

振動・衝撃による段ボール箱の強度劣化

キーワード：段ボール箱、振動、衝撃、荷重率、圧縮強度率、強度劣化

はじめに

段ボール箱は、工業製品や農林水産物などの輸送に幅広く使われている包装容器ですが、様々な要因により強度劣化を起こします。

その主な要因である保管中の湿度上昇や積載荷重によるクリープ（時間と共にひずみが増大する現象）などの影響については、数多く報告されています。ところが、トラックやフォークリフトなどの輸送手段の荷台に生じる振動や衝撃による影響については、重要であるにもかかわらずあまり報告されていません。そこで、振動・衝撃による段ボール箱の強度劣化について検討したので紹介します。



図1 段差を乗り越えたフォークリフト

振動による段ボール箱の強度劣化

包装貨物用振動試験機（表1参照）の上に段ボール箱（表2参照）を置き、その上に錘（質量：10～60kg）を載せて JIS Z0232²⁰⁰⁴（包装貨物-振動試験方法）のランダム振動で加振しました（加振時間：5.35～180min）。次に3トン圧縮試験機で、加振した段ボール箱と加振していない段ボール箱の圧縮強度を測定しました。

表1 包装貨物用振動試験装置の仕様

正弦波加振力	30 kN
ランダム波加振力	21 kN rms
最大速度	2.0 m/s
最大変位	190 mmp-p
テーブル A	1000×1000 mm
テーブル B	500×500 mm

表2 供試段ボール箱

原紙構成	LB170/MC120/LB170
外寸法	330×200×330 mm
段の種類	A 段

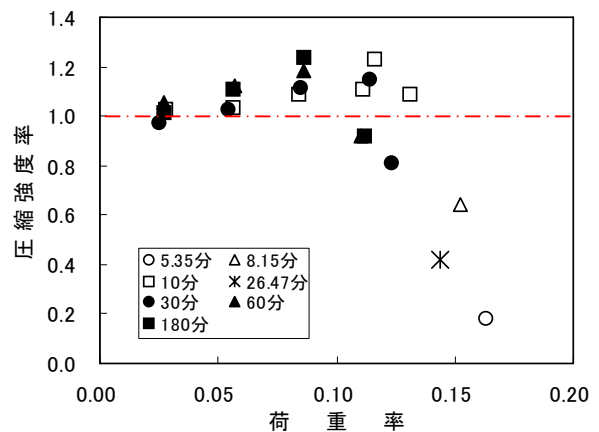


図2 振動による段ボール箱の強度変化

荷重率と圧縮強度率を以下のように定義すると、試験結果は図2のようになります。

$$\text{荷重率} = \frac{\text{錘の重量 (錘の質量} \times 9.8 \text{ m/s}^2\text{)}}{\text{加振しない場合の圧縮強度}}$$

$$\text{圧縮強度率} = \frac{\text{加振した場合の圧縮強度}}{\text{加振しない場合の圧縮強度}}$$

圧縮強度率が1より小さいことは、段ボール箱に強度劣化が起っていることを表すので、30分以上加振する場合、荷重率が0.12程度を超えると段ボール箱に強度劣化が起り始めることがわかります。

衝撃による段ボール箱の強度劣化

包装貨物用振動試験機に段ボール箱を置き、その上に質量 20kg の錘を載せて、正弦半波の衝撃（衝撃加速度：100～300m/s²、作用時間：4～28ms）を加えました。次に箱圧縮試験機で、衝撃を加えた段ボール箱と衝撃を加えていない段ボール箱の圧縮強度を測定しました。

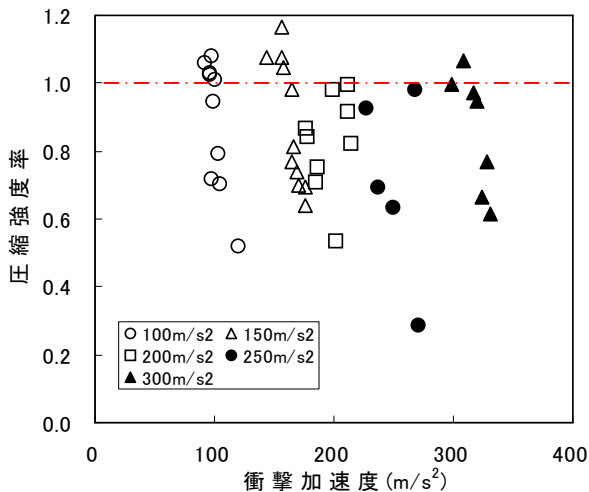


図3 衝撃加速度と圧縮強度率との関係

試験結果は、図3に示すようになり、加速度値の大小では圧縮強度率の大小（強度劣化の程度）が決まりません。そこで、衝撃加速度と作用時間とを考慮した物理量である速度変化（図4の灰色部の面積）で評価しました。

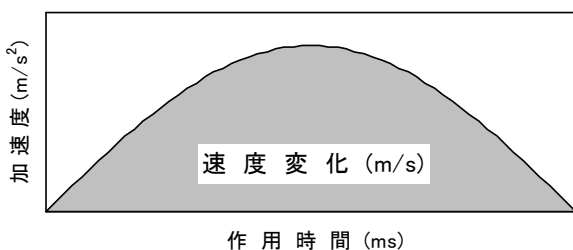


図4 速度変化

図5より、速度変化がある値以上になると、速度変化の増加に伴い圧縮強度率が減少しています。また、圧縮強度率が1.0より小さくなる（強度劣化し始める）速度変化の値（1.2m/s～2.0m/s）は、加速度の大きさで異なり、速度変化が等しい場合は、加速度が高くなる程、強度劣化しにくい傾向にあります。

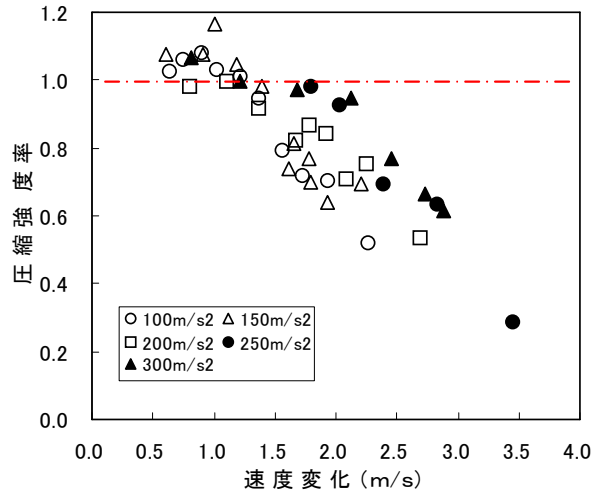


図5 速度変化と圧縮強度率との関係

速度変化 V (m/s)と落下高さ h (cm)の関係¹⁾は、反発係数を e 、重力加速度を g とすると、

$$h = 100 \times \left(\frac{V}{1+e} \right)^2 / 2g$$

で表わされます。現実的な反発係数の範囲である $0.25 \leq e \leq 0.75$ を上式に代入すると、速度変化が 1.2m/s～2.0m/s の場合の落下高さは、2.4～13.1cm となります。供試段ボール箱の圧縮強度は、1.7～1.8kN ですので、20kg の錘は、圧縮強度の 1/9 程度の積載荷重となります。この場合、運搬中にありがちな数 cm～10 数 cm の落下高さで劣化が起こります。

おわりに

本シートでは振動・衝撃による段ボール箱の強度劣化について紹介しましたが、強度劣化に関して影響が大きい湿度の影響については、当所にあります輸送環境用恒温恒湿槽を利用して評価することができます。当所では、輸送包装に関する技術相談、依頼試験および設備開放を行っておりますので、皆様のご利用をお待ちしております。

参考文献

- 1) JIS Z0119:2002 附属書3

作成者 製品信頼性科 高田 利夫
発行日 2012年5月7日

Phone 0725-51-2710