

高速引張り試験機

キーワード： 高速、引張り、恒温槽、高速度ビデオカメラ、速度依存性、温度依存性

1. はじめに

各種の工業材料、工業製品において、力学物性は主要な物性の一つです。特に、自動車・航空部材や安全・防護用品など、高速で衝撃的な変形が生じる（生じる可能性のある）状況で使用される場合、実際に高速変形が加わった際の力学物性を把握しておくことが重要になります。しかしながら、汎用的な材料試験機において設定できる最大引張り速度は、たかだか 1 m/min (17 mm/s) 程度です。

当研究所では、板状や膜状の繊維・高分子材料を主な対象とし、それらに最高 20 m/s の高速引張り変形を加えた際の強度や変形量を測定できる高速引張り試験機（島津製作所製 HITS-T10-S）を保有しており、様々な産業分野のお客様にご利用いただいています。ここでは、本試験機の概要を述べるとともに、ポリカーボネートを用いた試験例を示します。

2. 高速引張り試験機の概要

高速引張り試験機の仕様を表 1 に、模式図を図 1 に示します。本試験機では、試験片を把持する 2 つのチャックのうち、下側のチャックはロードセルに直結して固定されます。一方、上側のチャックは、助走ジグ（後述）を介してピストンに連結されます。試験時には、油圧駆動のピストンを高速で引き上げる

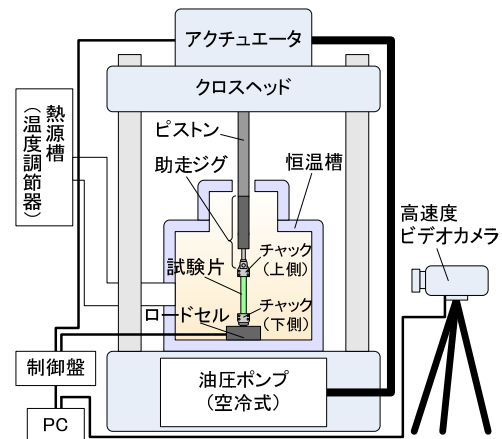


図 1 高速引張り試験機の模式図

表 1 高速引張り試験機の仕様

設定引張り速度	0.1 mm/s ~ 20 m/s* ($1 \times 10^{-4} \sim 2 \times 10^1$ m/s)																		
荷重容量	ロードセル容量 : 10 kN (測定時は、10 kN、5 kN、2 kN、1 kN から荷重フルスケールを選択)																		
最大変形量	最大変形量 = 300 mm - 推奨助走距離 (速度が大きくなるほど、推奨助走距離は増加し、最大変形量は減少する。)																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>設定引張り速度</th> <th>推奨助走距離</th> <th>最大変形量</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>~ 5 m/s</td> <td>50 mm</td> <td>250 mm</td> </tr> <tr> <td>5 m/s ~ 10 m/s</td> <td>80 mm</td> <td>220 mm</td> </tr> <tr> <td>10 m/s ~ 15 m/s</td> <td>120 mm</td> <td>180 mm</td> </tr> <tr> <td>15 m/s ~ 18 m/s</td> <td>200 mm</td> <td>100 mm</td> </tr> <tr> <td>18 m/s ~ 20 m/s</td> <td>240 mm</td> <td>60 mm</td> </tr> </tbody> </table>	設定引張り速度	推奨助走距離	最大変形量	~ 5 m/s	50 mm	250 mm	5 m/s ~ 10 m/s	80 mm	220 mm	10 m/s ~ 15 m/s	120 mm	180 mm	15 m/s ~ 18 m/s	200 mm	100 mm	18 m/s ~ 20 m/s	240 mm	60 mm
設定引張り速度	推奨助走距離	最大変形量																	
~ 5 m/s	50 mm	250 mm																	
5 m/s ~ 10 m/s	80 mm	220 mm																	
10 m/s ~ 15 m/s	120 mm	180 mm																	
15 m/s ~ 18 m/s	200 mm	100 mm																	
18 m/s ~ 20 m/s	240 mm	60 mm																	
試験片サイズ（短冊状の場合）	幅：最大 25 mm、厚さ：最大 6 mm、つかみ間隔：最大 150 mm																		
データ収集周期	最小 0.5 μ s																		
恒温槽温度設定範囲	-40°C ~ +150°C																		
高速度ビデオカメラ撮影速度	標準的な画素数での撮影速度 : 20,000 コマ/秒 → 20 m/s での試験時、変位量 1mm あたり 1 コマ																		

* ただし、実際の速度は試料の剛性等により異なります。

ことによって、試験片に高速引張り変形を与え、その際の荷重とチャック間変位量の経時変化データを収集することができます。

また、本試験機には恒温槽が付属しており、 -40°C ～ $+150^{\circ}\text{C}$ の一定温度環境下での試験が可能です。さらに、高速度ビデオカメラも付属しており、変形過程や破断状況の動画撮影はもちろん、画像解析ソフトを使用することで、標点間距離の経時変化を求めることもできます。

なお、本試験機では、「助走ジグ」と呼ばれる特殊なジグを使用します。図2は試験時の助走ジグの動きを模式的に示したものです。試験開始初期（助走期間）は、ピストンと助走ジグの外筒部のみが移動し、試験片には変形が加わらない機構となっています。この助走期間でピストンの移動速度を設定速度に到達させた後、試験片に変形を与えることで、高速かつ一定速度での試験が行えます。引張り速度が大きいほど、助走期間、言い換えると助走させる距離を長くする必要があるので、表1に示したように、引張り速度に応じた推奨助走距離が設定されています。

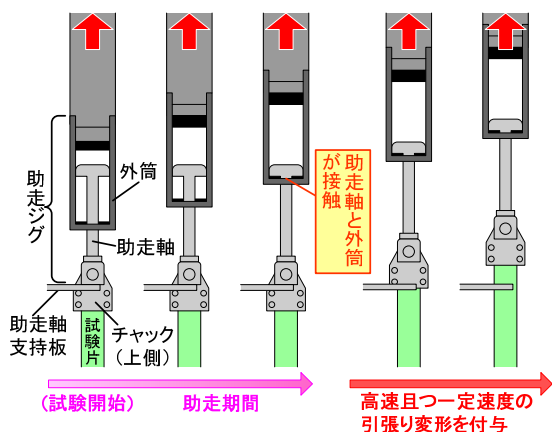


図2 助走ジグの動き

3. 高速引張り試験の例

ポリカーボネートのダンベル形試験片 (JIS K 7113 の1号形、厚さ3 mm、つかみ間隔：115 mm、標点間距離：50 mm) を用い、室温下、設定速度を1 m/sとして高速引張り試験を行いました。引張応力と引張ひずみの関係および高速度ビデオカメラで撮影した代表的

な画像を図3に示します。

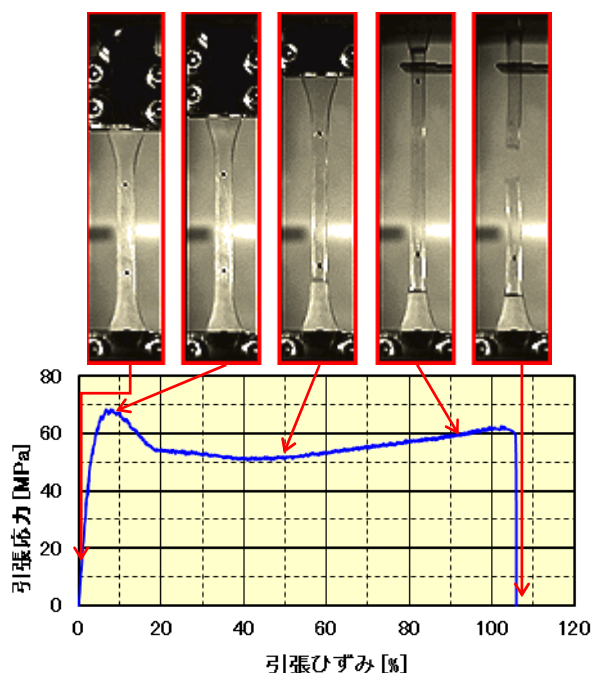


図3 高速引張り試験の例

ダンベル形の試験片を用いた引張り試験では、一般的に、標点間（標線間）距離の変化から求められる「引張ひずみ」によって、試験片に加わったひずみが評価されます。また、引張ひずみの測定が困難な場合には、代替データとして、チャック間距離の変化から得られる「引張呼びひずみ」を用いることもあります。しかし、高速での試験時には、少なくとも鋼尺等を用いた目視計測で引張ひずみを測定することは不可能です。本試験機では、高速度ビデオカメラでの動画撮影と画像解析により、引張ひずみの測定ができるため、より詳細な評価を行うことが可能です。図3横軸にはこの引張ひずみを表示しています。

4. おわりに

高速引張り試験機では、汎用の材料試験機では実現できない高速領域での引張り試験を実施できます。また、単発的な高速での引張り物性評価にとどまらず、引張り物性値の速度依存性、温度依存性の評価等、多面的な力学物性評価にも活用いただけます。