

20719 野球用金属バットの振動と打撃性能に関する研究(衝突)

IWAHARA, Mitsuo / ARAI, Kazuyoshi / FUJIHARA, Seishi /
NAGAMATSU, Akio / 渡邊, 敬人 / 岩原, 光男 / 長松, 昭男 /
藤原, 聖司 / 新井, 和吉 / WATANABE, Takahito

(出版者 / Publisher)

日本機械学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集

(号 / Number)

12

(開始ページ / Start Page)

497

(終了ページ / End Page)

798

(発行年 / Year)

2006-03-09

20719 野球用金属バットの振動と打撃性能に関する研究

A research on vibration and performance of bat for baseball

○学 渡邊 敬人 (法政大学) 正 岩原 光男 (法政大学)

正 長松 昭男 (法政大学) 学 藤原 聖司 (法政大学)

正 新井 和吉 (法政大学)

Takahito Watanabe, HoseiUniversity, Kajinotyou3-7-2, Koganei-shi, Tokyo

Mitsuo Iwahara, HoseiUniversity

Akio Nagamatsu, HoseiUniversity

Seishi Fujihara, HoseiUniversity

Kazuyoshi Arai, HoseiUniversity

It is a research on a metallic bat for baseball. There is the point which is called a sweet spot. At the point, a ball is repulsed most in the bat. The definition of a sweet spot is indefinite. The reason why a sweet spot is approved is researched. First of all, The first node, the 2nd node, and the center of impact were measured. Next, The ball was made to collide with them and the repulsion coefficients were measured, and compared.

Key Words : Sweet spot, Center of impact, Modal analysis

1. 緒言

野球用バットとして用いられる金属バットは現在、高校野球やアマチュア野球などで広く扱われるスポーツ用品である。金属バットには打撃時、最も反撥するスウィートスポットと呼ばれる部位があるが、それは、最も速度が高い先端部ではなく、定義も不明確である。

スウィートスポットはどのような条件で成立するか、そしてどのようにすればより高反撥なスウィートスポットを成立させることが出来るのか、等を振動学の見地から研究する。

2. 理論

2.1 モード解析

構造体を多自由度系で理論的に剛性と質量等で表現し、特性方程式を導出し、固有値解析を行ってモード特性を計算する手法を本論では理論モード解析とする。ここでは有限要素法を用いる。対して、線形構造体に振動加振を行い応答と入力の比、つまり周波数応答関数を観測し、モード特性を得る手法を実験モード解析により現象解明を試みる⁽¹⁾。振動実験は打撃加振と加振器による加振を用いた。

2.2 打撃中心

スウィートスポットの定義は曖昧なので、本論では最も反撥する部位とする。それと混同されがちだが、バットには別の意味を持つ打撃中心があり、その定義は厳密に決まっている。この項で定義と算出式を示す。

打撃時にバットは回転と並進の運動を行う。回転と並進が打ち消し合いグリップエンド側の軸端が動かない打撃部位が存在する。その打撃部位が打撃中心である。以下に本研究で用いた算出式を示す。概要は図1を、変数は表1を参照とする。

並進系の運動 回転系の運動

$$F = M_t \dot{V}_t, \quad T = I_t \dot{\omega}_t \quad (1)$$

両辺を衝突部重心間距離で割り T を F とし代入。

$$\frac{T}{L_f} = \frac{I_t}{L_f} \dot{\omega}_t, \quad M_t \dot{V}_t - \frac{I_t}{L_f} \dot{\omega}_t = 0 \quad (2)$$

定義から回転による端の速度と、重心の並進速度は正負を反転し同じ値となるため、

$$\frac{\dot{\omega}_t}{L_r} - \dot{V}_t = 0 \quad (3) \text{ となり, } \dot{V}_t \text{ で(2)式をくくる}$$

$$\dot{V}_t \left(M_t + \frac{I_t}{L_f L_r} \right) = 0 \quad (4)$$

故に重心から打撃中心までの距離 L_f は

$$L_f = - \frac{I_t}{M_t L_r} \quad (5) \text{ となる.}$$

2.3 反撥係数

バットの弾性変形を無視し、反撥係数は以下のようにして求める。

$$e = - \frac{V_{lo} - (V_t + L_f \cdot \omega_t)}{V_{li}} \quad (6)$$

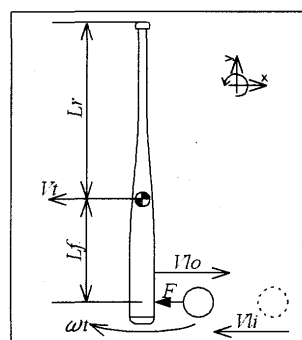


Fig 1 Center of impact

Table 1 Variables

F	Force by collision of ball
T	Torque around center of gravity axis of bat
M_t	Mass of bat
I_t	Moment of inertia of bat
V_t	Velocity after bat collides
V_{li}	Velocity before ball collides
V_{lo}	Velocity after ball collides
ω_t	Velocity of rotation of bat
L_f	Distance from center of gravity to collision part
L_r	Distance from center of gravity to axis edge

3. 構造解析

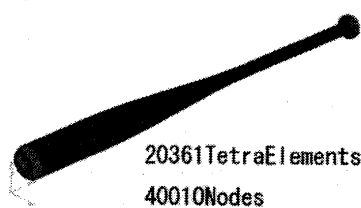


Fig 2 Finite element model of bat

本研究において計算解析は実験の前段階から実験対象のモード特性等の傾向を知り、実験計画を立て易くするためと、実験結果

の検討のための比較対象を作る目的のもとに行った。

解析手法には有限要素法を用いた。バットの構造は薄肉円筒形状であるため厚みを超音波厚さ計で計測し、三次要素を用いて図2のような有限要素モデルを作成した。

Mode1 211.4Hz



Mode2 747.5Hz

Fig 3 Mode of simulation

最大振幅部はどちらも端にあり、バットの一般的な打撃部に節が集中している、等が予見できた。

4. 実験

4.1 実験対象

実験対象と試験位置を図4に示す。

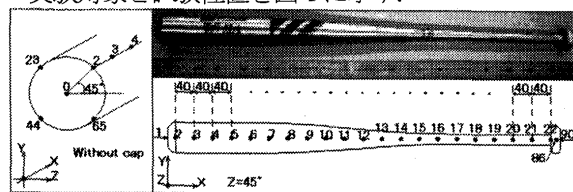


Fig 4 A subject of experiment (mm)

金属バットは中距離打者用バットで、諸元は重量 903 g 全長 839 mm 最大径 66.6 mm 本体部の平均厚み 2.98 mm、主な材質は本体部に用いられているアルミニウム合金 A7050 である。長手方向を X、高さが Y、幅方向を Z 軸とし、原点 O は本体先端と中心軸が交わる位置とする。X 軸方向に 40 mm ずつ計測点を、そしてグリップエンド端に計測点 90 を設定する。

4.2 振動実験

計算結果より、計測点 90 (図4) を応答点とし計測点 2 から 88 を鉛直方向にハンマリング加振を行い、固有振動数を計測した。

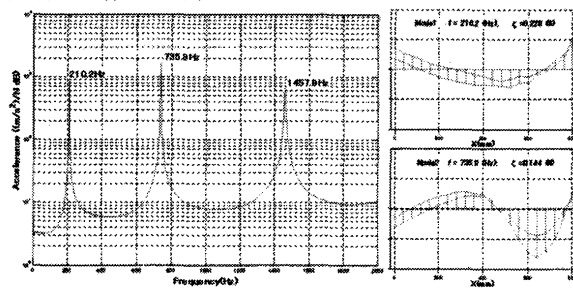


Fig 5 Sum of FRF and mode

図5に88点の周波数応答関数の重ね合わせ線図と一次と二次モード形状を示す。一次固有振動数が210.2Hz、二次が735.9Hzである。

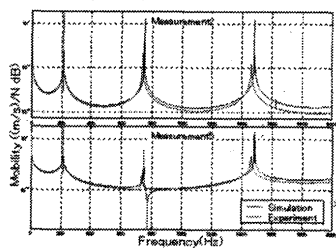


Fig 6 FRF

図6に計測点2、5の周波数応答関数による実験と計算結果の比較を示す。表2には三次までの実験で求めた固有振動数と減衰比、数値解析による固有振動数、その偏差を示す。

図3に計算結果の一、二次モードの形状を示す。軸対象構造であるため各モードも対称的に二つ発生する。梁の単純曲げモードと酷似している。

一次と二次の固有振動数を特定した後にバットを水平にし、先端部に加振器を用い各固有振動数で Y 方向にサイン加振をして故意に共振を起こす。その状態で粉末を散布し各モードの節を特定した。原点からの X 方向の距離を表4に示す。

4.3 振り子実験

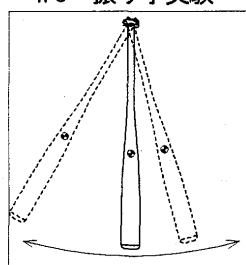


Fig 7 Pendulum motion

Table 3 Term and MOI

Term (sec)	Moment of inertia ($\times 10^{-6} \text{kgm}^2$)
1.576	53402.388

性モーメントを表3に、重心及び打撃中心の位置を表4に示す。

4.4 衝突実験

上記実験結果を基に特定した一次、二次モードの節、打撃中心、重心及び先端部である計測点2に時速40kmを目安に硬式野球用ボールを衝突させる。高速ビデオカメラで衝突瞬間を撮影し、画像解析を行い、ボールの衝突前速度、衝突後速度、バットの重心の速度、バットの角速度を計測する。

図8に衝突瞬間の写真を、表4に反撥係数、ボールの衝突前後の速度比を示す。

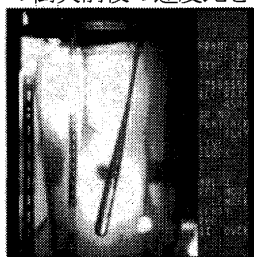


Fig 8 Picture of impact

Table 4 Position and Coefficient

	XaxDistance from origin (mm)	Coefficient of rebound (-)	Velocity ratio V_{10}/V_{10}
Center of gravity	306.3	0.518	0.043
Node of mode1	153.1	0.653	0.311
Node of mode2	106.8	0.616	0.243
Center of impact	193.5	0.656	0.331
Measurement 2	0	0.533	0.043

5. 結言

振動実験によって、2000Hzまでの固有振動数、減衰比、固有モードを計測することが出来、一次、二次モードの節を特定することが出来た。それらの値は計算結果と照らし合わせてみても正当性の高いものである。同時に精度の高い有限要素モデルの作成に成功し、以降に続く構造最適化の研究の足がかりにもなった。

振り子実験によって重心まわりの慣性モーメントと打撃中心の位置を特定できた。

衝突実験によって各部位の反撥係数が特定できたものの、その値に大きな違いは見られない。しかし、ボールの衝突前後速度比には顕著な違いがみられる。金属バットの打撃性能にとって重要なのは打撃後のボールの速度である。故に、今研究の結果から打撃性能の指標とするには単純な反撥係数では不適格であるとわかる。速度比の結果からスウィートスポットは打撃中心と一次モードの節の間だと推察できる。

文献

- (1) 長松 昭男, モード解析入門, コロナ社, (1993)