

有限要素法による擁壁土圧の計算

名古屋大学 正 川本 眺 乃  
 〃 学生 〇 林 義 信

1. まえがき 土木工学の種々の問題に対して有限要素法が適用されており、地盤内の構造物におけるすべりや剝離の現象、節理や亀裂などの不連続面の挙動やゆるみ現象などの解析に対して、不連続面を含む物体に対する有限要素法の適用がなされている。不連続性を表わす方法として、それをばさむ節点間に joint element や linkage element を用いる方法と、仮想的な不連続面における力の伝達条件と変位の適合条件を規定して逐次計算を行なう方法があるが、ここでは、擁壁と裏込め土の接触面に、Goodman らが誘導したジョイント要素を用いて、擁壁に作用する土圧について解析を行ない、検討した。

2. ジョイント要素の特性 図-1に示すように、幅が零の長方形要素を考える。ジョイントの上面と下面との相対変位ベクトル  $\{w\}$  と単位長さあたりの荷重ベクトル  $\{P\}$  の関係は、単位長さあたりのジョイントの剛性  $[k]$  を用いて、次のように示される。

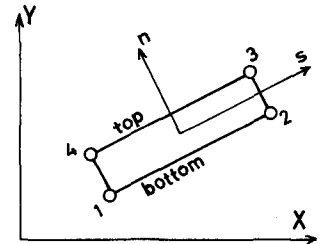


図 - 1

$$\{P\} = \begin{Bmatrix} P_s \\ P_n \end{Bmatrix} = [k] \{w\} = \begin{bmatrix} k_s & 0 \\ 0 & k_n \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_s^{top} - u_s^{bottom} \\ u_n^{top} - u_n^{bottom} \end{Bmatrix}$$

上式において添字 s および n は、それぞれ、ジョイントに対する接線方向、垂直方向の成分を表わす。さらに、上下面の相対変位  $\{w\}$  は要素の節点変位で表わされ、通常の要素の剛性行列を求める場合と同様にして、ジョイント要素の剛性行列が誘導される。

3. 擁壁の変位にともなう土圧の計算 擁壁と裏込めの接触面および地盤底面にジョイント要素を入れ、ジョイント定数  $k_s, k_n$  のうち、 $k_s$  のみが非線形挙動に寄与するものとし、また、裏込め土の非線形性を考慮した。Duncan らの示した式を用いて、 $k_s$  として、

$$k_{s1} = K_I \sigma_v \left( \frac{\sigma_n}{P_c} \right)^n \quad (\text{初期}), \quad k_s = K_I \sigma_v \left( \frac{\sigma_n}{P_c} \right)^n \left( 1 - \frac{R_f \cdot T}{\sigma_n \tan \delta} \right)^2$$

を用いる。ここに、 $\sigma_n$  は壁に作用する垂直・せん断応力である。

裏込め土(平面ひずみ状態)が初期応力場から主動状態に移行するように、剛な壁体を底面を中心に前方向へ回転させる場合には、高さ 3<sup>m</sup> 横 8<sup>m</sup> の領域モデルを考え、それを節点数 250 で、192 個の四角形 isoparametric linear 要素に分割した。10 ステップの荷重漸増法を用いた。また、受働状態に移行させる方法として、壁体を底面または壁頂を中心に裏込め土の方向へ回転させる場合、および、壁体をそのまま裏込め土の方向へ平行移動させたときの 3 つの場合を考え、モデルとして前述モデルの横を 18<sup>m</sup> (節点数 503, 要素数 408) に広げた。擁壁と裏込めの接触面は両モデルとも 12 個のジョイント要素でモデル化した。解析に用いたジョイント、裏込めの材料定数、変位量などを示すと、表-1 のようである。裏込め地表面の変位曲線および壁面に作用する土圧分布の変化状態について、代表的な結果を示すと、図 2~8 のようである。壁面がなめらかな場合には、壁面に沿うすべりが認め

ら、壁面に摩擦があるときには、壁より離れた所に最大変位が現われている。土圧分布は、主動状態では、古典理論解にはほぼ一致している。受働状態では、壁体の変位モードの違いにより、土圧分布に大きな差異が認めらるが、最終的には古典理論解に近づいていくものと思われる。

4. あとがき 擁壁土圧を求めるために有限要素法を適用したのであるが、解析上の問題点として、計算のステップ間隔と非線形性の表現程度、壁隅角部の応力変動の取扱い、受働時に対する微小変形理論に基づく有限要素法の適用の是非などがある。なお、計算に際して名古屋大学大型計算機センター Facom 230-60 を用いた。

参考文献

- 1) R.E. Goodman  
Proc. ASCE, SM3,  
(1968), pp.637-59
- 2) J.M. Duncan  
Proc. ASCE, SM12,  
(1977), pp.1657-73

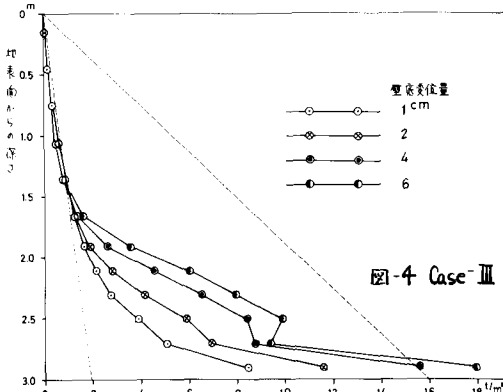


図-4 Case-III

表-1

a) 擁壁背面のジョイント要素

	主動状態					受働状態			
	Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	Case-5	Case-I	Case-II	Case-III	Case-IV
壁傾角 $\delta^\circ$	0.1	0.1	24	24	34	0.1	24	0.1	0.1
剛性係数 $K_I$	1.0	1.0	40000	40000	75000	1.0	40000	1.0	1.0
剛性指数 $n$	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0
$\gamma/C\alpha$ $R_f$	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0
壁変位方式	壁底と中心に回転	"	"	"	"	壁底と中心に回転	"	壁頂底と中心に回転	平行移動
壁変位量 $\times 10^3$	3.0	1.0	1.0	2.0	1.0	52.1	52.1	10.0	20.0

b) 裏込底面のジョイント要素:  $\delta = 24^\circ$ ,  $K_I = 75000$ ,  $n = 0.5$ ,  $R_f = 0.9$

c) 裏込め:  $\phi = 34^\circ$ ,  $C = 0.5 \text{ t/m}^2$ ,  $K = K_{uv} = 365.0$ ,  $n = 0.804$ ,  $R_f = 0.477$   
 $\nu = 0.35$ ,  $\gamma = 1.5 \text{ t/m}^3$ , 土圧係数(初期) = 0.43

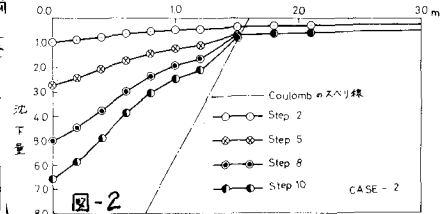


図-2

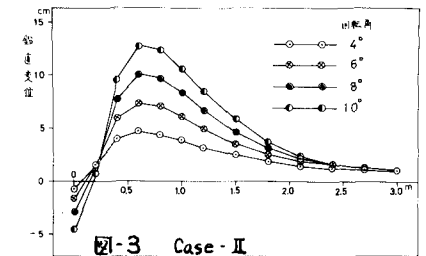


図-3 Case-II

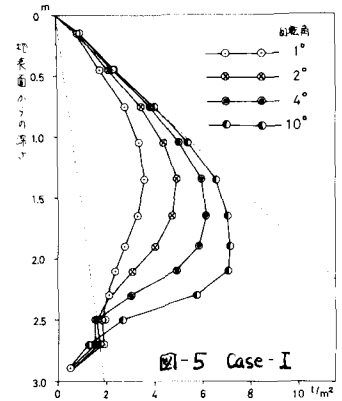


図-5 Case-I

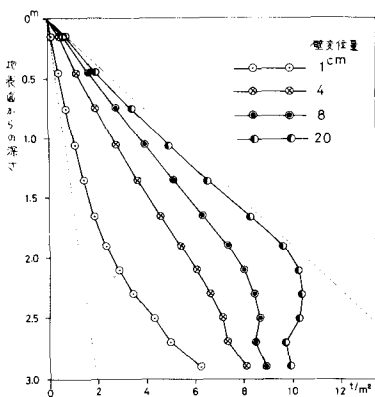


図-6 Case-IV

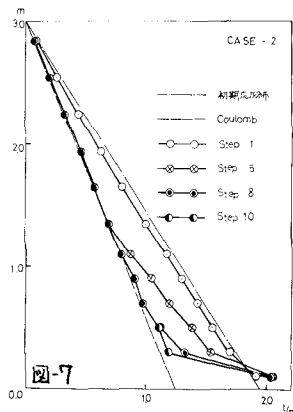


図-7

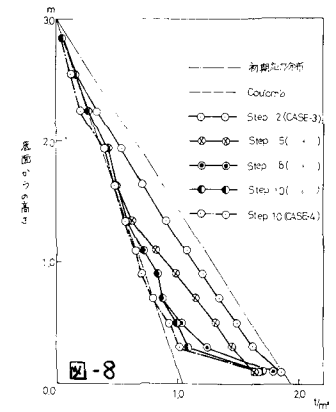


図-8