

トルクコントロールを受ける上顎前歯部の有限要素解析

日大生産工(院) ○一色 祥智 日大生産工 西 恭一 日大生産工 高橋 進
日大・歯学 中嶋 昭 日大・歯学 小作 一仁

1 緒言

近年, 歯科矯正学において歯周組織への影響を解明するため, 3D modelを用いた様々な有限要素解析(FEA)¹⁾が行われている. 本報告ではトルクを付与した矯正用ワイヤ (以下ワイヤ) による上顎側切歯および両隣在歯への影響を解明するため, 3DCAD, CAE統合ソフトウェアを用いたモデル作成およびFEAを行い, 境界条件について検討したので報告する.

2 解析対象

歯冠部はワイヤ形状に沿って並ぶが, 側切歯の歯根が10[deg]舌側転位した状態の歯列にトルクを付加して矯正治療するトルクコントロールを解析対象とする. ワイヤの断面形状は四辺形(0.018×0.025[in])であり, 材質はSUS304である.

3 FEAモデル

FEA モデルは, ニッシン社製頭蓋模型のCT 画像を基に 3DCAD により作成する (Fig.1-a). 実際は, ワイヤの幅と同寸法のブラケットのスロットにワイヤを挿入してトルクを伝達している. 本解析手法ではワイヤをモデル化せず, トルクを直接ブラケットに付加して解析を行うため, ブラケットのスロット部はトルクを設定し易くするために Fig.1-b)に示すよう円筒形に近似して作成する. また, FEA モデル簡略化のため, 歯根膜以外は剛体として扱うこととし, 歯根膜の材料定数を Table1 に示す. 歯根膜は弾性体とし, 厚さは0.2[mm]とする. なお, 要素数と節点数はそれぞれ 198,230 と 386,320 である.

4 境界条件に関する検討

4. 1 境界条件TYPE A

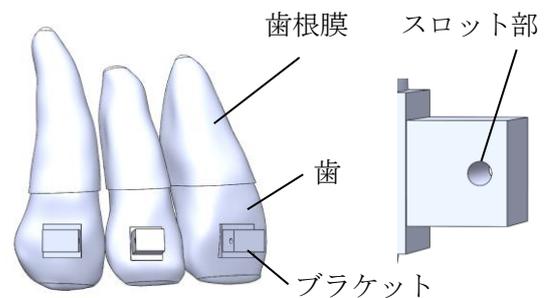
境界条件TYPE A (Fig.2)では歯根膜の歯槽骨側表面を固定し, 歯が歯槽骨に植立した状態を再現する. トルクゲージを用いて実測した,

Table1 各部位の材料定数

部位	ヤング率[MPa]	ポアソン比
歯根膜	0.667	0.49
ワイヤ	190,000	0.29

Table2 各歯のブラケットに付加するトルク

トルク [Nm×10 ⁻⁴]		
中切歯	側切歯	犬歯
-84.75	169.5	-84.75

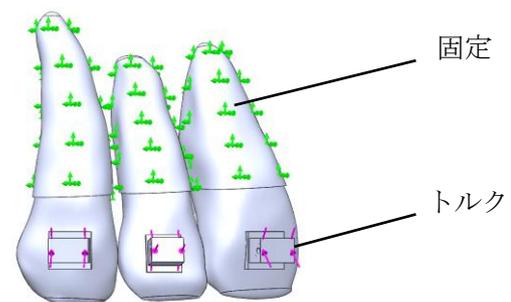


犬歯 側切歯 中切歯

a) 歯列モデル

b) ブラケット

Fig.1 FEAモデル



犬歯 側切歯 中切歯

Fig.2 境界条件TYPE A

ワイヤに付加したトルク (Table2) とねじり角度 (略) の関係から計算したトルク²⁾をブラケットのスロット部に付加する.

Finite Element Analysis of Upper Front Teeth Under Torque Control
Yoshitomo ISSHIKI, Yasukazu NISHI, Susumu TAKAHASHI,
Akira NAKAJIMA and Kazuhito KOSAKU

4. 2 境界条件TYPE Aの問題点

境界条件TYPE Aを用いたFEAにおける歯根膜の最大主応力結果をFig.3に示す。側切歯の唇側歯頸部および舌側根尖部に引張応力、舌側歯頸部および唇側根尖部に圧縮応力がみられ、中切歯および犬歯の唇側歯頸部および舌側根尖部に圧縮応力、舌側歯頸部および唇側根尖部に引張応力がみられる。以上のことから各歯はブラケットスロット部を中心に回転しており、ワイヤがブラケットスロット部に装着された状態を再現できていないと考えられる。

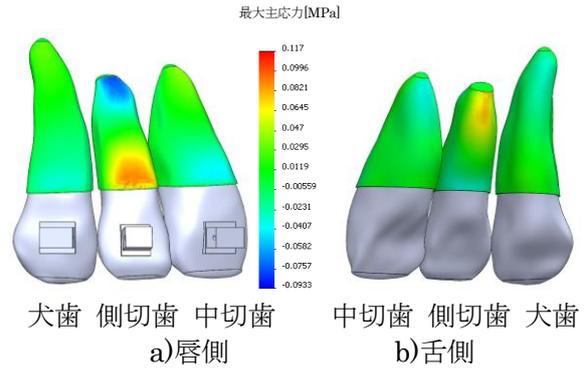


Fig.3 境界条件TYPE Aを用いたFEAによる最大主応力分布

4. 3 境界条件TYPE B

境界条件TYPE Aではワイヤからのトルクのみを設定していたため歯冠部が自由に動いており、ブラケットのスロット部を中心に歯が回転していない問題が浮上している。そこでワイヤにより歯冠部の動きが制限されている条件を追加するため、スロットのエッジを固定した境界条件TYPE B (Fig.4)によりFEAを行う。SOLIDWORKSではモデルのエッジ部を拘束することによりモデルの並進運動は抑制され、加えてブラケットのスロット内面にトルクを付加することにより、ブラケットを中心とした回転が可能となる。

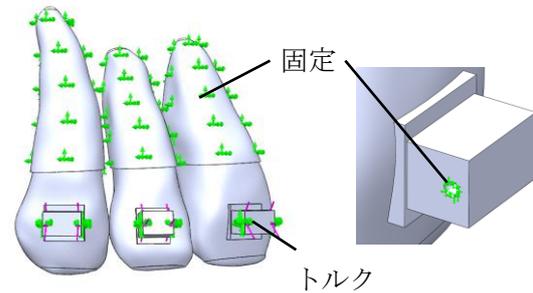


Fig.4 境界条件TYPE B

4. 4 結果および考察

境界条件TYPE BによりFEAを行った歯根膜の最大主応力結果をFig.5に示す。側切歯の唇側側根尖部から歯頸部にかけて圧縮応力、舌側根尖部から歯頸部にかけて引張応力、中切歯および犬歯の唇側根尖部から歯頸部にかけても引張応力、舌側根尖部から歯頸部にかけては圧縮応力がみられる。以上のことから各歯はブラケットスロット部を中心に回転しており、臨床と比較してもワイヤが装着された状態を再現できていると言える。

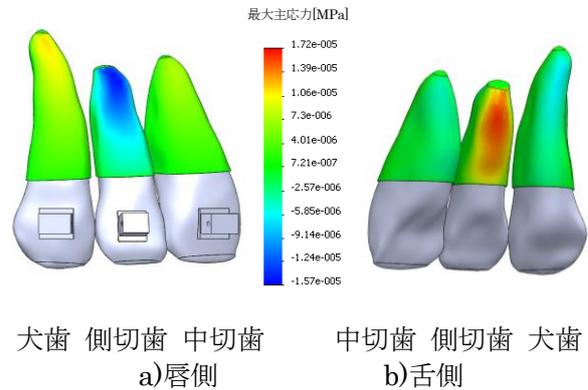


Fig.5 境界条件TYPE Bを用いたFEAによる最大主応力分布

5 結言

- 1) ブラケットにトルクに加え、新たに歯冠部の動きを制限する境界条件を設定することで実現に近いFEAを行うことが可能になった。
- 2) 今後の課題として、歯列の湾曲を考慮した矯正力を設定することにより実現に近いFEAが可能になると考えられる。

「参考文献」

- 1) 多部田敦己, 有限要素解析による歯科矯正用アーチワイヤの定量設計手法に関する研究, 日本大学生産工学研究科, 修士論文 (2017), p.26.
- 2) Miyuki Hirai, *et al.*: Measurements of the torque moment in various archwire - bracket - ligation combinations, *European Journal of Orthodontics* 34 (2012), p.377.