(26) 砂防堰堤の断面設計法に関する研究（Ⅰ）

九州大学農学部　綿引　靖　熊谷才蔵

堰堤断面および水圧の作用状態が，図－1に示されている。堤体断面積をS，下流および上流側のノリ面勾配をm，n，堤体の下流および上流端に生ずる鉛直圧縮力をd，u，堤体に働く水圧および重力の合力の作用線が堤底と交わる点までの上流端からの距離をLとし，堤高H，天端幅a，天端から水面までの距離（上方へ正）h，堤体と地盤間の摩擦係数μ，堤体と水との単位体積重量の比γ，地盤の支持力P，堤体の許容圧縮応力σの設計値が与えられているとする。

$a/H \equiv \alpha$，$h/H \equiv \beta$とおき，βが区間〔－1，設計値〕で任意の値をとるとき，

条件1）$\alpha+m+n>0$（底面積が正，あるいは，両ノリ面が交叉しないための条件）

2）$\frac{1}{3} \leq \frac{L(\alpha, \beta, \gamma, m, n, H)}{(\alpha+m+n)H} \equiv \lambda \leq \frac{2}{3}$

3）水平方向の合力$\leq \mu \times$鉛直方向の合力

4）$\mathrm{Max}\{d, u\} \leq P$　（$\mathrm{Max}\{d, u\}$は，d，uのうち他より小でないものの意味）

5）$\mathrm{Max}\{d(1+m^2), u(1+n^2)\} \leq \sigma$　を満たす（m，n）の中で，

$S = \frac{H^2}{2}(2\alpha+m+n)$　を最小にするものを求める。

基礎式　$\gamma=2$として

$-1 \leq \beta \leq 0$のとき

$$\lambda = \frac{\frac{1}{6}(1+n^2)(1+\beta)^3+\alpha^2+(m+2n)\{\frac{1}{3}(m+n)+\alpha\}}{(\alpha+m+n)\{\frac{n}{2}(1+\beta)^2+m+n+2\alpha\}} \tag{1}$$

$\beta \geq 0$のとき

$$\lambda = \frac{\{\frac{\alpha^2}{2}+\alpha n+\frac{1}{2}(1+n^2)\}\beta+\alpha^2+(m+2n)\alpha+\frac{1}{6}\{(m+n)^2+(m+2n)^2+1\}}{(\alpha+m+n)\{(\alpha+n)\beta+2\alpha+m+\frac{3}{2}n\}} \tag{2}$$

Sを最小にするには，m＋nを最小にすればよく，$l=m+n$なる関係により，変数mの代りに，変数lを導入すると，(1)および(2)式は，それぞれ(3)，(4)式となる。

$$(\frac{1}{3}-\lambda)l^2+\{\frac{n}{3}+\alpha(1-3\lambda)-\frac{n}{2}\lambda(1+\beta)^2\}l$$
$$+[\alpha\{n+\alpha(1-2\lambda)\}+\frac{1}{6}(1+\beta)^2\{(1+n^2)(1+\beta)-3n\lambda\alpha\}]=0 \tag{3}$$

$$(\frac{1}{3}-\lambda)l^2+\{\alpha(1-3\lambda)+\frac{n}{2}(\frac{2}{3}-\lambda)-\lambda\beta(\alpha+n)\}l$$
$$+[\frac{1}{2}\{(\alpha+n)(\alpha+n-2\alpha\lambda)+1\}\beta+\alpha^2(1-2\lambda)+n\alpha(1-\frac{\lambda}{2})+\frac{1}{6}(1+n^2)]=0 \tag{4}$$

上式において，$\beta=j$，$\lambda=k$として表わされる曲線を$\{\beta=j, \lambda=k\}$と書くことにする。

①$\{\beta=-1, \lambda=\frac{1}{3}\}$，②$\{\beta=-1, \lambda=\frac{2}{3}\}$，③$\{\beta=0, \lambda=\frac{1}{3}\}$，④$\{\beta=0, \lambda=\frac{2}{3}\}$，⑤$\{\beta=$設計値，$\lambda=\frac{1}{3}\}$，⑥$\{\beta=$設計値，$\lambda=\frac{2}{3}\}$を描き，条件2）を吟味する。

条件3）は，$\mu=\frac{3}{4}$として，$-1 \leq \beta \leq 0$のとき，$l \geq -\frac{(1+\beta)^2}{2}n+\frac{2}{3}(1+\beta)^2-2\alpha$　(5)

$\beta \geq 0$のとき，$l \geq (1+2\beta)(\frac{2}{3}-\frac{n}{2})-\alpha(2+\beta)$　(6)

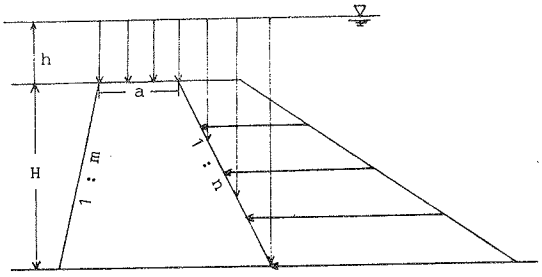
によりあらわされる。(5)および(6)式は，等式のとき，$n=\frac{4}{3}$，$l=-2\alpha$および$n=\frac{4}{3}-\alpha$，$l=-\frac{3}{2}\alpha$をそれぞれ通る直線群をあらわす。⑦$\beta=-1$，⑧$\beta=0$，⑨$\beta=$設計値の場合について描き，条件を吟味する。以上より設計を行なう。例）1　$\alpha=0.2$，$\beta=0.6$の場合，

条件2）および3）に示された曲線および直線が，図－2に描かれている。条件1），2），3）を満たすn，lを座標に持つ点の存在区域は，斜線部分（ただし，境界を含む）であり，この区域から，lが最小である点を見出す。⑥の極小値が解であり，$l=0.8005$，$m=0.643$，$n=0.157$である。ちなみに，⑥と⑨との交点は，$l=0.8009$，$m=0.668$，$n=0.133$

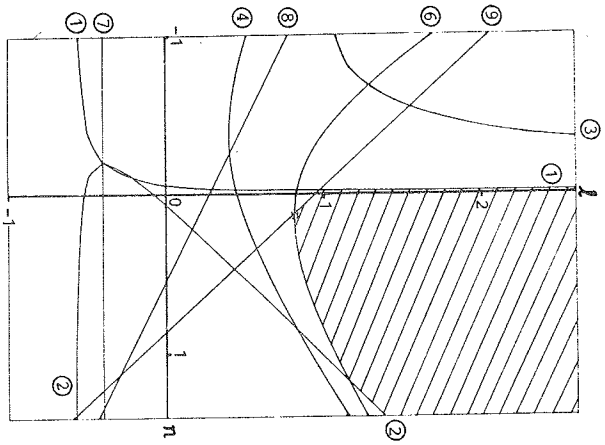
2　$\alpha=0.4$，$\beta=0.4$ の場合

1例と同様にして，図－3に条件式が描かれている。この場合の解は，①と⑥との交点，$l=0.438$ $m=0.536$，$n=-0.098$

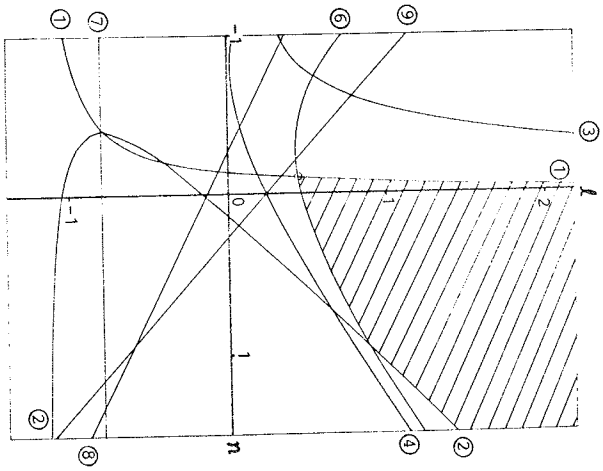
ここでは，低堰堤でノリ面の損傷が少ないことを想定し，勾配に制約が設けられていないが，mおよびnの存在範囲を規定する付帯条件（たとえば，m，$n\geq 0$）がつけられた場合にも，本方法により解を見出すことができる。



図－1



図－2　$\alpha=0.2$　$\beta=0.6$



図－3　$\alpha=0.4$　$\beta=0.4$