

アンカー形式による支持機構と支持力の違い

The difference between typical anchor forms
for the support mechanism and bearing power

瀬崎 茂* (日西テクノプラン) 小瀧辰人 (日西テクノプラン)

Shigeru SESAki(NISSEI Techno Plan) Yoshito KOTAKI(NISSEI Techno Plan)

峯谷 正 (日西テクノプラン) 浜野浩幹 (島根県土質技術センター)

Tadashi MINETANI(NISSEI Techno Plan) Hiroki HAMANO(SHIMANE Soil Technological Center)

キーワード：アンカー体，応力分布，引抜き耐力，破壊形式

Keywords : Anchor body, Stress distribution, Bearing power, Failure form

1. はじめに

アンカーの支持方式は，基本的に摩擦型と支圧型に区分され，摩擦型はアンカー体の荷重作用点の違いから図-1の a)引張型と b)圧縮型に，支圧型は定着部拡孔の有無から c)拡孔型と d)くさび型^{1~3)}に区分される。

一方，アンカー体が地盤から引き抜けることによる破壊概念⁴⁾は図-2のように示され，くさび型では通常半無限に拘束されたアンカー体側方地盤の支圧力^②を利用するのに対し，他はいずれもアンカー引張方向の摩擦力，付着力，支圧力を利用する点で大きく異なっている。

本研究では図-1 に示したアンカー体（拡孔型を除く）周辺地盤の応力分布等を測定することで，その支持機構と支持力の違いが確認されたので報告する。

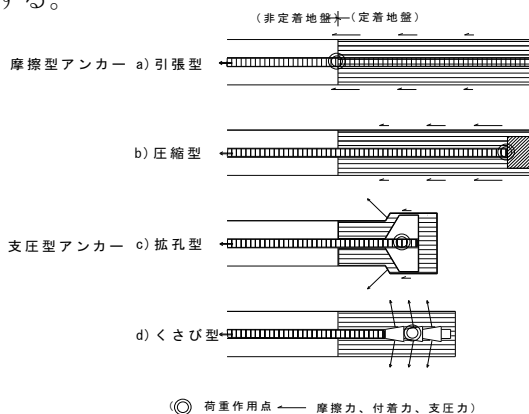


図-1 アンカー形式区分

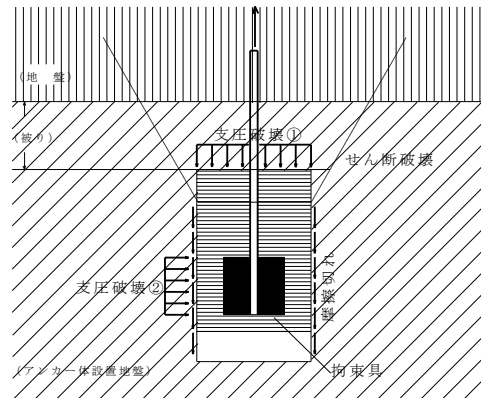


図-2 アンカー形式の破壊概念

(グラウンドアンカー設計・施工基準,同解説 P.108
図 6.13 より, 極限引抜き力に関する項目のみについて記載。一部加筆)

2. 実験概要

2.1 地質

実験は流紋岩質凝灰岩が露頭する造成地(切土)で，鉛直孔を利用して行った。地質状況は全体に礫混じり土状コアとなる脆弱層で，表層部は N 値 = 7~45, 下位層は N 値 50 以上 (硬い岩芯を多く残す) となっている。地層の傾斜は 17° , 定着層と同等と見られる露岩の一軸圧縮強さは $q_u = 2.14\text{N/mm}^2$ (変形係数 $E_{50} = 446.6\text{N/mm}^2$) である。

表-1 試験孔の地質状況

アンカー形式	掘削長	掘削径	地質 (GL-m)		
	m	mm	GL-m	強風化層	風化層
摩擦-引張型	5	115	3.5~5.0	0.0~	3.50~
摩擦-圧縮型	5	115	3.5~5.0	0.0~	3.50~
支圧-くさび型	6	115	4.5~5.5	0.0~	3.75~

(※グラウトは全深度行っているが、実定着長は風化層区間とした)

2.2 試験仕様

引張材はPC 異形棒鋼φ36、グラウト材は早強セメント (W/C=50%) を使用した。アンカー体拘束具は引張型は無し、圧縮型はφ90mm (t=20mm) の支圧板、くさび型は長さ10cmの円錐状のくさびを複数取り付けた。ひずみ計はアンカー体内および各観測孔に設置した。

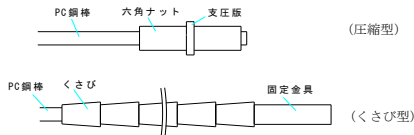


図-3 圧縮型、くさび型アンカー拘束具構造図

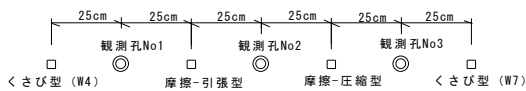


図-4 試験孔、観測孔平面配置図 (1回目)

(くさび型 W4, W7 は摩擦-圧縮型の引抜き試験時に地盤破壊したため測定中止)

3. 実験結果

3.1 アンカー体の支持力

実験結果は図-5 のとおりであり、摩擦型では

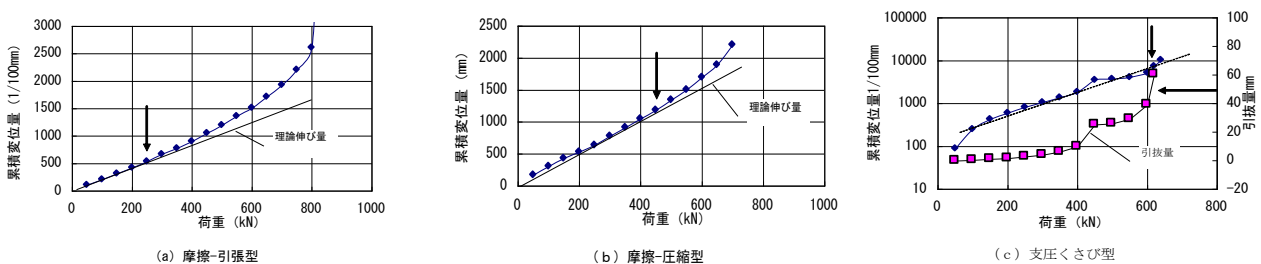


図-5 荷重-変位曲線

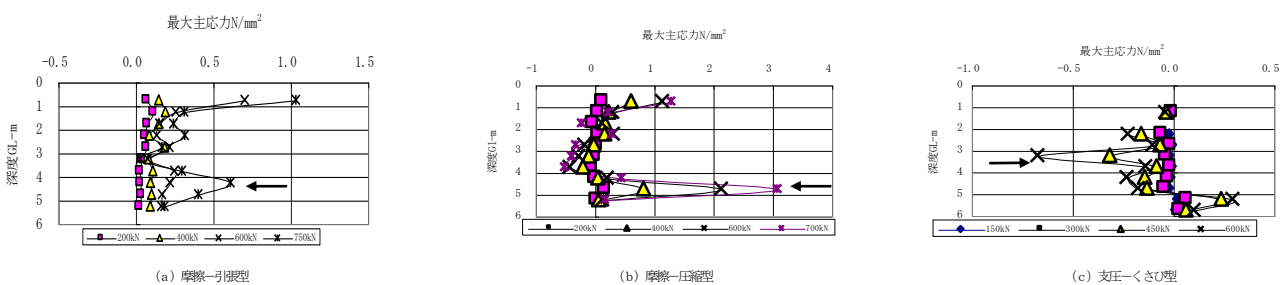


図-6 アンカー体中心より25cm地点の荷重別主応力図

理論伸び量(図中実践)を上回る地点が降伏荷重となる。くさび型ではこれの引抜き量50mm地点が最大支持力となる²⁾。これより各アンカー体の設計に用いるべき最大支持力は引張型250kN (167kN/m)、圧縮型450kN (300kN/m)、くさび型620kN (620kN/m) であり、その支持力比は引張型:圧縮型:くさび型=1:1.8:3.7となる。

3.2 アンカー体の荷重別応力分布

図-6 はアンカー体から25cm離れた地点の応力状態を測定 (正:引張, 負:圧縮) したものである。

(a)摩擦-引張型では全深度的に引張力が働き、深度4m付近の応力ピーク点 (=主荷重作用点) が荷重とともに徐々に深層部へ移動している。これは図-5(a)の引抜き状況を裏付けるものといえる。

(b)摩擦-圧縮型ではアンカー体先端部 (=荷重作用点) 付近に大きな引張力が働き、これより1~2m上位 (引張側) には局部的に圧縮力が働いている。各応力はいずれも同一深度で累積しており、引張型のような顕著な引抜き現象は見られない。

(c)くさび型でもアンカー体先端部付近に小さな引張力が働くが、これより上位 (引張側) では一貫して圧縮力が働いている。圧縮型と同様、荷重作用点が変わるようすはみられない。

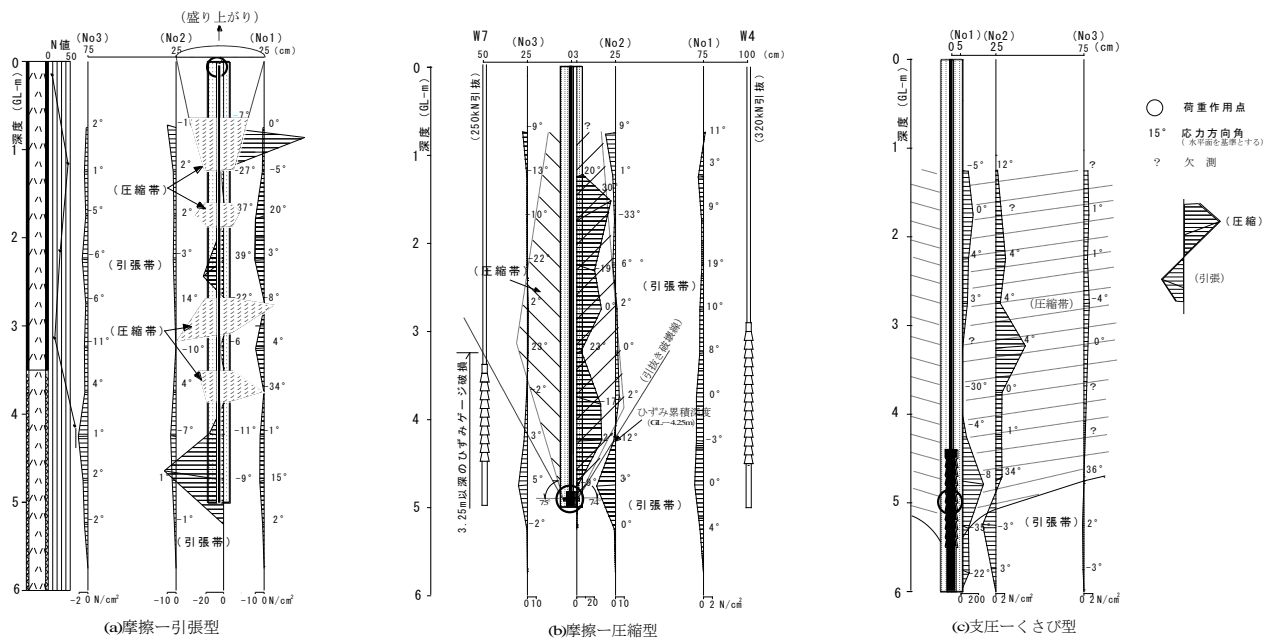


図-7 最大荷重時におけるアンカー体周辺地盤の応力図

3.3 アンカー体周辺地盤の応力分布

アンカー体周辺地盤の応力状態（引張型 750kN 時：圧縮型 600kN 時：くさび型：600kN 時）を図-7 に示す。(a)引張型ではアンカー体沿いに引張と圧縮が交互に分布するが、周辺地盤には一貫して引張力が働いている。アンカー体先端部の大きな引張力は地表付近の主荷重作用点がかこまで到達したことを示すものと考えられる。その他地表地盤にはアンカー体引き抜けに伴う $\phi 50\text{cm}$ 程度の盛り上がりを生じたが、引抜状況は後述する圧縮型に比べ静的である。

b)圧縮型ではアンカー体沿いに $\phi 50\text{cm}$ 程度の紡錘状の圧縮帯が形成されるが、これの周辺地盤には“引張”が働いている。最終的に定着地盤の爆発的破壊音をともなって急激に引き抜けたが、地表地盤に肉眼的変位は認められなかった。破壊面の角度はひずみ計のスケールオーバーなどから水平面に対して約 75° 程度であり、概ね上記圧縮帯の外縁に沿って破断した様相にある（地層はアンカーNo.W4 から W7 方向へ 17° 傾斜）。

(c)くさび型でもアンカー体先端部に引張が働くが、これより上位（引張側）では一貫して圧縮力が働いている。引張と圧縮の境界は拘束具先端部

より 50~75cm 高い位置に形成され、傾斜 $60^\circ \sim 35^\circ$ の勾配線を描く。

3.4 アンカー体主応力方向角

アンカー定着部の主応力方向角（水平面を基準）を図-8 に示す。引張型のアンカー体内最深部では図-9.a.iのような引張形態を示し、荷重 250kN（降伏荷重）以降は引き抜けを示唆するような大きな変動を示す。圧縮型では岩盤断面付近（観測孔 No.2）で図-9.a.hのような引張形態を示し、荷重 300kN 以降ではクリープ状態を示唆する累積性変動を示す。くさび型（観測孔 No.2）では図-9.b.iのように孔壁に対して低角度（ $0 \sim 5^\circ$ ）の圧縮力が働き、前二者より安定した支持状態を示す。

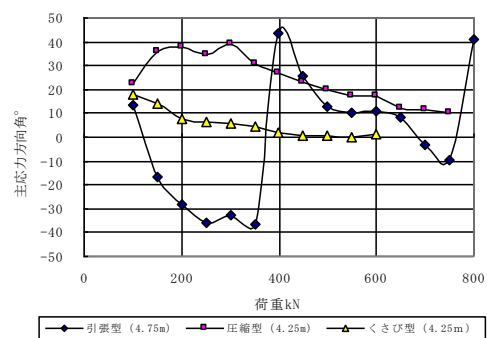


図-8 主応力方向角

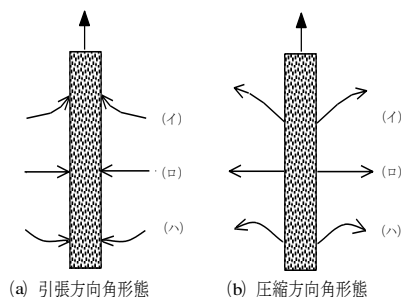


図-9 主応力方向形態図

4. 考察

4.1 アンカー形式と支持機構

アンカー体および周辺地盤の応力図(図-7)より、くさび型はアンカー体側方への支圧力に支持されていることがわかる。摩擦-圧縮型ではアンカー体を中心とした紡錘状の圧縮帯(φ50cm)が形成されており、この中での摩擦力やせん断力に支持されるか、この圧縮帯と周辺地盤との引張力やせん断力に支持されるものと考えられる。

一方摩擦-引張型ではアンカー体周辺に引張力が働いており、基本的にアンカー体沿いに摩擦抵抗は発生しない構造といえる。これはアンカー材が引張時に細くなることにより、これに付着しているグラウト材および周辺地盤が追随するためと考えられる。したがってアンカーの支持力はアンカー体もしくはアンカー体内部における引張力やせん断抵抗力に支配されることになる。なお、本アンカーは荷重800kNまで载荷されており、アンカー体沿いに発生する局部的圧縮帯(図-7.a)により一時的な摩擦力が生じたためと判断される。さらに、この圧縮帯はアンカー孔における引張材の偏心などによって発生することが考えられる。

4.2 アンカー形式と支持力

本実験による支持力比は“引張型：圧縮型：くさび型=1：1.8：3.7”となっている。このように拘束された地盤の支圧力を利用するくさび型で最も大きな支持力が得られ、一方多様な不連続面等が存在する定着地盤の引張力やせん断力を利用する引張型で最も小さい支持力となったことは妥当な結果と考える。

5. おわりに

各アンカー体の課題として、摩擦型アンカーの有効定着長は10m以下とされているが、引張型の場合はアンカー体沿いに発生する局部的摩擦抵抗を多く確保するため、定着長をできるだけ長くすべきではないかと考える。

圧縮型では今回確認された紡錘状の圧縮帯が安定的に形成されるか否かの確認が必要であるほか、引き抜け破壊を生じさせないためのアンカー体埋設深さについて基準を設ける必要がある。

くさび型ではアンカー孔間での定着地盤の引張破壊⁵⁾が指摘されているが、今回の観測では、アンカー体沿いのくさび力²⁾はアンカー引力とおおむね同等であり、アンカー体より75cm離れた地点でのひずみは100μ以下であった。本実験のように拘束具(くさび)を十分長くし、適正な荷重分散を図れば上記問題は解消できるものと考えられるが、今後多様な地盤で確認する必要がある。

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回地盤工学会発表会講演集.
- 2) 小瀧辰人・瀬崎 茂・浜野浩幹(2004):クサビ型アンカーの支持力と応力分布,地すべり学会第43回研究発表会講演集.
- 3) 瀬崎 茂・浜野浩幹ほか(2004):クサビ型アンカーの特長,全地連技術eフォーラム講演集.
- 4) 地盤工学会(2000):地盤工学会基準 グラウンドアンカー設計・施工基準,同解説,p51.
- 5) 申 植潤(1995):地すべり工学-最新のトピックス,p361.