

陶粒砼低剪力墙的受力变形性能分析*

程远兵

(南阳理工学院土木工程系)

摘 要: 根据平衡条件和变形协调条件, 本文利用软化桁架模型理论提出了陶粒砼低剪力墙的受力和变形性能的全过程分析方法, 并编制了电算框图。理论分析同试验结果进行了对比, 两者的符合较好。

关键词: 陶粒砼的软化, 桁架模型理论, 低剪力墙, 全过程分析

中图分类号: TU31

陶粒砼能够减轻结构自重, 具有良好的热工性能和防火性能, 已成为建筑技术发展过程中所采用的一种主要的建筑材料。陶粒砼低剪力墙是指高宽比小于1的剪力墙, 它的截面弯矩主要有边框承担, 而剪力主要由墙板承担。这种低剪力墙愈来愈多地出现在建筑结构中, 但还没有令人满意的方法来分析它的受力和变形性能。本文拟通过桁架模型理论对陶粒砼低剪力墙的受力和变形性能进行研究。

1 理论分析方法

低剪力墙在剪力作用下, 当产生斜裂缝之后, 可以将它比拟成一平面桁架来承受外部荷载。斜裂缝间的砼作为斜压杆, 斜压杆和竖向、水平向的钢筋形成桁架的腹杆和弦杆, 这就是桁架模型理论。由于拉应力的存在, 斜压杆中陶粒砼的抗压强度低于其棱柱体的抗压强度, 产生软化效应。

1.1 分析模型

建立钢筋陶粒砼低剪力墙在剪力作用下的分析模型如图1, 并做如下假设:

- ① 砼的主压应力和主压应变方向重合;
- ② 开裂后的砼只承受压力而不承受拉力;
- ③ 钢筋只承受轴向力。

1.2 平衡条件

剪力墙在水平截面上的剪应力为:

* 收稿日期: 1994-01-03

$$\tau = \frac{P}{bh_0} \quad (1)$$

式中: P 是作用在剪力墙上的水平力, b 是剪力墙的厚度, h_0 是剪力墙的有效宽度。

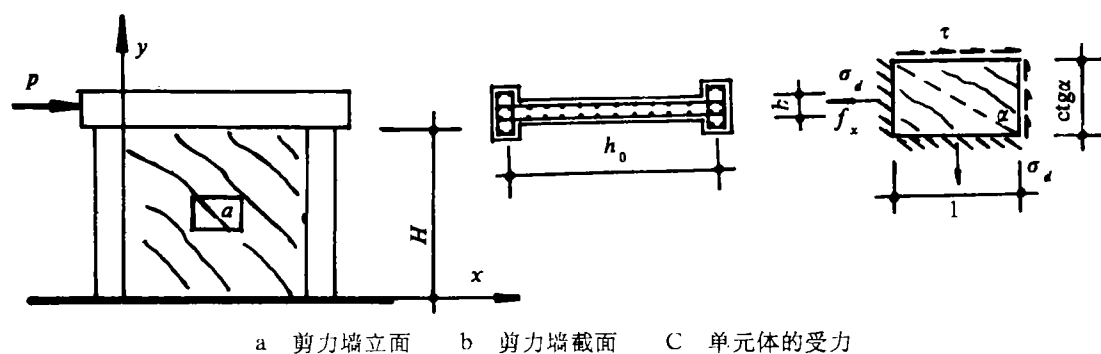


图1 分析模型

根据图 1c, 有:

$$\begin{aligned} \tau &= \sigma_d \sin \alpha \cos \alpha \\ \alpha &= \frac{1}{2} \arcsin \frac{2\tau}{\sigma_d} \end{aligned} \quad (2)$$

式中: σ_d 为砼斜压杆中的(主)压应力, α 为斜压杆(或斜压杆中砼的主压应力)的方向和 Y 轴的夹角。

由 $\sum Y = 0$, 得:

$$\begin{aligned} A_y f_y \times \frac{b \times 1}{b \times h_0} &= \sigma_d \times b \times \cos \alpha \times 1 \times \cos \alpha \\ \cos^2 \alpha &= \frac{A_y f_y}{\sigma_d b h_0} = \frac{f_y}{\sigma_d} \rho_y \end{aligned} \quad (3)$$

式中: A_y 为剪力墙中沿 Y 轴方向的钢筋面积, f_y 为钢筋中的应力, ρ_y 为 Y 轴方向的钢筋配筋率。

根据 (2) 和 (3), 有:

$$f_y = \frac{\tau}{\rho_y \tan \alpha} \quad (4)$$

由 $\sum X = 0$, 得:

$$\begin{aligned} \frac{A_x f_x}{H} \times \tan \alpha &= \sigma_d \times b \times \cos \alpha \times \sin \alpha \\ f_x &= \frac{b H \sin^2 \alpha}{A_x} \sigma_d = \frac{\sin \alpha}{\rho_x} \sigma_d \end{aligned} \quad (5)$$

式中: A_x 剪力墙中沿 X 轴方向的钢筋面积, f_x 为钢筋中的应力, ρ_x 为 X 轴方向的钢筋配筋率。

1.3 变形协调条件

剪力墙中的单元体 a 在受剪变形后, 其剪应变 γ , X 、 Y 方向钢筋的拉应变 ε_x 、 ε_y , 砼的 (主) 压应变 ε_d , 符合下列关系^[1]:

$$\gamma = 2(\varepsilon_d + \varepsilon_y) \operatorname{ctg} \alpha \quad (6)$$

$$\gamma = 2(\varepsilon_d + \varepsilon_x) \operatorname{tg} \alpha \quad (7)$$

由(6)、(7)得:

$$\varepsilon_d = \frac{\varepsilon_y - \varepsilon_x \operatorname{tg}^2 \alpha}{\operatorname{tg}^2 \alpha - 1} \quad (8)$$

1.4 应力—应变关系

钢筋陶粒砼构件在裂缝出现后, 拉应力的存在使砼斜压杆的抗压强度低于其棱柱体的抗压强度, 这就叫砼的软化。对于陶粒砼, 考虑软化效应, 其应力—应变关系为^[2]:

$$Y = \frac{6x - x^2 \frac{2}{1 + \frac{1}{\lambda}}}{4 - 2x + 3\lambda x^2} \quad (9)$$

式中: $Y = \frac{\sigma_d}{f_c}$, $X = \frac{\varepsilon_d}{\varepsilon_0}$ 。 f_c 是陶粒砼棱柱体的抗压强度, ε_0 是陶粒砼应力—应变曲线中与峰值应力相对应的应变, λ 是软化效应系数。

$$\lambda = 2.61 + 0.86 \frac{\varepsilon_x + \varepsilon_y}{\varepsilon_d} \quad (10)$$

对于工程上常用的低碳钢, 不考虑其强化阶段, 并假设为理想的弹塑性材料, 其应力—应变关系为:

$$f_x = \begin{cases} E\varepsilon_x & \varepsilon_x \leq \varepsilon_{xy} \\ E\varepsilon_{xy} & \varepsilon_x > \varepsilon_{xy} \end{cases} \quad (11)$$

$$f_y = \begin{cases} E\varepsilon_y & \varepsilon_y \leq \varepsilon_{yy} \\ E\varepsilon_{yy} & \varepsilon_y > \varepsilon_{yy} \end{cases} \quad (12)$$

2 电算框图

根据已推导的 10 个独立方程, 即可用迭代法进行全过程分析。未知量有 P 、 τ 、 σ_d 、 α 、 f_x 、 f_y 、 ε_x 、 ε_y 、 ε_d 、 γ 和 λ 共 11 个, 用迭代法求解的步骤如下:

- (1) 给定 P , 由方程 (1) 求 τ ;
- (2) 假设 τ_d , 由方程 (2) 求 α ;
- (3) 由方程 (4) 求 f_y ;
- (4) 由方程 (5) 求 f_x ;

- (5) 由方程 (12) 求 ε_y ;
- (6) 由方程(11)求 ε_x ;
- (7) 由方程 (8) 求 ε_d ;
- (8) 由方程 (10) 求 λ ;
- (9) 由方程 (9) 反求 σ_d , 如所求值与假设值足够接近, 进行步骤 (10) 计算; 否则, 重复步骤 (2) 到 (9);
- (10) 由方程 (6) 求 γ 。这样, 每给定一个荷载 P 值, 即可计算出钢筋陶粒砼低剪力墙中砼的应力、应变, 钢筋的应力、应变。在进行全过程分析时, P 值从零开始, 以一定步长增加, 按照上述步骤, 可计算出每级荷载下剪力墙的应力、应变。由这此数据, 可绘出低剪力墙在荷载作用全过程下的受力——变形曲线。计算过程的电算框图见图 2。

3 理论分析和试验结果的对比

根据本文的方法, 对参考文献[2]中查到的 5 个陶粒砼低剪力墙进行了全过程分析。试验测得的承载力同理论计算值之比的总平均值是 1.023, 见表 1。可以看出, 理论计算同试验结果的符合较好。图 3 和图 4 给出了其中两个低剪力墙的试验曲线同理论曲线的对比情况。

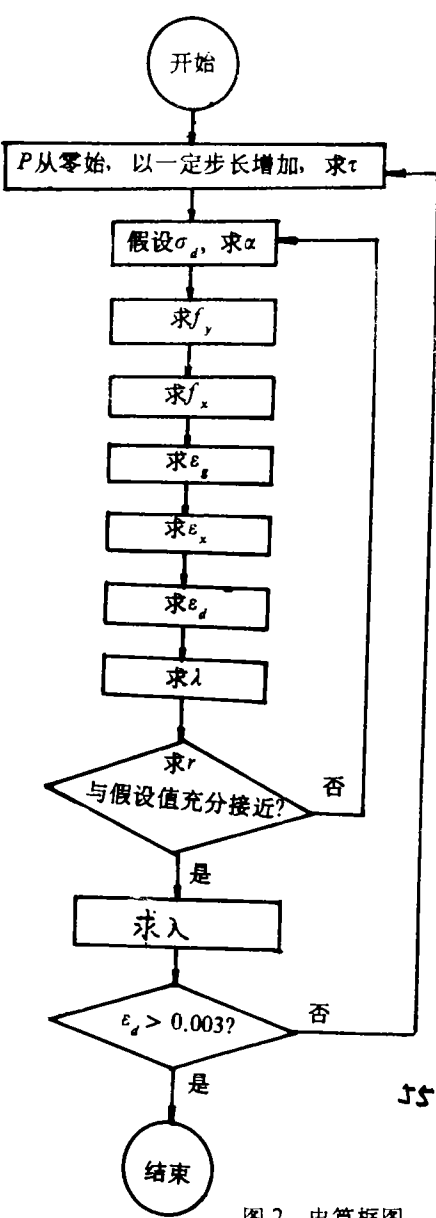
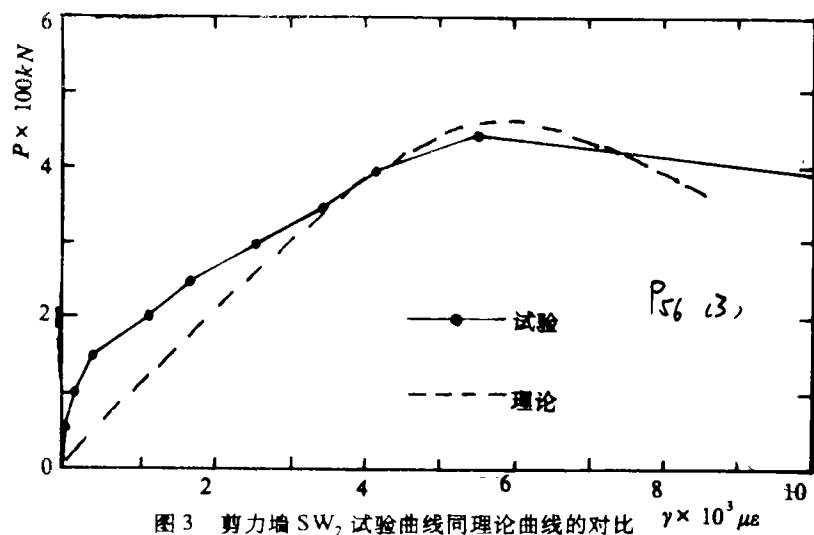
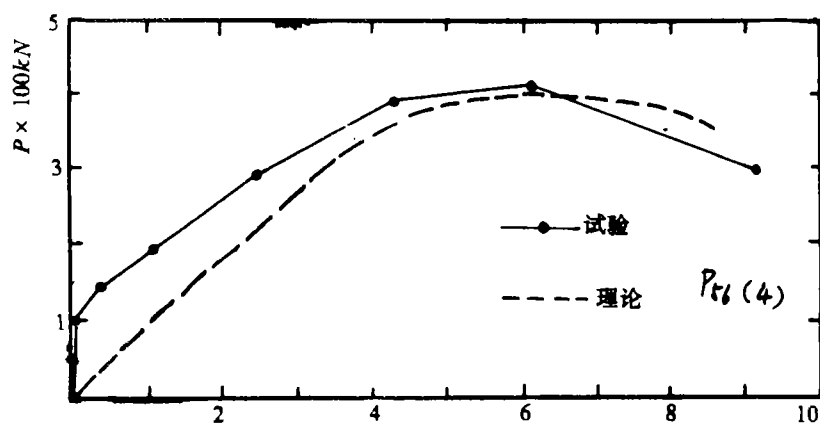


表 1 剪力墙承载力试验值和理论值的对比

		SW ₂	SW ₃	SW ₄	SW ₅	SW ₆
$\rho_x(\%)$		1.66	1.90	1.25	1.08	1.25
$\rho_y(\%)$		0.85	1.04	0.85	0.24	0.47
$f_c(\text{MPa})$		27	25	28	31	22
P	试验	441	490	412	363	343
	理论	453	471	408	321	357
试验 / 理论		0.974	1.040	1.009	1.131	0.961

图 2 电算框图

图3 剪力墙 SW₇ 试验曲线同理论曲线的对比 $\gamma \times 10^3 \mu\epsilon$ 图4 剪力墙 SW₄ 试验曲线同理论曲线的对比 $\gamma \times 10^3 \mu\epsilon$

4 结 论

本文根据桁架模型理论, 结合陶粒砼考虑软化的应力—应变关系, 提出了陶粒砼低剪力墙在剪力作用下的全过程分析方法。根据该方法可以计算出钢筋陶粒砼低剪力墙在荷载作用全过程下钢筋的应力、应变, 砼的应力、应变等。理论计算同试验结果的符合较好。

参 考 文 献

- 1 Hsu, Thomas T. C., and Mo, Y.L.: Softening of Concrete in Torsional Members —— Theory and Tests, ACI Journal, Proceedings V.82, No. 3, May-June 1985, PP. 290-303.
- 2 马锦. 低剪力墙中陶粒砼的软化曲线及墙板受力分析, 天津大学研究生毕业论文, 1988.

- 3 唐兴荣, 蒋永生, 丁大钧. 软化桁架理论在钢纤维高强砼低剪力墙中的应用. 建筑结构学报, 1993 年第 2 期.

Analysis of the Behavior of Ceramite Concrete

Low-Rise Shearwalls under Shear Load

Cheng Yuanbing

(Nanyang Institute of Science and Technology)

Abstract: Based on equilibrium and compacity conditions, as well as the softening theory of ceramite concrete, this paper presented a method of analyzing the behavior of ceramite concrete Low-rise shearwalls during all loading history by using of truss model theory, computer diagram was made. Comparison in theory results with test results was made and satisfied agreement was obtained.

Keyword: Softening of ceramite concrete, truss model theory, low-rise shearwalls, complete response process analysis.

(上接第 15 页)

The Device for Sequence of Failure Recording Consisting

of Multi-Single-chip Microprocessor system

Lou Hegong Xu Min Wang Kewen Qin Qiancheng Zhang Wei Xue Luoliang

(Zhengzhou Institute of Technology) (NanYang Electric Power Bureau)

Abstract: The Device for sequence of failure recording consisting of Multi-single-chip microprocessor system has been put into substation. This paper introduces the design thought and inplementation method of hardware and software of the device, its main functions, the technical indexes and so on in detail.

Keywords: Single-chip microprocessor, sequence of failure recording.