

繊維補強コンクリート製楽器の基礎的研究

立命館大学 正会員 ○竹内 正喜
立命館大学 学生会員 平尾 一樹
立命館大学 フェロー員 岡本 享久
立命館大学 学生会員 八木 翔吾

1. 研究目的

繊維補強コンクリート(以下, FRC)は, 近年のコンクリート技術の進歩によって, 薄肉断面構造であっても高い曲げ強度を得られるようになった. 多くの人が楽しめる音楽という分野, 特に楽器の製作にコンクリート技術を応用することで, 多くの人に親しめるコンクリートのあり方を提案することを一つの目的としている. そこで, 本研究では, コンクリートの新しい活用法として, 薄肉断面構造を持つ管楽器を近年注目されている FRC によって製作し, 音響解析を行うことで, 独自の音響性能と楽器用材料としての可能性を評価・考察した.

2. コンクリート製パイプオルガン(フルー管)の製作

2.1 使用材料

本研究で用いたコンクリートは各種試験練り結果 FRC の使用材料は表-1 に示すとおりである.

表-1 使用材料

セメント (C)	早強ポルトランドセメント (密度: 3.16g/cm^3)
細骨材 (S)	珪砂 6 号 (密度: 2.58g/cm^3)
繊維 (F)	ポリエチレン系有機繊維 (密度: 1.0g/cm^3)
減水剤 (HP)	ポリカルボン酸系減水剤 (密度: 1.057g/cm^3)

2.2 コンクリート製パイプオルガン(フルー管)

FRC を用いて製作したパイプオルガン(フルー管)を写真-1 に示す.



写真-1 パイプオルガン(フルー管)

3. コンクリート製パイプオルガンの性能評価

3.1 官能検査

(1)検査方法

官能検査には良い音の三要素とされる'明るさ' '美しさ' '迫力' に関して評価をおこなった。でき得る限り物性の異なる材料を用いることで、フルー管で発生する音の特徴を明確化にするため FRC 製(以下 cf)と密度 $0.16(\text{g/cm}^3)$ のバルサ材(以下 bf)で製作した。発生音は音階の基本である A_4 (440Hz) 発生するように製作した。官能検査に使用したフルー管を写真-2 に示す。被験者にどのフルー管を用いたか分からないように各



写真-2 2種類のフルー管

20回演奏した。対象とした被験者は本大学の学生49名で学内の教室で行った。

(2)フルー管(パイプオルガン)の官能検査結果

図-1、図-2の官能検査結果より'明るさ' '美しさ' '迫力' において3項目ともコンクリート製の得点が高い結果となった。

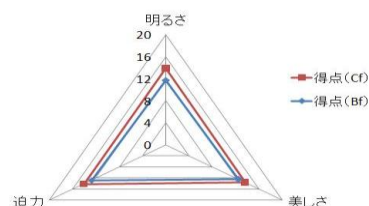


図-1 官能検査結果

キーワード 繊維補強コンクリート 官能検査 音響解析

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 イーストウィング 2F 環境マテリアル研究室 TEL077-561-2666

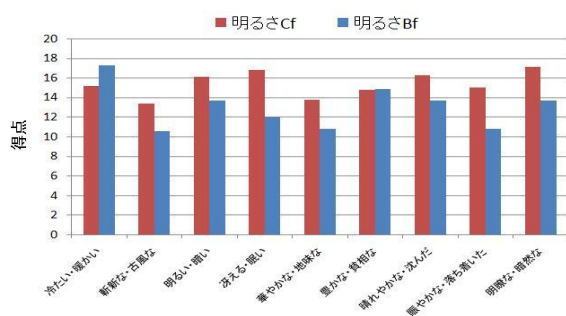


図-2 官能検査結果

要素別の結果では‘明るさ’において、7項目で顕著に高い得点を得ていた。

3.2 音響解析

(1)音響解析方法

各材料によって、写真-2に示すように、同寸法・同構造のフルー管を3対ずつ作製し、音階A₄(440Hz)の吹奏音を80dBになるように鳴らし計測を行なった。

図-3に試験方法のモデルを示す。

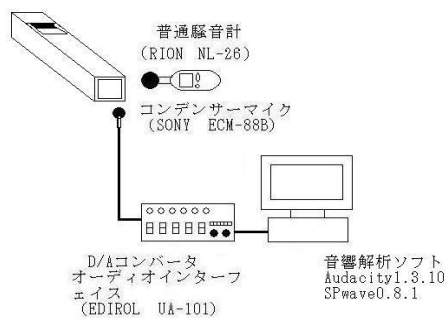


図-3 定常波測定方法

(2)試験結果

FRC製フルー管の放射音(以下Cs)およびバルサ製フルー管の放射音(以下Bs)のスペクトル図をそれぞれ図-4図-5に示す。音圧レベルに着目すると、大きな特徴として、9000~15000HzでCsのほうが高い音圧レベルであることが分かる。また、基本周波数付近の倍音のピークの推移に注目すると、Bsは基本周波数のピークから一様に減衰している様子が見て取れるが、Csでは図における3倍・5倍・7倍の勢力が極めて高いことが分かる、FRCは2000Hz付近まで上昇傾向にあり、そこから緩やかに減衰していく。高周波数域においても木材より高いレベルである。一方木材は、1000Hz付近まで比較的急激に増加していき、減衰を始めている。このことより、定常波のスペクトルは材の振動と相関があると推測された。この原因として考えられるのは、発音時の管の微振動にあると考えられ、実際にBsでは携帯電話のバ

イブレーション程度の振動があり、CsではBs程ではないが、感知できる程度の微振動があった。今回のように、振動媒体の体積に対して、低密度で管壁が薄く、振動し易い材料である場合、管壁が振動することで内部の空気柱の振動(疎密波)に作用し、材料の振動特性が倍音構成、音色に影響を与えた結果になったのではないかと推測された。

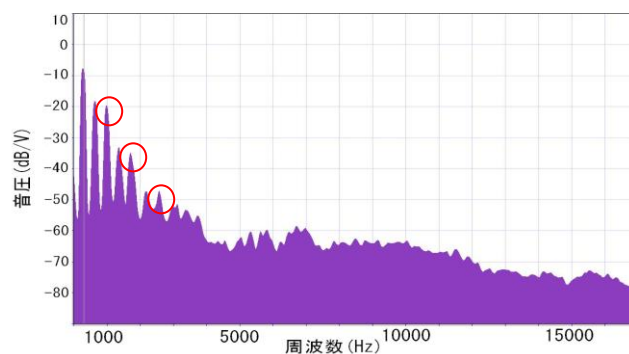


図-4 FRC製フルー管の音響スペクトル(CS)

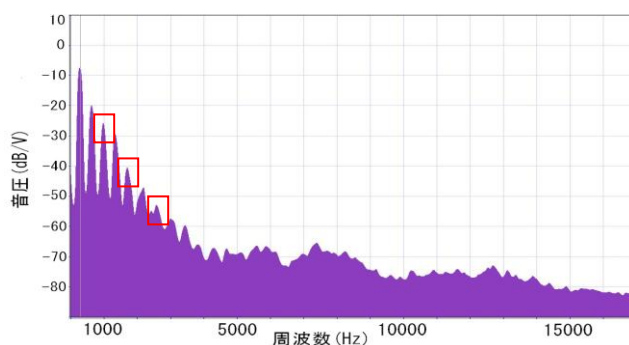


図-5 バルサ製フルー管の音響スペクトル(BS)

4. 結論

本研究の実験結果により以下の結論を得た。

- (1) 繊維補強コンクリートを利用して新規楽器が製造できる可能性が示された。
- (2) 管楽器の発音源にコンクリート材料を用いても、高い音響性能を得ることができる

参考文献

- 1) 長瀧重義監修:コンクリートの高性能化, 第8章コンクリートの高性能化—まとめと展望—, 技報堂出版, pp.213-215, 1997.11
- 2) 趙唯堅, 尾博俊, 加納宏一, 田中良弘:超高強度繊維補強コンクリート薄板の曲げ・せん断特性に関する基礎研究, コンクリート工学論文集, 第18巻第2号, pp.31-33, 2001.8
- 3) 小方 厚:音律と音階の科学, 講談社, pp.3-114, 2007.9