

# 論文 グラウトに膨張材を混入した織布利用アンカーの定着性能

高山俊一\*<sup>1</sup>・牧角龍憲\*<sup>1</sup>・成富勝\*<sup>2</sup>・阿比留孝行\*<sup>3</sup>

要旨：筆者等は鋼材の先端部に織布を取り付け、その中にグラウトを注入して確実に定着体を形成するタイプのグラウンドアンカーを開発し、実用化してきた。本研究では、さらに一歩進めて、そのグラウトに膨張材を混入すれば、定着性能がどのように改善されるか、また、ボーリングの際、深さが増すほど径が大きくなるように岩盤を削孔すれば、その効果はどうなるか等について実験的検討を行った。その結果、適用範囲、施工性等に検討するべき点はあるが、何れの方法によっても定着性能を改善できることが明らかになった。  
キーワード：アンカー、織布、膨張材、収縮低減剤、削孔形状

## 1. まえがき

グラウンドアンカーの定着部を織布で覆い、その中にグラウトを圧入して密実な定着体を確実に施工する方法が実用化されている。本研究では、その際、①グラウトに膨張性を持たせる、②定着部の孔径を深さ方向に拡幅する(以下、傾斜削孔と呼ぶ)、等の方法でアンカーの定着性能の向上がはかれぬかを実験的に検討した。

まず、膨張材混入グラウトの膨張特性を調べた後、コンクリートを用いて作製した模擬岩盤に、実際に、種々の織布利用アンカーを設置した。次いで、引抜き試験を実施して引抜き荷重～引抜き量の関係、引抜き耐力などを求め、それぞれの定着性能を調べ、①、②の方法の有用性を検討した。

## 2. 実験の概要

実験は表-1に示す様に2シリーズに分けて行い、同表に岩盤の種類、膨張材量を示す。膨張材は主成分が酸化カルシウム(比重3.14、粉末度3200cm<sup>2</sup>/g)である。グラウトの配合および流下時間を表-2に示す。グラウトの水セメント比は主に45%および48%とし、流動性を確保するために高性能減水剤(成分：ナフタリンスルホン酸高縮合物塩)を添加し、流下時間をJAロートで管理した。膨張材量はセメント量の0~15%の3~4種類とした。昨年の実験<sup>1)2)</sup>で、

表-1 実験の概要

シリーズ	岩盤の種類	織布の種類	膨張材量(%)
I	基本	ナイロン	8
		アラミト <sup>®</sup>	8
		アラミト <sup>®</sup>	
II	基本	ナイロン	0
		アラミト <sup>®</sup>	6 10 15*
	高強度	なし	0
		アラミト <sup>®</sup>	0 10 15*
傾斜削孔	アラミト <sup>®</sup>	0	
		6	
		10 15*	

表-2 グラウトの配合および流下時間

シリーズ	注入日	膨張材料(%)	W/C(%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )							流下時間(秒)
				水	セメント	膨張剤	炭酸カルシウム	高性能減水剤	収縮低減剤	消泡剤	
I	9/25	0	45	579	1303	0	0	7.8	0	0	21.9
		8	64	517	793	102	383	7.7	51	0.25	17.5
		15	64	515	702	191					17.6
II	11/25	0	45	579	1303	0	0	7.8	0	0	20.3
		6			1097	70				0.25	23.8
	12/9	10	48	503	150	117	188	10.5	47	0.35	32.8
		15			992	175					30.2

\*大型岩盤(φ89.5cm)

\*1九州共立大学教授 工学部土木工学科(正会員)  
\*2九州共立大学助教授 工学部開発学科  
\*3新技術工営(株)取締役社長

炭酸カルシウム微粉末(密度 $2.74\text{g/cm}^3$ 、比表面積 $8600\text{cm}^2/\text{g}$ )および収縮低減剤(ポリエーテル系、比重 $1.02$ 、 $\text{pH}7\pm 1$ )を添加したグラウトの膨張圧は、両者を混入しなかった場合に比べ、乾燥収縮による減少がほとんどみられなかった。したがって、グラウトに炭酸カルシウムおよび収縮低減剤を添加し膨張圧の安定を図った。しかしながら、実際のグランドアンカーは地中に覆われるため、乾燥しにくいものと考えられる。膨張圧を簡便に測定するために、鋼管(外径 $42.7\text{mm}$ 、厚さ $2.3\text{mm}$ 、長さ $230\text{mm}$ )による間接的測定法を用いた。鋼管は無継ぎ目管を使用し、長さ $23\text{cm}$ の約 $1/2$ の位置に2軸のストレインゲージ(FC A-2-11)を2枚貼付し、ブチルゴム系テープで防水処置を行った。グラウトの流動性はJAロータによる流下時間を測定し、目標流下時間は $16\sim 30$ 秒とし、ほとんどの測定が範囲内に入っていた。グラウトの強度は、ブリキ製の使い捨て型枠( $\Phi 5\times 10\text{cm}$ )を使用して行った。

織布は主にアラミド織布(アラミド繊維の密度 $1.39\text{g/cm}^2$ 、普通織り、質量 $252\text{g/m}^2$ )と、比較のためにシリーズIにてナイロン織布(ナイロン66を使用、耐アルカリ性、密度 $1.14\text{g/cm}^3$ 、質量 $567\text{g/m}^2$ )を使用した。

使用鋼材はD32mmのPC異形鋼棒(SBPR930/1080)で、降伏荷重が $833\text{kN}$ のものを使用した。

岩盤の種類は基本岩盤、高強度岩盤および傾斜削孔岩盤の3種類とした。基本岩盤は織布利用アンカーの特徴が得られやすいようにするた

め、ポーラスコンクリートを中央に挟み、上下層を高強度コンクリートで補強したものである。昨年、岩盤を全てポーラスコンクリートで作製した実験は、岩盤としての耐力が小さくなり<sup>1)</sup>、岩盤のひびわれのためアンカーの引抜き荷重が小さくなったことから、これを改めたものである。傾斜削孔岩盤の概要を図-1に示す。削孔は上部孔径が $9.2\text{cm}$ 、下部孔径が $11.2\text{cm}$ で孔の傾きが $\tan\theta=0.0143$ となり、下部ほど大きくなっている。

岩盤に使用したコンクリートの配合を表-3に示す。高強度岩盤および傾斜削孔岩盤は水セメント比40%の高強度コンクリートを使用した。

表-3 模擬岩盤コンクリートの配合

コンクリートの種類	W/C	s/a	単位量( $\text{kg/m}^3$ )				
			水	セメント	細骨材	粗骨材	
ポーラスコンク	30	—	90	300	0	1951	0
高強度コンク	40	45	157	400	796	1040	3.0

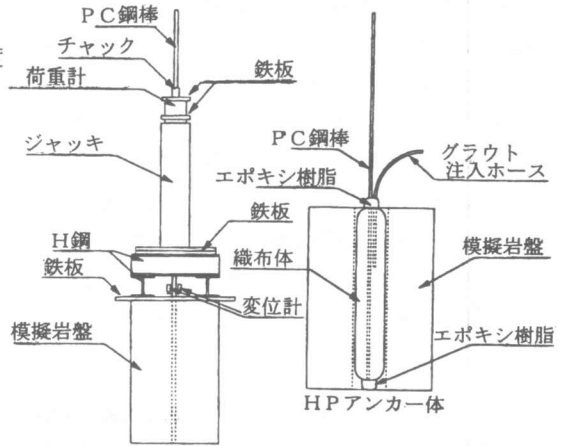


図-2 アンカー体および引抜き試験状況

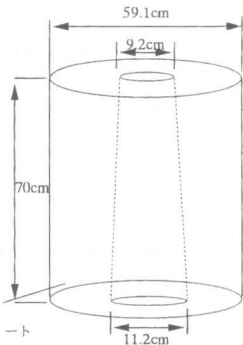


図-1 傾斜削孔岩盤の概略図

表-4 岩盤コンクリートの強度および空隙率

シリーズ	ポーラスコンクリート					高強度コンクリート			
	質量 (kg)	体積 ( $\ell$ )	単位体積 (t/m <sup>3</sup> )	空隙率 (%)	圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	質量 (kg)	体積 ( $\ell$ )	単位体積 (t/m <sup>3</sup> )	圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )
I	9.416	5.26	1.785	20	5.9	3.612	1.500	2.41	44.5
	9.856	5.27	1.873	24	6.8	3.742	1.544	2.42	52.8
II	9.88	5.35	1.824	20	6.4	3.669	1.491	2.44	43.9
	10.08	5.15	1.886	24	7.6	3.815	1.565	2.48	56.6

空隙率は次式より求める  $1.0 - \frac{\text{コンクリート単位質量}}{\text{配合}1\text{m}^3\text{の質量}} = 1 - \frac{\gamma_i}{2.341}$

アンカー孔は、打設前に塩化ビニル管(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ル管を引抜いて作製した。傾斜削孔岩盤は、鋼管(上部外径112mm、下部外径92mm)を鉛直に立て、高強度コンクリートを打設後、引き抜いて作製した。高強度岩盤にはΦ26mmの水抜き用の穴が12個開けてある。これはグラウトの注入は約1N/mm<sup>2</sup>の圧力で行うため、織布から水のみが排出され、この水がアンカー体と孔壁面の間に滞留せず、穴から外に排出させるものである。グラウトの注入は岩盤を作製後約1ヶ月で行った。

模擬岩盤の寸法は直径が59.1cm、高さが70cmであるが、シリーズⅡについては直径が89.5cm(容積が約0.445m<sup>3</sup>)の大型岩盤を作製し、グラウト中の膨張材量15%の混入アンカー用岩盤に使用した。岩盤は異形鉄筋(D13mm)を帯筋(18×18cm)に組立て(軸方向に4本、水平方向に8本、ピッチ8cm)、孔の補強のために配置した。大型岩盤には、帯鉄筋を孔周辺に2重(内側が18×18cm、外側が58×58cm)に配置した。

岩盤の強度試験は高強度コンクリートがΦ10×20cm、ポーラスコンクリートがΦ15×30cmの供試体をそれぞれ使用した。コンクリートの強度試験結果を表-4に示す。

図-2に模擬岩盤を用いたアンカーの引抜き試験状況を示す。変位計(CDP-25、感度1mmが500μ)をアンカー体の上部に設置し、荷重毎に引抜き量を測定した。アンカーの引抜き試験は、

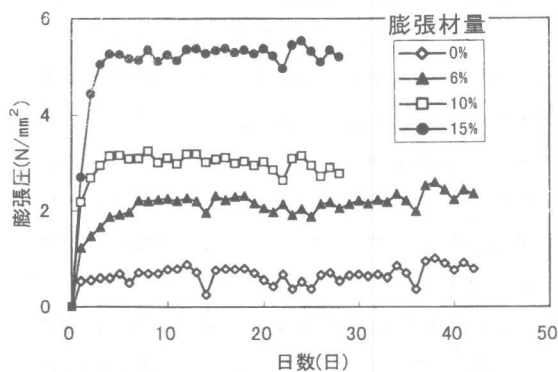


図-3 膨張圧と経過日数

グラウト注入後35~45日で行った。

### 3. 膨張材量と膨張圧

図-3は膨張材量が異なる場合の、膨張圧と経過日数の関係を示す。膨張圧は注入後14日ではほぼ一定の膨張圧に達している。膨張圧は

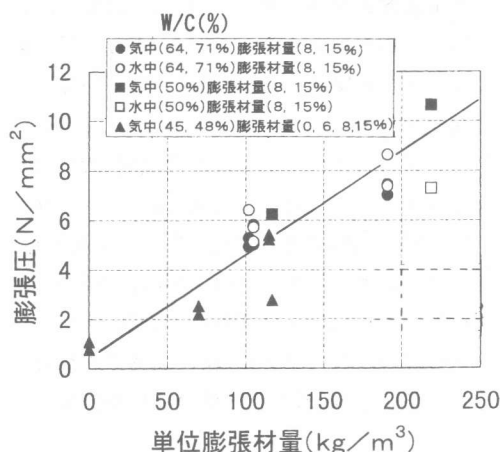


図-4 膨張圧と単位膨張材量

膨張材量が6%で2~2.5N/mm<sup>2</sup>を、10%で約3N/mm<sup>2</sup>を、15%で5~5.5N/mm<sup>2</sup>を示している。膨張圧は膨張材量が多くなるほど高くなり、比例関係が成立するもの考えられる。グラウト中に炭酸カルシウムおよび収縮低減剤を添加しているため、乾燥収縮による膨張圧の低減が小さく、効果が十分に認められるものと考えられる。実際のアンカーはアンカー体が地中にあるため、乾燥収縮が発生しにくいものとする。図-4は膨張圧と単位膨張材量の関係を示す。膨張圧は水セメント比に影響されず、単位膨張材量に比例して大きくなること分かる<sup>3)</sup>。

### 4. 引抜き試験結果と考察

#### 4.1 引抜き荷重と引抜き量の関係

図-5は岩盤および織布の種類が異なる場合の引抜き荷重とアンカー体の引抜き量の関係を示す。同図によると、ナイロン織布利用アンカーは同一荷重での引抜き量が、アラミド織布の場合に比べて大きいことが認められた。特に、引抜き荷重

が300kNを越えると、ナイロン織布での引抜き量が著しく増大している。これはナイロン繊維はアラミド繊維に比べて表面が滑らかであるためと考えられる<sup>4)</sup>。したがって、アラミド織布はアンカー用織布として優れていると言える。アンカー織布利用での岩盤の引抜き量は同一荷重と比較して基本岩盤の場合が最も大きく、傾斜削孔岩盤の場合が最も小さくなっている。引抜き量が最も大きい基本岩盤は、表-4に示されているように岩盤部分のポーラスコンクリートの空隙率が約20%であるため、引抜き量が荷重増加と共に大きくなったものと考えられる。図-6はシリーズIIで、膨張材量15%での岩盤の違いによる引抜き荷重とアンカー体の引抜き量の関係を示す。同一荷重での引抜き量は傾斜削孔岩盤でのアンカー体の場合が最も小さく、次に高強度岩盤の順となっている。傾斜削孔岩盤の孔形状は図-1

に示す様に上部の孔径が92mmで、下部の孔径が112mmであり、下部ほど大きくなっている。したがって、傾斜削孔岩盤ではアンカー体が岩盤孔にくさびのように挿入された状態となり、アンカー体の引抜き量が小さくなったものと考えられる。

図-7はシリーズIIで、膨張材量が異なる場合の引抜き荷重と引抜き量の関係を示す。引抜き量は膨張材量が多いアンカーほど小さくなっている。とくに、荷重が300~400kN以上になると、膨張材量が0%および6%のアンカーの引抜き量が增大している。したがって、アンカー中に混入された膨張材による膨張圧によってアンカー体と岩盤との一体性が向上し、引抜き量が減少したものと考えられる。

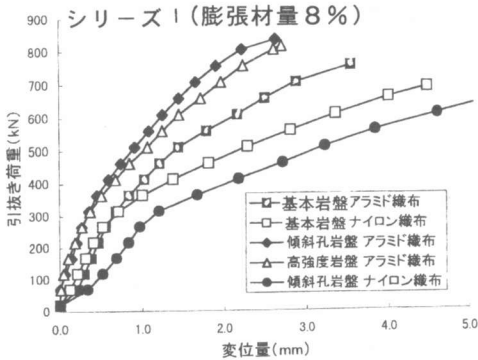


図-5 岩盤および織布が異なる場合のアンカー体の変位量

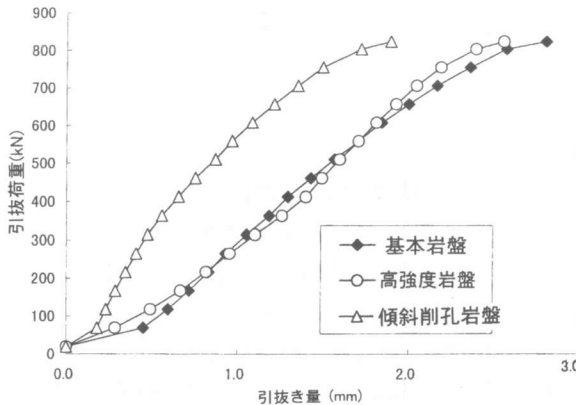


図-6 岩盤の種類とアンカー体の引抜き量

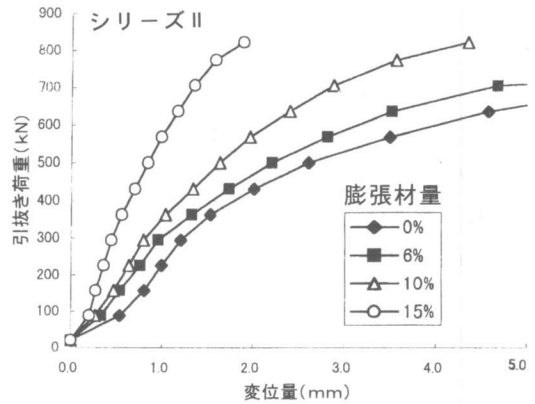


図-7 膨張材量が異なる場合の引抜き量

#### 4.2 最大引抜き荷重

アンカーの引抜き試験結果を表-5に示す。同表には最大荷重、付着強度および破壊性状を示す。最大引き抜き荷重は、①アンカー体の引抜き、②岩盤のひびわれ、③鋼棒の降伏、のいずれかによって生じた。『岩盤のひびわれ』は最大荷重を示す時、轟音とともに岩盤にひびわれが発生し、さらにアンカー体の引抜きを生じた。付着強度は最大荷重をアンカー体の周面積で除して求めた。したがって、②岩盤のひびわ

れおよび③鋼棒の降伏の場合の付着強度は、真の付着強度ではないのでカッコを付けて示した。

予備実験として、高さ 100cm の岩盤を用い、引き抜き試験を実施したところ 3 種類の岩盤の最大引き抜き荷重が、鋼棒の降伏荷重 833kN か、それ以上の荷重を示した。したがって、岩盤の高さが 100cm の場合は、アンカー体の定着長が長すぎたために比較試験とならなかった。そのため、本実験では模擬岩盤の高さを 70cm とし、アンカー体の定着長を短くした。

シリーズ I で、グラウトに膨張材 15% を混入した岩盤(直径 59.1cm)には、引抜き試験前にひびわれが発生していた。したがって、シリーズ II では膨張材量が 15% のアンカーの場合、大型岩盤(直径 89.5cm)を使用して実験を行った。

シリーズ II では、岩盤の強度が小さい基本岩盤では、膨張材 15% 以外のアンカーの引抜き荷重が 500~600kN と小さかった。特に膨張材量 0% のアンカー引抜き荷重は 471kN に過ぎず、膨張材の混入によってアンカー体の引抜け耐力が確実に向上するものと考えられる。傾斜削孔岩盤での引抜き荷重は、シリーズ I およびシリーズ II おいて、ナイロン織布アンカーの場合を除き、降伏荷重 833kN

より大きく、アンカー体の定着性が十分であったことが分かる。アンカー孔に  $\tan \theta = 0.012$  のわずかな傾斜を設けるだけで最大引抜き荷重が著しく向上することが認められる。

#### 4. 3 最大引抜き荷重と膨張材量

図-8 は最大引抜き荷重と膨張材量の関係を示す。最大引抜き荷重は表-5 に示す各試験結果の最大荷重である。同図によると、基

本および高強度の各岩盤とも膨張材量が多くなるほど最大引抜き荷重は大きくなっている。すなわち、膨張材による膨張圧でアンカー体が岩盤の孔壁に圧着状態となり、アンカー体と孔壁との一体性が著しく向上したためと考えられる。基本および高強度の両岩盤の最大引抜け荷重が小さい場合は、アンカー体の引抜けによって破壊が生じた。

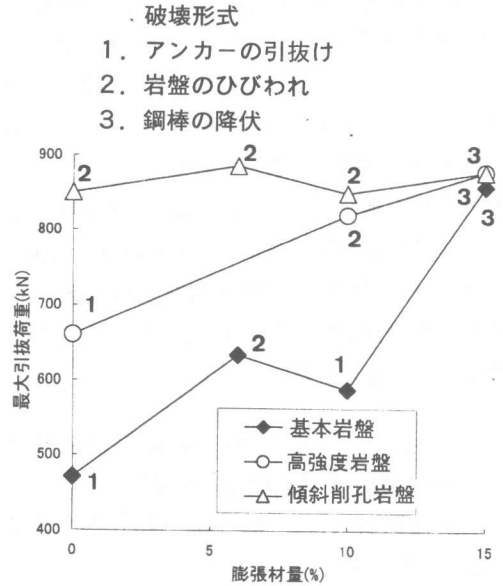


図-8 最大引抜き荷重と膨張材量 (シリーズ II)

表-5 アンカーの引抜き試験結果

シリーズ	岩盤の種類	織布の種類	膨張材量 (%)	最大荷重 (kN)	アンカー体の長さ (cm)	付着強度 (N/mm <sup>2</sup> )	破壊形式
I	基本	ナイロン	8	696.3	63.3	3.10	注入時に織布破裂 鋼棒の引き抜け
		アラミド		758.4	58.5	3.65	アンカー体の引き抜け
	傾斜削孔	ナイロン	8	817.2	60.4	(3.81)	PC鋼棒の降伏
		アラミド		889.1	63.5	(3.94)	
II	基本	アラミド	0	470.7	45.9	2.89	アンカー体の引き抜け
			6	634.2	49.5	(3.61)	岩盤の破壊
			10	588.4	52.0	3.19	アンカー体の引き抜け
			15*	859.7	51.5	(4.70)	PC鋼棒の降伏
			15*	879.3	47.5	(5.22)	岩盤の破壊
	高強度	アラミド	0	660.3	53.0	3.51	注入時に織布破裂
			10	820.5	50.5	(4.58)	アンカー体の引き抜け
			15*	879.3	47.5	(5.22)	PC鋼棒の降伏
	傾斜削孔	アラミド	0	849.9	50.8	(4.71)	岩盤の破壊
			6	885.9	52.4	(4.76)	
			10	849.9	54.0	(4.43)	PC鋼棒の降伏
			15*	879.3	53.1	(4.67)	

膨張材量15%の場合大型岩盤 (φ89.5cm) とした。

\*大型岩盤

傾斜削孔岩盤では膨張材量に関係なく、ほぼ一定の約850kNを示している。すなわち、傾斜削孔岩盤では孔の傾斜によって引き抜け耐力が著しく向上し、鋼棒の降伏荷重833kNを上回ったものとする。

## 5. まとめ

本研究より得られたことをまとめて示す。

(1) 石灰系膨張材を使用し、炭酸カルシウムおよび収縮低減剤を添加したグラウトの膨張圧は、単位膨張材量に比例して大きくなった。

(2) アンカーの引抜き試験の同一荷重でのアンカー体の変位量は、膨張材量が多いほど小さくなった。膨張圧によって岩盤とアンカー体との一体性が著しく向上したためと考えられる。

(3) 傾斜孔を利用したアンカーの最大引抜き荷重は、各供試体とも鋼棒の降伏荷重を上回り、孔のわずかな傾斜が定着性能に著しく効果的であることが認められた。

終わりに、本研究にご協力を戴いた太平洋セメント(株)檜田俊晴氏に謝意を表します。また材料をご提供戴いた竹本油脂(株)および花王(株)に御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 高山俊一, 阿比留孝行, 佐々木孝一, 牧角龍憲: 繊維の種類が異なるハイパックスアンカーの引抜き耐力, コンクリート工学年次論文報告集, vol.20, No.2, pp.1273~1278, 1998
- 2) 高山俊一, 成富勝, 牧角龍憲, 桧田俊晴: フラット織布を利用した袋詰め型による緊張材の定着に関する基礎的研究, 第8回プレストレスコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.539~544, 1998.10
- 3) 山田一夫, 新保弘, 細野, 米倉: 高膨張コンクリートの膨張圧制御, 秩父小野田研究報告, 第48巻, 第2冊, 第133号, pp.45~55, 1997
- 4) 高山俊一, 阿比留孝行, 佐々木孝一, 田村富雄: ナイロン織布を用いたハイパックスアンカーの適応性, コンクリート工学年次論文報告集, vol.19, No.1, pp.1219~1224, 1997