

実務者のための 力学的輸送包装設計ハンドブック — 設計の基礎と応用事例 —

Dynamic Transport Packaging Design Handbook for Practitioners
— Fundamentals and Applications —

【監修】

斎藤 勝彦 神戸大学 輸送包装研究室 教授 博士(工学)

【編集】

川口 和晃 神栄テストマシナリー株式会社 事業開発部 部長
博士(工学)

北澤 裕明 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
食品研究部門 主任研究員(包装技術担当)
博士(工学) 博士(農学)

津日 和城 地方独立行政法人大阪産業技術研究所 和泉センター
製品信頼性研究部 主任研究員 博士(工学)

細山 亮 地方独立行政法人大阪産業技術研究所 和泉センター
製品信頼性研究部 主任研究員 博士(工学)

〔執筆員 32名〕

- ◆ 発刊 2018年10月23日
- ◆ 体裁 B5判 一段組上製本
536頁
- ◆ 価格 40,000円(+税)
送料弊社負担
- ◆ ISBN ISBN978-4-924728-82-0
C3050
- ◆ 発行 テクノシステム
<http://www.techno-s.co.jp>

包装貨物の物理的損傷を制御する基礎メカニズムと応用・解析事例！

第1編 「基礎力学」

荷重変形・振動・衝撃の基礎知識ほか，高校レベルの力学の基本から，わかりやすく解説します。数学・力学の基礎を学び直したい方，一度は学んだものの自信が持てない方にも取り組みやすいよう初歩から丁寧に解説します。

第2編 「力学的輸送包装技法」

「適正包装設計」のコンセプトにしたがって，「輸送環境調査」「製品密さ衝撃試験」「包装材料の性能評価と設計」「包装貨物評価試験」について詳しく解説します。

第3編 「応用事例」

鉄道やトラック等の輸送環境調査，評価試験と設計への活かし方，家電製品，食品，日用品等の様々な製品の輸送包装の設計・包装事例，技術開発を紹介します。

《申込方法》

◎下記の申込書にご記入の上，FAXをお送り下さい。また試読をご希望の方は試読希望欄にレ印をお付け下さい。

「実務者のための力学的輸送包装設計ハンドブック」(7789H) 申込書					
<input type="checkbox"/> 申し込み	冊	<input type="checkbox"/> 試読希望	年	月	日
住所 〒	TEL				
会社・団体名	FAX				
所属	役職名				
(フリガナ) 氏名 (カネム)	E-mail				



株式会社 **テクノシステム**

〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3-16 五十嵐ビル TEL.03-3293-3105(代)
FAX. 03-3293-3874 E-Mail. info@techno-s.co.jp

監修・編集委員・執筆者一覧

監修

齋藤 勝彦 神戸大学 輸送包装研究室 教授 博士(工学)

編集委員 (50音順・敬称略)

川口 和晃 神栄テストマシナリー株式会社 事業開発部
部長 博士(工学)

北澤 裕明 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究
機構 食品研究部門 食品加工流通研究領域
食品流通システムユニット 主任研究員
(包装技術担当) 博士(工学) 博士(農学)

津田 和城 地方独立行政法人大阪産業技術研究所
和泉センター 製品信頼性研究部
生活科学・輸送包装研究室 主任研究員
博士(工学)

細山 亮 地方独立行政法人大阪産業技術研究所
和泉センター 製品信頼性研究部
生活科学・輸送包装研究室 主任研究員
博士(工学)

執筆者 (50音順・敬称略・32名)

朝来 壮一 大分県産業科学技術センター 食品産業担当
主任研究員

井谷 久博 名古屋市工業研究所 システム技術部
製品技術研究室 主任研究員 博士(工学)

井上 良隆 IMV株式会社 テストラボ事業本部
振動試験部 東京テストラボ 係長
修士(工学)

潮 敬之 三菱電機株式会社 設計システム技術センター
機械設計技術推進部 包装・強度設計技術
グループ 専任 修士(工学)

岡崎 義和 TOTO株式会社 レストルーム事業部
ウォシュレット生産本部
ウォシュレット開発第二部

小川 久雄 日本貨物鉄道株式会社 経営統括本部
調達部 調査役

奥西 智哉 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究
機構 食品研究部門 食品加工流通研究領域
食品製造工学ユニット 上級研究員 博士(農学)

門田 恭明 ハウス食品グループ本社株式会社 研究開発本部
容器包装開発部 グループ長
技術士(経営工学部門)

川口 和晃 神栄テストマシナリー株式会社
事業開発部 部長 博士(工学)

北澤 裕明 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究
機構 食品研究部門 食品
加工流通研究領域 食品流通システムユニット
主任研究員(包装技術担当)
博士(工学) 博士(農学)

黒石 雅史 ダイキン工業株式会社 物流本部
物流技術センター 主事 修士(工学)
包装管理士

齋藤 勝彦 神戸大学 輸送包装研究室 教授 博士(工学)

裕 剛由 神鋼物流株式会社 技術部 技術室 室長

佐々木幸子 株式会社東北ウエノ 設計開発部 係長

椎名 武夫 千葉大学 大学院園芸学研究科 生物資源科学
コース 生物生産環境学領域 物理環境分野
教授 Ph.D.

志水 基修 レンゴー株式会社 中央研究所 研究企画部
研究企画課 部長代理

関根 邦敏 公益社団法人日本アイソトープ協会
アイソトープ部 放射線源課

瀬戸上 裕 京セラ株式会社 滋賀八日市工場 物流事業部
物流技術課 副責任者

高木 雅広 エクサーチ株式会社 代表取締役

竹下三四郎 セイコーエプソン株式会社 プリンティング
ソリューションズ事業部 P企画設計部

津田 和城 地方独立行政法人大阪産業技術研究所
和泉センター 製品信頼性研究部 生活科学・
輸送包装研究室 主任研究員 博士(工学)

中村 敏之 京セラドキュメントソリューションズ株式会社
技術本部 プリンター統括技術部 第26技術部
MD28課 課責任者

中山 篤史 日本テトラパック株式会社 研究開発部門
PDC&ラボラトリー 修士(生物工学)

東山 哲 レンゴー株式会社 包装技術部
包装評価センター 部長代理

平野 晃 株式会社森永生科学研究所 分析テクノ事業部
分析グループ マネジャー

星野 裕昭 スターダイナ 代表 博士(工学)

細山 亮 地方独立行政法人大阪産業技術研究所
和泉センター 製品信頼性研究部 生活科学・
輸送包装研究室 主任研究員 博士(工学)

宮城 兼一 TOTO株式会社 レストルーム事業部
ウォシュレット生産本部
ウォシュレット開発第二部
包装・印刷物グループ 主任技師

三輪田 徹 株式会社岩田レーベル 営業部 営業企画課
課長

吉木 宏 アイロップ株式会社 包装技術部 部長

李 江 レンゴー株式会社 包装技術部 上海包装技術
センター 主任 修士

和田 浩 東京国立博物館 学芸研究部 保存修復課
環境保存室 室長



第1編 基礎力学



第1章 運動の基礎知識

北澤 裕明

1. 微分・積分
 - 1.1 微分
 - 1.2 不定積分
 - 1.3 定積分
2. 変位・速度・加速度
 - 2.1 変位
 - 2.2 速度
 - 2.3 加速度
 - 2.4 重力の加速度
 - 2.5 力と加速度
3. 質量と重量
 - 3.1 質量
 - 3.2 重量
4. 力
 - 4.1 摩擦力
5. エネルギー
 - 5.1 力学的エネルギー
 - 5.2 運動エネルギー
 - 5.3 位置エネルギー
6. 自由落下運動
7. 運動の法則
 - 7.1 ニュートンの運動方程式
 - 7.2 運動の第1法則
 - 7.3 運動の第2法則
 - 7.4 運動の第3法則

第2章 荷重変形の基礎知識

斎藤 勝彦

1. 荷重
 - 1.1 概説
 - 1.2 荷重の分類
 - 1.2.1 荷重の作用する方向による分類
 - (1) 圧縮荷重
 - (2) 引張荷重
 - (3) せん断荷重
 - (4) 曲げ荷重
 - (5) ねじり荷重
 - (6) 座屈荷重
 - 1.2.2 荷重のかかり方による分類
 - (1) 繰り返し荷重
 - (2) 交番荷重
 - (3) 衝撃荷重
 - (4) 移動荷重
 - 1.2.3 荷重の分布状態による分類
 - (1) 集中荷重
 - (2) 分布荷重
 - (3) 等変分布荷重
 - (4) 等分布荷重
 - (5) モーメント荷重
2. 応力とひずみ
 - 2.1 応力

- 2.2 ひずみ
3. フックの法則
 - 3.1 バネ定数
 - 3.2 ヤング率
 - 3.3 剛性率
 - 3.4 体積弾性率
4. 塑性変形
5. せん断力と曲げモーメント
 - 5.1 はり
 - 5.2 反力
 - 5.3 内力
 - 5.3.1 集中荷重の左側
 - 5.3.2 集中荷重の右側
 - 5.3.3 せん断力図と曲げモーメント図
6. 曲げと破断
 - 6.1 はりの曲げ応力
 - 6.2 引張と曲げによる破断力
7. 圧縮エネルギーと緩衝
 - 7.1 圧縮によるエネルギーの蓄積
 - 7.2 緩衝効率と緩衝係数
 - 7.3 緩衝設計への展開
8. 座屈
 - 8.1 はりのたわみの基礎式
 - 8.2 オイラーの座屈荷重
9. ねじり
10. クリープ
11. 粘弾性
 - 11.1 弾性
 - 11.2 粘性
 - 11.3 粘弾性体の荷重と変形の関係
12. 等方性と異方性
13. 応力集中
14. 安全率

第3章 振動の基礎知識

津田 和城

1. 三角関数とラジアン
2. 単振動
3. 単振動の複素数表示
4. 自由振動
 - 4.1 非減衰系
 - 4.2 減衰系
 - (1) 臨界減衰の場合
 - (2) 臨界減衰より小さい場合
 - (3) 臨界減衰より大きい場合
5. 強制振動
 - 5.1 非減衰系
 - 5.2 減衰系
6. 振動波形
 - 6.1 正弦波一定振動
 - 6.2 正弦波掃引振動
 - (1) 線形掃引
 - (2) 対数掃引
 - 6.3 不規則振動
7. 振動のサンプリングや統計値
 - 7.1 サンプリング時間と最高振動数

- 7.2 統計値
- 7.3 確率密度
8. 周波数解析
 - 8.1 フーリエ係数
 - (1) フーリエ近似
 - (2) フーリエ係数
 - 8.2 複素フーリエ係数
 - (1) 波形 x_m の展開式
 - (2) 複素フーリエ係数の展開式
 - 8.3 DFT 解析
 - (1) フーリエ変換 (積分で表記)
 - (2) フーリエ変換 (Σ で表記)
 - 8.4 FFT 解析
 - 8.5 PSD 解析
 - 8.5.1 PSD とパワースペクトルの関係
 - 8.5.2 PSD と二乗平均値の関係
 - (1) 複素フーリエ係数
 - (2) パーセヴァルの定理
 - (3) 計算例: 波形 $x_m \rightarrow$ フーリエ係数 (\cos の項) の計算
 - (4) 計算例: 波形 $x_m \rightarrow$ フーリエ係数 (\sin の項) の計算
 - (5) 計算例: $X(f) \rightarrow PSD(f)$, フーリエ係数 $\rightarrow PSD(f)$ の計算
9. 振動易損性
 - 9.1 S-N 曲線を利用した方法
 - (1) 正弦波振動
 - (2) レーリー分布
 - (3) 狭帯域の不規則振動
 - 9.2 等価な振動条件の計算方法
 - (1) 正弦波振動

第4章 衝撃の基礎知識

川口 和晃

1. 落下衝撃の基礎
 - 1.1 1自由度系の自由落下
 - 1.2 等速円運動と単振動
 - 1.3 1自由度バネマスダンパー系の自由落下
 - 1.4 落下高さ解析
 - 1.4.1 自由落下時間からの高さ解析
 - 1.4.2 速度変化からの高さ解析
 - 1.4.3 落下高さ-加速度データからの高さ算出
 - 1.5 衝撃応答解析
 - 1.5.1 衝撃パルスの種類
 - 1.5.2 1自由度バネ系の衝撃応答 (Shock Response)
 - 1.5.3 1自由度バネ系の衝撃応答スペクトル
 - 1.5.4 衝撃伝達率
 - 1.6 緩衝包装設計のための落下衝撃試験方法の開発
 - 1.6.1 等価落下理論
 - 1.6.2 損傷境界曲線理論



第2編 力学的輸送包装技法



第1章 適正包装設計

斎藤 勝彦

1. 設計すべき輸送包装
 - 1.1 包装の機能と分類
 - 1.2 物流と包装の関係
 - 1.3 力学的輸送包装設計とは
2. 適正の定義
 - 2.1 機能性からみた適正
 - 2.2 環境性能からみた適正
 - 2.3 トータルシステムアプローチ
3. 適正包装のコンセプト
 - 3.1 包装だけでは適正な包装にはならない
 - 3.2 欠陥包装・過剰包装・適正包装
 - 3.3 製品強度向上による簡易包装化
 - 3.4 物流ハザード低減による簡易包装化
4. 包装設計の手順
 - 4.1 物流ハザードの定量的評価 (フェーズ1)
 - 4.1.1 静荷重
 - 4.1.2 荷台振動
 - 4.1.3 落下衝撃
 - 4.2 製品の脆弱性評価と強度向上化対策 (フェーズ2)
 - 4.2.1 耐荷重評価
 - 4.2.2 耐振動評価
 - 4.2.3 衝撃強さ評価
 - 4.3 包装材の選択と詳細設計 (フェーズ3)
 - 4.4 包装貨物評価試験(フェーズ4)
5. 輸送包装試験の分類

第2章 輸送環境調査

細山 亮

1. 目的
2. 装置
3. 調査方法
 - 3.1 振動調査
 - 3.1.1 輸送環境記録計の設置箇所
 - 3.1.2 輸送環境記録計の設置方法
 - 3.1.3 輸送環境記録計の設定
 - (1) 加速度範囲
 - (2) サンプリング周期
 - (3) トリガ設定
 - 3.2 落下衝撃調査
 - 3.2.1 ダミー包装貨物
 - 3.2.2 輸送環境記録計の設置箇所
 - 3.2.3 輸送環境記録計の設置方法
 - 3.2.4 輸送環境記録計の設定
 - (1) 加速度範囲
 - (2) サンプリング周期
 - (3) トリガ設定

4. データ解析
 - 4.1 振動解析
 - 4.1.1 試験 PSD プロファイルの導出
 - (1) PSD 解析
 - (2) PSD プロファイルの単純化
 - (3) 時間短縮
 - (4) 複数の輸送データを考慮した試験 PSD プロファイルの導出
 - 4.1.2 確率密度分布解析
 - 4.2 落下解析
 - 4.2.1 自由落下時間に基づく解析
 - 4.2.2 衝撃波形の面積に基づく解析
 - 4.2.3 落下高さの発生確率に基づいた試験落下高さ基準の設定

第3章 製品強さ衝撃試験

北澤 裕明

1. 試験目的
2. 試験装置
3. 試験方法
4. データの取り扱い

第4章 包装材料の性能評価と設計

津田 和城

1. 緩衝材の緩衝特性評価と設計
 - 1.1 目的
 - 1.2 緩衝材の種類と特徴
 - 1.3 評価方法
 - 1.3.1 動圧縮装置を用いる方法
 - (1) 装置
 - (2) 試験手順
 - 1.3.2 圧縮試験装置を用いる方法
 - (1) 装置
 - (2) 試験手順
 - 1.3.3 衝撃試験装置を用いる方法
 - (1) 装置
 - (2) 試験手順
 - 1.4 試験結果の取扱いと緩衝材の設計
 - 1.4.1 最大加速度-静的応力線図を用いた緩衝材の設計
 - 1.4.2 緩衝材の設計演習
 - 1.4.3 緩衝係数-最大応力線図を用いた緩衝特性の比較
2. 緩衝材の防振特性評価と設計
 - 2.1 目的
 - 2.2 評価方法
 - 2.2.1 振動試験装置を用いる方法
 - (1) 装置
 - (2) 試験手順
 - 2.3 評価結果の取扱いと緩衝材の設計
3. 外装箱の圧縮特性評価と設計
 - 3.1 目的
 - 3.2 評価方法
 - 3.2.1 試験装置を用いる方法

- (1) 装置
- (2) 試験手順
- 3.2.2 積み重ね荷重を用いる方法
 - (1) 装置
 - (2) 試験手順
- 3.3 評価結果の取扱いと外装箱の設計
 - 3.3.1 荷重-変位曲線の取扱い (試験装置)
 - 3.3.2 荷重-変位曲線の取扱い (積み重ね)
 - 3.3.3 外装箱の設計
4. 外装箱の圧縮特性推定
 - 4.1 目的
 - 4.2 段ボールの基礎物性の評価試験
 - 4.2.1 リングクラッシュ試験
 - (1) 装置および試験片・試験治具
 - (2) 試験手順
 - (3) 試験結果の取扱い
 - 4.2.2 コンコラライナ試験
 - (1) 装置および試験片・試験治具
 - (2) 試験手順
 - (3) 試験結果の取扱い
 - 4.2.3 垂直圧縮試験 (ショートコラム試験)
 - (1) 装置および試験片・試験治具
 - (2) 試験手順
 - (3) 試験結果の取扱い

- 4.3 外装箱の圧縮強度の推定式
 - 4.3.1 ケリカットの式
 - 4.3.2 マルテンホルトの式
 - 4.3.3 マッキーの式
 - 4.3.4 ウルフの式
- 4.4 四つの計算式の比較
 - 4.4.1 ケリカットの式
 - 4.4.2 マッキーの式
 - 4.4.3 マルテンホルトの式
 - 4.4.4 ウルフの式

第5章 包装貨物評価試験

川口 和晃

1. 包装貨物評価試験
 - 1.1 包装試験規格
 - 1.1.1 JIS 規格
 - 1.1.2 ISO 規格
 - 1.1.3 ASTM 規格
 - 1.1.4 ISTA 規格
 - 1.1.5 独自試験規格
2. 落下試験
 - 2.1 自由落下試験
 - 2.1.1 試験方法
 - 2.1.2 試験条件
 - 2.1.3 試験装置
 - 2.2 等価落下試験
 - 2.2.1 試験方法
 - 2.2.2 試験条件
 - 2.2.3 試験装置
 - 2.3 片支持稜落下試験

- 2.4 水平衝撃試験
- 2.5 衝撃加速度計測機器
 - 2.5.1 加速度ピックアップ
 - 2.5.2 加速度計測システム
- 3. 振動試験
 - 3.1 試験条件
 - 3.2 試験方法
 - 3.2.1 周波数固定正弦波試験
 - 3.2.2 一定加速度掃引試験
 - 3.2.3 一定変位掃引試験
 - 3.2.4 ランダム試験
 - 3.3 振動試験装置
 - 3.4 振動計測装置
- 4. 圧縮試験
 - 4.1 供試品
 - 4.2 試験方法
 - 4.3 試験装置
 - 4.4 荷重計測装置
- 5. 包装貨物評価試験の新しい取り組み
 - 5.1 落下試験
 - 5.1.1 ハイブリッド落下試験
 - 5.1.2 等価落下試験の高度化
 - 5.2 振動試験
 - 5.2.1 蓄積疲労評価型振動試験システム
 - 5.2.2 非ガウス型ランダム振動試験
 - 5.2.3 段ボール箱擦れ損の定量評価
 - 5.2.4 振動試験条件の三次元特性
 - 5.3 圧縮試験
 - 5.3.1 段ボール箱圧縮試験の等価性

- 2.1.2 道路による比較
- 2.2 加速度 PSD
 - 2.2.1 サスペンションによる比較
 - 2.2.2 道路による比較

第3節 中国における輸送環境調査

李 江

- 1. 背景
- 2. 宅配による衝撃調査
 - 2.1 計測方法および条件
 - 2.2 輸送用ダミー検体
 - 2.3 計測結果
 - 2.3.1 A社とB社の比較
 - 2.3.2 中国と日本の比較
- 3. トラック輸送による振動調査
 - 3.1 計測方法および条件
 - 3.2 計測ルート
 - 3.3 計測結果
 - 3.3.1 PSD解析結果
 - 3.3.2 中国と日本の比較
- 4. まとめ

第4節 鉄道コンテナにおける輸送環境

小川 久雄

- 1. 鉄道コンテナ輸送システム
- 2. 鉄道輸送における振動メカニズム
 - 2.1 鉄道コンテナ輸送における振動・衝撃
 - 2.2 各モードにおける振動加速度
- 3. 振動抑制コンテナの取り組み
 - 3.1 防振効果の確認試験
 - (1) 供試コンテナおよび測定条件
 - (2) コンテナ積載条件
 - (3) 振動加速度の測定点
 - 3.2 データ解析結果
 - 3.2.1 周波数解析結果ーパワースペクトル密度 (PSD)
 - (1) 貨車台枠
 - (2) コンテナ台枠
 - (3) コンテナ床面
 - (4) 積荷上面
 - 3.2.2 加速度伝達率
 - 3.3 防振コンテナの効果
- 4. コンテナ貨車の振動対策
- 5. 振動・衝撃に対する輸送品質の向上

第5節 外航船舶内貨物の挙動調査

裕 剛由

- 1. 外航船舶内貨物の挙動調査の目的
- 2. 調査の概要
- 3. 調査の結果
 - 3.1 船体傾斜角
 - 3.2 加速度
 - 3.3 ラッシングベルトにかかる張力
 - 3.4 積荷の挙動

- 4. 梱包材ダメージ再現試験
 - 4.1 試験の目的
 - 4.2 試験方法
 - 4.3 試験結果
- 5. まとめ

第6節 青果物の小ロット輸出における輸送環境調査

朝来 壮一

- 1. 青果物のテスト輸出
- 2. 輸送環境調査の概要
 - 2.1 イチゴの小ロット輸出
 - 2.2 調査方法
 - 2.3 サンプルング条件の設定
- 3. 調査結果
 - 3.1 着荷検品
 - 3.2 振動・衝撃
- 4. 気圧・温度・湿度
 - 4.1 気圧
 - 4.2 温度・湿度

第7節 空港内オペレーションの実際と振動・衝撃加速度データ

高木 雅広

- 1. 概要
- 2. 実験方法
 - 2.1 使用機器と設定
 - 2.2 空港内オペレーションのシナリオ
- 3. 実験結果
 - 3.1 全体データ
 - 3.2 個別データ (ドーリー段差走行)
- 4. 考察

第2章 包装設計のための評価試験に関する事例

第1節 製品の破損部位別損傷境界曲線を利用した最適落下破損対策の検討

竹下 三四郎

- 1. 製品の衝撃耐性評価
 - 1.1 適正包装のために必要な情報
 - 1.2 製品の定量的な衝撃耐性情報の取得
 - 1.3 破損部位別に損傷境界曲線を知る必要性
 - 1.4 破損部位別損傷境界曲線の測定方法
 - (1) 部位別の許容加速度 a_c の抽出
 - (2) 破損部位別の作用時間ごとの伝達係数計測
 - (3) 破損部位別損傷境界曲線の算出
- 2. 破損部位別損傷境界曲線の測定事例
 - 2.1 試験品と試験装置
 - 2.2 試験方法
 - 2.3 破損部位別損傷境界曲線の測定結果

第3編 応用事例

第1章 輸送環境調査に関する事例

第1節 小口貨物の輸送環境

斎藤 勝彦

- 1. 宅配便輸送網
- 2. ケアマークの効果
- 3. 集配小口貨物の輸送環境
 - 3.1 手押し台車配送
 - 3.2 小口貨物輸送計測
 - (1) トラック実輸送計測
 - (2) 手押し台車実配送計測
 - 3.3 ゼロクロスピークカウント法
 - 3.4 包装内容物の蓄積疲労評価

第2節 中型トラックの荷台振動

井谷 久博

- 1. 実環境振動加速度データの計測
 - 1.1 計測条件
- 2. 解析結果
 - 2.1 加速度実効値
 - 2.1.1 サスペンションによる比較

と検討

- 2.4 損傷境界曲線を利用した対策検討
- 2.5 損傷境界曲線と実落下試験の整合確認
- 2.6 さらなる箱サイズの縮小検討
3. 破損部位別損傷境界曲線を利用した落下破損対策検討手法について
 - 3.1 破損部位別損傷境界曲線を利用した検討のポイント
 - 3.2 破損部位別損傷境界曲線の評価時間
 - 3.3 破損部位別損傷境界曲線利用のメリット
 - 3.4 DBC 評価法の今後

第2節 緩衝包装設計における新たな設計指針

佐々木 幸子

1. 現状の緩衝包装設計
 - 1.1 現状の緩衝包装設計手順
 - 1.2 現状の緩衝包装設計の問題点
2. 落下高さのバラツキを考慮した緩衝包装設計
 - 2.1 「落下高さ-G値」曲線
 - 2.2 異素材での検証
 - 2.3 緩衝材の選択基準
3. まとめ
 - 3.1 落下高さのバラツキを考慮した緩衝包装設計
 - 3.2 安全率を考慮した落下試験高さの設定
 - 3.3 突起部分、脆弱な部分に関する考察
 - 3.4 これからの緩衝包装設計の考え方

第3節 輸送梱包設計のためのCAEシミュレーション技術

星野 裕昭

1. 輸送梱包設計
2. マルチボディダイナミクス
 - 2.1 マルチボディダイナミクスとは
 - 2.2 マルチボディダイナミクスの構成
 - 2.3 マルチボディダイナミクスの定式化
 - 2.3.1 単純振り子モデル
 - (1) 質量行列
 - (2) カベクトル
 - (3) 拘束式
 - (4) MBD 解法方程式
 - (5) ボディの挙動解析
3. 輸送包装設計でのマルチボディダイナミクス適用事例
 - 3.1 落下問題
 - 3.1.1 解析モデル
 - 3.1.2 緩衝包装設計
 - 3.2 転倒問題
 - 3.2.1 転倒状況
 - 3.2.2 MBD モデルの構築

- 3.2.3 転倒現象解析
- 3.2.4 実験とシミュレーションの併用
- 3.3 トラック輸送時の振動問題
 - 3.3.1 シミュレーションの流れ
 - 3.3.2 路面形状
 - (1) ISO 8608
 - (2) 実路面形状
 - 3.3.3 タイヤモデル
 - 3.3.4 蓄積疲労評価
 - 3.3.5 トラックの振動モード

第4節 包装貨物のランダム振動試験基準設計技術

井上 良隆

1. ランダム振動試験基準設計技術
2. 蓄積疲労振動試験の概要と特長
 - 2.1 蓄積疲労振動試験とは
 - 2.2 試験の定量的な評価
 - 2.3 非線形性への考慮
 - 2.4 試験効率の向上
3. 試験手順
 - 3.1 テスト定義
 - 3.2 予備試験
 - 3.3 プレ本試験
 - 3.4 本試験
 - 3.5 試験評価
4. 輸送振動試験への適用事例
 - 4.1 電気機器(パソコン)の輸送振動試験
 - 4.1.1 供試品および輸送経路
 - 4.1.2 試験条件
 - 4.1.3 予備試験結果
 - 4.1.4 プレ本試験結果
 - 4.1.5 本試験と加速試験の結果比較
 - 4.2 食品(焼き菓子)の輸送振動試験
 - 4.2.1 供試品および輸送経路
 - 4.2.2 試験条件
 - (1) JIS 試験
 - (2) 蓄積疲労振動試験
 - 4.2.3 各試験結果の比較
 - (1) 各試験のPSD比較
 - (2) 各試験破損枚数

第5節 段ボール箱のロッキングによる擦れ傷の発生要因とその対策

東山 哲

1. 段ボール箱の擦れ傷
2. 実輸送における擦れ傷の特徴
3. 擦れ傷の発生メカニズム
4. 一般的な摩擦試験
 - 4.1 ライナの摩擦試験方法
 - 4.2 段ボールの摩擦試験方法
 - 4.3 従来の試験方法における課題
5. 実輸送で見られる擦れ傷の発生メカニズム
 - 5.1 ロッキング実験の事例

- 5.2 評価方法の事例
6. 擦れ傷に影響を及ぼす因子
 - 6.1 固縛力
 - 6.2 振動周波数
 - 6.3 振動加速度
 - 6.4 総摩擦距離
7. 擦れ傷の対策事例
 - 7.1 積み方の変更
 - 7.2 シートを挟む
 - 7.3 ストレッチフィルムの巻き方の変更
 - 7.4 ニス印刷

第6節 段ボール箱の含水率を指標とした胴膨れのリスクマネジメントの提案

門田 恭明

1. 提案の背景
2. 倉庫の実態調査
3. 仮説検証
4. 積み重ね試験
5. 倉庫環境を想定したモデル実験
6. リスクマネジメントの提案

第3章 製品の包装設計に関する事例

第1節 タブレット端末

瀬戸上 裕

1. 製品概要
2. 包装仕様
 - 2.1 8インチ包装仕様
 - 2.2 10インチ包装仕様
3. 包装材評価
 - 3.1 振動試験
 - 3.2 落下試験

第2節 自動車車載製品用パルプモールド包装

潮 敬之

1. 自動車車載機器製品の概要
 - 1.1 カーマルチメディア製品の概要
 - 1.2 カーマルチメディア製品の構造
2. 自動車車載機器製品の包装設計課題
 - 2.1 積載率
 - 2.2 パルプモールド包装
3. パルプモールド包装設計
 - 3.1 構想設計
 - 3.2 予備試験
 - 3.3 衝撃加速度の予測
4. 緩衝設計基準
 - 4.1 緩衝特性の計測
 - 4.2 緩衝設計ツール

第3節 包装付加価値としての施工アシスト(便器包装事例)

宮城 兼一, 岡崎 義和

1. 便器包装の新たな展開
2. 便器の包装設計における課題
3. 壁掛け腰掛便器施工時の安全性と施工性確保
 - 3.1 施工の事実確認
 - 3.2 製品の安全性検討
 - 3.3 施工を包装がアシストする構造
 - 3.4 新規組立式箱構造の諸問題解決
 - 3.4.1 箱の構造
 - 3.4.2 異形箱の強度的な弱さの克服
 - (1) 圧縮強度の確保
 - (2) 取り扱い強度の向上
 - (3) 箱の底抜け防止
4. 環境規制が厳しい欧州市場への商品展開に対する包装適正化推進

第4節 衝撃試験導入によるプリンターの包装設計事例

中村 敏之

1. 自由落下試験の課題
2. 衝撃試験
 - 2.1 衝撃試験の目的
 - 2.2 試験方法
3. 包装設計
 - 3.1 底面緩衝位置の検討
 - 3.2 底面以外の5面の衝撃試験
 - 3.3 包装材構成
 - 3.4 落下試験結果
 - 3.4.1 試作品評価
 - 3.4.2 金型品評価
 - 3.4.3 包装材料削減
4. まとめ
 - (1) 設計意識の改善
 - (2) 包装設計の効率化
 - (3) 包装材料削減
 - (4) 品質の向上

第5節 業務用エアコン室外機

黒石 雅史

1. 現状の業務用エアコン室外機の包装仕様
2. シミュレーションを活用した底トレイ緩衝材削減事例
 - 2.1 室外機および梱包材のモデル化および検証
 - 2.2 緩衝材削減可能箇所の選定及び立案
 - 2.3 試験結果と効果

第6節 易損性機器を対象とした包装設計の実際

吉木 宏

1. 小型・軽量機器の包装設計事例
 - 1.1 対象製品
 - 1.2 設計条件
 - 1.2.1 圧縮試験条件
 - 1.2.2 落下試験条件
 - 1.3 包装仕様の構造
 - 1.3.1 外装ケース
 - 1.3.2 内装固定材
 - 1.4 落下試験結果と対策
 - 1.4.1 初回試験結果
 - 1.4.2 対策と効果
 - (1) スリーブの変形対策
 - (2) 落下角部の改良
 - 1.5 まとめ
2. 中型機器の包装設計事例
 - 2.1 対象製品
 - 2.2 設計条件
 - 2.2.1 圧縮試験条件
 - 2.2.2 落下試験条件
 - 2.3 包装仕様の構造
 - 2.3.1 外装ケース
 - 2.3.2 内装固定材の機能と材料構成
 - 2.4 落下試験結果
 - 2.5 まとめ
3. 大型機器の包装設計事例
 - 3.1 対象製品
 - 3.2 設計条件
 - 3.2.1 圧縮試験条件
 - 3.2.2 落下試験条件
 - 3.3 包装仕様の構造
 - 3.3.1 内装固定材
 - 3.3.2 外装ケース
 - 3.3.3 パレット
 - 3.4 落下試験結果
 - 3.5 まとめ

第4章 食品の包装設計に関する事例

第1節 ビスケットの輸送包装

平野 晃

1. ビスケットの特徴
2. ビスケットとは
 - 2.1 原料
 - 2.2 ハードビスケット
 - 2.3 ソフトビスケット
 - 2.4 その他のビスケット類
3. 品質保護
 - 3.1 吸湿
 - 3.2 割れ
 - 3.3 擦れ
 - 3.4 酸化劣化

- 3.5 光劣化
- 3.6 虫害
- 3.7 保香と着臭防止
4. 包装形態
 - 4.1 イーチピロー包装
 - 4.2 スタンドパウチ
 - 4.3 ブランド展開
5. 包装材料
 - 5.1 イーチピロー包装
 - 5.2 スタンドパウチ
6. 振動試験
 - 6.1 振動試験の区分
 - 6.2 輸送距離
 - 6.3 リスクと試験条件
7. 落下試験
 - 7.1 落下試験の区分
 - 7.2 落下高さ
 - 7.3 リスクと試験条件
8. 圧縮試験
9. 負荷係数と最大積み重ね段数
10. 試験品の温度調整
11. 事例紹介
 - 11.1 梱包要領
 - 11.2 ピンホール発生状況
 - 11.3 ピンホール発生要因
 - 11.4 事例紹介のまとめ

第2節 液体食品用紙容器の強度評価と法令

中山 篤史

1. 液体食品用紙容器について
2. 食品衛生法に基づく強度試験
 - 2.1 清涼飲料水の場合
 - 2.2 乳及び乳製品の場合
 - 2.3 容器包装詰詰加圧加熱殺菌食品の場合
3. 日本工業規格 (JIS) に基づく強度試験
4. 強度試験機の実例
 - 4.1 引張試験機
 - 4.2 封かん強度試験機
 - 4.3 落下試験機
 - 4.4 圧縮試験機

第3節 野菜・果物の損傷防止包装

北澤 裕明

1. 野菜・果物の品質保持対策の必要性
2. 青果物の包装に求められる要件
 - 2.1 プレハーベスト(収穫前)条件への対応
 - 2.2 ポストハーベスト(収穫後)条件への対応
 - 2.3 低コスト
 - 2.4 生産者の利便性
3. 包装設計事例
 - 3.1 宙ぶり型包装容器
 - 3.2 非接触型包装容器
 - 3.3 荷扱いを想定した損傷軽減梱包方法

- 3.4 携帯型包装容器における緩衝機構
- 3.5 多段積み包装における蓄積疲労損傷の制御方法
- 3.6 個々の形状・大きさの違いに対応可能な損傷防止包装方法
- 4. 今後の展開
 - 4.1 各損傷要因を統合可能な理論の構築
 - 4.2 損傷の定義の明確化

第4節 青果物の輸出における防湿段ボール箱を用いた箱の座屈防止と内容品の品質保持

志水 基修

- 1. 青果物の輸出の現状と段ボール箱の課題
- 2. 防湿段ボール箱の作用
- 3. 段ボール箱の強度対策が必要な時期
- 4. モモの輸出での事例
- 5. ブドウの輸出での事例
- 6. まとめ

第5節 米包装の破袋防止対策と品質保持

奥西 智哉

- 1. 米生産および流通の概要
- 2. 流通形態ごとの品質保持・破袋防止対策
 - 2.1 粳流通
 - 2.2 玄米流通
 - 2.2.1 紙袋流通
 - 2.2.2 フレキシブルコンテナバッグ(コンテナバッグ)
 - 2.3 精米流通
 - 2.3.1 クラフト紙袋
 - 2.3.2 フィルム袋
- 3. まとめ

第6節 農産物用バルクコンテナ

椎名 武夫

- 1. バルクコンテナとは
- 2. ユニットロードおよび青果物用出荷容器
 - 2.1 ユニットロード・モジュール・輸送包装寸法
 - 2.1.1 ユニットロードとは
 - 2.1.2 ユニットロード寸法
 - 2.1.3 包装モジュールと輸送包装寸法
 - 2.2 青果物用出荷容器
 - 2.2.1 青果物のお荷規格と容器寸法
 - (1) 野菜のお荷規格
 - (2) 果実のお荷規格
 - 2.2.2 青果物用出荷容器の種類
 - (1) 段ボール箱

- (2) プラスチック製通い容器
- (3) 折りたたみ式プラスチック通いコンテナ
- (4) 発泡スチロール容器
- (5) ばら貯蔵用大型コンテナ
- (6) フレキシブル容器
- 3. バルクコンテナにおける青果物の損傷評価と対策
 - 3.1 プロジェクト研究の概要
 - 3.1.1 プロジェクト研究の枠組
 - 3.1.2 新規バルクコンテナの特徴
 - 3.1.3 プロジェクト研究の開発目標
 - 3.2 青果物の振動・損傷特性および傷害応答
 - 3.2.1 振動特性・損傷メカニズムの解明
 - 3.2.2 振動周波数・床材・内袋の影響
 - 3.2.3 DEMによる青果物の動的挙動解析
 - 3.2.4 振動・衝撃による傷害応答の解析
 - 3.3 バルクコンテナにおける青果物の品質保持
- 4. 農産物用バルクコンテナ利用の展望

第5章 特殊物の包装設計に関する事例

第1節 ガラス製バイアル容器の破損対策事例

三輪田 徹

- 1. ガラス製バイアル容器における包装設計の役割
- 2. 破瓶を防止するには
 - 2.1 タイプI
 - 2.2 タイプII
- 3. 破瓶防止性能の評価
 - 3.1 実験方法
 - 3.2 破瓶防止性能試験の結果

第2節 放射性同位元素等の安全輸送に関する包装基準とその事例

関根 邦敏

- 1. 運搬関係法令
- 2. 放射性輸送物の基準
 - 2.1 収納する放射性同位元素等の区分
 - (1) 特別形放射性同位元素
 - (2) 低比放射性同位元素(LSA)
 - (3) 表面汚染物(SCO)
 - (4) その他の放射性同位元素(非特別形放射性同位元素)
 - 2.2 放射性輸送物の種類と基準
- 3. 輸送物への標識と表示

- 3.1 標識
- 3.2 表示
- 4. 放射性輸送物の具体例
 - (1) L型輸送物
 - (2) A型輸送物
 - (3) BM型・BU型輸送物
 - (4) IP型輸送物
- 5. 運搬における放射性輸送物の取扱い
 - 5.1 危険時の措置
 - (1) 事前の準備
 - (2) 事業所外運搬に係る危険時における措置

第3節 実輸送データをフィードバックした文化財梱包への取り組み

和田 浩

- 1. 文化財輸送の背景
- 2. 文化財輸送と梱包の現状
- 3. 文化財輸送への取り組み
- 4. 今後の展望

索引