

Tough 2000 レジン V1

ABSに匹敵する韌性を備えた頑丈で剛性の高い材料

ABS並みの強度と剛性が求められる部品

生産現場での長期使用にも耐えられる
治具・固定具

耐熱性・耐クリープ性を備えた頑丈なエンクロージャ

ダークな色合いとマットな質感でそのまま量産可能な部品



V2

FLTO2002

初版 2025年10月6日

修正 01 2025年10月6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が、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 2000レジンV2は、ABSに匹敵する強度と剛性を持つ頑丈な材料で、韌性とともに高い耐熱性や耐クリーフ性を備えています。Tough 2000レジンはヘビーデューティ用途で真価を發揮し、破損・変形・長期摩耗に強い高機能試作や実製品用部品を製作できます。破断伸び79%、荷重たわみ温度（HDT）70°Cにより機械的・環境的ストレス下でも構造の健全性を維持し、新配合のダークでマットな仕上がりはディテールが映える滑らかな外観で、そのまま提示可能な品質を実現します。

Tough 2000レジンV2はForm 4シリーズの技術を活かした新配合で、前世代と比較して破壊韌性が3倍になり、耐熱性や材料寿命、外観が向上しています。

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	26.1MPa	40.4MPa	ASTM D638-14
引張弾性率	1235MPa	1800MPa	ASTM D638-14
降伏点における引張強さ	26.1MPa	40.4MPa	ASTM D638-14
降伏点における破断伸び	5.0%	4.5%	ASTM D638-14
破断伸び	149%	79%	ASTM D638-14
曲げ特性 ¹			評価方法
曲げ強さ	38MPa	67MPa	ASTM D790-17
曲げ弾性率	1040MPa	1701MPa	ASTM D790-17
韌性特性 ¹			評価方法
ノッチ付きアイズット	24J/m	25J/m	ASTM D256-10
ノッチ無アイズット	323J/m	325J/m	ASTM D4812-11
ノッチ付シャルビー	2kJ/m ²	2.4kJ/m ²	ISO 179-1
ノッチ付シャルビー	20kJ/m ²	31kJ/m ²	ISO 179-1
ガードナー衝撃強さ(厚み0.79mm)	4.8J	1.6J	ASTM D5420-21
屈曲疲労	11900サイクル	3560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)	1.4MPa·m ^{1/2}	1.65MPa·m ^{1/2}	ASTM D5045-14
破壊仕事(W _t)	330J/m ²	305J/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 2000レジンV2用に設定したForm 4にて積層ピッチ100µmで造形し、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5分間行った後、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、Tough 2000レジンV2用に設定したForm 4にて積層ピッチ100µmで造形し、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5分間行った後、Form Cure V2にて10°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	45°C	57°C	ASTM D648-16
荷重たわみ温度@0.45MPa	53°C	70°C	ASTM D648-16
熱膨張(0~150°C)	142.6μm/m/°C	134.2μm/m/°C	ASTM E831-19
可燃性	未試験	合格	UL 94
電気的特性¹			評価方法
二次硬化後 ³			
絶縁耐力	15.5kV/mm		ASTM D149-20
誘電率(50Hz)	3.46		ASTM D150(50Hz)
誘電率(1Hz)	3.38		ASTM D150(1kHz)
誘電正接(50Hz)	0.018		ASTM D150(50Hz)
誘電正接(1kHz)	0.012		ASTM D150(1kHz)
体積抵抗率	$3 \times 10^{15} \Omega\text{-cm}$		ASTM D257-14
その他の特性¹			評価方法
ショアD硬度	61D		ASTM D2240
仮比重	1.09g/mL		ASTM D792-20
粘度(25°C)	2680cP		ASTM D792-20
液体密度	1.03g/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%)	0.17	イソオクタン(ガソリン)	21.24
アセトン	22.92	鉛油(軽)	0.12
イソプロピルアルコール	4.21	鉛油(重)	0.07
漂白剤(次亜塩素酸ナトリウム 最大5%)	0.11	塩水(3.5%の塩化ナトリウム)	0.16
酢酸ブチル	18.65	水酸化ナトリウム溶液 (0.025%、pH=10)	0.18
ディーゼル油	0.08	水	0.19
ジエチルグリコールモノメチルエーテル	4.65	キシレン	27.69
油圧オイル	0.06	強酸(濃塩酸)	1.96
スカイドロール5	0.96	TPM	1.86
過酸化水素(3%)	0.21		

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 2000レジンV2用に設定したForm 4にて横層ピッチ100μmで造形し、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5分間行った後、Form Wash 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。

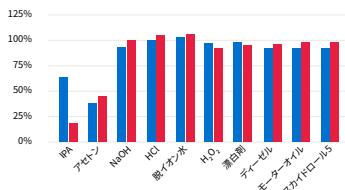
³ このデータは、Tough 2000レジンV2用に設定したForm 4にて横層ピッチ100μmで造形し、Form Wash V2にて純度99%以上のイソプロピルアルコールを使って1回目の洗浄を10分間、2回目の洗浄を5分間行った後、Form Wash V2にて70°Cで12分間二次硬化させたサンプル片を測定して取得したものです。

耐薬品性 (ASTM D543)

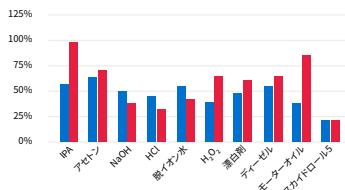
耐薬品性はASTM D543に従って検証されたものです。異なる曝露時間で引張弾性率および曲げ強さを測定することで、さまざまな薬品の影響を検証しました。薬品に晒すサンプル片は容器に入れ、検証対象の薬品に完全に浸した状態で1日および1週間保管しました。その後、試験サンプルを薬品から取り出して洗浄し、機械的試験の実施前に22°Cの環境に24時間放置して条件付けを行っています。機械的試験はASTM D638 Type IVに従って通常のラボ環境(22°C)で実施しました。試験結果は、薬品に晒していないサンプル片の測定値との差異を%で表したものです。

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	63%	37%	93%	100%	103%	100%	98%	93%	92%	93%
1週間	18%	45%	100%	104%	106%	92%	95%	97%	98%	98%
相対的強度										
1日	66%	43%	101%	102%	102%	102%	100%	101%	101%	101%
1週間	27%	39%	97%	99%	97%	93%	92%	92%	96%	94%
Relative Elongation										
1日	116%	131%	102%	100%	111%	81%	97%	113%	77%	43%
1週間	197%	144%	78%	65%	85%	133%	123%	131%	173%	45%
相対的質量										
1日	107%	139%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	102%
1週間	119%	137%	101%	100%	101%	101%	100%	101%	100%	103%

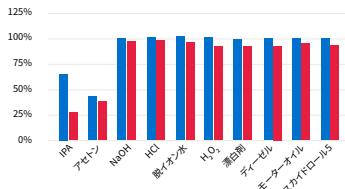
浸漬後の引張弾性率



浸漬後の破断伸び率



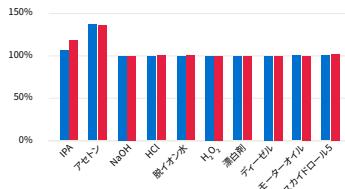
浸漬後の最大引張強さ



● 1日

● 1週間

浸漬後の質量吸収

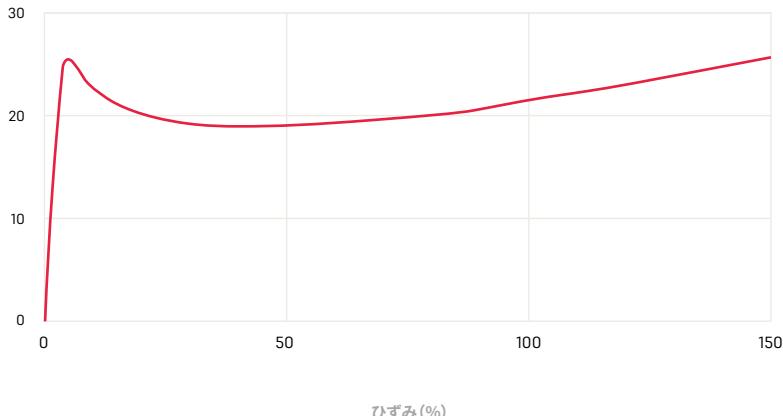


典型的引張曲線 (ASTM D638-14)

Type I, 5 mm/分

グリーン状態

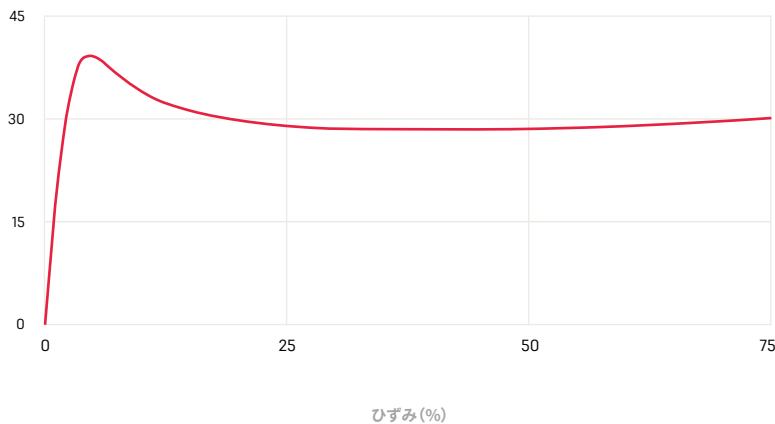
応力 (MPa)



ひずみ (%)

二次硬化後

応力 (MPa)

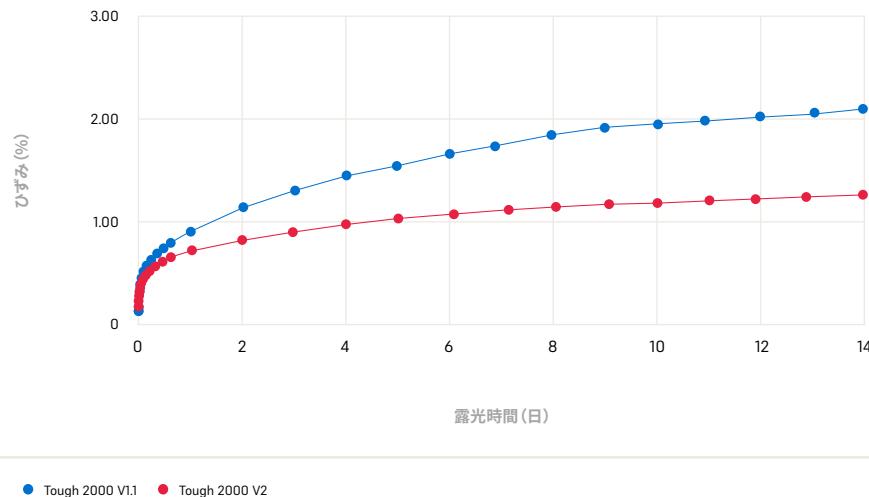


ひずみ (%)

曲げクリープ ISO 6602

Formlabsは、ISO 6602を用いてTough 2000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、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 2000レジンV2の0°Cから150°CまでのDMA曲線を3°C/分で表示。ガラス転移は112.2°Cで観察され、貯蔵弾性率の変曲は76.96°Cで観察されました。

