

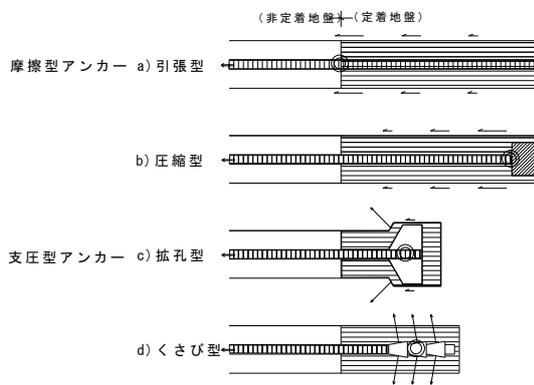
# 支圧型アンカー（くさび方式）の設計方法

くさび力，地盤反力，変形係数

日西テクノプラン 正会員 ○瀬崎 茂  
 小瀧 辰人  
 峯谷 正  
 松江高専名誉教授 浜野 浩幹

## 1. はじめに

従来のアンカー支持方式は図-1a~cに示す摩擦型および支圧型であり，図-2の破壊概念はこれらの支持力がアンカー引張方向におけるアンカー体の摩擦力（または付着力）や支圧力（支圧破壊A）に負うことを示している。これに対しアンカー体拘束具をくさびとした支圧型アンカー（図-1d）は，アンカー体側方地盤の支圧力（図-2の支圧破壊B）を利用する点で従来のものと大きく異なる。ここではこのくさび方式による定着長の算出方法について，これまで行ってきた実験結果<sup>1~5)</sup>を基に提案する。



◎ 荷重作用点 ← 摩擦力、付着力、支圧力

図-1 アンカー形式区分<sup>1)</sup>

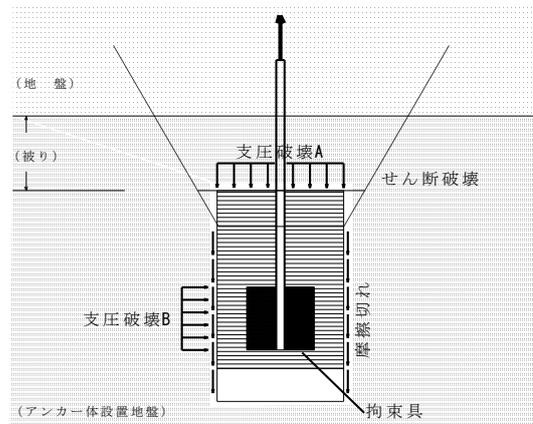


図-2 アンカー形式の破壊概念<sup>2)</sup>

## 2. アンカー体の力関係

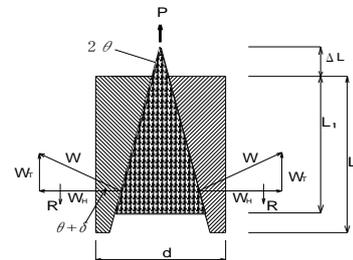
### 2.1 くさび力関係式

アンカー引張力  $P$  とくさび力  $W$ ，くさび水平力  $W_H$  の関係は，次式および図-3のように示される<sup>6)</sup>。

$$W = \frac{P}{2\sin(\theta + \delta)} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$W_H = \frac{P}{2} \cdot \cot(\theta + \delta) \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここに， $\theta$  はくさび頭頂角（くさびテーパー7.5/100の時 $\theta = 4.3^\circ$ ）， $\delta$  はくさび（ポリ塩化ビニール被覆）とセメントグラウト材との摩擦角であり，実験では $\delta = 23^\circ$ （配合比  $W/C = 50\%$ ）を得ている。



$L$ ：くさび長， $L_i$ ：有効支圧区間長， $\Delta L$ ：くさび引抜長， $\theta$ ：くさび頭頂角， $W$ ：くさび力， $W_H$ ：くさび水平力， $W_T$ ：くさび接線力， $R$ ：摩擦抵抗， $d$ ：アンカー孔径， $\theta + \delta$ ：主応力方向角

図-3 くさび力関係

### 2.2 アンカー体が引き抜けないための条件

アンカー体周辺地盤の十分な支圧力が確保された上でくさびが抜けないための条件は， $R$ を摩擦抵抗とすると“ $R < W_T$ ”の関係（図-3）から

$$W_H \cdot \tan(\theta + \delta) < W_T \cdot \tan\phi \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\therefore \theta + \delta < \phi \quad (\phi : \text{定着地盤の基本摩擦角})$$

本アンカーでは“ $\theta + \delta = 27^\circ$ ”と推定されることから“ $\phi > 27^\circ$ ”が引き抜けないための条件となる。仮にこの条件を満たさない場合はアンカー体拘束具（くさび）を定着基盤面より深く埋設し，引抜抵抗力（＝埋設区間における摩擦力等）を確保すればよい。

## 3. くさび力方向角（ $\theta + \delta$ ）とくさび力（ $W$ ）

図-4は風化凝灰岩層（ $\sigma = 2.14\text{N/mm}^2$ ）内でアンカー体周辺地盤の応力を測定したものであり，図-5はそのくさび力方向角を示すもの

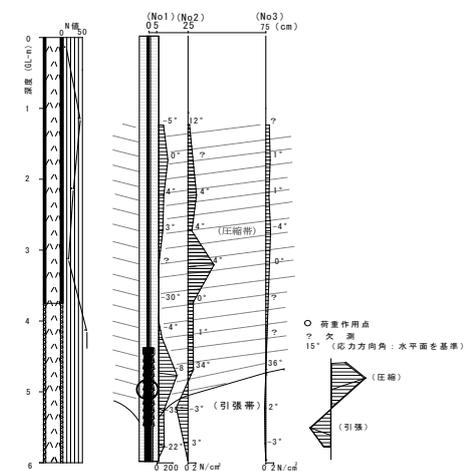


図-4 くさび型アンカー体周辺地盤の応力図

である。これによれば、くさびが作動する初期段階<sup>4)</sup> (荷重 100~200kN) では水平面より+20° 前後で作用するが、その後孔壁に対して垂直方向へと変位し、前項で示した推定作用方向角“ $\theta + \delta \approx 27^\circ$ ”よりもかなり小さい値となっている。

図-6 はこの時のアンカー体沿い (グラウト内) の最大主応力 $\sigma$ であり、これより荷重 600kN 時のくさび力を  $W = 2d \cdot \pi \cdot l \cdot \sigma$  により求めれば  $W = 853\text{kN}$  (引張力に対して 42%増) となる。ここに、 $d$ : アンカー軸からひずみ測定位置までの半径 4.5cm,  $l$ : 拘束具長 100cm,  $\sigma$ : GL-4.5~5.5m の拘束具位置での平均主応力  $3.02\text{N/mm}^2$  である。ただし、グラウト材の変形係数  $650\text{kN/cm}^2$  として試算した。この結果を式(1)に当てはめれば、 $\theta + \delta = 20.6^\circ$  となり、荷重初期段階のくさび作用方向角にほぼ一致する。

#### 4. アンカー支持力と定着地盤の変形量の関係

図-7 は砂岩 ( $\sigma = 10.35\text{N/mm}^2$ ) 層内で行った引き抜き試験結果であり、荷重変位量曲線 (図-7(a),(c)) からくさびの引き抜き量とその時の有効応力 $\sigma'$  ( $W_H = P$  として算出) を用いて地盤反力係数  $k$  を求めたものである (図-7(b),(d))。これによれば、No.1 (定着長 1m) と No.3 (定着長 2m) では同じような値を示しており、任意の定着長で基本試験を行うことで合理的に設計定着長を求めることができるものといえる。

#### 5. 定着長の算出

$$l = (a \cdot f \cdot W_H) / (\pi \cdot d \cdot q) \dots\dots(3)$$

ここに  $l$ : 有効定着長 (図-3 の  $L_1$ )、 $a$ : くさび変位と有効支圧面積の関係から初期定着長を求めるための係数 2、 $f$ : 安全率 2.5、 $d$ : アンカー孔径、 $W_H$ : くさび水平力、 $q$ : 地盤反力度 ( $k \cdot r$ )、 $k$ : 地盤反力係数、 $r$ : 最大有効地盤変位量 (=くさびテーパー量<sup>5)</sup>) である。

なお、くさび水平力  $W_H$  は測定することが困難であり、実際にはアンカー引張荷重  $P$  に置き換える必要がある。地盤反力係数は図-8 の定着地盤の一軸圧縮強度との関係図から推定することができる。

#### 6. まとめ

くさび方式の本支圧型アンカーは拘束度の高いアンカー体側方地盤の支圧力を利用するようにしたものであり、図-7 のように定着長 1~2m (軟岩  $\sigma = 10.35\text{N/mm}^2$ ) で 1,000kN 以上の支持力を得るなどの成果を得ている。また定着地盤の一軸圧縮強度と設計因子である地盤反力係数の関係を精度良く求めることができれば、基本試験をすることなく合理的に定着長を算出することも可能となる。くさびの作用方向角 (あるいは壁面摩擦角  $\delta$ ) とくさび力の関係など不明瞭な点については今後多くのデータ収集により解明し、より安定したアンカーシステムを構築するようにしたい。

#### 参考文献

- 1) 瀬崎茂・浜野浩幹: アンカー形式による支持機構と支持力の違い, 土と基礎 (投稿中)。
- 2) 瀬崎茂・浜野浩幹・平島健一: 新しい支圧型アンカーの提案とその支持機構, 論文報告集 (投稿中)。
- 3) 瀬崎茂・浜野浩幹: くさび型アンカーの支持機構, 第 39 回地盤工学会発表会講演集, 2004。
- 4) 小瀧辰人・瀬崎茂・浜野浩幹: くさび型アンカーの支持力と応力分布, 地すべり学会第 43 回発表会講演集, 2004。
- 5) 瀬崎茂・峯谷正・新原博史・池田康彦・浜野浩幹: くさび型アンカーの特徴, 全地連技術 e フォーラム講演集, 2004。
- 6) 申 植潤: 地すべり工学—最新のトピックス—, pp.381, 1995。

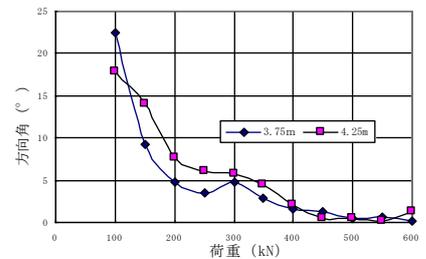


図-5 くさび主応力方向角

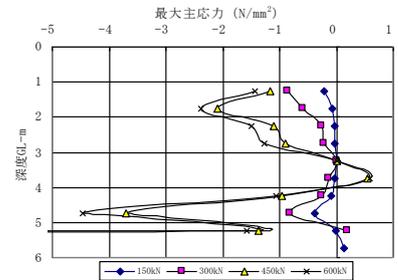
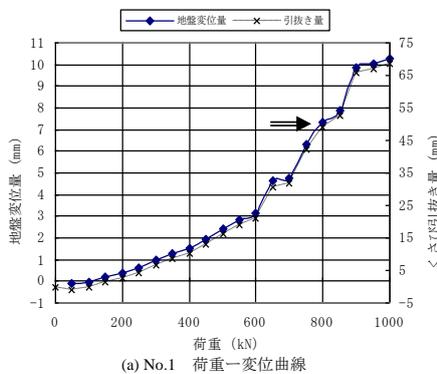
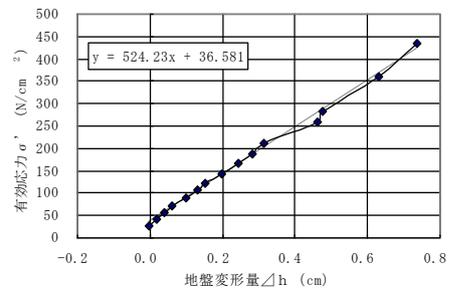


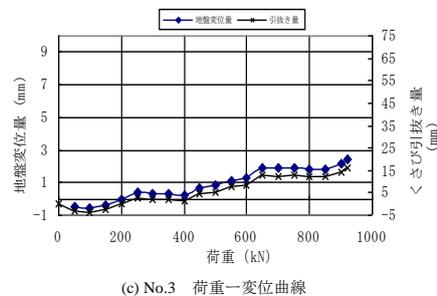
図-6 アンカー体沿いの最大主応力



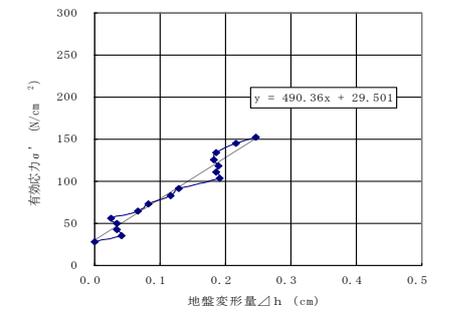
(a) No.1 荷重-変位曲線



(b) No.1  $\Delta h - \sigma'$  曲線



(c) No.3 荷重-変位曲線



(d) No.3  $\Delta h - \sigma'$  曲線

図-7 地盤反力係数

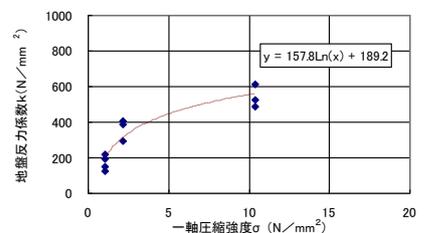


図-8  $\sigma - k$  曲線