Ⅲ—59　個々の堤体を延長方向に連結した場合の防波堤の安定

室蘭工業大学教授　正員　工博　能町　純雄

○北海道土木部港湾課　正員　　石倉　建治

防波堤の堤体が不等沈下を起さない，という前提の下にその個々の堤体が延長方向に連結された場合の防波堤の安定に関する解析を試みたものである．

いま個々のケーソンをその上部場所詰コンクリートで連結するならば，個々の堤体は一種のヂベルで連結され，互いに力を伝達し合っているような構造と考えられるから，局所的な波力に対し，防波堤はそのうちの多くの堤体の基礎底面におけるマサツ力で抵抗するのは勿論であるが，その他に堤体相互の間に働く有効セン断抵抗力が考えられる。著者等はこの考え方に基き，任意の堤体に作用した波力が他の堤体に伝達される状況を差分方程式によって表現し，最も簡単な場合，すなわち自由端のケーソンに波力が作用した場合について述べる。ただし，波力は静力学的に取扱うものとする。

1　基本式の誘導

防波堤がn個のケーソンから形成されているものとし，ヂベルの番号とケーソンの番号を図−1のようにとる。いまr番目のケーソンを取出して，0点のまわりのモーメントの釣合を考えれば（図−2，3参照）

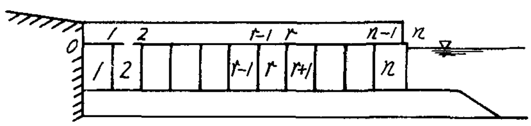
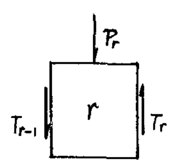
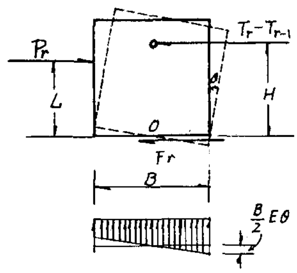


図　1



図−2



図−3

$$P_r L - H(T_r - T_{r-1}) - K\theta_r = 0 \quad \text{——————} (1)$$

こゝに

θ_r：ケーソン r の傾き

E：基礎の支持力係数

M_r：基礎部の反力が底部中央点 0 のまわりにつくる抵抗モーメント

とすれば，　$M_r = \frac{1}{12}EB^3\theta r$　　従って　$K = \frac{1}{12}EB^3$

ところが，T_r はケーソン r と $r+1$ のヂベル点におけるズレに比例すると考えられるから

$$\left.\begin{array}{l} -T_r = CH(\theta_{r+1} - \theta_r) \\ \text{こゝに}\quad C\ \text{はヂベル定数} \end{array}\right\} \quad \text{——————} (2)$$

$$\therefore \quad T_r - T_{r-1} = CH(\theta_{r+1} - 2\theta_r + \theta_{r-1})$$

いま　$\theta_{r+1} - 2\theta_r + \theta_{r-1} = \Delta^2\theta_r$　とおくと，(1) 式は

$$CH^2\Delta^2\theta_r - K\theta_r = P_r L \quad \text{——————} (3)$$

$$\therefore \quad \Delta^2\theta_r - \alpha\theta_r = -\beta P_r \qquad \text{こゝに}\quad \alpha = \frac{K}{CH^2}, \quad \beta = \frac{L}{CH^2} \quad \text{——————} (3)'$$

これが上部場所詰コンクリートその他の方法によりヂベル結合された防波堤の基本差分方程式となる。

2　境界條件：防波堤の一端が陸岸に固定され，自由端に波力が作用したとき。

$r = 1$ が陸岸で固定されているから，陸岸の θ_0 は存在しない。すなわち

$$\theta_0 = 0 \qquad (4)$$

$r = n$ は自由端であるから，T_n は存在せず，従って (1) は

$$P_n L + H T_{n-1} - K\theta_n = 0 \qquad (5)$$

$$\therefore \quad P_n L - CH^2(\theta_n - \theta_{n-1}) - K\theta_n = 0 \qquad (6)$$

3　ヂベルに作用するセン断力

波力は n 番目のケーソンに P_n のみ存在するとしているから，それ以外のところでは P_r は 0 である。従って (3)′ 式は

$$\Delta^2\theta_r - \alpha\theta_r = 0 \qquad (7)$$

となり，この解は

$$\theta_r = A\frac{\sinh r\eta}{\sinh n\eta} \qquad (8)$$

で，こゝに η は　$\cosh\eta = 1 + \frac{\alpha}{2}$　を満足する値であり，境界條件 (4) は既に満足しているから，A は境界條件 (6) から定る。すなわち

$$P_n L - ACH^2\left\{1 - \frac{\sinh(n-1)\eta}{\sinh n\eta}\right\} - KA = 0$$

$K = \alpha CH^2 = 2(\cosh\eta - 1)CH^2$ を上式に代入して整理すると

$$A = \frac{P_n L}{CH^2}\cdot\frac{\sinh n\eta}{2\cosh(n+\frac{1}{2})\eta\,\sinh\frac{\eta}{2}} \qquad (9) \qquad\qquad \therefore\ \theta_r = \frac{P_n L}{2CH^2}\cdot\frac{\sinh r\eta}{\cosh(n+\frac{1}{2})\eta\,\sinh\frac{\eta}{2}} \qquad (10)$$

これを (2) に代入して整理すれば

$$T_r = -\frac{P_n L}{H}\cdot\frac{\cosh(r+\frac{1}{2})\eta}{\cosh(n+\frac{1}{2})\eta} \qquad (11) \qquad\qquad T_{n-1} = -\frac{P_n L}{H}\cdot\frac{\cosh(n-\frac{1}{2})\eta}{\cosh(n+\frac{1}{2})\eta} \qquad (12)$$

$$T_0 = -\frac{P_n L}{H}\cdot\frac{\cosh\frac{\eta}{2}}{\cosh(n+\frac{1}{2})\eta} \qquad (13)$$

こゝに T_0 は，自由端 n に波力 P_n が作用したとき，陸岸に伝達される力である。

4　ケーソン底面に働くセン断力

図−3 の水平方向の力の釣合いから

$$P_r - (T_r - T_{r-1}) - F_r = 0 \qquad (14) \qquad\qquad \therefore\ F_r = P_r\left(1 - \frac{L}{H}\right) + \frac{K}{L}\theta_r \qquad (15)$$

いま P_n のみが存在しているとしているから，n 以外のケーソンに対しては

$$F_r = \frac{K}{L}\theta_r$$

$$\therefore \quad F_r = \frac{P_n K}{2CH^2}\cdot\frac{\sinh r\eta}{\cosh(n+\frac{1}{2})\eta\,\sinh\frac{\eta}{2}}$$

$$= P_n\cdot\frac{(\cosh\eta - 1)\sinh r\eta}{\cosh(n+\frac{1}{2})\eta\,\sinh\frac{\eta}{2}} \qquad (16)$$

$$F_n = P_n\left\{\left(1 - \frac{L}{H}\right) + \frac{(\cosh\eta - 1)\sinh n\eta}{\cosh(n+\frac{1}{2})\eta\,\sinh\frac{\eta}{2}}\right\} \qquad (17)$$

こゝに基礎の支持力係数 E，ヂベル定数 C が定まれば η がきまり，上の各式より実際の数値計算を行うことができる。