

アースアンカーの引揚げ抵抗に関する模型実験的研究

鳥取大学工学部 正員 久保田敬一, 勝見 雅  
鳥取大学大学院 学生員 松島 武夫, 西原 晃

7. まえがき 引揚げ抵抗に関する研究は、主として鉄塔基礎の設計に対する需要から開始され、Bulla,<sup>1)</sup>松尾<sup>2)3)</sup>らによってなされてきた。著者らは模型アースアンカーを用いて引揚げ抵抗に関する室内実験を行ない、特に埋設深さ幅比に注目し引揚げ抵抗力を無次元量で表わし、しかるのちにBulla, 松尾らによる理論計算結果との比較検討も試みたのでそれらについて報告する。

2. 実験装置および方法 模型実験装置の概略は図-1に示すとおりである。この場合実験に用いた土槽は1000×800×500mmの内寸法をもつ鋼製の箱である。模型地盤に供した試料は2mmふるいを通過した気乾状態の鳥取砂丘砂(比重Gs≒2.65, 含水比W≒0.35%, 内部摩擦角φ≒37.5°, 粘着力c≒0g/cm<sup>2</sup>)である。アンカーの設置後、一層を4.5cmにとり一層ごとに所定の単位重量γ=1.68g/cm<sup>3</sup>になるように細心の注意を払って突き棒で突き固め、この作業を所定の深さになるまで続けた。引揚げ試験の要領は杭の載荷試験に準じた定荷重方式で行ない、その結果の一例を図-2に示した。そして同図にみるように変位量が無限大となるときの荷重を極限引揚げ抵抗力Quとした。

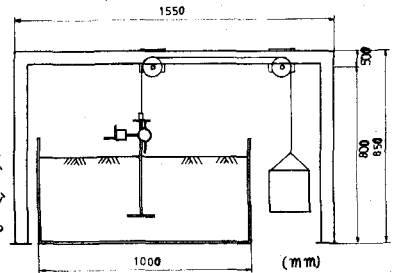


図-1 模型実験装置

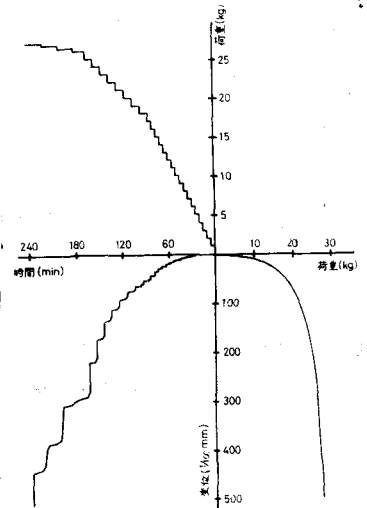


図-2 荷重-変位-時間曲線 (D=270mm, 2B=90mm)

3. 実験結果および考察 模型実験より現象を解明する場合、現象を支配する物理量のうちである特定の物理量を数個抜き出し、その間の関係を明らかにしていくことは有効な手段である。ここでは有名な Buckingham のπ一定理を用いることにする。すなわちπ一定理によると物理量はn個の物理量の関数であり、これらを構成する1次元の数がm個であれば

$$\varphi(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_{n-m}) = 0 \quad (1)$$

の形が導かれる。ここにπ: n個の物理量のうち(n-m)個の互いに独立な無次元積。一般には1次元として長さ[L], 時間[T], 力[F]の3個が用いられる。本実験における物理量と基本量は表-1に示したとおりである。1次元として同表のA, γ, φを選び、次元方程式を立て操作すると次式が得られる。

$$\frac{Q_u}{\gamma A} = f\left(\frac{D}{rt}, \frac{\gamma D A}{rt}, \frac{L^2}{A}, \phi, D_d, e\right) \quad (2)$$

表-1 物理量と基本量

物理量	記号	基本量
引揚げ抵抗力	Q	F
アンカーの断面積	A	L <sup>2</sup>
アンカーの長さ	L	L
アンカーの埋設深さ	D	L
砂の単位体積重量	γ	F L <sup>-3</sup>
砂の内部摩擦角	φ	F <sup>1/2</sup> L <sup>1/2</sup> T <sup>1/2</sup>
砂の埋設速度	D <sub>d</sub>	F <sup>1/2</sup> L <sup>1/2</sup> T <sup>1/2</sup>
砂の空隙比	e	F <sup>1/2</sup> L <sup>1/2</sup> T <sup>1/2</sup>
載荷時間	t	T
載荷速度	r	L T <sup>-1</sup>

さらに、アンカー板の直径を  $2B$  とおくと各項はそれぞれ次のように書き換えることができる。 $Q_u/\rho^3\gamma \rightarrow Q_u/(2B)^3\gamma$ ,  $\gamma DA/rt \rightarrow \gamma D(2B)^2/rt$ ,  $l^2/A \rightarrow 4\pi$   
 ここで載荷速度  $\gamma$  を適当に操作することにより(無次元量  $\gamma D(2B)^2/rt$  は一定に保つことが出来る。また土の特性  $\gamma$ ,  $\rho$ ,  $D$ ,  $e$  などは同一の砂試料を同じ条件のもとに実験することにより不変であると考えられる。したがって式(2)はつぎのように書ける。
$$\frac{Q_u}{(2B)^3\gamma} = f\left(\frac{D}{2B}\right) \equiv g(\lambda) \quad (3)$$

ここに  $\lambda$ : アンカーの埋設深さ  $D$  と幅  $2B$  の比すなわち  $D/2B$ 。

つぎに Balla による引揚げ抵抗力の算定式に基づいて計算した結果  $Q_B$ , 松尾によるそれ  $Q_M$ , 実験結果  $Q_u$  などを式(3)を用いて計算しこれらの結果を一括表示したのが表-2である。図-3は表-2のように得られた  $\lambda$  と無次元量  $Q_u/(2B)^3\gamma$  の関係を図示したものである。これらの結果より明らかになったことを要約すると下記のとおりである。  
 i)  $\lambda = 3$  に関し  $2B = 60, 90, 120$  mm の3者について実験を行なった結果、 $Q_u/(2B)^3\gamma$  はほぼ22~23に分布し一定値が得られた。したがって、一般に  $2B$  あるいは  $D$  のいずれかのある値に対する引揚げ抵抗力がわかれば、同じ  $\lambda$  の値をとる他のアンカーの引揚げ抵抗力をただちに算定することができる。  
 ii) 実験から  $\lambda$  の大きさにより明らかに破壊形式が異なることが観察された。すなわち、 $\lambda \leq 3$  においては地表面上に破壊円が明瞭にみられ、また荷重-引揚量曲線からも明らかに全般せん断破壊の形式が認められた。これに対し  $\lambda \geq 4.5 \sim 5$  になると破壊円はまったくみれず、荷重-引揚量曲線からも局部せん断破壊へと移行していることが是認された。

iii) 松尾は送電用鉄塔の基礎を対象にして  $\gamma$ -力  $\rho$  の引揚げ抵抗力の算定式を提案しているが、 $\lambda < 1.5$  を重視しており、表-2, 図-3からも明らかなように  $\lambda = 0.75, \lambda = 1.5$  に関しては実験値とよく対応している。それに対して Balla の算定式による計算結果は  $\lambda = 2 \sim 3$  においてよく合っているようであるが、全般的にその値は実験値よりも大きい。

表-2 実験値と理論計算結果

D (mm)	2B (mm)	$\lambda$	$Q_u$ (kg)	$Q_u/(2B)^3\gamma$ (kg)	$Q_B$ (kg)	$Q_B/(2B)^3\gamma$ (kg)	$Q_M$ (kg)	$Q_M/(2B)^3\gamma$ (kg)
90	120	0.75	3.2 3.3	1.1 1.1	4.3	1.5	3.1	1.1
90	60	1.5	1.2 1.3	3.3 3.6	1.9	5.2	1.3	3.6
180	60	3.0	8.1 8.4	22.3 23.1	8.7	24.0	5.6	15.4
270	90	3.0	28.1 26.9	22.9 22.0	29.4	24.0	19.1	15.6
360	120	3.0	70.0 67.2	24.1 23.1	69.3	23.9	45.1	15.5
270	60	4.5	21.4 25.4	59.0 70.0	23.1	63.7	13.4	36.9
300	60	5.0	25.4	70.0	29.9	82.4	18.6	51.3
360	60	6.0	44.4 42.4	122.4 116.8	47.8	131.7	28.6	78.8
270	30	9.0	13.0	286.6	17.9	394.6	9.2	202.8
360	30	12.0	22.5 21.5	496.0 474.0	38.4	846.6	21.3	469.6

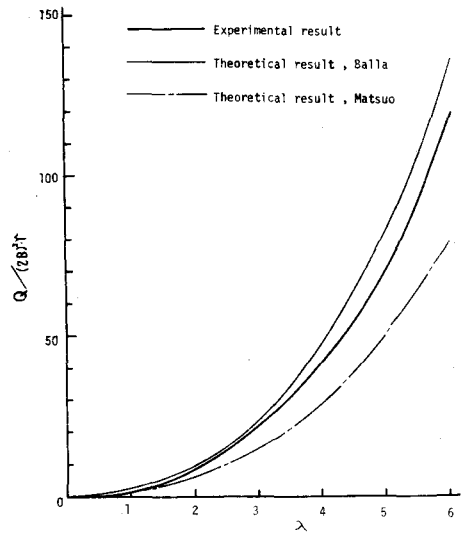


図-3 実験値と理論計算結果

参考文献 1) Balla A.: The Resistance to Breaking out of Mushroom Foundations for Pylons, Proc. 5th, ICSMFE, 1961, pp. 569~576  
 2) 松尾稔: 送電用鉄塔基礎の引揚げ抵抗力について 土木学会論文集, 第105号, 昭.39.5 pp.9~18  
 3) 松尾稔・田河勝一: 基礎の引揚げ抵抗力算定式の新しい展開と斜面内基礎の抵抗力について, 第141号, 昭.43.1 pp.27~35  
 4) Baker, W. H. and Kondner, R. L.: Pullout Load Capacity of a Circular Earth Anchor Buried in Sand, Highway Research Record, 08, 1966, pp. 1~10