

張り込み救助時に発生する張力の計算

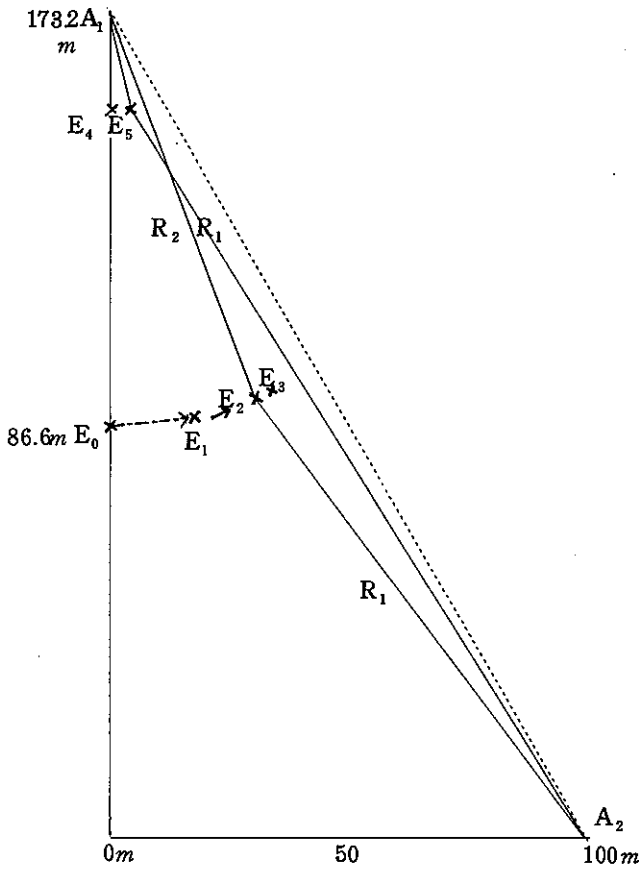
松本憲親

CASE 1 宙づり遭難の張り込み救助 (図1参照)

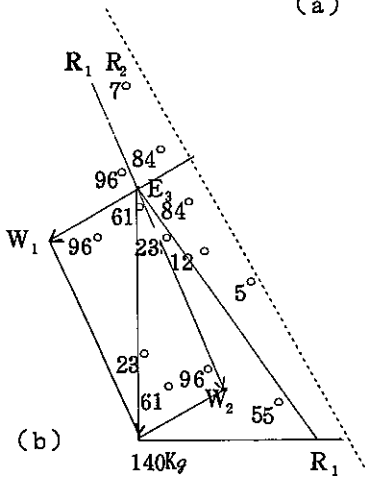
仮定 高さ173mの垂壁の中間点に遭難者がいる。壁上端に支店 A_1 を、壁基部から100m離れた所に支点 A_2 を作りワイヤーで張り込み救助を行う。ワイヤーの伸び、摩擦を無視する。

張力計算 張り込み初期の荷重は全て吊り下げ用ロウプ (R_2) に掛かり、その大きさは二人分の体重+装備 ($W=140\text{kg}$) となる。ロウプウエイ (R_1) の張り込みを強めると遭難者と救助者は $E_0 \rightarrow E_3$ と円弧を描いて移動する (a)。 E_3 の位置ではロウプの角度は、直線 $A_1 A_2$ に対して上部で7度、下部で5度となった。この時の荷重はベクトルの分解により R_2 には123kgの分力が張力として働く。 R_1 には55kgの分力が働くが、張力としては角度による増幅があるため263kgとなった (b, c参照)。これは当然張り込みの強さに等しいので張り込みの道具を強力な物にしない限り限界に達しない。しかしこの張り込み状態から R_2 を緩めてEを降ろすとき少し張力が増し、 R_1 の midpoint では274kgとなる。更に引き降ろしを続けると R_1 の張力は漸減する。ちなみに R_1 の残り20mまで降りた所では R_1 の張力は192kgである。 R_1 張力はEが midpointにある場合が最大になるらしいことに気がつくが、この証明は後にして、Eがもっと上部にある場合を考えてみよう。 A_1 から20m下に E_4 を考える。 R_1 の見通し角20度張り込むとき (d), R_1 に245.3kgの張力で張り込みを行うことになり、($E_4 \rightarrow E_5$) 角 $A_1 E_5 A_2$ は168.8度、 $E_5 A_1 A_2$ は1.2度で R_1 の長さ ($A_1 E_5 A_2$) は200.34mとなっている (d)。ついで R_2 を繰り出している R_1 の midpointまで降ろしたときに R_1 に掛かる張力は540kgとなり (e) 危険な状態に近づく (ワイヤーは破断強度の1/2以内で使用しないとショックが掛かる事態に対処できない)。この場合は張り込み強度が大きすぎたのであり、当初の張り込みを弱くしておく必要がある。すなわち強く張った後緩める。緩める程度は R_1 の長さ50mにつき1mが必要である。(50mにつき1m以上緩めるとロウプの成す角度は160度以下になる:表1)。しかる後に降下させるが、可能な限りスムーズに R_2 を繰り出さなければショックにより大きな張力が R_1 および R_2 の両方に掛かる。

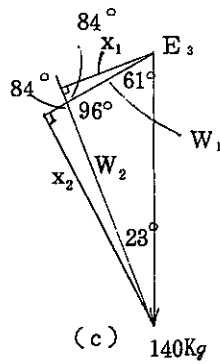
1. 技術研究「確保」について



(a)



(b)



(c)

$$x_1 = 140 \times \sin 23^\circ = 54.7$$

$$W_1 = \frac{x_1}{\sin 84^\circ} = 55.0 \text{ (kg)}$$

$$x_2 = 140 \times \sin 61^\circ = 122.45$$

$$W_2 = \frac{x_2}{\sin 84^\circ} = 123.1 \text{ (kg)}$$

$$E_3 \text{ での } R_1 \text{ 張力} = \frac{W_1}{2 \cos 84^\circ} = 263.0 \text{ (kg)}$$

図 1

1. 技術研究「確保」について

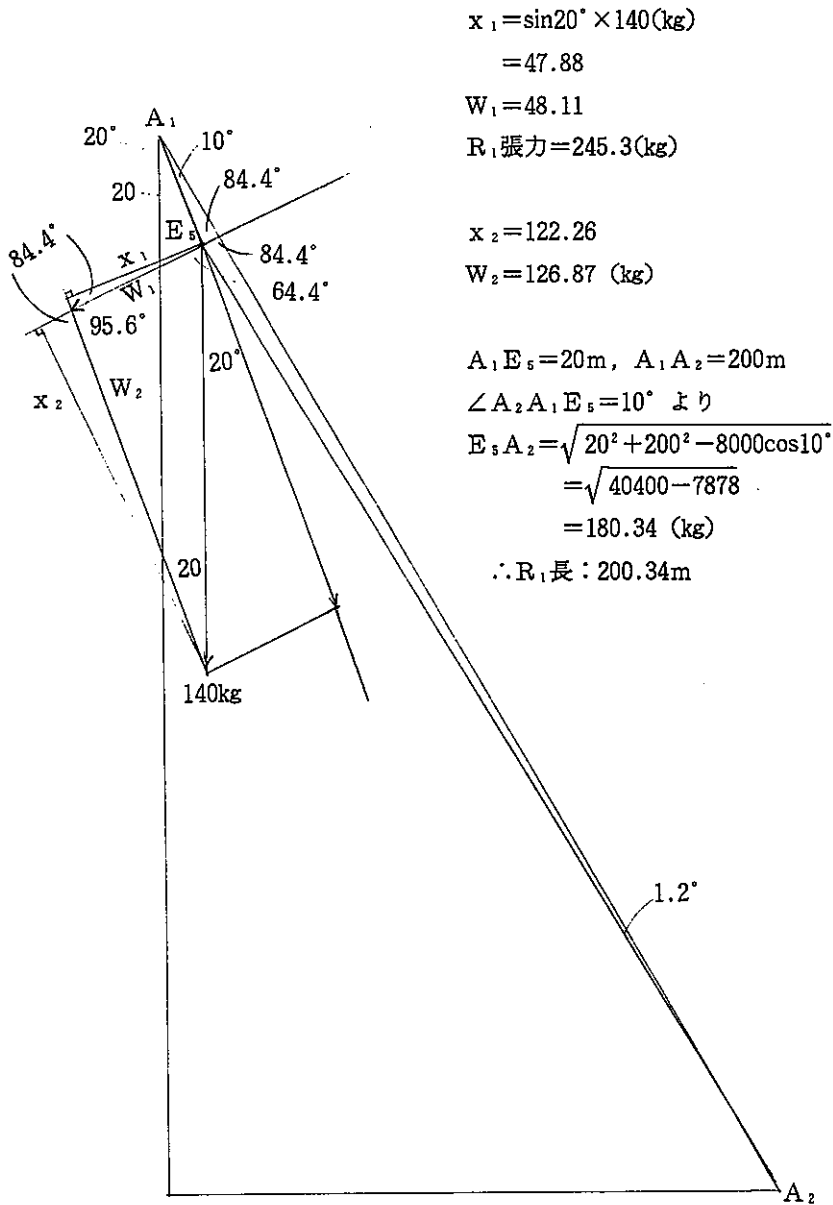


図1-(d)

1. 技術研究「確保」について

R₁長200.34m (dの場合) でR₁中点まで降下した時の張力

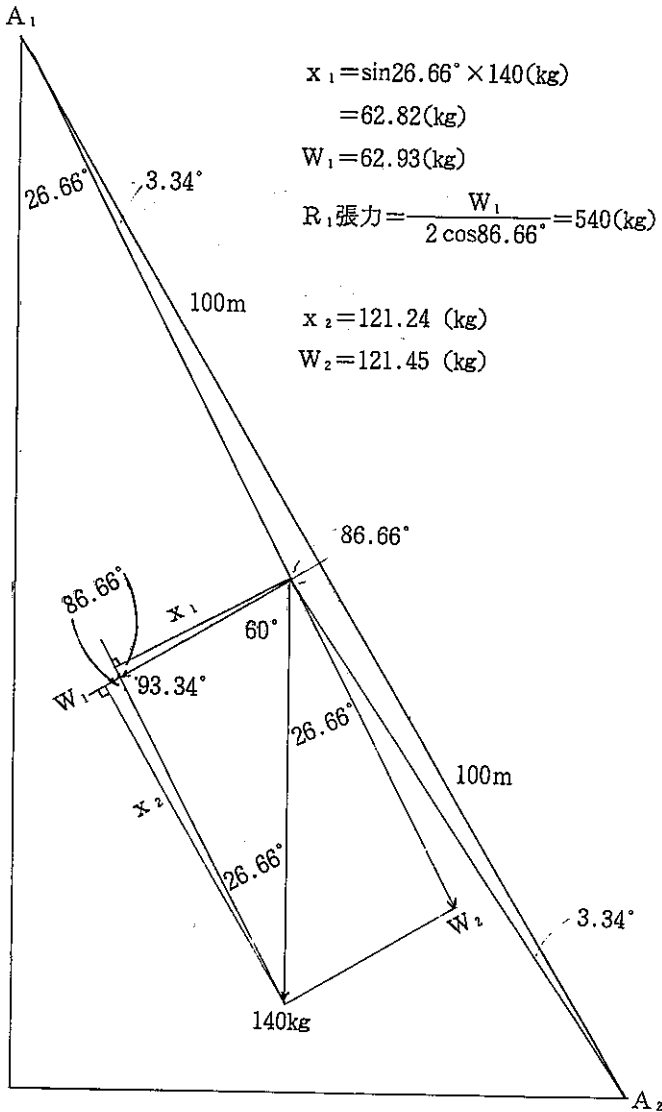


図1-(e)

CASE 2 谷底からの張り込み吊り上げ

A_1, A_2 が水平位置にある場合はWが当初すべて R_1 に掛かるので上の例とは大きく異なる。

仮定 A_1, A_2 は水平位置にあり、その間200m, 谷の深さ173.2m, $W=140\text{kg}$ を張り込み吊り上げする場合。

張力計算 必要な R_1 張力は当初81kg (図2, 表1参照) であり, 張り込みを強めて E_1 の位置まで吊り上げたとき A_1, E_1, A_2 の角度が160度とすると R_1 張力はWの約3倍の403kgとなる。表1の角度と倍率の関係は暗記して下さい。この場合は上の例とは異なり一旦張ってから緩めるといった手は取れない。分度器を使って角度を計測する必要がある。目測はよほど慣れないと高い精度は望めない。張り込みのシステムをどのようなものにするか(動滑車の数, 引く人の数)で張り込み強度をある程度予測できるが, エヤーボエジャーをかませれば限度を知ることができる。

ついで引き寄せるのだが引き寄せに要する力は当初0で漸増する。残り10mまで引き寄せた時点の引き寄せに要する力は128kgと相当大きくなる。引き寄せの反対側の支点を高く設定すればこれを小さくできる。

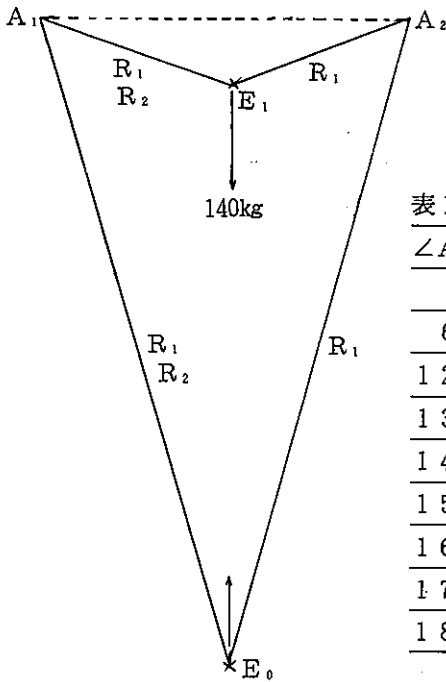


図2

$\angle A_1, E_1, A_2 = 160^\circ$ のとき

R_1 の張力

$$= \frac{140}{2 \cos 80^\circ} = 403(\text{kg})$$

表1

$\angle A_1, E_1, A_2$	$W=140\text{kg}$ として R_1 に掛る張力	倍率
0 (°)	70 (kg)	0.5
60	81	0.6
120	140	1.0
130	166	1.2
140	205	1.5
150	271	2 (1.9)
160	403	3 (2.9)
170	803	6
180	∞	∞

角度と倍率の関係を暗記して下さい。

1. 技術研究「確保」について

CASE 3 チロリアンブリッジの張力

上の例で張り込みを強くすると危険な状態になることがわかったが、チロリアンブリッジの場合は当初荷重が0なので R_1 を強く張り過ぎ易い。ワイヤーでチロリアンブリッジを張る場合は最初ぴんと張った後40-50mにつき1m繰り出して余裕とする。50mにつき1m繰り出したときの A_1, E_1, A_2 の角度は157.3度となり、張力は355kgとなる。40mにつき1mなら154度、319kgとなる。

その他 ナイロンロウプによるチロリアンブリッジの場合

図3はエーデルリットのパフレットとベアールのカタログ中のデータから作図したナイロン9mmダブルロウプの加重と伸びの関係を近似値で表したもので、以下この図に従って議論する。

ナイロンロウプのチロリアンブリッジをクライマーが自力で渡るときの張力は、張り込み救助のように滑車を使い、かつ移動用ロウプを使わないので張力はすべて R_1 に掛かる。クレモナやPPを用いたときは決して張り過ぎてはいけない。ワイヤーロウプの場合と同じく繰り出す必要がある。しかしナイロンロウプの場合はよく伸びるのでしっかりと張る。30mの間を9mmダブルで、300kgの張力で張ると約15%伸び、これに70kgのクライマーが乗って中央まで進んだとき、ロウプはさらに約0.7%のびて約316kgの張力がかかる。初めに強く張っておいて良いことが解る。荷重時の伸びのために張力も思ったほど増加しない。(岳僚山の会員)

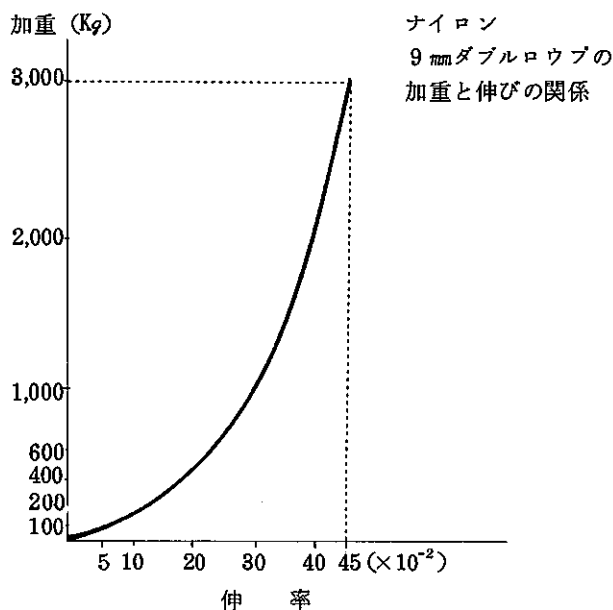


図3