

論文

[1208] ハイパックアンカーのグラウト強度と周面摩擦抵抗に関する研究

正会員 出光 隆 (九州工業大学工学部)

正会員 ○高山俊一 (九州共立大学工学部)

下岸正史 (九州工業大学大学院)

阿比留孝行 (新技術工営株式会社)

1. まえがき

近年、構造物を地盤に定着させるアンカー工法は、仮設物用および永久構造物用として、例えば、土留壁の地山への定着、擁壁の転倒とすべりの防止、鉄塔基礎の引抜き防止等多くの工事で用いられている。しかしながら、従来型のアンカーを永久構造物に使用する場合、地盤によってはグラウトの流失やブリージングの影響等が考えられ、常に安定した品質を確保することは難しい。ハイパックアンカー（以下、HPアンカーと呼ぶ）は、それら不安定要素を取り除き、確実な施工と高品質の確保を目的として開発されたものである。同アンカーは、定着部に力学的性質・耐薬品等に優れたアラミド織布袋を取り付け、その中にグラウトを加圧注入して製作される。

筆者らは、まず、加圧脱水されたアンカー体内でのグラウトの品質改善の程度を調べ、次いで、コンクリートで作製した模擬岩盤中にHPアンカーを打設して引抜き試験を実施し、その力学的特性を調べた。それらの結果を踏まえて、実際の岩盤に試験施工を行い、その優位性を確かめた。

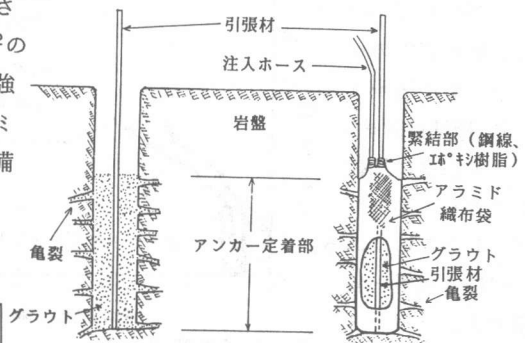
2. HPアンカー工法の特長

図-1にHPアンカーと従来型アンカーの概略図を示す。同図(a)に示す従来型アンカーは、地盤中に削孔した孔中にPC鋼線やPC鋼棒等の引張材を挿入し、その先端部にグラウトを注入して固定するものである。したがって、これを亀裂の多い岩盤などに用いる場合、グラウトが流失することが多く、グラウト量の管理は難しい。また、永久アンカーとして用いた場合、グラウトに引張りによるひび割れが発生し易いため、長期安定性が問題とされている。

同図(b)に示すHPアンカーはそれらの問題点改善を目的として開発されたものである。工法的な特徴は、アラミド織布袋をPC鋼棒定着部にエポキシ樹脂と番線とで緊結することにある。その際、グラウト注入用ホースも同時に取り付けておく。このことにより、事前にグラウト量を確実に予測することができる。また、注入したグラウトを加圧することにより、アンカー体は定着地盤に密着し、グラウトの品質も著しく改善される。加圧時には、余剰水は10~15 kgf/cm²の高い圧力がかかるから、織布袋用として高引張強度・高変形能を有する素材が要求される。アラミド繊維は、それらの織布袋として必要な性質を備えている。表-1にその諸性質を示す。

表-1 アラミド繊維の諸性質

密度 g/cm ³	引張強度 (kgf/mm ²)	引張弾性率 (kgf/mm ²)	破断伸度 (%)
1.39	310	7100	4.4



(a) 従来型アンカー (b) ハイパックアンカー
図-1 ハイパックアンカーと従来型アンカーの概略図

力を保ち、余剰水を絞りだした。その際、アラミド織布袋の編目は密なため、セメント粒子は流失しなかった。グラウト注入後約2週間で引抜試験を実施し、引抜き荷重、鉄筋およびグラウト部の模擬岩盤との相対変位量等を測定した。

(2) 結果および考察

表-2に引抜試験結果を示す。表中の破壊時平均付着応力は、引抜き荷重を孔壁面積および鉄筋の公称断面積で除して算出した。塩化ビニール管による場合、孔壁面は滑らかに、凹凸なく仕上がる。従来型アンカーでは孔壁面とグラウトが接するため、付着強度は比較的大きく(15 kgf/cm²以上)、破壊形式は鉄筋の付着破壊(ふし頭を連ねる円筒面でのグラウトのせん断破壊)であった。それに対し、HPアンカーでは孔壁とグラウトとの間にアラミド織布が存在するため、その面で付着破壊が生じ、付着強度は大きいものでも5kgf/cm²と著しく小さくなった。実際に地盤・岩盤にボーリングした場合、孔壁面にはカッターによる凹凸が生じるが、塩化ビニール管による方法ではその凹凸が再現できていない。そのため以後の実験では、実際にコンクリート中にボーリング孔をあけることとした。

ボーリング孔による実験の結果、従来型アンカーの最大引抜き荷重は、破壊形式が鉄筋の付着であるため、塩化ビニール管の場合とほとんど変わらないのに対し、HPアンカーのそれはけた違いに増加し、従来型アンカーの2倍程度となった。破壊形式は塩化ビニール管の場合と同じであるが、付着強度が

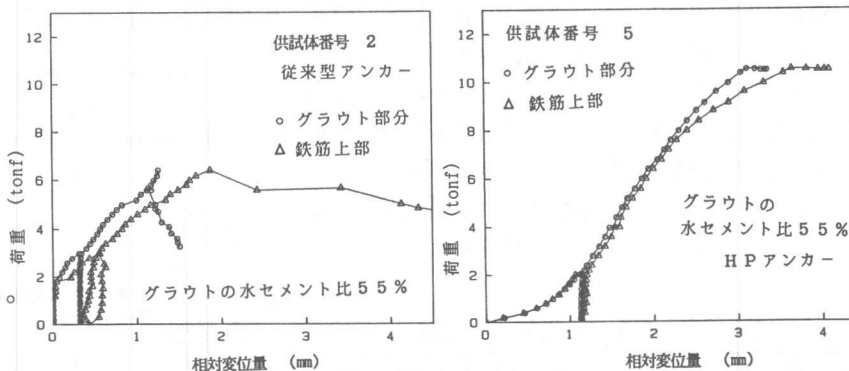
孔壁凹凸の効果により32kgf/cm²と著しく高くなったためであり、この値は注入時のグラウトの水セメント比が10%程度変化してもほとんど変化していない。供試体番号5,6および7の場合、鉄筋の降伏が生じている。

また、鉄筋の付着破壊が生じないのは、織布袋中のグラウトが加圧脱水され、標準供試体グラウト強度に比較して著しく高強度化されたためである。

引抜き荷重と鉄筋およびグラウトの相対変位量との

表-2 引抜き試験結果

アンカーの種類	供試体番号	孔の作製方法	グラウト w/c %	標準供試体グラウト強度 kgf/cm ²	アンカー長 cm	引抜き荷重 tf	破壊時平均付着応力 kgf/cm ²	破壊形式
従来型アンカー	1	塩ビ管	55	256	23.0	6.4	14.8	鉄筋の付着破壊
	2	ボーリング	55	256	22.2	6.4	15.3	
HPアンカー	3	塩ビ管	55	224	29.5	0.6	1.1	孔壁面での付着破壊
	4	塩ビ管	45	286	28.7	2.9	5.4	
	5	ボーリング	55	256	20.0	11.5	30.5	
	6	ボーリング	45	318	19.0	11.8	32.9	
	7	ボーリング	45	286	30.0	10.5以上	—	



(a) 従来型アンカー (b) HPアンカー

図-5 引抜き荷重と相対変位量の関係

3. HPアンカー体のグラウト強度試験

(1) 試験方法

注入圧力とグラウト強度の関係を調べるため、図-2に示す装置を用いてHPアンカー供試体を作製した。図中の塩化ビニール管はボーリング孔をシュミレートしたもので、岩盤の亀裂を想定してφ1mmの穴を16個開けている。供試体はグラウトの水セメント比を50%および70%の2種類、注入圧を0、5、10、15kgf/cm²の4種類、それぞれ変化させて製作した。織布袋中にグラウト注入後約2分間注入圧を保ち、加圧脱水した。その後、20℃水中で4週間養生した後、各アンカー供試体から、直径と高さの比が1:2の円柱供試体を切り出し、圧縮強度試験を実施した¹⁾。また、比較のため、φ5×10cmの通常の円柱供試体も作製した。

(2) 結果および考察

図-3に圧縮試験結果を示す。5~15kgf/cm²で加圧脱水され、さらにブリージングの減少のためグラウトの強度は、そのままのグラウトの強度（標準強度）に比べてw/c=50%では2.2~2.6倍、w/c=70%では3.3~4.4倍となっている。このことから、水セメント比が大きく、フロー値の高いグラウトでも織布袋に注入し10kgf/cm²以上の圧力で加圧脱水すれば900kgf/cm²以上の高強度を得られることが明らかとなった。

注入圧0kgf/cm²の場合の強度が、約600kgf/cm²となり標準強度に比べて大きくなっているのは、実際には注入時に2~3kgf/cm²の圧力がかかり脱水作用が生じたためと考えられる。

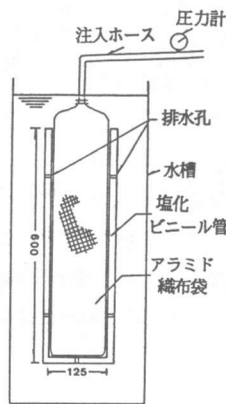


図-2 HPアンカー供試体

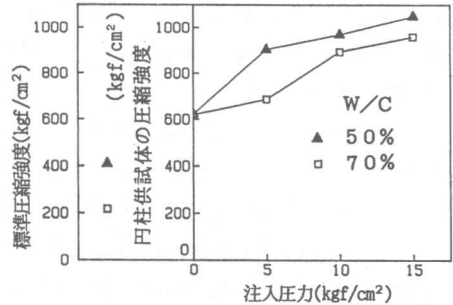


図-3 グラウトの強度試験結果

4. HPアンカーの模型引抜き実験

HPアンカーの周面摩擦抵抗はグラウトと孔壁面との間にアラミド織布袋が介在する。従来型アンカーとは様相が異なるものと予想される。そこで模型引抜き実験を実施して両者の力学的特性を比較検討した。

(1) 実験方法

HPアンカーの引抜き試験概要を図-4に示す。直径28cm、高さ35cmの鋼製缶中に、圧縮強度360~400kgf/cm²のコンクリートを打設して模擬岩盤とした。アンカー孔のあけ方としては、予め設置していた塩化ビニール管（外径60mm）をコンクリート硬化後に引き抜く方法、およびボーリング掘削機を用いて直径60mmの孔を穿孔する方法とした。アンカー供試体はHPアンカーと従来型アンカーの2種類とした。引張鋼材には、いずれの場合もD19mmの異形鉄筋（降伏強度3800kgf/cm²）を使用した。上縁から5cmの部分にはアンボンド区間を設けた。HPアンカーのグラウト注入圧力は10kgf/cm²とし、注入後約2分間その圧

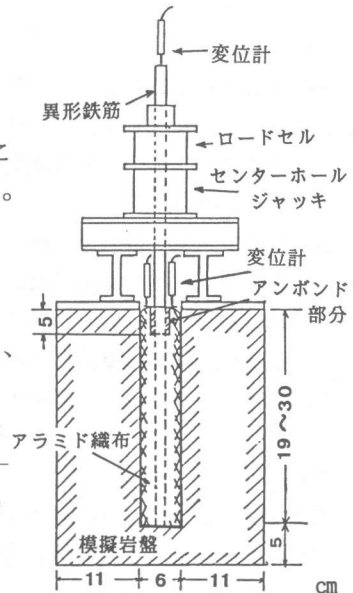


図-4 引抜き試験概略図

関係を図-5に示す。従来型のアンカーとHPアンカーの相違点は、前者では相対変位が荷重初期に極めて小さく、引抜き荷重2~6tf間で急増するが、後者では逆に荷重初期の増加が大きく、3tf以後ではむしろ小さくなる。また、前者では、鉄筋とグラウト間の相対変位が荷重初期から生じ、最終的には6.4tfで鉄筋の抜け出しにより破壊したが、後者では約8tfまでほとんど鉄筋の抜け出しは見られなかった。他の供試体についても同様な結果が得られた。これは前述したようにHPアンカーではグラウトと孔壁面が直接に接していないためと考えられる。実際のグラウンドアンカーでは、施工時に、予め引抜き耐力の1/3程度の張力をジャッキ等で与えてセットするから、初期の相対変位が問題となることは少ない。

5. 実地盤での引抜き実験

以上の結果を基に、実際に、風化頁岩中に、PC鋼棒(φ26mm、降伏強度9500kgf/cm²)を使用し、孔径11.5cm、全長500cm、定着部100cmのHPアンカーおよび従来型アンカーを打設して引抜き試験を実施した。図-6にその結果を示す。両者の最大引抜き荷重は、HPアンカー48tf、従来型アンカー24tfとなり、基礎実験通り前者の有利性が確かめられた。なお、HPアンカーの付着強度は13kgf/cm²と、模型実験の場合の1/2弱の値を示した。HPアンカー自体の品質は、多少条件が変化しても変動しにくいと考えられるので、付着強度に影響を与えるのは、主として岩盤・地盤の種類、強さ等、アンカー体を支持する側の特性と考えられる。今後、付着強度と岩盤・地盤の特性(例えば圧縮強度、N値、弾性波速度など)に関するデータを蓄積して行けば、これまで不確実とされてきたアンカー工法を確実な工法に変えることができる。

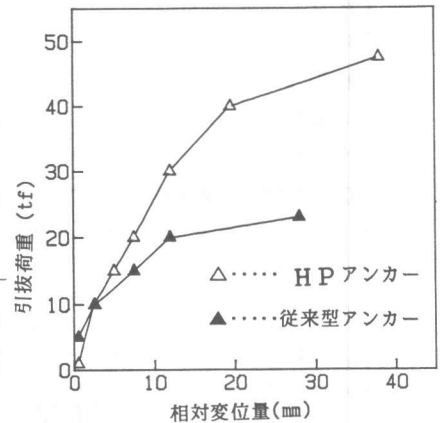


図-6 現場実験での引抜き試験結果

6. まとめ

本研究結果をまとめると以下の通りである。

- (1) HPアンカーでは、グラウトは織布袋に注入され、10kgf/cm²以上の圧力で加圧脱水され、さらにブリージンの減少のため、水セメント比を50%以上としても900kgf/cm²以上の高強度が得られる。
- (2) HPアンカーの引抜き耐力は孔壁面の粗さ、凹凸等に大きく影響される。しかしながら、実際のボーリング孔壁面に生じる程度の粗さと凹凸があれば、例えば強度360~400kgf/cm²のコンクリートに匹敵する岩盤では約30kgf/cm²、風化頁岩では13kgf/cm²の付着強度がそれぞれ期待できるものと考えられる。
- (3) HPアンカーは、従来型アンカーに比べて確実な施工が可能で、引抜き耐力も倍増する。

参考文献:

- 1) 出光 隆、松竹和久、坂田 巧: アラミド織布袋を用いて補強したグラウンドアンカー定着部グラウトの強度特性、昭和62年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、昭和63年3月、P. 588~589