

五大地区急傾斜面防止工事

アンカー工 基本調査試験 報告書

2013年05月25日

五大開発株式会社

はじめに

本報告は、「五大地区急傾斜面防止工事」のうち、アンカー工の基本調査試験(引抜き試験)の実施について述べたものである。

1. 試験の概要

工事名	: 五大地区急傾斜面防止工事
工事場所	: 金沢市黒田1丁目35番地
工事期間	: 2012年5月1日～2013年8月31日
施工会社	: 五大施工株式会社
施工管理責任者	: 五大 太郎
アンカー施工会社	: アンカー株式会社
グラウンドアンカー施工士	: 施工 次郎
工事目的	: アンカーの試験実施より、定着層の周面摩擦抵抗値 τ を求め、設計で採用されている τ 値の妥当性を検討した。
適用基準/参考文献	: 「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説」 (公社)地盤工学会 平成24年5月31日 「グラウンドアンカー設計施工マニュアル」 (一社)日本アンカー協会 平成25年6月1日
使用ソフト名	: (一社)日本アンカー協会 監修「グラウンドアンカー試験管理ソフト」Version1 を使用して作成する。

2. 試験アンカー体

削孔径	: ϕ 90 mm
削孔角度	: 水平から傾角 40.00 ° で施工する。
テンドン種別	: VSL永久アンカー (E5-3) グラウトによる地盤との付着をアンカー体長のみとするために、あらかじめアンカー体長とアンカー自由長との間にパッカーを設置、セメントミルク用、パッカー用、水洗い用の3本のポリエチレンパイプを取り付ける。
グラウト	: 削孔完了後、アンカーテンドンを孔に挿入し注入を行う。その後、パッカーをベントナイト泥水等で膨らませ布パッカーから上部アンカー自由長の水洗いを行い注入完了とした。

3. 試験アンカーの施工方法

3-1. 削孔機械

削孔機械は本施工では、ロータリーパーカッションドリル（スキッドタイプ）での施工とした。

3-2. 使用材料

テンドン : VSL永久アンカー (E5-3)

グラウト材 : 早強セメント と 水

(1 : 0.5)

配合表

	規格名	1 m ³ 当り配合	1 バッチ当り配合
セメント (kg)	早強セメント	11.7	2.45
水 (リットル)		596.0	125.00
混和剤 (リットル)	レオビルド4000	24.0	5.00
減水剤 (リットル)			

3-3. 作業手順

(1) 試験位置の確認

監督員と協議し、試験位置を取り決めた。

(2) 足場仮設

必要に応じて足場を仮設する。

(3) 削孔

削孔機を削孔位置にセットし削孔した。

(4) テンドンの加工

テンドンに、布パッカー、ホース類を加工図に従って取り付け加工した。

(5) テンドンの挿入

加工されたテンドンを孔内に挿入し、孔口から余長が出るようにした。

(6) 注入

所定配合のグラウト材をテンドンに取り付けた注入パイプから送り、口元から送ったものと同じ程度の濃度のグラウト材がオーバーフローしたことを確認した後、パッカーを膨らませパッカー部分上部のミルクをホースで洗い流した。

(7) 養生

所定の強度が発現するまで養生した。

4. 試験装置の組み立て

4-1. ジャッキのセット

油圧ジャッキを緊張余長部に取り付けた。

4-2. 測定器の取り付け

ジャッキの前に固定点を設け、この固定点にダイヤルゲージ、またはこれに代わる変位計を取り付け、アンカーの伸び量を測定できるようにした。

4-3. 油圧器の調整

油圧ポンプの配管をジャッキに取り付け、初期荷重に相当する荷重を予備載荷し、ジャッキの固定状態やオイル漏れの有無を確認し、変位計の調整と零点の読み取りを行った。

5. 載荷計画

5-1. 計画荷重

設計では、地質調査結果に基づき、基盤の周面摩擦抵抗 (τ_{\max}) を 0.60 N/mm^2 と推定している。本試験では、この値を確認できる試験方法を計画する。

アンカー極限引抜き力 (T_{ug}) は、下式により決定される。

$$\begin{aligned}\text{アンカー極限引抜き力} &= \text{アンカー体長} \times \text{削孔径} \times \text{円周率} \times \text{極限周面摩擦抵抗} \\ &= L_a \cdot \phi \cdot \pi \cdot \tau_{\max}\end{aligned}$$

今、削孔径を $\phi = 90 \text{ mm}$ 、アンカー体長を 2000 mm 、 τ_{\max} を 0.60 N/mm^2 とすれば、アンカー極限引抜き力 (T_{ug}) は、次の通りとなる。

$$\begin{aligned}\text{アンカー極限引抜き力} &= \frac{2000 \times 90 \times \pi \times 0.60}{1000} \\ &= 339.29 \quad (\text{kN/本})\end{aligned}$$

試験の安全性を確保するため、計画最大荷重はテンドン降伏引張力の0.9倍以下にしなければならない。試験用のテンドンとしてVSL永久アンカー (E5-3) を採用する。その降伏荷重は 468 kN であるため、計画最大荷重 (T_p) は次式で算出される値 (テンドン許容荷重) 以下でなければならない。

$$\begin{aligned}\text{テンドン許容荷重} &= 468.00 \text{ kN} \times 0.9 \\ &= 421.20 \quad (\text{kN/本})\end{aligned}$$

アンカーの極限引抜き力 $\leq T_p \leq$ テンドン許容荷重

よって、計画最大荷重は $T_p = 400.00 \text{ kN/本}$ とした。

(1) 初期荷重

初期荷重は、計画最大荷重の0.1倍が標準とされている。

$$\text{初期荷重} = 400.00 \text{ (kN)} \times 0.1 = 40.00 \text{ (kN)}$$

よって、初期荷重は、 40.00 kN を採用する。

(2) サイクル数

計画最大荷重に対して5サイクル以上とするのが一般的であり、今回の場合は、5サイクルとした。

$$\text{段階荷重} = \frac{\text{計画最大荷重}}{\text{サイクル数}} = \frac{400.00}{5} = 80.00 \text{ (kN)}$$

(3) 荷重保持時間

地質調査結果よりアンカー体部は砂質土・岩盤地盤と判定でき、荷重保持時間は以下の通りとした。

ただし、変位が安定するまで荷重を保持するものとする。

新規荷重段階 → 5分以上

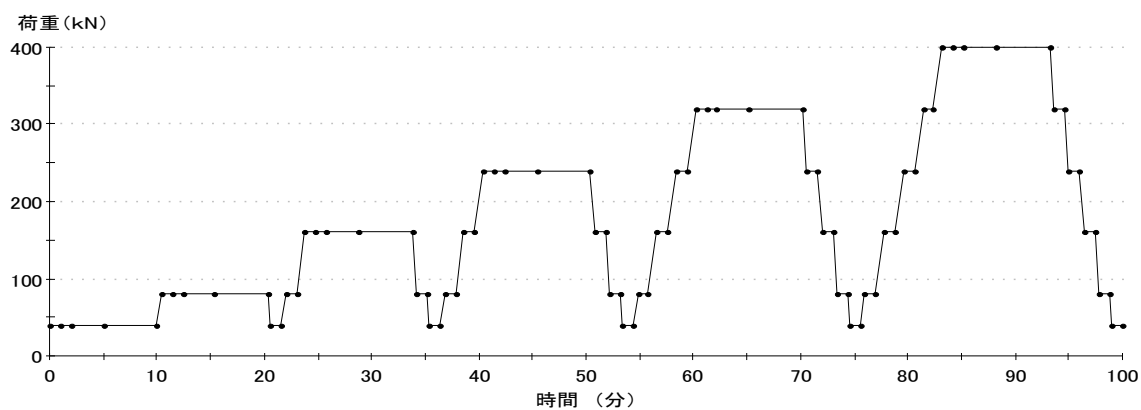
履歴内荷重段階 → 1分以上

(4) 荷重増減時の載荷速度

増荷時 = 100 (kN/分)

減荷時 = 200 (kN/分)

(5) 荷重サイクル



荷重サイクルは以下の通りとした。

なお、試験中にアンカー体が引抜け始めたと確認された場合は、しばらく変位状況を観察の上で、除荷して初期荷重まで戻して、試験終了とする。

1サイクル 40.00⇔80.00

(単位：kN)

2サイクル 40.00⇔80.00⇔160.00

3サイクル 40.00⇔80.00⇔160.00⇔240.00

4サイクル 40.00⇔80.00⇔160.00⇔240.00⇔320.00

5サイクル 40.00⇔80.00⇔160.00⇔240.00⇔320.00⇔400.00

6. データ整理法

6-1. 試験条件

初期荷重	$T_0 =$	40.00	(kN)
計画最大荷重	$T_p =$	400.00	(kN)
緊張時自由長	$L_{sf} =$	7500	(mm) ※ 6-2 参照
テンドン弾性係数	$E_s =$	186.00	(kN/mm ²)
断面積	$A_s =$	296.10	(mm ²)

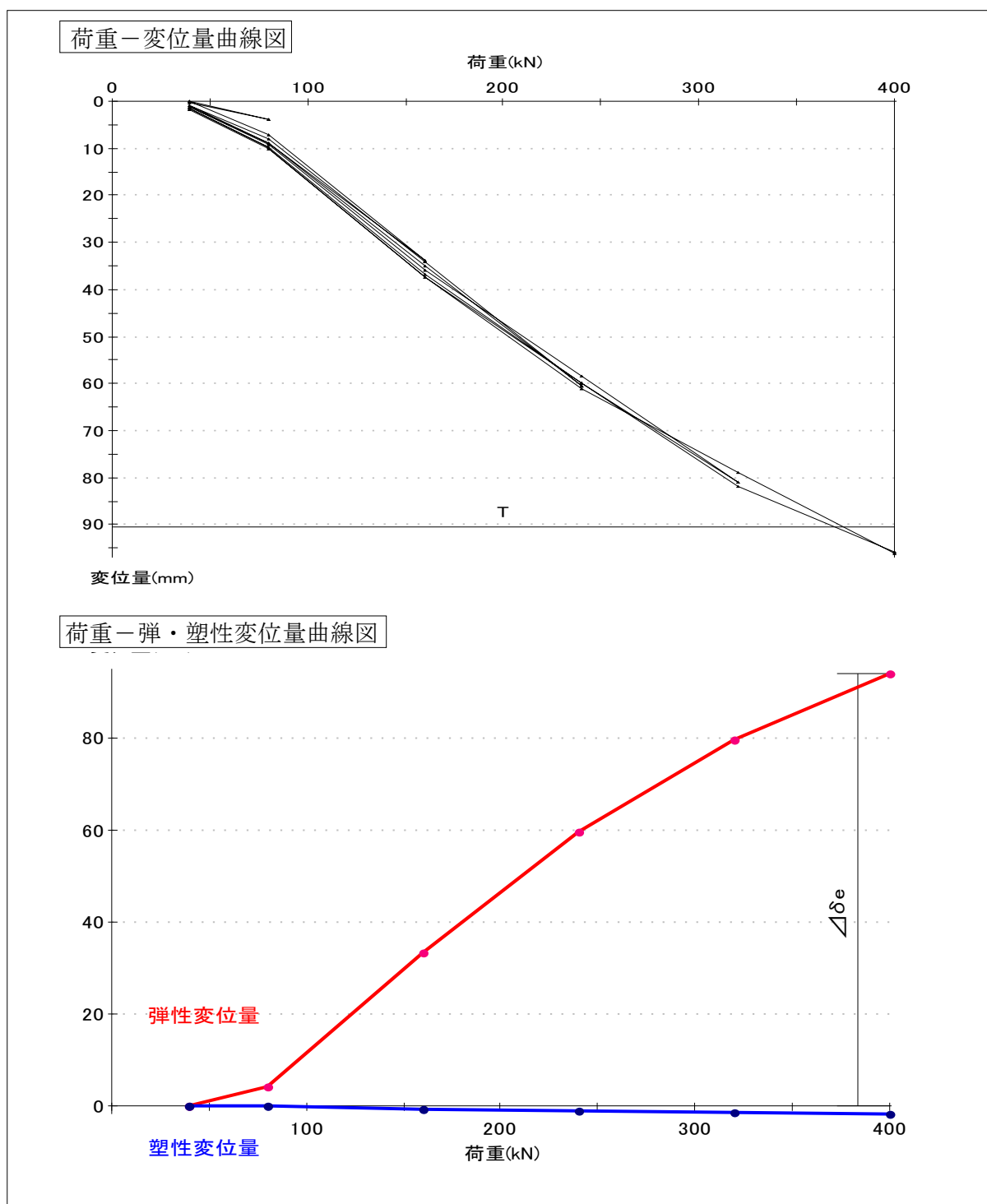
6-2. 緊張時自由長

アンカー長	$L_s =$	9000	(mm) ※ $L_s = L_f + L_a$
ジャッキ内自由長	$L_r =$	500	(mm)
アンカー自由長	$L_f =$	7000	(mm)
アンカー体長	$L_a =$	2000	(mm)
緊張時自由長	$L_{sf} =$	$L_r + L_f$	
		$= 500 + 7000$	
		$= 7500$	(mm)

7. 試験結果の整理と判定

測定データは経過時間・載荷重・アンカー頭部の変位量である。変位については、ダイヤルゲージなどの測定器を使用し、読み値から初期値を差し引き、実際の変位量を求め、これらの結果を整理しデータシートを作成した。試験データは荷重-変位量、荷重-弾・塑性変位量曲線図に分けて整理した。

7-1. アンカー頭部の変位量



上のグラフにおいて、

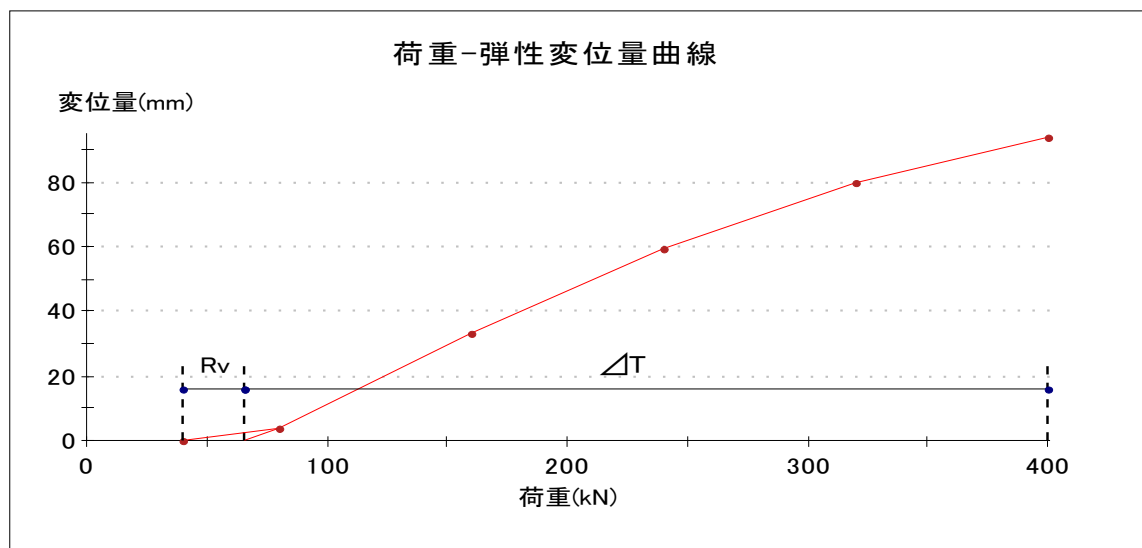
荷重-弾性変位量曲線の直線部分における変位量($\Delta \delta e$)

$$\Delta \delta e = 94.11 \quad (\text{mm})$$

荷重-弾性変位量曲線の直線部分における荷重(T)

$$T = 400.00 \quad (\text{kN}) \quad \text{※ 7-2参照}$$

7-2. テンドンの摩擦損失量



摩擦損失量(R_v)の算出

指定する2点を通る直線と荷重軸との交点荷重を算出し、摩擦損失量(R_v)を算出する。

1点目 (80.00 , 3.97) … No.2 2点目 (400.00 , 94.11) … No.6

2点を通る直線の方程式を算出 (方程式 $y = ax + b$ と置く)

◆点(80.00 , 3.97)を通る式◆

$$3.97 = 80.00 a + b \cdots (A)$$

(A) - (B) より

$$a = 0.2817 \text{ , } b = -18.565$$

よって2点の直線は $y = 0.2817x - 18.5650$ となる。

◆点(400.00 , 94.11)を通る式◆

$$94.11 = 400.00 a + b \cdots (B)$$

(1) 直線と荷重軸との交点荷重 (T_1) を算出

$y = 0$ を直線式 ($y = 0.2817x - 18.5650$) に代入し交点荷重を求める。

$$0 = 0.2817x - 18.5650$$

$$x = 65.90$$

よって交点荷重(T_1)は、65.90 kN となる。

(2) 摩擦損失量(R_v)の算出

交点荷重 T_1 : 65.90 (kN)

初期荷重 T_0 : 40.00 (kN)

よって、

$$\begin{aligned} \text{摩擦損失量}(R_v) &= T_1 - T_0 = 65.90 - 40.00 \\ &= 25.90 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

(3) 荷重-弾性変位量曲線の直線部分における荷重(ΔT)

$$\Delta T = T - T_1 = 400.00 - 65.90 = 334.10 \quad (\text{kN})$$

7-3. 緊張時自由長(試験値)

$$\begin{aligned}L'_{sf} &= \frac{\Delta \delta e}{\Delta T} \cdot E_s \cdot A_s \\ &= \frac{94.11}{334.10} \times 186.00 \times 296.10 \\ &= 15514 \quad (\text{mm})\end{aligned}$$

7-4. アンカーの極限引抜き力

極限引抜き力 (Tug) は、荷重 - 変位量曲線が完全に下向きになった時点、もしくは、荷重 - 塑性変位量曲線の勾配が急激に下向きになった時点の荷重値とする。計画最大荷重まで載荷しても極限状態に達しない場合には、計画最大荷重を極限引抜き力とみなす。

(地盤工学会基準 グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説 JGS4101-2000より)

本試験では、計画最大荷重でも引き抜けないため、極限引き抜き力は 400.00 kN と判定した。

なお、アンカー体の単位面積当たりの周面摩擦抵抗は、次の通り計算される。

$$\begin{aligned}\text{極限周面摩擦抵抗} &= \frac{\text{極限引抜き力}}{\text{削孔径} \times \text{円周率} \times \text{アンカー体長}} \\ &= \frac{Tug}{\phi \cdot \pi \cdot La} \\ &= \frac{400.00 \times 1000}{90 \times \pi \times 2000} \\ &= 0.70 \quad (\text{N/mm}^2)\end{aligned}$$

したがって、設計上の単位面積当たりの周面摩擦抵抗は、0.70 N/mm² となる。