

(55) 名神拡幅工事でのアラミドFRPグラウンドアンカーの試験施工について

日本道路公団 試験研究所 成瀬隆弘  
 同上 大阪建設局 徳丸昌敬  
 住友建設(株)土木部 正会員 水谷 淳  
 同上 土木設計部 ○ 橋本芳道

1. はじめに

本工事は、名神拡幅工事に伴う長大切土法面地滑り抑止工事である。本工事の施工は、法面頂部付近で関西電力(株)送電線鉄塔に近接しており、その地質状況は全域に渡り丹波層群粘板岩の破碎帯から構成されるというきわめて厳しい条件下にある。このような条件のもとでアラミドFRPグラウンドアンカーの実用化に向け、永久アンカーとしての試験施工を実施した。本報告は、その試験施工の概要説明を行うとともに「現場確認試験」等について報告するものである。アラミドFRPグラウンドアンカーは、耐久性に優れた新素材によるアンカーとして、日本道路公団試験研究所と住友建設(株)とが共同で開発を行ってきたものである。

2. アラミドFRPグラウンドアンカー工法について

1) 工法概要

アラミドFRPグラウンドアンカー工法は、アラミド繊維の優れた特性(優れた耐久性、軽量等)を生かし、永久アンカーの引張材として利用したものである。又、受圧板に関しても最近の作業員不足、工期の短縮に対応すべく、ガラス繊維とエポキシ樹脂よりなるFRP製の軽量受圧板を開発した。

【工法の特長】

表-1 アラミドFRPロッド物性値

① 軽量であり作業の省力化・効率化が図れる。

(鋼材の1/6の重量、表-1参照)

② 防錆処理の必要が無い。

③ 緊張・再緊張等の維持管理が容易。

④ 地盤の変形にも追随しやすい。

⑤ 地盤のクリープによる緊張力の減少量が少ない。

(PC鋼材の1/4の弾性係数、表-1参照)

⑥ 化学的腐食・電氣的腐食環境にあっても特別な処理をすることなく使用できる。

⑦ 従来のアンカー工事と同様の方法で施工できる。

アンカー引張材	アラミド φ7.4mm	PC鋼材 φ12.4mm
切断荷重 (kgf)	9218	18170
引張強度 (kgf/mm <sup>2</sup> )	217	195
破断強度 (%)	3.8	6.4
弾性係数 (kgf/mm <sup>2</sup> )	5400	20140
単位重量 (gf/m)	61	729

2) アンカー体の構造

アラミドFRPグラウンドアンカーは、図-1、2、3に示すようにアンカー頭部、アンカー自由長部、アンカー定着長部等で構成される引張型アンカーである。アンカー頭部はアンカーヘッド、定着ナット、ヘッドキャップ、アンカーヘッド保護管等で構成されており、主となるアンカーヘッド部分は、無収縮モルタルを充填材とする付着定着体で、その外筒管には耐久性の高いステンレス鋼を用いている。したがって、定着後のヘッドキャップ内には防錆油等の注入を必要としない。アンカー自由長部のシースには、硬質ポリエチレン管を用いている。自由長部シースとアンカーヘッド保護パイプとは熱収縮材を用いて連結されている。アンカー定着部はアラミドFRPロッドに定着部スペーサーを取り付けて被り厚さを確保し、定着部にグラウトを注入することにより形成される。又、定着部先端にはアンカーヘッドと同じ構造をした先端定着体を取り付けてある。自由長部と定着部の境界には、グラウト材が自由長部へ流入するのを防ぐための止水部を設けている。その止水部はスパンシール、HPボンド及び発砲止水材等により形成される。

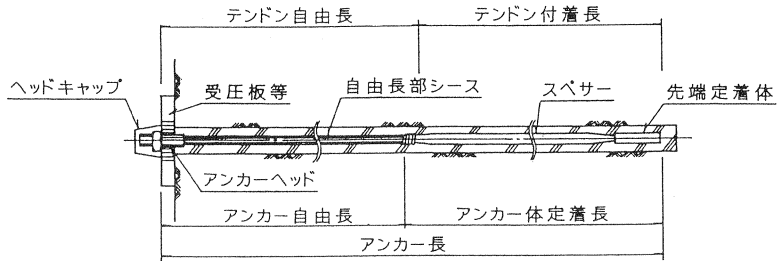


図-1 アラミドFRPアンカー構造図

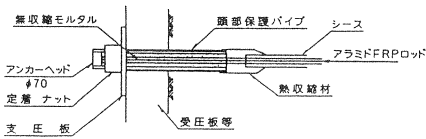


図-2 アンカー頭部詳細図

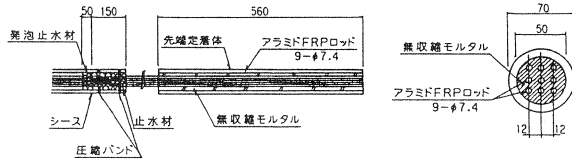


図-3 アンカー止水部及び先端定着体詳細図

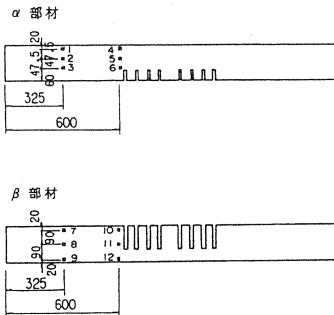
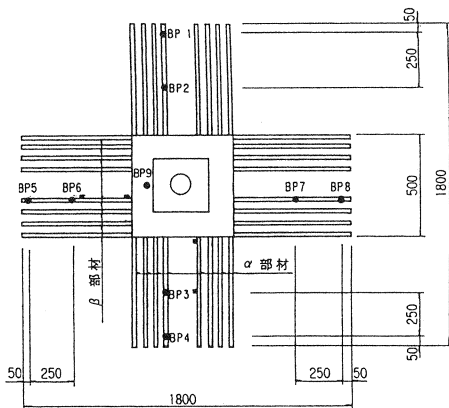
3) FRP製軽量受圧板

当工法では、従来のプレキャストコンクリートブロック製の受圧板に替わるものとしてFRP製軽量受圧板を使用している。これはガラス繊維とエポキシ樹脂で形成された板を、楕形に加工して井桁に組み合わせたもので、設計荷重40tf級のアンカーに対応できるように設計されている。本体重量は約100kgfで、コンクリートブロック製受圧板の約1/20の重量である。

軽量であるということの他、①現場組立が可能であること、②FRP材料のため景観に調和する配色が可能である、などの特長がある。表-2、図-4に試験施工で使用した受圧板の物性値および構造図をそれぞれ示す。

表-2 FRP受圧板物性値

	繊維方向	繊維直角方向
弾性係数 (kgf/mm <sup>2</sup> )	3630	255
引張強度 (kgf/mm <sup>2</sup> )	36.3	1.7
密度 (kgf/cm <sup>3</sup> )	1.8	1.8



但し、図中の●及び■は、それぞれ変位計及び歪計取り付け位置を示す。

図-4 FRP製軽量受圧板構造図(載荷試験時、変位計及び歪計取り付け位置図)

### 3. 実試験施工の概要

#### 1) 試験施工概要(図-5参照)

今回の試験施工では、設計抑止力を40tfとし、 $\phi 7.4$ mmロッドを9本束にしたものをアンカー tendon として、計画法面(勾配1:0.5)法線方向に対して15°の打設角(引き止め効果を重視)にて施工した。施工本数は36本で、受圧板にはFRP製軽量受圧板を用いた。地盤は、地表面より深さ3~5mまでは風化土砂、それ以下は丹波層群粘板岩破砕帯より構成されている。したがって、アンカー定着部は破砕帯部で定着することとなるが、今回の試験施工では安全性を考慮し、滑り安全率が $F_s=1.2$ を満足する安定層に定着した。アンカー長は19~30m、定着長は6.5mで、削孔径は $\phi 115$ mmとした。施工方法は、切土時の応力開放から生じる地盤の緩みを極力抑える目的から「逆巻工法」とした。

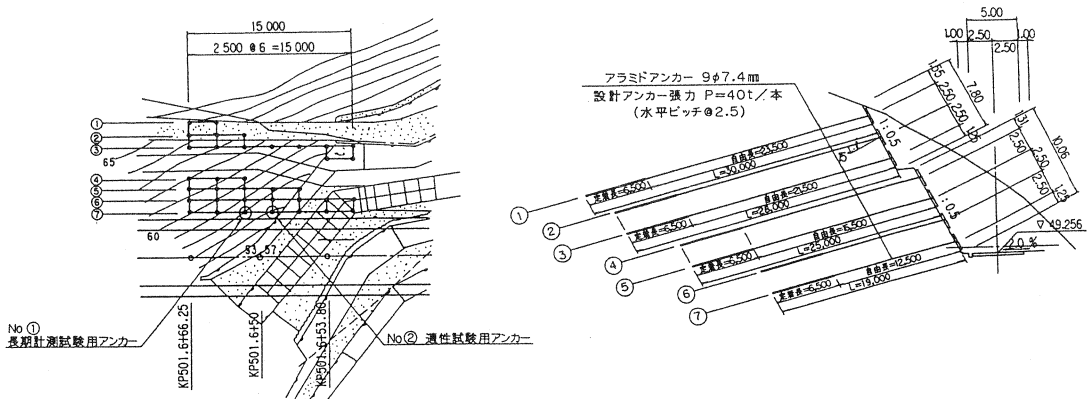


図-5 試験施工計画図

#### 2) 現場載荷試験および現場計測

現場載荷試験として、図-5に示すNO②アンカーを利用して「適性試験」を行った。また、現場計測として、NO①アンカーで荷重の長期変化を計測している。

##### ①長期荷重計測(NO①アンカー)

長期計測は、フラットジャッキを用いてアンカーに導入したプレストレス力の長期にわたる変化を見ることを目的として行っている。

##### ②適性試験(NO②アンカー)

適性試験では、施工されたアンカーが設計荷重(設計抑止力)に対して十分安全であることを確認すると同時にアンカーの機能を検証する目的で行った。荷重載荷方法は、土質工学会基準「グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説」に従った多段階載荷とし、最大試験荷重は設計荷重の1.2倍の50tfとした。尚、アンカーの機能を検証するために、アンカー体に歪計を設置し、定着部の応力分布や自由長部の応力を計測した。又、同時にFRP製軽量受圧板の変位及び歪についても計測を行い、その応力状態についても把握することとした。

#### 3) 試験結果及び考察

##### ①多段階載荷試験

図-6、図-7に多段階載荷試験載荷パターン、及び荷重-変位曲線をそれぞれ示す。図中、実線は次頁に示す土質工学会基準による弾性変位の上限界、下限界線を表したものである。この図より、アンカーの弾性変位は基準限界内に収まっており、アンカー定着部で確実に定着されていること、及び自由長部分に於ける摩擦損失量が微小であること等が考察される。

上限界線： $(T - T_0) \cdot (\ell f + \ell a / 2) / (E \cdot A_s)$

下限界線： $(T - T_0) \cdot 0.9 \cdot \ell f / (E \cdot A_s)$

理論線： $(T - T_0) \cdot \ell f / (E \cdot A_s)$

ここに T ; 試験荷重、 $T_0$  ; 初期荷重  
 $\ell f$  ; 自由長、 $\ell a$  ; 定着長  
 E ; 弾性係数、 $A_s$  ; 断面積

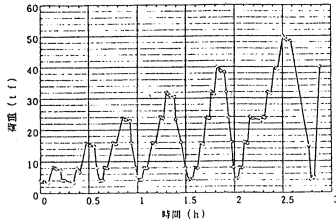


図-6 多段階載荷試験荷重パターン

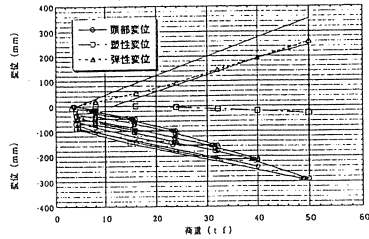


図-7 多段階載荷試験荷重-変位曲線

②アンカー一体定着部歪測定

図-8に定着部の深さ、歪、平均付着応力度の関係を示す。この図より、一般的な引張型アンカーと同様な付着応力度を示すとともに、荷重の増加に伴いその伝達長が長くなっていくのが確認された。設計荷重時での伝達長は約3mで、定着長の1/2程度である。したがって、設計荷重レベルでは十分に安定した定着機能を持っていることが考察される。尚、平均付着応力度は次式より求めた。

$$\tau = \Delta p / (U \cdot \Delta \ell)$$

$$= A \cdot E (\varepsilon_i - \varepsilon_{it} + \ell) / (U \cdot \Delta \ell)$$

ここに  $\tau$  ; 平均付着応力度 E ; 引張材弾性係数  
 $\varepsilon_i$  ; 深さ i に於ける歪 U ; 引張材の周長  
 A ; 引張材断面積  $\Delta \ell$  ; 引張材付着長

③受圧板歪測定

最大試験荷重  $P = 50 \text{tf}$  載荷時の最大歪から応力度を算出し、許容応力度と比較する。尚、許容応力度は、引張強度の40%とする。

$$\sigma = E \cdot \varepsilon_{\max} \quad \text{ここに } \varepsilon_{\max} ; \text{最大歪}$$

$$= 134 \quad = 368 \times 10^{-6}$$

$$< \sigma_a = 1200 (\text{kgf/cm}^2)$$

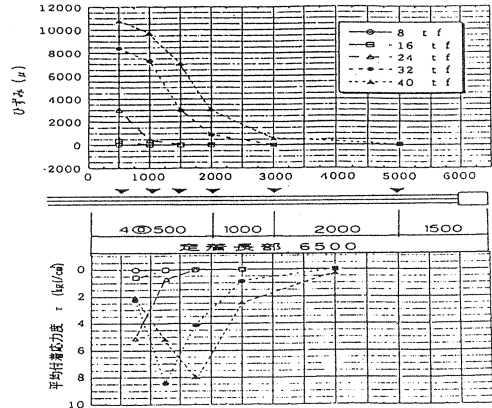


図-8 定着部深さ、歪、平均付着応力度の関係

上記の計算結果から、最大試験荷重時に於いても許容応力度を満足していることがわかる。したがって、当受圧板は設計荷重レベルでの発生応力に対して十分な強度を有しているものと考察される。

4. おわりに

近年、グラウンドアンカーは法面抑止工として多く用いられるようになってきたが、維持管理の上からは耐久性に対して信頼性の高いアンカーが望まれている。このような状況のもと、アラミドFRPグラウンドアンカー工法が開発された。今回の試験施工により、本工法の施工性およびアラミドFRPの使用特性が検証された。今後はさらに実施工を重ね、本工法の普及を図っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 土質工学会：土質工学会基準「グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説」，1990
- 2) 鈴木立実・成瀬隆弘・水谷 淳：アラミド繊維を用いたグラウンドアンカー工の開発，第20回道路会議論文集，pp152～153，1993
- 3) 鈴木立実・山崎裕一・水谷 淳：新素材を用いたグラウンドアンカー工法，土木技術，49巻2号，pp75～82，1994