

ハードボードの打ち抜きせん断加工について (2)

松 本 章 西 川 介 二
新 納 守*

1. はじめに

前報¹⁾ではハードボードの打ち抜きせん断加工における打ち抜き速度の影響とボードに対する熱処理の効果, さらに衝撃吸収エネルギーと打ち抜き面形状との関係について報告し, 次の事項を明らかにした。

1) 打ち抜き速度が早くなれば打ち抜く際の力が少なくてすみ, かつ打ち抜き面形状は速度の影響をほとんど受けない。

2) ボードを熱処理することにより, 打ち抜き面形状は良好となる。

3) 衝撃吸収エネルギーとせん断抵抗の間には相関性が認められた。

本報ではポンチとダイスのすき間とボード種類(厚さ, 製造方式)の影響を中心に検討したので報告する。

2. 試験方法

用いた試験治具は前回同様, ASTM - D732 - 46

「プラスチックのせん断強さ測定のための標準法」という規定の中に述べられているものである。

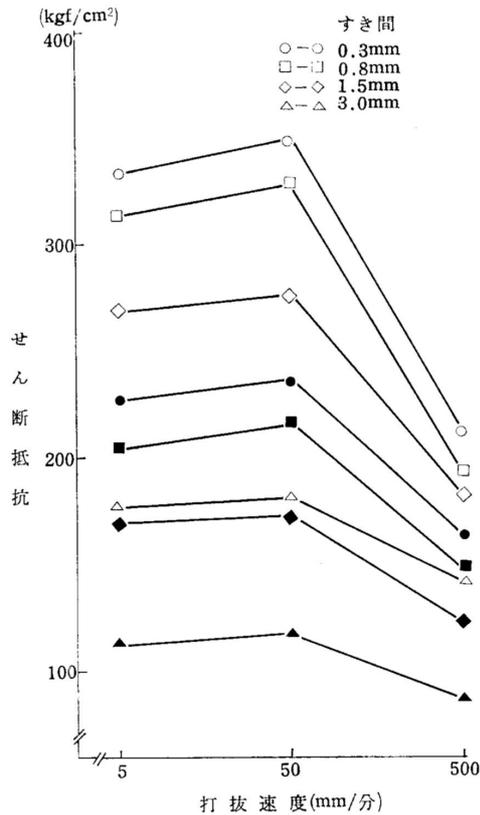
試験条件として, ポンチとダイスのすき間が0.3, 0.8, 1.5, 及び3.0mm, 打ち抜き速度が毎分5, 50, 及び500mmで, 供試ボードは湿式及び乾式ハードボードの公称厚3.5及び5.0mmのものである。試験はすべてランダムに行い, 同一条件につき5回くり返しを行い平均値をとった。

また, 乾式ボードは打ち抜き面形状が良くないとして, この分野ではほとんど用いられていないので, その原因についても若干検討を加えた。

3. 試験結果と考察

供試ボードの強度的性質の試験結果を第1表に示した。

比重は乾式ボードが湿式ボードよりも若干高かった。曲げ強さは乾式5.0mmボード(以下D5.0と略す)が一番高く, 湿式3.5mmボード(W3.5)と乾式3.5mmボード(D3.5)が同程度で続き, 湿式5.0mmボ



第1図 打抜き速度とせん断抵抗の関係(3.5mmボード)
(白抜は湿式ボード, 黒塗りは乾式ボード。5.0mmボードについては傾向が同じなので割愛)

第1表 供試ボードの材質

ボード種類	厚さ mm	比重	曲げ強さ kgf/cm ²	内部結合力 kgf/cm ²	引張り強さ kgf/cm ²	衝撃吸収エネルギー kgf·cm/cm ²
W 3.5	3.52	0.99	379	20	281	7.8
W 5.0	4.82	0.96	335	20	230	7.7
D 3.5	3.64	1.03	378	11	227	6.3
D 5.0	5.04	1.06	470	20	308	7.9

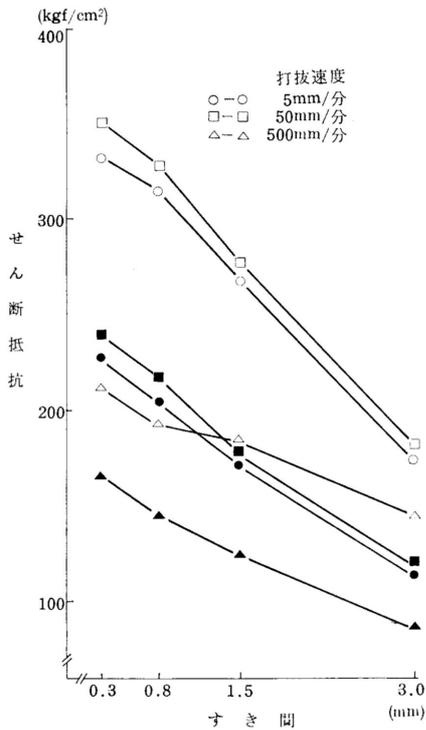
ード(W5.0)が一番小さな値を示した。衝撃吸収エネルギーと内部結合方についてはD3.5が一番弱く, 他の3種は同程度の強さであった。引張り強さはW3.5とD5.0, W5.0とD3.5がそれぞれ同程度であった。

第1図には打ち抜き速度とせん断抵抗との関係を示した。比重の大きな乾式ボードに比較すると, 同一条件では例外なく湿式ボードの方が大きな値を示したが, このことは比重の大きいものほどせん断抵抗が大きくなるという前回の試験結果と矛盾するが, これに

ついての考察は後で述べる。また打ち抜き速度が毎分50mmのとき, どのボードも最大のせん断抵抗を示したが, 実用上はこの値ができるだけ小さい方が望ましいことはいうまでもない。さらにすき間が大きくなるほど, 打ち抜き速度の影響が小さく

なるという現象は, 試験した4種類のボードすべてに認められた。

第2図にはポンチとダイスのすき間とせん断抵抗との関係を示した。すき間が大きくなるとほぼ直線的にせん断抵抗が減少したが, これは当然の結果といえる。しかし, すき間が大きくなると打ち抜き面形状が悪くなるので, ボードの種類によって適当なすき間を選択する必要がある。たとえば湿式ボードでは, 場合によってはすき間を1.5mmまで大きくすることができるが, 乾式ボードでは0.3mmのすき間でも打ち抜



第2図 すき間とせん断抵抗の関係(3.5mmボード)
(自拔きは湿式ボード, 黒塗りは乾式ボード。5.0mmボードについては傾向が同じなので割愛)

第2表 ボード種類と仕事量の関係

速度	5 (mm/分)				50 (mm/分)				500 (mm/分)					
	すき間	0.3	0.8	1.5	3.0	0.3	0.8	1.5	3.0	0.3	0.8	1.5	3.0	
W 3.5		100	94	90	71	100	92	85	65	100	90	89	80	
W 5.0		165	161	148	133	175	167	148	117	184	168	157	141	
D 3.5		59	50	45	35	58	54	41	33	68	62	51	33	
D 5.0		126	111	93	83	121	114	94	79	150	133	111	86	
				W3.5, すき間0.3mmの値(632)を100とした					W3.5, すき間0.3mmの値(67.5)を100とした					W3.5, すき間0.3mmの値(3.80)を100とした。

第3表 ボード種類と最高荷重到達時間

速度	5 (mm/分)				50 (mm/分)				500 (mm/分)					
	すき間	0.3	0.8	1.5	3.0	0.3	0.8	1.5	3.0	0.3	0.8	1.5	3.0	
W 3.5		100	100	110	121	100	98	105	115	100	93	98	112	
W 5.0		129	132	138	156	132	138	139	147	132	129	127	136	
D 3.5		73	68	71	81	75	74	69	78	80	80	75	70	
D 5.0		97	92	88	104	95	96	92	98	113	108	102	101	
				W3.5, すき間0.3mm値(15.5秒*)を100とした					W3.5, すき間0.3mmの値(1.60秒*)を100とした					W3.5, すき間0.3mmの値(0.166秒*)を100とした

* 運動させて描いた記録紙上で読み取った。

き面形状が若干悪く、許容できるすき間はせいぜい0.8mmまでである。

とり上げた要因のうち、せん断抵抗に及ぼす影響の大きいものはすき間(寄与率40%), 打ち抜き速度(27%), ボードの製造方式(24%)で、これら三者で全体の90%以上を占めた。

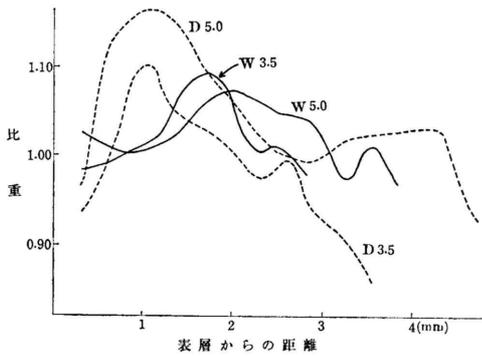
また各要因と仕事量(前報において定義した)との関係については第2表に示した。

この場合、打ち抜き速度を対数的に変化させているので、この影響が当然のことながら最も大きかったので、同一速度内での比較を行った。すき間の大きいものほど仕事量は低下するが、せん断抵抗の低下ほど激しくはなかった。製造方式別では湿式ボードの方が乾式ボードよりも多くの仕事量を必要とすることがわかった。また厚いものが当然仕事量が多くなるが、単位厚さに換算しても湿式ボードの場合、5mmボードは3.5mmボードの1.3倍、乾式ボードでは1.6倍となった。

第3表には最高荷重到達時間を示した。これも仕事量同様、同一速度内で比較した。

打ち抜き速度が遅い場合は、すき間が大きくなると最高荷重到達時間は長くなるが、これはせん断破壊よりも変形量の大きな曲げ破壊が作用するようになるためであろう。一方速度が早くなると、すき間が大きくなっても最高荷重到達時間に大きな差はなくなるが、これは打ち抜き速度が早くなると、ボード打ち抜き面の変形がそれに追いつかなくなり、そのためすき間の影響が小さくなるものと思われる。

これまで乾式ボードの打ち抜き面形状の悪さは、表面層の繊維間結合力の弱さが原因と考えられていた。事実、内部結合力(はく離強さ)を測定するとD3.5, D5.0ともに下層部分で破壊し、この部分の繊維間結合力が弱いことが認められたが、今回試験のD5.0は内部結合力においてはW3.5, W5.0と同等であるにもかかわらず、すき間の小さいときで



第3図 供試ボードの比重パターン

もやはり打ち抜き面形状が悪かった。

そこで厚さ方向の比重構成との関係について若干検討を加えてみた。第3図に4種類のボードの厚さ方向の比重構成を示した。この図は5×30cmのボードを同じ大きさの10mm厚台板に接着し、約0.3mm毎にプレーナーで表面層を削り落とし、厚さ減少(0.01mm精度)と重量減少(0.01g)を測定してこの部分の比重を算出し、この操作を3.5mmボードで約10回、5.0mmボードでは約15回くり返して描いたものである。

図より明らかなように、湿式ボードでは上層から1mmほど内側に入った部分で比重が高くなり始め、3.5及び5.0mmボードともにそれぞれの厚さのほぼ中央部分に最大のピークを示した。さらに網目より若干内側にも小さなピークが認められた。一方乾式ボードでは、3.5及び5.0mmボードともに、上層より内側の1mm部分までにかけて急激に比重が上昇し、この部分に最大のピークを示すとともに、最下層より若干内側にも小さなピークが認められた。さらに最下層部分では比重がかなり小さくなることも認められた。

ところで湿式ボードの場合、比重の最大、最小の差はわずかに0.10にすぎないのに、乾式ボードでは0.25とかなり大きいことがわかる。D5.0の場合、その比重の低い部分でも湿式ボードの平均比重と大差ないのに、この部分での打ち抜き面は引きちぎられたような形状を呈し、湿式ボードの打ち抜き面形状とはかなりの差が認められたことから、単に比重の絶対値の大小のみでは打ち抜き面形状の良否は決定されないものと考えられる。さらに、これよりも比重の小さな中比重

ボード(0.81)について、D5.0と打ち抜き面形状を比較した結果、厚さ方向の比重のバラツキが小さい湿式中比重ボードの方が打ち抜き面形状が良かったことも、前述の考え方をうらづけるものと思われる。今回の試験では湿式ボードについては網目側より、乾式ボードについては比重の低い裏面より荷重をかけたが、乾式ボードについて逆の方向から荷重をかけても、やはり図に見られる比重の高い部分の打ち抜き面形状が良く、比重の低い部分では悪かったことから、比重分布の大きさとの関連性があるものと思われる。均一なものとはそうでないものとは、荷重がかかった場合厚さ方向の変形に差を生じ、これが打ち抜き面形状の悪さにつながることは容易に想像できよう。また本試験では市販ボードを使用しているため、両ボードの原料樹種などは不明であるが、打ち抜き面形状の良否に対しては原料ファイバーの違いなども若干考慮しなければならないかもしれない。しかし比重のバラツキの方がはるかに影響が大きいものと考えられる。

また、乾式ボードが湿式ボードよりもせん断抵抗が小さかった原因として、次のような考察を行った。せん断抵抗はW3.5で246kgf/cm²(打ち抜き速度3水準、すき間4水準の平均)、D3.5で166kgf/cm²、W5.0で242kgf/cm²、D5.0で197kgf/cm²であった。ここでD3.5/W3.5の値は0.67となり、D3.5の比重の低い部分を除いた厚さ2.5mmとW3.5の実際の厚さ3.5mmの比0.71と非常に近い値となる。ということはD3.5の比重の低い部分はせん断荷重に対する抵抗が小さいと仮定して、2.5mmボードを打ち抜いているにすぎないと考えたときのせん断抵抗に等しいことになる。すなわち計算上のせん断抵抗では差が認められたが、これはD3.5の比重のバラツキが大きかったことが原因と考えられる。5.0mmボードについても同様である。

しかし、いずれにしても両ボードの厚さ方向における比重構成の極端な差が打ち抜き面形状の良否やせん断抵抗の差となって現われたものと思われ、打ち抜き面形状を良好にするためにも、厚さ方向に比重ムラの少ないボードを用いる必要があり、乾式ボードの場

合、必ず発生すると言われている²⁾比重の高い岩盤状の層ができるだけ小さくなるようなプレス条件の検討も必要であろう。ここで得られたせん断抵抗と実際の打ち抜き加工におけるプレス能力との関係について、若干計算例を示す。

今、湿式5mm厚、30×60cmのボードに直径5mmの丸穴を1,000個あけるとする。打ち抜き条件は速度が500mm/分、すき間を1.5mmとすれば、この時のせん断抵抗は192kgf/cm²となるから、打ち抜く力をPとすれば、

$$P = \text{穴径} \times \text{穴径} \times \text{ボード厚さ} \times \text{せん断抵抗} \times \text{個数}$$

$$= (0.5\text{cm} \times 0.5\text{cm}) \times 192\text{kgf/cm}^2 \times 1,000$$

$$= 150,796\text{kgf}$$

となり、この条件では150トンの力で打ち抜けることになる。ただし()内は穴一個の側面積である。同様に3mmの穴をあける場合は約90トンとなる。しかし、実際の打ち抜き速度はこれよりもかなり早いので、せん断抵抗も小さくなり、また1,000個のポンチの先が同時にボードに接触するような構造にはなっていないので、この計算値より低い能力のプレスで打ち抜くことができるはずである。この大きさのボードに対して、片方ずつ500個の穴を打ち抜く場合は、当然ながらプレスの能力は半分で良いことになる。

4. おわりに

ポンチとダイスのすき間とボード種類が打ち抜き加工におけるせん断抵抗や打ち抜き面形状に与える影響について検討した。結果を要約すれば次のようになる。

- 1) 湿式ボードは乾式ボードよりもせん断抵抗が大きかったが、これは乾式ボードの厚さ方向の比重ムラの大きかったことが、計算上のせん断抵抗を小さくしたものと考えられる。
- 2) すき間が大きくなるに従って、せん断抵抗、仕事量は直線的に減少し打ち抜き面形状は悪くなった
- 3) 湿式ボードではすき間0.8mmまでは完全に問題なく、場合によっては1.5mmでもさしつかえないが、乾式ボードでは0.8mmが限界であろう。
- 4) 乾式ボードの打ち抜き面形状の悪さは、厚さ方向の比重のバラツキが大きかったことも、主な原因の一つと考えられる。

本報文は日本木材学会北海道支部第6回研究発表会で報告した。

文 献

- 1) 松本 章, 西川介二, 新納 守 : 本誌1974年6月号
- 2) 榎本輯次ら : 木材学会誌, 1967年6月号

- 林産化学部 繊維化学科 -
*特別研究員 -

(原稿受理 50.4.24)