

E-2

緊張索張力を用いた競技用鉄棒器具の変形同定手法の検討

Study of Deformation Identification Method on a Horizontal Bar using Guy Cables

○荒川直輝¹, 大塚賢哉², 青木義男³*Naoki Arakawa¹, Kenya Ohtsuka², Yoshio Aoki³

If the athlete's movement can be understood from the apparatus, it will be possible to evaluate the athlete's accurate use of the apparatus, which will lead to the improvement of the athlete's technique. In the past, the deformation identification of the apparatus was performed by measuring the acceleration at the end of the post and obtaining the tilt angle and other information. However, there was a problem in the variability of the measurement results due to the significant influence of noise. In this study, we measured the tension of guy cables by using a load cell, and examined whether the tension of guy cables is effective in the deformation identification of the apparatus.

1. 緒言

体操競技では競技の発展とともに技の多様化、高度化が進んでいる。そのため選手の動きは年々複雑化しており、指導や採点も難しいものとなっている。そうした中で近年はセンシング技術やバイオメカニクスなどのスポーツ工学の研究が進み、科学的な視点から競技者のパフォーマンス向上に取り組む競技が増えてきている。体操競技でもLiDARを用いた計測で3次元座標データを持つ多数の点から選手の骨格を推定し、選手の動作解析をすることができている。しかし、それらは選手がどのように体操器具を扱っているのかについては評価していない。器具から競技中の選手の体の使い方の違いによる力の大きさや向き、技のタイミングについて把握することができれば、的確な器具利用について評価することが可能となり選手の技術向上に繋がる。加えて、体操選手たちは緊張索の張力を調整することでそれぞれが器具を自分好みに変化させていることから、器具の運動計測を行う上で鉄棒器具を支えている緊張索の張力が非常に重要な要素であると考えられる。そこで、本研究ではロードセルを用いて緊張索の張力の計測を行い、緊張索の張力が競技用鉄棒器具の変形同定に有用であるかを検討する。

2. 実験

競技用鉄棒器具の緊張索にロードセルを取り付けて器具の運動計測実験を行う。バーに静荷重をかけたときの緊張索の張力を計測する。荷重位置、荷重角度を変化させ実験を行う。

図1にロードセル配置図、表1に使用した競技用鉄棒の仕様、表2に実験条件を示す。

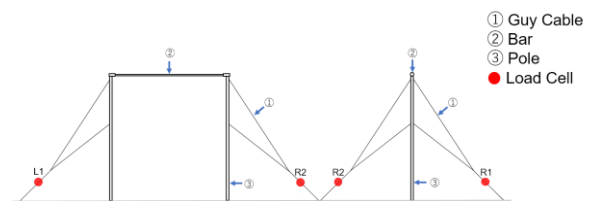


Figure 1. Placement of the Load Cells

Table 1. Specification of the Horizontal Bar

Bar	Inner Diameter [m]	9×10^{-3}
	Outside Diameter [m]	28×10^{-3}
	Length [m]	2.4
Post	Inner Diameter [m]	35.7×10^{-3}
	Outside Diameter [m]	42.7×10^{-3}
	Length [m]	2.8

Table 2. Experimental Conditions

Tension of Guy Cables [N]	2700
Load Position [mm]	0 (Center), 200, 400
Load Angle [deg]	0, 15, 30, 45, 60, 75, 90
Deflection [mm]	60

3. 実験結果

鉄棒のバーを中心から0mm, 200mm, 400mmの位置でたわみ60mmのときの緊張索の張力をそれぞれ計測した。実験開始時の緊張索張力を表3, 計測した緊張索の張力のグラフを図2~図4に示す。

Table 3. Tension at the Beginning of the Experiment

	L1	L2	R1	R2
0mm	2671	2683	2653	2662
200mm	2686	2658	2631	2637
400mm	2755	2720	2734	2733

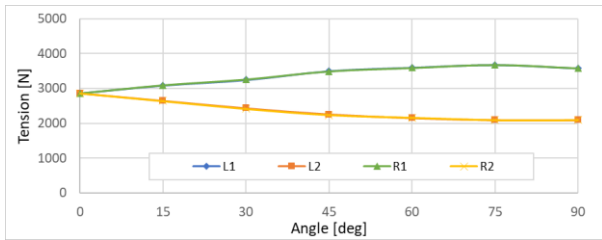


Figure 2. Tension of the Guy Cables (0mm)

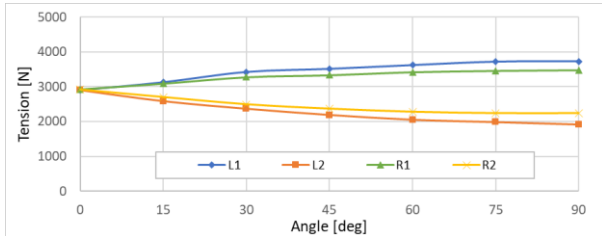


Figure 3. Tension of the Guy Cables (200mm)

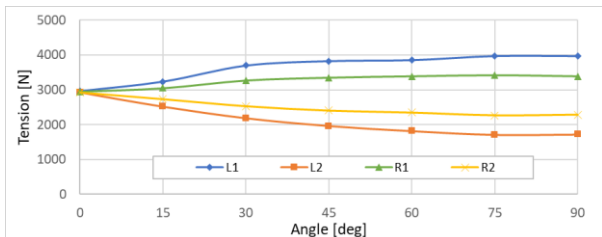


Figure 4. Tension of the Guy Cables (400mm)

バーの中心に荷重がかかっている図 2 を基準に図 3, 4 について角度 45° の点に着目して比較を行う. 左側の緊張索 L1 と L2 の前後の張力差は荷重位置 0mm で 1246N, 荷重位置 200mm で 1324N, 荷重位置 400mm で 1863N と荷重位置が中心から離れるほど大きくなり, 右側の緊張索 R1 と R2 の前後の張力差は荷重位置 0mm で 1255N, 荷重位置 200mm で 971N, 荷重位置 400mm で 941N と荷重位置が中心から離れるほど小さくなっていることから, 荷重位置が中心から左方向にずれていることがわかる. このことから前後の張力差を求めることで荷重位置が中心からどちらの方向にずれているのかについて把握することができる. また, 前側の緊張索 L1 と R1 の左右の張力差は荷重位置 0mm で 10N, 荷重位置 200mm で 176N, 荷重位置 400mm で 481N と正の方向に大きくなり, 後側の緊張索 L2 と R2 の左右の張力差は荷重位置 0mm で 20N, 荷重位置 200mm で -177N, 荷重位置 400mm で -441N と負の方向に大きくなっていることから荷重位置が左右どちらにずれているのかに加えて荷重が前後どちら向きにかかっているのかについて把握することができる. このように荷重位置の変化による 4 つの緊張索の前後左右の張力差のバランスが変化を見ることで, 緊張索の張力から荷重位置を同定することができると考えられる. 次に荷重角度に着目する. 荷重位置による影響を除去するた

めに L1 と L2 の張力差, R1 と R2 の張力差の平均値をとる. 計算結果を図 5~図 7 に示す.

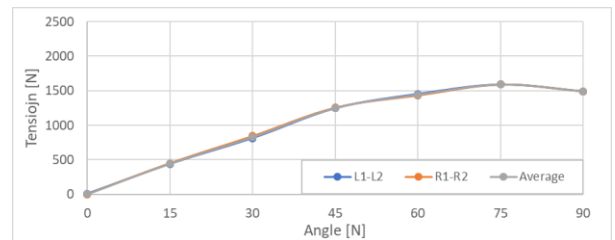


Figure 5. Difference between Front and Rear Tension (0mm)

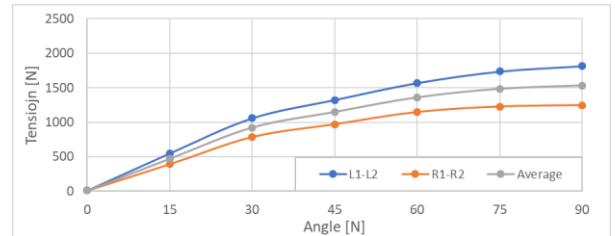


Figure 6. Difference between Front and Rear Tension (200mm)

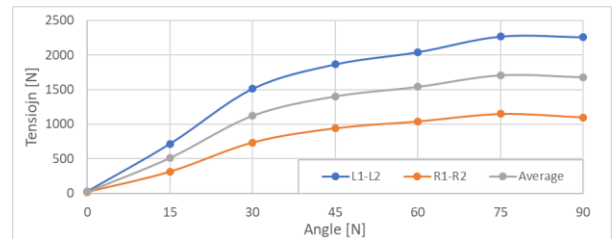


Figure 7. Difference between Front and Rear Tension (400mm)

図 5~図 7 より, 平均値のグラフはどの荷重位置においても同様の変化が見られた. 表 3 より荷重位置 400mm のときの初期緊張索張力が大きいため平均値のグラフの値も他の条件のグラフの値に比べ大きくなっている. 初期緊張索張力の違いについて考える必要はあるが, 前後の張力差において左右の平均値をとることで荷重位置の影響を除去し荷重角度についても同定することができると考えられる.

4. 結言

ロードセルを用いて緊張索の張力の計測を行い, 緊張索の張力が競技用鉄棒器具の変形同定に有用であることを示した.

5. 参考文献

- [1] 梶井昇一, 手塚耕一, 矢吹彰彦, 佐々木和雄, 「3D センシング・技認識による体操採点支援」, 電子情報通信学会誌, Vol.103, No.1, pp.5-14, 2020
- [2] Naoki Arakawa, Kenya Ohtsuka, Yoshio Aoki, "Investigation of the Athlete's Motion using the Gymnastics Apparatus' Motion", The 13th Conference of the International Sports Engineering Association, No.372