

金属製野球用バットの打撃特性に関する基礎的研究

Fundamental research about shock characteristic of metal bat for baseball

○武田憲明 金沢大学大学院
Noriaki TAKADA, Kanazawa university

米山猛 金沢大学
Takeshi YONEYMA, Kanazawa university

Key Words: <Baseball, bat, coefficient of restitution, impact analysis, visco-elastic, >

1. 緒言

野球用金属バットが一般に使用されるようになって長い年月がたった。しかし、バット製造技術が進歩した今日においても、新型バットの開発は人間による評価の高い既存のバットをベースに経験的に行われており、規格に適合する範囲で、たとえば反発特性を高めるには、どのようなバット形状が最適化かということはいまだに明らかでない。さらに、バットの性能は実際に試作してからでないと評価できず、性能の良いバットを作るという目的のためには効率的でない。そこで本研究では、有限要素法を用いて金属バットと野球ボールの衝突現象をシミュレートするモデルを作成し、バットを試作しなくてもバットの性能を評価する仕組みを構築することを目的とする。これを利用すれば、バットの形状が反発係数などに与える影響について考察することが可能であり、新型バットの開発に役立てることができる。研究の順序としては、まず既存のバットにボールを衝突させる反発係数計測実験を行った。次に硬式ボールのモデル作成のためにボールの物性測定実験を行った。そして、実験に使用したバットの形状を忠実に再現した FEM モデルを作成し、それに実験と同様にボールモデルを衝突させる現象の解析を行うことで、実験と解析の比較を行った。

2. バット反発係数計測実験

2-1 実験装置

実験に用いた装置の概要を Fig.1 に示す。装置はピッチング装置、球速測定装置、バッティング装置から構成されている。バッティング装置には、回転自由支持によりバットが取り付けられている。これらの装置により、投球速度、打球速度、バットのスイング速度を測定することができる。

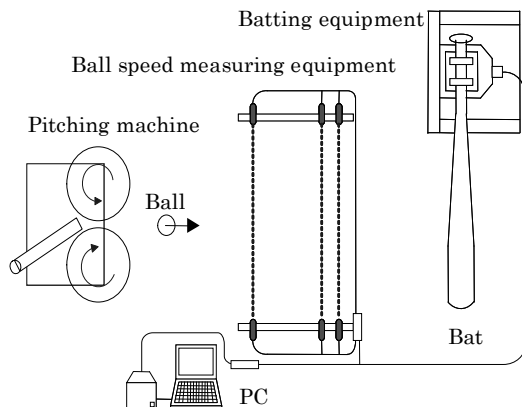


Fig.1 Ball batting experiment equipment

2-2 実験条件

本研究には、市販の金属製硬式野球用バットを1本、ボールは硬式野球ボールを用いた。実験に用いたバットの形状特性は、全長 840.7mm、質量 895 g、重心位置 AG361mm、撃心位置 AB531mm、撃心部直径 66.5mm、撃心部肉厚 3.05mm である。バットの回転中心は、ASTM(American Society for Testing and Materials)の評価法にあわせグリップ端から 152mm とした。投球速度は約 130km/h になるように調整し

た。ボールを衝突させる位置は重心から撃心(ボールが最も飛ぶ位置)の周辺で段階的に変化させた。計測対象の項目は投球速度 v_0 の他に、打球速度 v_1 、バットの回転速度 ω_1 、衝突位置 R とし、それらの数値から次節の方法でバットの反発係数 e_{bat} を算出した。

2-3 反発係数

Fig.2 に示すように、水平面上で回転自由支持された、回転中心 A 点まわりのバットに対して、A 点から距離 R の位置で打撃実験を行う場合について考える。バットの反発係数 e_{bat} は投球速度 v_0 、打球速度 v_1 およびバットの回転速度 ω_1 から式(1)で表される。

$$e_{bat} = \frac{v_1 + R\omega_1}{v_0} \quad (1)$$

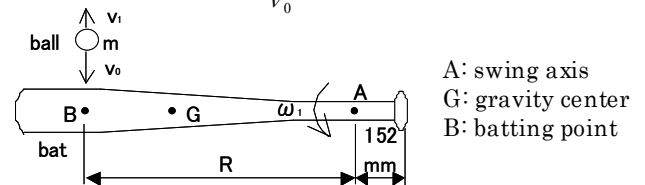


Fig.2 Model of rotational freedom support

3. ボール物性測定実験

3-1 硬式野球ボールの物性

バットとボールの衝突解析 FEM モデル作成の際には、構成材料の物性を入力する必要がある。バットについては、基本的にアルミ合金の単一材料でできているため等方弾性体として定義でき、密度・ヤング率・ポアソン比などすでに判明しているが、ボールについては構造が複雑であり物性を調査する必要がある。ボールは内からコルク・ゴム・毛糸・牛皮の4層構造からなり、バットへの衝突・反発の際にはこれらの材質が持つ粘性によって応力緩和現象が起きる。本研究で使用するソフトウェアの Altair 社製「HyperWorks」には、部材の荷重・除荷から得られる応力-ひずみ線図から物性値を定義する材料カードがあるので、硬式野球ボールの圧縮・除荷試験を行い、ボールの物性は単一材料の等方粘弾性体と定義し、実験結果を材料物性として入力することにした。

3-2 ボール圧縮・除荷実験

本来、実際の野球試合でボールがバットに衝突するような速度で実験を行いたい、装置の関係でそのような速度では実験できないので、装置の限界速度に近い、プレス速度 10mm/sec で 10mm つぶして戻すことにした。実験装置を Fig.3 に示す。Fig.4 に実験の荷重除荷変位線図を示す。



Fig.3 Ball press experiment equipment

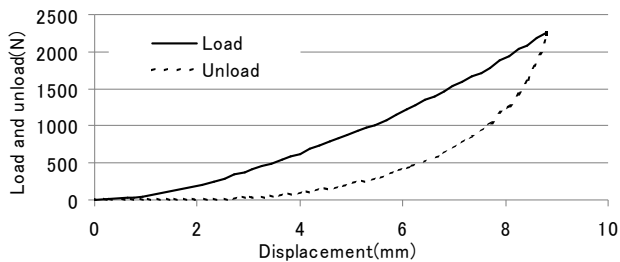


Fig. 4 Load and unload-displacement diagram

4. FEMモデルの作成

4-1 ボール圧縮・除荷解析

Fig. 4 の荷重除荷変位線図は、物性値入力の際には公称応力公称ひずみ線図に直す必要がある。しかし球の圧縮においては接触面積の変化が激しく、公称応力を算出するのは難しいので、球と同じ高さかつ同じ体積の円柱を仮定して、公称応力公称ひずみ線図を作ってみた。同じ高さで仮定することで、公称ひずみが計算でき、同じ体積にすることで、荷重除荷変位線図における仕事(エネルギー)をつりあわせる。そして、得られた応力ひずみ線図を用いてボールの圧縮試験をシミュレートし、計算結果の荷重除荷変位線図が実験値とあうように、応力ひずみ線図を修正した。この応力ひずみ線図を Fig. 5 に示す。さらに、この応力ひずみ線図をボールの物性値として入力したボール圧縮シミュレートの荷重除荷変位線図を、実験の荷重除荷変位線図と合わせて Fig. 6 に示す。ソルバーには HyperWorks の RADIOSS(Block90)を使用した。

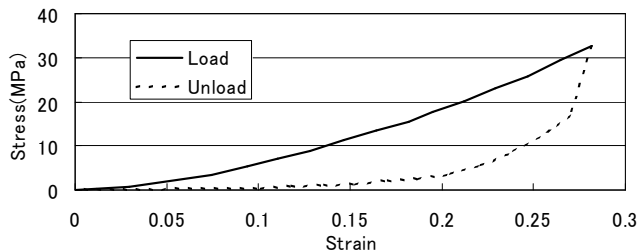


Fig. 5 stress-strain diagram

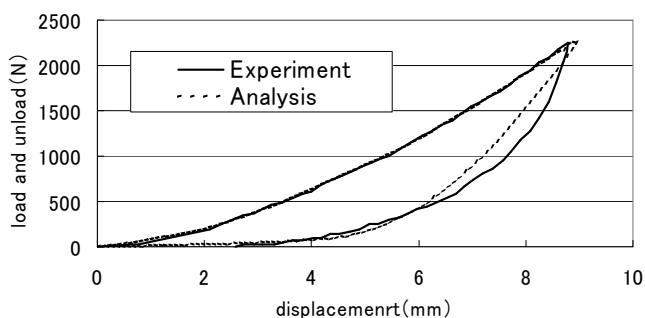


Fig. 6 Load and unload-displacement diagram

4-2 バットボール衝突 FEM モデルの作成

ここで作成したモデルは、実験と同様バットのもち手部分を回転自由に拘束し、重心と撃心の周辺にボールが真横から初速 v_0 を持って衝突し、バットが回転速度 ω_1 で回転、ボールが打球速度 v_1 で跳ね返るといものである。初速は実験値を平均して 132.2km/h と入力した。またボール圧縮除荷解析のときと同様、要素作成には HyperWorks の HyperMesh を、ソルバーには HyperWorks の RADIOSS(Block90)を使用した。詳細な形状データを作成するため、バットをヘッド端からグ

リップ端まで 10mm 間隔 83 段階で直径と平均肉厚を測定し、それを反映して形状データを作成した。

4-3 計算条件

入力した計算条件を Table.1 に示す。またこれ以外に、ボールの物性値として Fig.5 の応力ひずみ線図を設定した。完成したバットボール衝突 FEM モデルを Fig.7 に示す。

Table.1 Material property

	Experimental bat	Hard ball
Material type	ELAST	VISCO-ELASTIC
Density (Mg/mm ³)	2.7×10^{-9}	7.57×10^{-10}
Young's modulus(MPa)	70000	-
Poisson's ratio	0.33	-
Initial young's modulus(MPa)	-	23.89
Maximum young's modulus(MPa)	-	115.53
Maximum plastic strain	-	0.282
Mesh type	SHELL	SOLID
Mesh size(mm)	5	5

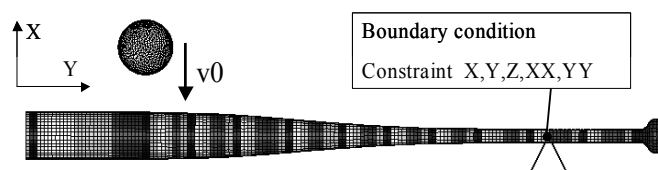


Fig. 7 FEM model of bat and ball impact

5. 実験結果と解析結果の比較

実験と解析それぞれの反発係数を次の Fig.8 に示す。

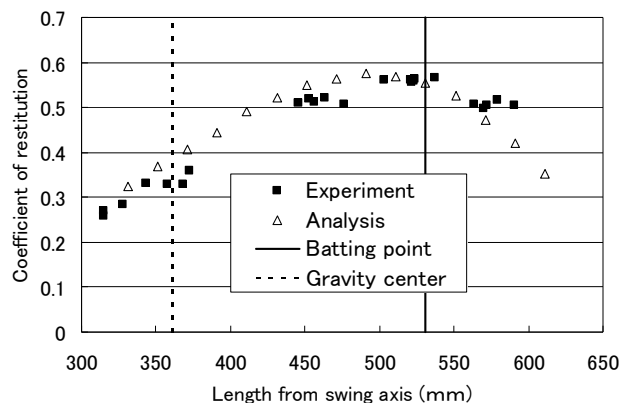


Fig. 8 Comparison of experiment and analysis

Fig.8 からわかるように、反発係数の実験値と解析値はほぼ同じグラフを示しており、モデルは妥当なものと考えられる。

6. 結言

妥当なモデルを作れたと考えるが、バットの形状と性能の関係性を考察するためにも、さらに高い精度のボール物性値の調査が課題と言えるだろう。

謝辞 本研究を進めるに当たり、HyperWorks はアルテアエンジニアリング(株)のアカデミックオープンプログラムを利用させていただいた。また、御指導・御助言をいただいた金沢大学香川博之講師、住友軽金属工業(株)高橋昌也氏、(株)テイネン佐藤一孝氏に感謝する。

参考文献

- ・那須英彰他 5 名 金属製野球バット用反発係数評価システムの開発 ジョイントシンポジウム 2005 講演論文集 9-13
- ・尾田十八他 2 名 野球ボールの衝撃力と変形挙動の解析 日本機械学会 講演論文集 (2004) 35-36
- ・宇治橋貞幸他 5 名 薄板に衝突するゴルフボールの反発特性の解析 日本機械学系論文集 C68 (2002) 555-561