

Application News

No. V24

高速度ビデオカメラ
High-Speed Video Camera

高速飛翔体の衝突における CFRP の 3D-DIC 解析

3D-DIC Analysis of CFRP in the Collision of High Speed Object

はじめに

Introduction

炭素繊維強化プラスチック（Carbon Fiber Reinforced Plastic：CFRP）は、複合材料の中でも特に比強度・比剛性に優れています。そのため、軽量化による燃費向上を目的に、航空機や一部の輸送機で使用されています。しかし、優れた力学特性を示すのは CFRP 積層板の繊維方向に限った場合であり、繊維と直行方向や層間の強度は低いことが知られています。輸送機での使用を考えると、雹や飛び石などによる積層板の面外から（層間）の衝撃負荷が加わることがあります。そのため、高速飛翔体の衝突試験は、非常に重要な試験となっています。ここで、衝突試験後の CFRP 積層板に外傷が確認できなくても、層間の強度が低いために内部で損傷していることがあります。そのため、CFRP の衝撃特性を評価するためには、衝撃時に CFRP 積層板がどのように変形して、どのような内部損傷を発生させたのかを確認する必要があります。

試験体のひずみ分布を測定するには DIC 解析が有効であり、3次元的なひずみ分布を測定するためには2方向からの同期撮影が必要になります。今回は、高速飛翔体の衝突による CFRP の変形を2台の高速度ビデオカメラを使用して、3D-DIC 解析により評価した例をご紹介します。

F. Yano

※ DIC 解析

物体表面のランダムパターンを物体変形前後で比較し、パターンの移動量を調べる手法。今回ランダムパターンは白スプレーを用いて作製。

測定システム

Measurement System

Fig. 1 に試験の様子を、Fig. 2 に真空チャンバ内の様子を示します。鋼球発射装置により発射された鋼球は、真空チャンバ内に設置された CFRP 試験片に衝突します。真空チャンバ正面の左右にはそれぞれ観察窓が設けられており、観察窓を通して鋼球衝突時の様子を2台の高速度ビデオカメラ HPV-X2 にて撮影しました。得られた撮影画像は、DIC 解析ソフト VIC 3D（Correlated Solutions 社）を用いて 3D-DIC 解析を行いました。使用した撮影装置を Table 1 に示します。

Table 1 撮影装置
Experimental Equipment

高速度ビデオカメラ	: HPV-X2 2台
レンズ	: 200 mm 望遠レンズ 2個
照明	: ストロボ 2台
DIC 解析ソフト	: VIC 3D

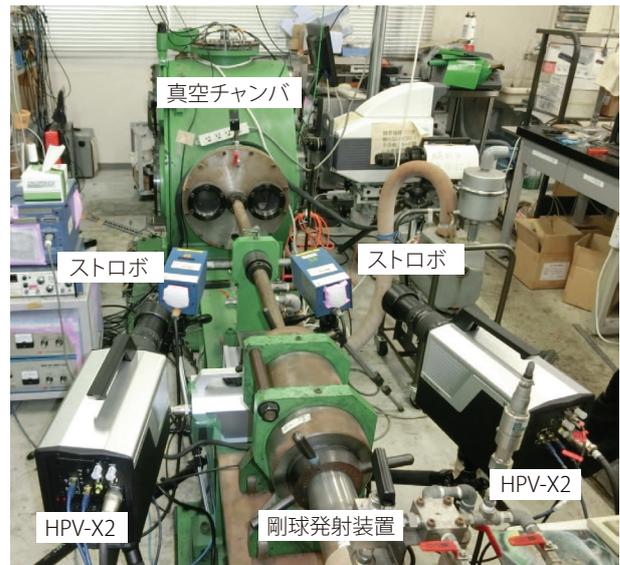


Fig. 1 撮影の様子
Experimental Equipment

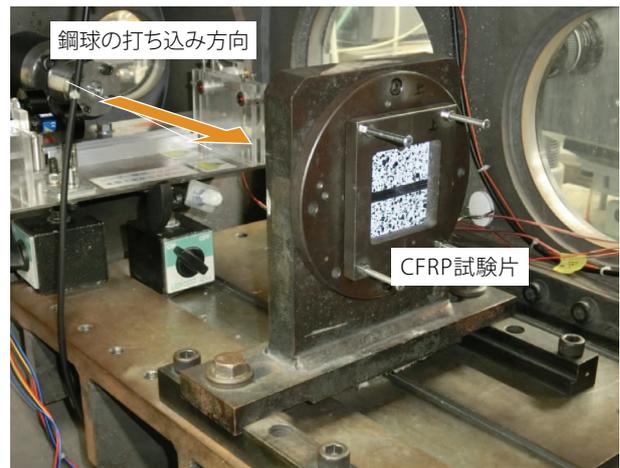


Fig. 2 真空チャンバ内
Inside of Vacuum Chamber

Table 2 撮影条件
Imaging Conditions

撮影速度	: 50 万コマ/sec
露光時間	: 500 ns
衝突速度	: 330 m/sec, 450 m/sec
衝突体	: φ 4 mm 鋼球
試験片	: CFRP 縫合材 t = 3.2 mm

■測定結果

Results

鋼球の衝突速度は、330 m/sec と 450 m/sec に設定して、撮影を行いました。Fig. 3 に衝突速度 330 m/sec における 3D-DIC 解析結果（鋼球打ち込み方向の変位）を示します。鋼球は CFRP 試験片を貫通せず、Fig. 3 の 1～5 にかけて衝突点を中心に変形範囲が広がり、鋼球打ち込み方向の変形量が増加していく様子が確認できます。その後、画像 10 にかけて変形範囲と変形量の両方が減少している様子が確認できます。Fig. 4 に衝突速度 450 m/sec における 3D-DIC 解析結果（鋼球打ち込み方向の変位）を示します。衝突速度 450 m/sec では、鋼球は CFRP 試験片を貫通し、Fig. 3 と同様に衝突点付近の変形量が増加していく様子が確認できます。しかし、変形範囲は衝突点付近に限られ、貫通しない場合と比較して小さいことがわかります。

■おわりに

Conclusion

今回、2 台の高速度ビデオカメラ HPV-X2 を用いて、CFRP 板に鋼球を衝突させたときの変形量を 3D-DIC 解析を実施して測定しました。その結果、鋼球が貫通した場合と比較して、貫通しない場合は変形範囲が広く、広く損傷している可能性があることがわかりました。3D-DIC 解析を行うには、2 方向からの同期撮影画像が必要ですが、HPV-X2 では容易に同期撮影することができ、CFRP の衝突試験の評価に役立てていただくことができます。

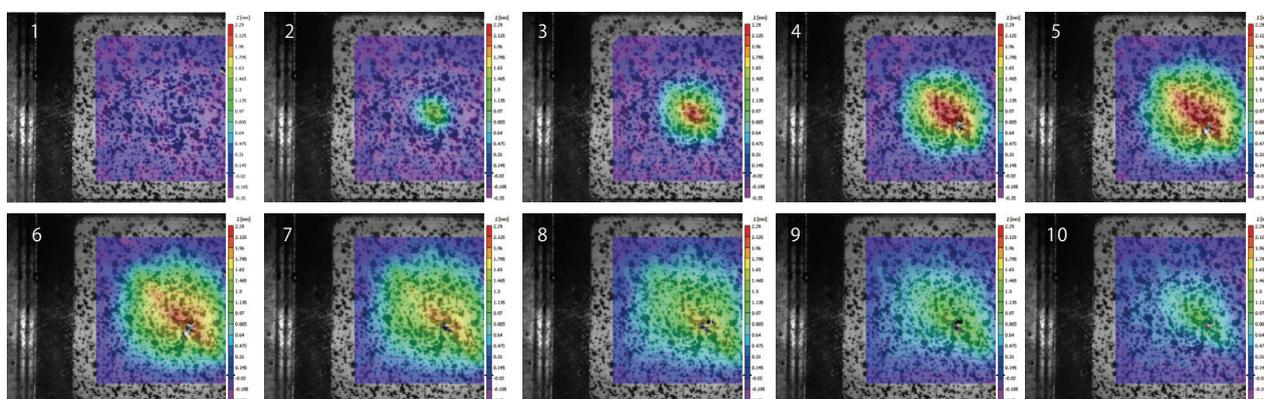


Fig. 3 撮影結果（衝突速度 330 m/sec、画像間の時間間隔は 20 μ m）
High Speed Imaging of 3D-DIC Analysis (Test speed 330 m/sec)

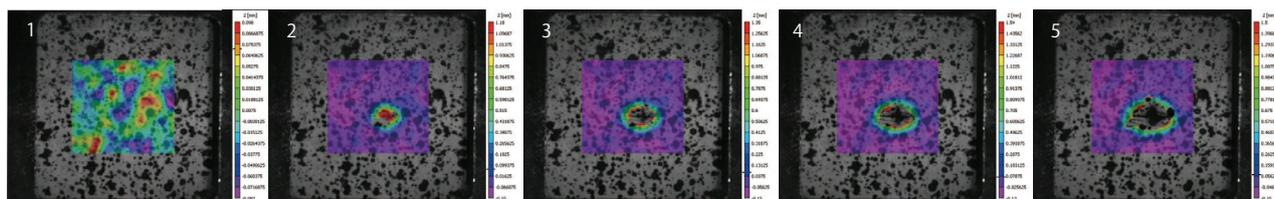


Fig. 4 撮影結果（衝突速度 450 m/sec、画像間の時間間隔は 10 μ m）
High Speed Imaging of 3D-DIC Analysis (Test speed 450 m/sec)

データ提供：名古屋大学田邊研究室