

超高強度繊維補強コンクリート製管楽器の音響性能評価

立命館大学 学生会員 ○加藤 勇人
立命館大学 正会員 岡本 享久
立命館大学 正会員 児島 孝之

1. 研究目的

超高強度繊維補強コンクリート(以下、UFRC)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。一方、近代楽器も誕生から 300 年以上が経過しその技術は成熟期を迎えているが、楽器に用いられる材料はいまだに木や金属、動物の毛や皮といったものが主流である。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 UFRC 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. コンクリート製アルプホルンの製作

2.1 使用材料

UFRC として、ダクトアルプレミックスを使用し、減水剤には DUCTAL-SP (ダクトアル・G ハード専用減水剤)を用いた。補強繊維は、長さ 2.5mm の鋼繊維である。

2.2 コンクリート製アルプホルンの構造

本研究では薄肉断面構造をもつ管楽器としてアルプホルンを製作した。本来、アルプホルンは木製で、全長 3.36m、重さ 5kg の円筒・円錐形の管楽器である。図-1 に示したように、管厚は 6mm で一定であるが、途

中 2 箇所にて設けられたジョイント部では 2.5~3.5mm と非常に薄くなる。これを UFRC によって忠実に再現したのがコンクリート製アルプホルンである。

3. コンクリート製アルプホルンの性能評価

3.1 官能検査

(1) 検査方法

今回行った官能検査では、良い音の三要素とされる‘明るさ’‘美しさ’‘迫力’に関しての評価を行った。被験者が比較する音は、コンクリート製アルプホルンに、写真-1 に示した W: 木製, M: 金属製, C: コンクリート製の 3 種類のマウスピースをランダムに装着し、被験者にどのマウスピースを用いたかが分からないよう演奏した。なお、官能検査は本大学の学生 58 名を対象に、学内の教室で行った。



写真-1 材質の異なるマウスピース

(2) 検査結果と考察

楽器において発音源の材質(密度、弾性)の違いは、その楽器の音色(timbre)に大きく影響すると言われ、この音色が音に個性をもたせる要因となる¹⁾。また、音を構成するその他の要素、すなわち、調子(pitch)と音量(loudness)も互いが影響し合い音を発生しているため、マウスピースの比較を行なうことで、コンクリート製の共鳴胴を持つ楽器に適した発音源の材質が分かると考えられる。図-2 の官能検査結果から、コンクリー

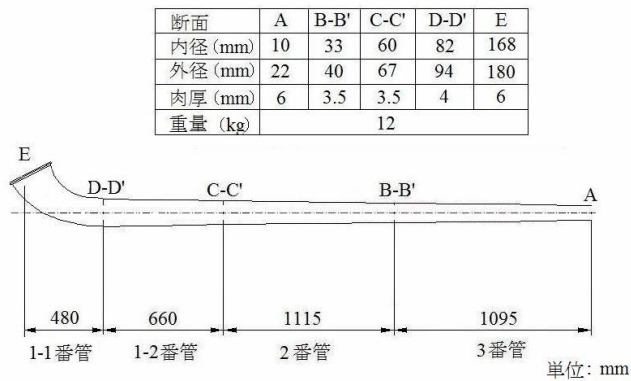


図-1 コンクリートアルプホルンの概要

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート、発音源、共鳴胴、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 EW2F 環境材料研究室 TEL: 077-561-2666(内線 8722)

ト製のマウスピースは‘明るさ’において3種類のマウスピースの中で顕著に高い数値を示した。このことから、周波数分布におけるスペクトルの重心がより高い周波数域に存在していると考えられ、高次の部分振動まで発生していることが推測できる。

表－1 材料と物性の比較

	密度 (g/cm ³)	弾性係数 (kN/mm ²)
木材(広葉樹)	0.7	12.6
金属(真鍮)	7.5	105
コンクリート	2.6	50

しかし、この原因として考えられる材料の密度と弾性係数に着目すると、表－1のようにコンクリートは金属と木材の中間に位置する。周波数と物

性との間には、周波数 $\propto$ (1/密度)、周波数 $\propto$ 弾性の関係があることから、単純に高い周波数を発声しやすいのは金属であると言える。よって、官能検査の結果にはこれ以外の要因が作用していると考えられ、そのひとつとして、同材質による固有振動数の一致が挙げられる。固有振動数は、楽器の構造や材料によって決まるため、これが一致することは発生可能な周波数を増やすことに有効であると考えられる。以上のことから、コンクリート製の共鳴胴を持つ管楽器には、同質の発音源を用いることが効果的であると言える。

3.2 音響解析

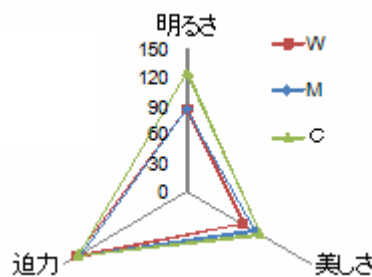
(1) 音響解析方法

音響解析は、官能検査同様、3種類のマウスピースを用いた場合の発生周波数分布をFFTアナライザによって計測した。測定場所は反響音の影響を受けにくい屋外で行い、図－1のE点に広帯域マイクロホンを設置し、発声可能な全ての音階について測定を行った。

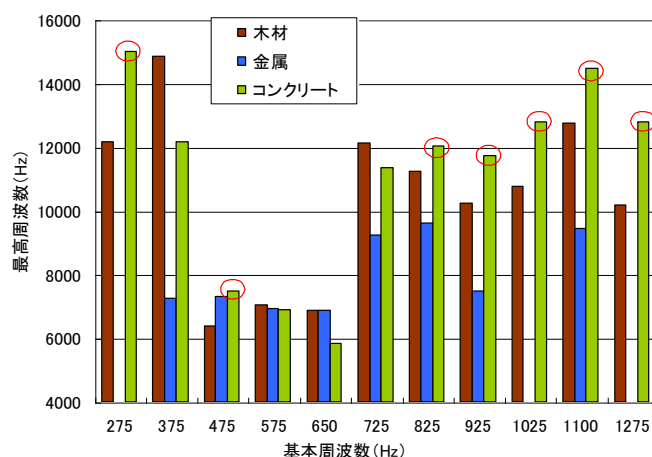
(2) 音響解析結果

図－3に示す解析結果より3.1で述べた部分振動の包含度に着目すると、木製とコンクリート製マウスピースが金属製のものに比べ、高い周波数の部分振動まで発生していることが分かる。より多く、高い次元の

周波数を同時に発生することで音に豊かさが生まれるが、これは、基本周波数の整数倍となる周波数(倍音)が互いに良く共鳴し、それに次いで $3n/2$ 倍、 $9n/8$ 倍(n :整数)など、様々な周波数が共鳴することから言え、楽器にとって重要な要素となっている²⁾。また、木製とコンクリート製では傾向が類似しており、後者のほうが高い周波数まで発生させていることが分かる。この結果が官能検査の結果ともほぼ一致することから、音響解析の結果からも、管楽器の製作において発音源と共鳴胴を同質の材料によって製作することが重要であると言える。また、既存の楽器が発音源と共鳴胴に異なる材質のものをを用いることは、特に弦楽器において多く見られるが、管(吹奏)楽器では同質の材料を用いることが常識となっている。これまで、楽器の音色



図－2 官能検査結果



図－3 マウスピースと高次元周波数の比較

にとって最も重要である発音源にコンクリートを用いた場合の音響性能は明らかでなかったが、今回の結果より、高い音響性能が得られるということが分かった。なお、このアルプホルンの演奏は「全国手作り楽器アイデアコンテスト 08」において高い評価と反響を頂いている。

4. 結論

本研究の実験結果により以下の結論を得た。

- (1) 発音源の材質は管楽器の音色に大きく影響し、発音源と共鳴胴を同材質にすることが重要である。
- (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) 早坂寿雄: 楽器の科学, 電子情報通信学会編 pp7, 1992.3
- 2) 早坂寿雄: 楽器の科学, pp17~19, pp105, 1992.3