

懸垂下降器具の制動力について

文部科学省登山研修所

背景

要救助者を伴う懸垂下降では単独の場合に比べると、約2倍の荷重を扱わなければならないだけでなく、身動きがしづらく、下りすぎてしまったり手順をわずかに間違える等、一見小さなトラブルからの脱出も非常に困難になる。

懸垂下降にも各種の確保用器具が用いられている。しかし、一人で懸垂下降する通常感覚のまま、負傷者と二人で一つの器具にぶら下がって懸垂下降した場合に、制動不十分で慌てるような場面も起こっており、最悪はブレーキできない事態にもなり極めて危険である。以上のことから器具の制動特性をよく知った上で、いざという場合にも自分の使い慣れた器具で対応できるような準備が必要であると考えた。

実験の目的

要救助者を伴った懸垂下降時のブレーキの強さやコントロールのしやすさについて、現用されている器具ごとの制動特性を調べ、ひいては各器具の使用の注意点を明らかにする。

実験方法ならびに条件

最も単純で負荷の大きな場合として垂壁、または空中懸垂の場合を想定した。図1に用いたデバイスの写真を示す。代表的なもの6種類と、参考にムンターヒッチも実験した。デバイスおよび制動力測定用のばね秤のセット状況を図2に示す。ロープはφ8.5mm（スーパードライ加工）をダブルで使用した。使用器具の、ハーネスに連結する側に80kgあるいは160kgの錘を吊り下げることに

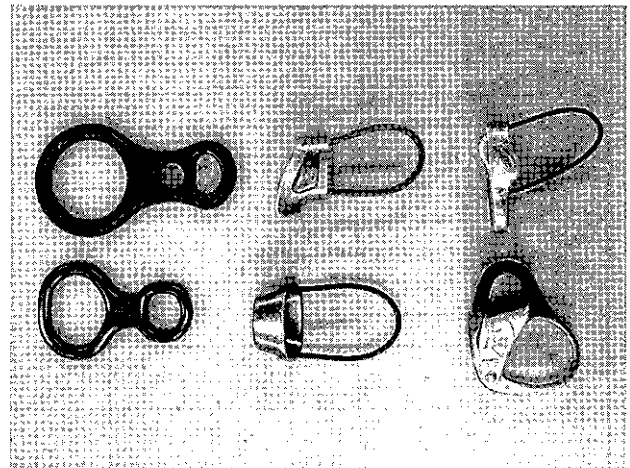


図1 使用したデバイス
 上段左から
 大型エイト環, ATC-XP, ピウ
 下段左から
 エイト環, ATC, ルベルソ

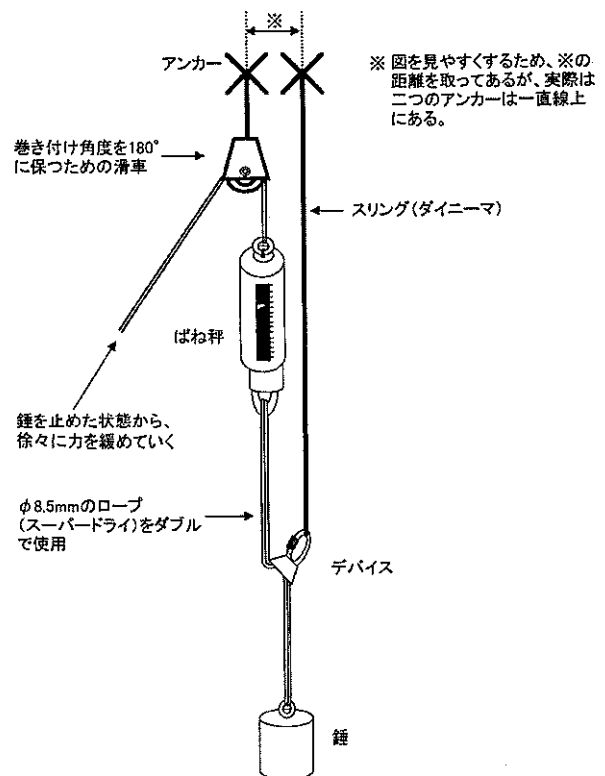


図2 実験見取り図

より80kgfと160kgfの荷重を負荷した。制動しているロープの器具への巻き付け角度は180度である。制動している側に取り付けたばね秤の支えを次第に緩めていき、ロープが器具を通して動き始めた時（錘が下降を開始した時）の張力、すなわち支持力を測定した。支持力が大きくないと下降開始してしまうということは、制動力が弱いということであり、逆に支持力が小さくなるまで下降できなかったということは制動力が強いということである。

実際の懸垂下降ではロープの末端に近づくにつれて下側（制動している側）のロープの自重による支持力の補助が減り、より強くロープを握らなければブレーキをかけられない。実験で使用したロープ長は約2mで支持力の補助にならない程度なので、ロープの自重は無視した。（濡れ、汚れ、摩擦等ロープのコンディションの違い、下降ルートへの傾斜の違いによってどう変わるか等は今後の実験予定）。試験は各3回行い、それらの平均値をとった。

実験結果

表1に80kgの錘をぶら下げた場合の下降開始時の支持力をまとめた。巻き付け角度に注意し、滑車を利用して角度を一定に保って試験したため、数値のばらつきはほとんどなかった。下降器具としてオーソドックスなエイト環では、10kgf以上の支持力があれば、80kgfの荷重を停めることができる。この10kgfで錘による80kgfを割り、張力増幅率 α を求めると、8倍になる。手もとで支える力に対し8倍の荷重までを支えられるということになる。 α が大きいほど、制動力が大きいということになる。最も単純に片手でロープを持った状態で約10kgf程度の荷重を支えられることが別の調査でわかっているため、エイト環で一人が懸

垂下降を制御できるわけである。これに対して同じエイト環でも大型のものは、7.2kgfでロープが滑り始め、 $\alpha=11.2$ と標準的なエイト環よりも制動力が強いという結果になった。最も小さな力でも支えられる、すなわち制動力が強かったのはATC-XPである。これは5kgfで荷重80kgfを支えられたことになるので、16倍の張力増幅率 α である。この原形であるATCでは10.8kgfでロープを支えないとロープが滑り出し、錘が下降を開始することになり、 $\alpha=7.4$ であった。ATC-XPの静的な制動力は、ATCの2.2倍大きいといえる。ピウはATCと同等の制動力を示した。ルベルソは試験した中では最も制動力が弱く、 $\alpha=5.6$ であった。標準的なエイト環からすると、制動は3割くらい弱いことになる。普段、エイト環で懸垂下降を行っている人がルベルソを使う場合は、いつもよりも強くロープを握りしめて下降をしなくてはならない。

表1 80kgの錘が下降開始する時の支持力
(巻き付け角度はいずれも180度とした)

デバイス	ロープが滑り出す時の荷重				張力増幅率 (α)	エイト環の何倍の静的制動力があるか
	1	2	3	平均		
エイト環	9.5	9.0	11.5	10.0	8.0	1.0
ATC	10.5	10.5	11.5	10.8	7.4	1.1
ATC-XP	5.0	5.0	5.0	5.0	16.0	0.5
ルベルソ	14.0	14.5	14.5	14.3	5.6	1.4
ピウ	10.0	10.5	11.5	10.7	7.5	1.1
大型エイト環	7.0	7.0	7.5	7.2	11.2	0.7
ムンターヒッチ	9.0	9.5	9.5	9.3	8.6	0.9

表2は160kgfの荷重を吊り下げた場合の試験結果である。各器具の制動強さの順番は80kgfの荷重を吊り下げた時と変わらない。160kgfの荷重に対してロープが滑り始める時の荷重は80kgfの荷重を吊り下げた時の、1.7~2.5倍程度であった。エイト環での滑り出し開始荷重を基準に各器具が何倍くらいの支持力になるのかを整理すると、80kgf

でも160kgfでもほぼ同程度の特性値となった。エイト環の半分の力でも停めることができるのはATC-XPで、次いでATCとピウは同じ程度、それらと同じか少し弱いのは大型エイト環で、これはムンターヒッチと同程度であった。最も制動力が弱いのはルベルソで、エイト環基準で約4割程度強めの力で操作をする必要がある。

表2 160kgの錘が下降開始する時の支持力
(巻き付け角度はいずれも180度とした)

160kg デバイス	ロープが滑り出す 時の荷重				張力 増幅率 (α)	エイト環の何 倍の静的制動 力があるか
	1	2	3	平均		
エイト環	23	22	22	22.3	7.2	1.0
ATC	22	23	22	22.3	7.2	1.0
ATC-XP	8	9	8	8.3	19.2	0.4
ルベルソ	32	33	32	32.3	4.9	1.4
ピウ	26	27	26	26.3	6.1	1.2
大型エイト環	19	18	18	18.3	8.7	0.8
ムンターヒッチ	17	17	17	17.0	9.4	0.0

表3に器具ごとにロープが滑りだすときの様子をまとめた。支持力の弛め方に対して、急に滑り出したか、徐々に滑り出したかに注目した。これらはばね秤の目盛りの動き（荷重の変化）にも対応していた。標準的なエイト環やムンターヒッチ、ピウはいずれもスムーズに荷重が変化した。下降動作が急に生じないため、操作上慌てることもなく失敗しづらいと感じた。それに対して、ATCは急激に引っ掛かりが外れたように滑り出し、ATC-XPでは、ATCほどではないが引っ掛かり

が外れたように滑り出した。これらは二人分の荷重を掛けたような状態では、急に予想以上の大きい荷重がかかることがあるため、下降動作の途中で慌てないように注意深く操作する必要がある。ルベルソはロックそのものが掛けにくいので、途中で希望した位置に止まれないことも予想される。

いざというときのブレーキの強さの面からはATC-XPが有利であるが、操作上は荷重の変化が急に起きやすいので注意しなくてはならない。ATCはブレーキ面ではエイト環と差はなく、逆に荷重が急に抜ける点に注意が要る。ピウはエイト環より少し制動が強めで荷重の抜け方もそれほど急ではなかった。ムンターヒッチはエイト環より少し制動が緩めだが、操作性は安定していた。ルベルソは制動が緩く、下降の途中で確実に停止するには、より強く握り絞める必要があった。

まとめと所見

今回は6種類の器具を使って、負荷80kgfと160kgfが懸垂下降する場合の静的制動力と荷重のコントロールに関する実験を行った。結果をまとめると以下ようになる。

160kgfの荷重をコントロールするには80kgfの時の約2倍の力が必要であった。ロープを握って耐えられる荷重とあわせて考えると、器具そのもののブレーキの能力は一人分と考えるべきである。これは器具の本来の使い方からすれば、当然

表3 ロープが滑り出す時の様子

デバイス	感 触	ばね秤の目盛りの動き
エイト環	緩やかに滑り出す	徐々に軽くなりロープが滑り出すと一定値を保つ
ATC	急激に引っ掛かりがはずれたように滑り出す	最低値を指した直後一気に上昇する
ATC-XP	引っ掛かりがはずれたように滑り出す	最低値を指した直後一気に上昇する
ルベルソ	ロックが難しい	徐々に軽くなりロープが滑り出すと一定値を保つ
ピウ	比較的緩やかに滑り出す	徐々に軽くなりロープが滑り出すと一定値を保つ
大型エイト環	緩やかに滑り出す	徐々に軽くなりロープが滑り出すと一定値を保つ
ムンターヒッチ	緩やかに滑り出す	徐々に軽くなりロープが滑り出すと一定値を保つ

6. 調査研究

の設計である。従って、2人分の荷重をうまくコントロールするには制動力を高めるためにロープを別のカラビナにも巻き付けるなどの工夫が必要である。

また、ロープの自重や、下降ルートの変傾斜の変化等、二人の重量以外の条件によっても必要な制動力は変わるので、器具において制動力の増減が

緩やかに変化できること（制動力の調整が容易であること）も重要である。具体的には、空中懸垂において必要十分な力から、条件に応じて制動力を弱くする側へ緩やかに大きな調整幅をとれることが望ましい。これについては実用的な方法はどのようなものか、今後を検証する予定である。