

现浇混凝土空心楼板的有限元分析

曹学军, 吴振兴

(天津市城市规划设计研究院, 天津 300201)

摘要:采用 ANSYS 有限元软件建立空心楼板模型,对空心楼板进行受力分析,将采用有限元所得剪力与《现浇混凝土空心楼盖结构技术规程》中的剪力计算公式所得剪力比较。结果表明空心楼板的受力性能与一般受弯构件相同,并且《规程》中的剪力计算结果与 ANSYS 所得结果相近,可以应用在空心板的剪力设计中。

关键词:空心楼板;有限元分析;受剪承载力

中图分类号:TU375

文献标识码:A

The finite element analysis of cast-in-situ concrete hollow slab

CAO Xue-jun, WU Zhen-xing

(Tianjin Urban Planning and Design Institute, Tianjin 300201, China)

Abstract:A hollow slab model was set up to carry out the force analysis on cast-in-situ concrete hollow slabby using ANSYS finite element software. The differences of shear obtained by formula of technical specification for cast-in-situ concrete hollow floor structure and finite element analysis were compared. The results showed that the shear of hollow slab floor was similar with general flexural members. The formula of technical specification for cast-in-situ concrete hollow floor structure could be applied in the hollow plate shear design.

Key words:hollow slab floor system; the finite element analysis; shear capacity

现浇混凝土空心楼板作为一种新型结构体系已经逐渐的被设计人员接受,对于空心楼板的受弯性能,国内已进行了大量的理论和实际的研究,并取得了一定的成果。但由于现浇混凝土空心楼板内部空心,使楼板的横截面被削弱,受剪性能受到影响。因此对现浇混凝土空心楼板的抗剪性进行研究是十分必要的。本文通过对现浇混凝土空心楼板进行有限元分析,研究其内部的内应力分布关系和裂缝分布情况,找到空心板与实心板的异同,为现浇混凝土空心楼板的设计提供理论参考,完善空心楼板的受力体系。

1 ANSYS 有限元分析

1.1 模型参数

考虑到楼板的横纵向配筋很多,并且复杂在

有限元分析过程中,计算时间过长采用整体式建模,选用实体单元 SOLID65 为楼板材料。

混凝土的弹性模量 $E_c = 3 \times 10^{10}$ Pa,混凝土的抗压强度标准值 $f_{cu}, k = 3 \times 10^7$ Pa,单轴抗拉强度 $f_t = 1.43 \times 10^6$ Pa,单轴抗压强度 $f_c = 1.43 \times 10^7$ Pa 闭合裂缝剪力传递系数为 0.95,张开裂缝剪力传递系数取 0.5,泊松比取 0.2,拉应力释放系数缺省值取 0.6。

对混凝土的单轴应力应变关系上升段选用 GB50010-2010 中所规定的公式,下降段则采用 Hongnsted 的处理方法,

$$\sigma_c = f_c \left[1 - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^n \right] \quad \text{当 } \varepsilon_c \leq \varepsilon_0 \text{ 时} \quad (1)$$

$$\sigma_c = f_c \left[1 - 0.15 \left(\frac{\varepsilon_c - \varepsilon_0}{\varepsilon_{cu} - \varepsilon_0} \right)^n \right] \quad \text{当 } \varepsilon_0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu} \text{ 时} \quad (2)$$

按规范规定 $n = 2$, $\epsilon_0 = 0.002$, 并且 $\epsilon_{cu} = 0.0038$ 。通过上述公式,并取点拟合,此处采用多线性等向强化 MISO 模型,得到混凝土应力应变曲线图如图 1 所示。

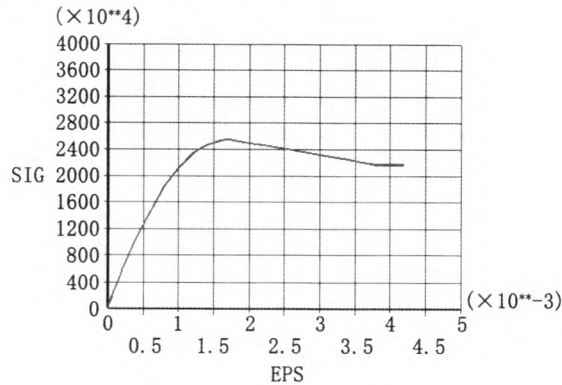


图1 混凝土应力应变曲线

Fig.1 Concrete stress-strain curve

钢筋选用 HRB335, 弹性模量 $E_s = 2.0 \times 10^{11}$ Pa, 屈服强度 $f_y = 3 \times 10^8$ Pa, 泊松比 $\nu_s = 0.3$ 钢筋的应力应变关系按理想弹塑性模型考虑,按双线性等强度模型 BISO 模拟,钢筋的应力应变曲线图如图 2 所示。

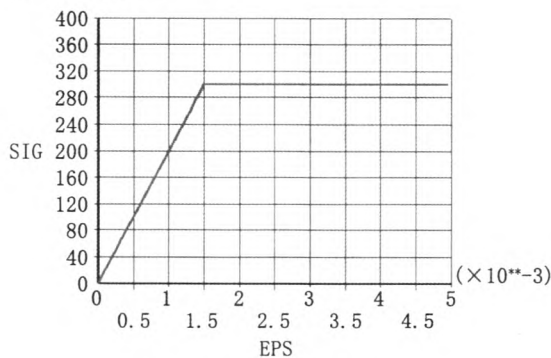


图2 钢筋应力应变曲线

Fig.2 Steel stress-strain curve

1.2 建立模型

模型 1: 建立尺寸为 1.2×9 m 的单元板。实心板厚 $h = 268$ mm; 空心板厚 $h = 400$ mm, 其上、下板表层厚均为 75 mm, 管径 $D = 250$ mm。横肋宽 100 mm, 顺肋宽 50 mm。实心板的在 ANSYS 中建立整体模型(图 3)。模型两端采用铰接, 在板的上表面施加 16.5 kN/m^2 的静荷载。

模型 2: 板厚 $h = 500$ mm, 空心板上、下板表层厚均为 50 mm, 管径 $D = 400$ mm。横肋宽 150 mm, 顺肋宽 60 mm, 管长 1 000 mm。在板上分别施 15 kN/m^2 的面荷载。其余尺寸见图 4。

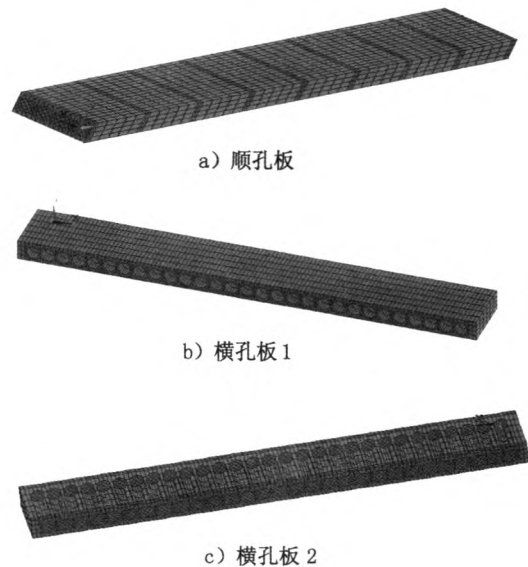


图3 空心楼板模型

Fig.3 Hollow slab floor model

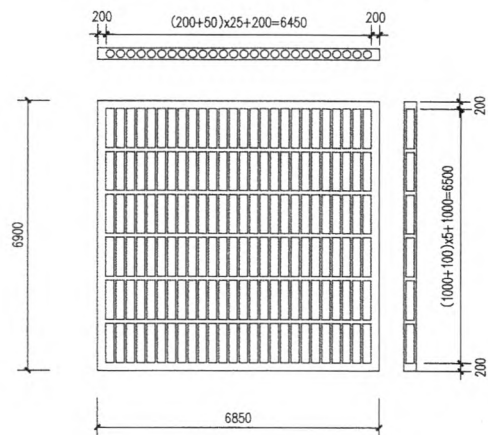


图4 空心楼板模型尺寸

Fig.4 Hollow slab floor moulded dimension

2 计算结果

2.1 空心板的裂缝分布对比

通过对三种空心板的裂缝对比分析得到: 顺孔板的裂缝分布于普通受弯构件的裂缝分布规律相似, 裂缝主要分布在跨中板底位置; 而横孔板 1 的裂缝分布除在跨中板底位置外, 在两孔之间也存在较多裂缝, 因此对于横孔板 1 两孔之间的肋是其薄弱位置; 当在横孔板 1 的两侧布置横肋后, 其裂缝分布情况与顺孔板相似, 裂缝主要存在于板的跨中板底(见图 5)。因此对于空心楼板的顺孔方向, 其受力性功能与一般受弯构件相似, 而横孔板当在孔的两端加上横肋后, 其受力性能也可以认为是一般受弯构件。

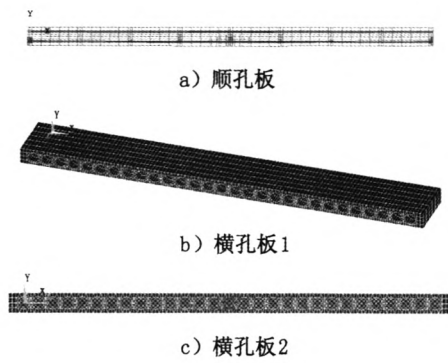


图5 裂缝分布图

Fig. 5 Crack distribution pattern

2.2 模型2 结果分析

1) 取顺管方向跨中板带的两个单元宽度(0.92 m)和横管方向跨中板带一个单元(1.15 m)这两个方向上的剪力分布情况见图6和图7。

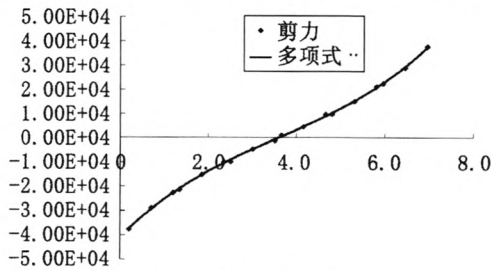


图6 顺管方向剪力

Fig. 6 Shear force of parallel pipedirection

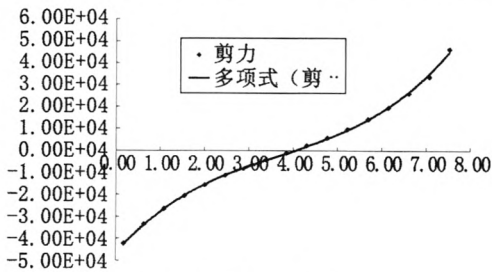


图7 顺管方向剪力

Fig. 7 Shear force of oross tube direction

由图6和图7分析得:在顺管方向和横管方向的剪力分布情况近似为一次线性分布,剪力在板边缘最大,跨中位置的剪力最小。

2) 在实际设计时,通常设计中剪力的算法为

$$V = \frac{1}{2}qlb \tag{3}$$

式中 V - 最大剪力; q - 均布荷载; l - 均布荷载; b - 板带宽度。

两种计算所得最大剪力值为见表1。

表1 有限元分析的剪力值和设计中剪力值比较

Tab. 1 Shear of finite element analysis and design value

施加的面 荷载 $q/(kN \cdot m^{-1})$	ANSYS 中所得 剪力值/N		设计剪力 计算值/N
	顺管方向	横管方向	
15	41 037	46 456.18	49 335

表1中两种方式所得的剪力值相近,且采用式(3)的剪力计算结果要大于 ANSYS 所得的计算结果,因此在空心楼板的剪力设计时可以采用式(3)的计算方法,此时的结果具有一定的安全储备。

3 结论

1) 空心楼板的受力性能与一般受弯构件相似,增加横肋可以有效的改善横孔板的受力性能。

2) 采用有限元分析所得的剪力值与《现浇混凝土空心楼盖结构技术规程》中采用的剪力计算公式所得结果差距不大,并具有一定得安全储备,所以在空心板的剪力设计时采用公式(3)符合空心楼板的实际受力情况。

参考文献:

[1] 徐有林,冯大斌. 推广现浇空心楼盖 发展节约型混凝土结构[A]. 全国现浇混凝土空心楼盖结构技术交流会论文集[C]. 北京: 建筑工业出版社, 2005: 104 - 09.
 [2] 李 围,叶裕明,刘春山,等. ANSYS 土木工程应用实例 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.
 [3] GB50010 - 2010, 混凝土结构设计规范[S].
 [4] CECS 175 2004, 现浇混凝土空心楼盖结构技术规程 [S].

(责任编辑 刘存英)