

Tough 1000 レジン

高密度ポリエチレン(HDPE)に匹敵する韌性を持つ延性・耐衝撃性材料

高密度ポリエチレン並みの強度と剛性が求められる部品 繰り返しの屈曲に耐えられるコンプライアントメカニズム

生産現場での長期使用にも耐えられる耐衝撃性 低摩擦アセンブリと非劣化性の表面(ボールジョイントなど)



V1

FLT01001

初版 2025年9月23日

修正 01 2025年9月23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 1000レジンは、延性と耐衝撃性に優れ、高密度ポリエチレン(HDPE)に匹敵する強度・硬度・韌性を持つ材料です。摩耗や疲労への耐性が非常に高く、長期的な耐久性と実用性を実現します。

破断伸び率180%、ガードナー衝撃強度128 in-lbといった特性はHDPEを上回り、曲げ・圧縮・変形しても割れない部品の製作に最適です。このレジンで製作するヒンジや機能部品は、3,200 J/m²の破壊仕事と100,000サイクル以上の屈曲疲労(23°C)により繰り返しの応力や摩耗への耐性があります。マットなダークグレーのTough 1000レジンは、滑らかな表面と低摩擦の仕上げが要求される用途向けに設計されています。

Tough 1000レジンはForm 4シリーズプリンタのテクノロジーを活かせるよう設計された新材料で、Durableレジンと比較して5倍の破壊韌性、2倍のEABを備え、耐熱性・耐クリーブ性・耐老化性も向上しています。

材料特性 ¹			評価方法
引張特性 ¹	グリーン状態 ²	二次硬化後 ³	評価方法
極限引張強さ	23.7MPa	26.3MPa	ASTM D638-14
引張弾性率	844MPa	932MPa	ASTM D638-14
降伏点における引張強さ	18.6MPa	21.4MPa	ASTM D638-14
降伏点における破断伸び	4.8%	5.0%	ASTM D638-14
破断伸び	217%	180%	ASTM D638-14
曲げ特性 ¹			評価方法
曲げ強さ	22.6MPa	29.0 MPa	ASTM D790-17
曲げ弾性率	595MPa	761MPa	ASTM D790-17
韌性特性 ¹			評価方法
ノッチ付きアイソット	69J/m	72J/m	ASTM D256-10
ノッチ無アイソット	破断なし	破断なし	ASTM D4812-11
ノッチ付シャルピー	7.5kJ/m ²	9.0kJ/m ²	ISO 179-1
ノッチ付シャルピー	破断なし	180kJ/m ²	ISO 179-1
ガードナー衝撃強さ(厚み0.79mm)	13.1J	13.1J	ASTM D5420-21
ガードナー衝撃強さ(厚み1.6mm)	14.0J	14.5J	ASTM D5420-21
屈曲疲労	100,000サイクル以上	100,000サイクル以上	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)	未試験	1.94MPa·m ^{1/2}	ASTM D5045-14
破壊仕事(W _f)	未試験	3200J/m ²	ASTM D5045-14

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

² このデータは、Tough 1000サンプルに設定したForm 4にて積層ピッチ100µmで造形し、Form Wash V12にて純度99%以上のソウフローピルアルコールを使って1回目の洗浄を10分間、2回目の洗浄を10分間行ったサンプル片を測定して得られたものです。

³ このデータは、Tough 1000サンプルに設定したForm 4にて積層ピッチ100µmで造形し、Form Wash V12にて純度99%以上のソウフローピルアルコールを使って1回目の洗浄を10分間、2回目の洗浄を5分間行い、その後、Form Cure V2にて70°Cで12分間二次硬化させたサンプル片を測定して取得したものです。

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	40.4°C	44.6°C	ASTM D648-16
荷重たわみ温度 @0.45MPa	49.7°C	55.3°C	ASTM D648-16
熱膨張 (0~150°C)	161.6µm/m/°C	168.2µm/m/°C	ASTM E831-19
可燃性	未試験	HB	UL 94
電気的特性 ¹			評価方法
絶縁耐力	15.1kV/mm		ASTM D149-20
誘電率 (50Hz)	0.014		ASTM D150 (50Hz)
誘電率 (1Hz)	0.013		ASTM D150 (1kHz)
誘電正接 (50Hz)	3.70		ASTM D150 (50Hz)
誘電正接 (1kHz)	3.59		ASTM D150 (1kHz)
体積抵抗率	$4 * 10^{15} \Omega\text{-cm}$		ASTM D257-14
その他の特性 ¹			評価方法
ショアD硬度	56D		ASTM D2240
仮比重	1.07g/mL		ASTM D792-20
粘度 (25°C)	4030cP		ASTM D792-20
液体密度	1.01g/mL		ASTM D792-20

耐薬品性

プリント後に二次硬化させた1×1×1cmの立方体をそれぞれの溶剤に24時間以上浸している間の重量増加率：

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%)	0.2	イソオクタン(ガソリン)	39.8
アセトン	30.4	鉱油(軽)	0.0
イソプロピルアルコール	6.9	鉱油(重)	0.1
漂白剤(次亜塩素酸ナトリウム 最大5%)	0.0	塩水(3.5%の塩化ナトリウム)	0.2
酢酸ブチル	38.9	水酸化ナトリウム溶液 (0.025%、pH=10)	0.2
ディーゼル油	0.7	水	0.0
ジエチルグリコールモノメチルエーテル	6.9	キシレン	62.7
油圧オイル	0.1	強酸(濃塩酸)	7.3
スカイドロール5	5.0	トリプロピレングリコールモノメチルエーテル	7.0
過酸化水素(3%)	0.2		

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

² このデータは、Towt 100℃ラン用に設定したForm 4にて精量ビン100µmで測定。Form Wash V2にて純度99%以上のイソプロピルアルコールを使って1回目の洗浄を10分間、2回目の洗浄を10分間行ったサンプル片を測定して取得したものです。

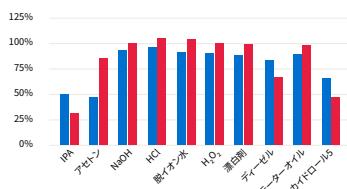
³ このデータは、Towt 100℃ラン用に設定したForm 4にて精量ビン100µmで測定。Form Wash V2にて純度99%以上のイソプロピルアルコールを使って1回目の洗浄を10分間、2回目の洗浄を10分間行った後、Form Cure V2にて70°Cで12分間二次硬化させたサンプル片を測定して取得したものです。

耐薬品性 (ASTM D543)

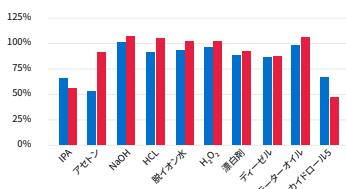
耐薬品性はASTM D543に従って検証されたものです。異なる曝露時間で引張弾性率および曲げ強さを測定することで、さまざまな薬品の影響を検証しました。薬品に晒すサンプル片は容器に入れ、検証対象の薬品に完全に浸した状態で1日および1週間保管しました。その後、試験サンプルを薬品から取り出して洗浄し、機械的試験の実施前に22°Cの環境に24時間放置して条件付けを行っています。機械的試験はASTM D638 Type IVに従って通常のラボ環境(22°C)で実施しました。試験結果は、薬品に晒していないサンプル片の測定値との差異を%で表したものです。

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	52%	47%	94%	97%	91%	91%	88%	83%	91%	65%
1週間	34%	87%	101%	105%	105%	100%	100%	68%	99%	46%
相対的強度										
1日	66%	53%	102%	92%	94%	95%	89%	86%	98%	68%
1週間	56%	92%	108%	106%	102%	102%	93%	88%	107%	47%
相対的伸び率										
1日	109%	99%	87%	94%	94%	96%	87%	95%	103%	91%
1週間	140%	138%	117%	111%	118%	117%	80%	141%	133%	97%
相対的質量										
1日	111%	144%	100%	100%	100%	100%	100%	103%	100%	107%
1週間	130%	142%	100%	100%	100%	101%	100%	108%	100%	116%

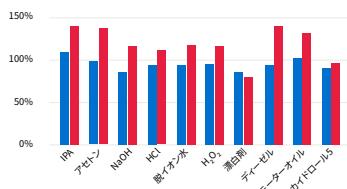
浸漬後の引張弾性率



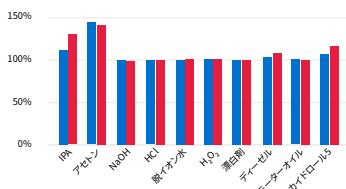
浸漬後の最大引張強さ



浸漬後の破断伸び率



浸漬後の質量吸収



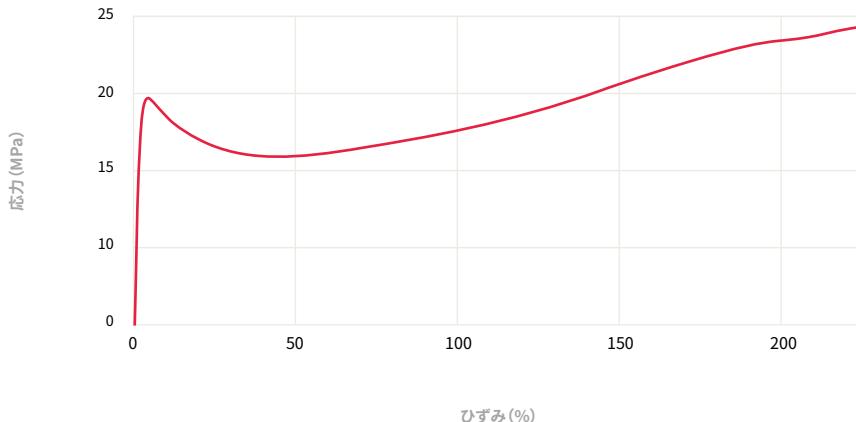
● 1日

● 1週間

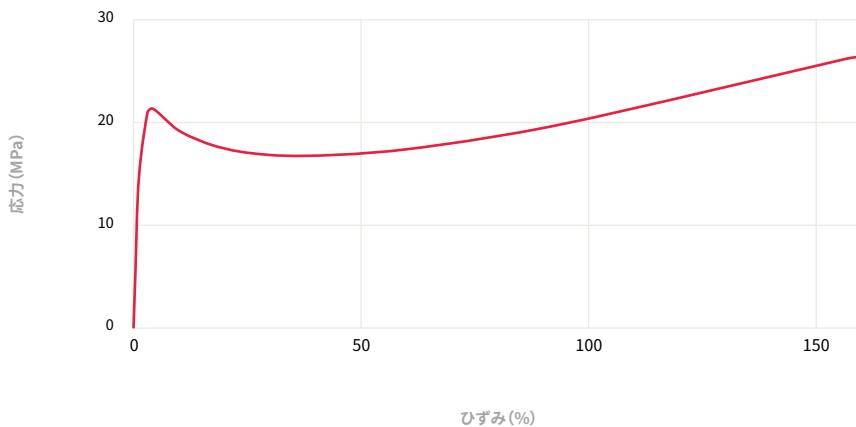
引張曲線 (ASTM D638-14)

Type I, 50mm/分

グリーン状態



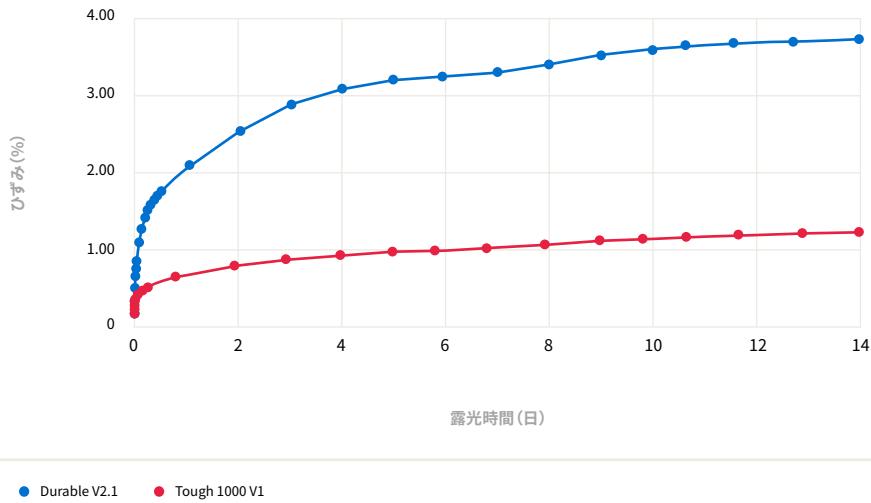
二次硬化後



曲げクリープ ISO 6602

Formlabsは、ISO 6602を用いてTough 1000レジン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2.0MPaの荷重をかけて試験を行いました。14日間にわたり、たわみを測定しました。

時間経過に伴うクリープひずみ



動的粘弾性測定(DMA)

Tough 1000レジンの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106.6°Cで観察され、貯蔵弾性率の変曲は68.4°Cで観察されました。

