

Einsatz von Betonschrauben in der Höhlenforschung

Utilisation des vis à béton en spéléologie

Florian Hof (SCVJ) & Rolf Siegenthaler (SGH Bern)



Einführung

Oben im Schacht, der gerade ausgerichtet werden soll, entdeckt der Höhlenforscher eine Sechskantschraube. Also rasch den üblichen 13er-Schlüssel zur Hand und ausschrauben... ausschrauben, ausschrauben. Das Ding ist komisch lang...und viel dünner als normal! Was soll das jetzt wieder? Und welche Last hält dieses dünne Stück Metall?

Ungefähr so gingen vermutlich die Gedanken von einigen, die zum ersten Mal eine „Betonschraube“ in der Höhle angetroffen haben. Seit einigen Jahren sind diese Schrauben aufgetaucht und wurden in verschiedenen Höhlen eingesetzt. Die Meinungen darüber gehen auseinander, aber fundierte Informationen fehlen bislang. Wir haben Nachforschungen und Tests unternommen, um diese Wissenslücke zu schliessen.



Introduction

En haut d'un puits à déséquiper, un spéléologue voit une vis à six pans. Il sort sa clé habituelle et dévisse, dévisse, dévisse. C'est drôlement long ... et aussi plus fin que normal ! Mais qu'est-ce que c'est que ça ? Et quelle charge tient ce mince bout de métal ?

Telles furent les pensées de certains à la première rencontre d'une «vis à béton». Depuis quelques années, ces vis sont sorties du bois (ou plutôt de leur boîtes) et se sont ancrées dans diverses cavités. Les avis sur cet ancrage divergent, mais les informations fondées manquaient. Nous avons entrepris des recherches et des tests afin de combler cette lacune.

Présentation

La dénomination la plus précise est «vis à béton». Certains fabricants ont d'autres noms, par exemple «vis d'ancrage». Elle se visse dans un trou foré à cet effet. Le vissage creuse une rainure grâce à laquelle la vis tient, à l'instar d'une vis à bois. Après l'avoir enlevée, il ne reste qu'un petit trou, sans corps étranger, et la vis peut être réutilisée. Les champs de prédilection et limitations de cette vis sont mentionnés dans la synthèse qui suit.

Cet article présente des informations théoriques de sources fiables, des tests statiques et dynamiques effectués par nos soins et des retours de nos expériences in situ. Nous terminons par une synthèse qui orientera le spéléo équipeur.

Valeurs théoriques

Les fabricants livrent bien évidemment des valeurs théoriques de résistance. Ces valeurs sont données pour du béton, matériau normé contrairement aux roches dans

Belastungstests sowie unsere Erfahrungen in der Höhle. Die Erkenntnisse sollen als Orientierungshilfe für alle dienen, die Höhlen einrichten.

Theoretische Werte

Die Fabrikanten liefern natürlich theoretische Werte zur Belastbarkeit ihres Materials. Diese Werte gelten für Beton, der ganz im Gegensatz zu unserem Höhlenfels normiert ist. Einige Fabrikanten verkaufen auch Expansionsanker (Schwerlastanker), was einen direkten Vergleich erlaubt [Hilti 2016].

Damit diese Angaben korrekt interpretiert werden können, müssen einige Fachbegriffe erläutert werden:

- Zugkraft / Scherkraft

Dabei wird die Richtung der auf die Verankerung einwirkenden Kräfte angegeben. Eine Verankerung in der Decke wird typischerweise „auf Zug“ belastet – also in Längsachse. Bei einer Verankerung an der vertikalen Wand wirkt hingegen generell eher eine Scherkraft ein – quer zur Längsachse.

- Arbeitslast / Bruchlast

Hier kommen wir zum potenziellen Missverständnis zwischen der Welt der Industrie und derjenigen der Kletterei und Höhlenforschung. Die Arbeitslast entspricht derjenigen Kraft, die im Alltag und unter Wiederholung auftreten darf [Wikipedia 2018]. Die Bruchlast ist diejenige Kraft, die während einem oder mehreren Vorfällen noch gerade akzeptierbar ist. Das typische Maillon Edelstahl 7 mm (Ref MRGOI07.0), das mit 4'000 kg / 40 kN bezeichnet ist, darf tagtäglich nur unter 800 kg arbeiten [Peguet 2014].

- Gerissener / Ungerissener Beton

Wir betrachten hier nur die Werte in „Ungerissenem Beton“, welcher normalem Kalkstein entspricht. Beim „Gerissenen Beton“ handelt es sich klar nicht um einen Beton, dessen Festigkeit unter Rissen leidet, sondern um einen Beton, der unter solchen Umständen (Zugzone, z.B. bei einer Betondecke) eingesetzt wird, dass Mikrorisse auftreten können [Bati 2014].

Die Dokumentation von Hilti sagt aus, dass Betonschrauben widerstandsfähiger auf Scherkraft als auf Zugkraft seien. Der dünne Durchmesser von 6 mm der Schrauben wirkt sich bei Scherbelastungen, verglichen mit einem Expansionsanker von 8 mm, nicht ungünstig aus. Die auf eine Schraube einwirkende Zugkraft verteilt sich auf die ganze Länge des Gewindes, und die dort theoretisch auftretenden Werte sind dabei erstaunlich gering. Im Vergleich mit den Expansionsankern braucht es bei den Schrauben mehr Länge, um auf Zugkraft gleich gut zu sein. Das Aushalten einer Arbeitslast von 3 kN reicht aus für eine Fixeinrichtung in gutem Beton. Wir schätzen einen guten Kalk härter und recistenter ein als Beton. Reziproch Sturzbelastungen zertifiziert

les grottes. Certains fabricants vendent aussi des ancrages à expansion (goujons), ce qui permet une comparaison directe [Hilti 2016].

Pour une interprétation correcte, il convient de distinguer quelques notions techniques:

- charge en traction / charge en cisaillement

Désigne la direction de la force par rapport à l’ancrage. Un ancrage au plafond travaille typiquement en traction, tandis qu’en paroi verticale, il subit généralement un cisaillement.

- charge de travail / charge de rupture

C’est le gros quiproquo entre le monde de l’industrie et celui de l’escalade ou de la spéléo. La charge de travail correspond à la force qui peut être infligée au quotidien et à répétition [Wikipedia 2018]. La charge de rupture est la force acceptée lors d’un (ou quelques) événement(s). Par exemple, le maillon typique inox 7 mm (Réf MRGOI07.0) donné à 4'000 kg / 40 kN n'est fait pour travailler à longueur de journées que sous 800 kg [Peguet 2014].

- béton fissuré / béton non fissuré

Nous ne considérons ici que les valeurs dans du béton «non fissuré», qui correspond à un calcaire normal. Pour information, le béton «fissuré» ne souffre pas de lézarde, mais seulement de micro-fissures apparaissant lors de sa mise en œuvre en raison de contraintes spécifiques [Bati 2014].

Selon la documentation de Hilti, les vis d’ancrages sont plus résistantes au cisaillement qu’à la traction. Le faible diamètre 6 mm n'est pas défavorable sous cisaillement par rapport à un goujon de 8 mm. A la traction, répartie le long de tout le pas de vis, les valeurs théoriques sont étonnamment faibles. Par rapport à un goujon, il faut une longueur de vis bien supérieure pour concurrencer en traction. La résistance au travail de 3 kN suffit

cependant pour un équipement en fixe dans du bon béton. Nous estimons qu'un bon calcaire est plus dur et résistant que du béton. Concernant les chutes, aucun des deux fabricants passés sous la loupe ne certifie leur vis au choc [Hilti 2016, Heco 2016]. Par contre, Hilti l'a fait pour ses goujons.

Une vis à béton n'induit pas de force d'écartement et peut ainsi être installée assez proche d'une autre vis, d'un bord ou d'une fracture, tant qu'il ne s'agit pas d'un surplomb brusque. L'intuition nous pousse à éviter ces endroits, mais Hilti spécifie une distance minimale de seulement 35 mm pour les vis de 6 mm. Cela n'est pas le cas des chevilles à expansion (goujons) et chevilles auto-foreuses (spits), car elles provoquent une force d'écartement permanente dans la roche.

La réutilisation suscite des craintes. Les deux fabricants étudiés proposent des gabarits de vérification, mais malheureusement qu'à partir d'un diamètre 10 mm [Heco 2016]. Les diamètres 6 mm ne bénéficient que de peu d'attention du monde industriel. La réutilisation des trous n'est abordée dans aucune des notices techniques.

Autre aspect pratique, le trou à forer est plus petit qu'avec les ancrages actuellement répandus soit 8 mm pour les goujons et 12 mm pour les ensembles



Verschiedene Betonschrauben umgeben von einigen Schwerlastankern.

Diverses vis à béton entourées de quelques goujons.



Typische Anwendung auf einer Baustelle.

Utilisation typique sur chantier.

und resistances qui des deux. Bezuglich Spreizbelastungen, remarquons que aucun des fabricants n'a indiqué ses vis de boulonnage [Hilti 2016, Heco 2016], alors que Hilti fournit ces informations pour les expansions.

Concernant les repas, soit 6 mm pour les goussets et 12 mm pour les spits. Par rapport aux spits, la surface de forage est 4 fois moindre, le couple de force au perçage également 4 fois moindre. Les perforateurs compacts

Eine Betonschraube entwickelt im Bohrloch keine Spreizkräfte und kann daher sehr nahe bei einer anderen Schraube, an einer Felskante oder einem Bruch gesetzt werden, ausser bei einem abrupten Überhang. Unsere Intuition gibt uns zwar vor, solche Situationen seien gefährlich, aber Hilti spezifiziert für die 6 mm-Schrauben einen Mindestabstand von nur 35 mm. Dies ist ein grosser Unterschied gegenüber Expansionsankern und Selbstbohrdübeln (Spit), da diese im Fels eine permanente Spreizkraft entwickeln.

Auch bezüglich der Wiederverwendbarkeit der Schrauben bestehen Vorbehalte. Die beiden hier betrachteten Hersteller bieten zwar Prüfschablonen an, aber nur ab einem Durchmesser von 10 mm [Heco 2016]. Die 6 mm Schrauben finden nur wenig Beachtung bei industriellen Anwendern. Die Wiederverwendbarkeit der Bohrlöcher findet in keiner technischen Dokumentation irgendwelche Beachtung.

Ein anderer praktischer Aspekt ist, dass die zu bohrenden Löcher kleiner sind als mit den jetzt am meisten verbreiteten Ankern, sei dies 8 mm für die Expansionsanker oder 12 mm für die Spits. Im Vergleich zu den Spits ist die Bohrlochfläche 4 Mal geringer und ebenso das

Tabelle 1, Theoretische Werte: / Tableau 1, valeurs théoriques:

Produkt Produkt	\varnothing [mm]	P Mat T [mm]	Charge de travail Nutzlast [kN]	Charge de rupture Bruchlast 1kN ≈ 100kg [kN]
Hilti HUS3-H 6	6	g	3.6 6.0	9.0 12.5
		55 55	— — → ↓	
Hilti HUS-HR 6	6	A4	3.1 8.1	9.0 17.0
		55 55	— — → ↓	
Hilti HUS-HR 8	8	A4	3.6 11.2 6.3 12.4	9.0 23.6 16.0 26.0
		50 50 80 80	— — → — ↓	
Hilti HST3 M8	8	g	5.7 7.9	12.0 13.8
		47 47	— — → ↓	
Hilti HST3-R M8	8	A4	5.7 9.0	12.0 15.7
		47 47	— — → ↓	
Peguet maillon rapide				
Zicral, 49g	10	alu	5.0	25.0
Inox, 52g	7	A4	8.0	40.0
		†		
Hilti HUS... Hilti HST...				
	\varnothing		Vis à béton Cheville à expansion maillon rapide diamètre	Betonschraube Expansionsanker Schraubglied Durchmesser
	P/T	Mat	profondeur d'ancre matériel	Verankerungstiefe Material
		g	galvanisé / zingué	galvanisch verzinkt
		A4	acier inoxydable	nichtrostender Stahl
		alu	Zicral	Zicral
		— — †	traction cisaillement traction	Zug Quer Zug

apprécient. La profondeur de perçage, supérieure à un spit, joue un rôle moindre dans l'énergie dépensée. Dans un essai dans du calcaire jurassique, avec équipement et énergie identiques, nous avons pu percer 60 % de plus de trou à 6 mm que 8 mm. Et sans perforatrice, un forage manuel avec un tamponnoir SDS+ prend un temps raisonnable, s'approchant du spit.

Tests statiques

Particulièrement avec les techniques de secours spéléo (palan, tyrolienne, etc.) les forces statiques agissent sur nos ancrages. Où sont les limites des vis à béton par rapport aux ancrages classiques [SSS 2005] avec des goujons (21 kN en traction, 20 kN en cisaillement) et spits (18 kN en traction, 16 kN en cisaillement) ?

Nous avons testé le comportement de différentes vis en cisaillement avec une force progressive. La roche est un calcaire du Gemmenalp compact. La force a été mesurée par l'appareil Rock Exotica

Enfoncer avec 2 % de tolérance (pas calibré par nous-même) et exercer à l'aide d'un treuil (Habegger HIT 16) manipulé manuellement. Lors d'au total 13 essais, nous avons varié les différents facteurs.

Nous avons constaté que les vis inox étaient largement plus résistantes que leurs sœurs non-inox. Les inox rompent vers 20 kN tandis que les



Die Schrauben dürfen nah von Kanten eingesetzt werden, jedoch nicht





*an einem abrupten
Überhang.*

*Les vis peuvent être
utilisées proches
d'arêtes non sur-
plombantes.*



Vergleich 6 mm vs. 8 mm-Bohrung mit demselben kleinen Akku.

Comparaison de perçage à 6 mm et 8 mm avec le même petit accu.