

# 加权残数法用于侧向力作用下开有 $n$ 排孔列的剪力墙的近似解

孙业扬

(上海市民用建筑设计院)

**提要** 本文推导了侧向力作用下开有  $n$  排孔列的剪力墙的微分方程, 选择了连梁剪应力  $\tau(x)$  的试函数, 用加权残数法确定试函数中的待定常数, 获得了描述真实的  $\tau(x)$  曲线的近似解析解. 对剪力墙计算结果表明, 加权残数法所得的结果与有限元法比较十分接近, 但是加权残数法具有未知量少、误差估计方便、工作量减省、可得解析表达式等优点.

## 一、基本微分方程

R. Rosman 采用连续化方法, 在 1964 年获得了双肢剪力墙(即开有一排孔列)在侧向力作用下的解析解<sup>[1]</sup>. 此后, 关于开有  $n$  排孔列剪力墙的解析解的研究工作进展不大. J. Balaš 等<sup>[2]</sup>所推导的基本微分方程和所得的结果是错误的. 本文在下面推导基本微分方程并用加权残数法求解.

开有  $n$  排孔列的剪力墙如图 1 所示. 有关符号除图 1 注出外, 尚有:  $I_i$ ——第  $i$  墙肢截面的惯矩,  $E$ 、 $G$ ——材料的弹性模量和剪切模量,  $\mu$ ——材料的泊松比.

作如下基本假定: 1. 将连梁简化为沿高度均匀分布的弹性薄片(图 2). 2. 连梁跨中存在反弯点. 3. 各墙肢的挠曲一致. 本文作者曾对孔列数  $n = 1, 2, 4, 5$  的剪力墙做过一系列光弹性和电测试验. 试验结果表明, 上述假定在特征值  $\alpha_i = 1 \sim 10$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) 的范围内是可行的.  $\alpha_i$  表示以相邻的第  $i$  和第  $i + 1$  墙肢构成的假想双肢剪力墙的特征值, 其计算公式见式(5).

以  $\tau_i(x)$  表示第  $i$  孔列连梁弹性薄片的剪应力, 如图 3 所示. 以  $\tau_i(x)$  作为未知函数, 按连梁跨中切口处变位的连续条件, 可以建立如下的基本微分方程:

$$\tau_i''(x) - \sum_{j=1}^n b_{ij} \tau_j(x) + b_{i0} Q(x) = 0 \quad (1)$$

其中

$$b_{i0} = \frac{\partial_i t}{B_i \Sigma I_i} \quad (2)$$

本文于 1978 年 2 月 13 日收到.

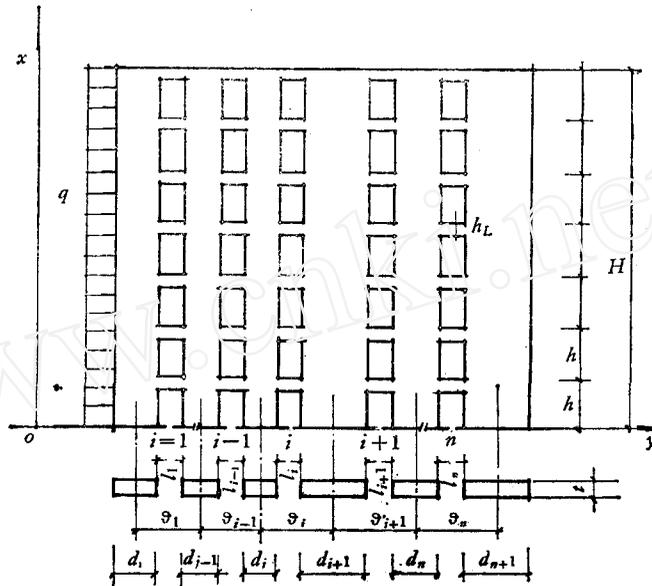


图 1 开有  $n$  排孔列剪力墙的示意

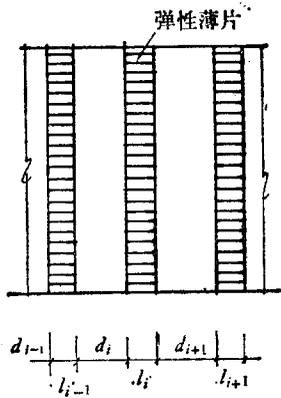


图 2 连梁简化为连续的弹性薄片

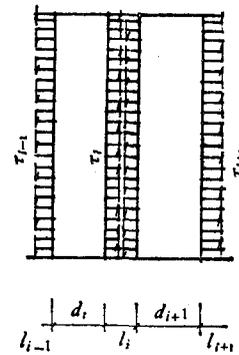


图 3 连梁弹性薄片的剪应力

$$b_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{B_i} \left( \frac{\vartheta_i^2 l_i}{\sum I_i} + \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_{i+1}} \right) & i = j \\ \frac{1}{B_i} \left( \frac{\vartheta_i \vartheta_j l_i}{\sum I_i} - \frac{1}{d_j} \right) & j - i = 1 \\ \frac{1}{B_i} \left( \frac{\vartheta_i \vartheta_j l_i}{\sum I_i} - \frac{1}{d_i} \right) & i - j = 1 \\ \frac{1}{B_i} \left( \frac{\vartheta_i \vartheta_j l_i}{\sum I_i} \right) & |i - j| \geq 2 \end{cases} \quad (3)$$

$$B_i = h \left[ \left( \frac{l_i}{h_{iL}} \right)^3 + \frac{12}{5} (1 + \mu) \frac{l_i}{h_{iL}} \right] \quad (4)$$

以上  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ .  $Q(x)$  为  $x$  截面处墙体总剪力. 对于双肢剪力墙式(3)只有一项

$b_{11}$ , 令

$$\alpha = H\sqrt{b_{11}} \quad (5)$$

$\alpha$  称为双肢墙的特征值.

当墙肢长度  $d_1 = d_3 = d_5 = \dots = d_a$ ,  $d_2 = d_4 = d_6 = \dots = d_b$  时, 称这类剪力墙为均匀剪力墙. 这是剪力墙常见的基本形式. 本文着重讨论这种形式的剪力墙, 以期推广到其他形式的剪力墙.

## 二、连梁剪应力函数 $\tau_i(x)$ 的选择

设连梁剪应力函数  $\tau_i(x)$  为:

$$\tau_i(x) = A_i \left[ x - \frac{(1+\xi)}{2\xi H} x^2 + \frac{1}{3\xi H^2} x^3 \right] + \begin{cases} B_i H \left[ 1 - e^{-\left(\frac{x-\xi H}{r}\right)^2} \right] & \xi \leq \frac{x}{H} \leq 1 \\ 0 & 0 \leq \frac{x}{H} \leq \xi \end{cases} \quad (6)$$

$(i = 1, 2, 3, \dots, n)$

式中  $A_i$ 、 $B_i$  为待定常数.  $\xi H$  为连梁剪应力最大值发生位置. 经光弹性试验和大量有限元算例证实, 对于一般剪力墙, 各孔列连梁剪应力沿高度最大值基本上发生在接近同一截面  $x = \xi H$  处,  $\xi$  有如下关系式:

$$\xi = \frac{\sum_i \alpha_i \xi_i}{\sum_i \alpha_i} \quad (7)$$

其中  $\alpha_i$ 、 $\xi_i$  表示由第  $i$  孔列相邻两墙肢组成的双肢墙的特征值及剪应力最大值发生位置. 显然, 对于均匀剪力墙,  $\xi$  即为由墙肢  $d_a$  和  $d_b$  组成的双肢墙的剪应力最大值位置. 按熟知的 Rosman 双肢墙的计算方法<sup>[1]</sup>, 可求得  $\xi$  为  $\alpha$  的函数, 如侧向均载情况,

$$\xi = 1 - \frac{1}{\alpha} \ln \frac{\operatorname{ch} \alpha + \operatorname{sh} \alpha - \alpha}{\operatorname{ch} \alpha - \operatorname{sh} \alpha + \alpha} \quad (8)$$

于是  $\xi$  可由  $\alpha$  算得或制成图表供查<sup>[2]</sup>. 对双肢墙, 上述关系亦可方便地直接求解式(1)及边界条件式(10.2)、(10.3)得到.

式(6)中

$$r = 10\sqrt{0.570\alpha - 0.905} \quad (9)$$

式(9)是大量有限元算例的统计结果<sup>[1]</sup>. 约定  $2 \leq \alpha \leq 10$ .

式(6)满足  $x = 0$  处的边界条件和  $x = H\xi$  处剪应力最大值条件:

$$\tau_i'(\xi H) = 0 \quad (10.1)$$

$$\tau_i(0) = 0 \quad (10.2)$$

近似地满足  $x = H$  处的边界条件:

$$\tau_i'(H) = 0 \quad (10.3)$$

数值计算结果表明式(6)是能够相当满意地逼近真实的  $\tau_i(x)$ .

1) 本文的有限元法系指带刚臂的杆系有限元法. 刚臂长度按武藤清取法<sup>[1]</sup>. 当连梁高度相对于墙肢宽度较大时, 刚臂取至洞口.

### 三、常数 $A$ 的确定

常数  $A_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$  是开有  $n$  排孔列剪力墙中最重要的数值, 用  $x = \xi H$  代入式(6)可得

$$\tau_i(\xi H) = A_i \frac{\xi H}{2} \left(1 - \frac{\xi}{3}\right) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (11)$$

因此,  $A_i$  表示了第  $i$  孔列连梁剪应力的最大值, 在工程设计中这是一个控制数值. 并且, 从  $A_i$  还可以近似地求得  $B_i$ , 从而确定  $\tau_i(x)$  曲线. 也就是仅需  $A_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$  便可求得全部内力. 本文用加权残数法中的最小二乘法来确定  $A_i$ , 由于式(6)的边界条件得到满足, 因此本文属于内部类型问题.

#### 1. 连续型最小二乘法

把式(6)代入基本微分方程(1)得到关于脚标为  $i$  的残数

$$R_i = \tau_i'' - \sum_{j=1}^n b_{ij} \tau_j + b_{i0} Q(x) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (12)$$

把上式对全体  $i$  取和有:

$$R^2 = \sum_{i=1}^n R_i^2 \quad (13)$$

令

$$L = \int_{(\xi-0.2)H}^{0.8H} R^2 dx \quad (14)$$

式中的积分限是按式(6)能够最好地逼近真实曲线来确定的. 把式(12)代入式(14)展开后得:

$$\begin{aligned} L(\mathbf{A}, \mathbf{B}) = & \frac{\rho_1}{H} \mathbf{A}^T \mathbf{A} + \frac{\varphi_1}{r} \mathbf{B}^T \mathbf{B} + \frac{\lambda_1}{r} \mathbf{B}^T \mathbf{A} + u_1 F \mathbf{b}_0^T \mathbf{A} + z_1 F \mathbf{b}_0^T \mathbf{B} + \rho_2 H \mathbf{A}^T \mathbf{b}^T \mathbf{A} \\ & + \lambda_2 H \mathbf{B}^T \mathbf{b}^T \mathbf{A} + u_2 F H^2 \mathbf{b}_0^T \mathbf{b} \mathbf{A} + z_2 F H^2 \mathbf{b}_0^T \mathbf{b} \mathbf{B} + \lambda_3 H \mathbf{B}^T \mathbf{b} \mathbf{A} \\ & + \varphi_2 H \mathbf{B}^T \mathbf{b} \mathbf{B} + \rho_3 H^3 \mathbf{A}^T \mathbf{C}^T \mathbf{A} + \varphi_3 H^3 \mathbf{B}^T \mathbf{C}^T \mathbf{B} \\ & + \lambda_4 H^3 \mathbf{B}^T \mathbf{C}^T \mathbf{A} + \text{const} \end{aligned} \quad (15)$$

上式中  $\mathbf{A}$ 、 $\mathbf{B}$ 、 $\mathbf{b}_0$  是  $n$  维列向量, 相应的元素为  $A_i$ 、 $B_i$ 、 $b_{i0} (i = 1, 2, 3, \dots, n)$ ;  $\mathbf{b}$  为  $n \times n$  阶方阵, 其元素为  $b_{ij} (i = 1, 2, 3, \dots, n, j = 1, 2, 3, \dots, m)$ ;  $\mathbf{C} = \mathbf{b}^T \mathbf{b}$ .

由  $L$  的极小值条件

$$\partial L / \partial \mathbf{A} = 0 \quad (16)$$

$$\partial L / \partial \mathbf{B} = 0 \quad (17)$$

可以建立关于  $A_i$ 、 $B_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$  的线性方程组. 对于式(16)进一步研究后发现  $B_i$  的系数一般比相应的  $A_i$  的系数小; 而  $A_i / B_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$  一般大于 5, 多数大于 10,  $\alpha$  越小, 这个比值越大至几十. 于是, 从式(16)中忽略含有  $\mathbf{B}$  的项, 只存下含  $\mathbf{A}$  的项, 即分离了  $\mathbf{A}$  和  $\mathbf{B}$ . 计算结果表明, 这样做是完全可以的. 经此简化处理, 式(16)变为

$$\frac{\partial L}{\partial A_i} = 2 \frac{\rho_1}{H} A_i + \rho_2 H \sum_{j=1}^n (b_{ji} + b_{ij}) A_j + \rho_3 H^3 \sum_{j=1}^n (c_{ji} + c_{ij}) A_j + u_1 F b_{i0} + u_2 F H^2 \sum_{j=1}^n b_{j0} b_{ji} = 0 \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (18)$$

式(15)和(18)中

$$F = \begin{cases} qH & \text{均载} \\ q_0 H & \text{倒三角载, 顶点密度为 } q_0 \\ p_0 & \text{顶点集中载 } p_0 \end{cases} \quad (19)$$

$$\left. \begin{aligned} \rho_1 &= \frac{1}{\xi^2} \left\{ (1 + \xi)^2 \eta - 2(1 + \xi) \eta^2 + \frac{4}{3} \eta^3 \right\}_{\xi-0.2}^{0.8} \\ \rho_2 &= -\frac{2}{\xi} \left\{ -(1 + \xi) \left[ \frac{\eta^2}{2} - \frac{(1 + \xi)}{6\xi} \eta^3 + \frac{\eta^4}{12\xi} \right] + 2 \left[ \frac{\eta^3}{3} - \frac{(1 + \xi)}{8\xi} \eta^4 + \frac{\eta^5}{15\xi} \right] \right\}_{\xi-0.2}^{0.8} \\ \rho_3 &= \left\{ \frac{\eta^3}{3} - \frac{(1 + \xi)}{4\xi} \eta^4 + \frac{(3 + 14\xi + 3\xi^2)}{60\xi^2} \eta^5 - \frac{(1 + \xi)}{18\xi^2} \eta^6 + \frac{\eta^7}{63\xi^2} \right\}_{\xi-0.2}^{0.8} \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

$$u_1 = \begin{cases} \frac{2}{\xi} \left\{ -(1 + \xi) \eta + (3 + \xi) \frac{\eta^2}{2} - \frac{2}{3} \eta^3 \right\}_{\xi-0.2}^{0.8} & \text{均载} \\ \frac{1}{\xi} \left\{ -(1 + \xi) \eta + \eta^2 + \frac{(1 + \xi)}{3} \eta^3 - \frac{\eta^4}{2} \right\}_{\xi-0.2}^{0.8} & \text{倒三角载} \\ \frac{2}{\xi} \left\{ -(1 + \xi) \eta + \eta^2 \right\}_{\xi-0.2}^{0.8} & \text{顶点集中载} \end{cases} \quad (21)$$

$$u_2 = \begin{cases} -2 \left\{ \left[ \frac{\eta^2}{2} - \frac{(1 + \xi)}{6\xi} \eta^3 + \frac{\eta^4}{12\xi} \right] - \left[ \frac{\eta^3}{3} - \frac{(1 + \xi)}{8\xi} \eta^4 + \frac{\eta^5}{15\xi} \right] \right\}_{\xi-0.2}^{0.8} & \text{均载} \\ -\left\{ \frac{\eta^2}{2} - \frac{(1 + \xi)}{6\xi} \eta^3 + \left( \frac{1}{12\xi} - \frac{1}{4} \right) \eta^4 + \frac{(1 + \xi)}{10\xi} \eta^5 - \frac{\eta^6}{18\xi} \right\}_{\xi-0.2}^{0.8} & \text{倒三角载} \\ -2 \left\{ \frac{\eta^2}{2} - \frac{(1 + \xi)}{6\xi} \eta^3 + \frac{\eta^4}{12\xi} \right\}_{\xi-0.2}^{0.8} & \text{顶点集中载} \end{cases} \quad (22)$$

上面诸式中  $\eta = \frac{x}{H}$ . 式(15)中的  $\varphi_1, \varphi_2, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, z_1$  和  $z_2$  为  $\xi$  及  $r/H$  的函数, 因在式(18)中不出现, 这里就不再列出详式. 式(18)是关于  $A_i$  的  $n$  元一次方程组, 形式规则, 能方便地布列出来. 当墙体具有对称轴时, 未知数还可以减少一半. 只要借助于可以进行连乘的一般简易计算器, 即可方便地解得  $A_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$ . 通过算例证明式(18)具有足够的精确性.

## 2. 离散型最小二乘法

对于边界条件已满足的内部类型问题, 可以在域  $V$  中选择若干个分离点  $\mathbf{x}_j (j = 1, 2, 3, \dots, m)$ , 以  $u_n(\mathbf{a}, \mathbf{x}_j)$  代入微分方程  $FU - f = 0$ . 这里  $n$  指  $\mathbf{a}$  的维数, 逐有相应点的残数  $R_j$ :

$$R_j(\mathbf{a}, \mathbf{x}_j) = W_j [F_{u_n(\mathbf{a}, \mathbf{x}_j)} - f(\mathbf{x}_j)] \quad (23)$$

$W_j$  为相应的加权数. 记成矩阵形式

$$\mathbf{r} = \mathbf{D}\mathbf{a} - \mathbf{d} \quad (24)$$

其中  $\mathbf{D}$  为  $\mathbf{a}$  的系数矩阵 ( $m \times n$  阶,  $m \geq n$ ),  $\mathbf{r}^T = (R_1, R_2, \dots, R_m)$ ,  $\mathbf{d}^T = (W_{d1}, W_{d2}, \dots, W_{dm})$ , 运用最小二乘法可得待定常数  $\mathbf{a}$  的下面关系式<sup>[5]</sup>

$$\mathbf{D}^T \mathbf{D} \mathbf{a} = \mathbf{D}^T \mathbf{d} \quad (25)$$

式(25)为  $n$  元线性方程组, 解之即得待定常数  $\mathbf{a}$ , 其均方差为:

$$L(\mathbf{a}) = \mathbf{r}^T \mathbf{r} \quad (26)$$

式(25)、(26)避免了求导, 使用起来甚为方便。

对于开有  $n$  排孔列的剪力墙, 只要沿高度取着若干个  $x_j (j = 1, 2, 3, \dots, m)$ , 代入基本微分方程(1)通过式(6), 按式(23)算得相应的  $\mathbf{D}$  和  $\mathbf{d}$ , 再按式(25)即获解。离散点的个数  $m$  取得越多, 误差越小。

#### 四、常数 $B$ 的确定

常数  $B_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$  在工程设计中是一个次要的常数。它可以在解出  $A_i$  后, 通过式(17)求得, 或通过式(25)与  $A_i$  一起求得。考虑到  $B_i$  值相对于  $A_i$  小得多,  $A_i$  的误差将引起  $B_i$  大的畸变, 因此本文采用近似方法。

以  $s_i$  表示第  $i$  孔列前的墙肢对整个墙体形心轴的静矩, 令  $s_\rho = s_{\max}$ , 显然第  $\rho$  孔列是最近形心轴处。试验和大量有限元算例表明孔列数  $n$  对第  $\rho$  孔列的  $\tau_\rho(\xi H)/\tau_\rho(0.8H)$  比值影响很小, 令

$$\varphi(\alpha) = \tau_\rho(\xi H)/\tau_\rho(0.8H) \quad (27)$$

$\varphi(\alpha)$  可由双肢墙的相应值决定, 已有图表可查<sup>[3]</sup>; 令  $n = 1$ , 结合边界条件, 解基本微分方程(1)亦可得此关系式。由此按式(6)不难推得:

$$B_\rho = \phi_0 \left( \alpha \cdot \frac{r}{H} \right) A_\rho \quad (28)$$

$$\phi_0 = \left[ \frac{1}{\varphi(\alpha)} \cdot \frac{\xi}{2} \left( 1 - \frac{\xi}{3} \right) - \frac{12}{25} \left( 1 - \frac{14}{45\xi} \right) \right] / \left\{ 1 - e^{-\left[ \frac{H(0.8-\xi)}{r} \right]^2} \right\} \quad (29)$$

$\phi_0$  可制成图表供查。对于均匀剪力墙, 第  $i$  孔列连梁剪力值与第  $\rho$  孔列的相应值, 经试验和大量算例表明有如下近似关系:

$$\frac{\tau_{i,0.8H}}{\tau_{\rho,0.8H}} = \begin{cases} s_i/s_\rho & \alpha \geq 5 \\ \frac{1}{n+1} \sqrt{s_i/s_\rho} & \alpha < 5 \end{cases} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (30)$$

式(30)反映了墙体的整体作用, 于是由式(6)、(30)可推得:

$$B_i = \phi_0^* A_i \quad (31)$$

$$\phi_0^* = \left[ \frac{\tau_{i,0.8H}}{H A_i} - \frac{12}{25} \left( 1 - \frac{14}{45\xi} \right) \right] / \left\{ 1 - e^{-\left[ \frac{H(0.8-\xi)}{r} \right]^2} \right\} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (32)$$

#### 五、内力和位移

$A_i, B_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$  求出后, 按式(6)即求得  $\tau_i(x)$ , 于是剪力墙为静定的, 诸连梁和墙肢内力即可获得。关于位移, 注意到挠曲线关系式:

$$E(\Sigma I_i)y'' = M - \sum_{j=1}^n \vartheta_j \int_x^H \tau_j(x) dx \quad (33)$$

$M$  为外力对  $x$  截面的总弯矩, 并按  $x = 0$  处的支座嵌固条件, 便可推得剪力墙挠曲线

$$y = \frac{H^4}{E \Sigma I_i} \{ \phi_0 - \phi_1 \sum_i \vartheta_i A_i - \phi_2 \sum_i \vartheta_i B_i \} \quad (34)$$

式中

$$\phi_0 = \begin{cases} \frac{q}{24} (\eta^4 - 4\eta^3 + 6\eta^2) & \text{均载} \\ \frac{q_0}{6} \left( \eta^2 - \frac{\eta^3}{2} + \frac{\eta^5}{20} \right) & \text{倒三角载} \\ \frac{p_0}{2H} \left( \eta^2 - \frac{\eta^3}{3} \right) & \text{顶点集中载} \end{cases} \quad (35)$$

$$\phi_1 = \frac{1}{6} \left( 1 - \frac{1}{4\xi} \right) \eta^2 - \frac{\eta^4}{24} + \frac{(1+\xi)}{120\xi} \eta^5 - \frac{\eta^6}{360\xi} \quad (36)$$

$$\phi_2 = \begin{cases} \left[ (1-\xi) - \frac{r}{H} \omega(1) \right] \frac{\eta^2}{2} & 0 \leq \eta \leq \xi \\ \frac{\xi^2}{2} \left[ \frac{\xi}{3} + \frac{r}{H} \omega(1) \right] - \left[ \frac{\xi^2}{2} + \frac{\xi r}{H} \omega(1) \right] \eta + \frac{\eta^2}{2} - \frac{\eta^3}{6} \\ + \frac{1}{2} \left( \frac{r}{H} \right)^3 \left\{ g(\eta) + g^2(\eta) [\omega(1) - \omega(\eta)] - \frac{1}{2} [g(\eta)e^{-g^2(\eta)} + \omega(\eta)] \right\} & \xi \leq \eta \leq 1 \end{cases} \quad (37)$$

上面各式中  $\eta = x/H$ ,  $g(\eta) = H(\eta - \xi)/r$ ,  $\omega(\eta) = \int_0^\xi e^{-g^2} dg$ , 当  $n = 1$ , 即得顶点位移  $y_H$ .  $\phi_0$ 、 $\phi_1$ 、 $\phi_2$  均可制成图表。

## 结 论

按本文推导得到的式(18)求得的  $\mathbf{A}$  具有足够的精确度, 全部内力只需求出  $\mathbf{A}$  后即可获得. 式(18)未知量少, 只有  $n$  个(孔列数). 在求解中充分利用了关于双肢墙的已有图表. 由式(6)所描述的  $\tau_i(x)$  十分逼近于真实曲线. 这些方面都说明了加权残数法解决实际问题的能力. 计算结果表明, 加权残数法的精度与有限元法十分接近, 但是它能计算出误差, 这是有限元法所不及的. 离散型加权残数法在解决问题时具有很大的适应性, 又便于程序设计, 很有发展前途. 文献[6]甚至认为加权残数法“开辟了前所未有的前景”。

## 参 考 文 献

- [1] Rosman, R., *J. ACI*, **61**, 6(1964), 717—732.
- [2] Balaš, J., Szabó, V., *Bauingenieur*, **40**, 12(1965), 482—485.
- [3] Coull, A., Choudhury, J. R., *J. ACI*, **64**, 6(1967), 65—72; **64**, 9(1967), 587—593.
- [4] 武藤清, 耐震设计シソース, 1卷, 丸善社(1963).
- [5] Eason, E. D., *Int. J. Num. Meth. Engng*, **11**, 4(1977), 641—652.
- [6] Gallagher, R. H., *Computers and Structures*, **7**, 4(1977), 495—501.

**THE APPLICATION OF THE METHOD OF WEIGHTED  
RESIDUALS TO THE STRESS-ANALYSIS OF THE  
SHEAR WALLS WITH N-ROWS OF OPENINGS  
SUBJECTED TO LATERAL LOADS**

Sun Ye-yang

*(Shanghai Municipality Institute of Civil Architectural Design)*

**Abstract**

In the present paper, the fundamental differential equations of the shear walls with  $n$ -rows of openings subjected to lateral loads are derived, the trial function of the shear stresses of connecting beams,  $\tau(x)$ , chosen, the unknown constants of this trial function determined by use of the MWR and the solution which can satisfactorily describe the true  $\tau(x)$  obtained. The results of calculations show that the accuracy of the MWR is the same as the method of finite element, and furthermore, the MWR has many advantages: to calculate errors conveniently, to be able to get the analytical formulas, to decrease the amount of unknowns significantly, to simplify calculations and etc.