

K-4

## カテーテルの引張または振りの除荷履歴で得られる含水条件下のクリープ変形挙動 (ステップ除荷を与えるまでの時間が異なる場合のクリープ挙動について)

### Creep Behaviors for Catheter under Water Containing Conditions under Unloading History for Tension or Torsion (Creep Behaviors when Changing the Time until Step Unloading)

○村上吉平<sup>1</sup>, 河野碧人<sup>2</sup>, 加藤保之<sup>3</sup>\* Kippe Murakami<sup>1</sup>, Aoto Kawano<sup>2</sup>, Yasuyuki Kato<sup>3</sup>

**Abstract:** This paper describes the creep behavior of catheter, which is made of soft nylon resin reinforced with stainless braids, under unloading state of tension or torsion after applying both tension and torsion at the same time with proportional loading state. In our previous studies, the creep behavior in unloading state has been investigated under various experimental conditions. However, in our previous studies, it has been mainly examined under non-water-containing condition, and the experiments for water-containing specimens have not conducted yet in detail. Therefore, using test specimens containing water, the creep tests are conducted under step unloading conditions with changing the order of unloading for tension or torsion. Especially, in the present study, creep behaviors are investigated under experimental conditions for different times until the start of unloading for tension or 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クリープ変形挙動を調査することが本研究の目的である。これまでの研究では、除荷時のクリープ変形挙動に着目して、引張または振りをそれぞれ単独に作用させて行う単軸状態、あるいはそれらの比率を変えて同時に作用させる比例負荷のステップ負荷を与えた後にステップ除荷を行う際に得られるクリープ変形挙動が調査されてきた<sup>(1),(2)</sup>。さらに、前報の研究では、引張又は振りの除荷の履歴に着目し、それらの除荷の大きさや順序を変えて実験を行い、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、含水させた試験片を用いて、引張または振りの除荷の履歴が除荷時のクリープ変形挙動に及ぼす影響を調査する。特に、前報の研究ですでに明らかにしてきた引張または振りのステップ負荷までの時間を2通りに変える実験条件で、含水させた試験片を用いて実験を行い、前報の非含水条件下で行った結果と比較する。

#### 2. 試験片ならびに実験条件

##### 2.1 試験片について

試験片は、ナイロン製の樹脂でできた柔らかい母材の中にブレード(ステンレス製の細いワイヤー)が織り込まれている。このブレードは、左右16本、合計32本であり、左右のブレードの織り込み角は、それぞれ45, 135[deg.]である。表1に、試験片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 $\alpha$

を示す。なお、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 $\alpha$ [-]
1.37	1.07	0.0508	0.842

##### 2.2 実験装置について

引張と振りに関する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合わせた複合負荷試験機を使用する。

##### 2.3 実験条件について

###### 2.3.1 試験片の含水時間について

これまでの研究で、含水時間の異なる試験片( $t=30,60,120,180,240$  [min.])を用いて、単軸引張と単純剪断のステップ応力を加えてクリープ変形を調査し、試験片に与える含水時間を決定してきた。その結果、 $t=180$ と $t=240$  [min.]のクリープ変形に差異が生じないことがすでに明らかとなっている<sup>(2)</sup>。そのため、含水時間はすべての試験片に対して $t=180$  [min.]と決定する。

###### 2.3.2 ステップ除荷を与えるまでの時間が異なる場合

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9[sec.]間与え、それらの負荷を一定値に保持する。ただし、ステップ除荷を行うまでの時間 $t$ については、 $t=15$ [sec.]と $120$ [sec.]の2通りの条件に対して実験を行う。次に、2段目の引張または振りの除荷については、前報の非含水の結果と比較するため、1段目の主歪の値の1/4倍となるように除荷を小さく行う場合と、3/4倍となるように大きく行う場合の2通りに設定した前報と同一の荷重条件で行う。

### 3. 実験結果と考察

ステップ除荷を行うまでの時間を  $t = 15[\text{sec.}]$  と  $120[\text{sec.}]$  の2通りの条件に変えた場合の実験結果を図1ならびに図2に示す. ここで, 図1が除荷量が小さい場合の含水と非含水の比較を, 図2が除荷量大きい場合の含水と非含水の比較の結果をそれぞれ表している. 更に, これらの図で (a) が2段

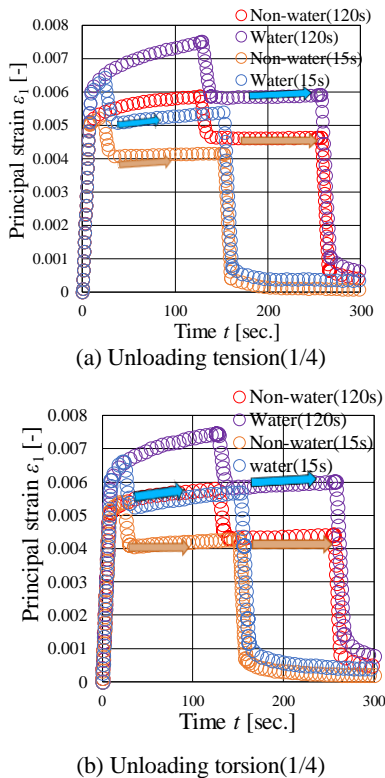


Fig.1. Creep for different unloading time conditions

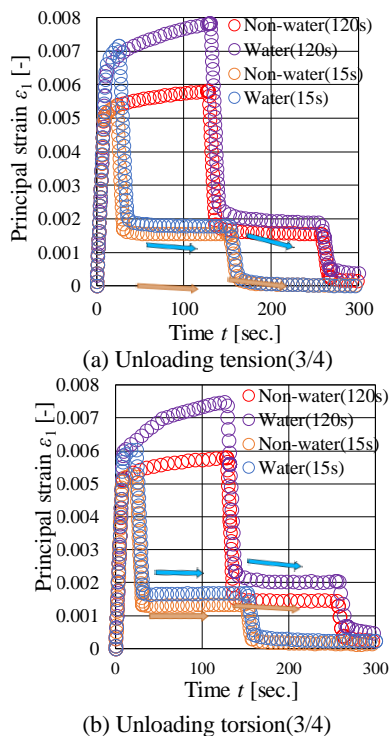


Fig.2. Creep for different unloading time conditions

目の除荷が引張の場合, (b) が2段目の除荷が振りの場合の結果である. また, これらの図で含水条件である本実験の結果は, プロット○ならびに○であり, 一方で, 前報の非含水の結果は, プロット○ならびに○であり, 含水の方が非含水に比べると, クリープ変形量が多いことが確認できる (非含水の2.8倍). これらの中で, 振りの除荷量が小さい図1 (b) の  $t = 15[\text{sec.}]$  の条件は, 除荷後に順方向側にクリープ変形量が増加する傾向がもっとも大きく表れることが確認できる. これは, 振りの除荷で生じる逆向きのクリープ変形が小さく, 2段目では引張の荷重が大きく残るため順方向側のクリープ変形が発生して主歪は増加傾向を示すためである. 一方で, 引張の除荷量大きい図2 (a) の  $t = 120[\text{sec.}]$  の条件は, 逆向きのクリープ変形が大きく表れることが確認できる. これは,  $t = 120[\text{sec.}]$  の場合では, 1段目でクリープ変形が既に大きく生じ, 振りによる新たなクリープ変形の増加がないため, 引張の除荷で逆向きに発生するクリープ変形量は,  $t = 120[\text{sec.}]$  の方が,  $t = 15[\text{sec.}]$  と比べて大きくなると考えられる (約3.1倍).

### 4. 結言

含水させた試験片を用いて, 引張または振りの除荷の履歴を変えてクリープ実験を行い, 以下のことが明らかとなった.

- (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, 主歪は増加傾向を示す. また, 含水条件の場合は, 非含水の場合に比べその傾向が大きく表れる.
- (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は, 含水条件の方が非含水に比べ大きく表れる.

### 5. 参考文献

- (1) 加藤保之, “カテーテルのクリープ変形挙動に関する研究 (履歴の異なる引張と振りの3段階のステップ荷重下で得られるクリープ変形挙動に及ぼす含水の影響について)”, 日本機械学会2021年次大会講演論文集, No.21-1 (2021), J023-10
- (2) 加藤保之, “カテーテルのクリープ変形挙動に及ぼす含水の影響 (引張と振りの除荷時のクリープ特性について)”, 日本機械学会 M&M2021 材料力学カンファレンス, No.21-17 (2021), GS-01