

翼状捻転治療条件の力学的評価

Computational Mechanical Analysis of Orthodontic Winging Treatment Conditions

鴫田珠音¹⁾, 須賀一博²⁾

Junon TOKITA and Kazuhiro SUGA

- 1) 学(工) 工学院大学大学院 (〒163-8677 東京都新宿区西新宿1-24-2 , E-mail:am25068@ns.kogakuin.ac.jp)
- 2) 博(工) 工学院大学 (〒163-8677 東京都新宿区西新宿1-24-2, E-mail: ksuga@cc.kogakuin.ac.jp)

This study quantitatively evaluated the six-component orthodontic force profiles resulting from combinations of rectangular and square cross-sectional wires and brackets used in clinical treatment.
Key Words : Orthodontics, Rectangular slot, Square slot, Winging, Finite Element Method.

1. 緒言

より安全で効果的な歯科矯正治療を実現するために力学的根拠に基づく治療支援が期待されている[1]. 具体的には, 歯に作用する力やモーメントを力学的に評価し, その結果に基づいて治療方針を決定する. このような治療を実現するためには, ブラケットやワイヤーを様々な条件で設置し, 歯に作用する力やモーメントを系統的かつ定量的に評価することが必要である. しかし, 実験装置を用いて系統的な計測することは難しい. また, ブラケットの設置距離が近くなる翼状捻転の治療では, 断面形状が正方形の方が治療成績は良いと報告[2]がある. そこで, 本研究では, 翼状捻転治療の対象として, ブラケットとワイヤーの設置条件が歯科矯正力に及ぼす影響を評価する.

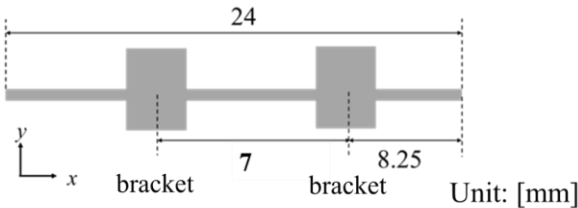
2. 解析モデル

(1) 翼状捻転モデル

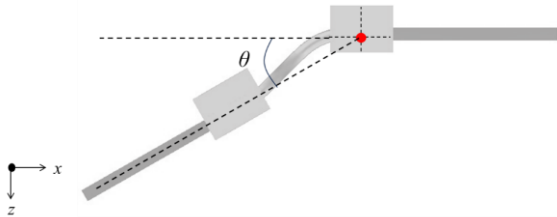
図-1に翼状捻転の解析モデルを示す. ブラケット正面から見たワイヤーとブラケットの配置を(a)に示す. (b)は, 解析のモデルを上から見た図である. θ はブラケット間角度を表す. 右ブラケットに配置した赤い点を回転中心として, 左側ブラケットを θ だけ回転させて, 治療前の翼状捻転の状況を再現する. 次に, θ を減少させることで, 翼状捻転の治療過程を模擬する. このとき, 右側ブラケットに作用する矯正力とモーメントを評価する.

(2) ワイヤーの断面形状

本研究で用いるワイヤーの断面寸法を表-1 に示す. 以下では, ワイヤーの断面寸法を用いてワイヤーの種類を区別する. 具体的には, 高さ 0.016 [inch], 幅 0.022 [inch] の断面寸法を有するワイヤーを 1622 のように表記する.



(a) ワイヤーとブラケットの初期配置



(b) ブラケット間角度

図-1 解析の様子

表-1 ワイヤーの断面寸法

Wire	Height [inch]	Width [inch]
1622	0.016	0.022
1818	0.018	0.018

(3) ブラケットのスロット形状

ワイヤーを通すブラケットの溝をスロットと呼ぶ. 一般的に用いられているブラケットは, スロットの断面形状が長方形である[2]. 断面形状が長方形のスロットは比較的強い矯正力がかかりやすい[3]という特徴がある. そのため, 捻転には有利とされてきた. 一方で, 歯科矯正では, 弱く持続的な一定の矯正力を歯に作用させることが望ましいとされている[2]. こうした矯正力を作用させるために, 断面形状が正方形のスロットが近年用いられるようになってきた[4].

以上から, 本研究では, 矩形と正方形断面のスロットを用いる. 表-2に寸法を示す. ブラケットと同様に, 高さ

0.018[inch], 幅 0.025[inch]のスロット寸法を 1825 と表す.

表-2 スロット寸法

Slot	Height [inch]	Width [inch]
1825	0.018	0.025
2020	0.020	0.020

(4) 材料特性

ワイヤーの材料はニチノールとした. 図-2 に, ニチノールの応力-ひずみ線図, 表-3 に材料定数を示す.

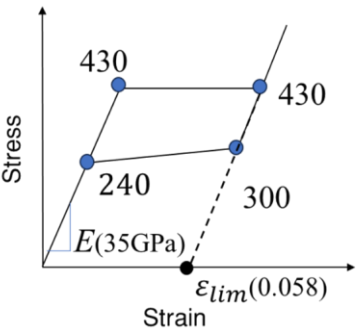


図-2 ニチノールの応力ひずみ線図

表-3 ニチノールワイヤーの材料特性値

Poisson's ratio ν [-1]	0.3
Limit strain ϵ_{lim}	0.058
Initial yield stress σ_s^{AS} [MPa]	430
Final yield stress σ_f^{AS} [MPa]	430
Initial yield stress σ_s^{SA} [MPa]	300
Final yield stress σ_f^{SA} [MPa]	240

ブラケットの材料はアルミナセラミックスとした. ワイヤーに比べて剛性が十分高い[2]ため剛体と仮定した.

3. 設置条件が歯科矯正力に与える影響

(1) ブラケット幅の影響

ブラケット幅が矯正力に与える影響を評価した. ブラケット幅を1, 2, 3[mm]と変化させた. ワイヤーの断面寸法が1818, ブラケットの断面寸法2020の組み合わせを用いた. 結果を図-3に示す. グラフの縦軸に矯正力の各成分, 横軸にブラケット間角度 θ を示す. (a)は右側ブラケットに作用する矯正力のx方向成分 F_x , (b)はz方向成分 F_z , (c)にy軸周りのモーメント M_y の変化を示す. 黒色の線がブラケット幅 3[mm], 赤色の線がブラケット幅 2[mm], 青色の線がブラケット幅 1[mm]の結果を示している.

(a)から, ブラケット幅が小さいほど, x軸方向に作用する矯正力 F_x は, 小さくなることがわかる. 角度 θ が5[°]以下では, ブラケット幅による F_x への違いは小さいことがわかる. (b)から, z軸方向に作用する矯正力 F_z は, ブラケット幅が小さいほど小さくなることがわかる. また, 角度

θ が25[°]以下から矯正力の減少率が小さくなり, 再び8[°]から減少率が大きくなる傾向がわかる. (c)から, y軸周りのモーメント M_y は, ブラケット幅が3[mm]と2[mm]ではz軸方向の矯正力の変化に類似した傾向がみられる. しかし, ブラケット幅1[mm]では, モーメントが作用しないことがわかる. ワイヤーがスロット面に触れたことで, 力がかかる場所が回転の中心に近くなったと考えられる.

(2) ブラケットとワイヤーの組み合わせの影響

臨床使用されている, ワイヤー断面寸法1622とブラケット断面寸法1825の組み合わせと, ワイヤー断面寸法1818とブラケット断面寸法2020の組み合わせを評価対象とした. ブラケット幅は, 3[mm]とした.

結果を図-4に示す. グラフの軸および評価した矯正力は, 図-3と同様である. 黒色の線がブラケット幅 3[mm], 赤色の線がブラケット幅 2[mm], 青色の線がブラケット幅 1[mm]の結果を示す. 丸いマークがワイヤー断面寸法1622とブラケット断面寸法1825, 三角マークがワイヤー断面寸法1818とブラケット断面寸法2020の結果を表す.

(a), (b)から, x, z軸方向の矯正力 F_x, F_z は, 断面形状が正方形の方が矯正力は小さくなることがわかる. 断面積が小さいほど矯正力が小さく考えられる. 断面形状が正方形である組み合わせのほうが矯正力の減少率が小さく, 平坦となった. 角度 θ が5[°]以下は両者の矯正力はほぼ同じとみなせる. (c)から, y軸周りのモーメント M_y は(b)と同様の傾向がみられる.

4. 結言

捻転治療を対象に, ブラケットとワイヤーの設置条件が歯科矯正力に及ぼす影響を有限要素法により評価した.

参考文献

[1] 河村純, 小島之夫, 福井壽男, “数値シミュレーションを用いた矯正用圧下スプリングの性能評価”, 日本歯科理工学会誌, Vol. 31, No. 3(2012), pp.251-257.

[2] 竹元京人, “リングラストレートワイヤーシステム(LSWS)におけるスクエアスロットの利点”, 日本舌側矯正歯科学会 会誌, No. 23, (2012), pp. 3-12.

[3] 宮本豊, 友成博, “マルチスロットリングルの活用法”, 日本舌側矯正歯科学会 会誌, No. 30. (2020), pp.14-24.

[4] 株式会社松風, <https://www.shofu.co.jp/or-tho/contents/hp0388/index.php?CNo=388&No=345> (2025/04/04 参照)

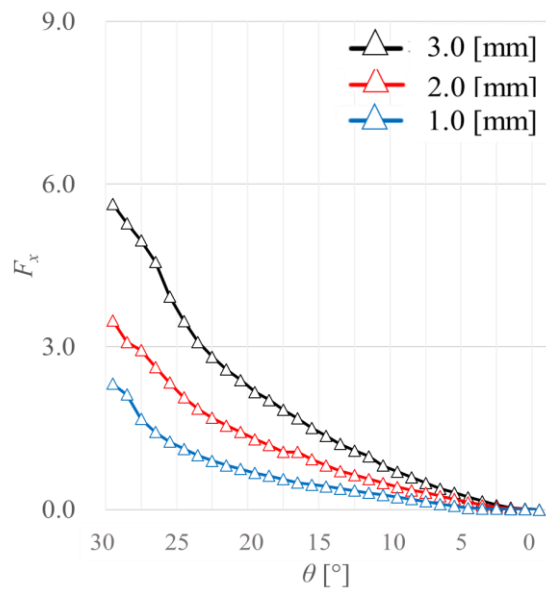
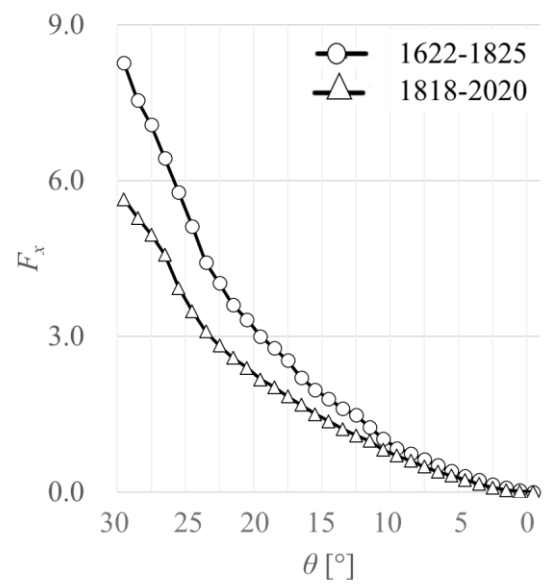
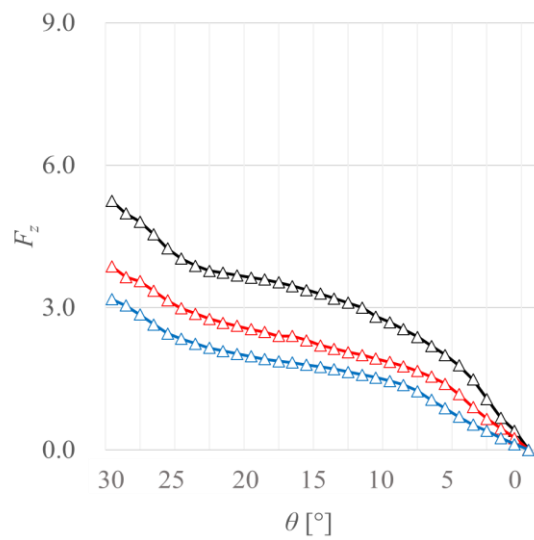
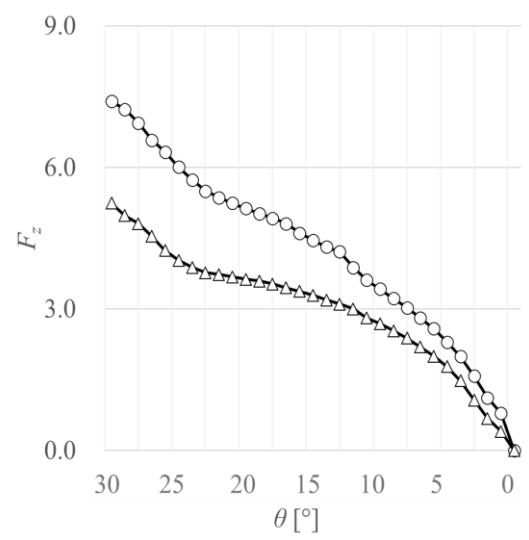
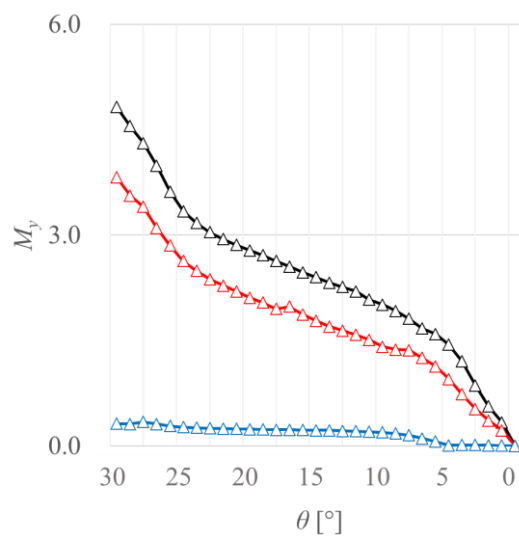
(a) F_x (a) F_x (b) F_z (b) F_z (c) M_y

図-3 ブラケット幅の影響

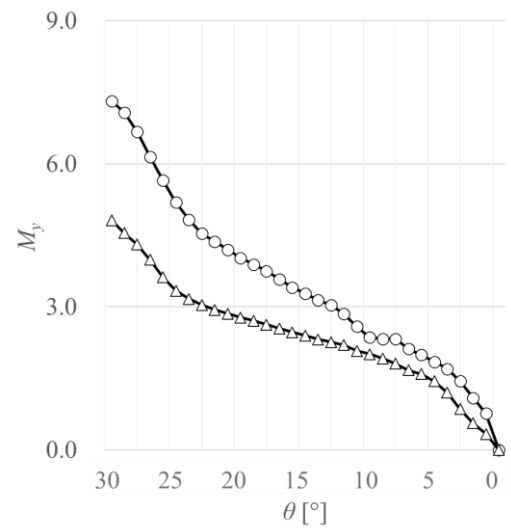
(c) M_y

図-4 組み合わせの影響