

立命館大学理工学研究科	学生員	○加藤 勇人
立命館大学理工学部		佐藤 龍
立命館大学客員研究員		竹内 正喜
立命館大学理工学部	正会員	武田 字浦
立命館大学理工学部	正会員	岡本 享久
立命館大学理工学部	正会員	児島 孝之

1. 研究目的

本研究では、コンクリートを用いた超薄肉断面構造をもつ管楽器としてアルプホルンの製作を目的とし、そのために必要な打設および脱型技術の確立と、楽器としての音響性能を評価した。薄肉構造コンクリートの打設には、脱型時のコンクリートにかかる負荷を低減するための型枠設計が重要となる。そこで、剥離剤の検討とスライド式脱型など、独自の脱型方法を提案した。また、楽器の音響性能の評価として、官能検査と音響解析を行い、実用性ととも材料特性と音響の関係から、コンクリート楽器が持つ楽器としての利点と課題の抽出を行った。

2. コンクリート製アルプホルンの製作

2.1 アルプホルンの構造

本来、アルプホルンは木製で、全長 3.36m、重さ 5kg の管楽器である。吹くところ(図-1, A 点)の直径は 2cm ほどで、そこから 3m かけて円錐状に太くなり、先端(図-1, E 点)の直径が 20cm である。その間の管厚は 6mm で一定であるが、途中 2 箇所設けられたジョイント部では約 3mm と非常に薄くなる。これをコンクリートで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。

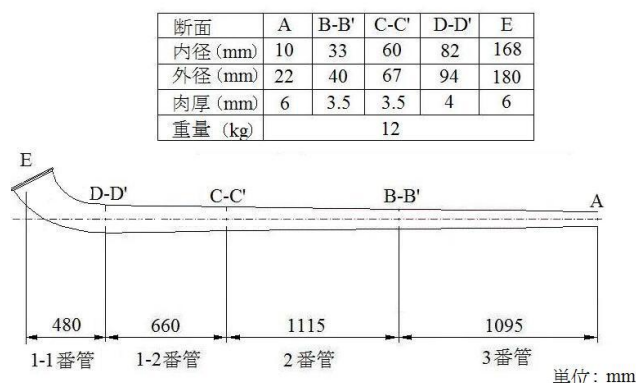


図-1 コンクリート製アルプホルン概要

2.2 使用材料と配合

超高強度繊維補強コンクリートとして、太平洋セメント株式会社製のダクトアルプレミックスを使用した。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。使用した繊維は、長さ 2.5mm の鋼繊維である。なお、養生は、標準熱養生 (90°C、48 時間蒸気養生) によって行った。

2.3 強度試験結果

(1) モルタル強度試験結果

モルタル強度試験は、 $\phi 5 \times 10$ cm の円柱供試体と、 $4 \times 4 \times 16$ cm の角柱供試体を用いて、圧縮、曲げ強度を測定した。表-1 は材齢 28 日における養生後の円柱、角柱供試体 5 体の平均値を示したものである。

表-1 モルタル強度試験結果

材齢 28 日	N/mm ²
圧縮強度	186.8
曲げ強度	46.6

(2) 部材の簡易強度試験結果

簡易強度試験は、養生後、材齢 90 日の 1-2 番管を、コンクリートの曲げ強度試験 (JIS A 1106) における載荷方法を模擬して行った。その結果、ハーフパイプの状態、最大荷重 1050N の載荷にまで耐えた。

Hayato KATO, Ryu SATO, Masaki TAKEUTHI, Naho TAKEDA, Takahisa OKAMOTO and Takayuki KOJIMA

実際、楽器として使用する際は、円筒状であるため、これより大きな載荷に耐えうると考えられ、薄肉断面

構造であっても通常の楽器としての使用には十分耐えうると言える。

3. 音響解析

3.1 音響解析方法

アルプホルンの音響解析では、マウスピースに木製；W，コンクリート製；C，金属製；M の異なる3種類の材料を用いた場合の周波数と音量の関係をFFTアナライザによって計測し、各材料が持つ音響性能の比較および、考察を行った。また、測定場所は反響音の影響を受けにくい屋外で行い、測定位置は広帯域マイクロホンを図-2のように設置し、発声可能な全ての音階について測定を行った。

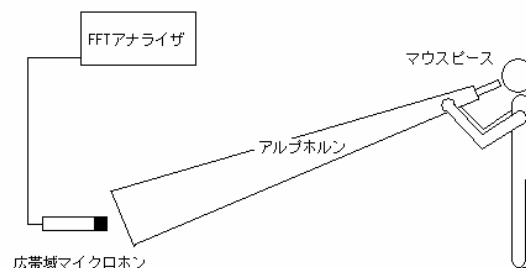


図-2 音響解析方法

3.2 音響解析結果

音域の違いによる周波数と音量の関係を図-3, 4, 5に示す。音響学的に、周波数がより広域にわたって均等分布しているほど、その音は聞き手にとって‘豊か’もしくは‘味がある’といった印象を与えられているが、中音域と高音域に着目すると、コンクリート製マウスピースは木製のものよりやや劣ると言える。しかし低音域では最も高次元の倍音を発生しており、最も豊かな音を発したといえる。また、中音域における周波数分布はそれぞれが異なる傾向を示しており、この音域でコンクリートらしい音というものが出やすいと考えられる。この結果にコンクリート、木、金属の弾性力や、材料の比重が大きく関係していると考えられる。

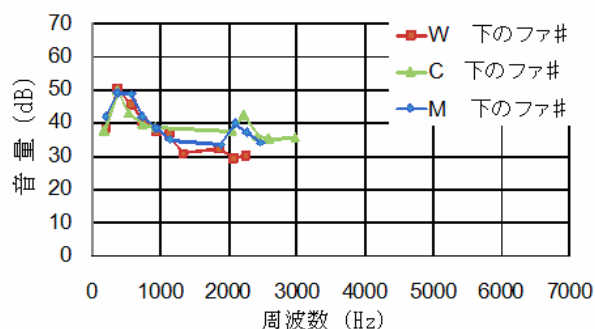


図-3 低音域における周波数と音量の関係

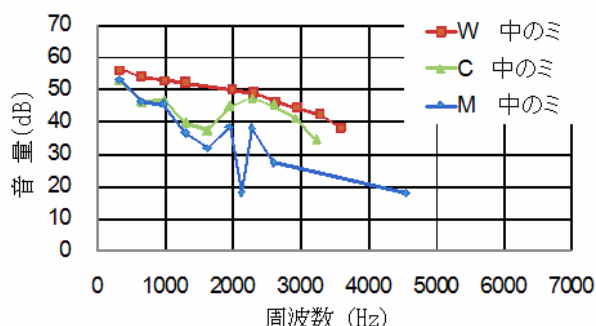


図-4 中音域における周波数と音量の関係

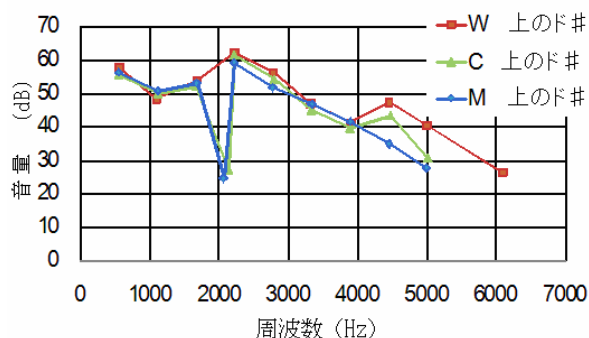


図-5 高音域における周波数と音量の関係

4. まとめ

本研究では、超高強度繊維補強コンクリートを用いて、薄肉断面構造をもつ管楽器を製作した場合、演奏や運搬など、通常の使用時に起こり得る衝撃を考慮しても、十分耐えられる強度を得られることが分かった。また、金管楽器のように衝撃によって凹んだり、錆びたりしないこと、木製楽器のように湿気や、温度の影響を受けにくいといった利点が挙げられる。一方、音響の面では、音響解析の結果から、現在楽器として広く用いられている木製、金属製マウスピースと性能差がほとんどないことが確認できた。また、官能検査においても高い評価が得られたことから、コンクリートで管楽器を製作した場合、楽器として十分な性能を有し、特に中音域ではコンクリート独自の音色を発生させる可能性があるということがわかった。

5. 謝辞

今回、材料提供ならびに養生を引き受けてくださった太平洋セメント株式会社、ダクトル開発チームの皆様、アルプホルンの作製、演奏方法をはじめ、数々のご支援を下された玉川アルプホルン協会の会長様、皆様に対し、感謝いたします。