

水分の影響を考慮した段ボール緩衝材の包装設計について

近年、そのリサイクル性の良さから包装用緩衝材に紙系材料が使用される設計事例が増えています。しかし、紙系緩衝材の設計には課題も多く、特に温湿度の変化により強度が変化し、緩衝性も変わる点や一度潰れた後の復元性に劣ることなどが挙げられます。

図1はある立方体形状の積層段ボール緩衝材について前処置条件を温度 20 一定、湿度を 35, 65, 95% の 3 段階として落下衝撃試験により加速度を測定した結果です。加速度値が低い方がクッション性も良く、製品へのダメージが緩和されます。また横軸の静的応力は重りの質量を試料の支持面積で除した数値を表しています。図より積層段ボールの緩衝性は湿度により差があることがわかります。湿度が低い、つまり乾燥側になるほど加速度曲線が応力の大きい側へシフトする傾向があります。このように湿度条件によって特性が変化する紙系緩衝材ですが、実際の輸送において緩衝材が強くて変形しにくく製品がダメージを受けて破損したり、また逆に、緩衝材が弱くて潰れやすく底づきが発生したりするような事態は避けなければなりません。そこで水分の影響を考慮した緩衝設計の手順について説明します。

手順 1：応力範囲の設定

図1において適正な応力範囲を考えた場合、外気の乾燥時に加速度値が大きくなります。したがって、製品の許容加速度を乾燥状態の線図に当てはめて適正な応力範囲を設定します。

手順 2：底づき防止条件の設定

次に多湿時の内容品の安全性について考えます。もし、多湿時でも緩衝材の底づきが発生しなければ衝撃加速度は標準時よりも低くなるため、内容品のダメージも小さくなります。

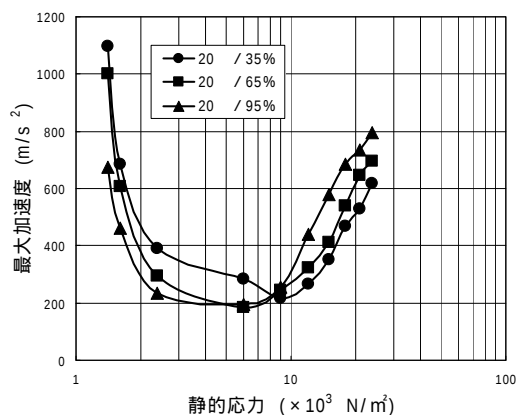


図1 湿度による緩衝特性の差

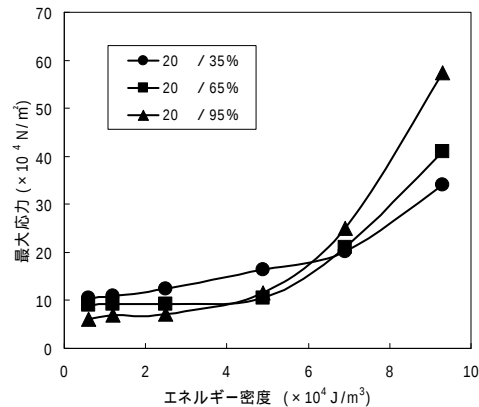


図2 「エネルギー密度 - 最大応力」線図

しかし、多湿時の緩衝材のエネルギー吸収量はかなり減少するため内容品の位置エネルギーが大きい場合は注意が必要です。

図2は図1の結果を基に緩衝材のエネルギー密度（緩衝材単位体積当たりの製品位置エネルギー量）と最大応力の関係を示した線図です。最大応力が急激に立ち上がる点から底づきが発生しますのでこの範囲は避けなければなりません。湿度 95% の線図が他よりも低いエネルギー密度で応力が立ち上がるので、この線図から底づきが発生しないエネルギー密度の値を選択します。ここでの注意点は、線図の立ち上がりに近い点で値を設定するほど緩衝材の使用量を少なくすることができますが、輸送中の繰り返し衝撃による底づき発生リスクも高くなります。したがって、内容品の安全のためには、過剰包装とならないレベルで適度な大きさのエネルギー密度を設定する必要があります。

手順 3：緩衝材の必要寸法の算出

手順2で決定したエネルギー密度と最大応力、さらに設計時の初期条件（製品質量、製品許容加速度、想定落下高さ）から次式を利用して緩衝材の体積 V (m³) と支持面積 A (m²) を算出することができます。

$$V = \frac{WH}{E_d}, \quad A = \frac{ma}{D_s}$$

E_d ; エネルギー密度 (J/m³)
 W ; おもりの荷重 (N)
 H ; 落下高さ (m)
 D_s ; 最大応力 (N/m²)
 m ; おもりの質量 (kg)
 a ; 製品許容加速度 (m/s²)



工業技術部 応用技術室 中川 幸臣 (0566-24-1841)
 研究テーマ：包装用緩衝材の開発・評価技術に関する研究
 担当分野：包装・物流技術