

摩擦型アンカーの引抜け要因について —アンカー体長と支持機構の関係より—

○ (株) 日西テクノプラン 池田靖彦
 (株) 日西テクノプラン 瀬崎 茂
 (株) 日西テクノプラン 小瀧辰人
 松江高専名誉教授 浜野浩幹

1. はじめに

近年、孔径 90mm 仕様のアンカーが抜けやすく、現場サイドでは掘削径を大きくするなどの自衛策を講じているといった事例が多く見られる。

(社) 日本アンカー協会等では、“アンカー体テンドンのグラウト被り厚が薄いと極端に引抜き抵抗が低下する”ことを指摘した上で、最小孔径を 115mm とすることを提案している^{6, 7)}。

本研究はアンカー体の支持機構の観点から引抜け要因について検討したものであり、その結果を報告する。

2. アンカー体周辺地盤に作用する応力と引抜け形態

浜野等^{1~3)}は摩擦型アンカー体周辺地盤の応力状態を計測することでその支持機構を確認しており、その結果を図 1 に示し、これらについて考察する。

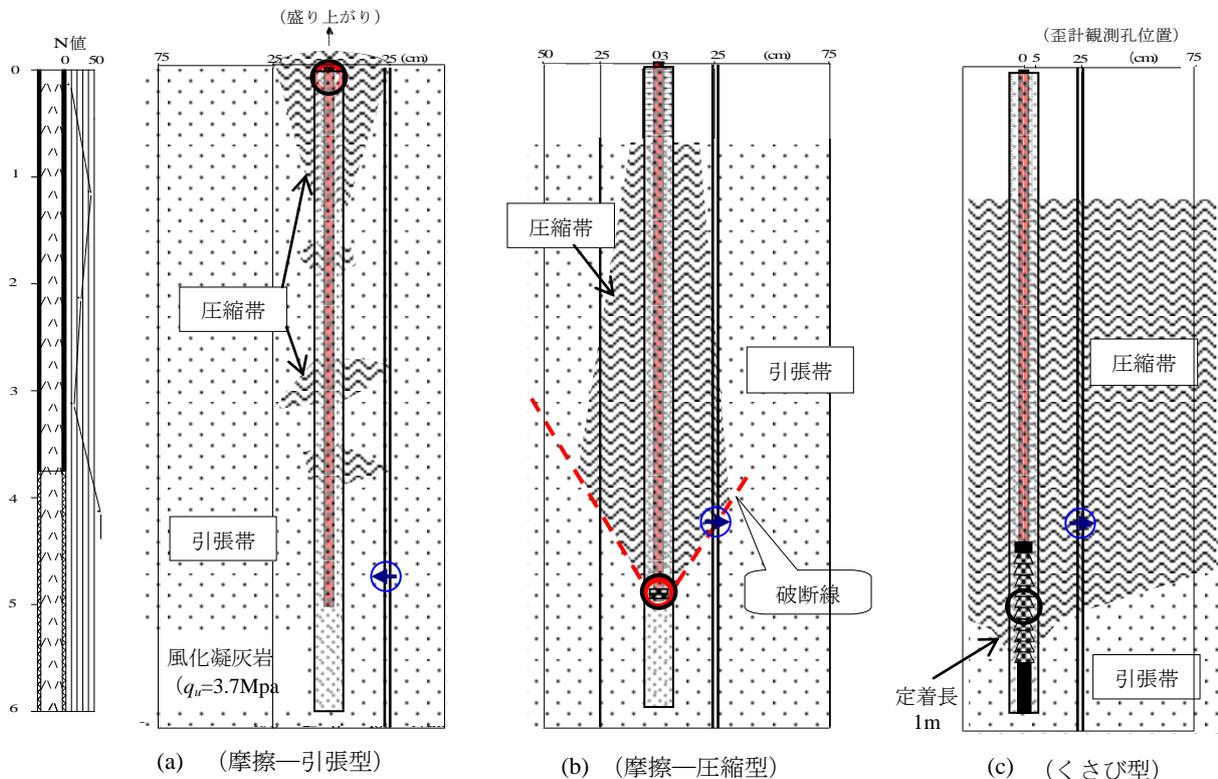


図 1 アンカー形式による支持機構の違い

(|| 図 2~4 の応力測定位置, (← 図 5 の主応力方向角測定深度)

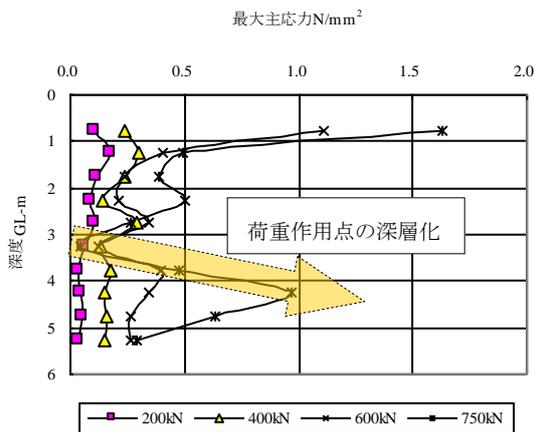


図2 引張型アンカー体周辺地盤の応力図

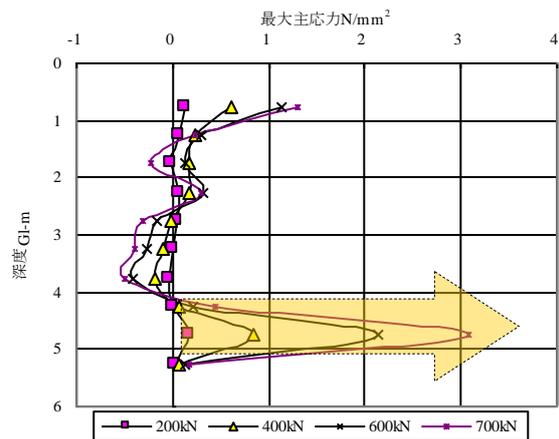


図3 圧縮型アンカー体周辺地盤の応力図

(1) 摩擦（引張）型アンカー（図1a）

摩擦（引張）型ではアンカー体全体に引張力が働いており、主にアンカー体と周面地盤との付着により支持される定着システムといえる。

摩擦が働くと考えられる圧縮帯は局部的に不規則な形で分布し、引抜き耐力への効果は計算できないものとなっている。

最終的に荷重 800kN で静的に引き抜けると同時に、地表地盤がφ50cm程度の範囲で盛り上がった。この時のアンカー体より25cm離れた地盤での荷重作用点位置は、荷重増とともに深層化する様相にある（図2）。

摩擦（引張）型アンカーにおいては、アンカー体先端付近の主応力作用方向（図5の◆印）は、すでに荷重250kN付近以降に大きく変化しており、この段階ですでに降伏状態に達しているものと判断される。

(2) 摩擦（圧縮）型アンカー（図1b）

摩擦（圧縮）型ではアンカー体を中心にφ50cm程度の紡錘状の圧縮帯を形成しており、定着地盤との付着や摩擦、あるいは支圧等の複合的な抵抗により支持される定着システムと考えられる。

最終的に荷重720kNで圧縮帯の外縁に沿って爆発的破壊音を伴いながら引き抜けたが、地盤内部での破壊に留まっている。

主応力方向（図5の□印）は荷重初期段階では孔壁に対し40°前後と高角度で作用し、

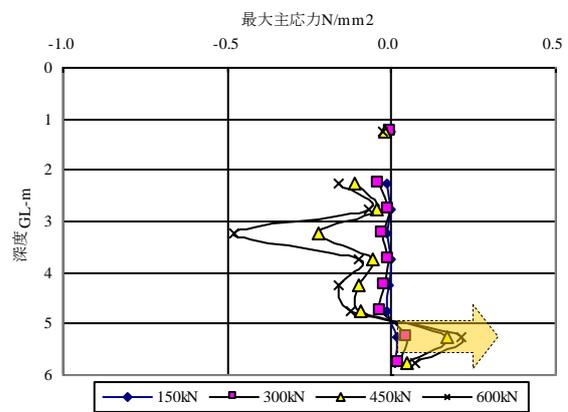


図4 くさび型アンカー体周辺地盤の応力図

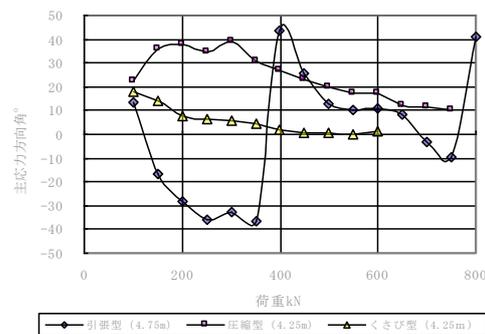


図5 主応力方向角
(アンカー体より25cm離れた地盤内で測定)

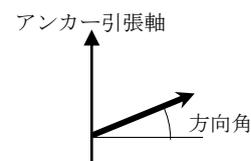


図6 方向角説明図

その後孔壁に直交する方向に徐々に転ずるが、摩擦（引張）型のような荷重作用点の移動は認められない（図3）。

(3) くさび型アンカー（図1c）

くさび型では一様に幅広い圧縮帯が形成されている。主応力方向は孔壁にほぼ直交し、主に定着地盤の支圧強度に支持されることがわかる（図5の△印）。圧縮型と同様、荷重作用点は一定するが、アンカー体先端付近に作用する引張応力は圧縮型の1/10程度と小さいのが特徴的であり、アンカー体拘束具による荷重分散効果によるものである（図4）^{4, 5)}。

3. アンカー体壁が平滑な場合の引抜き耐力

写真1は鋼管（ ϕ 139.8mm, $t=4.5$ mm, 長さ2m）内で引張型アンカー体（長さ1.5m）の引抜き試験を行った例であり、アンカー体に図1aで示したような引張り力が働くことから、グラウトと鋼管内壁が容易に剥離し、荷重50kNで簡単に引き抜けた。

すなわち、アンカー孔壁の引張方向における平滑度が高い場合は、このような現象を招きやすいことを示唆するものである。

これに対し、くさび型では（写真2）、孔壁方向にくさび力が働くことから荷重450kNで鋼管を引きずるように引き抜けており、引張型との違いが明瞭である。

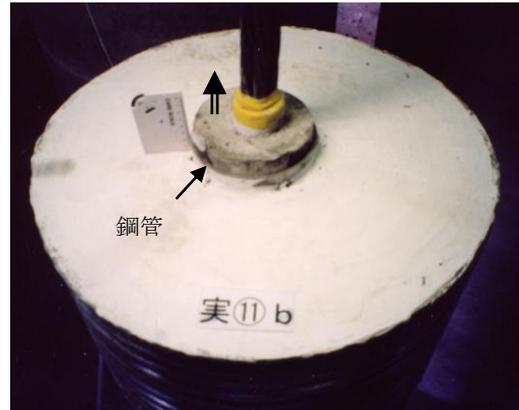


写真1 摩擦（引張）型アンカー引抜き状況

4. 削孔径90mmのアンカーが引抜きやすい要因

表1, 2はアンカー孔径と定着地盤の強度に応じた定着長を試算したものであり、テンドンの径などから、荷重300kN以下はアンカー孔径90mm, 荷重500kN以上はアンカー孔径115mmとした。摩擦強度 τ は定着地盤の一軸圧縮強度 q_u の1/10と仮定した。

その結果、アンカー孔径90mmの場合は、概ね定着長が3m程度となるケースが多いことがわかる。設計荷重が小さいことは抑止土塊厚も薄く、したがって、掘削全長は7~10mと短いことが想定される。

このような状態ではアンカー孔の曲がりほとんどなく、良好な地盤であれば平滑度の高い孔壁が形成され、上記写真1のような現象を生じやすいことが考えられる。

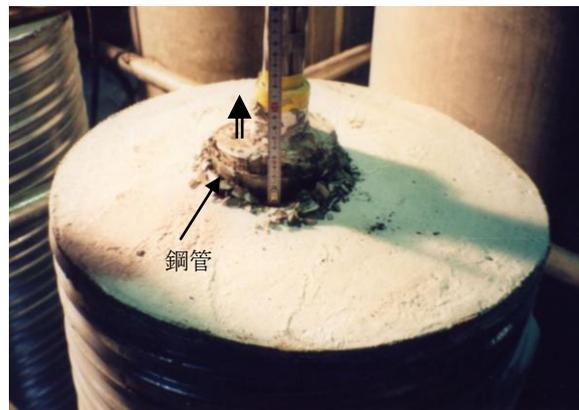


写真2 くさび型アンカー引抜き状況

表.1 アンカー孔径90mm時の定着長(m)

設計荷重kN	τ N/mm ²		
	0.3	0.6	1
100	3.0	3.0	3.0
200	5.9	3.0	3.0
300	8.8	4.4	3.0

表.2 アンカー孔径115mm時の定着長(m)

設計荷重kN	τ N/mm ²		
	0.3	0.6	1
500	11.5	5.8	3.5
600	13.8	6.9	4.2
700	16.2	8.1	4.8

5. 摩擦型アンカーの引抜けに対する対策

摩擦型アンカーにおいて，“一般に地山がよい場合は圧縮型，悪い場合は引張型が適している”といわれている。

裏を返せば，“地山がよい場合に定着長の短い引張型を設計したり，地山が悪い場合に定着長の長い圧縮型を設計することは引き抜け事故を招く危険性が高い”ことを示すものである。第2，3項に示した実験結果はこれらを裏付けるものといえる。

対策として，引張型では図1aに示す局部的かつ不規則に働く摩擦抵抗をできるだけ多く確保できるよう，定着長を長くするか，拡孔方式との併用が必要と思われる。あるいは，定着長が短くなる場合は摩擦（圧縮）型やくさび型を採用することが望ましい。

圧縮型では，特に軟質地盤において，設計荷重に応じて定着長を長くしなければならない場合が生じ，図1bのようにアンカー体先端部から順次破壊する恐れがあり，設計上の定着長はできるだけ短くする必要がある。

6. 終わりに

アンカー工法が地すべり対策工として本格的に採用されてから30年程度が経過するものと思われる。しかし現状認識として，“アンカーの定着耐力の大きさは地盤条件，定着長の長さ，アンカー定着体の構造（引張型とそのシースの材質，圧縮型）および施工方法（削孔方法，注入方法）などによって大きく左右されるので，理論的に明解にその耐力を算定することができないのが現状である”⁸⁾といった意見もある。

今後，定着機構に関してさらなる研究が必要であるが，少なくとも定着システムに応じた定着長の算出方法を見直すべき段階にきているものと思われる。あるいは，工法採用において目先の経済性が優先される傾向にあるが，メンテナンス費増大が懸念されており，支持機構を踏まえた上で，品質要求を満たす工法の採用や設計を心がけるべきである。

その他，設計に際して既往の基準書（仕様書）にとらわれるケースが多いが，現場の意見を積極的に取り入れるなど，エンジニアとしての意識の転換も求められるほか，現場サイドも適正な工事ができるよう，設計側に積極的に働きかける必要性が感じられ，関係者に善処をお願いしたい。

【質問事項】

基本調査試験時のアンカー体構造は，本施工で予定しているものと同一仕様とすべきではないでしょうか？

参考文献

- 1) 浜野浩幹・瀬崎茂，くさび型アンカー工法，理工図書，2006.5.
- 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，地盤工学会論文報告集，2005.10.
- 3) 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，第44回地すべり学会講演集，2005.8.
- 4) くさび型アンカー工法研究会，くさび型アンカー工法設計施工指針，2007.8
- 5) (財)砂防・地すべり技術センター，建設技術審査証明（砂防技術）報告書 くさび型アンカー工法，2007.5.
- 6) (社)日本アンカー協会，グラウンドアンカー施工のための手引書，P103，2004.8.
- 7) (社)地盤工学会，グラウンドアンカー設計・施工例，工法編目次，2006.1.
- 8) 山田邦光，グラウンドアンカー工法 設計施工指針，P57，2000.8.