

徳島大学工学部 王員 小田英一
 " " 山上拓男
 " " 学員 森 英俊
 大林組 鹿井元一

1. まえがき

現在、水理構造物として二重締切り構造物が数多く施工されていくにもかかわらず、その設計の際には明確な設計規準ともたないのが実状である。この方向の研究としては、流線網の作図¹⁾、実験的な力学的挙動²⁾等があるが少なく、今後に研究すべき余地を大いに残している。本研究に際しては、二重締切り構造物の合理的な設計法へのアプローチの一環として、有限要素法を用いた安定解析を行なったのでここに報告する。従来、二重締切り構造物の矢板壁内の自由水面を数学的に決定することは非常に困難であったが、板定によるしか方法はなかったのであるが、有限要素法によると合理的に自由水面を求めることができる。そこでこの自由水面のもととし、周辺地盤中の浸透力を求め、連続体の応力解析における荷重増加法の手法により、地盤内応力分布と求めて塑性領域の進展過程を追跡している。なおこの研究では、定常浸透流を考え、矢板のたわみ、および土と矢板間の摩擦は無視している点とことり、ておく(これらを考慮した解析については第二報のかたで発表予定)。

2. 自由水面および浸透力の算定

二重締切り構造物は図-1に示すごとく矢板壁内に自由水面を有する。そこでまずこの自由水面の位置を求めることが問題となる。一般に自由水面であるための条件は、全水頭が位置水頭のみを与えて、圧力水頭はゼロ、ということである。この条件のもとで有限要素法を用いて解くのであるが、その手順は次のとくである。

I) 矢板壁内の自由水面を板定する。

II) その板定よりもヒンボテンシャル分布を求める。

III) 求めた自由水面上のボテンシャル値と板定した座標値を比較

較し、許容誤差内にあれば求めたボテンシャル値が自由水面の位置を表す座標値と考え、許容誤差外であれば板定自由水面の座標値を適当に修正してII)へ戻る。

収束するまで反復計算し、最終的な自由水面の位置と等ボテンシャル線の結果を図-2に示す。これによると、矢板壁内の自由水面の位置は外水位と内水位のほぼ中間に位置することがわかる。これとは別に、藤原氏によ、て発表された電気アロード法とリラクゼーション法によって求めたもの³⁾と比較してみると、ボテンシャル分布に大差ないことが確かめられた。

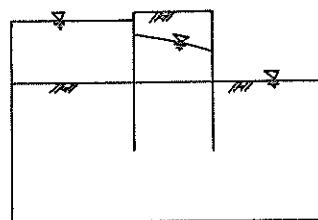


図-1. 矢板壁内の自由水面

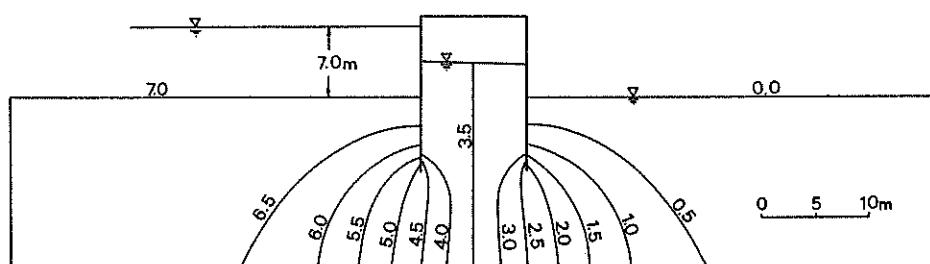


図-2. 自由水面と等ボテンシャル線

自由水面の位置が決定でき、ポテンシャル分布がわかれれば、地中を水が浸透することにより、土に及ぼす力—浸透力(透水力)が次式で求まる。⁴⁾

$$\begin{aligned} X &= -Y_w \frac{\partial H}{\partial x} \\ Y &= -Y_w \frac{\partial H}{\partial y} \end{aligned} \quad \text{ここで } Y_w: \text{水の単位体積重量} \quad (1)$$

X, Y: 単位体積に作用する軸方向浸透力

3. 浸透力による応力解析

有効重量によて求めた地盤内応力を初期応力と考え、上式で求めた浸透力を外力として矢板周辺地盤の応力解析を行なうのであるが、有限要素法で用いる応力解析の剛性マトリックスには弾性係数(E)とポアソン比(ν)が含まれている。一般に土の応力—変曲線から知れるように弾性係数、ポアソン比共に非線形としての性質を有する。そこでこの性質を解析に導入するために連続体の応力解析における荷重漸増法を適用する。つまり、外力としての浸透力を適当な増分に分割し、各増分を外力として作用させ際に弾性係数、ポアソン比を変化させて解析した後、計算された応力を重ね合わせの法則にしたがって加え合わせるものとする。非線形性を考慮した弾性係数、ポアソン比の変化は、それぞれ Duncan⁵⁾, Kulhawy⁶⁾によって展開された式を用いる。

$$E_t = \left[1 - \frac{R_f(1-\sin\phi)(\sigma_1 - \sigma_3)}{2C(80\phi + 2\sigma_3 \sin\phi)} \right]^2 \cdot K \cdot P_a \left(\frac{\sigma_3}{P_a} \right)^n \quad (2)$$

$$\nu_t = \frac{G - F \log \left(\frac{\sigma_3}{P_a} \right)}{\left\{ 1 - \frac{d \cdot (\sigma_1 - \sigma_3)}{K \cdot P_a \left(\frac{\sigma_3}{P_a} \right)^n \left[1 - \frac{R_f(1-\sin\phi)(\sigma_1 - \sigma_3)}{2C(80\phi + 2\sigma_3 \sin\phi)} \right]} \right\}^2} \quad (3)$$

この研究に使用した各数値は表-1に示してある。なお、土のダイレイティニーの影響によりポアソン比が0.5以上になる場合にも適用できるように考慮すべきであるが、今解析ではそこまで辛法が確立されていないので最大値を0.49としている。

以上の方針によて二重締切り矢板周辺地盤の応力解析を行なうと、浸透流による地盤の破壊現象—フリッターサンド現象がよく把握できているように思われる、これは当日スライドで説明する予定である。

φ °	C /m²	R _f	K	n	d	G	F	k m/sec	r _d /m³	r _{sub} /m³
42.0	0	0.70	10000	0.5	6.0	0.32	0.14	4.01 × 10⁻⁴	1.9	1.17

表-1. 解析に使用した数値。

- 参考文献 1) 斎藤三郎, 藤原紀夫; 流線網の求め方の実例とそれより問題点, 土と基礎, vol.21, No.89, 65~73
 2) 近藤伸治他; 二重鋼矢板構造物の力学的挙動について, 第28回年次学術講演会概要集, pp.228
 3) 1) と同じ
 4) 山上拓男; 有限要素法によるフリッターサンド現象の解析, 土木学会論文報告集, No.23, 1973, pp.9~10
 5) Duncan J.M. and Chang C-Y, "Journal of Soil Mechanics and Foundation Division ASCE, vol.98, 1970
 6) Kulhawy ; Application of Finite Element Method in Geotechnical Engineering Proc. of Symposium held at Vicksburg, Mississippi 1~4, May, 1972, pp. 155~213