

京都大学工学部 正員 畠 昭治郎

鳥取大学工学部 正員 勝見 雅

京都大学工学部 正員 西原 晃

まえがき

逆丁字型アース・アンカーに斜めの工方引抜き力が作用する場合、斜めの工方荷重の水平成分がアンカーの挙動に及び、極限支持抵抗に及ぼす影響は無視することはできない。すでに著者らは2次元模型実験により水平力を受けるアース・アンカーの挙動に及び、周辺地盤の破壊形状を明らかにし、水平抵抗力を求める算定式を提案している。今回はそれを3次元モデルに拡張し実験を行ったのでその結果について報告し、3次元モデルに対する極限水平抵抗力の算定式を提案する。

実験の概要

今回の模型実験で用いたアンカーは鋼製で厚さ4mm、直径60, 90, 120, 150mmの内形床板部と直径16mm、長さ480, 630mmの柱体部からなる。模型地盤には砂立砂の2mmフルイ通過乾乾試料を使用し振動締固のを行った。模型地盤の性質は含水比0.40%, 内部摩擦角 $\phi = 37.0^\circ$, 粘着力 $c = 0.005 \text{ kg/cm}^2$, 単位重量 $\gamma = 1.68 \text{ g/cm}^3$ である。載荷方法は2次元模型実験と同様頭部を一定速度で水平に引張り一定変位方式で行い、頭部に作用する力は張力計で測定した。また一連の実験とは別にアンカーの変位に伴う地表面変位の測定も行った。

実験結果およびその考察

水平力を受けるアース・アンカーの挙動、周辺地盤の破壊形状等は2次元模型実験で明らかにし、アンカーの変位が回転で規定されることを示した。3次元模型実験の結果に関してもアンカーの荷重-回転角曲線に注目すればその性状から大きく分けて次の3つに分類される。すなわち、a) 荷重-回転角曲線に明瞭にピークが現れるもの、b) 回転角の増加とともに荷重も順調に増加しピークが現れないものである。これらの縦軸に床板の径2B、横軸にアンカーの埋設深さDをとって図示すれば図-1のようになり、この図より $D/2B = 3 \sim 4$ という幅をもった境界線が得られる。地表面変位をみるとa)に属するものに関して水平力の作用方向より後方にはほぼ半円状のすべり線が観察された。図-2はその一例であり図中の線は変位の等しい点を結んだ等変位線である。一方、b)に属するものに関しては地表面にわたるに盛り上がりが見られずすべり線がなかった。このような地表面変位の相違を考え合わせれば、a)に属するものは明らかに全般せん断破壊を生じているものと考えられ、これに対してb)は局部せん断破壊といえる。鉛直アース・アンカーの引抜きに関して埋設深さ(critical depth)あるいは埋設深さ幅比(critical depth ratio)と称せられる $D/2B$ の値が全般せん断破壊と局部せん断破壊を分ける目安となっているが、水平力を受けるアース・アンカーにおいても全く同様の結果が得られた。その値も砂地盤における鉛直アース・アンカーの引抜きの場合とほぼ同じ値に合ったことは興味深い。

全般せん断破壊を生じたものに注目すれば、そのほとんどが回転角が $1 \sim 2^\circ$ の範囲で荷重がピークに達した。このようなすべり

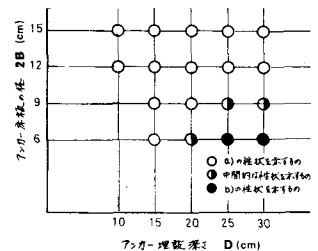


図-1 荷重-回転角曲線と性状による分類

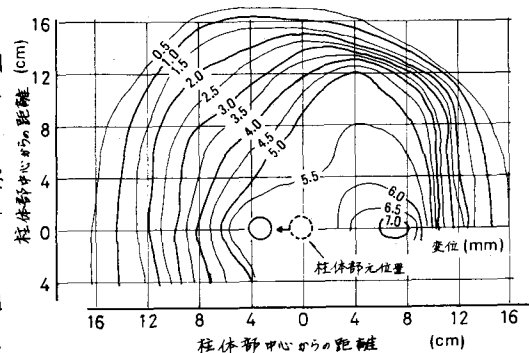


図-2 地表面変位測定結果 (2B=15, D=20 cm)

な回転角で地盤に破壊もしくは大きな支持力低下が生じるという点には注意を要する。普通の鉄塔基礎のような場合、その転倒は基礎の掘り込みによるものであるが水平力の作用により基礎に回転が生じた場合地盤の支持力は十分に期待できないことになる。また極限水平抵抗力はアンカー-基礎から荷重の作用位置までの距離に大きく左右され、この距離と荷重との間にはほぼ反比例の関係が成り立つようである。

極限水平抵抗力の算定式の提案

前項で述べたようにアンカーの水平抵抗の算定には回転という厄介な要素を含んでいる。そこで算定式と提案するに際して次のよう単純化をする。1) アンカー-基礎は水平力の作用方向側の床板端点b(図-3参照)を中心に回転する。2) アンカー-基礎は水平力の作用に対してアンカー-床板上のすべり面内の土塊重量 W 、すべり面に作用するせん断抵抗 P_s 、柱体部に作用する地盤反力 P_a によって抵抗する。このように考えれば極限水平抵抗力 R は上記各力の点回りのモーメントのつり合いより求められる。

$$R = \frac{1}{D+L} (M_w + M_s + M_a) \quad (1)$$

当然のことながら上記各力以外の外力も作用するが、鉛直、水平方向の力のつり合いより最終的には極限水平抵抗力は式(1)で求められるようになる。

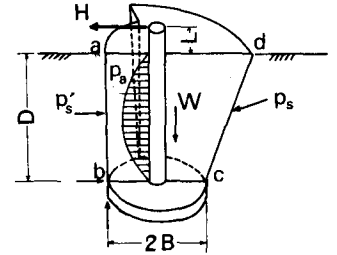


図-3 すべり面の形状および作用力

すべり面の形状に関しては、2次元モデルに対して図-3の断面abcdで示されるような形状を採用して一応の成果を得た。3次元モデルの場合には2次元モデルのすべり面の形状と地表面に現れるすべり線の形状を考慮して同図に示されるような半円すべり面と半円柱を組み合わせたすべり面を採用した。この場合すべり面内の土塊重量による点回りのモーメントは次式で表される。

$$M_w = \gamma \left\{ \pi B^2 D + \frac{B^2 D^2}{\tan \alpha} \left(\frac{\pi}{2} + 1 \right) + \frac{B D^3}{6 \tan \alpha} (\pi + 4) + \frac{D^4}{6 \tan^3 \alpha} - \pi B_0^2 B D \right\} - W a B \quad (2)$$

ここに、 B_0 は柱体部の径、 $W a$ はアンカー-基礎の重量である。また α は水平力の作用方向に対して後方の床板端から出るすべり線が水平となす角でありその値として実験結果より $\alpha = 65^\circ$ を採用した。

すべり面に作用するせん断抵抗各応力はすべり線に立てた直線と中(内部摩擦角)の角をばして作用し、その水平成分がその位置における変動土圧に等しいとすればせん断抵抗によるモーメントは次式のようになる。

$$M_s = K_p \gamma \left\{ B^2 D^2 \tan \phi \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) + \frac{1}{3} B D^3 - \frac{D^2}{\tan(\alpha + \phi)} \left(2 B^2 + \frac{B D}{\tan \alpha} + \frac{D^2}{6 \tan^2 \alpha} \right) \right\} \quad (3)$$

アンカー-柱体部に作用する地盤反力 P_a は剛円杭に作用する地盤反力の分布を教則線と仮定しているEngelの極限地盤反力係と適用すれば、添え字の点で、 $P_a = 2 K_p \gamma \left\{ (D-z) - (D-z)^3/D \right\}$ で与えられる点による点回りのモーメントは次式で表される。

$$M_a = \frac{1}{6} K_p \gamma B_0 D^3 \quad (4)$$

(K_p : 変動土圧係数)

式(1)~(4)を用いて計算した結果を実験結果に対してプロットすれば図-4のようになる。図中実線は両軸と 45° の角度をなす直線である。この図によると計算値は実験値と比較的よく対応しているといえる。ただし、掘入れ幅比が小さくなるにつれて計算結果が実験結果を若干上回る傾向がみられるようである。

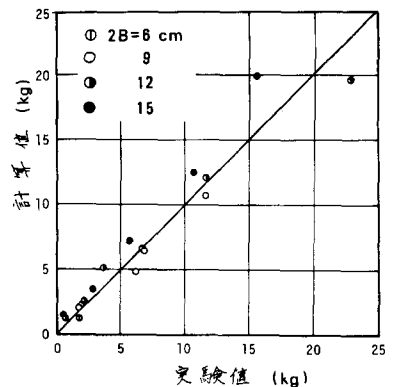


図-4 実験結果と計算結果の比較

参考文献

藤見・藤村・西原・戸田: 水平力を受けるアース・アンカーの支持抵抗について, 第12回工費工学研究発表会