2120 ばねを有する三ローラ式ピッチングマシンの投球性能評価

Evaluation of Throw Performance in Baseball Pitching Machine with Three Rollers and Springs

○学 角田 裕俊・金沢大院

Hiroto KAKUDA, Graduate school of Natural Science and Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa

正 酒井 忍・金沢大

Shinobu SAKAI, Kanazawa University

学 野辺 亮太・金沢大院

Ryota NOBE, Graduate school of Natural Science of Technology, Kanazawa University

中山 均・スナガ開発 (株)

Hitoshi NAKAYAMA, Sunaga Kaihatsu Co., Ltd.

田辺 壽一・スナガ開発 (株)

Toshikazu TANABE, Sunaga Kaihatsu Co., Ltd.

Key Words: Baseball, Finite Element Method, Pitching Machine, Spring, Angle Evaluation

1. 緒言

現在市販されているピッチングマシンには、アーム式、二ローラ式がある。しかし、いずれの機構も打者が希望するコースに投球することは難しい。そのため著者らは、三つのローラを用いた三ローラ式ピッチングマシンを発売し、その研究・開発を行ってきた。しかし、その過程で、ローラと硬式野球ボールの縫い目の接触状態により、投球精度が悪化するということが分かってきた⁽¹⁾。そこで本研究では、ローラにばねを設置することでローラが上下に可動できるようにし、ばねが投球精度に与える影響を明らかにする。また、投球実験および有限要素解析を実施し、ばね付マシンの投球性能について検討を行った。

2. ばね付三ローラ式ピッチングマシンの構造

開発したばね付三ローラ式ピッチングマシンの概略図を図1に示す。マシンには三つのゴム製のローラを120°間隔で配置した三ローラ式を採用し、その間を投入されたボールが摩擦力を利用して発射される機構になっている。また、 N_1 ローラ軸を上下から挟むように二つのばねを設置し、投球時に N_1 ローラが上下方向に可動できるようにした。

Fig.1 Three rollers type pitching machine

3. 投球シミュレーションと投球実験

3-1 解析モデル 作成した有限要素モデルを図2に示す。ばねはばね要素でモデル化した。なお、発射口中心から各ローラ表面までの距離 r を $r(N_1)=27\text{mm}$, $r(N_2, N_3)=26.5\text{mm}$ とした。

3-2 解析条件 ローラの振動がボールの動的挙動に与える影響を把握するため、ばねを設置したモデル（ばねモデル）と、全ローラを固定したモデル（固定モデル）を作成した。球種は直球とカーブの二種類とした。

縫い目姿勢として、2シーム（ボール一回転に縫い目が二度通過する）と4シームの二種類をボールの投入条件とした。なお、解析には汎用動的有限要素解析ソフト ANSYS/LS-DYNA を用い、ローラとボールの摩擦係数は0.5に設定している⁽¹⁾⁽²⁾。

3-3 ばね定数変更モデルの解析と考察 ばねがボールの動的挙動に与える影響を検討するため、ばね定数 k を23.5, 39.2, 77.5N/mmに変更して解析を行った。ここで、発射角度を示す仰角を θ （ X - Y 平面、 Y 方向が+）、偏角を ϕ （ Z - X 平面、 Z 方向が+）と定義する。

Fig.2 Finite element models of baseball, three rollers and spring (15 101 elements)

解析結果の一例として、仰角 θ を図 3 に示す。いずれの投球条件でも、ばね定数 k を変更しても影響はみられず、ほぼ同じ発射角度を示していることがわかる。この理由として、ボールリリース時の N_1 ローラ変位がほとんど違いがなかったためと考えられる。これより、用いたばね定数 k の範囲内ではボールの動的挙動に大きな違いは無く、以降の解析ではばね定数を 77.5N/mm とした。

3-4 投球実験と解析結果との比較 図 4 にばねを設置した場合の投球実験結果（各 5 球の平均値とばらつき）と解析結果の球速 V を比較したものを示す。全ての投球条件において、解析結果は実験結果のばらつきの範囲内であることから、解析モデルはほぼ妥当であると言える。また、縫い目姿勢の違いがほとんどないことがわかる。

3-5 $r(N_1)$ 変更モデルの解析 実際のマシンでは N_1 ローラはばねに支持されているため、ばね定数 k を変更すると $r(N_1)$ が変化する。この $r(N_1)$ は投球性能に影響を与えると考えられるため、 $r(N_1)$ を実用的と考えられる 25.5~28.5mm の範囲内で、0.5mm 間隔で変更し解析を行い、投球精度を評価した。なお、投球精度を評価するため、ボールの縫い目姿勢が変化したときに生じる発射角度の差を評価値とし、仰角差 $\Delta\theta$ を式 (1)、偏角差 $\Delta\phi$ を式 (2) で定義する。

$$\Delta\theta = |\theta_2 - \theta_4| \quad (1)$$

$$\Delta\phi = |\phi_2 - \phi_4| \quad (2)$$

ただし、添字の 2 は 2 シーム、4 は 4 シームを表す。

ここで、実際にはローラの回転や振動によって $r(N_1)$ が変動するため、変動しても高い精度を示すロバストな $r(N_1)$ を求める。そこで、変動に対応した一定の範囲で評価する。評価対象は、 $r(N_1)$ が 26.0, 26.5, 27.0, 27.5, 28.0mm とし、各点の周辺の ± 0.5 mm の解析点 (26.0mm ならば、25.5, 26.0, 26.5mm の三点) の平均値 (Ave) と三点の最大値 (Max) で評価する。

直球の偏角差 $\Delta\phi$ を示したものを図 5 に示す。解析結果から、ばねモデルでは 26.0mm、固定モデルでは 27.0mm で優れた値を示していた。

3-6 投球精度の比較 両モデルにおいて優れた $r(N_1)$ での $\Delta\theta$ を比較したものを表 1 に示す。直球の平均値では固定モデルが優れていたが、他の全ての評価項目でばねモデルが優れ、それらの値はそれぞれ約 20% 減少していた。

以上より、仰角 θ ではばねモデルの方が、 $r(N_1)$ が多少変動しても安定して高い投球精度を示すと言える。

4. 結言

本研究では、詳細な縫い目付き硬式野球ボールの有限要素モデルを作成し、投球シミュレーション解析と投球実験から縫い目の影響やばねが投球精度に与える影響について考察

を行った。

その結果、ばねを設置すると縦方向の投球精度が向上することが分かった。

Fig.3 Comparison of vertical angle θ for pitched ball by analytical values

Fig.4 Comparison of ball velocity for pitched ball by experimental and analytical values

Fig.5 Comparison of $\Delta\phi$ for pitched ball in fastball

Table 1 Comparison of $\Delta\theta$ of spring and fixative models

	Unit [degree]			
	Fastball		Curveball	
	Ave	Max	Ave	Max
Spring Model	0.39	0.42	0.41	0.68
Fix Model	0.35	0.67	0.52	0.83

文献

- (1) Sakai, S., Oda, J. and Kitagawa, Y., Study on Improvement in Throw Accuracy of Baseball Pitching Machine with Rollers, J of Japan Society for Design Engineering, Vol.43, No.5, (2008), pp.39-44.
- (2) Sakai, S., Oda, J., Kawata, K. and Kitagawa, Y., Study on Throw Accuracy for Baseball Pitching Machine with Roller, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C, Vol.73, No.735, (2007-11), pp.90-95.