

## コンクリート琴の設計と製作

(公社)日本コンクリート工学会  
コンクリート工学年次大会 2017 (仙台)  
キング・オブ・コンクリート部会

この資料は、コンクリート工学年次大会 2017 (仙台)にて行われるキング・オブ・コンクリートについて、キング・オブ・コンクリート部会の事前検討として行ったコンクリート琴の試作例を基に作成しました。参加者にとってなじみが薄いであろう楽器の作製という課題に当たって、取り掛かりの資料になることを願い、誰でも簡単にコンクリート琴を設計・製作できるコツとレシピを紹介します。

### 1. 鍵盤の設計

鍵盤の形状はシンプルな平板にしました。打撃した際の鍵盤の振動モードは、図-1に示すように中央を不動面として線対象となる片持ち梁の振動を仮定します。このとき、1次の共振周波数は、矩形断面とした場合には理論に基づいて式(1)により計算できます。

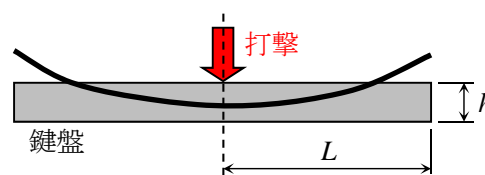


図-1 鍵盤の振動モード

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{\lambda}{L} \right)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} = 0.1615 \frac{ch}{L^2} \quad (1)$$

ここで、 $f_0$  は共振周波数、 $\lambda$  は 1.8751、 $L$  は片持ち梁の長さ (鍵盤長さの半分)、 $E$  は動弾性係数、 $I$  は断面 2 次モーメント、 $\rho$  は密度、 $A$  は断面積、 $h$  は鍵盤厚さです。 $c$  は  $E/\rho$  の平方根で与えられる鍵盤の音速です。共振周波数  $f_0$  は鍵盤幅には依りません。

鍵盤の音の高さ (音程) は、1 次の共振周波数で決まります。式 (1) より、鍵盤の音速  $c$  を適当に仮定しておき、まずは鍵盤厚さ  $h$  と鍵盤長さ  $2L$  を決めます。事前検討では、モルタル試験片の鋼製型枠 (4 cm × 4 cm × 16 cm) を使って、モルタル鍵盤を製作しました (写真-1)。音階と周波数の対応は、国際基準によって表-1のように定められています。このとき、打設の容易さを考えて鍵盤長さ 16 cm を固定し、鍵盤厚さ  $h$  を変えて音程を合わせました。モルタルの動弾性係数 36000 N/mm<sup>2</sup> と密度 2100 kg/m<sup>3</sup> を仮定すると、鍵盤の音速  $c$  は 4140 m/s になります。およそマッハ 12 です。 $c = 4140$  (m/s) と  $L = 0.08$  (m) を式 (1) に代入すると、鍵盤厚さは  $h = f_0/105$  (mm) で得られます。鍵盤の周波数  $f_0$  を表-1により与えれば、鍵盤厚さ  $h$  が簡単に計算できます。



写真-1 打設状況

表-1 音の高さと共振周波数 $f_0$ の関係

音階	ド C6	レ D6	ミ E6	ファ F6	ソ G6	ラ A6	シ B6	ド C7
共振周波数 $f_0$ (Hz)	1047	1175	1319	1397	1568	1760	1976	2093
鍵盤厚さ $h$ (mm)	10.0	11.2	12.6	13.3	14.9	16.8	18.8	19.9
鍵盤長さ $2L$ (mm)	160							

音階	レ D7	ミ E7	ファ F7	ソ G7	ラ A7	シ B7	ド C8
共振周波数 $f_0$ (Hz)	2349	2637	2794	3136	3520	3951	4186
鍵盤厚さ $h$ (mm)	22.4	25.1	26.6	29.9	33.5	37.6	39.9
鍵盤長さ $2L$ (mm)	160						

## 2. 鍵盤の打設

写真-1に示すように、鋼製型枠にモルタルを打設しました。早強セメントを使って、水セメント比を少し高くなるように配合しました。木槌で締固めし、打設後は型枠をラップで覆って恒温室に1週間静置しました。

## 3. 鍵盤の設置と支持

写真-2に示すように、2本のタコ糸を机に平行に並べて、その上に鍵盤を置きました。タコ糸は鍵盤から机に伝わる衝撃を吸収してくれることや、鍵盤と机の距離が短いと音が反響しやすいと考えました。タコ糸による支持は鍵盤の浮き上がりを拘束しないため、構造解析で考えるような単純梁にはなりません。図-1と式(1)に示したように、鍵盤の振動モードは、中央を不動面とする片持ち梁の振動に近いと考えられます。



写真-2 鍵盤の設置

## 4. マレット

金槌や構造物用の点検ハンマーを使うと、机に大きな衝撃が伝わるため、良い音は得られませんでした。そこで、太鼓のおもちゃのバチ(写真-3のプラスチック製マレット)を使うときれいな音がしました。木製でも良いと思います。

## 5. 音程の微調整

キング・オブ・コンクリートのE部門では鍵盤の音程(共振周波数)の正確さを競います。スマートフォンのチューナーやFFTアプリなどを使って音程をチェックし、鍵盤を調律すると良いでしょう。式(1)より、鍵盤の音



写真-3 マレット

程は鍵盤長さの2乗に反比例します。音程を微調整するために、予め鍵盤を長く作っておいて、切断すると音程が上がります。もちろん、ここで鍵盤厚さを定めたように、鍵盤を削って音程を微調整することも可能ですが、その作業は大変だと思います。

## 6. 演奏

演奏動画をアップしました。<http://bit.ly/2g8UpHc>

この他にも工夫の余地は沢山あると思います。我々の事前検討ではこれ以上深追いしませんが、学生のみなさんの創意工夫に大いに期待しています。