

## [ Q&A ] くさび型アンカーに対するよくある質問

### [ 質問 1 ] くさび型アンカーは技術認定を受けていますか？

[ 回答 ] 登録，認定内容は以下のようです（2007年8月時点）。

- (1) 2006年6月 NETIS 登録番号 CG-050001-V（試行評価方式）
- (2) 2007年7月 建設技術審査証明（砂防技術）：（財）砂防・地すべり技術センター（評価内容）

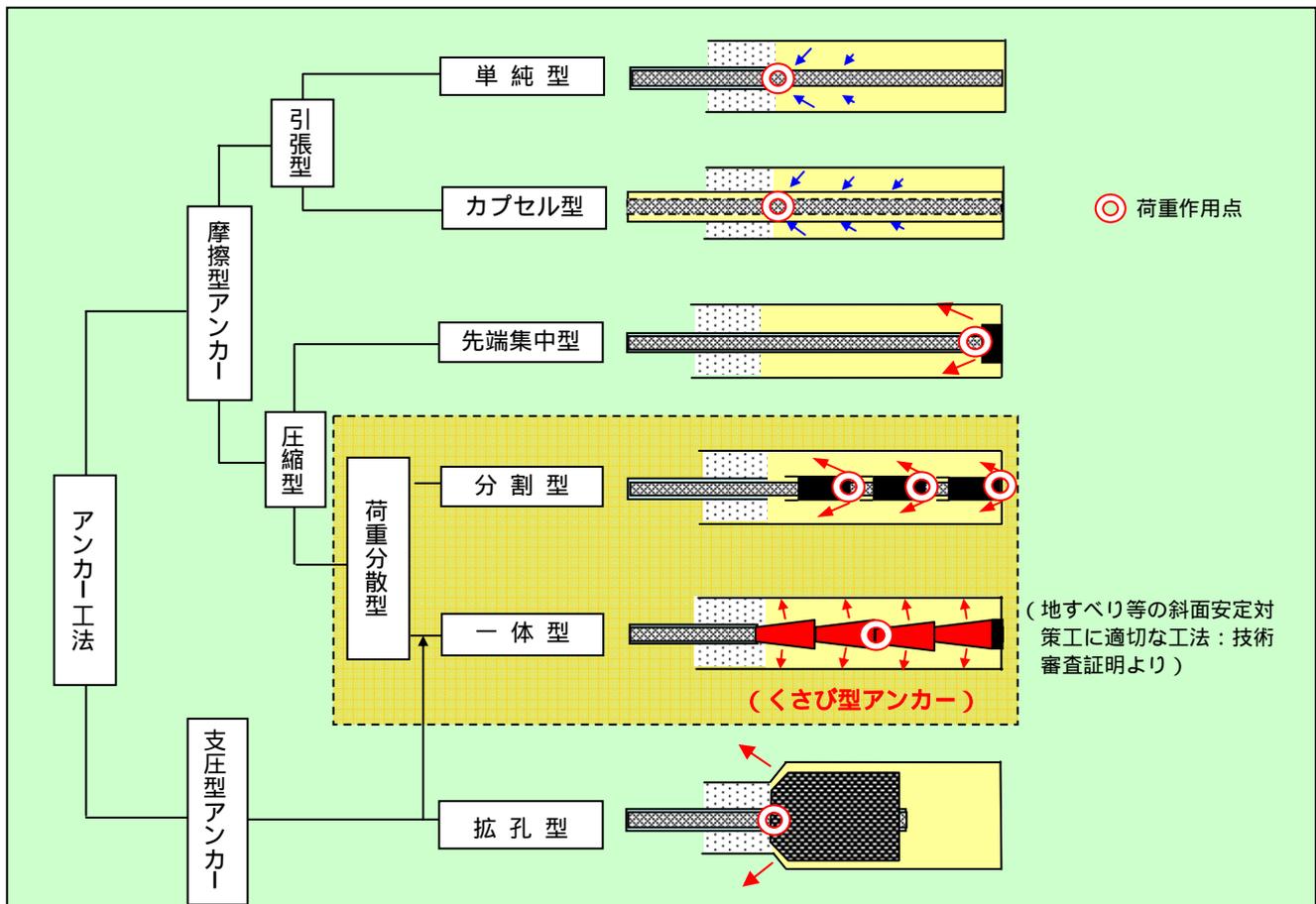
「**本工法はがけ崩れ，地すべり等の斜面安定対策工に適切であると認められる**」

### [ 質問 2 ] くさび型アンカーの定着方式はどれに区分されますか？

[ 回答 ] くさび型アンカーは摩擦（圧縮）型アンカーとして認定を受けています。

ただし，くさび型アンカーの摩擦抵抗は，定着地盤に作用するアンカー力（くさび力）と摩擦係数により確保され，結果的に地盤反力の大きさに支配されます．そのため，支圧型アンカーにも属するものといえます．

（現在のアンカー形式の分類）

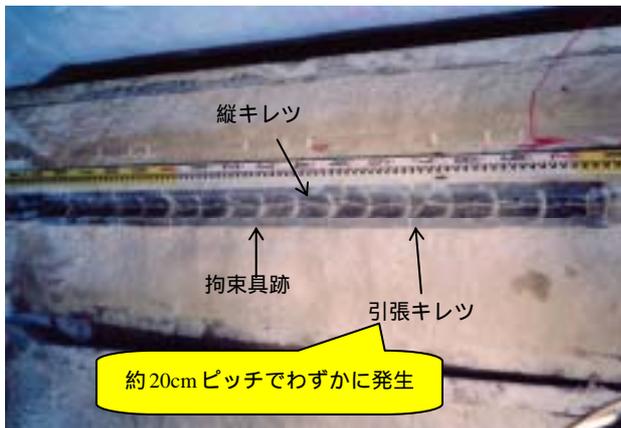


### [質問3] アンカー体グラウトのクラックは引抜き耐力等に影響しませんか？

[回答] くさび型アンカーは荷重分散が可能なため、摩擦（引張・圧縮）型ほどアンカー体にクラックは発生しません。

しかも発生する場合でも、ヘアークラック状であることが確認されています。

#### 従来型アンカーとの比較試験



くさび型アンカー体



摩擦（引張）型アンカー体

#### くさび型アンカー体のクラックの実態



溜め桝内での引張試験状況



溜め桝解体



溜め桝の破壊（700kN 時）



目視的クラックはほとんど確認できない。

わずかにヘアークラックが確認された

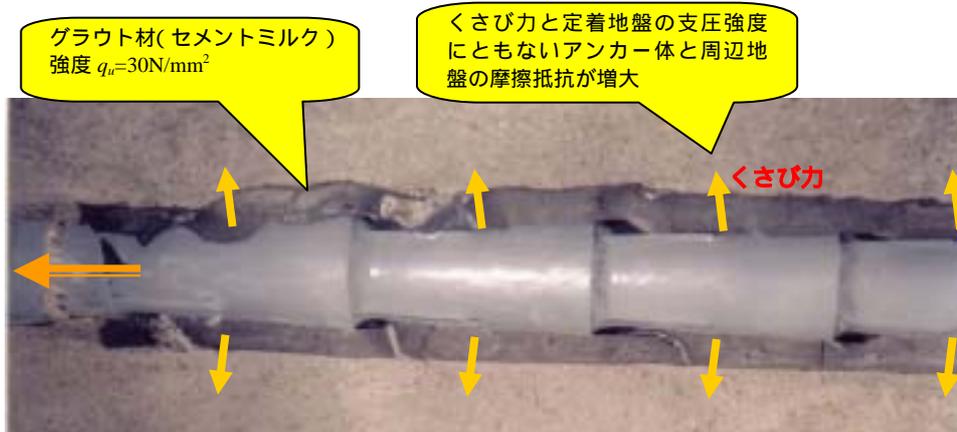
アンカー体断面



アンカー体の取り出し

### 3.1. アンカー体のクラックは支持力低下につながりませんか？

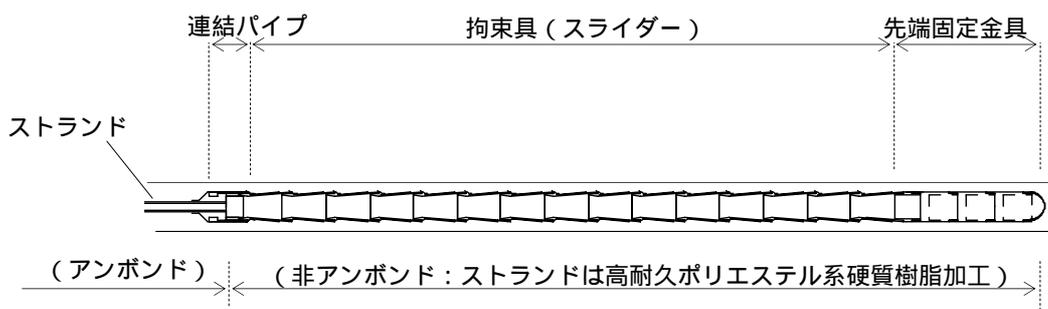
[ 回答 ] アンカー体の **グラウト** は、くさび力を孔壁に有効に伝えるための **間詰め材** であり、基本的にクラックの発生は問題となりません。



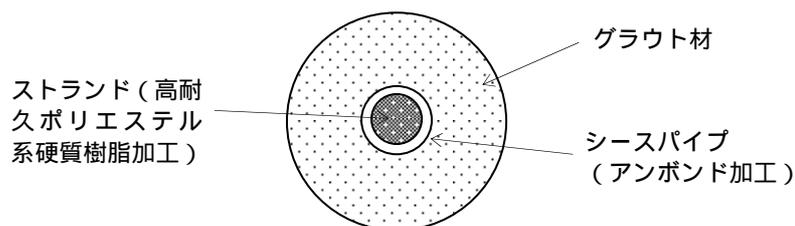
定着部拡大写真：超過荷重 780kN 時状態，定着長 1.5m )

### 3.2 テンドンの腐食は大丈夫ですか？

[ 回答 ] テンドンを構成するストランドは超耐候性 PC 鋼より線（樹脂加工）をポリエチレンパイプ（自由長部）や拘束具（ダクトイル鉄鑄造パイプ内にセメントペーストを充填）などで二重に被覆しています。拘束具等はメッキによる防食加工を施していますので、腐食に対しても十分対応しています。



アンカー体構造図



自由長部断面

#### [ 質問 4 ] 従来型アンカーとの施工方法の違いはありますか？

[ 回答 ] 施工方法等は従来型アンカーと同様です。

ただし、支圧型として設計する場合は、基本調査試験で測定したデータの整理方法が異なります。すなわち、

- ・ 摩擦型アンカーとして設計する場合は摩擦係数を算出する
- ・ 支圧型アンカーとして設計する場合は地盤反力係数を算出する

(設計計算式)

摩擦型アンカーとしての定着長 (摩擦強度  $\tau_w$  に基づく計算)

$$l_1 = \frac{f P_a}{\pi d_B \tau_w} \quad (4.1)$$

ここに、 $l_1$  : 摩擦型アンカー体長

$f$  : 安全率 (=2.5)

$d_B$  : アンカー孔径

$P_a$  : 設計荷重

$\tau_w$  : くさび型アンカーにおける摩擦強度 .  $\tau_w = 48.2 \ln(q_u) + 95.3$

くさび方式による摩擦強度はアンカー力と定着地盤の支圧強度を反映しますので、従来方式よりはるかに大きな値が期待できます。

概算値は定着地盤の一軸圧縮強度より推定できます。

支圧型アンカーとしての定着長 (地盤反力  $q$  に基づく計算)

$$l_2 = \frac{a f P_a}{\pi d_B q} \quad (4.2)$$

ここに、 $l_2$  : 支圧型アンカー体長

$a$  : 修正係数 (=2)

$f$  : 安全率 (=2.5)

$d_B$  : アンカー孔径

$P_a$  : 設計荷重 (くさび水平力)

$q$  : 地盤反力度 (=  $k \cdot r$ )

$k$  : 地盤反力係数 .  $k = 253.95 \ln(q_u) + 508.38$

$r$  : 拘束具によってもたらされる最大有効地盤変位量 0.375cm

地盤反力係数は、現地試験より求めますが、概算値は定着地盤の一軸圧縮強度より推定できます。

#### [ 質問 5 ] 摩擦強度と地盤反力に基づく設計方法の使い分けはどのようにするのですか？

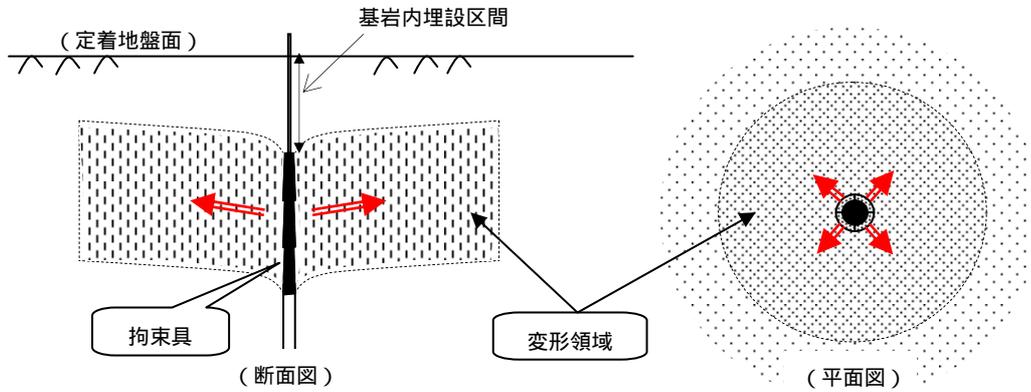
[ 回答 ] どちらを用いても計算結果は同じになりますが、摩擦強度に基づく場合は、現地基本調査試験で極限引抜き耐力が確認できない場合、過大な設計となります。地盤反力係数に基づく場合は、アンカー力と塑性変位量の関係から地盤反力係数を求めますので、必ずしも極限引抜き耐力を確認する必要はなく、より合理的な設計が可能です。

#### [ 質問 6 ] 類似工法は他にありますか？

[ 回答 ] 一組のテンドンおよび拘束具で荷重分散ができる点において、類似工法はありません。

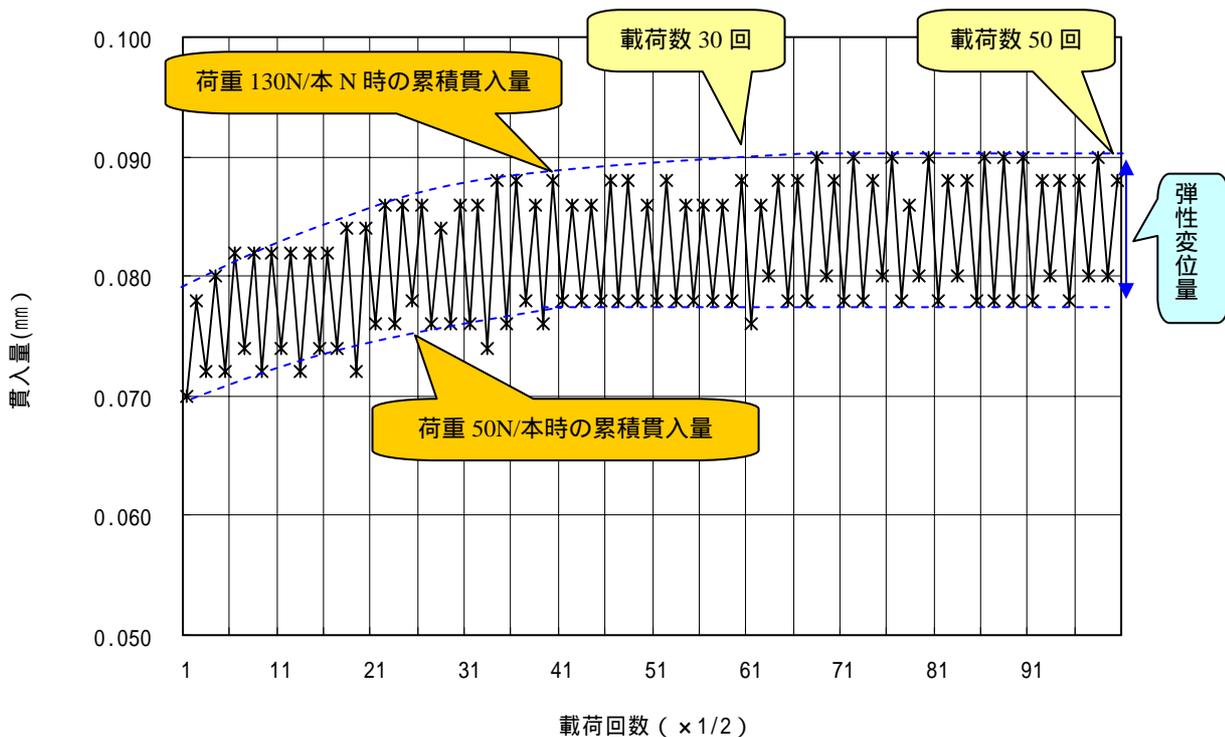
**[ 質問 7 ] 定着地盤の長期耐久性に問題はありませんか？**

**[ 回答 ]** くさび型アンカー体周辺地盤の変形は、拘束具を中心にせいぜい  $\phi$  40cm の範囲内であることが確認されています。しかもその周囲は拘束され、変形が進行しにくい形態にあることから、長期耐久性を確保するには極めて有利な環境といえます。



アンカー体周辺地盤の変形様式

拘束地盤を想定した室内実験でも上記を裏付ける結果が得られています。すなわち、設計荷重対応の応力に基づく繰り返し载荷試験を行った結果、最終的に塑性変位が抑制され、しかも累積変位量は 0.01mm 程度と極めてわずかであることが確認されています。



繰り返し载荷試験

[質問 8] アンカー体長の基準を教えてください。

[回答] 摩擦型アンカーの基準に従い、3～10m です。

[質問 9] アンカー体拘束具が硬化したグラウト材の中を先行して変位するとしていますが、実際に可能でしょうか？

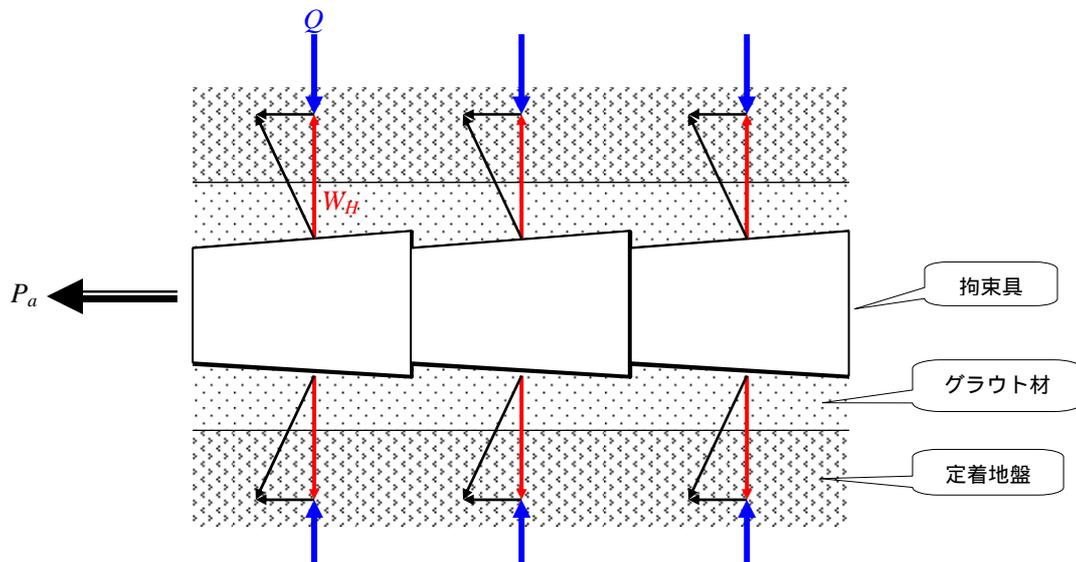
[回答] 拘束具表面はグラウト材と付着しないようシーす加工しており、この状態でアンカー力を与えると、最も摩擦抵抗の小さい位置で変位が生ずることになります。すなわち、アンカー体周壁面より拘束具周面壁の方が面積的にも小さいことから、拘束具が先行して変位（微少）することになります。

[質問 10] アンカー体拘束具によるくさび力が働かず、グラウト材と同時に引抜ける恐れはありませんか？

[回答] 前述したように拘束具が先行して変位しますので、この段階でアンカー体周辺地盤にくさび力が作用し、高い摩擦抵抗をもたらします。この段階でアンカー体（グラウト）は引抜けなくなります。

[質問 11] 定着地盤が変形し、拘束具がすっぽ抜ける恐れはありませんか？

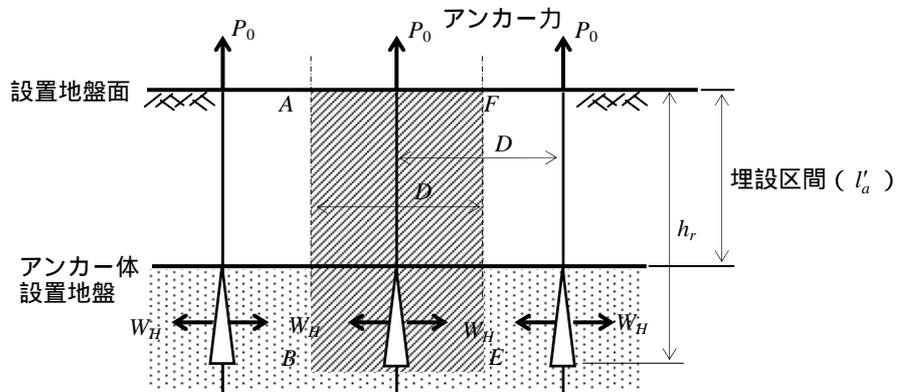
[回答] くさび型アンカーは、拘束具によるくさび水平力  $W_H$  が定着地盤の地盤反力  $Q$  に対して十分安全であるようにアンカー力  $P_a$  や拘束具長  $l$  を決定しますので、拘束具が単独で引抜ける恐れはありません。



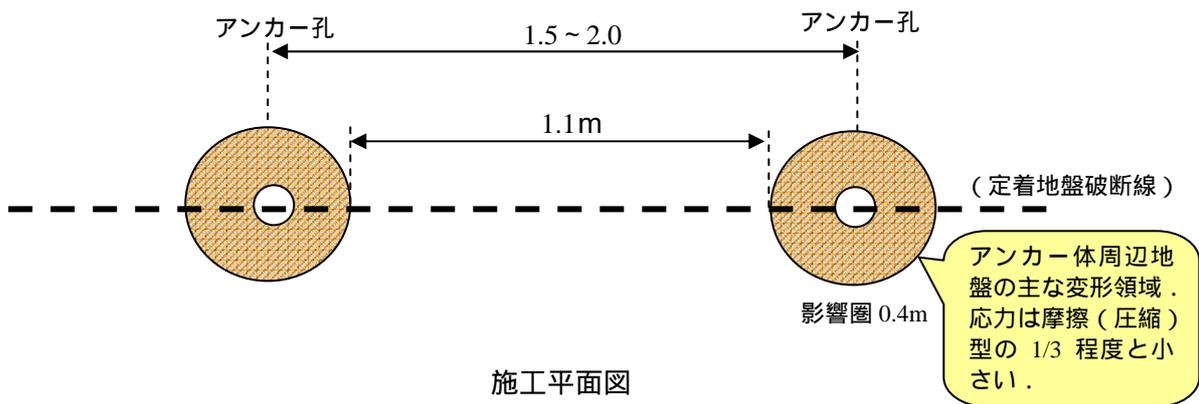
拘束具によってもたらされるくさび水平力  $W_H$  と地盤反力  $q$

[ 質問 12 ] くさび方式の場合 , 定着地盤がアンカー施工ライン沿いに破断する恐れはありますか ?

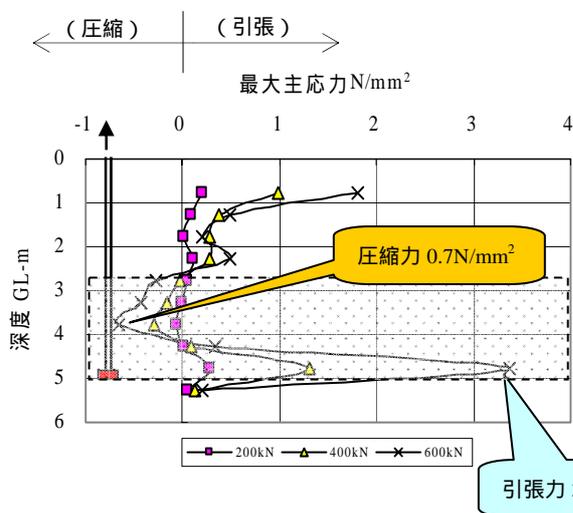
[ 回答 ] 質問 6 で示したように , くさび型アンカー体による変形は , せいぜい  $\phi 40\text{cm}$  程度以内の範囲であり , 応力も圧縮型アンカーの 1/3 程度と小さいことから , 施工ライン沿いに破断する恐れはありません .



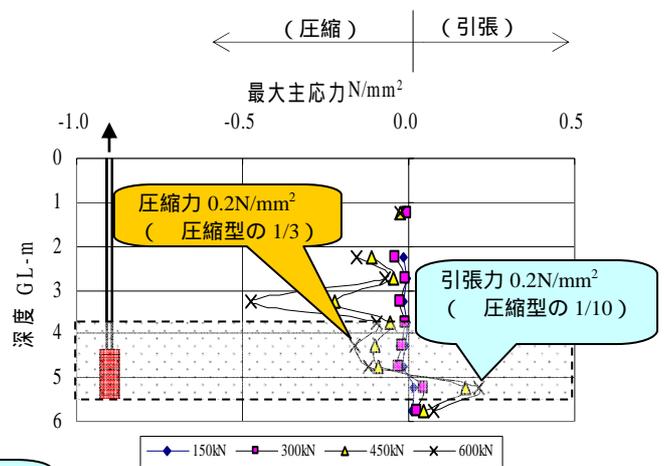
くさび型アンカー体施工ラインでの破断について検討 ( 施工縦断面 )



施工平面図



摩擦 ( 圧縮 ) 型 : 荷重別応力図



くさび型 : 荷重別応力図

### 質問 13] 施工実績はありますか？

[ 回答 ] 平成 19 年度 7 月までの施工実績は 303 本です .

年度	現場名	発注者	規 格	数量	単位	備 考
16	魚 瀬	島根県松江県土整備事務所	130W	18	本	地すべり対策
17	魚 瀬	島根県松江県土整備事務所	130W	14	本	地すべり対策
18	魚 瀬	島根県松江県土整備事務所	90,110W	16	本	地すべり対策
18	槇 山	島根県松江県土整備事務所	70W	7	本	地すべり対策
18	佐田本郷	島根県松江市	20, 40W	88	本	崩壊対策
18	上津井	島根県県央県土整備事務所	70W	42	本	地すべり対策
18	瓜坂川合線	島根県県央県土整備事務所	60W	10	本	道路擁壁補強
18	清安寺	島根県松江県土整備事務所	90w	7	本	地すべり対策
18	波 積	島根県県央県土整備事務所	90W	30	本	地すべり対策
18	JR美郷	島根県県央県土整備事務所	40w	13	本	地すべり対策
18	上津井	島根県県央県土整備事務所	70W	42	本	地すべり対策
18	小 谷	島根県松江県土整備事務所	90W	10	本	地すべり対策
19	槇 山	島根県松江県土整備事務所	70W	6	本	地すべり対策
計				303	本	

### [ 質問 14 ] くさび型アンカーのメリットはなんですか？

[ 回答 ] メリットとして以下の点があげられます .

・ 経済性にすぐれている :

摩擦型アンカーに比べ定着長が短く、また掘削径も小さくなるケースが多くなることから、特に風化岩や軟質地盤では全体工事費は安価となります

・ 引抜き耐力の品質にすぐれている :

定着地盤の支圧強度を利用した荷重分散型であるため、従来型より高品位のアンカー一体を形成することが出来ます .

・ 定着地盤の長期耐久性にすぐれている :

定着地盤へのアンカー力の負荷は摩擦 ( 圧縮 ) 型と比較した場合、圧縮力で 1/3 , 引張力で 1/10 程度と小さく、長期的耐久性に優れています .

### [ 質問 15 ] くさび型アンカーのデメリットはなんですか？

[ 回答 ] 現状におけるデメリットとして以下の点があげられます .

・ テンドン材料費が他工法と比較して割高です .

そのため、 $q_u > 6\text{Mpa}$  といった固い地盤に定着する場合は、経済性比較において他工法に劣ります .

今後、土木構造物のメンテナンス費増大が見込まれておりますが、施工実績とともに長期耐久性に関する優位性が確認できれば、ライフサイクルコストの観点から大幅に有利となりえます .

・ 拘束具長は、最大 3m 程度を限度とします .

現地取り扱い ( 施工性 ) において、拘束具は最大 3m 程度が限度ですが、アンカー体の均等な荷重分散を考慮すれば、いたずらに長くすることは適当ではありません .

**[ 質問 16 ] くさび型アンカーの最大設計荷重はいくらですか？**

[ 回答 ] 一般に定着地盤が均一であることはまれであり、いたずらに設計荷重を大きくすることは引抜け事故につながる危険性が高いと考えます。そのため、くさび型アンカーの最大設計荷重は 768.6kN/本としました。これは受圧版下の地耐力確保の点でも妥当と考えています。

許容引張荷重の適用範囲

タイプ	許容最大荷重 (kN)			定着地盤の一軸圧縮強度 $q_u$
	永久 (常時)	永久 (地震) 時	仮設	
300Ws	343.8	445.5	372.5	1Mpa 以上
800Ws	768.6	982.8	832.7	

**[ 質問 17 ] 定着地盤の選定基準はありますか？**

[ 回答 ] 地盤工学ハンドブックでは、永久構造物の場合、岩盤等の硬い地盤に定着するよう提案しています。くさび型アンカーもこれにしたがい、“一軸圧縮強度  $q_u$  1Mpa”としています。

なお、一軸圧縮強度の推定方法として次式を提案します ( $N$  値及び  $c$  の考え方と利用 P.75, 地盤工学会, 2002)。

$$q_u = \frac{N}{40} \quad (\text{N/mm}^2)$$

これより 1Mpa の目安としては “ $N$  値 40” となります。

定着地盤について (参考)

山留めアンカー	構造物の浮き上がり・ 転倒防止アンカー	地すべり防止アンカー 斜面安定用アンカー
仮設アンカー	永久アンカー	永久アンカー
良質な地盤 一般に $N$ 35 の砂質 土, $q_u$ 250kN/m <sup>2</sup> の粘 性土 (日本建築学会)	強固な地盤。土木では岩盤 が多い。 建築では一般に洪積層ある いはそれより古い地層	強固な地盤。通常, 岩盤が多く, 過去に地すべりを生じていない 地層。クリープ特性や風化・亀 裂の程度に注意が必要。

(地盤工学ハンドブック, 1999.3, P.721 表 4.2.37 アンカー設計における留意事項より)