

カテーテルの初期振り下での飛び移り座屈挙動 (飛び移り座屈挙動の発生領域に及ぼす含水の影響)

Study on Snap-through Behavior of Catheter under Initial Torsion (Hydrous effect on Occurrence Region of Snap-through Behavior)

○川岸 拓矢¹, 野本 光², 加藤 保之³Takuya KAWAGISHI¹, Hikaru NOMOTO², Yasuyuki KATO³

Abstract: In general, there is a possibility that the snap-through phenomenon occurs when the relatively long catheter are used. In this study, the experiments, using the test pieces impregnated with water, are carried out by changing the angle of the initial torsion, the length of specimens and axial displacement speed variously. And then, the occurrence regions of the snap-through behavior in each hydrous and non-hydrous condition are examined.

1. 緒言

これまでの我々の一連の研究の中では、振りと圧縮が連成する複合荷重の条件下で座屈発生領域を調査する研究が行われてきた。そこでは座屈荷重の測定をより正確に行うために、比較的短い試験片を使用して座屈挙動と応力緩和現象の関連性を調査してきた。しかしながら、カテーテルの実際の使用状況を考えると、比較的長いものが多く、より小さな荷重で座屈のような不安定現象が発生することが予想される。特に振りと圧縮が同時に加わる場合には、飛び移り座屈 (snap-through) 現象が生じる可能性がある。そこで、これまで異なる長さの試験片を用いて、変位速度を変えて飛び移り座屈現象の発生状況を調べることで試験片の長さに対する飛び移り座屈現象の発生領域を調査してきた。

一方で、カテーテルは多くの場合、含水された状況下で使用される。そのため、カテーテルの変形挙動に及ぼす含水の影響についても調査を行う必要がある。そこで本研究では、あらかじめ含水したカテーテルの試験片を使用して、初期振り後に軸方向変位を与えるときに発生する飛び移り座屈現象を調べる。特に本報では、飛び移り座屈現象の発生領域に及ぼす含水の影響を調査する。

2. カテーテルの断面形状と試験片の寸法

本研究のカテーテルは、図1のように、ナイロン樹脂からなる母材 (外径 $D_o=1.37[\text{mm}]$, 内径 $D_i=1.07[\text{mm}]$,) にブレード (ステンレス製のワイヤー: 外径 $d_o=0.0508[\text{mm}]$, 初期織り込み角 $\theta_0=45[\text{deg.}]$) が管状に織り込まれた構造であり、このブレードは左右 16 本ずつ合計 32 本から構成されている。また、本研究で使用する試験片の標点間距離 L_0 は、250, 300, 350, 400 [mm] の 4 通りである。

3. カテーテルの含水時間

カテーテルに施す含水時間を種々に変えた試験片を使用して、両端が固定支持された境界条件の下で予め座屈荷重を調査することにする。図2は、圧縮荷重と軸方向変位の関係を表したものである。この図から明らかなように、座屈発生時までは荷重は増加するが、座屈が発生すると荷重は減少し、軸方向変位のみが増加する。ここ

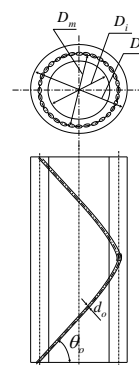


Fig.1 Shape of the catheter per one pitch

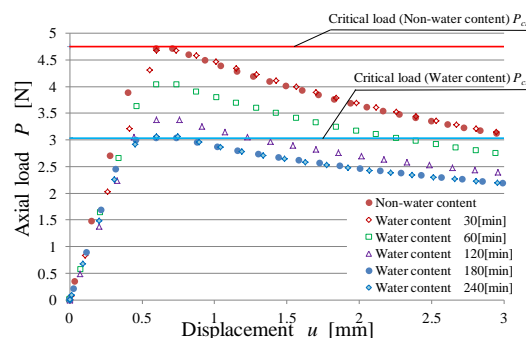


Fig.2 Buckling behavior under different water content

で、図中の赤色の直線は、含水していない試験片に対する臨界座屈荷重 P_{cr} の値を表している。これに対して含水時間を種々に変えた ($t=30, 60, 120, 180, 240$ [min]) 試験片を用いて実験を行った結果が図中に示されている。含水時間が増加すると、座屈荷重は減少するが、この図から明らかなように 180[min] と 240[min] の座屈荷重は、ほぼ一致し、180[min] 以上含水しても座屈荷重は変わらないことがわかる。このため本研究では、含水時間の条件は 180[min] を基準に設定することにする。

3. 実験装置ならびに実験方法について

3-1 実験装置

実験で用いた試験機は、島津卓上試験機 (オートグラフ AGS-J) に振り試験機を装着したものであり、圧縮と振りを同時に加えることができる機構となっている。

3-2 飛び移り座屈現象の発生領域の実験条件

標点間距離 250, 300, 350, 400[mm]の含水と非含水の試験片を用いて、最初の初期振り角を与えるまでの実験条件に関しては、全て同一の条件(回転速度 1.0 [rpm], 振り率 0.0524[rad/mm])で実験を行う。次に、一定振り角の下で与える軸方向の変位速度の条件については、30,60,90 [mm/min]の3段階で変位速度を変えて実験を行い、飛び移り座屈現象が必ず発生する不安定領域と発生しない安定領域の境界を調べる。

4. 実験結果

4-1 飛び移り座屈挙動

図3は、標点間距離 250[mm]の試験片に対して、初期振り角 750[deg]、変形速度 90[mm/min]で軸方向の変位 u を与えた場合の (a) 変位-時間、(b) 振り角-時間、(c) 軸力-時間、(d) 振りモーメント-時間の関係を含む含水したカテーテル (青色) と含水していないカテーテル (赤色) に対して示したものである。図中の AB 間で初期振り角を与え、B 点で軸方向に変位を与えるとともに軸力は減少するが、B' 点で座屈が生じた後には軸力は一定値に停留する。その後、C 点で飛び移り座屈現象が発生して軸力とモーメントが共に不連続となる。なお、図中の C~C' で発生する飛び移り座屈現象の撮影写真を図4に示す。

4-2 飛び移り座屈現象の発生領域

次に、飛び移り座屈現象が起り始める時の振り率と標点間距離の関係を示す。図5は、含水したカテーテルと含水し

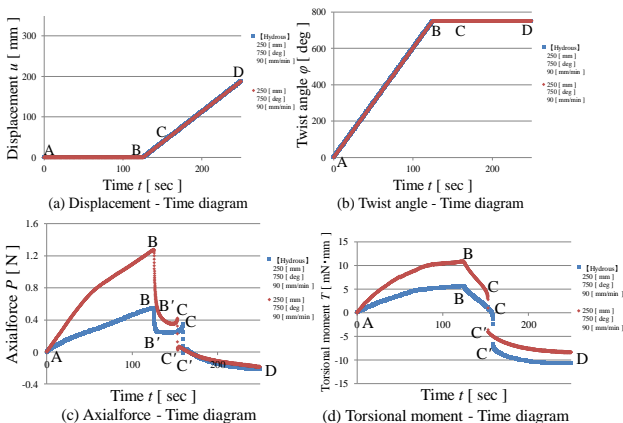
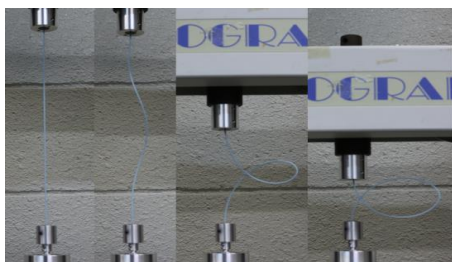


Fig.3 Snap-through behavior



(B) (B') (C~C') (D)
Fig.4 Photographs of snap-through behavior

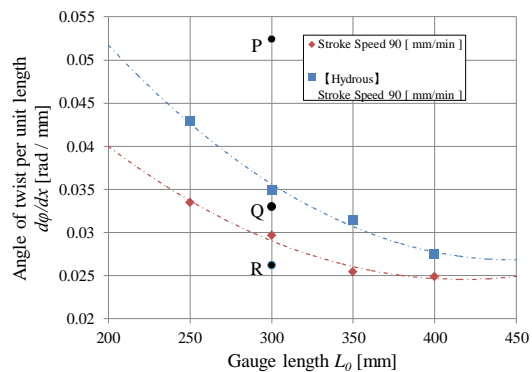


Fig.5 Boundary region of snap-through behavior

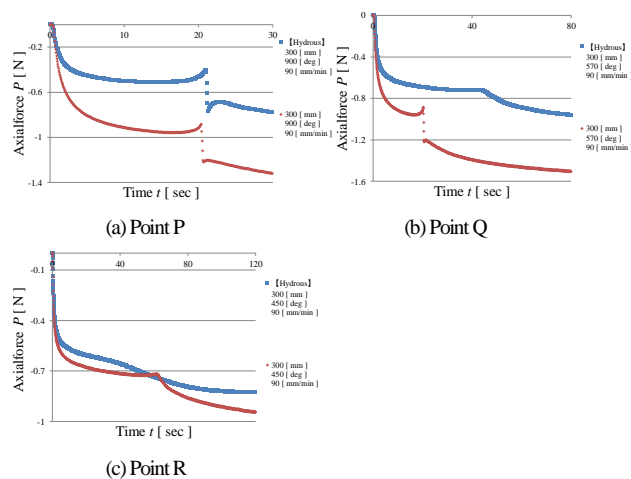


Fig.6 Axial force-time diagram

ていないカテーテルに対して、一例として変形速度 90[mm/min]の結果を示したものである。この図から、含水した場合と含水していない場合のどちらも標点間距離が増加する程、飛び移り座屈現象が起り始める時の振り率が減少傾向を示す。また、含水した方がしていない場合よりも振り率が高く、そのため境界領域が広がっていることがわかる。

ここで、図5中のP点について考えると、両境界線よりも上に存在するが、軸力の挙動は図6(a)の様になり、両方とも完全に飛び移り座屈現象が生じていることが確認できる。次に、Q点の場合を考えると、図6(b)の様になり、含水していないカテーテルは、完全に飛び移り座屈現象が生じているのに対し、含水したカテーテルは、飛び移り座屈現象は起きていない。更に、図5中のR点は、両境界線よりも下に存在し、軸力の挙動は、図6(c)の様になり、両方とも飛び移り座屈現象が生じていないことが確認できる。

5. 結言

本報では、飛び移り座屈現象に及ぼす含水の影響を調べることで、以下のことが明らかとなった。

- (1) 含水した場合には含水していない場合よりも飛び移り座屈現象の発生するタイミングが遅れる。
- (2) 含水により軸力と振りモーメントが全体的に小さくなることで、飛び移り座屈時の不連続量も小さくなる。
- (3) 含水した場合の飛び移り座屈現象の発生領域は、含水していないカテーテルの発生領域に比べ広がる。