ISSN 2186-5647

6-8

鍵盤楽器ガムラン音板の有限要素法による2次元音響固有値解析

日大生産工(院)　○藤田 考治
日大生産工　豊谷 純
日大生産工　大澤 鉱一

1 まえがき

本研究では、インドネシア・バリ島のガムランの音響解析を行っている。ガムランにも様々な種類があるが、本研究ではバリ島で一般的な青銅製打楽器編成であるガムラン・ゴング・クビャールにおける鍵盤楽器の独特の断面形状に着目している。

本報告では、有限要素法による鍵盤の固有値解析を行ない、本手法の妥当性の検証を行なった。

2 ガムラン用鍵盤の断面形状

Fig.1にガムラン・ゴング・クビャールの鍵盤楽器ガンサを示す。Fig.1に示すように、各鍵盤は、皮紐で吊られており、その下に竹でできた共鳴筒がある。

また、Fig.2に鍵盤の断面形状を示す。通常の打楽器であれば、西洋の鉄琴のようにシンプルで断面積が長方形となるような板が一般的である。しかし、皮紐で吊られているガムランの鍵盤は、金属の厚みに係らず、どれも共通して断面積が台形になるように成型されている。そして、その断面形状はほぼ左右で対象であり、傾斜部分の長さも、全横幅に対してほぼ一定の比率となっている事が分かる。

本報では、このガムランの鍵盤の断面形状に着目し、このような形状によって、どのような音響効果があるのか有限要素法を用いて検討する。

3 基礎方程式

本報では有限要素法でモード解析[1]を行い、様々な形状のガムランの固有値を算出する。ガムランにおいても青銅で造られた連続体のために、他の弾性体の固有値解析と同様に次式から求める事が出来る。

Fig.1 ガムラン・ゴング・クビャールの鍵盤楽器ガンサ

Fig.2 異なる厚みの断面形状

$$\rho A \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} + El\left(\frac{\partial^4 z}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 z}{\partial y4}\right) = 0 \quad (1)$$

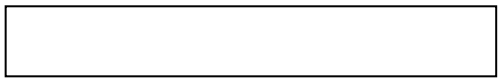
A：断面積　I：断面2次モーメント
ρ：密度　E：縦弾性係数
x,y：変数

Two-dimensional FEM eigenvalue analysis for keyboard instrument Gamelan

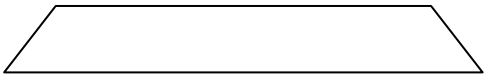
Koji FUJITA, Jun TOYOTANI and Koichi OSAWA

4　数値計算結果

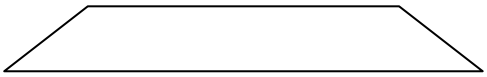
簡単な矩形モデルを適用して、両辺を対象に同じ幅だけ削って台形にした際の、固有値解析を行う。



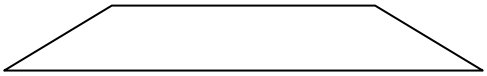
0.0Lの断面形状(矩形)



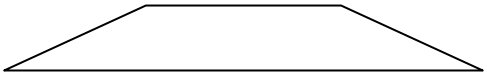
0.1Lの断面形状(片端が全幅の10%)



0.2Lの断面形状(片端が全幅の20%)



0.3Lの断面形状(片端が全幅の30%)



0.4Lの断面形状(片端が全幅の40%)

Fig.3 ガムランのさまざまな断面状

Fig.3に示すような音板のモデル図を用い、下辺の長さをLとし、両端を削らない形状を0.0Lとして、両端を10%斜めに削った形状0.1L、20%斜めに削った形状を0.2Lとして変化させ、固有値を計算する。

有限要素法を適用するために、Fig.4に鍵盤のモデリングしたものを示す。

各モデルの１次モードの固有値結果がFig.5に示されており、単純に両端の傾斜部分が長くなるにつれて、固有値も変化している事が分かる。ただし、傾斜部分の断面積が場所によって異なるために、応力との傾斜長さが単純に線形的に変化しないことが分かる。

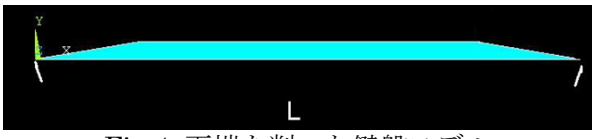


Fig.4 両端を削った鍵盤モデル

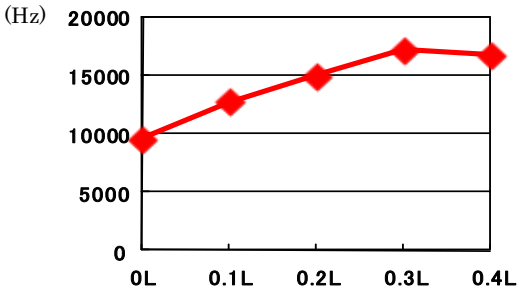


Fig.5 両端斜辺長さと固有値の関係

Fig.5を見ると、傾斜部分があると両辺を短くした事と等価になるために、剛性が高まり、その結果として固有値が上昇しているものと考えられる。

また0.4Lになると相対的に厚みが薄くなることと等価になることから、剛性が低下して固有値が下がっているものと考えられる。

そのような理由から、ガムランは0.3L位が最も固有値が高まるものと考えられ、現地の民族は経験によって、この特性を見出して来たものと考えられる。

5.まとめ

本論では、ガムランの断面形状に着目して、その台形という形状による音響的効果を有限要素法による数値シミュレーションを用いて解析を試みた。まだ１次モードの結果のみであるが、表記していないが、２次や３次等の高次のモードや固有値がどのような変化を生じているかを明らかにする必要がある

「参考文献」

1)CAD/CAE研究会、有限要素法解析ソフトANSYS工学解析入門、理工学社、2006年
2) 邵 長城、基本からわかる有限要素法、森北出版、2009年
3) 藤田、豊谷、塩川、鍵盤楽器ガムラン音板の有限要素法による2次元音響固有値解析、日本音響学会2010年秋季研究発表会講演論文集、日本音響学会、p.111、2011年