

振子式衝撃試験機攻略ガイドブック

試験処理能力、繰り返し性、安全性を最大化する方法



| はじめに

振子式衝撃試験機は、衝撃を受けたときのポリマー、複合材料、および軽合金材料の性能を検証するために極めて重要です。アプリケーションに適した振り子を選択することは、試験処理能力、再現性、オペレータの安全性を最大限に高めるための鍵となります。このガイドでは、最適な結果を得るために代表的なステップを紹介いたします。

最適な振子式試験機とソフトウェアの機能の選択が、今まで以上に重要となっています。

自動車、エレクトロニクス、医療などの産業からプラスチック、複合材料、軽合金材料の需要が伸び続けています。衝撃試験を受ける材料の量と範囲が拡大し、品質管理(QC)試験室へのプレッシャーがかかっています。これは、最新の振り子衝撃試験技術がもたらすところです。



1. 今まで以上に振り子式衝撃試験が重要である理由

1.1 振り子式衝撃試験とは

衝撃試験は、衝撃現象に対する材料の耐久性を判定します。これにより、高荷重下の衝撃時に材料が吸収するエネルギー量を測定します。最も一般的な衝撃試験方法は、シャルピーとアイゾットであり、通常、振り子式衝撃試験機を用いて実行されます。これは、手動または電動のいずれかで、以下で構成されます：

- 揺動ハンマー(おもり)
- ハンマーを支える頑丈なフレーム
- 吸収エネルギーを測定する角度測定システム
- 試験片を保持するための治具

振り子は比較的シンプルな構造で、特定の高さからリリースされたハンマーが振り子の下部の試験片に当たって、再び停止するまで上昇します。試験片が吸収するエネルギーは、ハンマーの開始時高さから終了時の高さの差異を計算することによって測定されます。試験片は、通常、棒状のノッチ付きで、国際試験規格によって定義されており、サイズと形に関して非常に厳しい要件に準拠する必要があります。

表1が示すように、各衝撃試験方法の主要要件は取り扱い規格によって異なる可能性があります。

試験方法	規格	衝撃方向	試験片タイプ
シャルピー	ISO179	エッジワイズまたはフラットワイズ	A,B,C,ノッチなし
	ASTM D6110	エッジワイズ	A
アイゾット	ISO180	フラットワイズ	A,B,ノッチなし
	ASTM D256	フラットワイズ	A

表1: 主な衝撃試験方法と規格

また、試験片の大きさや使用するハンマーの種類によっても差異があります。

引張衝撃、ダイNSTATT、パイプなどの他の種類の衝撃試験は振り子(1)を使用して行うことができます。



1.2 古い試験方法、新しい課題

振り子式衝撃試験機は100年以上前から存在し、シャルピーおよびアイゾット試験は、品質管理試験室における標準的な試験手段となっています。しかし、プラスチック(2)および軽合金(3)を含む材料の増加により、より高い柔軟性、処理能力、および再現性を有す試験機が必要とされています。

また、自動車産業で使用される高耐久性ポリマー、複合材料、軽合金を試験するための、より大きなハンマー容量の需要が高まっています。これは、主に、エミッションを低減し、電気自動車(4)のバッテリーの重量を相殺するための軽量材料の需要が高まっていることが要因となっています。

軽合金や特殊ポリマーなどの高機能材料への動向も他の課題をもたらしています。これらの材料が高価であるため、生産者が無駄を最小限に抑えるために試験片のサイズをコンパクトにとどめる傾向があります。そのため、標準サイズの試験片と小型化した試験片どちらも扱える振り子試験機の需要が高まりました。

これらの課題は、近年、新素材開発の鍵を握ってきた大学などの研究機関でも直面しています。限られたオペレータの人数、人件費と設置スペースの問題、安全性の問題に直面します。したがって、高いレベルの安全性を保証できるコンパクトな卓上型の衝撃試験の需要が高まっています。

では、最新の振り子式衝撃試験技術が、上記の課題にどのように対応しているか、解説いたします。

¹ https://www.bpf.co.uk/plastipedia/testing/Impact_Testing_Pendulum.aspx

² <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/global-plastics-market>

³ <https://www.businesswire.com/news/home/20201211005249/en/Global-Aluminum-Alloy-Wheel-Market-2020-2024-Increasing-Demand-For-Lightweight-Vehicles-to-boost-the-Market-Growth-Technavio>

⁴ <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/automotive-lightweight-material-market>

2. 試験処理能力はなぜ重要なのか、また改善方法とは？

2.1 処理能力の重要性

プラスチックおよび合金の需要の増加により、衝撃試験を行うために必要になる試験片の増加については先に説明した通りです。大手素材メーカーの品質管理部門が毎日休まず、1日に数百回の試験を実施するのは珍しいことではありません。また、さまざまな材料の試験を行うため、試験設定を頻繁に変更する必要がある場合もあります。たとえば、生産者が異なる国に材料を供給する場合があります。つまり、ISO規格とASTM規格の両方に従って衝撃試験を行う必要がある可能性もあります。

サプライヤーは納期重視でメーカーへ材料を提供しているため、時間のかかる試験や非効率的な試験によって生じる問題を無視することができません。したがって、高い処理能力を維持することは、サプライチェーン全体で試験機停止時間を最小化し、生産性を最大化するために不可欠となります。

2.2 処理能力を最適化するための重要なステップ

試験設定と試験片の準備を高速化するための、処理能力の向上に役立つ最新テクノロジーがあります。ここでは、振り子式衝撃試験機を選択する際の重要な検討ポイントをいくつかご説明します。

- **予め備わった試験メソッド:**一部の振り子試験機では、ASTM/ISO規格に準拠した事前にインストール済みの試験メソッドテンプレートが付属したソフトウェアがご利用いただけます。また試験機の一部に組み込まれたタッチスクリーンPCが付属しています。これにより、毎回すべての設定を最初から手動で入力することなく、他の設定にすばやく切り替えることができます。
- **自動ハンマー検証/識別:**自動ハンマー検証/識別機能を内蔵しているため、ハンマーを正しい試験方法と簡単に一致させることができます。このシステムは、取り付けられたハンマーを自動的に認識し、データベースから関連データ(試験規格、衝撃エネルギーおよび衝撃速度)の全てを検索します。これにより、データ入力を繰り返すことが不要になり、エラーのリスクを軽減します。
- **クイックチェンジ:**振り子試験機の本体から、ハンマーや治具の取外しおよび取付けを専用ツールなしで行うことができます。
- **自動ノッチ加工機:**試験片のノッチ加工は、もう一つの重要な検討事項です。最新の装置の中には、1サイクルで最大50本の試験片にノッチを入れ、すべての主要なパラメータを保存できるものがあります。つまり、システムを毎回手動で再設定する必要はありません。この方法ですと、試験機停止時間を最小限に抑えつつ、試験片を迅速に準備することができます。



3. 再現性： 振り子式試験機の構造が試験 結果に与える影響について

3.1 精度がその鍵を握ります。

耐衝撃性を測定する場合、正確で再現可能な試験結果を生み出すことが最も重要です。その理由は単純なものです。

ポリマー、複合材料、軽合金などの材料は、性能が極めて重要なアプリケーションに使用されるため、その耐衝撃性をできるだけ正確に決定する必要があります。

しかし、大量の試験を取り扱う際は、高い再現性のある精度を維持することが課題となります。時の経過と共に、振り子式試験機またはハンマー内の一部の留め具が外れ、結果の精度及び一貫性に影響を与える振動が発生する可能性があります。

3.2 再現性を最大化するための正しい 振り子試験機を選択

再現性を高めるために、ユーザーが取ることのできる様々なステップがあります。振り子試験機を選択する際に、見るべき重要な特徴のいくつかは、以下の通りです。:

- **試験機本体:** 堅固な一体構造の鋳鉄製フレームを持つ振り子を選択することで、ファスナーの緩みによる振動のリスクを最小限に抑え、剛性と精度を最大化することが可能です。
- **ハンマー:** ハンマーの構造も同様に重要です。堅固な一体構造のハンマーは、試験結果の精度及び一貫性を最大化し、耐久性にも優れています。
- **治具:** 試験片の厚さに応じて設計された治具により、試験中に最大限の試験片保持が確保されます。これには、小型の試験片を使用し、振動を最小限に抑えることも含まれます。
- **ソフトウェア:** 振り子試験機は、試験パラメータが備わった試験機と一体型のタッチパネル型PCで、試験設定と設定プロセスを大幅に自動化できます。このソフトウェアは、手動によるエラーを軽減することで、精度を最大化することができます。



4. 柔軟性:さまざまなエネルギーとサイズの要求を満たします。

4.1 要求の変更

品質管理試験室では様々な材料の試験を行っているということをお伝えして参りました。異なる材料の試験は、ハンマーエネルギーおよび試験片サイズに関してもまた、異なる要求となります。

例えば、高性能ポリマー、複合材料、および合金は、高エネルギーハンマーの使用を必要とする可能性があり、他のプラスチック材料は、より低いエネルギーとなる場合があります。通常、高エネルギーハンマーから低エネルギーハンマー(およびその逆もあり)への切り替えには、振り試験機本体も変更する必要があります。

また、異なる材料の場合、規格に応じて特定の試験片サイズおよび形状を必要とします。

上述のように、高コストの特殊ポリマーおよび合金に関連する場合、コストを低減するために、試験片の小型化に向かう傾向があります。これらのバリエーションは全て、一般に、1組の治具から別のセットへの頻繁な切り替えを伴います。

4.2 柔軟性の鍵

上記の課題は、適切な振り子試験機および付属品を選択することによって対処することができます。

例えば、最先端の振り子試験機は、広いエネルギー範囲をカバーするように設計されています。オールインワンソリューションにより、フレームを変更することなく、高(50J)エネルギーハンマーから低(0.5J)エネルギーハンマー(およびその逆)へ、またシャルピーからアイゾット構成へと簡単に切り替えることができます。

同様に、最新の治具のいくつかは、一連の試験片サイズおよび試験方法に適応して、柔軟性を念頭に置いて設計されています。

また、さまざまな試験環境に合わせた振り子の設計とひょう量を選択できます。例えば、コンパクトな卓上型は、大学や他の研究機関のニーズに合わせて設計されています。



5. 安全について: 衝撃試験 オペレータの保護方法

5.1 衝撃試験中のオペレータへのリスク

適切な安全対策が施されていないと、振子式衝撃試験により、作業者は様々な危険に曝される可能性があります。最も一般的なのは、オペレータが試験片の位置決めを行っているときに誤ってハンマーを放した場合に起こりうる手の損傷です。衝撃速度が3.8m/秒、ハンマーエネルギーが50Jまでの場合、傷害がひどくなる可能性があります。

また、オペレータが、試験片に衝撃を与えたときに発生する可能性のある飛散性の破片にぶつくと、負傷するおそれがあります。それだけではありません。また、一部のポリマーや複合材料は、ハンマーにぶつくと有害なガス、蒸気、ほこりを放出することがあります。健康と安全性に関する研究によれば、3Dプリンターのポリマー製フィラメントは、肺(5)に入る可能性のある浮遊有毒な粒子を放出する可能性があります。他の研究は、炭素繊維6のような製品が有毒な粉塵を放出し得ますが、不飽和ポリエステル(UP)樹脂7は有毒な蒸気を生成し得ることを見出しました。

5.2 安全衛生の重点施策

試験中のオペレータを保護するために、さまざまな安全対策を施すことができます。試験機を選択時に注意すべき重要な機能は次の通りです。

- **試験エリアのカバー:** この安全機構により、試験中にオペレータが衝撃エリアに近づくことを防ぎ、破片や有害な粉塵、蒸気、煙からも保護します。
- **マニュアル安全機構:** 一部の手動式振子試験機では、ノブを同時に引いて安全レバーを押すことで、ハンマーを両手でしか解除できない設計です。この方法では、片方の手が衝撃領域にまだある場合、ハンマーを物理的に解放することはできません。
- **空圧解除システム:** 電動式振子試験機の場合、ハンマーは空気で動作するため、本体は完全に囲われています。保護カバーには、いずれかのドアが開いたときに振子を安全モードにする安全インターロックが含まれており、ハンマーがリリースされないようになっています。



⁵ <https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr1146.pdf>

⁶ <https://www.monash.edu/ohs/info-docs/safety-topics/chemical-management/carbon-fibre-composites-ohs-information-sheet#:~:text=Health%20effects%20of%20carbon%20fibre,to%20that%20of%20glass%20fibres.&text=These%20micro%20fibres%20if%20uncontrolled,the%20mucous%20membranes%20causing%20irritation>

⁷ https://www.upresins.org/wp-content/uploads/2021/06/170731_UPR_SHG2_EN.pdf

6. 低温下での衝撃試験

6.1 なぜ温度が問題となるのか 物質延性-脆性遷移

温度は材料の耐衝撃性に影響を及ぼし得る最も大切な外因性因子の一つです。低温では、材質が延性から脆性に遷移する可能性があり、致命的な故障につながる可能性があります(8)。これのよく知られた例が、タイタニック号(9)の沈没です。船の船体を構築するために使用された鋼材は、氷山に当たったときに破砕しました。凍った大西洋の海水に曝されたときの延性から脆性から脆性への遷移温度よりも低かったためです。

自動車用途に使用される高分子材料、複合材料、合金材料は、低温でも高い耐衝撃性を発揮しなければなりません。

従って、衝撃試験は、氷点下の温度条件で実行する必要があります。実験室環境でこれらの条件を再現するには、恒温槽を使用して、試験片と治具の両方を冷却する必要があります。しかし、これは、不要な試験停止期間を招き時間のかかる工程になる可能性があります。また、試験片および治具を恒温槽から取り出すとすぐに、温度の変動により、結果が完全に正確かつ一貫していない場合があります。

6.2 冷却をより効率的にする方法

一体型温度調節恒温槽は、冷却プロセスを高速化し、温度変動のリスクを最小化する簡単な方法です。

最新の振り子試験機の一部には、衝撃領域、治具および試験片の周囲に直接配置された槽が付属しています。1回で最大11個の試験片を-60°Cの温度まで冷却することができ、同時に治具を冷却することができるため、段取り時間が大幅に短縮されます。

この方法では、精度を最大化しながら休止時間を最小限に抑えます。取り付け具はすでに試験実行時に適切な位置にあり、適切な温度にあるため、室温への曝露は最小限に抑え、結果ができるだけ正確になるようにします。



7. ソフトウェア革命

ここまで、振り子ソフトウェアがセットアップを簡単にし、再現性を最適化するためにどのように鍵となるかを見てきました。事前に設定した試験方法テンプレートから自動ハンマー認識まで、最新のソフトウェア機能は既に衝撃試験の簡素化に役立っています。

また、最新の一体型タッチパネルパソコンに搭載されているソフトウェアでは、吸収エネルギーのパーセンテージなどの情報も表示されます。これは、試験が関連規格に適合していることを確認するための鍵です。また、本ソフトウェアを使用して、試験データを解析し、詳細なレポートやCSVファイルを生成することもできます。これらのファイルは、統合されたPCパネルからUSB経由で外部PCにエクスポートできます。

将来、新しいソフトウェアは、様々な無線通信プロトコルを通して試験データをローカルマシンからサーバシステムに自動的に転送することを可能にするでしょう。これにより、試験データはどこでも誰でも広くアクセスできるようになります。これは、特に、異なる地域に分散する試験所を有する大規模材料メーカーにとって、再現性をさらに改善するのに役立ちます。



結論

シャルピーとアイゾットで材料試験をすることは、実使用下でその性能を評価する鍵です。自動車から医療に至るまで、耐衝撃性は、高分子材料、複合材料、軽合金材料を調達する際にメーカーが探す最も重要な仕様の1つであります。このガイドでは、最新の振り子技術が、どのようにして試験プロセスをより効率的で、繰り返し可能で、かつ安全にするのに役立つかを見てきました。

シャルピーとアイゾットの衝撃試験は特に新しい試験方法ではありません。既に多くの品質管理試験室で標準的な慣行であるよく知られた方法です。新しい点は、今や衝撃試験を必要とする材料の量と種類が増え、これまでになく圧力を受けている試験室を置いていることです。このガイドでは、これらの課題にもかかわらず、処理能力と再現性を維持し、さらには向上させるために、簡単な手順をどのように取るができるかを説明しました。

これまで以上に試験を実施すると、オペレータが危険にさらされて事故の機会が増える可能性があります。このガイドでは、リスクを最小限に抑えるために採用できる最上位の安全機能の一部をご紹介いたしました。

品質管理試験室は、それらの衝撃試験能力の最適化に役立つ様々なハードウェアおよびソフトウェアの機能を頼りにしていただけます。振り子ソフトウェアは、処理能力と再現性を最適化し続けるために進化しています。インストロンのような信頼のおけるメーカーからの継続的な技術サポートと組み合わせることで、試験室が将来直面する可能性がある新しい課題に対して、試験能力を未来に証明できるものとなります。



著者について

ステファニー・ウィリアムズはインストロンのシニアプロダクトスペシャリストです。1989年にDynatup社、1997年にインストロンに入社以来、衝撃製品に関する技術およびアプリケーションサポートを提供し今日に至ります。

⁸ <https://www.materials.unsw.edu.au/study-us/high-school-students-and-teachers/online-tutorials/crack-theory/brittle-fracture/ductile-brittle-transition>
⁹ <https://www.materials.unsw.edu.au/study-us/high-school-students-and-teachers/online-tutorials/crack-theory/brittle-fracture/ductile-brittle-transition>



Instron®について

インストロンは、75年以上にわたり技術とイノベーションを背景に成長し続ける、機械的試験装置の世界的なリーディングカンパニーです。当社の試験システムは、最先端の性能と最高クラスの安全機能を備えており、全世界でテクニカルサポート、校正などのサービスを提供する業界トップクラスのサービスチームに支えられています。

インストロンは、全世界52カ国に850以上の分散型ビジネスユニット、約6万人の従業員を持つ米国イリノイ・ツール・ワークス・ワークス(ITW)グループの試験・測定部門の一部です。