

## 衝撃荷重の小さいロウプとグラウンドフォール

松本 憲 親 (岳僚山の会)

ベアール社カタログ2004年版中に「ロウプの衝撃荷重その理論と実際」の項がある。

その中にロウプドラッグがある場合の落下率の計算方法が示されている。これは本誌第17巻で北村氏が詳しく論述した、ランニングビレイの摩擦を考慮したWexlerの制動確保式の修正を、落下率の修正に変えて実際の衝撃値に近似させるもので興味深い。しかし、制動確保の位置付けの表現は納得できない。ベアールロウプのインパクトフォースが小さいことを強調しすぎているように思える。事例に挙げているケース1はロウプドラッグの無い場合で、落下率が0.717と大きい。この例の一部を解析したところ、グラウンドフォールの可能性があったので報告し、併せて対策を提言する。

ベアール社は落下率1.77で試験しているが、他社のロウプで特に記載無い場合は従来法(5/2.8)すなわち1.786で計算する。また、 $g=9.8$ とする。

### 1. リーダー重量の算出

ケース1, 2, 3にはリーダー重量の記載が無いので以下のように計算式により推定した。

これらの事例では確保者はアンカーにきつく連結されて吊り上らないと仮定する。インパクトフォース=9.00kNのロウプのk値は、

弾性確保式  $P = mg + mg\sqrt{1 + 2kH/mgL} \dots \textcircled{1}$   
に  $H/L = 1.786$ ,  $m = 80\text{kg}$  を入れて、 $k = 23887$  (N) を得る ( $k = \text{衝撃値}/\text{伸び率}$ )。従って、このときのロウプ伸び率は37.68%と計算されるが、ランニングビレイがある場合だから実際の伸び率

はこれより小さいようだ。しかし、伸びの危険性を考えるときはこの数値をそのまま使ってもよいと考えた。なお、このように衝撃値から算出したk値を使えば実際の衝撃値の算出に際して条件によっては誤差が少ないと筆者は考えている。

このロウプでグリグリを使った落下率=0.717確保時の最終ランナー衝撃値はカタログ図中に10.95kNとあるから、ロウプに掛かる衝撃値は  $10.95 \div 1.67 = 6.56$  (kN, リーダー側) となる。この値を式①に入れて、リーダーの重さを計算する。ただし、落下率が0.717に低下してもk値は変わらないとする。この点に関しては説明を要する。すなわち、k値が変化するのは摩擦箇所が多い場合であるが、本事例の場合は最上部支点以外での摩擦が0であり、落下率1.786の測定時と同じく最上部支点での摩擦を問題とするだけである。その最上部支点の摩擦角がUIAA衝撃試験時の30度と大きく違わないと仮定すれば落下率が0.717に低下したとき同一のk値を用いても大きな誤差を生じないと推定した。

$$6560 = mg + mg\sqrt{1 + 2 \times 23887 \times 0.717/mg}$$

$$6560 = mg + mg\sqrt{1 + 34254/mg}$$

$$(6560 - mg)/mg = \sqrt{1 + 34254/mg}$$

$$((6560 - mg)/mg)^2 = 1 + 34254/mg$$

$$((6560/mg) - 1)^2 = 1 + 34254/mg$$

$$(6560/mg)^2 - (2 \times 6560/mg) + 1$$

$$= 1 + (34254/mg)$$

$$(6560/mg)^2 - 47374/mg = 0$$

$$(6560/mg)^2 - (2 \times 6560 \times 3.611/mg) + (3.611)^2$$

$$=3.611^2$$

$$((6560/mg) - 3.611)^2 = 3.611^2$$

$$(6560/mg) - 3.611 = 3.611$$

$$6560/mg = 7.222$$

$$m = 92.7 \text{ (kg)}$$

すなわち、リーダーの重量が92.7kgであることが推定できる。以下この値を用いる。

## 2. ATCでの確保

ATCでの確保時衝撃値がグリグリでの確保時より小さいのは制動確保となっているからである。同ロウプのリーダー側荷重は $6600 \div 1.67 = 3952$  (N, 403kgf) と推定される。

以下のようにWexlerの式(下式②)を用いて制動率を算出する(S/Lを $x$ と置く)。

$$P = mg - Sk/L + mg\sqrt{1 + (2kH/mgL) + (Sk/mgL)^2} \dots \textcircled{2}$$

$$3952 = 92.7kg - 23887x +$$

$$92.7kg\sqrt{1 + 47774 \times 0.717/92.7kg + (23887x/92.7kg)^2}$$

$$3952 = 908.5 - 23887x +$$

$$908.5\sqrt{1 + 34254/908.5 + (23887x/908.5)^2}$$

$$3044 = -23887x + 908.5\sqrt{1 + 37.7 + (26.29x)^2}$$

$$3.351 = -26.29x + \sqrt{1 + 37.7 + (26.29x)^2}$$

$$(3.351 + 26.29x)^2 = 38.7 + (26.29x)^2$$

$$11.23 + 176.2x + (26.29x)^2 = 38.7 + (26.29x)^2$$

$$176.2x = 27.47$$

$$x = 0.156$$

制動率に、墜落直前に繰り出されていたロウプ長さを乗ざると( $11.15 \times 0.156$ )、伸びた状態で1.74mのロウプがATC中を流れて制動が掛かったことがわかる。

## 3. ロウプの伸び

次にロウプの荷重—伸び率曲線を描く(図1)。この曲線は0とワーキングエロンゲーション値、UIAA衝撃荷重値あるいはそのときの伸び率によ

り描ける。古くには破断強度と、そのときの伸び率によりk値を算出したのであるが、現在のクライマーは自分が使うロウプのUIAA衝撃荷重値を知ることが出来てもワーキングエロンゲーションや衝撃荷重測定時の伸び率は認定基準以内であるとして(夫々10%, 40%以内)実測値を知ることが出来ない場合がある。その場合にロウプの荷重—伸び率曲線を描くには推定値を用いる必要がある。

このロウプのk値と伸び率は上記のとおりであるが、ワーキングエロンゲーションの記載がないので現代的なクライミングロウプの最低値に近い0.055(通常は784N(80kgf)で6~9%)と仮定して作図した(図1中①)。なお、衝撃荷重測定時のロウプ伸び率がカタログに記載されている場合はこの数値を作図に用いたが、k値の算出には用いなかった。

確保者側荷重(6600マイナス3952)は2648N(270kgf)。図1において、この荷重での推定伸び率が16%ならば、伸びは1.144mとなり、この分リーダー側が長くなる。リーダー側荷重は上記3952N

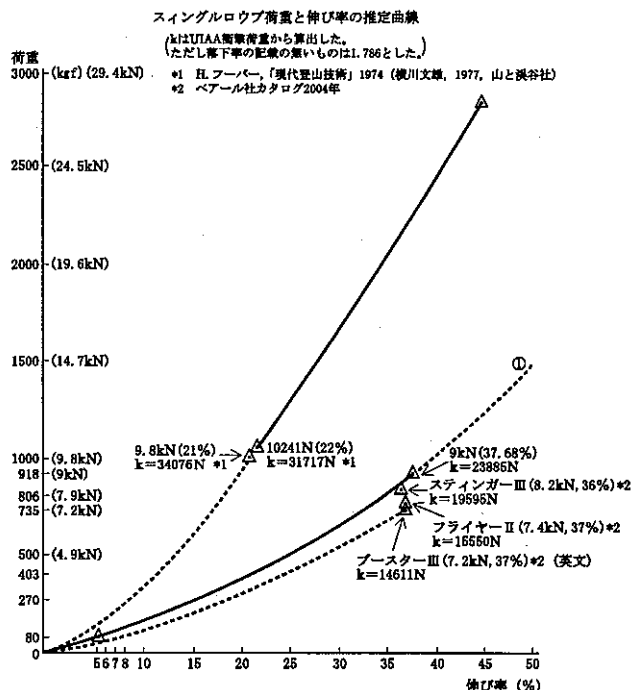


図1

## 1. 登山技術に関する調査研究

(403kgf)だから、同じくこの荷重での推定伸び率が21%ならばリーダー側の長さは $(1.144 \div 1.16 + 4) \times 1.21 + 1.74 = 7.77$ (m)となる。この数値は確保者から最上部支点までの距離(7.15m)より長いので、グラウンドフォールの可能性が高い。しかも、ベアールロウプが良く伸びるとすれば、より強くグラウンドフォールすることになる。実験の詳細を知りたいものだ。なお、衝撃荷重値と伸び率に厳密な相関性があるはずだが、市販ロウプのデータ中にはこれの乖離が多く見られる。これはカラビナとロウプの摩擦に起因している可能性がある。登山研修所ではこれらの解明を含む確保の基礎的データの蓄積に着手はしたが中断している。早急な再開が期待される。

### 4. 対策

上述のグラウンドフォールの危険性は2ピッチ目以上の場所で、オウヴァーハンクした所での墜落なら問題にならない。そして、このような場所ではより本格的な制動確保すなわち、墜落距離の1/2の長さのロウプを制動に使用する確保が出来る。この際の衝撃値は弾性確保時の衝撃値の1/4程となり、ロウプ性能向上の数倍の効果と言えよう。

また、ATCでの確保で制動率が0.16というのは意識してロウプを流しているようだが、グリグリの場合とATCの場合に同じようなロウプの握り加減だったのだろうか。

一般的には、グラウンドフォールが心配される場合はロウプ流れを制限すべきだ。

さらに、1ピッチ目のケース1の墜落に対し、より技巧的な確保が可能だ。すなわち、リーダーの8mの墜落に要する時間は $y = (g/2)t^2 \dots \textcircled{3}$ 、 $y$

$= 8$ (m)であるから、 $t = 1.28$ (秒)となる。この間にロウプを0.7m取り込むのは(テイク)は充分可能である。そうすれば落下距離(H)は7.3mとなり、落下率は $7.3/10.45 = 0.699$ と低下する。ロウプをテイクしながらしゃがむ、後ろに倒れこむあるいは後退するなど可能で、さらに落下率を小さく出来る。これにより衝撃荷重低減と同時にグラウンドフォールの可能性も低下する。ただし、落下率が1を超えない場合に、リーダーの落下中にロウプをテイクするときは例外なく落下率が減少するが、落下率が丁度1の場合はテイクによる落下率の変動は起きない。落下率が1を超える場合はテイクにより落下率が增大するがテイクしたロウプを制動に使うなら衝撃を減じ得る(登山研修第11巻44ページ参照)。

2004年9月に御在所岳前尾根でセカンドがスリップしてグラウンドフォールし、足首骨折となる事故が起きた。スリップ時、ロウプは張ったまま固定確保されていたとの情報があるので、ロウプの伸びが原因と考えられた。

ロウプの衝撃荷重の小さいことはリーダーの墜落を確保する場合に非常に重要だが、伸びによる危険性を削減することすなわち、衝撃荷重が小さく且つ伸びが少ないビレイシステムの構築が求められているのであって、単に衝撃荷重の小さいことのみを強調するので無く、場合によってはテイクや制動確保が的確に行われたときの効果がより高いことを認識すべきだ。このことは勿論登山技術研究者の共通のテーマでもあり、現実の確保の高失敗率にかんがみた訓練の重要性も言を待たない。