

今月は論文集第 89 号 (38 年 1 月発行) 登載論文として次の 4 編を紹介いたします。なお、次号で紹介する第 90 号登載予定論文は、下記の 5 編です。

- 小西一郎・小松定夫：単純支持曲線桁橋の立体的解析
- 平井一男：種々の移動荷重を受けるはり構造の基礎方程式とその応用
- 合田 健・北井克彦：全酸化過程における BOD 除去と浮遊物質量の変化
- 佐藤尚徳：浄水場において規準水質を超過する日数の推定
- 赤井浩一・小谷 章・足立紀尚：飽和粘土の三軸圧密における間げき水圧の挙動について

曲線直交異方性変厚扇形平板の曲げについて

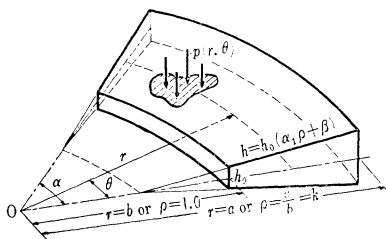
—変厚の始点が座標の原点と一致しない場合—

芳 村 仁

筆者は先の変厚扇形平板に関する論文 (土木学会論文集第 86 号) で r 方向変厚板の基礎微分方程式をたて、変厚の始点 (変厚を表わす曲線が軸と交わる点を変厚の始点とする) と極座標の原点が一致する場合の曲げの問題について論じたので、この論文では両者が一致しない ($h=h(\rho)$ が極座標原点 0 を通らない) より一般的な場合について述べる (図-1 がその一例)。厚さの変化は r の代表関数 (有理整関数) で示されるものを中心に考えることにし、曲げの微分方程式をたて、その解をベキ級数の形で求めることができた。例として厚さが直線変化する扇形平板について数値計算を行ない等厚のもの および始点と原点の一致したものと比較することができた。変厚を表わす式が代数関数以外のものであっても (たとえば初等超越関数) 変厚板の基礎方程式から、おのおのについての微分方程式をつくると、それらはここに扱う代表関数で表わされる場合に帰着されることが多い。

この場合も単に厚さが変化する平板のみでなく、平板の剛度が r 方向に変化する場合、すなわち N_r が r の関数で示されるようなとき (厚さが一定であっても) にも拡張して用いることができる。このことはそのような実際の構造物の解析にこの理論を応用するとき、たとえば曲線格子桁構造の解析に応用するような場合きわめて有用なことといえよう。

図-1 板厚が直線的に変化する扇形平板の例



基本微分方程式

r 方向変厚板の基礎微分方程式は前論文で誘導した式 (5) である。扇形平板の中心角を α とし $0 < \theta < \alpha$ で θ に関する有限 Fourier Sine 変換を施すと、放射方向の境界の条件をふくんだ式が得られるが二直線辺が単純支持の条件を考慮すると Sine 変換された、たわみ w_s に関する常微分方程式になる。変数 r を無次元表示するための平板の内側円弧辺までの距離を b とするとき、新たに $\rho = \frac{r}{b}$ を導入し、 ρ に関する方程式に変換したものを示すと、次のようになる。

$$N_r \frac{d^4 w_s}{d\rho^4} + \left[\frac{2N_r + N_r \nu_\theta - N_r \nu_r}{\rho} + 2 \frac{dN_r}{d\rho} \right] \frac{d^3 w_s}{d\rho^3} + \left[-\frac{N_\theta}{\rho^2} + \frac{1}{\rho} \left\{ 2(1 + \nu_\theta) \frac{dN_r}{d\rho} - \nu_r \frac{dN_r}{d\rho} \right\} + \frac{d^2 N_r}{d\rho^2} - \beta^2 \left\{ \frac{N_r \nu_\theta + N_r \nu_r}{\rho^2} + 2 \frac{C_3}{\rho^2} \right\} \right] \frac{d^2 w_s}{d\rho^2} + \left[\frac{N_\theta}{\rho^3} - \frac{1}{\rho^2} \frac{dN_\theta}{d\rho} + \frac{\nu_\theta}{\rho} \frac{d^2 N_r}{d\rho^2} - \beta^2 \left\{ C_1 - 3C_2 - 2N_r \nu_\theta + 2 \left(\frac{dC_2}{d\rho} + \nu_\theta \frac{dN_r}{d\rho} \right) \right\} \right] \frac{dw_s}{d\rho} + \beta^2 \left[\frac{C_1 - 3C_2 - 2N_r \nu_\theta - 2N_\theta}{\rho^4} + \frac{1}{\rho^2} \left(2 \frac{dC_2}{d\rho} + 2 \nu_\theta \frac{dN_r}{d\rho} + \frac{dN_\theta}{d\rho} \right) - \frac{\nu_\theta}{\rho^2} \frac{d^2 N_r}{d\rho^2} \right] + \frac{\beta^2 N_\theta}{\rho^4} w_s = S\{p(r, \theta)\} b^4 \dots \dots \dots (1)$$

さらに $\frac{N_\theta}{N_r} = c^2$ とおき、ねじり剛度を $N_r, N_\theta, \nu_r, \nu_\theta$ で表現すると

$$N_r \frac{d^4 w_s}{d\rho^4} + 2 \left[\frac{N_r}{\rho} + \frac{dN_r}{d\rho} \right] \frac{d^3 w_s}{d\rho^3} + \left[\frac{-2c\beta^2 + c^2}{\rho^2} N_r + \frac{(2 + c^2 \nu_r)}{\rho} \frac{dN_r}{d\rho} + \frac{d^2 N_r}{d\rho^2} \right] \frac{d^2 w_s}{d\rho^2} + \left[\frac{(2c\beta^2 + c^2)}{\rho} N_r - \frac{(2c\beta^2 + c^2)}{\rho^2} \frac{dN_r}{d\rho} + \frac{c^2 \nu_r}{\rho} \frac{d^2 N_r}{d\rho^2} \right] \frac{dw_s}{d\rho} + \beta^2 \left[\frac{(-2c^2 - 2c + c^2 \beta^2)}{\rho^4} N_r + \frac{(2c + c^2)}{\rho^3} \frac{dN_r}{d\rho} - \frac{c^2 \nu_r}{\rho^2} \frac{d^2 N_r}{d\rho^2} \right] w_s = S\{p(r, \theta)\} b^4 \dots \dots \dots (2)$$

となる。式 (1) または式 (2) が r 方向に厚さが変化し (あるいは板剛度 N_r が r 方向に変化し) 二直線辺が単純支持された扇形平板の曲げの基礎となる方程式である。変厚の形が与えられると、これらからそれぞれの場合の微分方程式がつけられる。なお、上式で $S\{p(r, \theta)\}$ は荷重の Fourier Sine 変換を表わす。求めるたわみ $w(r, \theta)$ は w_s の逆変換公式から得られる。

厚さが $h = h_0(\alpha_0 \rho^m + \alpha_1 \rho^{m-1} + \dots + \alpha_m)$ ($m > 0$) のように変化する場合

本文では板厚が直線変化の場合と m 次の代表関数で表わされる変化の場合とが述べてあるが、ここでは後者について述べる。 $\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_m$ は考えている平板の変厚の形によって決まる定数である。このときの方程式は式 (2) から

$$\frac{d^4 w_s}{d\rho^4} + \frac{P(\rho)}{(\alpha_0 \rho^m + \alpha_1 \rho^{m-1} + \dots + \alpha_m)} \frac{1}{\rho} \frac{d^3 w_s}{d\rho^3} + \frac{Q(\rho)}{(\alpha_0 \rho^m + \dots + \alpha_m)^2} \frac{1}{\rho} \frac{d^2 w_s}{d\rho^2} + \frac{R(\rho)}{(\alpha_0 \rho^m + \dots + \alpha_m)^3} \frac{1}{\rho^3} \frac{dw_s}{d\rho} + \frac{S(\rho)}{(\alpha_0 \rho^m + \dots + \alpha_m)^2} \frac{1}{\rho^4} w_s = \frac{S\{p(r, \theta)\} b^4}{N_{r0}(\alpha_0 \rho^m + \dots + \alpha_m)} \dots \dots \dots (3)$$

のようになる。 $P(\rho)$ は ρ についての m 次の多項式、 $Q(\rho), R(\rho), S(\rho)$ はいずれも ρ について $2m$ 次の多項式である。いま $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$ を $\alpha_0 \rho^m + \alpha_1 \rho^{m-1} + \dots + \alpha_m = 0$ の相異なる m 個の根とするとこの方程式の各係数は $\rho = \alpha_1, \dots, \rho = \alpha_m$ および $\rho = 0$ において極を有するが、ある一つの α_i について考えると

$(\rho - a_i)$ の項を分母から除いた形の

$$\frac{[\rho \text{ についての } 2m \text{ 次式}]}{[(\rho - a_1) \cdots (\rho - a_{i-1})(\rho - a_{i+1}) \cdots (\rho - a_m)]^2 \rho}$$

などは $\rho = a_i$ で正則であるから、 a_i は方程式 (3) の正則特異点である。同様にほかの a_1 および $\rho = 0$ についても正則特異点であることがわかる。したがって式 (3) の解は正則点付近のものと正則特異点付近のものとが得られることになる。

正則点付近の解

まず式 (3) の右辺=0 なる場合を考えよう。正則点 $\rho = a_0$ において式 (3) の各係数は正則関数であるので、それらを $p(\rho), q(\rho), r(\rho), s(\rho)$ とすると

$$w_s^{IV} + p(\rho)w_s^{III} + q(\rho)w_s^{II} + r(\rho)w_s^I + s(\rho)w_s = 0 \cdots (4)$$

いま正則点 $\rho = a_0$ の付近において解を求めるのに、それが Taylor 展開により $(\rho - a_0)$ のべき級数に次のように表わされるとする。

$$w_s = \sum_{n=0}^{\infty} A_n (\rho - a_0)^n \cdots (5)$$

$p(\rho) \rightarrow s(\rho)$ も正則関数であるので Taylor の定理により $(\rho - a_0)$ のべきに展開できる。すなわち $p(\rho) = \sum_{n=0}^{\infty} p_n (\rho - a_0)^n$, $q(\rho) = \sum_{n=0}^{\infty} q_n (\rho - a_0)^n$, $r(\rho) = \sum_{n=0}^{\infty} r_n (\rho - a_0)^n$, $s(\rho) = \sum_{n=0}^{\infty} s_n (\rho - a_0)^n$ (6)

式 (5) とその導関数を式 (3) または式 (4) に代入し式 (6) を考慮すると

$$\begin{aligned} & \sum_{n=4}^{\infty} n(n-1)(n-2)(n-3)A_n(\rho - a_0)^{n-4} \\ & + \sum_{n=0}^{\infty} p_n(\rho - a_0)^n \sum_{n=3}^{\infty} n(n-1)(n-2)A_n(\rho - a_0)^{n-3} \\ & + \sum_{n=0}^{\infty} q_n(\rho - a_0)^n \sum_{n=2}^{\infty} n(n-1)A_n(\rho - a_0)^{n-2} \\ & + \sum_{n=0}^{\infty} r_n(\rho - a_0)^n \sum_{n=1}^{\infty} A_n(\rho - a_0)^{n-1} \\ & + \sum_{n=0}^{\infty} s_n(\rho - a_0)^n \sum_{n=0}^{\infty} A_n(\rho - a_0)^n = 0 \cdots (7) \end{aligned}$$

ここでべき級数の掛算を実行し、同類項をまとめ $(\rho - a_0)$ の各べき項の係数をそれぞれ 0 に等しいとおけば A_n を決定する関係式が得られる。結局、この場合の解は C_1, C_2, C_3, C_4 を任意定数とすると $w_0 = C_1 w_1 + C_2 w_2 + C_3 w_3 + C_4 w_4$ となり、この級数の収束域は $\rho = a_0$ を中心として描いた円の中で $\rho = a_0$ に最も近い $p(\rho), q(\rho), r(\rho), s(\rho)$ のいずれか一つの特異点を円周上にもつ円の内部にわたっている。

次に式 (3) の特解は右辺を

$$\frac{S\{p(r, \theta)\}b^4}{N_r(\alpha_0 \rho^m + \cdots + \alpha_m)} = \sum_{n=0}^{\infty} B_n (\rho - a_0)^n \cdots (8)$$

とおくと、特解 w_p は式 (7) の関係式の右辺を 0 の代りに $B_n (\rho - a_0)^n$ の係数 B_n を代入し、 $A_0 = A_1 = A_2 = A_3 = 0$ とおくことにより w_p の係数 A_n を決定する関係式が得られる。したがって $w = w_0 + w_p$ となり、その収束域は前と同じように $|\rho - a_0| < |\rho - a_1|$ である。

正則特異点 a の付近の解

右辺 = 0 の場合、式 (3) は前の説明から

$$\begin{aligned} w_s^{IV} + \frac{p(\rho - a)}{(\rho - a)} w_s^{III} + \frac{q(\rho - a)}{(\rho - a)^2} w_s^{II} + \frac{r(\rho - a)}{(\rho - a)^3} w_s^I \\ + \frac{s(\rho - a)}{(\rho - a)^4} w_s = 0 \cdots (9) \end{aligned}$$

とおける。 $p(\rho - a)$ 等は $\rho = a$ の付近で正則であるからこれらを

$$\begin{aligned} p(\rho - a) &= \frac{P(\rho)}{\rho(\rho - a_1) \cdots (\rho - a_{i-1})(\rho - a_{i+1}) \cdots (\rho - a_m)} \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} p_n (\rho - a)^n \\ q(\rho - a) &= \sum_{n=0}^{\infty} q_n (\rho - a)^n, \quad r(\rho - a) = \sum_{n=0}^{\infty} r_n (\rho - a)^n, \\ s(\rho - a) &= \sum_{n=0}^{\infty} s_n (\rho - a)^n \end{aligned} \quad (10)$$

というべき級数に展開する。 p_0, p_1, \dots, s_n は定数である。いま式 (9) の解として、次のような Frobenius の級数を考える。

$$w_s = (\rho - a)^\lambda \sum_{n=0}^{\infty} A_n (\rho - a)^n \cdots (11)$$

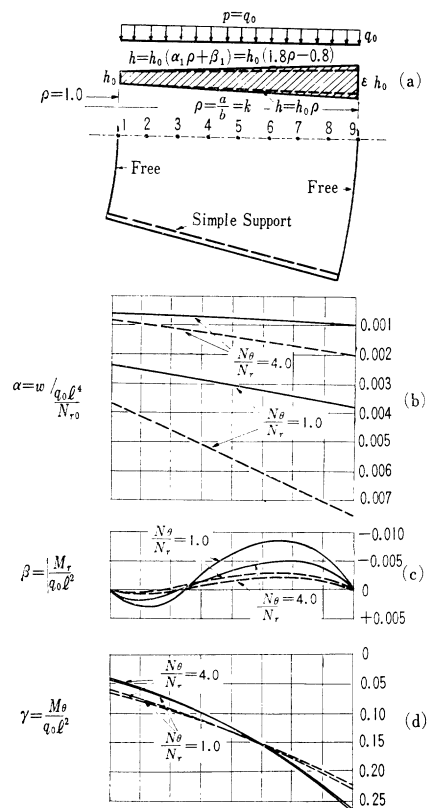
λ および A_n なる定数は微分方程式を満足するように決めればよい。以下詳細は本文にゆづり簡単に記すと、 λ を決定する式として (指数決定式)

$$\begin{aligned} \lambda^4 + (p_0 + 6)\lambda^3 + (11 - 3p_0 + q_0)\lambda^2 + (2p_0 + q_0 + r_0 - 6)\lambda \\ + s_0 = 0 \cdots (12) \end{aligned}$$

が得られ、これより求まる 4 個の指数のおのおのに対し A_1, A_2 が順次決定できる。その収束域は a_1 を a に最も近い他の正則特異点とすると $|\rho - a| < |\rho - a_1|$ である。

この場合 4 個の λ の中に互いの差が 0 または整数差のものがあるときは決定できないが、別の取り扱いにより解を求めることができる。その詳細は本文に述べてある。一例だけ示すと、例えば $\lambda_1 = \lambda_2, \lambda_3 \neq \lambda_4, \lambda_1 \neq \lambda_4 + m$ の場合の結果のみ示すと次式のようなのである。

図-2 α, β および λ の値



$$\begin{aligned}
w_3 &= C_1 w_1 + C_2 w_2 + C_3 w_3 + C_4 w_4 \\
&= C_1 \left\{ (\rho=a)^{2i+1} + \frac{-\phi_1(\lambda_1)}{\phi(\lambda_1+1)} (\rho-a)^{2i+1} \right. \\
&\quad \left. + \frac{\phi_1(\lambda_1)\phi_1(\lambda_1+1) - \phi_2(\lambda_1)\phi(\lambda_1+1)}{\phi(\lambda_1+1) \cdot \phi(\lambda_1+2)} (\rho-a)^{2i+2} + \dots \right\} \\
&\quad + C_2 \left\{ w_1 \log(\rho-a) + (\rho-a)^{2i+1} \frac{\partial}{\partial \lambda} \left[\frac{-\phi_1(\lambda)}{\phi(\lambda+1)} \right]_{\lambda=\lambda_1} \right. \\
&\quad \left. + (\rho-a)^{2i+2} \frac{\partial}{\partial \lambda} \left[\frac{\phi_1(\lambda)\phi_1(\lambda+1) - \phi_2(\lambda)\phi(\lambda+1)}{\phi(\lambda-1) \cdot \phi(\lambda+2)} \right]_{\lambda=\lambda_1} + \dots \right\} \\
&\quad + C_3 (\rho-a)^{2i} \sum_{n=0}^{\infty} A_n^{(3)} (\rho-a)^n + C_4 (\rho-a)^{2i} \sum_{n=0}^{\infty} A_n^{(4)} (\rho-a)^n
\end{aligned}$$

結局いずれの場合も対数関数をふくんだ独立な解が求まる。また本文では $\rho=\infty$ における吟味も行なっている。

数値計算例として、板厚が $h=h_0(1.8\rho-0.8)$ のように直線的に変化する場合をとりあげる。ほかの条件はすべて前論文の計算例と全く同じである。得られた結果を

$$w = \alpha \frac{q_0 l^4}{N r_0} \quad M_r = \beta q_0 l^2, \quad M_\theta = \gamma q_0 l^2$$

としての α, β, γ 値を 図-2 に示す。なお図中の点線は、変厚の始点と座標原点の一致したものと比較するため $h=h_0\rho$ の場合のものである。

(1962.5.10・受付)

【筆者：正員 工修 北海道大学助教授 工学部土木工学科】

一辺が拘束された三角形ならびに四角形板の熱応力と拘束度について

森 忠 次

1. 緒 言

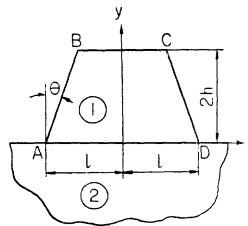
コンクリート構造物においては、温度や湿度の変動あるいは硬化にともなう収縮など各種の体積変化に起因する応力は等閑視することができず、ときには重大なひびわれを発生するに至ることは、われわれの経験してきた事からである。ダムや壁体などのコンクリートブロックを考へても現われる熱応力は千差万別であるが、その中でも最も基本的な条件のもとにおける熱応力を取り扱うことにした。すなわち、コンクリートブロックのみが一様な温度変化を生じ、その下面がほかの物体に拘束されているものとする。被拘束物であるブロックの形は三角形あるいは四角形とし、被拘束物と拘束物との形状・寸法、弾性係数などが異なった場合の応力状態の特徴を論じ、いわゆる拘束度も明らかにした。

この種の問題はすでにある程度研究されているが、そのいずれもに限られた条件のもとにおける断片的な資料を与えるにすぎない。そこで、以前に著者は一辺が拘束された矩形板について、ポテンシャルエネルギー最小の原理を用いて近似的な応力解析を行ない、壁体と基礎との形状・寸法、弾性係数などの相違による影響のみならず、非直線的な温度変動をうける場合や Poisson 比の大きさが異なった場合の熱応力状態を明らかにした。しかしながら、壁体がダムの横断面にみられるような三角形をなす場合については解析していなかったため、このような形について光弾性実験を行なった。さらに、矩形板については上記の計算値と光弾性実験の結果と比較検照した。以上の実験値と計算値を用いて、下面が基礎によって拘束された壁体が一様な温度変動をうけたときの熱応力状態を総合的に考察した。

2. 一辺が完全に固定されたときの応力状態

図-1 に記号と座標を示す。壁体と基礎との区別が必要なき

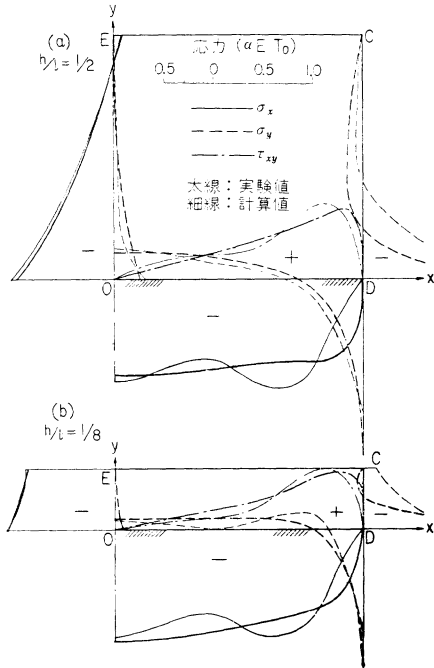
図-1 記号



ときには、それぞれに対して添字 1 あるいは 2 をつける。一様温度上昇を T_0 、引張応力を正として表わし、平面応力状態における応力を示すことにする。ただし、光弾性材料の Poisson 比 $\nu=0.37$ であり、熱膨張係数を α 、弾性係数を E で表わす。

矩形板の熱応力状態を示すと 図-2 のとおりである。この図

図-2 一辺完全固定矩形板の応力状態



は矩形板の右半分のみについて、境界線と対称軸 (y 軸) における応力分布を描いたものである。対称軸上で σ_x が最大となり、 $y=0.45 \times 2l$ より上部では引張応力が現われる。固定辺における σ_y は点 D において大きい圧縮応力の集中を示し、内部では引張応力となる。 h/l が小さくなれば、応力にどのような変化があるかを記してみよう。点 E における σ_x は大きくなるが、固定辺における σ_x の値はほとんど一定で $-\alpha E T_0$ に近い。しかしながら、 σ_y および τ_{xy} は減ずる。

二等辺三角形板の応力状態の例を 図-3 に示す。傾斜した側辺ならびに点 D の近傍を除くと、矩形板の応力状態によく似ている。 θ が大きくなることは、矩形板において h/l が小さくなることに対応するものである。 $\theta > 60^\circ$ になれば点 D において応力集中が生じないが、側辺全体にわたって応力が大きい。直角三角形板のときには、鉛直側辺ならびに傾斜側辺の応力はそれぞれ矩形ならびに二等辺三角形板のものに類似している。

3. 一辺が弾性拘束されたときの応力

壁体がこれと同一性質の半無限体に接続されたときの例を示すと 図-4 のとおりである。計算値は $h/l=\infty, \nu=0$ と仮定し

図-3 一辺完全固定二等辺三角形板の応力状態

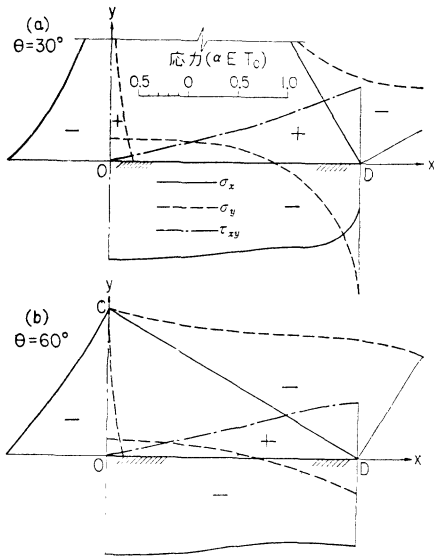
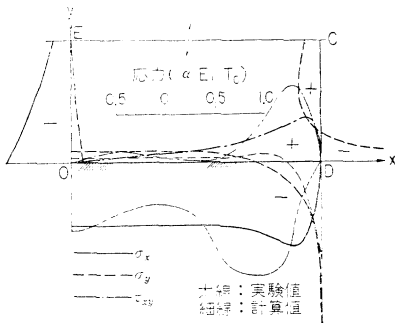


図-4 半無限基礎上の矩形板の応力状態 (h/l=1/2)



ている。応力は完全に固定された場合より小さく、辺 AD における σ_x は約 70% にすぎない。また h/l の値に応ずる応力変動は完全固定の場合に類似している。

三角形板について実験を行なった結果によると、応力の大きさならびにその変動傾向は上記矩形板の場合と同様である。

4. 応力の変動傾向と拘束度

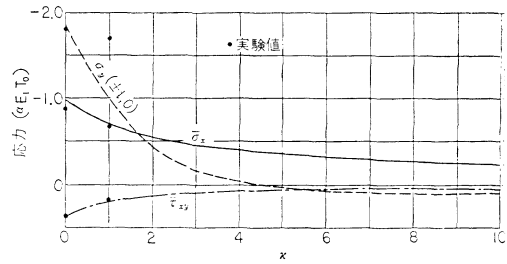
これまでに示した図によって、実験値と計算値はかなりよく一致していることがわかるであろう。さて、壁体に温度低下(収縮)を生じたときに注意しなければならない点を考えてみよう。このときには壁体のほとんど全体にわたって引張応力を生ずる。引張応力が大きくなるのは、接統面付近における σ_x 、点 D における σ_y 、ならびに h/l が小さいときの点 E における σ_x などである。点 E をとおる鉛直断面にひびわれが進行しないためには、平均応力

$$\bar{\sigma}_x = \frac{1}{2h} \int_0^{2h} \rho_x(0, y) dy$$

の大きさを問題とすることが多い。一方、接統面で離れるかどうかは τ_{xy} の大きさが関係する。以上のような点を検討するのに必要な資料を示した。

図-5 は $h/l \gg 1$ なる矩形板が半無限基礎に接続している場合

図-5 半無限基礎上の矩形板における κ と応力との関係 ($h/l = \infty, \nu = 0$)



について、応力と弾性係数比 κ との関係を示したものである。ここに、

$$\kappa = E_1/E_2,$$

$$\bar{\sigma}_x = \frac{1}{l} \int_0^l \sigma_x(x, 0) dx, \quad \bar{\tau}_{xy} = \frac{1}{l} \int_0^l \tau_{xy}(x, 0) dx$$

であり、実験値は $\nu = 0.37$ 、計算値は $\nu = 0$ に対する値である。一般的には、 ν が小さいほど 1 次応力が大きくなる。 κ の増加につれて、 $\bar{\sigma}_x$ の減少はゆるやかであるが、 $\bar{\tau}_{xy}$ ならびに点 D における σ_y の減少はいちじるしい。 κ がある程度大きくなれば σ_y の符号が逆になる。

基礎の寸法が小さくなると壁体に生ずる応力が減ずる。そこで、

$$\bar{\sigma}_x = -R \alpha E_1 T_0$$

という形に表わすと、 R は拘束度である。図-5 によれば、 R の値は Zanger の示した式

$$R = 1/(1 + 0.4\kappa)$$

を適用できることがわかる。もし矩形板と同じ幅の基礎に接続しているときには、

$$R = 1/(1 + \kappa^{0.7})$$

によって与えられることが明らかになった。 R の値は矩形以外の壁体に対しても使用できるものである。

なお、矩形板の h/l の値と応力変動の状況も明らかにし、ほかの研究者が求めた値とも比較した。(1962.5.10・受付)

【筆者：正員 工博 京都大学助教授 工学部土木工学科】

海岸浸食に関する基礎的研究

榎 木 亨

著者は、長年、機構の複雑な海岸浸食に関して研究を続け、海岸浸食に関する諸現象について、適当な時期、機会を利用して発表してきたが、本論文においては、これらを取りまとめて、海岸浸食に対する一貫した考え方のもとにその研究成果を報告するものである。

問題の取り扱い方として、著者は海岸浸食が海岸漂砂の移動の結果生じるものであるから、海岸浸食を漂砂の移動性状より分類し、汀線と直角方向の漂砂移動によって生じる短期間の海浜の形状変化と、汀線と平行方向の漂砂移動による長期間の海浜の沿岸過程の変化にわけて考え、さらに二、三の沿岸構造物を取り上げ、それらが海岸浸食におよぼす影響と、浸食防御の効果について究明するとともに、移動床の模型実験によって、これらの海岸の砂の移動状況を究明する場合の相似性について検討を加えていくこととした。したがって本論文は、

1. 汀線と直角方向の漂砂による海岸浸食
2. 汀線と平行方向の漂砂による海岸浸食

3. 海浜変形におよぼす海岸構造物の影響

4. 移動床の模型実験に関する相似性

の4つに大別され論議が進められている。

まず1.の海岸浸食については、漂砂の運動機構と海浜断面の変形とにわけて論じ、それぞれ詳細な実験と理論的考察を試みた。すなわち、波にともなう砂の運動を把握し、砂の移動量の分布からその海岸の浸食機構を解析してゆこうとする著者の立場を明らかにしたのち、この移動分布を知るに必要な、波による砂の移動限界流速および漂砂量の解析に努めた。この研究方針にしたがって、まず砂の移動を生じしめる波による水粒子の運動の実態を詳細な実験によって究明し、碎波後の平均加速度は碎波前の加速度に比較して非常に大きな変化を示すこと、および従来の水の質量輸送速度に関する理論は破波後においては全く適用することができないうえ、もどり流れの顕著な効果を考慮しなければならないことを指摘した。そして、著者は上下層とも一様なもどり流れを仮定して、質量輸送速度を示す式を求め、それが実験結果とよく一致することを認めた。

つぎに砂の運動を取り扱う場合、もっとも重要となる移動限界流速の問題を、一方向の非定常な流れによる基礎的な実験により解析し、砂の移動に対する流れの非定常性の影響を検討して定常な流れの場合と差異が砂の抵抗係数によるものであることを実証した。そして、その基礎実験の結果を、波の運動下における砂の移動に適用した結果、層流境界層内部においては、砂粒の比重が一定の場合、限界流速は周期の $1/4$ 乗に比例し、また粒径に比例することを明らかにした。さらに、この限界流速と Vincent の実験結果を用いて、砂の移動量が河川の Du Boys 型の流砂量公式で表わされることを示すとともに、限界流速を示す実験式から底質の移動しはじめる限界水深を導いた。ついで、波による砂の移動の結果として形づくられる海浜の最終形状、すなわち海岸の平衡勾配を実験により明らかにするとともに、海岸断面に沿う流速分布と漂砂量公式から、海岸断面に沿う砂の移動量分布を推定して海浜の変形機構を考察した。さらに平衡勾配の実験結果を用いて、ある平衡勾配からほかの平衡勾配への変形過程を推定する方法を提案した。

汀線と平行方向の漂砂による海岸浸食に対する基本的な考え方は先に述べた汀線と直角方向の漂砂による海岸浸食機構と同様であって、まず、沿岸漂砂の原因となる沿岸流の実態を究明し、単位時間、単位幅あたりの沿岸漂砂量と沿岸流速との関係を明らかにした。ついで、これらの基礎的な実験結果を用いて海岸の底質や海浜勾配の影響をも考慮した波のエネルギーから算定する沿岸漂砂量公式を導き、実測結果よりその算定公式の妥当性を実証した。そして、この公式を用いて、明石、泉南両海岸における年間沿岸漂砂量を風向、風速などの気象記録から算定し、隣接海岸の沿岸漂砂量の差から、両海岸の浸食、堆積傾向を明らかにし、従来の沿岸流速や碎波高の分布から推定した結果と比較し、検討を加えた。

海岸構造物の海岸浸食におよぼす影響については、主として漂砂の移動性状の変化から考察を進めたが、対象とする海岸構造物として離岸堤、護岸堤防および潜堤をとりあげた。

まず離岸堤に関しては、離岸堤による波の回折によって生じるトムボロ地形に着目し、実験によってトムボロの発生、発達におよぼす離岸堤の位置、長さ、入射波の周期および波形勾配の影響を明らかにするとともに、トムボロの最終形状について考察を加えた。その結果、トムボロの最終形状は離岸堤の設置位置に大きな影響をうけること、離岸堤の長さ $2B$ と沖波の波長 L_0 の比にはあまり影響をうけないことなど、今後の力学的

解析にあたって重要と考えられる事実を明らかにすることができた。

つぎに海岸堤防に関しては、堤脚部の洗掘について実験を行ない、次元解析によって実験結果を整理考察した。その結果、洗掘過程が4つの型に分類されることを見出し、最終洗掘深さは、沖波の波形勾配 H_0/L_0 によってその差はあるが、堤防前面の水深が増すにつれて増し、ある水深を越えると逆に減少していくことを明らかにして、波岸堤防築造計画にあたって、考慮しなければならない根入深さについて重要な示きを与えることができた。ついで沿岸漂砂量分布におよぼす護岸堤防の影響についても言及した。

潜堤および養浜工については、汀線の前進、後退の面から考察を進め、波高減殺を目的とした潜堤の建設はかえって汀線を後退せしめる結果となり、養浜工法を併用しなければならないことを述べた。

最後に移動床の模型実験に関する相似率については、先に述べた汀線と直角方向および平行方向の各漂砂量公式を用いて、それぞれの相似則を導き、模型砂の比重をいかにかえても、汀線と直角方向および平行方向の砂の移動を同時に相似させるのは困難であって、現地と同じ大きさあるいは、それに近い大きな模型を用いなければならないことを立証した。

以上、4項目にわたる著者の研究は、理論的考察が可能な浅海領域は、理論、実験の両面から解析し、現象の複雑な碎波領域をふくむ場合は主として実験にもとづいて研究が進められ、理論的には十分解明されなかったが、従来この種の一貫した体系的な研究がなく不明のままに放置されてきたこの分野に対して、この研究が寄与するところ少なくないものと信じている。

(1962.5.24・受付)

【筆者：正員 工博 徳島大学助教授 工学部土木工学科】

高張力異形鉄筋の実験的研究

小林 一 輔

1. 緒 言

本文は 40 kg/mm^2 以上の降伏点を有する種々の高張力異形鉄筋についてその性質を調べ、これら鉄筋の加工方法や断面形状などが、その性質におよぼす影響について述べたものである。

現在、鉄筋の強度を高める方法としては、成分調整による方法と、冷間加工による方法が用いられている。ここでは冷間ねじり加工による高張力異形鉄筋を試作し、すでに欧州諸国で広く用いられている Rippen-Torstahl や Tentor Bar などの冷間加工による高張力異形鉄筋と、最近わが国で使用され始めた成分調整による高張力異形鉄筋、従来から用いられている異形丸鋼などと比較実験を行ない、主として鉄筋の曲げ特性、溶接性、疲労強度およびコンクリートとの付着強度などの諸性質を検討した。

2. 曲げ特性

現場では一度曲げた鉄筋を曲げもどす場合があるが、このようにときに時効脆性によりき裂つを生ずるおそれがあるとして、ドイツではこの点を確かめるための試験として、曲げもどし試験を規定している。著者らは曲げもどし角度の点でドイツの規定よりもきびしい条件でこの試験を行なった。すなわち、 90° 曲げたのち 30 分間沸騰水につけて人工時効せしめ、室温まで冷

却させたのち 45° 曲げもどす場合と、90° 曲げもどしてものまっすくな状態にもどす場合の二とおりの条件を用いた。45° 曲げもどした場合には試験したどの鉄筋についてもきれつは全く生じなかったが、90° 曲げもどした場合には、いくつかの鉄筋にきれつを生じた。しかし、これらのきれつは鉄筋の引張強さにはほとんど影響を与えない程度のものであった。本文では以上の試験において鉄筋に生じたきれつの位置を検討し、鉄筋のリップの形状、寸法がきれつ発生に大きい影響を与えることを述べている。

3. 溶接試験

鉄筋をガス圧接により溶接した場合の機械的性質を調べるために、圧接試験片について曲げ試験と引張試験を行なった。曲げ試験の結果はいずれの鉄筋についても、異常は認められなかったが、引張試験の結果では冷間加工鉄筋の場合、いずれも熱影響部で破断し、強度が低下することがわかった(表一参照)。

表一 圧接鉄筋の引張試験結果

種類	試験片 No.	引張荷重 (t)	母材引張荷重に対する比
Rippen-Torstahl	R-1	9.40	0.88
	R-2	9.44	0.89
	R-3	9.43	0.88
Tentor Bar	T-1	11.20	1.06
	T-2	9.32	0.88
試作鉄筋 (A)	A-1	9.98	0.92
	A-2	10.24	0.95
	A-3	10.08	0.93
成分調整筋 D-40	D-1	12.31	1.00
	D-2	12.56	1.01
	D-3	12.47	1.00

4. 疲労試験

電磁共振型疲労試験機を用いて鉄筋の曲げ疲労試験を行なった。本文ではこの結果を検討し、鉄筋の疲労強度はリップによる Notch effect により大きく左右されることを述べている。また圧接材の疲労限度は母材の場合にくらべて数 kg/mm^2 低下することを示している。

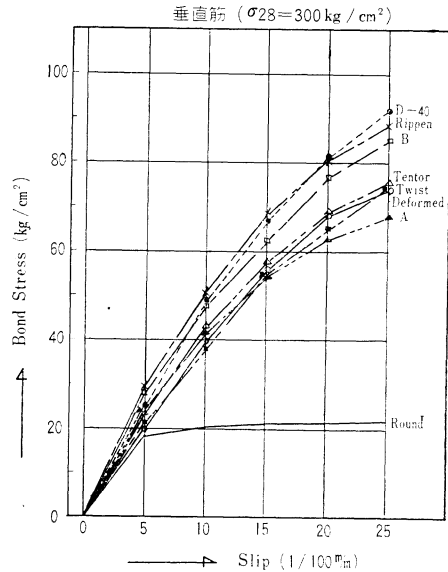
5. 付着強度試験

コンクリートとの付着強度を引抜試験によって調べたものである。鉄筋は垂直に埋込むと同時に水平に上下二段に埋込み、埋込み長さは 15 cm とした。図一 および 図二 はそれぞれ付着応力と荷重端における鉄筋のすべりとの関係を示したもので、これらの図からもわかるように、鉄筋を垂直に埋込んだ場合には、鉄筋の種類による付着抵抗の差はほとんど見られないが、鉄筋を水平に埋込んだ場合には鉄筋の種類によって付着抵抗に差がはっきりとみられる。すなわち、リップの高さの低い鉄筋では垂直に埋込んだ場合にくらべて、その付着抵抗は $1/2 \sim 1/3$ に低下することがわかる。本文では以上のような実験結果にもとづき、付着強度の面から要求されるリップの形状について述べている。

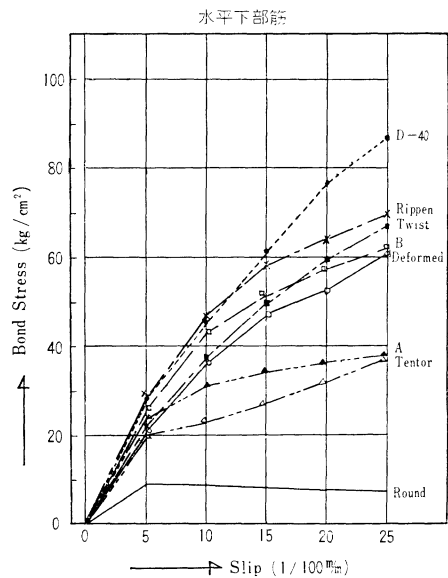
6. 結 語

以上の実験結果を通じて高張力異形鉄筋の性質に影響を与え

図一 各種鉄筋の荷重端におけるすべりと付着応力



図二 各種鉄筋の荷重端におけるすべりと付着強度 (σ28 = 300 kg/cm²)



る種々の要素のうちで、特にリップの形状と寸法の影響が多であることを示し、これを適切に選ぶ必要があることを述べたものである。

(1962.5.7・受付)

【筆者：正員 東大生産技術研究所】