

# 論文 ナイロン織布を用いたハイパックアンカーの適用性

高山 俊一\*1・阿比留 孝行\*2・佐々木 孝一\*3・田村 富雄\*4

要旨：模擬岩盤（コンクリート製）を用い、アンカー体をナイロン織布で覆ったハイパックアンカーの引抜試験を行った。ナイロン織布を用いたハイパックアンカーの最大引抜荷重は、900 kN以上を示したものもあり、アラミド織布の場合と同程度の織布としての品質を有しているものと考えられる。特に、ナイロン織布C、DおよびEは、ハイパックアンカーの織布として十分に使用できるものと考えられる。しかしながら、アラミド織布の場合に比較し、ナイロン自体が滑らかであるため、ナイロン織布の場合の引抜量は、若干増加するものと考えられる。

キーワード：アンカー、繊維、ナイロン織布、基礎の安定

## 1. まえがき

構造物を地盤に定着させるアンカー工法は、土留壁の地山への定着、擁壁の転倒防止等多くの工事で用いられる。アンカーは、グラウトを注入して固定するため、砂、砂利の多い地盤や亀裂の多い岩盤ではグラウトが流出し、アンカーの確実性が得られにくい。そこで、アンカー体を丈夫な織布で覆いグラウトが流出しない様にしたアンカーがハイパックアンカーである。本研究では、コンクリートで作製した模擬岩盤中にアラミドとナイロンの各織布で作ったアンカー体を打設し、引抜試験を実施して両者の力学的特性を比較した。

## 2. 実験の概要

### 2.1 実験方法

ハイパックアンカー(以下、HPアンカーと略す)は、水が織布から排出されるがセメントはあまり排出されず、圧力1.0N/mm<sup>2</sup>を十分に保持できれば、(以下、HPアンカーと略す)、アンカー体の強度が増大し、引抜き耐力も大きくなる[1]。ナイロン織布ではどのような織り方や厚み等の場合がHPアンカーに適しているか検討するため、コンクリート製の模擬岩盤を用いたHPアンカーの引抜試験を行った。引抜耐力を比較するため、数年実験を行い安定した織布であると考えられるアラミド織布を用いたHPアンカーも作成し、同様に引抜試験を行った[2]。織布はアラミド繊維を

表-1 ナイロン織布の織り方および単位重量

種類	織り方	内径 mm	組 織		単位重量 g/cm
			タテ	ヨコ	
A	平織り	140	1890/2X2X400	1890/4X38P (7560dX38本/10cm)	5.54
B	平織り	140	1890/2X2X400	1890/4X42P (7560dX42本/10cm)	6.00
C	平織り	154	1890/2X2X400	1890/4X38P (7560dX38本/10cm)	5.67
D	2/1 綾織り	140	1890/2X2X400	1890/4X37P (7560dX74本/10cm)	6.83
E	1/2 綾織り	140	1890/2X2X400	1890/4X37P (7560dX74本/10cm)	6.83
F	2/1 綾織り	140	1890/2X2X400	1890/4X42P (7560dX84本/10cm)	7.68
G	1/2 綾織り	140	1890/2X2X400	1890/4X42P (7560dX84本/10cm)	7.67
H	2/1 綾織り	140 160	1890/2X2X400	1890/4 (7560d)	5.09
I	1/2 綾織り	140 160	1890/2x2x400	1890/4 (7560d)	5.15
J	2/1 綾織り	140 160	1890/2x2x400	1890/4 (7560d)	5.21

織布の設計破壊強さ 2.0N/mm<sup>2</sup>  
 使用繊維 Ny66(1890d)、組織タテ 3780dX800本  
 アラミドの単位重量 2.52g/cm

- \*1 九州共立大学 教授 工学部 土木工学科, 工博(正会員)
- \*2 新技術工営(株) 代表取締役
- \*3 芦森工業(株) 防災開発部部长
- \*4 三井建設(株)技術研究所 副所長, 工博(正会員)

用いたものと、表-1で表すナイロン66(比重1.14、アルカリに対して耐久性有り)を用いたナイロン織布を使用した。同表には、織布の織り方、内径および単位重量を示す。ナイロンH、IおよびJの織布は、岩盤との付着を良くするために凸凹状態になっている。実験は、表-2に示すように、3シリーズに分けて行った。

## 2. 2 模擬岩盤およびアンカー体の作製

模擬岩盤は、現場で亀裂を有する岩盤を想定し、空隙の多いポーラスコンクリートで作成した。ポーラスコンクリートの配合を表-3に示す。ポーラスコンクリートは、空げきを多くするため細骨材を使用していない。円柱供試体から求めた岩盤の空げき率は13~16%であった。模擬岩盤の寸法は、直径が60.5cmで、高さがシリーズ1で80cm、シリーズ2および3では100cmとした。アンカー孔は打設前に塩化ビニール管(外径113mm、厚さ7mm)を鉛直に立て、コンクリート打設後に塩化ビニール管を引抜いて作製した。岩盤を強化するため格子状の異形鉄筋(D13、鉛直に4本、水平方向に8本、12cmピッチ)を孔の周辺に配置した。シリーズ3では、亀裂のない岩盤を想定し、普通のコンクリートでも岩盤を作製した。アンカー体は、グラウト注入の際にグラウトが流出しない様に、エポキシ樹脂で両端の織布を袋状態にした後、PC鋼棒はD26(公称直径25.71mm、降伏荷重566kN、引張荷重630kN、シリーズ1、2および3で使用)およびD32(公称直径31.50mm、降伏荷重833kN、引張荷重914kN、シリーズ3で使用)を使用し、1.8mmの針金で強く巻き付けて作製した。

アンカー体の概要を図-1に示す。グラウト注入は、φ2.13cmのホースをアンカー体の中央箇所まで挿入して行った。HPアンカー体を岩盤の孔中に入れ、水セメント比55%のグラウト(ハンドミキサにより十分に攪拌)を圧力1.0N/mm<sup>2</sup>と一定に保ち5分間保持して注入した。グラウトの注入から3~4週間養生後、センターホール型ジャッキ(1000kN)を用いて引抜試験を実施した。シリーズ3で、従来型アンカーではポーラスコンクリート岩盤にグラウトを注入してもグラウトが流出し、アンカー体の作成ができない。そこで、岩盤作成時の型枠を付けてグラウトの注入を行った。したがって、従来型アンカーでは、亀裂の無い岩盤と同一なもの

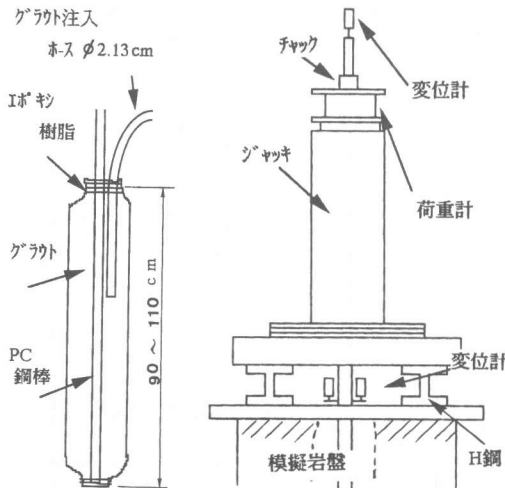


図-1 アンカー体の概要

図-2 引抜試験状況

表-2 各シリーズと岩盤・織布の種類

シリーズ	模擬岩盤の種類 ：寸法	織布の種類
1	φ60.5×80cm アンカー径 11.3cm ポーラスコンクリート	アラミド織布 ナイロン織布 A、B、C、D、E、F、G
2	φ60.5×100cm アンカー径 11.3cm ポーラスコンクリート	アラミド織布 ナイロン織布 A、B、C、D、E、F、G、 H、I、J
3	φ60.5×100cm アンカー径 11.3cm ポーラスコンクリート 普通コンクリート	アラミド織布 ナイロン織布 C、D、E、I アラミド織布 ナイロン織布 C、I

シリーズ1、2・・・PC鋼棒 D26を使用

シリーズ3・・・PC鋼棒 D26およびD32使用

表-3 コンクリートの示方配合

コンクリートの種類	W/C %	s/a %	単位重量 (kg/m <sup>3</sup> )				減水剤
			水	セメント	粗骨材	細骨材	
ポーラスコン	30		90	300	1988	0	0
普通	45	45	162	360	1060	819	3.6

となる。測定項目は、HPアンカー体の最大引抜荷重およびHPアンカー体の変位量である。引抜試験状況を図-2に示す。変位量はアンカー体および鋼棒先端の2箇所に取り付けた変位計によって測定した。また、ナイロンの織り方が種々異なるため注入圧1.0N/mm<sup>2</sup>で5分間保持した場合の水およびセメントの排出量を測定した。表-4に岩盤のコンクリートおよびグラウトの強度を示す。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 織布からの水およびセメントの排出

アンカー体にグラウトを圧力1.0N/mm<sup>2</sup>で注入し、織布から水およびセメントがどの程度排出されるか調べた。表-5に水およびセメントの排出量を示す。同表によると、ナイロン織布D、F、H、IおよびJでは、セメントの排出量が大きい。織布の織り目が荒いかまたは薄く織られていることなどが考えられる。織り方の違いでは、平織りの場合に比べて、綾織りの場合、セメントの排出量が多い。ナイロンHおよびJでは、グラウト注入時に繊維の間からグラウトが噴出する現象が発生し、圧力を所定まで上げることができなかった。アラミド織布での排水量に比べ、ナイロン織布A、B、C、D、E、H、IおよびJの場合のそれは、同程度か、多くなっている。織布がHPアンカー用として適するためには、孔中に織布を挿入する際、岩盤の鋭利な角や突起などで織布が裂けない程度の丈夫さと、注入圧力1.0N/mm<sup>2</sup>で水とわずかなセメントを通す程度の厚さのものが良いものと考えられる。ナイロン織布B、CおよびEの場合の排水比（排水量/アンカー体の重量）は、アラミド織布の場合のそれに比較的近い値を示し、セメントの排出量も少ないため良好な織布であるものと考えられる。

#### 3.2 引抜荷重と変位量の関係および最大引抜荷重

##### (A) 高さ80cm（シリーズ1）の模擬岩盤による引抜試験

引抜試験結果を表-6に示す。アラミド織布を用いたHPアンカーの最大引抜荷重は、630kNであった。PC鋼材はすでに降伏点に達しているものと考えられる。アンカー体に若干のひ

表-4 コンクリートおよびグラウトの強度

岩盤コンクリートの種類		N/mm <sup>2</sup>	グラウトの強度 N/mm <sup>2</sup> (φ5×10cm)
ポラスコンクリート	普通コンクリート		
12.0~17.0	48.0~61.0	53.0~62.0	

表-6 シリーズ1でのアンカーの最大引抜荷重および引抜状況

織布の種類	最大荷重 kN	引抜状況
アラミド織布	630	鋼棒は降伏点に達し、アンカー体に多少のひび割れが生じた。アンカー体の引抜けはほとんどみられなかった。
ナイロン織布	A 180	引抜けはアンカー体と孔壁面とのすべりによって生じた。岩盤に亀裂は起こらなかった。
	B 291	アンカー体を約3.5cm引抜いたが、岩盤に亀裂は起こらなかった。
	C 350	アンカー体を約6.8cm引抜き、岩盤に0.15mmのひび割れが、1本入っていた。
	D 380	アンカー体を約15cm引抜き、岩盤に幅9mmのひび割れが2本でき、岩盤の下まで続いていた。
	E 330	アンカー体を17.2cm引抜き、岩盤には多数のひび割れが生じ、岩盤の下まで続いていた。
	F 324	アンカー体を17.6cmほど引抜き、岩盤には幅3~5mmのひび割れが多数生じた。
	G 300	アンカー体を13.9cm引抜き、対角線上に幅約6mmのひび割れが発生した。

表-5 織布からの水およびセメントの排出試験

織布の種類	アンカー体の重量 kg	排水量 kg	排出したセメント量 kg	排水量の重量 kg	排出した水の色	
アラミド	25.27	4.97	0.08	0.195	少しの濁り	
ナイロン	A	31.11	5.80	1.74	0.186	黄褐色
	B	29.33	5.40	0.04	0.184	黄褐色
イ	C	36.91	7.26	0.06	0.197	黄褐色
	D	28.39	4.56	3.62	0.161	黄褐色
ロ	E	28.93	6.88	0.64	0.238	黄褐色
	F	29.93	3.76	2.12	0.126	黄褐色
ン	G	29.57	4.76	0.40	0.161	黄褐色
	H	29.46	6.82	10.3	0.232	灰色
	I	34.28	11.1	29.3	0.324	灰色
	J	34.80	8.02	8.78	0.230	灰色

びわれが発生した。他方、ナイロン織布を用いたHPアンカーの最大引抜荷重は、300~380 kNであった。ナイロン織布の場合のHPアンカーの破壊は、アンカー体の引抜けおよび岩盤のひびわれ発生によるアンカー体の引抜けによって発生した。アンカー体の長さが不足したために、アンカーの引抜け破壊が生じたものと考えられる。したがって、シリーズ2, 3では、アンカー体の付着力が十分取れる様に、岩盤の高さを100 cmとして実験を行った。

(B) 高さ100 cm (シリーズ2, 3) の模擬岩盤による引抜試験

図-3および図-4には、シリーズ2の結果の引抜荷重と変位量(アンカー体の上部で測定)の関係を示す。同図によると、アラミド織布の場合の荷重-変位量曲線に対し、一般に、ナイロン織布の曲線は、ゆるやかな傾きを示している。特に、B, GおよびFの場合は変位量が大きく、荷重増加とともに引抜けが生じているものと考えられる。アンカー体と孔内面との付着が良好でない場合、すなわちアンカー体がすべりやすい場合には、必然的に変位量が増加するものと考えられる。排水試験で、織布からセメントが比較的多く排出したナイロンAおよびFの場合は、引抜荷重300 kNまでは変位量が小さく、アラミド織布の場合にほぼ同様な曲線である。AおよびFの織布の場合、セメントが排出したことで付着が良くなったものと考えられるが、アンカー体自体の強度には結びつかずに、引抜荷重がそれほど大きくならなかったものと考えられる。HおよびJの場合は、織布からセメントが流出したこともあり、変位量はアラミドの場合と同程度に小さい。

シリーズ2場合の引抜試験結果を表-7に示す。同表でアラミド織布を使用した場合の最大引抜荷重は582 kNであったが、ナイロン織布FおよびGの場合の最大引抜荷重は450 kN以下であった。しかしながら、ナイロン織布C, E, H, IおよびJの場合の最大引抜荷重は、PC鋼棒の降状荷重(566 kN)を上回っており、アンカー体と孔壁との一体性が十分に確保されたため、高い引抜荷重を示したものと考えられる。

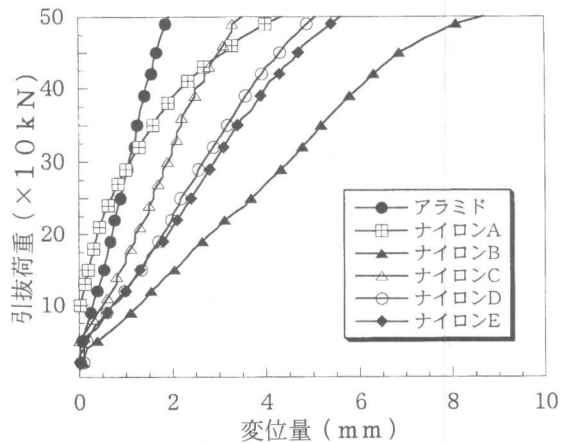


図-3 引抜荷重と変位量(アンカー体の上部で測定)

表-7 シリーズ2でのアンカーの引抜試験結果

織布の種類	最大荷重 kN	アンカーの長さ cm	孔とアンカーの付着応力 $N/mm^2$	破壊状況
アラミド	582	88.0	1.86	引抜き時岩盤に亀裂発生
ナイロン	A	507	1.64	引抜き時岩盤に亀裂発生
	B	497	1.65	引抜き時岩盤に亀裂発生
	C	564	1.83	引抜き時岩盤に亀裂発生
	D	534	1.73	引抜き時岩盤に亀裂発生
	E	571	1.84	引抜き時岩盤に亀裂発生
	F	446	1.47	引抜き時岩盤に亀裂発生
	G	365	1.22	引抜き時岩盤に亀裂発生
	H	580	1.89	グROUT注入時, 10気圧保持不可
	I	650	2.12	引抜き時岩盤に亀裂発生
	J	584	1.90	グROUT注入時, 10気圧保持不可

A~Jでの破壊は、アンカー体引抜けによって生じた  
 アラミド使用の場合は、鋼棒の破断  $\frac{\text{最大荷重}}{\text{アンカー体付着断面}}$   
 孔とアンカーの付着応力度計算式

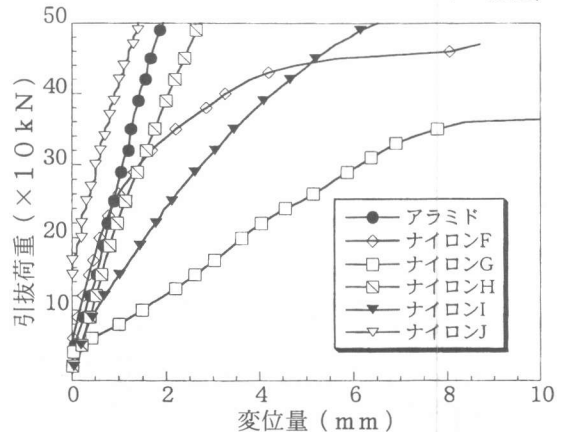


図-4 引抜荷重と変位量(アンカー体の上部で測定)



表-8にはシリーズ3の最大引抜荷重と破壊状況を示す。同表によると、ポーラスコンクリートで作成した岩盤で、ナイロン織布を用いたHPアンカーの最大引抜荷重は800kN以上を示し、アラミド織布および従来型アンカー（袋を使用していない）での最大引抜荷重とほぼ同程度の強さがみられた。ナイロン織布C、DおよびEは、袋の厚さも比較的有しており、アンカー孔内に織布のアンカー体を挿入する際、裂けにくいものと考えられる。コンクリート岩盤での最大引抜荷重は、これまで述べてきたポーラスコンクリート岩盤の場合に比べ、20～40%ほど小さくなっている。アラミド織布の場合、グラウト注入時に織布が裂けて注入圧1.0N/mm<sup>2</sup>の保持ができなかったことおよびグラウトの流失のため、最大引抜荷重が213kNと著しく小さくなった。コンクリート岩盤の場合、HPアンカーでは織布から排出した水が孔壁面と織布の間に存在すると、逆に引抜荷重が小さくなる。しかしながら、悪い条件の場合でも、ナイロン織布CおよびIでの最大引抜荷重が370kNおよび400kNであったことは特筆すべきであると考える。

表-8 シリーズ3での最大引抜荷重および破壊状況

岩盤の種類	織布の種類	最大荷重 kN	破壊状況
ポーラスコンクリート	アラミド	783	アンカー体は60tfくらいまでは、引抜けは起こらなかったが、大きな引抜けが生じた後荷重増加と共に少しずつ引抜けが起こった。岩盤に1本の亀裂が入った。
	無し従来型	870	岩盤に亀裂は見られなかった。
	ナ C	923	岩盤に亀裂はみられず、アンカー体はわずかな引抜けしか認められていない。
	イ D	880	アンカー体は約80tfから少しずつ引抜け、最大荷重が約88tfになるとかなり抜けた。
	ロ E	836	アンカー体は60tfまでは、全く変化が見られなかったが、80tfくらいからわずかに引抜けた。岩盤には亀裂はみられなかった。
ン I	899	89.9tfで大きな音を発して最大荷重を示した。岩盤に亀裂は見られなかった。	
普通コンクリート	アラミド	213	HPアンカー体に空隙が見られた（グラウト注入時にグラウトが織布から噴出し10気圧保持出来なかった）アンカー体の引抜けが生じた。
	ナイロン C	373	荷重と共にアンカー体の引抜けを生じた。
	ナイロン I	400	アンカー体は40tfまで荷重増加と共に少しずつ引抜け、40tf越えると引抜量が增加（グラウト注入時10気圧保持出来なかった。）

ポーラスコンクリートの場合、PC鋼棒はD32を使用

普通コンクリートの場合、PC鋼棒はD26を使用

#### 4. まとめ

これまで得られた結果をまとめて示す。

(1) ナイロン織布を用いたHPアンカーの引抜試験で、ナイロン繊維自体がなめらかであるため、変位量が若干大きくなる傾向がみられた。しかしながら、ナイロン織布の織り方や、布の厚さなどの工夫によって十分に改善されるものと考ええる。

(2) ナイロン織布のC、DおよびEは、HPアンカーの織布として使用できるものと考ええる。

#### 参考文献

[1] 出光隆、高山俊一、下岸正史、阿比留孝行：ハイバ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、コンクリート工学年次論文報告集、第12巻、第1号、pp.1193～1196、1990年

[2] 出光隆、高山俊一、橋本、阿比留孝行：ハイバックアンカーに関する基礎的研究、土木学会第44回年次学術講演会講演概要集、第6部、PP.248～249、1989.10

[3] 高山俊一、出光隆、杉浦友彦、阿比留孝行：アラミド繊維を用いて補強したグラウンドアンカーの引抜耐力、平成3年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、PP.836～837、1992.3

[4] 河原卓、鈴木将弘、高山俊一、佐々木孝一：ナイロン織布を用いたハイバックアンカーの適用性、平成8年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、PP.858～859、1997.3