

九州産業大学
川崎製鉄(株)
九州産業大学

正会員
正会員
正会員

崎山 正常
石田 昌弘
青柳 茂敏

1. まえがき 鋼矢板継手の透水性についてはこれまでも検討されている文献¹⁾はあるが、その論拠はいまだ完成されているとはいえない。そこで本報では、図-1に示しているような鋼矢板(KSP-FA)の継手長 l に対し、その間隙幅は決して一定ではないがこれを $2\eta = \text{const.}$ とみなし、これを図-2に示すようにモデル化し、これに対する漏水量解析を、層流かつ準一様流の仮定のもとに行ない、その妥当性を小規模な室内実験によって検討し、かなりよい結果がえられたのでここに発表させていただくことにした。

2. 解析 問題の厳密な解析に当っては、もちろん3次元のNavier-Stokesの運動方程式と連続の方程式とを連立に解析しなければならないが、実用上は準一様流の仮定に基づく理論展開でも充分妥当な結果がえられると考えるので、以下にこの立場から著者が解析した理論についてべる。

まず、図-2の上部に示す無限小厚 dh 、長さ ds 、幅 $2x$ の水6面体に作用する流れ方向の力のつり合いを考えると

$$-p \, dh \cdot 2x - \rho g \, ds \cdot dh \sin \theta \cdot 2x \cdot \cos \theta = 0 \quad \cdots (1)$$

$$\therefore \int_{-x}^x \tau_{RB} \, dx + \tau_{sw} \, dh \sin \theta + \frac{\partial p}{\partial s} \, dh \cdot x$$

$$- \rho g \cdot dh \sin \theta \cdot x \cdot \cos \theta = 0 \quad \cdots (2)$$

がえられる。ここで ρ を水の密度、 ν を動粘性係数とすれば

$$\tau_{RB} = \rho \nu \frac{\partial u_{RB}}{\partial h}, \quad \tau_{sw} = -\rho \nu \frac{\partial u_{sw}}{\partial x}, \quad \sin \theta = \frac{dh}{ds}$$

$\cos \theta = -\frac{dz}{ds} \quad \cdots (3)$ であり、また、考えている位置で dh は無限小だから $u_{RB} = u_{sw} = u \quad \cdots (4)$

さらにいまの場合、 y 軸を s 軸と一致させれば、式(3)、

(4)を式(2)に適用して

$$\int_{-x}^x \rho \nu \frac{\partial u}{\partial h} \, dx - \rho \nu \frac{\partial u}{\partial x} \, dh = \rho g \cdot I \cdot dh \cdot x \quad \cdots (5)$$

$$\text{ここに } I = -\frac{\partial}{\partial s} \left(\frac{p}{\rho g} + z \right) \quad \cdots (6)$$

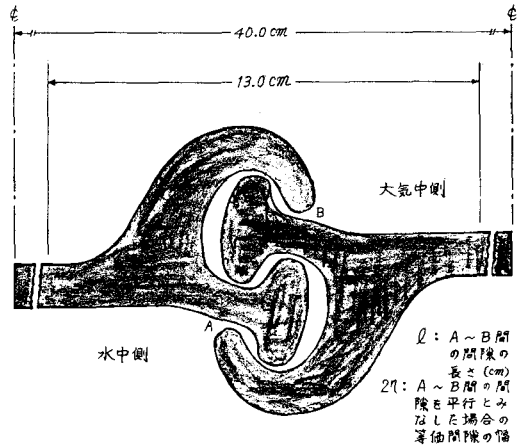


図-1 継手の間隙を最大とした継手の平面図(鋼矢板 KSP-FA)

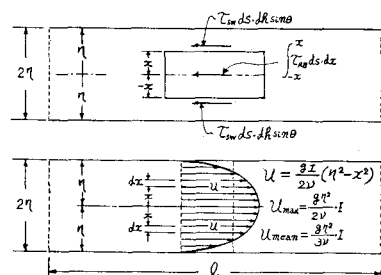
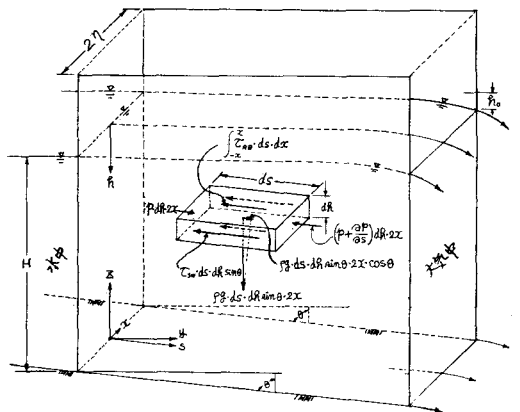


図-2 鋼矢板の継手模型からの漏水解析図

がえられる。次に、無限小厚 dh 間において、 u の r 方向の変化は、流水の底面のごく近傍を除外して考えれば、 u の x 方向の変化に比べて極めて小さいと考えられるから $\partial u / \partial x = 0 = \text{const.}$ とみなしてこれを式(5)の積分記号の前に出せば

$$\nu \frac{\partial u}{\partial x} + g I x = 0 \quad \text{----- (7) がえられる。}$$

そこでいま、図-2の左側は水中であり右側は大気中であることを考えれば水中 $r = r_0$ における微小厚 dh 間では $I = r_0 / l$ ----- (8) とおくことに無理はない。そこで式(7)を積分すれば

$$u = -\frac{g I}{2\nu} x^2 + f(r) \quad \text{----- (9) がえられる。}$$

ここで境界条件は $x = \pm l$ で $u = 0$ であるから

$$f(r) = \frac{g I}{2\nu} l^2 = \frac{g \eta^2}{2\nu} \left(\frac{r}{l}\right) \quad \text{--- (10) がえられる。}$$

従って、これを式(9)に適用すれば

$$u = \frac{g I}{2\nu} (l^2 - x^2) = \frac{g}{2\nu} \left(\frac{r}{l}\right) (l^2 - x^2) \quad \text{----- (11)}$$

がえられ、 $r = r_0$ における平均流速 $u_{m,r}$ は

$$u_{m,r} = \frac{g r}{2\nu l} \cdot \frac{1}{2l} \int_{-l}^l (l^2 - x^2) dx = \frac{g \eta^2}{3\nu l} \cdot r \quad \text{--- (12)}$$

従って $r = r_0$ における間隙 2η 全域についての無限小厚 dh 間の漏水量

$$dQ \text{ は } dQ = u_{m,r} \cdot 2\eta \cdot dh = \frac{2g \eta^3}{3\nu l} r \cdot dh \quad \text{----- (13)}$$

これを $r = r_0$ (任意) から $r = r (> r_0)$ まで積分すれば

$$Q = \frac{g \eta^3}{3\nu l} (r^2 - r_0^2) \quad \text{--- (14) がえられる。また、上記の } u_{m,r} \text{ と}$$

Darcy にならって $u_{m,r} = K \cdot I$ とおくと、鋼矢板継手模型の間隙の透水係数 $K = g \eta^2 / (3\nu)$ ----- (15) がえられる。また、

任意の $r = r_0$ から任意の $r = r (> r_0)$ 間の漏水量 Q 、動粘性係数 ν および継手の平面的な長さ l を測定すれば、これらを用いて逆算される $\eta = \eta_A$ は

$$\eta_A = \left\{ \frac{3\nu l Q}{g(r^2 - r_0^2)} \right\}^{1/3} \quad \text{----- (16)}$$

となり、これと実験装置作成時に隙間 gauge で予め測定しておいた $\eta = \eta_g$ との比が 1.0 となるか 1.0 に近いにあるいはかなり離れているかなどによって、理論の適合度あるいは装置の精粗などが判断できる。

3. 実験による検討 図-3~5に9種の実験例を示した。各図の曲線は $\eta = \eta_g$ を用いた理論曲線であり、 $\times$, $\circ$ および $\bullet$ 印は実測値である。 $Q \sim r/H$ および $\eta_A/\eta_g \sim r/H$ とし、 $l = 20\text{cm}$ および $l = 10\text{cm}$ の場合には極めてよく適合していると言えよう。なお実験に当っては九州産業大学副学阿部孝行氏に大変お世話になった。文献 1) 久保浩一, 村上山: 鋼矢板の透水性に関する一つの実験, 土と基礎, pp.25~31, 1963年2月。

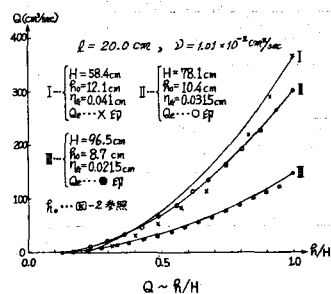


図-3 $\eta_A/\eta_g \sim r/H$

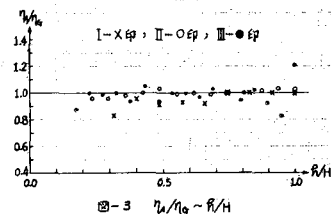


図-4 $\eta_A/\eta_g \sim r/H$

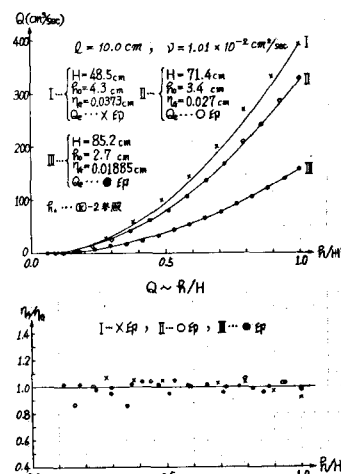


図-5 $\eta_A/\eta_g \sim r/H$