	試作質量			n
		平均値 (g)	最大値 (g)	最小値 (g)	
A40	40	41.3	42.8	40.0	40
A60	60	57.3	59.4	55.0	24
A80	80	73.1	74.0	71.8	8

3.1.2 パルプモールドの積層プレス

パルプモールド A を 2 枚重ねてプレスした結果を図 10 及び表 2 に示す。A60 を内側にした場合を除き、全ての試料で薄い A40 がプレスによって破れた。同一形状のパルプモールドを重ねてプレスしたことで歪みが生じ、薄い試料が破れたものと思われる。A60 が内側の場合に破れなかったのは、比較的破れやすい内側に破れにくい A60 があり、かつ厚すぎないことからプレス金型内で外側の A40 が変形する余地があったためと考えられる。強度試験においては、A40 が破れた試料についても 2 枚のパルプモールドが容易に剥がせない程度に密着していたため、その状態で強度試験を実施した。

A60 を 2 枚重ねた場合は、全ての試料でパルプモールドが十分に重なり合わず、隙間が生じた。A60 が厚く、密着する状態まで変形できなかったことが原因と思われる。この試料は他の試料と形状が異なり比較に適さないことから、強度試験の対象から除外した。また、A80 と A60、A80 と A80 のプレスは同様の結果が想定されたため検討から除外した。

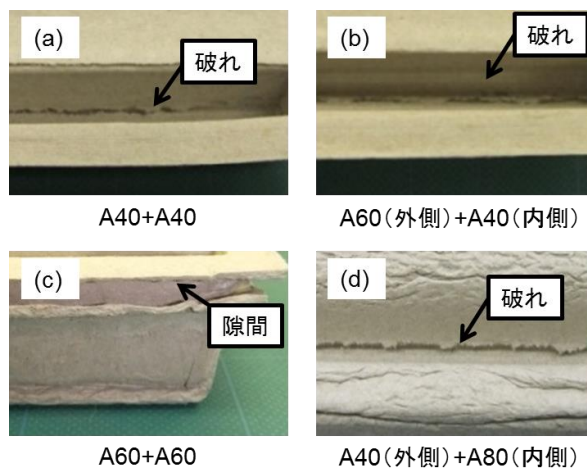


図 10 パルプモールド積層プレス結果

表 2 パルプモールド積層プレス結果

材料		結果
外側	内側	
A40	A40	内側のパルプモールド破れ (図 10(a))
A40	A60	外観異常なし
A60	A40	内側のパルプモールド破れ (図 10(b))
A60	A60	密着せず (図 10(c))
A40	A80	外側のパルプモールド破れ (図 10(d))

3.1.3 パルプモールドの曲げ試験結果

各試料について強度評価を行った結果を図 11 に示す。

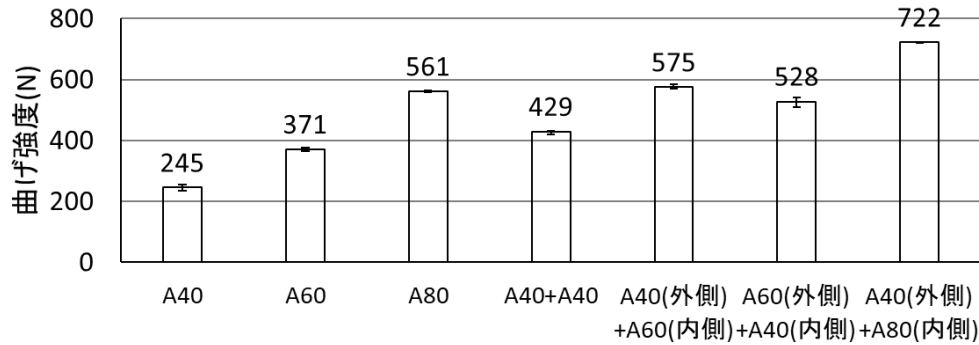


図 11 パルプモールド曲げ試験結果(n=5、A80 を含む試料は n=2)

A80 の外側に A40 を重ねてプレスした試料について、A80 単独の試料に対して約 30%高い強度が得られ、単層のパルプモールドにおける強度限界を超えることができた。

A60 と A40 を重ねた試料については、A40 が内側にあるとき強度が比較的低かった。この試料では内側の A40 が破れたことで強度が低下したと思われる。一方、外側に A40 を使用した場合はそれが変形して破れなかったため比較的強度が高くなったものと思われる。A80 の外側に A40 をプレスした場合の強度向上が約 160N であるのに対し、A60 の外側に A40 をプレスすると約 200N の強度向上が見られたが、これも A40 の破れの有無に起因すると思われる。

3.2 パルプモールドパレット

3.2.1 曲げ試験結果

曲げ試験の結果を図 12 に示す。天面、底面のいずれを補強した場合も補強の無いパレットに対して約 2 倍の曲げ強度が得られた。3.5kg のパレットに対して補強材の重量は約 180g であり、非常に効率よく曲げ強度を向上することができた。

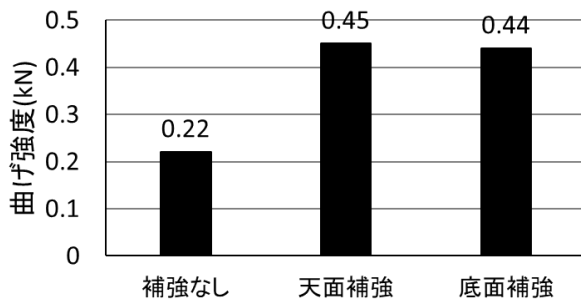


図 12 パルプモールドパレット曲げ試験結果(n=1)

3.2.2 フォークリフト持ち上げ試験結果

フォークリフトの持ち上げを模した試験の結果を図 13 に示す。補強により約 50%の強度向上が確認され、フォークリフト運搬時の耐久性を向上することができた。

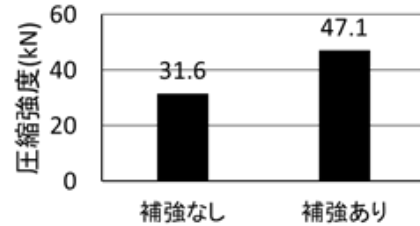


図 13 フォークリフト持ち上げ試験結果(n=1)

4. 結び

パルプモールドを 2 枚重ねて熱プレスすることで、厚さ 4mm のパルプモールドを上回る曲げ強度を持ったパルプモールドを作製することができた。本研究では 1 つの金型で作った同一形状のパルプモールドを重ねたため、コストの高いパルプモールド金型を追加で作ることなく強度向上を達成した。また、3.5kg のパルプモールドパレットに対して 180g のパルプモールド補強材を加えることで、曲げ強度を約 2 倍に向上することができた。

今後の課題を挙げると、重ねて熱プレスした際の強度向上が約 30%であったのに対し、質量は 50%以上増加しており、質量増加に対する強度向上の効率あまり良くない点が挙げられる。プレスによるパルプモールドの破れが強度低下の要因と思われることから、テーパの角度を変えるなどプレスの際に破れにくいパルプモールドの形状を検討し、より強度が高いパルプモールドを作製するとともにそれを利用した製品の実用化を目指す。

謝辞

この研究を実施するにあたり、パルプモールドの試作にご協力いただいた株式会社名古屋モールドに厚く御礼申し上げます。

文献

- 1) 木村一夫: 輸送・工業包装の技術, 167(2002), フジ・テクノシステム
- 2) JIS Z0602:1988 平パレット試験方法(日本産業規格)