

K-3

カテーテルの振りの除荷時のクリープ変形挙動に及ぼす含水の影響
 (順方向後に逆向きの振りのステップ負荷を与える場合のクリープ挙動について)

Effect of Water Containing Conditions on Creep Deformation Behaviors generated under Unloading of Torsion for Catheter
 (Creep Behaviors Generated under Step Torsion in Reversed Direction after Forward Direction)

○熊本 海人¹, 加藤 保之²

* Kaito Kumamoto¹, Yasuyuki Kato²

Abstract: The purpose of this study is to investigate the creep deformation behaviors of catheter, which is made of soft nylon resin reinforced with stainless braids, under unloading of torsion after applying proportional loading for tension and torsion, by using water containing and non-water containing test specimens. The experiments are conducted under the unloading history of torsion, i.e., unloading of shear immediately after the step shear in the forward direction, and after that, unloading of shear immediately after the step shear in the reversed direction, and in this study, the creep deformation behaviors are examined under different time intervals.

1. 緒言

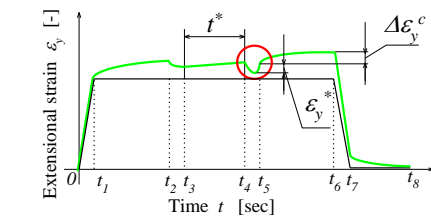
これまで細いブレードが編み込まれたナイロン樹脂製のカテーテルを研究対象として、引張と振りの比率を変えてステップ負荷を与え、その後、振りを除荷してクリープ変形挙動を調査してきた。これまで含水と非含水の試験片を用いて実験を行い、それらの結果の比較から、除荷時のクリープ変形挙動に及ぼす含水の影響を調査してきた。その結果、振りのステップ除荷を行う実験条件では、伸び歪が不連続となり剥離の兆候が表れ始めることが確認でき、含水した試験片の結果は非含水に比べてその不連続量が大きく、含水により剥離の進行が早まることが明らかとなってきた。

本研究では、振りのステップ除荷の履歴として、振りのステップ負荷後に除荷をし、再び2回目の振りで逆向きのステップ負荷を与えて除荷する場合について、一定時間保持してから2回目の再負荷する場合と保持せず連続して再負荷する場合の2通りの条件で、クリープ変形挙動を調査する。

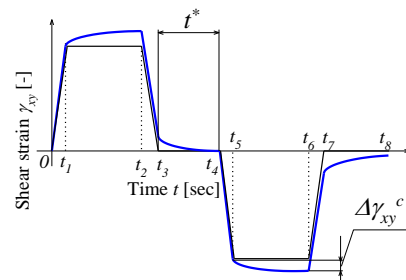
2. 振りの除荷とクリープ変形挙動について

1段目のステップ負荷では、引張と振りを同時に加え、その後、引張の負荷を一定値に保持したままで振りのみ除荷をし、更に逆向きのステップ負荷を与えて除荷する場合について、除荷時のクリープ挙動を調査する。図1は、本研究で調査する時間経過に伴う歪の履歴を模式的に表したものである。ここで、(a)が引張のステップ負荷で発生する伸び歪 ϵ_y を、(b)は、振りのステップ除荷後に逆向きの振りのステップ負荷を与え、それを除荷する際に生じる剪断歪 γ_{xy} を表している。(c)は、これらの伸び歪と剪断歪から求められる主歪 ϵ_l の履歴を表している。なお、本研究では最初の振りの除荷後に一定時間 (t^*) 保持し、再負荷する場合と保持せず再負荷場合の2通りの条件についてクリープ挙動を調査する。

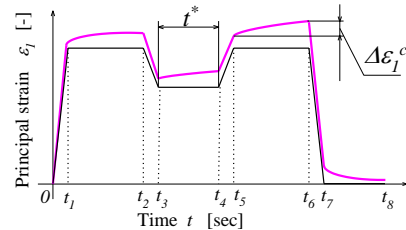
2回目の振りのステップ負荷では、母材とブレード



(a) Extensional strain



(b) Shear strain (forward → reverse)



(c) Principal strain

Fig.1. Creep deformation-time diagram

の剥離が起こり始め、その結果2回目のステップ負荷時に生じるクリープ変形量が増大することが予想される。また、含水した試験片では、それらの現象がより小さなステップ負荷で生じることが考えられる。そこで、本研究では、図1(a)中の○で囲まれた箇所の伸び歪の不連続量ならびに図1(b),(c)中のクリープ歪の増加量(即ち、 $\Delta\gamma^c$, $\Delta\epsilon_l^c$)を、振りのステップ負荷の大きさを増加させて調査し、含水条件下がクリープ変形挙動に与える影響を調査する。

1: 日大理工・学部・機械、2: 日大理工・教員・機械

3. 試験片ならびに実験方法

3. 1 試験片の寸法と実験装置について

実験で用いた試験片はナイロン樹脂の母材の中に左右16本、合計32本のブレードが織り込まれており、初期織り込み角は、45, 135[deg.]で、また標点間距離は、190[mm]である。なお、詳細寸法を表1に示す。

Table 1. Dimensions of test specimens

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

実験では、引張試験機（島津オートグラフ）と振り試験機を組み合わせることで、引張と振りを同時に作用させることのできる装置を使用する。

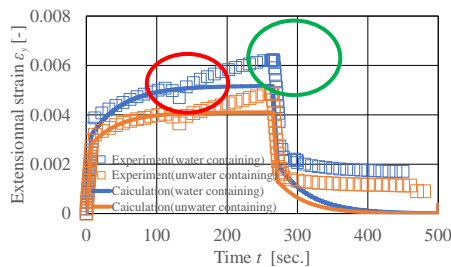
3. 2 実験条件について

3. 2. 1 含水時間について

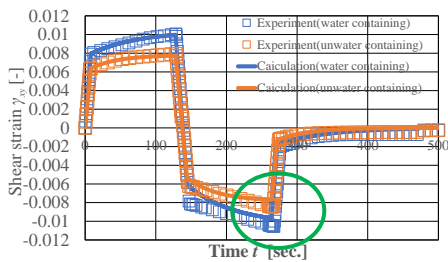
含水時間の異なる試験片 ($t=30,60,120,180,240$ [min.]) に引張と振りのステップ負荷を加えてクリープ変形量を調査し、含水時間を決定する。 $t=180$ [min.]と240[min.]の結果に差異がないことから、本研究では含水時間を $t=180$ [min.]と決定する。

3. 2. 2 振りの除荷履歴を変えた実験について

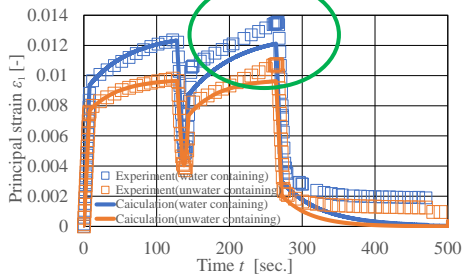
1段目のステップ負荷では、一定速度で引張と振りを同時に作用させた比例負荷を8[sec.]間与え、120[sec.]間それらの引張と振りの負荷を一定値に保持する。その後、引張の負荷を一定値に保持したまま、



(a) Extensional strain



(b) Shear strain (forward \rightarrow reverse)



(c) Principal strain

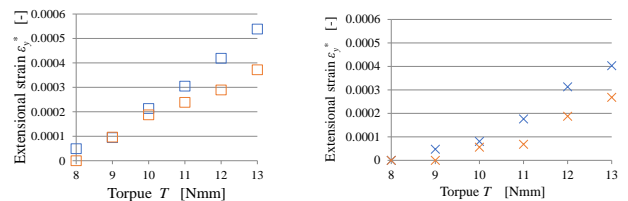
Fig.2. Creep deformation-time diagram ($t^*=0$ [sec.], Tension: 2.5[N], Torsion: 13.0[Nmm])

振りの除荷を8[sec.]間で行う。更に、一定時間 $t^*=120$ [sec.] 保持した後（ただし、 $t^*=0$ [sec.]も行う）に2回目の振りのステップ負荷を逆向きに8[sec.]間与え、その負荷を120[sec.]間一定値に保持し、その後、除荷を8[sec.]間で行う。なお、この振りの除荷と共に引張の除荷を8[sec.]間で行う。

4. 実験結果と考察

2回目のステップ負荷で逆方向に振りを与えた時の歪の挙動を表したものが図2である。ここで、図2(a)は伸び歪を、(b)は剪断歪を、また、(c)はばね要素とダッシュポットからなる3要素モデルの解析結果を主歪の実験結果に重ねて表したものである。なお、図中の青色のプロット□と曲線—が含水条件の結果を、オレンジ色のプロット□と曲線—が非含水条件の結果をそれぞれ表している。ここで、赤色の楕円で示したようにこの条件では既に解析値との差異が生じ剥離の発生が予想され、その為、2回目の振りのステップ負荷では、緑色の楕円の様にクリープ歪が大きく発生する。この図から明らかな様に非含水に比べ含水の方が、クリープ歪が大きく発生していることが確認できる。

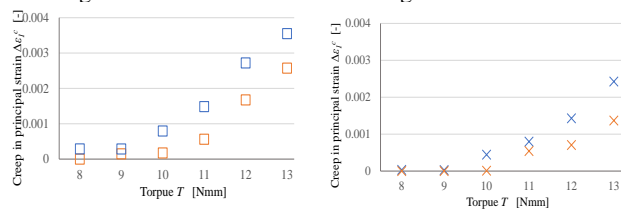
トルク量を増加させて上述の赤色の楕円で示した伸び歪の不連続量を調査した結果が図3である。ここで、図3の(a)が2回目のステップ負荷で逆振りを与え $t^*=0$ [sec.]で、一方で(b)が $t^*=120$ [sec.]の場合である。これらの(a)と(b)の結果を比較して(a)の方が、不連続歪が大きいため剥離が進行している様子が確認できる。次に、上述の緑色の楕円で示したクリープ歪の増加量を図2(c)の主歪に対して調査した結果が図4である。これらの図で(a)と(b)は、逆振りの $t^*=0$ と120[sec.]に対してクリープ歪量を調査した結果であり $t^*=0$ [sec.]の方が大きいことが確認できる。



(a) Reverse ($t^*=0$ [sec.])

(b) Reverse ($t^*=120$ [sec.])

Fig.3 Occurrence status of debonding for extensional strain.



(a) Reverse ($t^*=0$ [sec.])

(b) Reverse ($t^*=120$ [sec.])

Fig.4. Creep behavior at the the second step.

5. 結言

引張のステップ負荷を加えながら、1回目の振りのステップ除荷後に更に逆振りのステップ除荷を与えてクリープ挙動調査し、以下のことが明らかとなった。

- (1) 2回目のステップ負荷を与えるまでの時間が0[sec.]では、剥離の進行が早まり、クリープ変形量も増大する。
- (2) 含水させた試験片は、より小さなトルクで剥離が発生し、その結果、クリープ変形量も増大する。