

建設省土木研究所 正員 千田 昌平
建設機械化研究所 正員 相沢 林作
(株) 精 研 正員 ○加藤 哲治

はじめに
従来、凍結工法は凍土壁を形成し、しゃ水壁、耐力壁として利用して来たが、凍結工法の新しい利用方法として、地中に凍土塊を形成し、その引抜き抵抗力に期待するアースアンカーが考えられる。
凍結アースアンカーの基本的な性質を把握するために、実験槽を利用して盛土砂地盤を造り、凍結管の上部に断熱材を着装させた限定凍結管をその中に設置して引抜き試験を行い、アンカー一体着長（≒凍結管凍着部長）の違いによる引抜き抵抗力を主として測定した。

1. 実験方法

1-1 テストピットと対象土質

テストピットは図-1のように、長さ60m、巾10m、深さ15mの河床地試験用実験槽の一部に富士川産砕砂をGL+10.0mまで盛土し、実験中は実験槽を満水に保った。

実験に用いた砂の諸値は表-1の通りである。

1-2 凍結管と冷却装置

凍結管の上部に発泡ポリスチレン（20mm厚）を内封させた限定凍結管（外管SGP4^B、φ114.3mm）を用い、凍結管の頭部に長さ15mのSGP4^Bを電熔してアンカー頭部とした。

凍結アンカーの仕様は表-2の通りである。

冷却装置は、(1)凍土量が少ない、(2)均一な凍土塊を造りたい、(3)凍結管を引張り材として利用しないなどの理由で、液体窒素→アライン熱交換方式を採用し、アラインで地盤を凍結するようにした。

1-3 加圧装置と反力装置

引抜き試験装置の概要は図-2に示す通りで、3台の20t油圧ジャッキを1台の電動油圧ポンプで連動操作し、荷重測定は油圧回路中に圧力変換器を取付けて、デジタル指示計とXYレコーダで行った。凍結アンカー引抜き力の反力

は、ジャッキ取付治具下部の鋼板を介して、反力梁→平角材→H形鋼→鋼板→砂地盤に伝達されるようにした。

なお、アンカーC'はアンカー体の周面摩擦力を調べるために上部砂地盤を点線のように掘削除去した。

1-4 引抜き試験方法

引抜き試験は「土質工学会アースアンカーの設計、施工基準(案)第6章 試験」に従って行った。載荷方法は、アンカー変位が収まるまで初期荷重をかけて維持し、その点を変位の原因とした。変位はダイヤルゲージによ

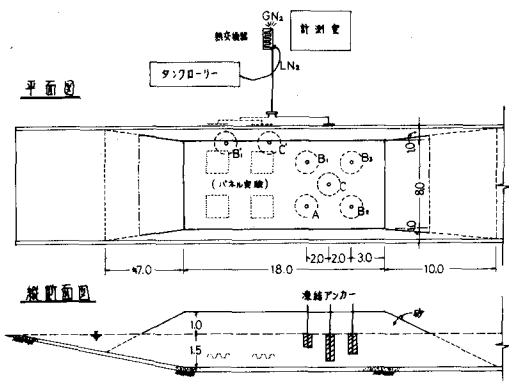


図-1 テストピットと配置図

項目	測定値	試験用および試験の状況
比重 G_s	2.62	JIS A 1202
最大粒径	5.0 mm	1204
単位重	2.98	1102
最大乾燥密度 γ_{max}	1.88 t/m^3	1210
最適含水比 w_{opt}	13.0 %	実測の方法 1.1~1.6 倍
単位体積重量 (乾燥) γ_d	2.081 t/m^3 ($w=17.6\%$) 1.679 t/m^3 ($w=6.2\%$)	地下水位以下 上部盛土
透水係数 k	1.84×10^{-4} cm/s	JIS A 1218 試験時 $w=12.5\%$ $\gamma_d=1.900 \text{ t/m}^3$ $e=0.38$

表-1 試験用砂の諸値

種類	凍着部長 (定長)	冷却温度 $^{\circ}\text{C}$	冷却時間 h
A	0.6m		
B1			24
B1'	0.9	-40	
B2			48
B3		-20	
C			24
C'	1.2	-40	

表-2 凍結アンカーの仕様

って直読とXYレコーダで行った。

2. 試験結果と解析

2-1 凍土成長と凍結負荷

凍土塊の形状は写真に示す通りで、凍土塊直径と凍結負荷の経時変化は、単管束結理論を若干温度補正すれば適用できることが測定結果によって確認された。

2-2 周面摩擦力と支圧力

荷重-変位量曲線などを基にして極限引抜き力 P_{ug} は周面摩擦力 F 、支圧力 Q 、周面摩擦応力度 f 、摩擦抵抗に関する表面積 (= アンカー体周面積) πdl 、支圧応力度 q 、支圧抵抗に関する面積 (= アンカー体平均断面積) S として、次式で求めることができる。

$$P_{ug} = F + Q = \pi dl + qS$$

図-3は、極限引抜き力からアンカー自重(凍土は水中重量に換算)を減じた値とアンカー体周面積との関係を示したものである。アンカー A_1 , B_1 , C は凍結部長は異なるが、設置方法、冷却温度、冷却時間がほぼ同一状態で凍結したもので、ほぼ直線上に並び、この直線の勾配から、周面摩擦応力度 $f = 0.74 \text{ t/m}^2$ (7.3 kN/m^2) 程度であることが判る。

図-4は、極限引抜き力からアンカー自重として $= 0.74 \text{ t/m}^2$ (7.3 kN/m^2) として算定した周面摩擦力を減じて求めた支圧力の値とアンカー体平均断面積との関係を示したもので、これもほぼ直線状態となり、この直線より支圧応力度 $q = 7.0 \text{ t/m}^2$ (68.6 kN/m^2) 程度であることが判る。

3. まとめ

今回の試験は、 N 値 1~2 程度の非常にゆるい盛土砂地盤で、土被りも少ないために、周面摩擦応力度も支圧応力度も小さな値であったが、周面摩擦力とアンカー体周面積、支圧力とアンカー体平均断面積の関係が夫々二次の関係にあることが確認された。また、凍土塊の形状も写真のように所定の断面が確保できることも判った。なお -10°C の凍土と鋼材との凍着力は経験的に 100 t/m^2 程度は期待できるので、アンカー C を例にとると凍着面積から $40 \sim 50 \text{ ton}$ 程度の引抜き力が期待できることになり、今後、せん断強度や凍結アンカーの構造などの検討をしなければならぬが、自然地盤で引抜き試験をしてみる必要がある。

おわりに、本実験は建設省総合技術開発プロジェクトの一つ、新地盤改良技術開発のうち、「小規模凍結技術開発」に関して、同開発に関する研究委員会(委員長 遠藤浩三)の指導のもとに、行われた研究の一部であることを付記する。

参考文献 (1) (社) 日本建設機械化協会「小規模凍結工法の技術開発に関する研究報告書」 昭. 55. 3

(2) 土質工学会「土質工学会アースアンカーの設計、施工基準(案)」 昭. 51. 9

(3) 高志・和田「地盤凍結工法 I」 冷凍 第36巻 第406号

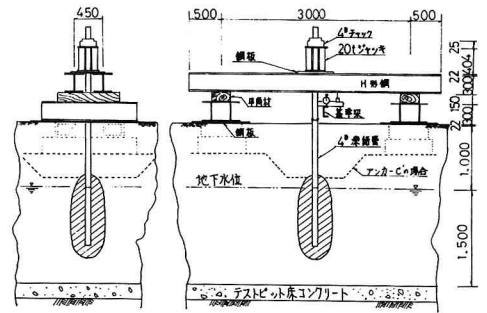


図-2 凍結アースアンカー引抜き試験装置

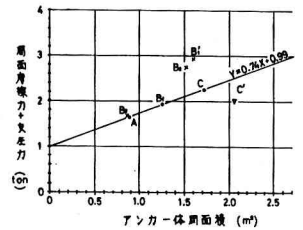


図-3 (周面摩擦力+支圧力) とアンカー体周面積

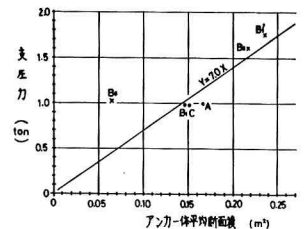


図-4 支圧力とアンカー体平均断面積

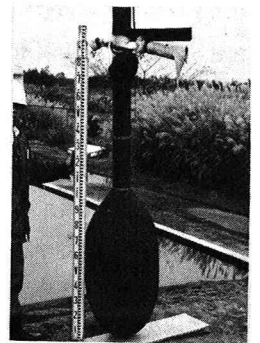


写真 凍土塊