

13. Cuを含有した矯正用Ni-Ti合金ワイヤーの曲げ特性と相変態

飯嶋 雅弘¹⁾, 川島 功²⁾, 大野 弘機²⁾
 荒木 吉馬²⁾, 遠藤 一彦²⁾, 山根 由朗²⁾
 石井 英司¹⁾
 (矯正歯科¹⁾, 歯科理工²⁾)

超弾性ニッケルチタン合金ワイヤーは、一定の矯正力を持続できる性質を有するため、矯正治療において有利であると考えられ、広く用いられている。しかし、このワイヤーの持つ問題点として、応力ヒステリーシスを有する事、および飲食物摂取時の口腔内温度変化に伴って矯正力が変わることがあげられている。一般的にニッケルチタン合金に他の元素を添加することにより、応力ヒステリーシスが小さくなると言われている。そこで、今回は、銅を5%添加したニッケルチタン合金ワイヤーと銅無添加の通常のニッケルチタン合金ワイヤーと比較することによって、その曲げ特性に与える銅添加の影響および変態温度と試験温度との関連について調べた。本実験では、 A_p 点が異なる3種類の銅添加のニッケルチタン合金ワイヤーと2種類の銅無添加のニッケルチタン合金ワイヤーについて、電気抵抗による A_p 点測定と3点曲げ試験を行った。曲げ試験は37°Cに保持した条件と37°Cを基準に2°Cと60°Cに温度変化を与えた条件について行った。それらの結果、以下の知見が得られた。

1. 2種のワイヤーで、電気抵抗曲線の形態に大きな違いが見られた。銅無添加のワイヤーでは、変態点付近において、加熱時と冷却時の抵抗値が大きく異なっていたのに対し、銅添加のワイヤーでは、加熱時と冷却時の抵抗値に大きな差が見られなかった。
2. A_p 点が同じ銅添加のワイヤーと、無添加のワイヤーでは、銅添加のワイヤーの方が応力ヒステリーシスが小さくなった。しかし、たわみの減少過程における、荷重-たわみ曲線は、ほぼ同じ挙動を示した。
3. 銅添加のワイヤー、無添加のワイヤー共に、試験温度が高くなると、同じたわみを与えるに要する荷重は増加した。しかし、その後元、の温度にもどしても、荷重は初期荷重に復元しなかった。
4. 温度変化を与えたときの荷重の変化率は、 A_p 点が高いワイヤーほど荷重の変化率が大きかった。銅を添加すると、同じ A_p 点の銅無添加のワイヤーより荷重の変化率は小さくなった。

14. 超弾性Ni-Tiワイヤーの曲げ変形における履歴挙動の数値解析

荒木 吉馬¹⁾, Sachdeva R²⁾, 遠藤一彦¹⁾
 川島 功¹⁾, 山根 由朗¹⁾, 大野 弘機¹⁾
 (歯科理工¹⁾, ベイラー歯科大矯正歯科²⁾)

超弾性Ni-Tiワイヤーは既に矯正装置等に応用されているが、その特異な応力誘起変態挙動と温度感性により、力と変形の関係は極めて複雑であり、一般の弾性線のように弾性梁理論でもって、曲げ変形状態を予測することができない。また、このような超弾性ワイヤーの梁構造に関する材料力学的な解析方法も現在なお確立されていない。

本研究では、まず超弾性Ni-Tiワイヤーを用いた3点梁構造における曲げ挙動を解析することを目的として、(1)引張試験から得られた応力-ひずみ履歴挙動に適合する回帰式の検討、(2)その回帰式を用いた梁断面における力とモーメントの釣り合いに関する基礎式の作成とその数値解の求解を行った。その結果、以下の結論が得られ

た。

- (1) A_p 点15°Cと30°Cのワイヤーについて、いずれの応力-ひずみ履歴曲線にきわめてよく適合する回帰式 $\sigma = \epsilon / \{1 / G_0 + A * B / (A + B)\}$ が導かれた。ただし、上式中の σ の応力、 ϵ はひずみ、 G_0 は定数、AおよびBは、自己増殖方程式である。
- (2) 3点梁における超弾性ワイヤーの負荷過程の曲げ挙動を、非線形弾性梁の理論に基づき、この回帰式を使って解析することができた。
- (3) 除荷過程における曲げ挙動の解析には、梁の各部位が負荷過程で受けたひずみの大きさによってそれぞれ異なる応力-ひずみ関係を考慮する必要があった。すなわち、除荷過程における曲げ挙動は、単にたわみの大