

(株) 間 組 正 員 上 田 勝 基

○ 草 深 守 人

1. まえがき

最近、わが国のアースアンカーの需要は急速に伸びており、またその利用範囲も改米なみに多様化されてきている。しかし、反面このようなアースアンカーの普及に伴い、設計・施工上に多くの問題点が浮彫りにされてきている。本文は以下に述べる二通りの手法に従って、実際に現場で実施されたアースアンカーの引抜き試験結果を解析し、その挙動と対象地盤の性状との関係について一検討を加えたものである。

2. 解析方法(1)

アースアンカーの引抜き試験結果より判断すると、アンカー体の軸力分布は荷重の増大に伴って徐々にアンカー体下端側へ伝播し、同時にアンカー体と地盤との相対変位を生じる領域も同様の変化を生じる。したがって、荷重～変位量関係曲線の解析にあたって、荷重の小さな段階でアンカー体全長に変位領域、すなわち地盤との相対変位が発生していると考ええるよりは、それぞれの荷重段階でアンカー体の主たる変位領域(これを有効定着長と定義する)を仮定して周面摩擦強度を論じる方が妥当であると考えられる(図1)。

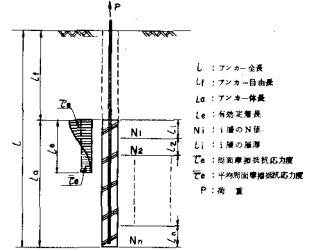


図1 アンカー断面図と記号の説明

このような考え方に立って、解析手順を順をおって説明する。i) アンカー頭部の実測変位量から自由長部の鋼材(鋼線、鋼棒)の弾性伸び量を除いたアンカー体上端の荷重 P ～変位量 δ_a 曲線を求める図2のようにプロットする。ii) アンカー体上端より順次下端に向って有効定着長 l_e を増加させ各々の l_e に対し、アンカー体上端に単位荷重が作用した場合の l_e 部の弾性伸び量を計算し、図2上に有効定着部の荷重～変位量直線(l_e 線と呼ぶ)を描く。この弾性伸び量の計算は有効定着部上端から下端に向って軸力の三角形分布を仮定した鋼材の伸び量として算定する。iii) P ～ δ_a 曲線と l_e 線群の交点より、ある有効定着長 l_{ei} に対応する引抜き荷重 P_i を求める。iv) この P_i と l_{ei} より有効定着部周面に作用する摩擦抵抗応力度 $\bar{t}_{ci} = P_i / \pi D l_{ei}$ (D : アンカー体径) を計算する。v) P_i 、 l_{ei} に対する有効定着部の平均変位量 $\bar{\delta}_{ci}$ を計算する。この $\bar{\delta}_{ci}$ はアンカー体上端の変位量 δ_a から有効定着部上半分の変位量($3 P l_{ei} / 8 EA$, E および A はそれぞれ鋼材の弾性係数と断面積である)を差し引いたものとする。vi) $\bar{t}_{ci}$ ～ $\bar{\delta}_{ci}$ 曲線を方眼紙上にプロットし、 $\bar{t}_{ci}$ の最大値を推定し、最大平均摩擦抵抗応力度 $\bar{t}_{max}$ とする。

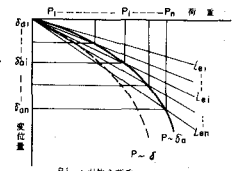
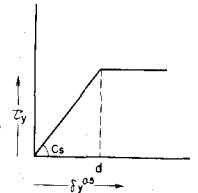


図2 荷重～変位量関係曲線と有効定着長

3. 解析方法(2)

解法(2)は、引抜き力を受けるアースアンカーの挙動が押込み力を受ける単ぐいの挙動に類似なものであると仮定し、アンカー体周面の摩擦抵抗応力度 $\bar{t}$ とアンカー体の変位量 δ の間に次のような関係式(図3)を仮定し、マトリックス法により解析する。

$$\left. \begin{aligned} \delta \leq d \quad \tau &= C_s \delta^{0.5} \\ \delta > d \quad \tau &= \tau_{max} = \text{const} \end{aligned} \right\} \text{ここに } C_s: \text{アンカー周面の摩擦抵抗係数 (kg/cm}^{2.5}\text{)}$$

 d : 降伏変位量 (cm)図3 周面摩擦抵抗応力度($\bar{t}$)と変位量(δ)の非線形モデル

解析手順は文献(1),(2)に紹介されているマトリックス法によるくいの非線形解析用プログラムを利用し、反復漸近法により、アンカーの荷重～変位量関係曲線を近似できるとする C_s と d の値を求め、これと上式により $\tau_{max} (= C_s d^{0.5})$ を計算する。

4. 解析結果と考察

現場引抜き試験データ56件を収集し、その中で、i)引抜き荷重とアンカー頭部の変位量、ii)アンカー体長と自由長、iii)土質柱状図と N 値が明確に記入されているもの27件について解析した。

(1) 解析方法(1)の結果

解法(1)により求めた $\bar{\tau}_{max}$ の結果を表1に示した。この $\bar{\tau}_{max}$ と有効定着部の地盤の平均N値 $\bar{N}$ の関係を示すと図4のようになり、両者の間に次式のような相関性が認められた。

$$\bar{N} = \sum N_i l_i / \sum l_i \quad (\text{図1参照})$$

$$\bar{\tau}_{max} = 0.06 \bar{N} + 0.8 \quad (\text{kg/cm}^2)$$

(2) 解析方法(2)の結果

解法(2)では27件のデータのうち、本解法の適用できたものは14件で、残り13件については解析できなかった。

C_s , d , $\bar{\tau}_{max}$ の解析結果は表1に示すが、 $C_s \sim \bar{N}$, $d \sim \bar{N}$, $\bar{\tau}_{max} \sim \bar{N}$ の関係を図5, 図6, 図7に示す。また、 $C_s \sim \bar{N}$, $d \sim \bar{N}$, $\bar{\tau}_{max} \sim \bar{N}$ についてそれぞれ下記のような相関性が認められた。

$$C_s = 0.06 \bar{N} + 1.24 \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$d = \bar{N} \text{ に無関係にほぼ } 1.5 \quad (\text{cm})$$

$$\bar{\tau}_{max} = 0.09 \bar{N} + 1.5 \quad (\text{kg/cm}^2)$$

13件のデータに解法(2)が適用できなかった理由としては、アースアンカーの挙動をくいと同様に扱ったこと、設計アンカー体長と実際のアンカー体長のちがい、地盤を一層系で取扱ったことなど種々の要因が複雑に関連し合っているものと考えられ、何が主原因であるかは判明できなかった。

今回の解析結果と、これまでに発表されているPSアンカーに関するN値と最大摩擦応力度の関係式

$$\bar{\tau}_{max} = 0.08 \bar{N} + 1.3 \quad (\text{kg/cm}^2)$$

と比較すると、解法(1)では $\bar{\tau}_{max}$ がやや小さめに、また解法(2)では $\bar{\tau}_{max}$ が大きになっていることがわかった。この理由として考えられることは1)今回取扱ったデータが全てハイグライウトアンカーであったこと、ii)解析方法が、従来のように荷重の小さい段階でもアンカー体全長にわたってアンカー体と地盤との間に一樣な相対変位領域が発生しているという考えと異なることなどによるものと思われる。すなわち、解法(1)が小さめであることは主に前者のi)の理由により、解法(2)が大きめであることは後者のii)の理由が支配的要因であるように考えることができる。

参考文献

- i) 年田親弘, 山門明雄, 大地羊三: マトリックス法による横力を受けるくいの解法, 土と基礎, 1973, Vol. 19-3
- ii) 山門明雄, 大地羊三, 年田親弘: マトリックス法によるくいの非線形解析, 土木学会第28回年次学術講演概要集第3部

表1 解法(1), (2)によるアースアンカーの解析結果

アンカー番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
地質名	砂礫	細砂	砂岩	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	細砂	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	泥岩
設計荷重 (t)	43	50	80	67	80	130	100	110	35	86	83	110	42	60
アンカー体長 (m)	7.5	9.5	6.0	8.0	21.2	5.8	12.9	7.8	18.0	9.0	10.5	16.5	6.3	5.8
アンカー体径 (cm)	135	115	115	115	115	145	145	135	135	135	135	135	115	135
$\bar{N}$	15	21	50	45	19	50	10	50	21	50	33	50	33	43
$\bar{\tau}_{max}$ (kg/cm ²)	1.4	2.5	4.6	1.8	1.0	3.4	2.1	5.9	2.4	1.8	3.8	1.1	4.6	2.7
C_s (kg/cm ²)	2.6	—	—	3.8	13	—	1.8	—	—	3.0	—	2.7	6.5	—
d (cm)	—	—	—	1.4	—	—	—	—	—	1.5	—	1.7	0.8	—
$\bar{\tau}_{max}$ (kg/cm ²)	—	—	—	4.5	—	—	—	—	—	3.7	—	3.5	5.8	—
アンカー番号	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
地質名	泥岩	砂礫	砂礫	土	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	
設計荷重 (t)	60	30	60	32	78	14	90	42	51	70	70	70	70	
アンカー体長 (m)	5.8	9.0	4.6	12.1	9.7	6.4	17.5	8.4	17.5	17.2	28.0	17.5	16.9	
アンカー体径 (cm)	135	120	135	135	115	120	115	135	140	135	135	135	135	
$\bar{N}$	43	45	40	35	25	20	23	42	46	29	20	45	36	
$\bar{\tau}_{max}$ (kg/cm ²)	5.9	2.7	4.9	1.4	2.4	1.8	2.5	3.0	3.0	2.5	2.3	2.9	2.5	
C_s (kg/cm ²)	—	—	—	4.9	3.0	3.5	—	—	2.2	2.0	2.0	—	1.5	
d (cm)	—	—	—	12	20	14	—	—	—	10	20	—	—	
$\bar{\tau}_{max}$ (kg/cm ²)	—	—	—	5.4	4.2	4.1	—	—	—	20	28	—	—	

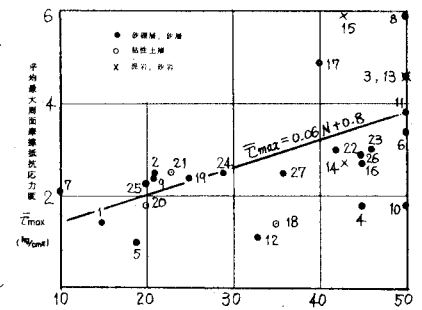


図4 $\bar{N}$ 値と $\bar{\tau}_{max}$ の関係

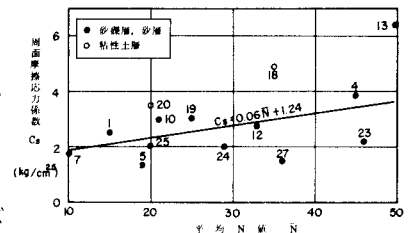


図5 $\bar{N}$ 値と C_s の関係

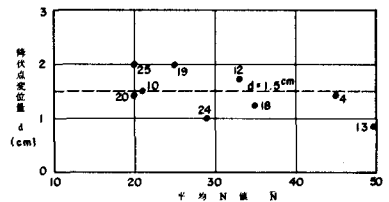


図6 $\bar{N}$ 値と d の関係

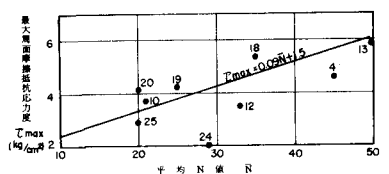


図7 $\bar{N}$ 値と $\bar{\tau}_{max}$ の関係