

Tough 1500 レジン V2

高剛性ながらポリプロピレンに匹敵する靱性を備えた新材料

ポリプロピレンの靱性、適応性、弾力性が求められる試作品

生産現場での長期使用にも耐えられる耐衝撃性を備えた治具や固定具

セルフタッピングねじボスやスナップフィットなどの機能的要素を備えた強靱で頑丈なエンクロージャ

ラッチ、フレクシャー、ダンパーのようなコンプライアントメカニズムのために剛性と靱性が求められる部品



V2

FLT01502

初版 2025年3月18日

修正 05 2025年10月17日

弊社が知り得る限りにおいて、本資料記載の情報は正確なものです。Formlabs, Inc.はその使用によって得られる結果については明示または黙示を問わず、いかなる保証もすることはできません。

Tough 1500レジンV2は、PP材に匹敵する強度と剛性・靱性を備えた弾力材料で、破壊や衝撃に非常に強く、粉々に割れることがありません。

精密な機能部品、セルフタッピングねじやスナップフィット付きの頑丈なエンクロージャなど、剛性と靱性のバランスが取れた造形品を製作できます。Tough 1500レジンV2は、機能試作から治具・固定具まで幅広い用途にお使いいただけます。

Tough 1500レジンV2はForm 4シリーズの性能を活かせるよう設計された新材料で、前世代の10倍の破壊靱性を発揮します。

材料特性 ¹			評価方法
	グリーン状態 ²	二次硬化後 ³	
引張特性 ¹			評価方法
最大引張強さ	30MPa	34MPa	ASTM D638-14
引張弾性率	1250MPa	1460MPa	ASTM D638-14
降伏点における引張強さ	30MPa	34MPa	ASTM D638-14
降伏点における破断伸び	5.6%	6.1%	ASTM D638-14
破断伸び	210%	155%	ASTM D638-14
曲げ特性 ¹			評価方法
曲げ強さ	26MPa	41MPa	ASTM D790-17
曲げ弾性率	900MPa	1370MPa	ASTM D790-17
靱性特性 ¹			評価方法
ノッチ付きアイゾット	45J/m	42J/m	ASTM D256-10
ノッチ無アイゾット	1080J/m	910J/m	ASTM D4812-11
ノッチ付シャルピー	8.9kJ/m ²	7.5kJ/m ²	ISO 179-1
ノッチ付シャルピー	63kJ/m ²	57kJ/m ²	ISO 179-1
ガードナー衝撃強さ (厚み0.79mm)	7.0J	5.9J	ASTM D5420-21
ガードナー衝撃強さ (厚み1.6mm)	12.4J	11.1J	ASTM D5420-21
屈曲疲労	11000サイクル	8000サイクル	内部 (23°C、1Hzでの偏差30°)
破壊特性 ¹			評価方法
応力集中係数 (Kmax)	1.7MPa·m ^{1/2}	1.7MPa·m ^{1/2}	ASTM D5045-14
破壊仕事 (W _f)	1090J/m ²	1011J/m ²	ASTM D5045-14

材料特性 ¹			評価方法
	グリーン状態 ²	二次硬化後 ³	
熱特性 ¹			評価方法
荷重たわみ温度 @1.8MPa	42°C	53°C	ASTM D648-16
荷重たわみ温度@0.45MPa	54°C	66°C	ASTM D648-16
熱膨張 (0~150°C)	116μm/m/°C	99μm/m/°C	ASTM E831-19
可燃性	未試験	HB	UL 94
電気的特性 ¹			評価方法
	二次硬化後 ³		
絶縁耐力	23.4kV/mm		ASTM D149-20
誘電率 (50Hz)	4.5		ASTM D150 (50Hz)
誘電率 (1Hz)	3.9		ASTM D150 (1kHz)
誘電正接 (50Hz)	0.018		ASTM D150 (50Hz)
誘電正接 (1kHz)	0.013		ASTM D150 (1kHz)
体積抵抗率	2.91 * 10 ¹⁵ Ω・cm		ASTM D257-14
その他の特性 ¹			評価方法
ショアD硬度	76D		ASTM D2240
かさ密度	1.12g/mL		ASTM D792-20
粘度 (25°C)	1000cP		ASTM D792-20
液体密度	1.02g/mL		ASTM D792-20

生体適合性

Tough 1500レジン は、ISO10993-1に基づいて皮膚接触デバイスとして評価されており、以下の生体適合性評価項目の要件を満たしています。

ISO規格	解説 ^{3,4}
ISO 10993-5	細胞毒性ではない
ISO 10993-10	皮膚を刺激しない
ISO 10993-10	感作性物質ではない

耐薬品性

1 x 1 x 1cmの立方体サンプルを各溶剤に24時間以上浸漬した際の重量増加率：

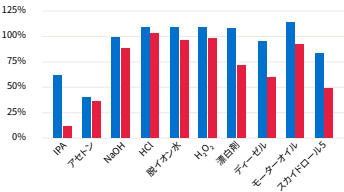
溶剤	24時間での重量増加率 (%)	溶剤	24時間での重量増加率 (%)
酢酸 5%	0.22	イソオクタン (ガソリン)	42.92
アセトン	29.64	鉱油 (軽)	0.02
イソプロピルアルコール	6.54	鉱油 (重)	0.04
漂白剤 (次亜塩素酸ナトリウム最大5%)	-0.05	塩水 (3.5%の塩化ナトリウム)	0.24
酢酸ブチル	41.35	水酸化ナトリウム (0.025%, pH=10)	0.17
ディーゼル燃料	0.04	水	0.21
ジエチレングリコールモノメチルエーテル	5.71	キシレン	72.57
油圧オイル	0.04	強酸 (濃塩酸)	2.15
スカイドロール5	2.41	トリプロピレングリコールモノメチルエーテル	5.90
過酸化水素 (3%)	0.31		

耐薬品性 (ASTM D543)

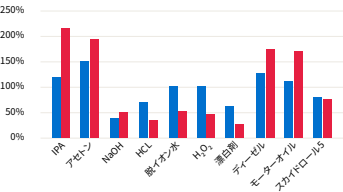
耐薬品性はASTM D543に従って検証されたものです。異なる曝露時間で引張弾性率および曲げ強さを測定することで、さまざまな薬品の影響を検証しました。薬品に晒すサンプル片は容器に入れ、検証対象の薬品に完全に浸した状態で1日および1週間保管しました。その後、試験サンプルを薬品から取り出して洗浄し、機械的試験の実施前に22℃の環境に24時間放置して条件付けを行っています。機械的試験はASTM D638 Type IVに従って通常のラボ環境 (22℃) で実施しました。試験結果は、薬品に晒していないサンプル片の測定値との差異を%で表したものです。

溶剤	IPA	アセトン	NaOH (0.025% pH=10)	HCl (10%)	脱イオン水	H ₂ O ₂ (3%)	漂白剤 (~5% NaOCl)	ディーゼル	モーターオイル	スカイドロール5
相対弾性率										
1日	61.80%	41.01%	99.51%	109.90%	109.98%	110.37%	109.63%	95.71%	115.69%	83.62%
1週間	12.37%	37.77%	88.99%	103.73%	97.23%	98.98%	72.70%	60.43%	93.11%	\$49.99
相対的強度										
1日	55.66%	54.30%	98.98%	95.49%	99.62%	98.27%	96.26%	94.49%	98.46%	71.99%
1週間	28.85%	49.48%	103.30%	101.11%	99.01%	98.84%	97.71%	63.33%	101.85%	43.65%
相対的伸び率										
1日	118.46%	150.74%	39.05%	70.50%	103.07%	103.02%	63.63%	127.67%	109.53%	80.51%
1週間	219.26%	196.33%	50.69%	35.01%	52.05%	44.92%	25.90%	176.95%	169.00%	74.90%
相対的質量										
1日	112.82%	141.98%	100.22%	100.22%	100.40%	100.41%	100.27%	104.30%	100.42%	108.49%
1週間	135.80%	141.15%	100.23%	100.14%	100.51%	100.71%	100.24%	111.17%	99.95%	119.26%

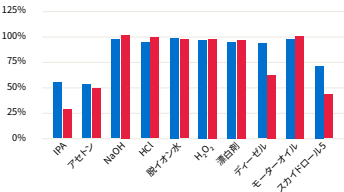
浸漬後の引張弾性率



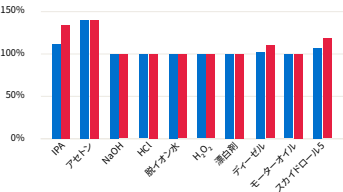
浸漬後の破断伸び率



浸漬後の最大引張強さ



浸漬後の質量吸収



● 1日 ● 1週間

¹ 材料特性は、造形品の形状、プリントの向きや設定、湿度によって変動する場合があります。

² このデータは、Tough 1500L レジンV2用に設定した Form 4にて積層ピッチ100μmでプリントした後、追加の処理を何ら加えていないグリーン状態から取得したものです。

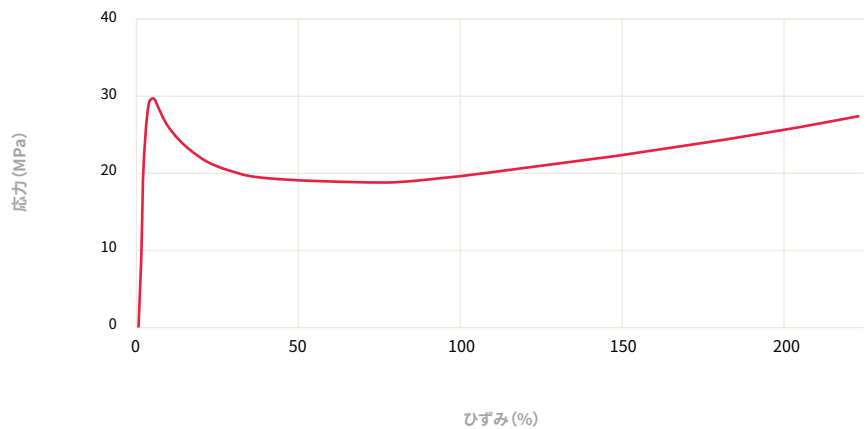
³ ISO 10993規格の適合試験に使用したサンプル片は、Tough 1500L レジンV2用に設定したForm 4にて積層ピッチ100μmでプリントし、Form Washにて10分間洗浄(1回目を5分、2回目を5分間)した後、少なくとも30分以上乾燥してから、Form Cure (第2世代FD)にて70℃で12分間二次硬化させたものです。

⁴ Tough 1500L レジンの試験は、米国オハイオ州にあるNAMS A本社で実施されました。

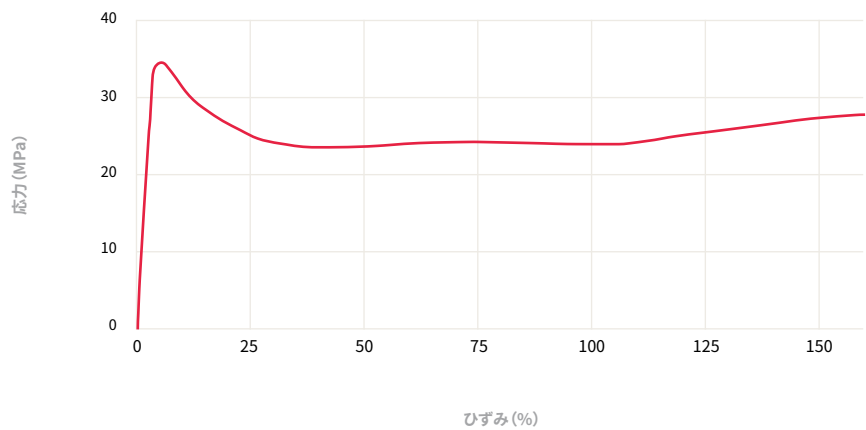
引張曲線 (ASTM D638-14)

Type I, 50mm/分

グリーン状態



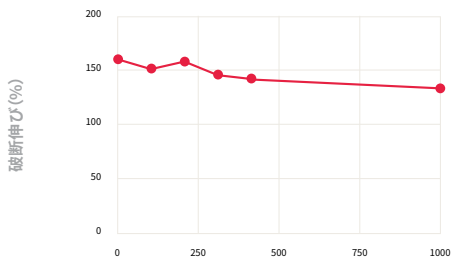
二次硬化後



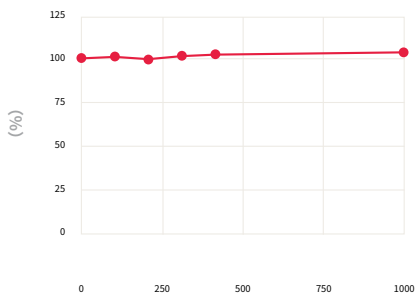
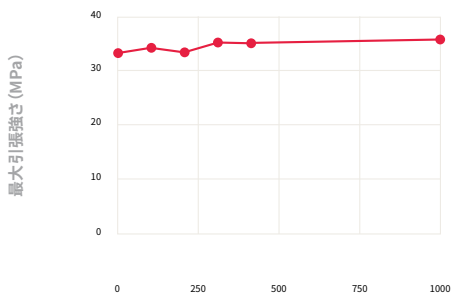
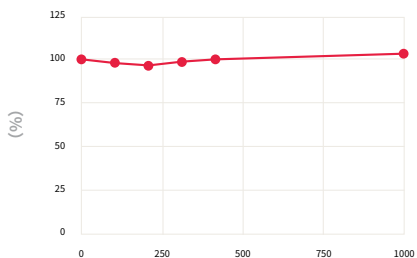
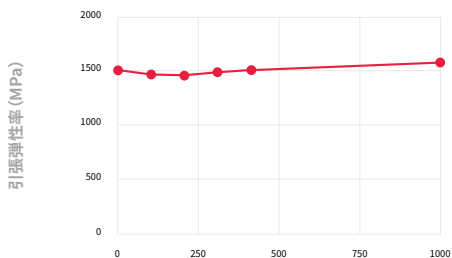
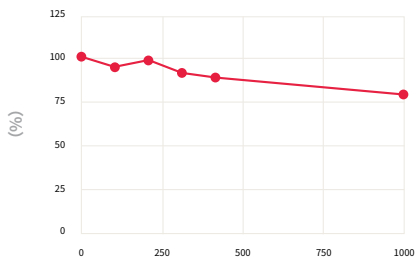
熱劣化 (ASTM D3045)

Formlabsは、プラスチックの無負荷熱劣化の標準規格であるASTM D3045を用いてTough 1500レジンV2の熱劣化の評価を行いました。本試験では、50°Cの環境に置かれたサンプルの機械的特性を、最大6週間に渡って異なる期間で測定します。

試験結果



初期値のパーセンテージ



露光時間 (時)

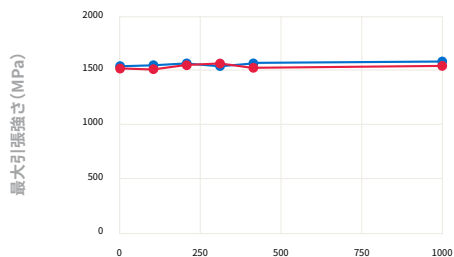
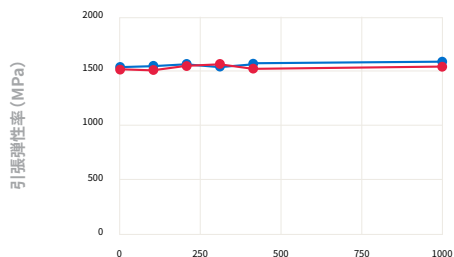
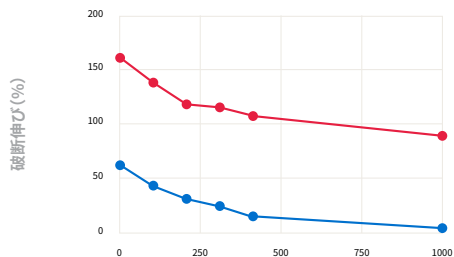
露光時間 (時)

室内劣化 (ASTM D4459)

Formlabsは、屋内用途のプラスチックのキセノンアーク露出に関する標準規格であるASTM D4459を用いてTough 1500レジンV2の紫外線による加速劣化の評価を行いました。本試験では、ガラスを通してポリマーに太陽放射を当てて劣化を加速させます。試験を行ったサンプルは、機械的試験の実施前に22°Cの環境に24時間放置して条件付けを行っています。コントロールサンプルは22°Cで安定した環境に保管されていました。機械的試験はASTM D638に従い、標準的な試験室条件 (22°C) で実施しました。「0時間」は、22°Cで保管し、後処理から24時間後に試験を行った非劣化サンプルを意味します。

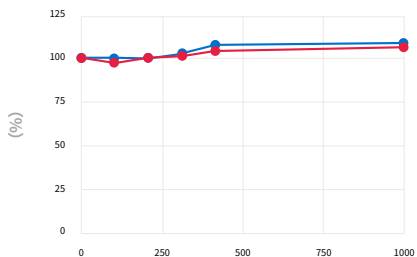
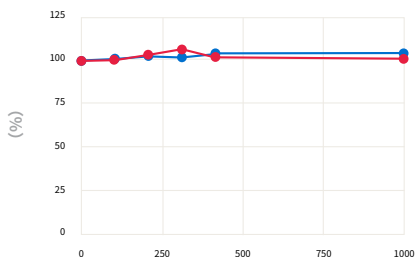
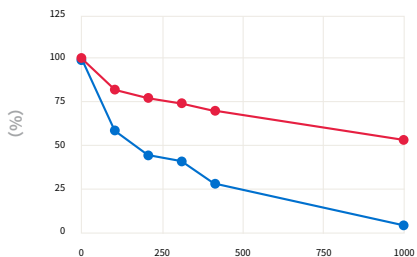
なお、促進耐候性試験はすべての経年劣化条件を完全に表すものではありません。
Formlabsでは、特定の用途のニーズに応じて追加の屋外試験を実施することを推奨しています。

試験結果



露光時間 (時)

初期値のパーセンテージ



露光時間 (時)

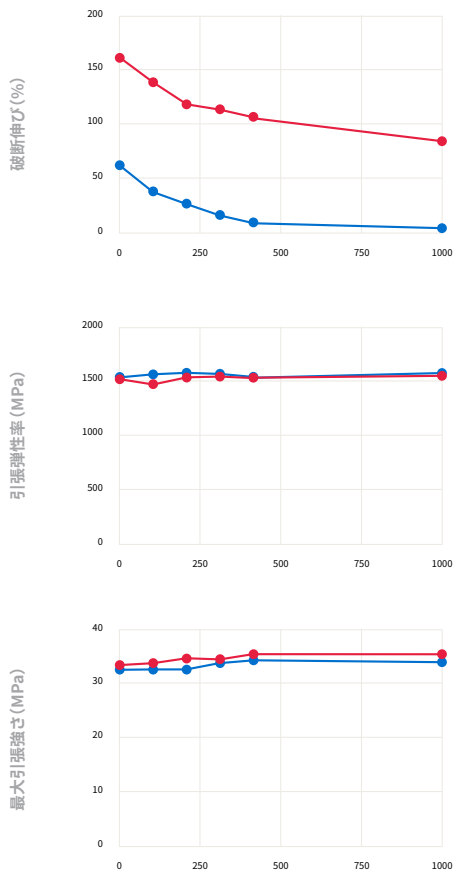
● Tough 1500 V1 ● Tough 1500 V2

屋外での劣化 (ASTM D4329)

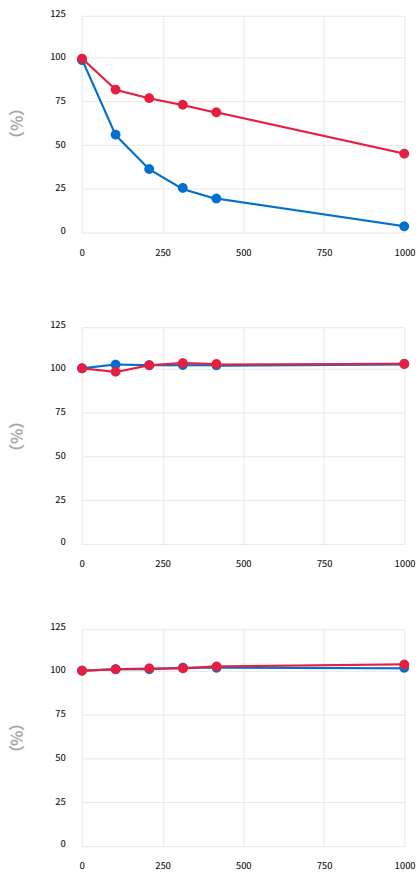
Tough 1500 レジンV2に対し、ASTM D4329 (サイクルA) に準拠した屋外促進耐候性試験を実施しました。試験サンプルを熱、結露水、および紫外線といった定義済みの条件に晒しました。試験を行ったサンプルは、機械的試験の実施前に22°Cの環境に24時間放置して条件付けを行っています。コントロールサンプルは22°Cで安定した環境に保管されていました。機械的試験はASTM D638に従い、標準的な試験室条件 (22°C) で実施しました。「0時間」は、22°Cで保管し、後処理から24時間後に試験を行った非劣化サンプルを意味します。

なお、促進耐候性試験はすべての経年劣化条件を完全に表すものではありません。
Formlabsでは、特定の用途のニーズに応じて追加の屋外試験を実施することを推奨しています。

試験結果



初期値のパーセンテージ



露光時間 (時)

露光時間 (時)

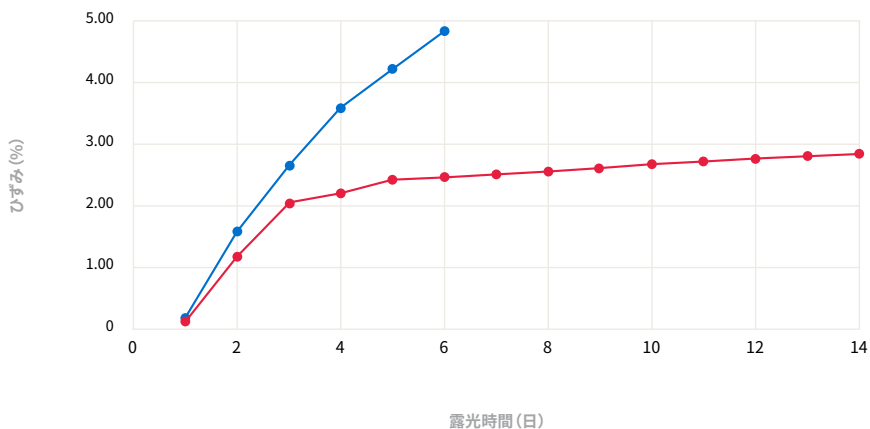
● Tough 1500 V1 ● Tough 1500 V2

ASTM D4329—一般用途向けサイクルA, QUV/se, UVA340nm, 0.89W/m²±5nm, 60°Cで8時間紫外線を照射後、暗所で50°Cにて4時間凝縮します。試験時間中のサンプルの反りを軽減するため、サンプルを固定する際はクランプや機械的負荷をかけるものを使用せず、カスタム製作したホルダーに設置しました。試験前にサンプルが適度に水分に浸ることを避けるため、次の結露サイクルの前に必ずサンプルをQUVから取り出しました。

曲げクリープ ISO 6602

Formlabsは、ISO 6602を用いてTough 1500レジンV2の耐クリープ性を評価しました。この試験は、一定の荷重下および一定の温度下における材料の変形速度を測定するものです。サンプルに22°Cで4.0MPaの荷重をかけて試験を行いました。14日間にわたり、1日1回たわみを測定しました。

時間経過に伴うクリープひずみ



● Tough 1500 V1 ● Tough 1500 V2

動的粘弾性測定 (DMA)

Tough 1500レジンV2の0°Cから140°CまでのDMA曲線を3°C/分で表示。ガラス転移は109.6°Cで観察され、貯蔵弾性率の変曲は60.8°Cで観察されました。

