Kletterphysik:

Sprengkraft von Friends

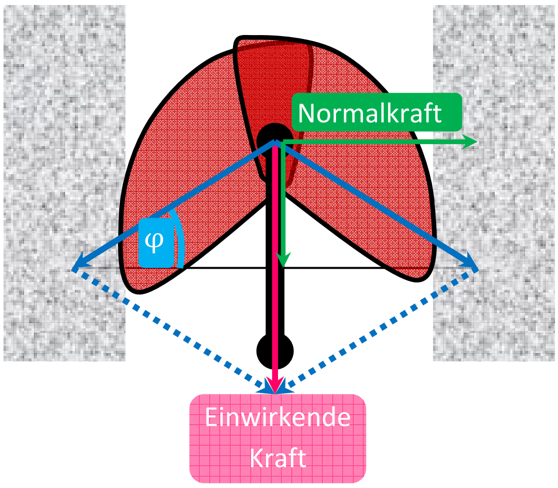
9. Juni 2007 & 27. Februar 2008

Christian Katlein

1. Einleitung:

Friends sind aktive Klemmgeräte (**A**ctive-**C**amming-**D**evices) die beim Klettern verwendet werden, um Fixpunkte in Rissen zu schaffen. Die dabei auftretenden enormen Kräfte auf den Fels werden oftmals unterschätzt und deshalb die Friends in unzureichend festem Fels gesetzt. Hier soll kurz die Größe der Kräfte erörtert werden.

2.Skizze:



2.Berechnung:

Zur einfacheren Berechnung werden folgende Näherungen angenommen:

- Perfekt paralleler Riss ohne Unebenheiten
- Konstante Reibung
- Verformungslose Klemmsegmente

Die Charakteristische Größe eines Friends in Bezug auf ihre Sprengwirkung ist der Klemmwinkel φ, der meist zwischen 12° und 18° liegt. Wild Country gibt ihn für ihre Produkte mit 13,75° an, womit hier gerechnet werden soll. Dieser Winkel ist unabhängig von der Stellung der Segmente, da diese einer entsprechenden logarithmischen Spirale nachempfunden sind.

Die Normalkraft (Kraft senkrecht zur Riss-Oberfläche) eines Klemmsegmentes ergibt sich damit zu:

$$F_{normal} = \frac{F}{2 \cdot \sin\varphi} \cdot \cos\varphi$$

In der Realität werden Friends allerdings selten in wirklich parallelen Rissen gesetzt, sondern meist auf leichte Unebenheiten aufgesetzt. Dadurch verringert sich die Sprengwirkung auf einen Faktor von 2 bis 3. Schlechtestenfalls ist allerdings durchaus mit 4-facher Sprengkraft zu rechnen.

Für passive Klemmkeile gelten prinzipiell die gleichen Gesetze, wobei hier meist deutlich größere Winkel auftreten (z.B. Hexentrick, Dreipunktauflage eines Stoppers) und deshalb die Sprengwirkung geringer ausfällt, aber trotzdem noch ausreichend berücksichtigt werden muss.

3. Rechenbeispiel

Ein Kletterer (m= 80kg) legt einen Friend in einen annähernd perfekten Riss und setzt sich etwas schwungvoll in diesen hinein.

Beim schwungvollen reinsetzen wirkt daher ein Fangstoß von zirka:

$$F = 80kg \cdot 10\,\frac{N}{kg} \cdot 1{,}5 = 1{,}2kN$$

Auf die Umlenkung wirkt immer der doppelte Fangstoß (Kletterer & Sichernder) woraus folgt:

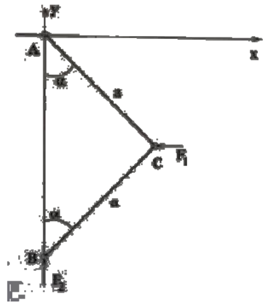
$$F = 1{,}2\,kN \cdot 2 = 2{,}4kN$$

Dies resultiert in einer Sprengkraft von

$$F = \frac{F}{2 \cdot \sin\varphi} \cdot \cos\varphi = 4{,}9\,kN \approx \frac{1}{2}\,Tonne$$

Selbst wenn die reale Sprengkraft in diesem Fall wohl geringer ausfallen wird, bleibt es eine ernstzunehmende Kraft, die gerade in lockerem Blockwerk einiges bewegen und zu Fall bringen kann.

4. Physikalische Herleitung



Nach dem Prinzip von d'Alembert gilt:

$$\sum_{i=1}^{2} \vec{Z_i} \cdot \delta\vec{r_i} = 0 \xrightarrow{Newton\,2} \sum_{i=1}^{2} \left(m\ddot{\vec{r_i}} - \vec{F_i}\right) \cdot \delta\vec{r_i} = 0 \xrightarrow{im\,GGW} \sum_{i=1}^{2} \vec{F_i} \cdot \delta\vec{r_i} = 0$$

Die Kräfte sind gegeben durch:

$$\vec{F_1} = \begin{pmatrix} -F1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \vec{F_2} = \begin{pmatrix} 0 \\ F2 \end{pmatrix}$$

Die dazugehörenden Virtuellen Verrückungen sind:

$$\delta\vec{r_1} = \begin{pmatrix} \delta(a \sin\alpha) \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a\cos\alpha\,\delta\alpha \\ 0 \end{pmatrix} \qquad \delta\vec{r_2} = \begin{pmatrix} 0 \\ \delta(2a\cos\alpha) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -2a\sin\alpha\,\delta\alpha \end{pmatrix}$$

Damit folgt:

$$-F_1(a\cos\alpha\,\delta\alpha) - F_2(2a\sin\alpha\,\delta\alpha) = 0$$

Und somit

$$\left|F_{spreng}\right| = |F_2| = \frac{F_1}{2\tan\alpha}$$