

引張と振りの負荷履歴がカテーテルの除荷時のクリープ変形挙動に与える影響

Effect of Loading History for Tension and Torsion on Creep Deformation Behavior of Catheter for Unloading Process

○坂本奨馬¹, 河野碧人², 加藤保之³

* Shoma Sakamoto¹, Aoto Kawano², Yasuyuki Kato³

Abstract: This paper describes the creep deformation behaviors of the soft nylon catheter having stainless braids. In our previous researches, for step loadings for uniaxial loading state such as tension, torsion, and bending, and these proportional loading states, the creep tests have been conducted in 2 or 3 stages step loading. However, detail experiments for step unloading after step loading have not been conducted yet. Then, in the previous report, the creep deformation behaviors under unloading process have been investigated. Moreover, in the present study, the creep test for unloading process will be conducted with changing the sequential order of tension and torsion.

1. 緒言

ステンレスの細いブレードが編込まれたナイロン樹脂製のカテーテルを研究対象として、2段又は3段の単軸状態ならびに複合状態でステップ荷重を与えてクリープ変形挙動が調査されてきた。しかしながら、それらは、主として負荷時の変形挙動が調査され、ステップ負荷後のステップ除荷時のクリープ挙動については、詳しい検討が行われてこなかった。そのため前報の研究では、引張と振りを同時に加える比例負荷に対して、除荷時のクリープ変形挙動が調査されてきた。

本研究では、更に、最初に引張と振りの比率を変えてステップ負荷を与え、引張または振りのいずれかの除荷を行った際のクリープ変形挙動を調査する。特に、ステップ除荷を行うまでの時間を2通りに変えて除荷履歴がクリープ変形挙動に与える影響を明らかにする。

2. 試験片ならびに実験方法

2.1 試験片について

本研究のカテーテルは柔らかいナイロン製の樹脂の中にブレード（ステンレス製の細いワイヤー）が左右16本、合計32本織り込まれ、補強された構造となっている（このブレードの織り込み角は、左右それぞれ45, 135[deg.]である）。表1に、母材の内外径及びブレードの直径、全断面積に占める母材の面積比 α を示す。なお、試験片の標点間距離は190 [mm]である。

Table 1 Dimensions of test specimens

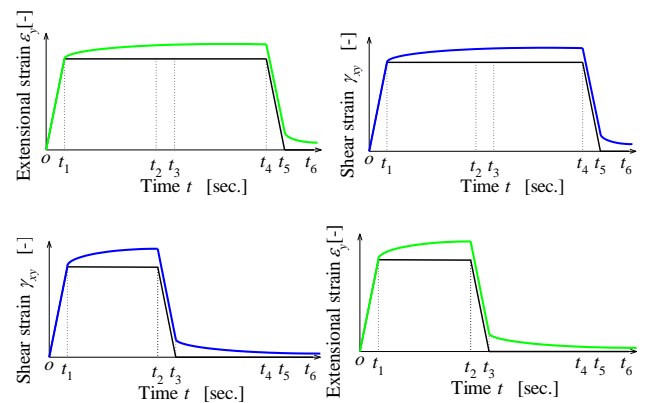
Outside diameter D_o [mm]	Inside diameter D_i [mm]	Diameter of braid d_s [mm]	Ratio of matrix - area α [-]
1.37	1.07	0.0508	0.842

2.2 実験方法

引張と振りの除荷時のクリープ実験を行うに当たり、

引張試験機（島津オートグラフ AGS-J）と振り試験機を組み合わせた複合負荷試験機を使用する。

次に実験条件については、図1に示す様に、1段目のステップ負荷では、一定速度で引張と振りの比例負荷を $t_1 = 9$ [sec.]間で与え、一定値に保持する。次に、ステップ除荷を行うまでの時間 t_2 については、 $t_2 = 15$ [sec.]と120 [sec.]の2通りの条件に対して実験を行う。



(a) Unloading for torsion (b) Unloading for tension

Fig.1. Experimental conditions for creep

ただし、この2段目の除荷については、図1 (a) の様に振りを除荷する場合と、図1 (b) の様に引張を除荷する場合を考える。図1では、伸び歪 ϵ_y と剪断歪 γ_{xy} のクリープ変形をそれぞれ緑及び青の曲線で表している。本研究では更に以下に示す式(1)に代入することで主軸上（主歪 ϵ_1 ）でクリープ変形挙動を調査する。

$$\epsilon_1 = \frac{(1-\nu)\epsilon_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{(1+\nu)\epsilon_y}{2}\right)^2 + \left(\frac{\gamma_{xy}}{2}\right)^2} \quad (1)$$

なお、2段目の引張または振りの除荷の大きさについては、1段目の主歪の値の1/4倍となるように除荷

1 : 日大理工・学部・機械、2 : 日大理工・院(前)・機械、3 : 日大理工・教員・機械

を小さく行う場合と、1段目の主歪の値の3/4倍となるように大きく行う場合の4通りについて実験を行う。

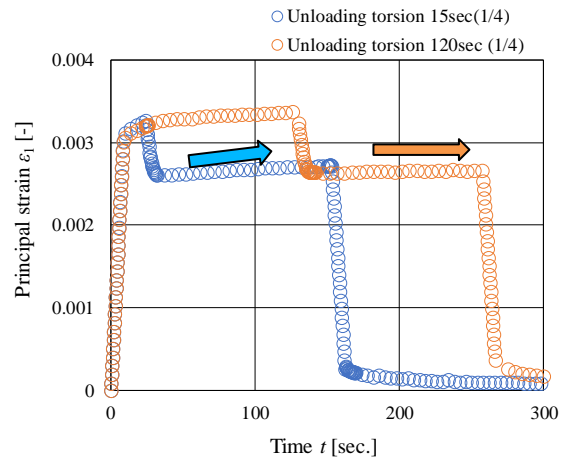
3. 実験結果と考察

1段目に引張と振りの比例負荷を与え、ステップ除荷を行うまでの時間を $t_2 = 15[\text{sec.}]$ と $120[\text{sec.}]$ の2通りに変えて得られたクリープ変形挙動の結果の一例を図2に示す。ここで、図中の (a) が除荷時の歪の大きさが1段目の主歪の1/4倍となる条件で振りの除荷を小さく行う場合、また、(b) が除荷時の歪の大きさが1段目の主歪の3/4倍となるように引張の除荷を大きく行う場合の主歪 ε_1 と時間 t の関係を表している。

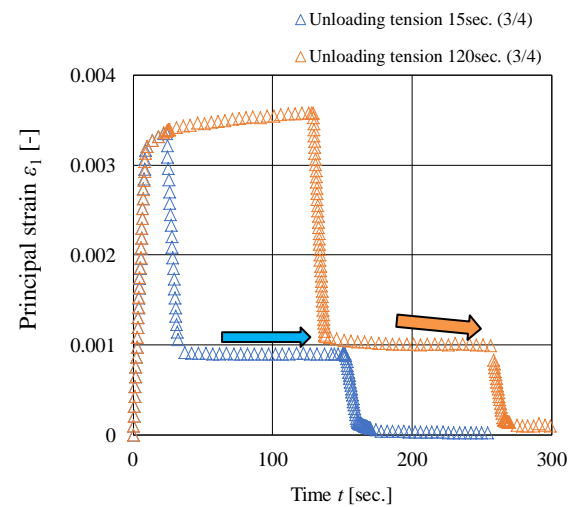
図2 (a) の振りの除荷時に発生するクリープ変形について考察すると、ステップ除荷を行うまでの時間が短い $t_2 = 15[\text{sec.}]$ の場合 (すなわち、図中のプロット○) については、振りの除荷で生じる逆向きのクリープ変形が小さく、また、2段目で残る引張の荷重が大きいため、順方向側にクリープ変形が発生し主歪は増加傾向を示す。これに対して、ステップ除荷を行うまでの時間が長い $t_2 = 120[\text{sec.}]$ の場合 (図中の○) では、1段目でクリープ変形が既に大きく生じ、新たなクリープ変形の増加がない状態となっているため、振りの除荷で順方向側に発生するクリープ変形量は $t_2 = 15[\text{sec.}]$ の場合と比べて主歪の増加傾向が小さいことが確認できる。

一方で、図2 (b) の引張の除荷時に発生するクリープ変形について考察すると、2段目で引張の除荷量が大きいいため、ステップ除荷を行うまでの時間が短い $t_2 = 15[\text{sec.}]$ の場合もステップ除荷を行うまでの時間が長い $t_2 = 120[\text{sec.}]$ の場合も逆向きのクリープ変形が生じているが、ステップ除荷を行うまでの時間が短い $t_2 = 15[\text{sec.}]$ の場合 (△) に比べ、ステップ除荷を行うまでの時間が長い $t_2 = 120[\text{sec.}]$ の場合 (△) の方が、逆向きのクリープ変形が大きく発生していることが確認できる。これは、(a) の場合と同様に、 $t_2 = 120[\text{sec.}]$ の場合では、1段目でクリープ変形が既に大きく生じ、順方向に新たなクリープ変形の増加がない状態となっているため、引張の除荷で逆向きに発生するクリープ変形量は、ステップ除荷を行うまでの時間が長い $t_2 = 120[\text{sec.}]$ の場合 (△) の方が、 $t_2 = 15[\text{sec.}]$ の場合と比べて大きくなると考えられる。

以上、除荷時のクリープ変形挙動の負荷履歴の一例として、振りの除荷を小さく行う場合と引張の除荷を大きく行う場合について実験結果を考察してきたが、このほかの負荷履歴として、振りの除荷を大きく行う場合と引張の除荷を小さく行う場合が考えられる。それらの結果については、紙面の都合上、詳しい説明は省略するが、ステップ除荷を行うまでの時間が短くステップ除荷量が小さい場合には、順方向側にクリープ変形が発生



(a) Unloading for torsion



(b) Unloading for tension

Fig.2. Creep deformation behavior for various conditions

し主歪は増加傾向を示し、また、ステップ除荷を行うまでの時間が長くステップ除荷量が大きい場合には、逆向きのクリープ変形が大きく発生する傾向となる。

4. 結 言

引張と振りの比率を変えてステップ負荷を与え、引張または振りのいずれかの除荷を行った際のクリープ変形挙動を調査し、以下の結論を得ることが出来た。

- (1) ステップ除荷を行うまでの時間が短く振りの除荷量が小さい場合には、2段目で残る引張の荷重が大きいため、順方向側にクリープ変形が発生し、そのため主歪は増加傾向を示す。
- (2) 一方、ステップ除荷を行うまでの時間が長く引張の除荷量が大きい場合には、逆向きのクリープ変形が大きく発生する傾向となる。
- (3) 今後の展望として、非含水条件に対して実験を行ってきたが、更に含水条件に対しても検討する予定である。