

続 単独耐震壁の厳密解

大阪市大 正員 倉田 宗章

大阪工大 正員 岡村 宏一

大阪市大 正員 島田 卯

1. 序

橋台等を用いられる標題の如き門型ラーメンを耐震壁で補強した構造物について、前報で、近似計算法、及び厳密計算法について示して来た。今回は厳密計算法と近似計算法とを利用し、頂部水平力が作用した場合の応力状態を求めた。

2. 解法

図-1の如き単独耐震壁を、下端で固定されている Rahmen 構造と残りの壁部との2部分に分け、壁部は平板構造 (Scheibe) とし、Scheibe 周辺の不静定力を、Rahmen に伝達し、兩者の変形を互いに適合することにより、未定係数を決定し、応力計算を行った。

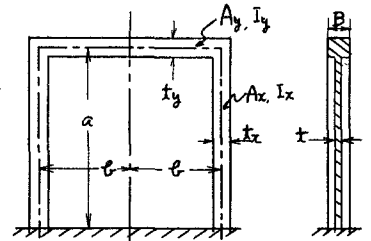


図-1

(a) Scheibe の応力及び変形

応力関数 ϕ (y に関し奇関数) を仮定すると、各応力は

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2}, \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2}, \quad \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 \phi}{\partial x \partial y} \quad \text{----- (1)}$$

x, y 方向の変位 u, v は

$$u = \frac{1}{E} \int (\sigma_x - \nu \sigma_y) dx + f_1(y), \quad v = \frac{1}{E} \int (\sigma_y - \nu \sigma_x) dy + f_2(x) \quad \text{----- (2)}$$

(b) Rahmen の応力及び変形

Rahmen に生ずる応力及び変形は

微小要素の釣合 (図-3) より

$$\begin{aligned} \frac{dN_{zy}}{dy} &= \tau_{xz} \cdot t, \quad \frac{dQ_{zy}}{dy} = -\sigma_{xz} \cdot a \cdot t, \\ \frac{dM_{zy}}{dy} &= Q_{zy} + \tau_{xz} \cdot t \times \frac{t}{2} \quad \text{----- (3)} \end{aligned}$$

但し、添字 z は、 z の場合の応力を表す。

$$\text{変形は、} \frac{du}{dy} = \int \frac{M_{zy}}{EI_y} dy - \frac{3}{2} \times \frac{Q_{zy}}{GA_y}, \quad \frac{d\bar{v}}{dy} = \frac{N_{zy}}{EA_y} \quad \text{----- (4)}$$

但し、式(4-1)の第1項及び第2項は曲げ及びせん断変形を、式(4-2)は軸力による変位を表す。なお柱部分についても同様の式が成立する。

一方、外力による応力状態には添字 1 を付す。

3. 合解考察

第1段階として、応力関数 ϕ を式(1)の如く、6次迄の代数関数で仮定する。

$$\begin{aligned} \phi &= c_2 xy + \frac{1}{2} c_3 x^2 y + \frac{1}{3 \times 2} c_4 x^3 y + \frac{1}{4 \times 3} c_5 x^4 y + \frac{1}{5 \times 4} c_6 x^5 y + \frac{1}{3 \times 2} d_3 y^3 + \frac{1}{3 \times 2} d_4 xy^3 \\ &\quad + \frac{1}{3 \times 2} d_5 x^2 y^3 + \frac{1}{3 \times 2} d_6 x^3 y^3 + \frac{1}{5 \times 4} f_5 y^5 + \frac{1}{5 \times 4} f_6 xy^5 \quad \text{----- (5)} \end{aligned}$$

但し、 $c_5 + 2d_5 + 3f_5 = 0$, $c_6 + 2d_6 + f_6 = 0$

* 単独耐震壁の近似計算法 倉田、岡村、島田 第21回年次学術講演会

** 単独耐震壁の厳密解 倉田、岡村、島田 第22回年次学術講演会

下端($x=0$)固定の条件より $v_3 - v d_3 = 0$, $v_4 + (2+v)d_4 = 0$, $d_5 - 3v f_5 = 0$, $d_6 + (2+v)f_6 = 0$,
 Rahmen と Scheibe との適合条件として、隅角部($x=a, y=b$)における変位($u_{y=b}, v_{x=a}$)、及
 slope ($\frac{du}{dy} y=b, \frac{dv}{dx} x=a$) を連続し、又下端隅角部($x=0, y=b$)における歪を連続するこ
 により、未定係数、 $v_2, v_3, d_3 \dots$ を決定し、近似解を求める。(図-2参照)

第2段階として、近似解による適合条件の不完全性を、Fourier級数に展開し応力関
 数を用い、完全に満足せしめる。応力関数 ϕ は次の形で表わす。

$$\phi = \sum_m Y_m(y) \sin \alpha_m x + \sum_n Y'_n(x) \sin \beta_n y \quad \text{----- (6)}$$

$$\begin{cases} Y_m(y) = B_m \sinh \alpha_m y + C_m \alpha_m y \cosh \alpha_m y \\ Y'_n(x) = A'_n \cosh \beta_n x + B'_n \sinh \beta_n x + C'_n \beta_n x \cosh \beta_n x + D'_n \beta_n x \sinh \beta_n x \end{cases}$$

$$\text{但し } \alpha_m = \frac{m\pi}{2a}, \quad \beta_n = \frac{n\pi}{2b}, \quad m, n = 1, 3, 5, \dots$$

未定係数、 $B_m, C_m, A'_n, B'_n, C'_n, D'_n$ 、を新しい未定係数 $O_m, P_m, a'_n, b'_n, c'_n, d'_n$ を用い、次
 の形で置換す。これは、フーリエ級数の表を簡潔にし、 $Y'_n(x)$ は、 $e^{\beta_n x}$ 項と $e^{-\beta_n x}$ 項と
 に分割するためである。

$$\begin{aligned} O_m &= \alpha_m^2 B_m \cosh \alpha_m b, & P_m &= \alpha_m^2 C_m \cosh \alpha_m b, & a'_n &= \beta_n^2 (A'_n + B'_n) \cosh \beta_n a \\ v'_n &= \beta_n^2 \{A'_n - B'_n + (C'_n - D'_n) \beta_n a\} \cosh \beta_n a, & c'_n &= \beta_n^2 (C'_n + D'_n) \cosh \beta_n a, & d'_n &= \beta_n^2 \{D'_n + \frac{1}{2}(1+v)A'_n\} \cosh \beta_n a \end{aligned} \quad \text{--- (7)}$$

下端固定の条件 ($u_{x=0} \equiv 0, v_{x=0} \equiv 0$) より

$$d'_n = 0, \quad \sum_m \frac{1}{\alpha_m \cosh \alpha_m y} [O_m (1+v) \sinh \alpha_m y + P_m \{ \dots \}] + \sum_n \frac{\sin \beta_n y}{\beta_n \cosh \beta_n y} \cdot \frac{1}{2 + (1+v) \beta_n a} [(1+v) \{ \frac{1}{2} + \beta_n a \} a'_n - \dots] = 0 \quad \text{--- (8), (9)}$$

$$\text{Rahmen と Scheibe との連続条件は, } u = u_{x=a}, \quad \frac{1}{E} \left(\frac{M_y}{I_y} v \frac{1}{2} + \frac{N_y}{A_y} \right) = \frac{1}{E} (\sigma_x - \nu \sigma_y)_{x=a} \quad \text{--- (10), (11)}$$

$$\text{但し, } M_y = M_{1y} + M_{2y}, \quad N_y = N_{1y} + N_{2y}, \quad u = u_1 + u_2$$

柱について、同様の式も成立する。以上の式 (8)~(11)、(10)、(11) を正弦フーリエ級数に展開
 し、各項についての方程式を連立に解くことにより、未定係数、 $O_m, P_m, a'_n, \dots$ を決定する。

4. 数値計算例

図-1に示す文字は、次の数値を仮定し、頂部水平力、 S の作用した場合の Scheibe の応力
 状態を求めた。 $a=2b, \quad t_x = t_y = 0.2b, \quad B=3T, \quad \nu=0.3$

図-4~8 において、破線は、第1段階の近似計算法の結果であり、実線は第2段階にお
 いて、23項まで求めた結果である。

