

聚苯乙烯夹芯板抗弯承载力的研究

涂杰¹, 李砚波¹, 赵仲星², 关晓松³

(1. 天津大学建工学院土木工程系, 天津 300072; 2. 华声国际企业有限公司, 天津 300072;

3. 中冶京城工程技术有限公司, 北京 100053)

【摘要】 混凝土聚苯乙烯夹芯板(CS板)是符合我国墙改、节能政策鼓励发展的一种新型板材,本文介绍了其结构构造,在试验结果的基础上对其抗弯受力性能进行了分析。最后通过该板的实测抗弯承载力与用简化计算模型求算的结果的对比,对该板承载力公式进行了总结。

【关键词】 混凝土聚苯乙烯夹芯板;结构;抗弯承载力;CS板;公式

【中图分类号】 TU528.2

【文献标识码】 B

【文章编号】 1001-6864(2006)02-0078-02

为了满足人民群众日益增长的住房需求,加快住宅建设从粗放型向集约型转变,推进住宅产业现代化,提高住宅质量,促进住宅建设成为新的经济增长点,国家建设部、国家计委、国家经贸委等八个部季联合提出了《关于推进住宅产业现代化、提高住宅质量的若干意见》。在国家强制淘汰和禁用粘土砖,发展环保型住宅体系的情况下,混凝土聚苯乙烯夹芯板(CS板)出现并受到推广^[1]。

1 混凝土聚苯乙烯夹芯板(CS板)的结构构造

CS板的结构构造如图1所示,其生产过程如下:在工厂把冷拔低碳镀锌钢丝焊接成一个三维的空间网架,中间填充阻燃性聚苯乙烯泡沫形成一个刚性整体,即钢丝网架聚苯乙烯芯板^[2]。根据设计要求,在板中配置预应力钢筋或普通钢筋,然后在芯板两边抹水泥砂浆或细石混凝土形成完整的轻质夹芯板材,即CS板。

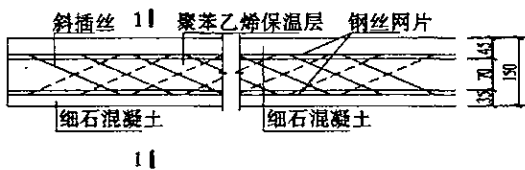


图1 混凝土聚苯乙烯夹芯板构造示意图

2 CS板抗弯承载力的理论分析

对于普通混凝土梁板,ACI318M-96规定截面的受弯强度必须小于其75%平衡破坏时的受弯强度,我国规范要求截面的配筋率小于最大配筋率以确保安全。这使得钢筋在混凝土压坏前已经屈服,保证了梁延性破坏形式。由于CS板中的钢丝的高抗拉强度、低弹性模量及破坏之前的线弹性,使得CS板在破坏前比使用同等量的钢筋有更大的挠度和裂缝宽度,也使得CS板的受弯程度有一定程度的提高。另一方面,无论由于混凝土或是受拉钢丝的破坏引起的CS板的受弯破坏都是脆性的。这些特性要求对现行的钢筋混凝土受弯理论和相应的计算公式进行修改,提出适合于CS板性能的计算方法。本文以试验结果为基础,探讨适合于CS板特点,又与我国现行有关规范相协调的CS板的受弯极限承载力的计算方法^[3]。

2.1 正截面承载力计算的基本假定

通过本次试验现象观察,可假定:

- (1) 不考虑斜插丝的抗弯作用;
- (2) 忽略受拉区混凝土的作用;
- (3) 截面应变符合平截面假定,即截面的应变沿高度保持线性变化;
- (4) 忽略上下层混凝土与夹芯板间相互分离错动;
- (5) 混凝土受压应力与压应变之间的关系曲线按下列规定取用:

$$\text{当 } \epsilon_c \leq \epsilon_0 \text{ 时(上升段) } \sigma_c = f_c \left[1 - \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} \right)^n \right] \quad (1)$$

$$\text{当 } \epsilon_0 < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu} \text{ 时(下降段) } \sigma_c = f_c \quad (2)$$

式中:参数 n 、 ϵ_0 和 ϵ_{cu} 的取值见下式, $f_{cu,k}$ 为混凝土立方体抗压强度标准值。

$$n = 2 - \frac{1}{60} (f_{cu,k} - 50) \leq 2.0 \quad (3)$$

$$\epsilon_0 = 0.002 + 0.5 \times (f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5} \geq 0.002 \quad (4)$$

$$\epsilon_{cu} = 0.0033 - 0.5 \times (f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5} \leq 0.0033 \quad (5)$$

- (6) 钢筋或钢丝的应力-应变关系方程为

$$\sigma_s = E_s \cdot \epsilon_s \leq f_y$$

2.2 CS板正截面破坏的主要形态

试验表明,CS板的正截面受弯破坏主要有板顶混凝土受压破坏、板底钢丝受拉破坏和平衡破坏三种形式。这些破坏形式由混凝土受压边缘压应变或远离中性轴的底部钢丝的受拉应变控制,或者由两者同时控制。由于混凝土和底部钢丝的破坏是脆性破坏,这种破坏都具有脆性特征。

2.3 板底钢丝受拉与混凝土受压破坏界限及界限配筋率

借鉴经典的正截面受弯破坏理论,将钢丝受拉破坏与混凝土受压破坏的界限规定为“平衡配筋”。当板底受拉钢丝达到极限屈服应变 ϵ_y 的时候,根据叠合梁板理论,CS板破坏时,截面符合平截面假定,即CS板的极限承载力同相同厚度的混凝土板是一样的。但是,通过试验实测出的极限承载力比相同厚度的混凝土板的承载力有所降低。我们可以通过控制受拉钢丝的屈服强度,即引入受拉钢丝名义屈服强度,对CS板的承载能力进行折减,如图2所示。

图中: h_0 为截面有效高度; h_1 为上层混凝土厚度; ϵ_{cu} 为非均匀受压时混凝土极限压应变值,混凝土等级不超过C50

时 $\varepsilon_{cu} = 0.0033$; x_{cb} 为界限破坏时中和轴高度; $\varepsilon_{y\lambda}$ 为受拉钢丝名义屈服强度。

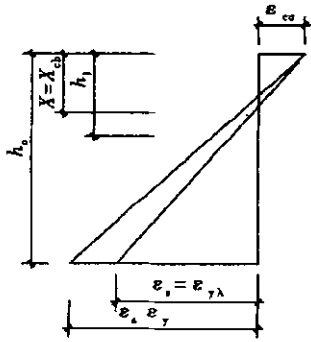


图2 界限配筋板破坏时的正截面平均应变图

故计算公式为

$$\alpha_1 f_c b x = \lambda f_{y1} A_{s1} + \lambda f_{y2} A_{s2} \quad (9)$$

$$M_u = \lambda (f_{y1} A_{s1} + f_{y2} A_{s2}) \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = \alpha_1 f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (10)$$

表1 相同厚度钢筋混凝土板理论与实测结果

项目	计算破坏		M_u^s/M_u	跨中最大 挠度 f_{max}	f_{max}/l
	荷载 M_u'	荷载 M_u^s			
B-1	8.41	7.53	0.89	66.70	1/48
B-2	8.41	7.14	0.85	68.65	1/47
Ⅰ-1	7.98	7.12	0.89	100.00	1/36
Ⅰ-2	7.98	7.03	0.88	95.00	1/38
Ⅰ-3	7.98	7.12	0.89	90.00	1/40
Ⅱ-1	9.30	8.78	0.94	100.00	1/42
Ⅱ-2	9.30	8.59	0.92	90.00	1/47
Ⅱ-3	9.30	8.23	0.88	105.00	1/40

表2 CS板计算弯矩与实测弯矩的比较

项目	支撑跨度 /mm	计算破坏		M_u^s/M_u
		荷载 M_u	荷载 M_u^s	
B.1	3200	7.15	7.53	1.05
B.2	3200	7.15	7.14	1.00
Ⅰ-1	3600	6.78	7.12	1.05
Ⅰ-2	3600	6.78	7.03	1.04
Ⅰ-3	3600	6.78	7.12	1.05
Ⅱ-1	4200	7.91	8.78	1.11
Ⅱ-2	4200	7.91	8.59	1.09
Ⅱ-3	4200	7.91	8.23	1.04

从式(9)及(10)可以看出,CS板的承载力计算公式与混凝土双筋矩形截面受弯构件的正截面受弯承载力计算公式相比较,它们之间仅相差一个系数,即受拉钢丝屈服强度折减系数 λ 。受拉钢丝屈服强度折减系数是取决于CS板的各种影响因素的一个综合系数。通过运用混凝土双筋矩形截面受弯构件的正截面受弯承载力计算公式相比较求出的相同厚度钢筋混凝土板的理论计算值 M_u' 和实测的受弯极限值 M_u^s 的比值,可以偏于安全的得出 λ 的取值。对表1列出了CS板的试验结果数据,以及相同厚度钢筋混凝土板的理论计算值和实测的受弯极限值比较情况。

表1的结果中相同厚度混凝土板破坏荷载与实测CS板破坏荷载的比值 M_u^s/M_u' 可以看出,偏于安全的取 λ 值为0.85。当取 $\lambda = 0.85$ 时,表2列出了理论计算结果和实测结构的对比情况。可看到,理论计算和实测结果较为吻合。

参考文献

- [1] 沈龙泉. 钢丝网架水泥聚苯乙烯夹芯墙板施工质量控制[J]. 安徽建筑, 1998(5): 88-89.
- [2] 赵风华, 张久斌. CS板建筑体系在民用钢结构建筑中的应用[J]. 钢结构, 2003, 18(4): 22-25.
- [3] 李趁趁. 纤维增强塑料筋混凝土梁正截面受力性能研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2002(5): 21.

[收稿日期] 2005-12-12

[作者简介] 涂杰(1977-),男,四川贡县人,硕士,从事结构工程专业。

设受拉钢丝的名义屈服点为: $\varepsilon_{y\lambda} = \lambda \varepsilon_y$

式中 λ ——受拉钢丝应变折减系数。

$$\text{则有 } \frac{x_{cb}}{h_0} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{y\lambda}}$$

设 $\xi_b = x_b/h_0$,称为界限相对受压区高度,则有:

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + (f_{y\lambda}/E_s \cdot \varepsilon_{cu})}$$

式中 x_b ——界限受压区高度。

当相对受压区高度 $\xi < \xi_b$ 时,受拉钢丝先达到名义屈服应变,然后混凝土受压破坏,为受拉破坏;当 $\xi > \xi_b$ 时,混凝土受压破坏时,受拉钢丝未达到名义屈服应变,为受压破坏;当 $\xi = \xi_b$ 时,属于界限情况。

2.4 CS板抗弯极限承载力计算理论分析

由于CS板具有上下两层钢网片,所以其自然就具有双筋矩形截面受弯构件的特征,可用《混凝土设计规范》中的双筋矩形截面受弯构件的正截面受弯承载力公式进行计算。

若要提高承载力,则需要在板底配置附加钢筋。

对于这种计算,需要确定中和轴的位置。

为了鉴别CS板中和轴在上层混凝土内,还是在聚苯乙烯夹芯所在部位,首先分析一下 $x = a_s' + 15\text{mm}$ 的特殊情况。由力的平衡条件,可得到

$$\alpha_1 f_c k (a_s' + 15) = f_{y\lambda 1} A_{s1} + f_{y\lambda 2} A_{s2} \quad (6)$$

式中 A_{s1} ——原有CS板的底部钢丝受拉钢丝面积;

A_{s2} ——为加强抗拉承载力所配的附加钢筋;

λ ——受拉钢丝屈服应变折减系数;

$f_{y\lambda}$ ——名义受拉极限强度。

由 $f_y = E_s \varepsilon_y$, $f_{y\lambda} = E_s \varepsilon_{y\lambda}$, $\varepsilon_{y\lambda} = \lambda \varepsilon_y$ 得 $f_{y\lambda} = \lambda f_y$

$$\text{显然,若 } \alpha_1 f_c k (a_s' + 15) \geq \lambda f_{y1} A_{s1} + \lambda f_{y2} A_{s2} \quad (7)$$

$$\text{整理得 } a_s' \geq \frac{\lambda f_{y1} A_{s1} + \lambda f_{y2} A_{s2}}{\alpha_1 f_c b} - 15 \quad (8)$$

即当式(8)满足时,中和轴在上层混凝土内。

而在一般情况下,中和轴都在上层混凝土内,所以受压区钢筋离中和轴太近,发挥不了太大作用,所以可以忽略受压钢丝的作用。

这种CS板受弯类型与板宽为 b 的矩形板相类似。这是因为受压区面积仍为矩形,受拉区形状与承载力计算无关。