

PC 鋼線と超高強度繊維補強コンクリートの協働作用による楽器の開発

立命館大学

正会員

○武田

宇浦

学生員

原田

佳実

正会員

竹内

正喜

正会員

岡本

享久

正会員

児島

孝之

1. はじめに

本研究では、本来エココンクリートが有している環境調和性に加えて、楽器としての機能（フロンティア性）と癒しの効果（アメニティ性）を持つエココンクリートの開発を目指し、コンクリートによる楽器の作製を行った。コンクリートの固有振動数は、木材に比べて小さい。このため、コンクリート部材を薄くすることで、この固有振動数をできるだけ大きくし、楽器としての機能を付与できると考えた。コンクリートは、一般に「冷たい」「硬い」といったイメージを持たれている。しかし、本研究による「音とコンクリートの融合」の結果、癒し効果などの温かみのあるイメージを付与することで、新たなコンクリートの活用方法を見出すことを目的とした。

2. 楽器の作製

2.1 楽器の概要

図 1 に楽器の概要図を示す。共鳴箱は 745×810×160mm とし、弦の定着具を含めた大きさは 800×976×330mm とした。ヴァイオリンの構造を参考に、駒を通じて弦の振動を共鳴箱の表板に伝え、さらに、中央部に魂柱を立てることで音の振動を表板から裏板まで伝達し、箱全体で音が響く構造とした。また、駒の位置を調整することで、簡単に調律ができるようにした。

2.2 使用材料

楽器のそれぞれの部位作製に使用した材料を表 1 に示す。共鳴箱には超高強度繊維補強コンクリートを、弦に PC 鋼線を、PC 鋼線の定着には H 型鋼と定着具を加工したものを用いた。また、駒として、黒檀の木板と木を組み合わせたものを使用した。

2.3 共鳴箱の作製

共鳴箱に用いた超高強度繊維補強コンクリートの使用材料および示方配合をそれぞれ表 2 および表 3 に示す。超高強度繊維補強コンクリートは、セメントを基材とし厳選された各種構成材料を使用したプレミックスに、鋼繊維を混入したコンクリートである¹⁾。今回は、株式会社太平洋セメント社製のダクトアルプレミックスを使用し、配合は太平洋セメントのダクトアル配合表に基づいた。共鳴箱の板厚は全て 5mm とし、745mm

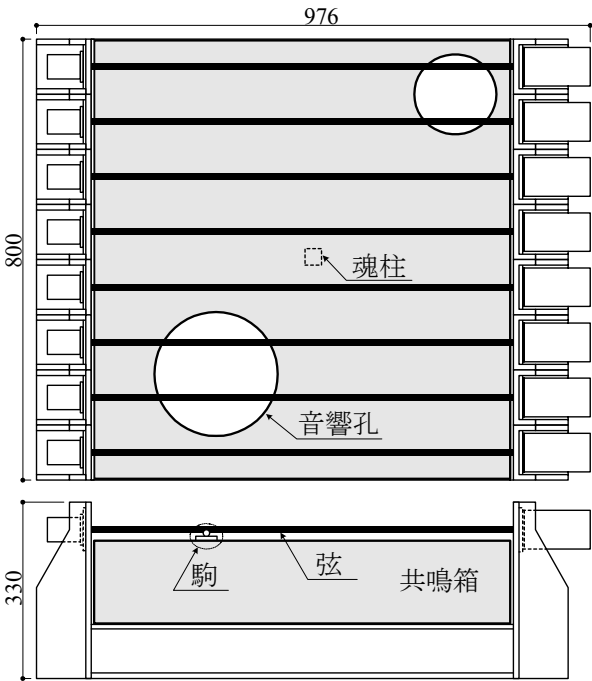


図 1 楽器の概要図（単位：mm）

表 1 楽器作製に使用した材料

	使用材料および概要
共鳴箱	超高強度繊維補強コンクリート
弦	φ 2.57mm および φ 5mm の PC 鋼線
弦の定着具	H 型鋼に PC 鋼線の定着具を設置
駒	5mm 厚さの木板と φ 16mm の木棒

キーワード 楽器、超高強度繊維補強コンクリート、共鳴箱、PC 鋼線

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学 TEL 077-561-2666（内線 8722）

×810mm の表板と裏板（表板には2箇所音響孔を設けた）、側面用に810mm×150mmを2枚、735mm×150mmを2枚それぞれ作製した。その後、各板材を48時間の蒸気養生し、エポキシ樹脂系の接着剤を使用し組み立て共鳴箱とした。

2.4 PC 鋼線の弦としての適用

PC 鋼線の定着は設計緊張力を 3tf とした耐力計算を行い、H 型鋼に PC 鋼線の定着具を設置し作製した。PC 鋼線を定着後、緊張側のボルトを締めることで弦の緊張力を調整できる構造となっている。音名 C3～E3 にはφ5mm、F3～C4 にはφ2.57mm の鋼線をそれぞれ使用した。鋼線にかかる緊張応力が 11.8N/mm^2 となるように設定し、ゲージを取り付けφ2.57mm は 6000μ 、φ5mm は 4000μ のひずみ量となるようにそれぞれ緊張力を導入した。ギター用のチューナーを用いて音程を計測し、弦と共鳴箱の間に設置した駒の位置を移動することで音程を調節した。

3. コンクリート製弦楽器の解析

完成した楽器を写真1に示す。本楽器は、黒檀の棒で弦を叩いて演奏する形式とした。

φ5mm の PC 鋼線を使用した場合、楽音（音楽の素材になる音）とならず、心地よい音色ではなかった。一方、φ2.57mm の PC 鋼線を使用した場合には、はっきりとした楽音となり、音色もφ5mm の時と比較して澄んだ音であった。このため、全ての弦にφ2.57mm の PC 鋼線を用いることとした。

FFT アナライザーを用いて、楽器の表板の固有振動数の解析を行ったが、構造体が複雑であるため固有振動数の特定はできなかった。しかし、マイクロフォンによる音の継続時間を測定した結果では、音名 F3 および G3 の持続時間が約5秒と最も長かったことから、今回作製した共鳴箱は300～400Hzの音域に共鳴し易いと推察できる。共鳴箱中央部に設置した魂柱も振動を複雑にしている要因の1つであり、表板から裏板にかけて楽器全体に振動を伝達する機能を有しているか確認する必要がある。

楽器の固有振動数は、構成部材を薄くすることである程度までは高くできる。このため、部材をさらに薄く作製することで楽器としての機能の発揮が期待できる。また、音の周波数に合わせた部材の固有振動数を求めることで、全ての音に対応することが可能になる。

4. まとめ

- 1) PC 鋼線を弦として適用する際には、音色などを考慮すると、より細い鋼線を使用することが望ましい。
- 2) 超高強度繊維補強コンクリートを用いて共鳴箱を作製することにより、コンクリート板の固有振動数の増加につなげることができた。今後、さらに部材を薄くし音の周波数に合わせた部材の固有振動数を求めることで、全ての音に対応することが可能になると期待できる。

【参考文献】

- 1) 土木学会コンクリート委員会 超高強度繊維補強コンクリート研究小委員会「超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案）」丸善（株）、pp.1-3、2004

【謝辞】

本研究を行うにあたり、片桐氏、田中氏を始めとする太平洋セメントダクトルチームの皆様、神鋼鋼線の南氏、白濱氏、副島製作所の副島氏から、材料の提供など多大な御尽力を賜った。ここに記し、感謝の意を表す。

表2 超高強度繊維補強コンクリートの使用材料

材料	主な性質
プレミックス	ダクトルプレミックス DP-200
鋼繊維	引張強度: 2700N/mm^2 繊維径: 0.2mm、繊維長: 15mm
減水剤	ダクトル G ハード専用減水剤

表3 示方配合

単位量(kg/m^3)			
水	鋼繊維	プレミックス	減水剤*
180	157	2254	25

* : 減水剤は練混ぜ水に含む



写真1 コンクリート製弦楽器