

# 複合マテリアル

複合ベース	試験(ASTM)	Onyx	Onyx FR	Onyx ESD	Nylon
引張弾性率 (GPa)	D638	2.4	3.0	4.2	1.7
引張降伏応力 (MPa)	D638	40	41	52	51
引張破壊応力 (MPa)	D638	37	40	50	36
引張破断ひずみ (%)	D638	25	18	25	150
曲げ強度 (MPa)	D790 <sup>1</sup>	71	71	83	50
曲げ弾性率 (GPa)	D790 <sup>1</sup>	3.0	3.6	3.7	1.4
荷重たわみ温度 (°C)	D648 B	145	145	138	41
難燃性	UL94	—	V-0 <sup>2</sup>	—	—
アイソット衝撃強度 (ノッチ付き) (J/m)	D256-10 A	330	—	44	110
表面抵抗 (Ω)	ANSI/ESD STM11.11 <sup>3</sup>	—	—	10 <sup>5</sup> ~ 10 <sup>7</sup>	—
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	—	1.2	1.2	1.2	1.1

Markforgedのパーツの主成分は、複合ベースマテリアルです。1種類の連続ファイバー素材を追加して、パーツを強化できます。

試験片の寸法と構造:

- 引張試験片: ASTM D638 Type IまたはIV ビーム
- 曲げ試験片: 三点曲げ、4.5インチ(長さ)x 0.4インチ(幅)x 0.12インチ(高さ)
- 0.45 MPa、66 psi時点の荷重たわみ温度 (ASTM D648-07メソッドB)

1. ASTM D790と同様の方法で測定。複合ベースのみのパーツは、曲げテスト終了まで破断することはありません。

2. Onyx FRは、厚さ3mmまでUL 94 V-0 Blue Card 認定を受けています。

3. 表面抵抗は、認定されたサードパーティの試験施設により推奨されたプリント設定を使用し、パーツの複数の面で測定されました。詳細については、Onyx ESDデクニカルデータシートをご参照ください。

連続ファイバー素材	試験(ASTM)	カーボン	カーボンFR	Kevlar®	グラスファイバー	HSHT FG
引張強度 (MPa)	D3039	800	760	610	590	600
引張弾性率 (GPa)	D3039	60	57	27	21	21
引張破断ひずみ (%)	D3039	1.5	1.6	2.7	3.8	3.9
曲げ強度 (MPa)	D790 <sup>1</sup>	540	540	240	200	420
曲げ弾性率 (GPa)	D790 <sup>1</sup>	51	50	26	22	21
曲げ破断ひずみ (%)	D790 <sup>1</sup>	1.2	1.6	2.1	1.1	2.2
圧縮強度 (MPa)	D6641	420	300	130	180	216
圧縮弾性率 (GPa)	D6641	62	59	25	24	21
圧縮破断ひずみ (%)	D6641	0.7	0.5	1.5	—	0.8
荷重たわみ温度 (°C)	D648 B	105	105	105	105	150
アイソット衝撃強度 (ノッチ付き) (J/m)	D256-10 A	960	810	2000	2600	3100
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	—	1.4	1.4	1.2	1.5	1.5

ファイバー複合体の寸法および構造  
試験片:

- これらのデータで使用されるテストブランクは、一方向にファイバー強化されています (0° バイール)
- 引張試験片: 9.8インチ(長さ)x 0.048インチ(幅)x 0.5インチ(高さ) (CF複合マテリアル)、9.8インチ(長さ)x 0.08インチ(幅)x 0.5インチ(高さ) (GFおよびKevlar®複合マテリアル)
- 圧縮試験片: 5.5インチ(長さ)x 0.085インチ(幅)x 0.5インチ(高さ) (CFマテリアル)、5.5インチ(長さ)x 0.12インチ(幅)x 0.5インチ(高さ) (Kevlar®およびFGマテリアル)
- 曲げ試験片: 三点曲げ、4.5インチ(長さ)x 0.4インチ(幅)x 0.12インチ(高さ)
- 0.45 MPa、66 psi時点の荷重たわみ温度 (ASTM D648-07メソッドB)

引張、圧縮、破断点歪み、および荷重たわみ温度のデータは、認定されたサードパーティの試験施設から提供されました。曲げデータは、Markforgedによって作成されたものです。ここに示されているのは代表的な値です。

Markforgedの試験片は、テストパフォーマンスを最大化するために独自に設計されています。ファイバー試験片は、一方向にファイバーで完全充填され、壁なしでプリントされたものです。試験片は、ソリッドインフィル(無垢)でプリントされています。特定のテスト条件について詳細を確認したい場合や、社内テスト用にテスト パーツが必要な場合は、Markforgedの担当者までご連絡ください。お客様のすべてのパーツには、お客様の仕様に沿ったテストを実施する必要があります。

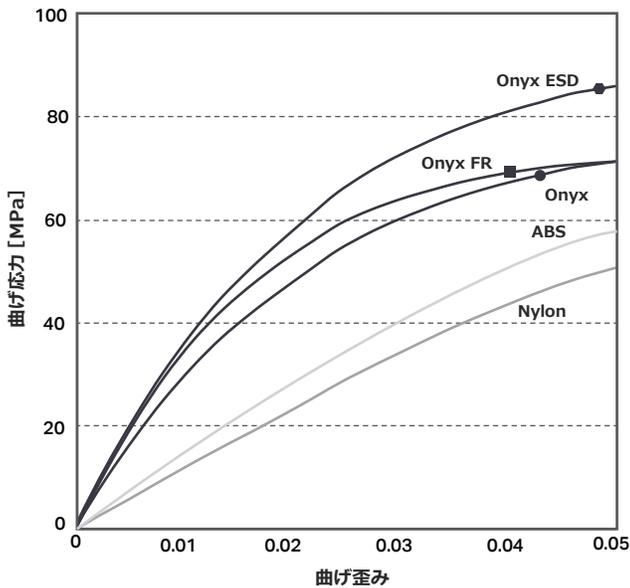
部品および材料の性能は、ファイバーの配向条件、パーツ設計、特定の負荷条件、テスト条件、ビルド条件などによって異なります。

この代表的なデータは、標準的な方法を使用してテスト、測定、または計算されており、予告なしに変更される場合があります。Markforgedは、商品性、特定用途への適合性、または特許侵害に対する保証を含むがこれらに限定されない、明示または黙示を問わず、いかなる種類の保証も行いません。また、この情報の使用に関して一切の責任を負いません。ここに記載されているデータは、設計、品質管理、または仕様の制限を確立するために使用されるべきではなく、特定のアプリケーションへの適合性を判断するための独自のテストの代わりになることを意図していません。このシートの内容は、知的財産権に基づいて運営するためのライセンスまたは侵害を推奨するものとして解釈されるべきではありません。

Markforgedコンポジットプリンターは、強度に優れた連続ファイバー素材でFFFパーツを強化する独自のプロセス、連続ファイバー強化(CFR)に対応しています。CFR対応機械は2つの押出システムを使用します。1つは標準のFFFプロセスで複合ベース材料を押出すもので、もう1つはパーツ内に充填される連続ファイバー用です。

## 複合ベース

Markforgedの複合ベースマテリアルは、従来のFFF熱可塑性プラスチックのようにプリントできます。このマテリアルだけでプリントすることが可能で、カーボンファイバーやKevlar、グラスファイバーなどの連続ファイバー素材での補強も可能です。



### ● Onyx 曲げ強度: 71 MPa

Onyxは、マイクロカーボンファイバー充填したナイロン素材です。ABSの1.4倍強く、硬いOnyxは、あらゆる連続ファイバー素材で補強できます。高いレベルの表面仕上げ、耐薬品性、耐熱性を実現します。

### ■ Onyx FR 曲げ強度: 71 MPa

Onyx FRは、UL 94 V-0ブルーカード認証を取得し、Onyxと同様の機械的特性を備えたマテリアルです。難燃性、軽量、強度が必要な用途に最適です。

### ● Onyx ESD 曲げ強度: 83 MPa

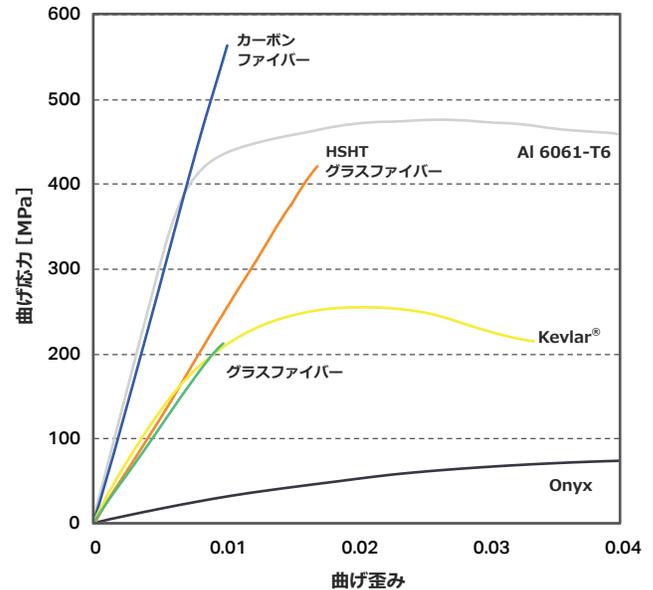
Onyx ESDは、静電気拡散性を備えたOnyxです。厳しいESD安全要件を満たすと同時に、高いレベルの強さ、硬さ、表面仕上げを実現します。ESD安全要件準拠が必要な用途に最適です。

### ● Nylon 曲げ強度: 50 MPa

Nylon Whiteは、滑らかで、傷つきにくく、簡単に塗装できます。あらゆる連続ファイバー素材で補強ことができ、傷防止、繰り返しの使用、装飾パーツに最適です。

## 連続ファイバー素材

連続ファイバー素材は、2つ目のファイバーノズルからパーツ内部に敷き詰められます。連続ファイバー素材は、それだけでプリントすることはできず、Onyxなどの複合ベースマテリアルでプリントされたパーツの補強に使用されます。



### ● カーボンファイバー 曲げ強度: 540 MPa

カーボンファイバーは、当社の連続ファイバーの中で最も高い強度対重量比を持っています。Onyxの6倍強く、18倍硬いこのカーボンファイバー補強材は、機械加工されたアルミニウムの代替品となるパーツに主に使用されます。

### ● グラスファイバー 曲げ強度: 200 MPa

グラスファイバーは、エントリーレベルの連続ファイバー素材で、手頃な価格で高い強度を実現できます。Onyxの2.5倍強く、8倍硬いこのグラスファイバー補強材は、強力で堅牢なツールを造形できます。

### ● Kevlar® 曲げ強度: 240 MPa

Kevlar®は、優れた耐久性を備えており、繰り返し発生する急激な負荷がかかる可能性のあるパーツに最適です。グラスファイバーと同じくらい硬く、延性ははるかに高いため、さまざまな用途で使用できます。

### ● HSHTグラスファイバー 曲げ強度: 420 MPa

高強度・高温(HSHT)グラスファイバーは、アルミニウムの強度と高い耐熱性を兼ね備えています。Onyxの5倍強く、7倍硬いHSHTグラスファイバーは、高い動作温度で使用されるパーツに最適です。