

# クサビ型アンカーの支持力と応力分布

## Bearing capacity of a Wedge type anchor and Stress distribution

小瀧辰人（日西テクノプラン）※、瀬崎 茂（日西テクノプラン）

浜野浩幹（松江高専）

Yoshito KODAKI(Nissei Techno Plan), Shigeru SESAKI(Nissei Techno Plan)

Hiroki HAMANO(Matsue college of Technology)

キーワード：クサビ、応力分布、地盤反力係数

Keywords : Wedge, Stress distribution, Coefficient of subgrade reaction

### 1. はじめに

グラウンドアンカー工の定着方式にはマサツ型、支圧型、およびこれらの複合型があり、現在マサツ型が主流となっている。

定着に関する問題点として、これらの方式では適正な荷重分散ができないことからアンカー体およびこれの周辺地盤で局部破壊を生じやすいこと、特にマサツ型では主にアンカー引張方向へのせん断強度を利用した支持方式のため、孔壁の粘土化等に起因した支持強度のバラツキを生じやすいことなどが挙げられる。

解決策として、一組のテンドンで荷重分散を図るには定着部拘束具を可動状態にする必要があり、より安定した支持力を得るには定着地盤の支圧強度を利用すべきである。筆者らは定着部拘束具を可動式のクサビとすればこれらの問題が解決できるものと考え、これまで室内実験<sup>1)</sup>を行ってきた。

その結果、ヒューム管（ $\phi 700\text{mm}$ 、 $h=2.43\text{m}$ ）内で実施した試験では、スライダーと呼ぶ拘束具（クサビ、 $1.5\text{m}$ ）が定着区間において概ね均等に変位し荷重分散がなされること、マサツ型アンカーに比しアンカー体の引張キレツが  $1/3$  程度と少ないこと（約  $20\text{cm}$  間隔）等が確認された。

今回はこれらを踏まえた現場実験を行ったものであり、クサビ型アンカー体の支持力や応力分布状況などを報告する。

### 2. 実験概要

#### 2.1 試験仕様

- 定着地盤：新第三紀層泥岩（古江層）が露頭する造成地で実施。試験孔における平均圧縮強度  $\sigma = 1.1\text{N}/\text{mm}^2$ 、変形係数  $E_{50} = 49\text{N}/\text{mm}^2$ 。

- アンカー方向：鉛直
- アンカー孔径： $\phi 115\text{mm}$
- アンカー掘削長： $5\text{m}$
- 定着長： $2\text{m}$
- テンドン：PC鋼より線  $\phi 15.2\text{mm} \times 5$  本
- アンカー体グラウト強度： $\sigma_c = 26.7\text{N}/\text{mm}^2$



写真1 定着部泥岩（掘削2日後）



写真2 クサビ型とマサツ型の定着部材

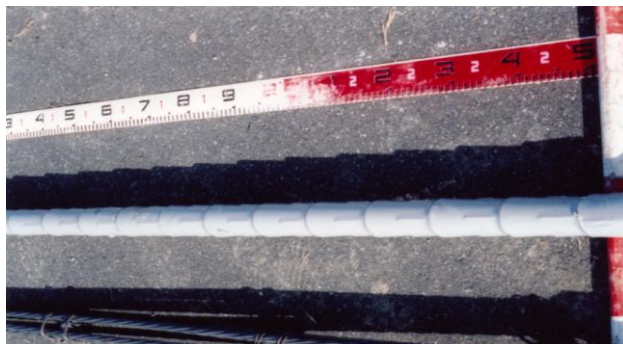


写真3 クサビ型アンカー拘束具（スライダー）

## 2.2 試験数量

実験(1)：支持力の比較試験。クサビ型（テーパー5/100）。マサツ型（拘束具なし）。  
 実験(2)：定着地盤の応力測定。クサビ型（テーパー7.5/100）。観測孔位置：アンカー孔から0.5、1.0、1.5m地点。歪計深度：GL-1.0~5.5m（50cmピッチ）。

## 3. 実験結果

（実験(1)より）

### 3.1 マサツ型アンカーとの支持力比較

引抜き試験結果を図2（クサビ型）、図3（マサツ型）に示す。極限支持力はクサビ型 620kN（310kN/m）、マサツ型 350kN（117kN/m）であり、クサビ型の方が2.6倍の支持力を示した。なお、マサツ型の場合、この時の泥岩の極限付着強度は 32N/mm<sup>2</sup>であり、比較的良好な値であった。

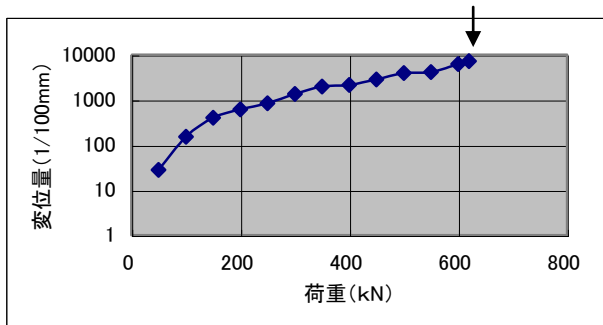


図2 クサビ型アンカー荷重-変位曲線  
 （定着長2m）

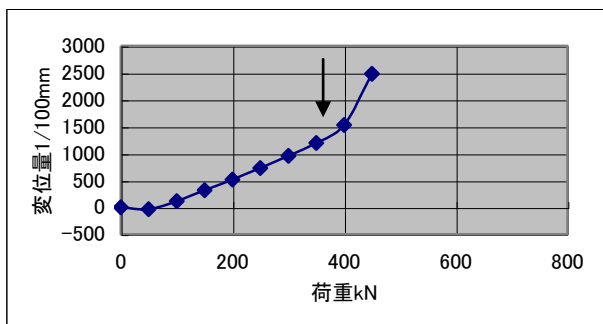


図3 マサツ型アンカー荷重-変位曲線  
 （定着長3m、拘束具なし）

### 3.2 定着地盤の変形量と支持力の関係

図2に示したクサビ型アンカー定着地盤の変形量を、テンドンの引抜き量とクサビテーパ角の関係から求めたものを図4に示す。この場合の全テーパ量は5mmであり、変形量が2.9mm（全テーパ量の58%）に達した時点でアンカーが大きく引抜けている。

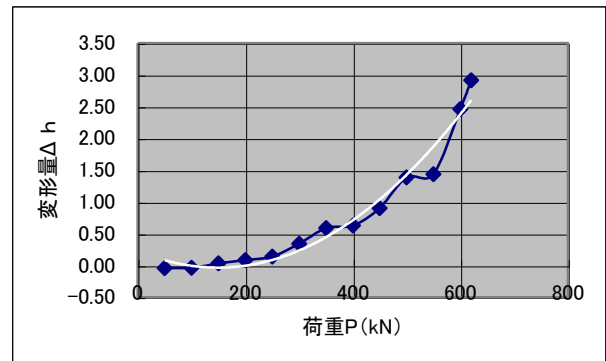


図4 定着地盤の変形量Δh

このことは図5の関係から説明される。すなわち、アンカーの支持力はスライダの引抜きに応じて、支圧面積減による支持力減と変形量増による支持力増の関係にある。よってクサビ型アンカーの最大支持力は引抜き量が50%の時であり、おおむね引抜き量50~60%の時点で急激に引抜けることがその他の実験でも確認されている。

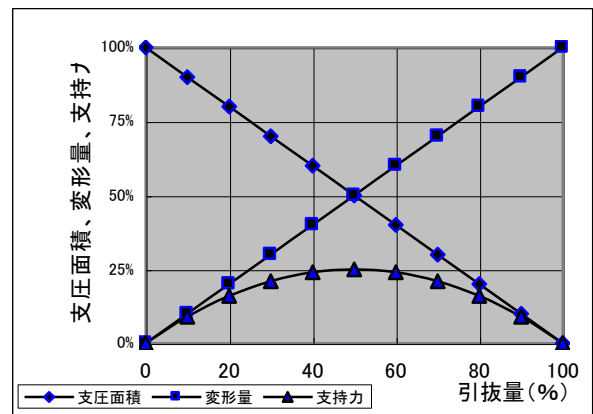


図5 アンカー引抜き量と支持力の関係

（実験(2)より）

### 3.3 引抜け後の支持力

図6は定着地盤のダメージを確認するため、アンカー引抜け後の支持力を確認したものである。その結果、荷重610kNで引抜け後、荷重570kN

(初期引抜け荷重の約9割)まで再び載荷できた。

引抜き前・後の対比では、同一荷重に対するクサビ力がやや大きくなる傾向にあるが、スライダの塑性変位量(拡張のための引抜き変位量)は  
 (1)引抜き前: 60.1mm (地盤の変形量 4.5mm)  
 (2)引抜き後: 4.7mm (地盤の変形量 0.4mm)  
 であり、引抜き後の変位量は1/10程度と小さい。

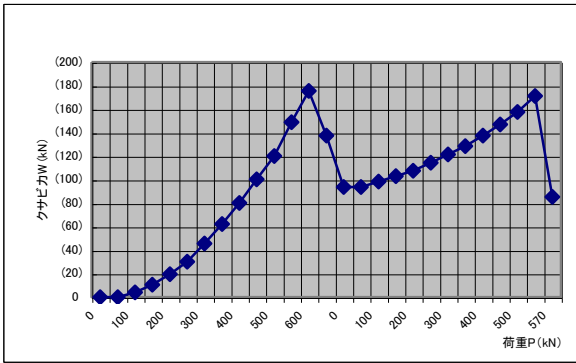


図6 荷重-クサビ力 (1m 地点)

### 3.4 クサビ力Wの方向

荷重段階毎のクサビ力方向を図7に示す。

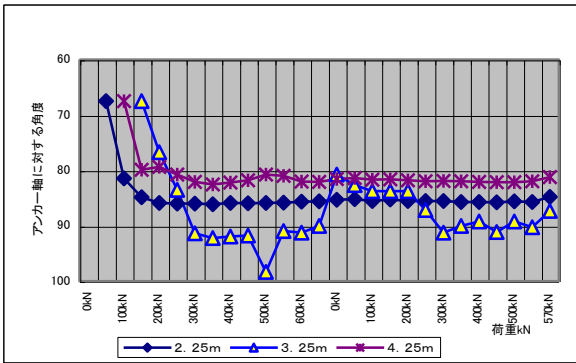


図7 荷重-クサビ力方向図 (0.5m 地点)

同図より、荷重 100~200kN において、クサビ力方向がアンカー引張り方向を基準線として 67° から 80~90° に変化している。当荷重段階において拘束具(スライダー)の変位(スリップ)音が発生し始めることから、クサビ力が十分作用した段階で、アンカー力は孔壁面に対して上向き方向からおよそ水平方向へ変化するものと考えられる。

### 3.5 定着地盤の変位状況

図8はアンカー孔から1m離れた地点の地盤変位状況をパイプ歪計で測定したものである。

これによれば、スライダー位置で凸状に膨らむ形態を示しており、室内実験で確認された“スライダー周辺地盤の樽状の膨らみ”<sup>1)</sup>を裏付けるものと考えられる。

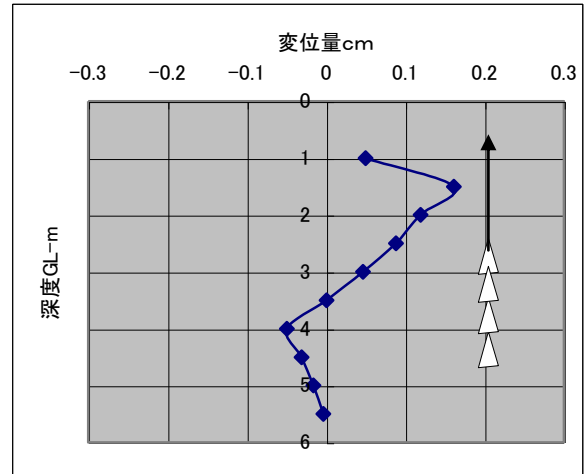


図8 定着地盤の変位状況 (1m地点)

### 3.6 応力分布

図9はクサビ応力の分布状況を示すものであり、各地点の応力は荷重作用点側を底辺とした逆三角形分布を示し、少なくともアンカー地点より1.5m付近までは確実に伝達している。

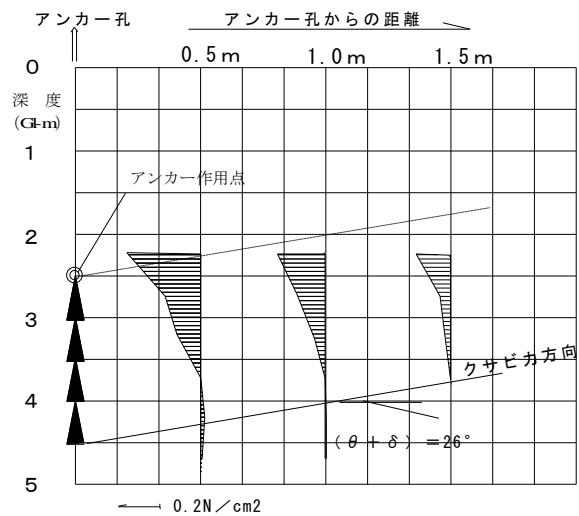


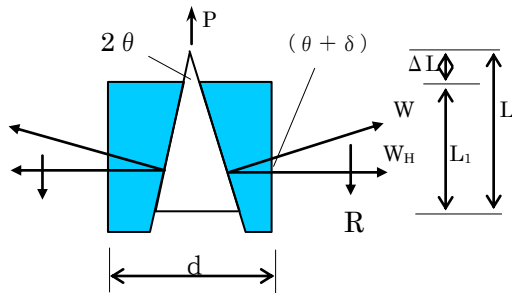
図9 クサビ応力分布図

### 3.7 クサビ水平力 $W_H$ の推定

アンカー引張力とクサビ水平力の関係<sup>2)</sup>は次式で示される。

$$W_H = (P/2) \cot(\theta + \delta) \dots (1)$$

ここに  $W_H$ : クサビ水平力、 $P$ : アンカー引張力 620kN、 $\theta$ : クサビテーパー角  $4^\circ$ 、 $\delta$ : 壁面マサツ角 (=  $(2/3)\phi$ 、 $\phi$ : 基本マサツ角)。



(R: 摩擦抵抗、L: スライダ長、 $L_1$ : 有効支圧区間長  
 $\Delta L$ : スライダー引抜き長)

図 10 引張力  $P$  とクサビ力  $W$  の関係

(文献 2) p381 図 16.12 に加筆)

実験②でのクサビ水平力を式(1)から試算すると、 $P=610\text{kN}$ 、 $\theta=4^\circ$ 、仮に  $\phi=33^\circ$  とすれば  $\delta=33 \times 2/3=22^\circ$ 、 $\theta + \delta=4+22=26^\circ$

$$W_H = (610/2) \cot 26 = 625\text{kN}$$

となり、概ねアンカー引張力  $P$  と同等の荷重がクサビ水平力  $W_H$  として孔壁に作用している。

また、図 9 に示したクサビ力  $W$  方向 ( $\theta + \delta$ ) は概ね  $26^\circ$  を示しており、上記試算例と一致する。

### 3.7 定着地盤の許容支持力と定着長

クサビ型アンカーの許容支持力を算出する方法として地盤反力係数の利用が考えられる。

図 11 は実験②における各荷重段階毎の変形量と応力の関係を示したものである。同図より、定着地盤の許容変形量を  $1.5\text{mm}$  (=スライダー引抜き量  $20\text{mm}$ ) とした場合の許容応力は、回帰式にしたがって

$$\sigma = 320.04 \times 0.15 - 0.731 = 47\text{N/cm}^2$$

となり、設計荷重に対する所用の定着長を求めることができる。

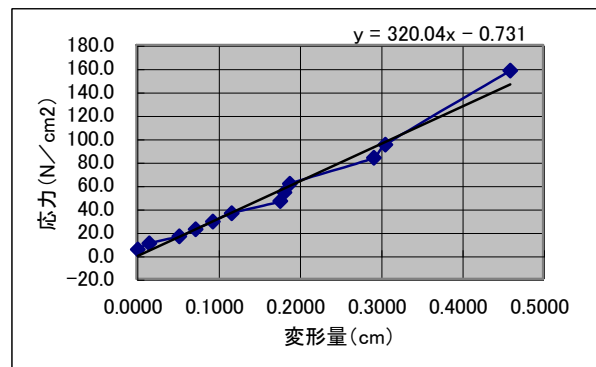


図 11 応力-変形量曲線

## 4. まとめ

クサビ型アンカーの室内実験を受けて今回現場実験を実施した結果、以下のことが確認された。

- (1) 泥岩 ( $\sigma = 1.1\text{N/mm}^2$ ) において、クサビ型アンカーの支持力はマサツ型の 2.6 倍を示した。
- (2) 定着体の特徴として、スライダーの引抜き量が 50~60% に達した段階で急激に支持力が低下し、引抜ける。
- (3) この場合の引抜けとは、10cm 毎に設けたクサビ単位であり、再試験では初期の約 9 割程度の支持力が確認された。よって定着地盤のダメージは少なく、引き抜け後もある程度適正な弾性力が維持されている。
- (4) 定着地盤周辺の変位は、アンカー地点より 1m 地点において樽状の膨らみが認められる。
- (5) ただし、クサビ応力はアンカー引張り側を底辺とした三角形分布を示し、少なくともアンカー地点より 1.5m 付近まで確実に伝達している。
- (6) 許容支持力および定着長は、定着部の地盤反力係数を用いて算出できる。

今後は、クサビ応力をできるだけ等分布形にすることと、定着地盤の一軸圧縮強度や変形係数と支持力の関係、実際のクサビ力などを解明していきたい。

## 参考文献

- 1) 瀬崎茂・浜野浩幹 (2004): クサビ型アンカーの支持機構。第 39 回地盤工学研究発表会講演集
- 2) 申潤植 (1995): 地すべり工学—最新のトピックス— pp.380-385