

段ボールの構造による防音効果

2年4組 濱田 妃夏 2年4組 高田 千聡
2年3組 笹岡 美 2年3組 土居 琴葉
指導者 浦辻 規幸

1 課題設定の理由

現在、避難所ではベッドやパーテーションの代用として安価で防音性を持つ段ボールが使用されている。復興庁の資料^[1]によると、阪神淡路大震災では最長7か月、東日本大震災では最長3か月という期間を避難所で過ごしている。しかし、話し声やいびき、足音などの騒音トラブルが避難所生活において課題である^[2]。そこで段ボール内の構造について、防音効果や強度の比較・検討を行い、新たな段ボールの開発を目指す。

2 仮説

日本音響材料協会によると壁や板材には質量則と呼ばれる「質量密度の大きいと防音性に長ける」性質がある^[3]一方で、「一重壁構造ではないと質量則から外れる」^[3]とある。そこで、物体の密度を一定にしたうえで構造を密にすると防音性が高まると仮説を立てた。

3 方法

(1) 内部構造(図1)の材料

段ボールの内部構造において、実際の段ボールに近く、現実的に扱うことができる素材を使用した。作成した段ボール1枚における使用した素材は以下の通りである。

段ボールの断面図

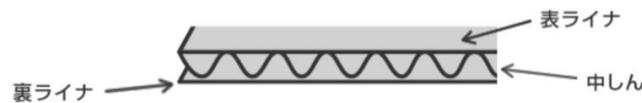


図1 段ボールの構造^[4]

- ・表ライナ ; 黄ボール紙 厚さ 0.7mm 547×397
- ・裏ライナ ; 黄ボール紙 厚さ 0.7mm 547×397
- ・中芯 ; 印字^{※1}済み更紙 8枚
- ・接着剤 ; 両面テープ; 木工用ボンド

※1 更紙はSDGsの観点から再利用を想定し、印字されたもの使用

(2) 中芯の異なる段ボールの作成

7種類の中芯が異なる段ボールを作成した。なお、段ボールの厚みは全て13mmとした。

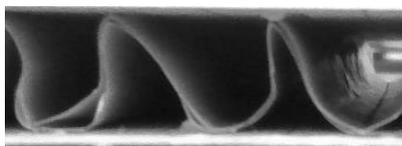


図2 ①波型(従来型、二重)

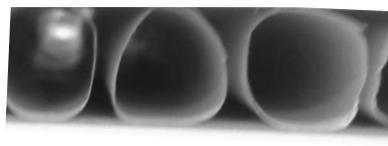


図3 丸型

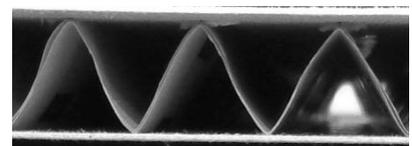


図4 三角型(二重)

ア 断面の内部構造を変化させた構造

表ライナ・裏ライナと中芯による遮音を想定し、従来型とその断面の内部構造のみを変化させたもので作成を行った。

① 波型(従来型、二重)(図2)

従来型と同じ構造で中芯を波形にした。なお、波の1波長分は1.5cmで作成を行った。なお、一重では自重で潰れ、安定しなかったため、中芯に使う更紙8枚の条件内で二重とした。

② 丸型(図3)

丸型は弾性に富むことと、場所によって表ライナ・裏ライナの間に空気の層が2つできるため、作成した。更紙を筒状にした直径1.3cmの円柱を作成し、内部構造を作成した。このとき筒と筒の間は距離を置かず接した形で作成を行った。

③ 三角型（二重）（**図4**）

トラス構造であるため作成した。このとき、中芯に使う更紙8枚の条件内で二重とした。更紙を筒状にした一辺1.6cmの三角柱を作成し、内部構造を作成した。このとき筒と筒の間は距離を置かず接した形で作成を行った。

イ ラーメン構造+緩衝材（緩衝材で音を減衰）

表ライナ・裏ライナと中芯による遮音に加え、緩衝材による吸音を想定し内部構造を作成した。質量密度を変えず緩衝材を用いるため、強度の面においては少ない質量密度においても頑強さが得られる内部構造が必要である。本研究では建築使われるラーメン構造を使用することとした。なお、緩衝材はシュレッダーで裁断したもの（縦2.7cm×横0.2cm、シュレッダーで裁断）を封入した。（**図5**）



図5 緩衝材の封入

④ 三角+緩衝材型

更紙を4枚使用し、筒状にした一辺1.6cmの三角柱を作成し、内部構造を作成した。残りの4枚を緩衝材とし、空洞部分に加えた。

⑤ ラーメン構造+緩衝材（縦型）

0.95cmの間隔でボール紙と垂直になるように更紙を置く。その間に緩衝材を加え、内部構造を作成した。

⑥ ラーメン構造+緩衝材（横9cm型）

一辺9.0cmの正方形の枠を作成し、ボール紙の上に敷き詰め、その間に緩衝材を加え、内部構造を作成した。

⑦ ラーメン構造+緩衝材（横4.5cm型）

一辺4.5cmの正方形の枠を作成し、ボール紙の上に敷き詰め、その間に緩衝材を加え、内部構造を作成した。

(3) 実験① 防音効果の検証

段ボールの内部構造をそれぞれ変えて板を作り、作った板の防音性能を検証する。発音機の音のみをどれだけ減らせるかを調べるために**図6**のように吸音材で密閉し、段ボールによって減衰した音圧[dB]を調査する。なお、段ボール有り（**図7**左）の音圧から無し（**図7**右）の音圧を減算し傾向を比較した。また周囲の影響を避け吸音材で密閉し、防音性の高い宇和島東高校放送室で実施した。

発音器； Sony パーソナルオーディオシステム SRS-X11

集音器； 騒音計アプリケーション「Sonic Tools」

周波数； 100Hz、200Hz、500Hz、1000Hz、2000Hz^[5]



図6 吸音材

図7 測定装置模式図（左；段ボール有り 右；段ボール無し）

(4) 実験② 作成した段ボールの頑丈さの検証

ブロック（20cm×10cm×5cm）の上に両端を設置した段ボールの中心が1.3、2.6、3.9cm沈んだ（**図8**）際のおもりの質量を測定した。なお、おもりは水入りペットボトルの水を注ぐことでシームレスに測定を行った。（**図9**）

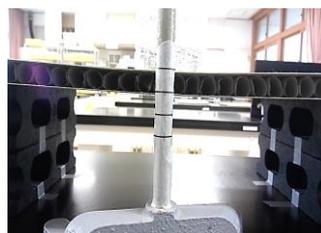


図8 段ボールの沈み



図9 おもりの増量

4 結果

(1) 実験① 内部構造による防音効果 (周波数特性)

図10に結果を示した。

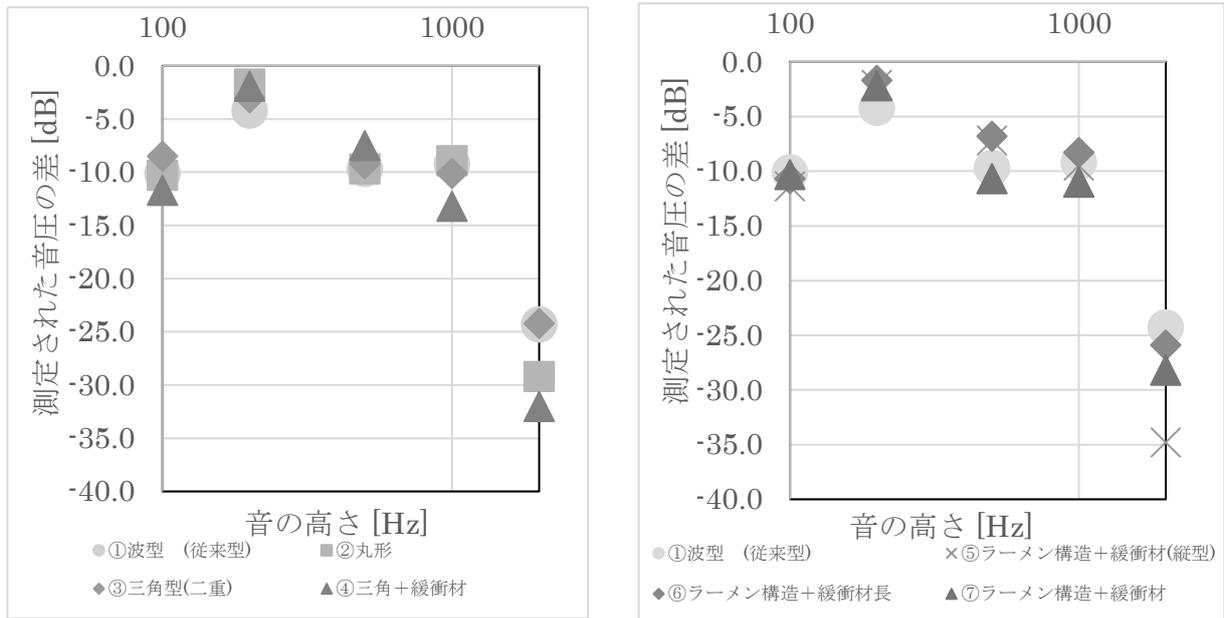


図10 各段ボールに対する音の高さと防音効果の関係

(左；断面のみ変更、右；ラーメン構造+緩衝材と従来型との比較)

高音の2000Hzで④は従来型の1.3倍の防音効果が得られた。また、⑤は従来型の1.4倍の防音効果が得られた。

(2) 実験② 内部構造による強度の比較

図11に結果を示した。

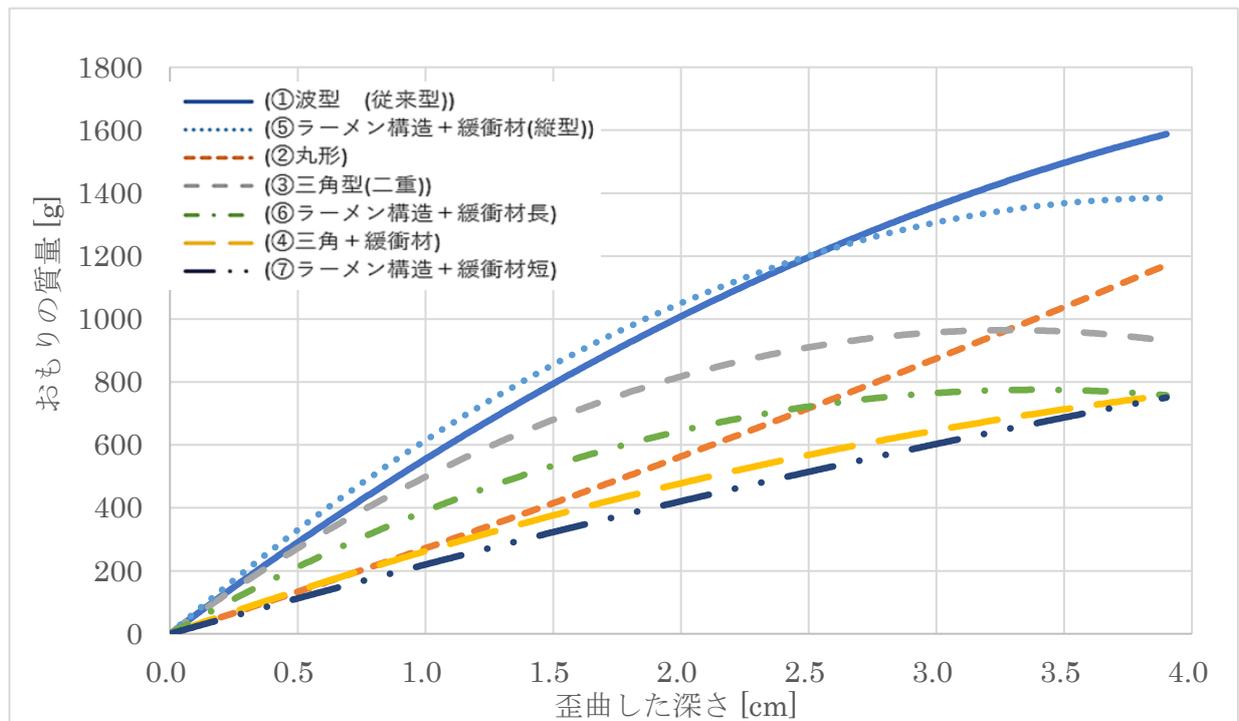


図11 各段ボールにおける上からのおもりに対する強度の比較

⑤は従来型と大きく変わらない結果が得られた。一方で、④は従来型に比べ強度が小さい傾向がある。

5 考察

(1) 実験① 内部構造による防音効果（周波数特性）

- ア 1000 Hzまではあまり差は見られないことについて
低周波数において表ライナ・裏ライナ、その間にある空気によって十分遮音され減衰された可能性がある。
- イ 2000Hz のとき、緩衝材を含む内部構造がより減衰されたことについて
高周波数においては緩衝材が音圧を減衰した可能性がある。

(2) 実験② 内部構造による強度の比較

- ア ダンボールを支える内部構造の密度の低い⑥や⑦が弱く、密度の高い①や⑤が強いことについて
表ライナや裏ライナとの中芯の接地が強度に関係あることが考えられるため、**図 1 2**にその関係を示した。

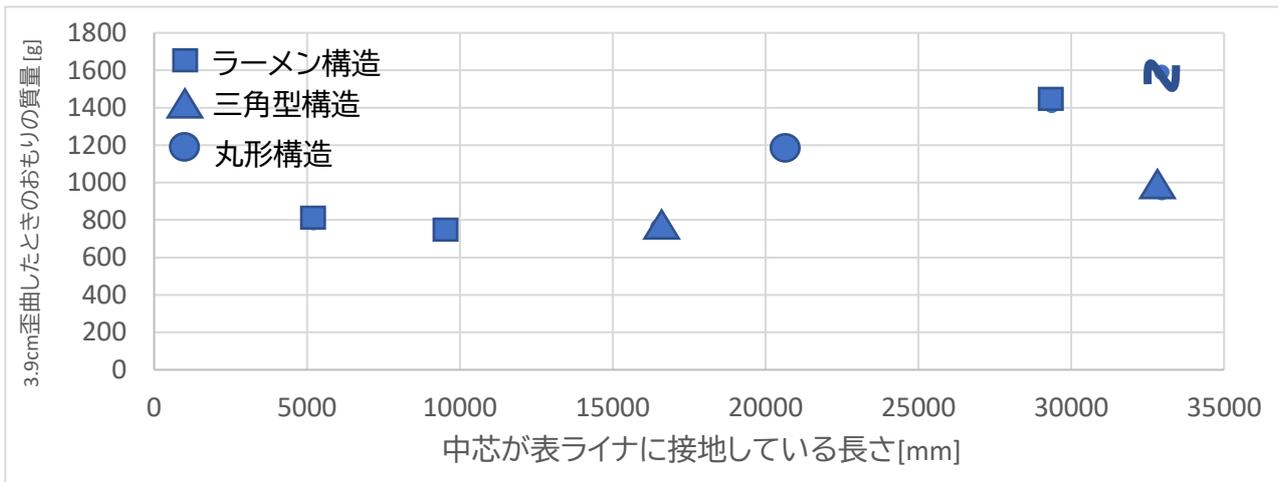


図 1 2 中芯が表ライナと接地した長さとの関係

ラーメン構造を除くと表ライナと中芯の接地が強度と関係あることを示唆される結果が得られた。このことより、ラーメン構造が段ボールにおいて強度が大きくなる性質があることが考えられる。

6 まとめと今後の課題

縦型ラーメン構造+緩衝材の段ボールは強度が強く防音効果が高いことが本研究によって分かった。

今後においては、従来型に劣る強度の向上を図ることと、実際に体育館で実験することが課題である。これらを通して最も良い段ボールの開発を目指す

謝辞

実験に際して、快く放送室を貸していただいた宇和島東高校放送部の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 「【避難所の推移】東日本大震災、阪神・淡路大震災及び中越地震の比較について」
<https://www.reconstruction.go.jp/topics/hikaku2.pdf>
- [2] 「大震災に備える工務店のための知恵袋（その3）避難所が抱える問題」SAREX | 住環境価値向上事業協同組合
http://www.sarex.or.jp/chie/chiebukuro_3.pdf
- [3] 「3. 「Q&A」について」一般社団法人 日本音響材料協会
http://www.onzai.or.jp/pdf/new/gijutsu201306_3.pdf
- [4] 「段ボールの基礎知識」株式会社八千代パッケージ
<http://www.yachiyo-pkg.com/contents/base.html>
- [5] 「Test Tone」 Sonic Electronix
https://www.youtube.com/playlist?list=PLzFvCAflq7a2SIBfDhpCytJ4RHVb_KLY