

文章编号:1673-9469(2011)04-0033-03

## 现浇空心楼盖抗剪性研究

吴振兴<sup>1</sup>, 罗兆辉<sup>1</sup>, 刘东明<sup>2</sup>

(1. 天津城市建设学院 土木工程系, 天津 300384 ; 2. 中国储备粮管理总公司, 北京 100044)

**摘要:**通过对《混凝土结构设计规范》、《现浇混凝土空心楼盖结构技术规程》和实验结论的研究,分析现浇空心楼板的结构特点,从而得出了现浇空心楼盖抗剪设计的必要性。在空心楼盖的抗剪验算时,要考虑到横肋与顺肋板之间的区别和箍筋在其中起到的作用,并给出了计算公式。

**关键词:**空心楼盖;现浇混凝土;受剪承载力;横孔板;

**中图分类号:** TU755

**文献标识码:** A

### Analysis of shear capacity for in-situ hollow floor

WU Zhen-xing<sup>1</sup>, LUO Zhao-hui<sup>1</sup>, LIU Dong-ming<sup>2</sup>

(1. Department of Civil Engineering, Tianjin Institute of Urban Construction, Tianjin 300384, China;

2. China Grain Reserves Corporation, Beijing 100044, China)

**Abstract:** It is necessary to carry out shear design for in-situ hollow floor, which is concluded basing on the researches on "the code for design of concrete structures", "technical specification for cast-in-situ concrete hollow floor structure", experimental results and analysis of the structure of in-situ hollow floor. we should consider the difference between Cross rib and rib, and the importance of the stirrup. At last we provide the calculation formula of shear.

**Key words:** hollow slab floor; cast-in-situ concrete; shear capacity; perpendicular stab

现浇混凝土空心楼盖因其具有自重轻,地震作用力小,可以更好的满足大空间和自由间隔的要求,是一种全新的现浇结构体系,是我国结构领域的一大创新,具有巨大的社会经济价值<sup>[1]</sup>。近些年大量的学者和科研机构都对现浇空心楼盖进行了深入的研究,但这些研究主要是针对其抗弯性能,但对其受剪性能的研究就显得有些不足,对于现浇空心楼盖的受剪没有足够的认识。本文通过对混凝土结构设计规范、现浇混凝土空心楼盖结构技术规程和实验结论的研究,进行对比分析,并对《现浇混凝土空心楼盖结构技术规程》中的公式进行了改进。

### 1 空心楼板抗剪性分析

在《现浇混凝土空心楼盖结构技术规程》中对

于不配置受力箍筋的现浇混凝土边支撑楼板,受剪承载力的规定为

$$V \leq 0.7\beta_f f_t b_w h_0 + V_p \quad (1)$$

式中  $V$ —宽度  $(b_w + D)$  范围内的剪力设计值;  $\beta_f$ —受剪计算系数,对顺管方向取 1.3,对横管方向取 0.6;  $f_t$ —混凝土轴心抗拉强度设计值;  $b_w$ —顺管肋宽;  $D$ —筒芯外径;  $h_0$ —楼板截面有效高度;  $V_p$ —预应力空心板受剪承载力设计值。

从《现浇混凝土空心楼盖结构技术规程》的规定中可以看出,对于现浇空心楼盖的抗剪设计,主要考虑混凝土的受剪能力和预应力所提高的受剪承载力,对箍筋的作用却没有考虑,并且在规程受剪计算中并没有将横肋板和顺肋板的计算区分开,这将会导致计算结果与实际情况有较大出入。

在《混凝土结构设计规范》中,对于受弯构件

的受剪承载力规定:矩形、T形和I形截面的一般受弯构件,当仅配置箍筋时,其截面的受剪承载力应满足。

$$V \leq V_{cs} + V_p \quad (2)$$

$$V_{cs} = 0.7f_t b h_0 + 1.25f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \quad (3)$$

$$V_p = 0.05N_{p0} \quad (4)$$

式中  $V$ —构造斜截面上的最大剪力设计值;  $V_{cs}$ —构件斜截面上混凝土和箍筋的受剪承载力设计值;  $V_p$ —预加力提高的构件受剪承载力设计值;  $A_{sv}$ —配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面积。

在王巍所做的试验及结果中我们可以看到,在做受剪试验的过程中,顺孔板所表现出的破坏形态非常接近于一般的梁,其不同于一般梁的地方就是截面不是矩形,而没有设置横肋的横孔板的破坏则主要表现为纵肋上出现的裂缝过宽,导致构件迅速破坏。设置了横肋的横孔板,横肋会承担很大一部分的剪力。因此其表现出的破坏模式就和顺孔板非常相似,而且其破坏荷载也比没有设置横肋的横孔板大的多。

试验中没有设置横肋的空心板构件,其破坏形式主要在并列管之间的顺肋上。上述分析同样适用于受压翼缘。因此顺肋的宽度对空心板横肋的抗剪能够起到很大的作用。

根据文献[2]中所得到的横孔板不利于承担横向剪力,横孔板剪力传递分析模型表明:横孔板剪力传递的薄弱环节就在孔道之间的纵肋上,由于孔肋承担了较大的横向剪力,极易产生起自左、右两侧孔内缘的斜裂缝,并导致横孔板失去抗剪能力。由于单肢箍筋位于孔肋中部,并不能有效限制斜裂缝的发展,其作用最多只能限制横孔板上、下翼缘不被彻底分开,而顺肋之间的箍筋对以横肋的抗剪基本上起不到作用。由实验<sup>[3]</sup>的对比可以看出横肋的作用将横肋看作梁,用一般受弯构件的抗剪承载力的计算公式,从而得到。

$$V \leq 0.7\beta_w f_t b_w h_0 + V_p + 0.7f_t b_l h_0 \quad (5)$$

## 2 抗剪计算的改进

对孔肋所表现出的破坏形态非常接近于一般的梁,其受力特点与一般的受弯构件相似,所以将《混凝土结构设计规范》中对受弯构件的受剪验算引入。但由于空心楼板的顺管方向的横断面为圆孔,因此将相邻一段内的圆孔简化成“工”字形截面进行简化,在文献[3]中的横孔板没有横肋,顺

肋中的箍筋对其横管方向的抗剪作用很小,但当有横肋时,此时的横肋的作用与顺肋的类似,对其横管方向的抗剪有作用,但对其顺管方向的抗剪作用很小,而顺肋之间的箍筋对以横肋的受剪基本起不到作用。因此考虑到顺肋中的箍筋作用和横肋对空心楼板受剪的有利影响,将这些融入现有的《现浇混凝土空心楼盖结构技术规程》<sup>[4]</sup>中对现浇混凝土的抗剪设计进行优化。取一段楼板为计算单元,对现浇空心楼板计算,计算简图见图1—图4。

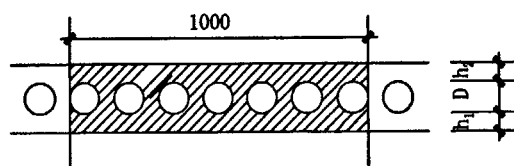


图1 空心楼板顺管方向的横断面

Fig. 1 Cross-sectional of perpendicular for hollow slab floor

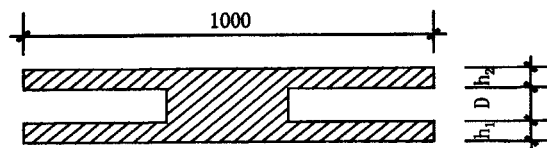


图2 顺管方向简化后截面图

Fig. 2 Simplifying section graph of perpendicular

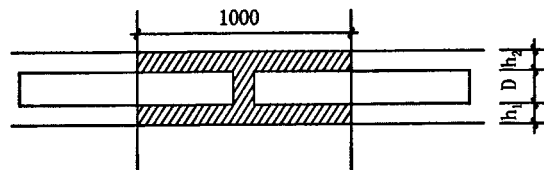


图3 空心楼板横管方向的横断面

Fig. 3 Cross-sectional of parallel for hollow slab floor

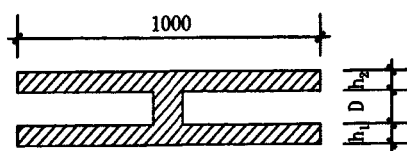


图4 横管方向简化后截面图

Fig. 4 Simplifying section graph of parallel

顺管方向的边支承板抗剪验算公式

$$V \leq V_{cs} \quad (6)$$

式中  $V$  为宽度  $(b_w + D)$  范围内的剪力设计值  $V = ql_n(b_w + D)/2$ , 其中  $q$  为均布荷载设计值,  $l_n$  为板

的净跨。

$$V_{cs} = V_c + V_s + V_p = 0.7\beta_f f_t b_w h_0 + 1.25f_{yv} A_{sv} h_0 / s + V_p \quad (7)$$

式中  $\beta_f$ —受剪计算系数,顺筒取 1.3;  $f_t$ —混凝土抗拉强度设计值;  $b_w$ —顺筒肋宽;  $h_0$ —楼板截面有效高度;  $f_{yv}$ —肋间箍筋的抗拉强度;  $A_{sv}$ —肋间箍筋的截面积;  $s$ —肋间箍筋的间距。

横管方向的边支承板抗剪验算公式

$$V \leq V_{cs}$$

式中  $V$  为板宽度 ( $b_{wH} + 1$  m) 范围内的剪力设计值  $V = qln(b_{wH} + 1000)/2$ 。

$$V_{cs} = V_{c1} + V_{c2} + V_s + V_p = 0.7n\beta_{vH} f_t b_{wH} h_0 + 0.7f_t b_{wH} h_0 + 1.25f_{yv} A_{sv} h_0 / s + V_p \quad (8)$$

式中  $\beta_{vH}$ —受剪计算系数,横筒取 0.6;  $b_{wH}$ —横肋肋宽。

在式(7)中引入了箍筋对抗剪的作用,用  $V_s$  表示;式(8)相对于《现浇混凝土空心楼盖结构技术规程》中则加入了横肋的抗剪作用,用  $V_{c1}$  表示;并且引入了横肋中的箍筋的作用,用  $V_p$  表示。

### 3 抗剪计算

某工程柱网  $9.6 \text{ m} \times 8.4 \text{ m}$ , 梁宽 350 mm 采用现浇混凝土空心楼板结构,板厚 200 mm,内部为管径 100 mm、长 1 000 mm 的填充体,混凝土上、下各厚 50 mm,顺肋宽 50 mm,横肋宽 100 mm,填充体为 GBF 空心管。混凝土等级为 C40,保护层为 15 mm。钢筋 III 级 (HRB400)。空心楼盖体积空心率为 23.3%,等效板厚为 163 mm,板自重  $4.07 \text{ kN/m}^2$ 。

活荷载标准值:  $2.0 \text{ kN/m}^2$ 。

附加恒荷载:  $0.13 \times 20 + 0.3 = 2.9 \text{ kN/m}^2$ 。

1) 确定设计荷载。由活荷载控制的设计荷载为  $q = (4.07 + 2.9) \times 1.2 + 2.0 \times 1.4 = 11.17 \text{ kN/m}^2$ 。

由恒荷载控制的设计荷载为

$$q = (4.07 + 2.9) \times 1.35 + 2.0 \times 0.7 = 11.37 \text{ kN/m}^2$$

因此设计荷载选用恒荷载控制的设计荷载为  $11.37 \text{ kN/m}^2$ 。

2) 板的剪力计算。将板的顺管方向和横管方向分别取一个单元(图 5—图 8)。使用《现浇混凝土空心楼盖结构技术规程》中所介绍的方法计算得到的空心楼板的抗剪值为

短跨方向的最大剪力设计值

$$V = 11.37 \times (8.4 - 0.35) \times 0.15 \div 2 = 6.86 \text{ kN}$$

长跨方向的最大剪力设计值

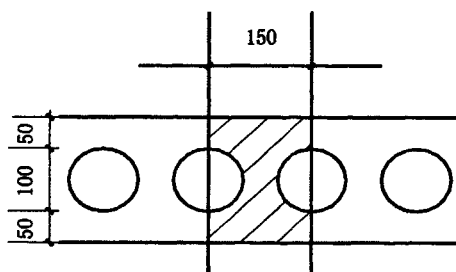


图5 空心楼板顺管方向的横断面

Fig. 5 Cross-sectional of perpendicular for hollow slab floor

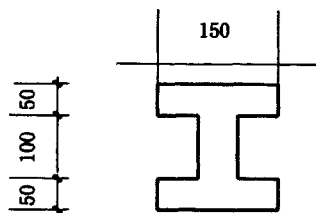


图6 顺管方向简化后截面图

Fig. 6 Simplifying section graph of perpendicular

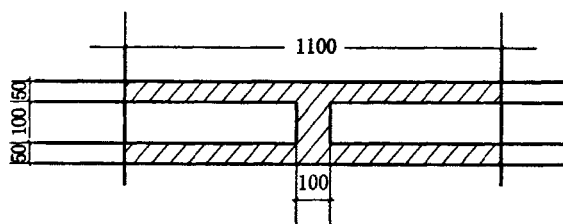


图7 空心楼板横管方向的横断面

Fig. 7 Cross-sectional of parallel for hollow slab floor

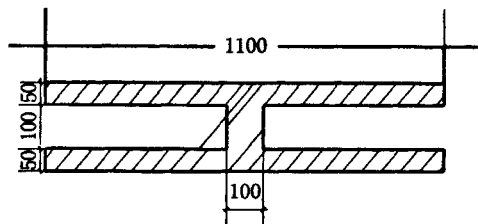


图8 横管方向简化后截面图

Fig. 8 Simplifying section graph of parallel

$$V = 11.37 \times (9.6 - 0.35) \times 1.1 \div 2 = 57.84 \text{ kN}$$

顺管方向

$$V_n = 0.7 \times 1.3 \times 1.716 \times 50 \times 200 = 15.62 \text{ kN}$$

横管方向

$$V_n = 0.7 \times 0.6 \times 1.716 \times 50 \times 1100 = 39.64 \text{ kN}$$

顺管方向  $V > V_n$ 、横管方向  $V < V_n$ , 顺管方向满足抗剪要求,但横管方向不满足(下转第 39 页)

就出现大量小而细的裂纹,说明小粒径的骨料不能有效的防止微裂纹的生成和发展,裂缝会在浆体内随即生成并且进一步演化发展。

在图像中可以发现,混凝土在荷载作用下,裂缝扩展可能在以下部位发生:(1)硬化水泥浆体与集料的界面上。(2)硬化水泥浆体或砂浆集体内。(3)集料颗粒内。

当外荷载较小时,裂缝的扩展比较缓慢,称为缓慢传播过程,但当荷载逐渐增大时裂缝扩展则迅速增大而形成快裂传播过程。当荷载进一步增大后,局部的微观破损将成为薄弱环节而不断向整体扩大,当达到某一极限时,即使荷载不再增大裂缝也会迅速发展,最后引起混凝土的整体破坏。

### 3 结论

综合上面的对比和分析可以发现:骨料对混凝土表面的裂缝有一定的影响,当混凝土中的骨料粒径越大时表面的裂缝长度、宽度和深度都会增大,而且裂缝的发展方向也趋于直线。当骨料粒径越小时,就会产生一些短小的裂缝,而且裂缝发展很短长度后就会分裂成多条更细的裂缝。而骨料粒径大时裂缝要发展较长的距离后才会分裂,并且分出来的裂缝条数也相对较少。总之骨

料粒径大时产生宽而少的裂缝,骨料粒径变小时产生细小的裂缝,但是裂缝数量较多。

### 参考文献:

- [1] 吴中伟,廉慧珍. 高性能混凝土[M]. 北京:中国铁道出版社,1999.
- [2] 李建波,林皋,陈健云,等. 混凝土损伤演化的随机力学参数细观数值影响分析[J]. 建筑科学与工程学报,2007,24(3):7-12.
- [3] 汶川地震建筑震害调查与灾后重建分析报告编委会. 汶川地震建筑震害调查与灾后重建分析报告[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [4] BAZANT Z P, YAVARI A. Is the cause of size effect on structural strength fractal or energetic - statistical[J]. Engineering Fracture Mechanics, 2005, 72: 1-31.
- [5] 黄士元,蒋家奋,杨南如,等. 近代混凝土技术[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1998.
- [6] 杨忠义. 全级配混凝土强度的尺寸效应研究[J]. 水电站设计,2008,24(3):11-14.
- [7] 倪玉山,张琦. 混凝土断裂尺寸效应的研究进展[J]. 计算力学学报,1997,27(1):97-104.
- [8] 胡倍雷,赵国藩,宋玉普. 混凝土损伤与试件尺寸效应[J]. 计算力学学报,1997,14(2):204-211.

(责任编辑 刘存英)

(上接第35页)抗剪要求,顺肋已经满足设计要求,所以对横肋从新设计

$$V_{c1} + V_{c2} = 0.7n\beta_H f_t b_w h_0 + 0.7f_{tH} b_{wH} h_0 = 0.7 \times 7.3 \times 0.6 \times 1.716 \times 50 \times 150 + 0.7 \times 1.716 \times 100 \times 150 = 57.47 \text{ kN}$$

$$\text{选用 } 10@200 \text{ 的单肢箍 } V_s = 1.25f_{yv} A_{sv} h_0 / s = 1.25 \times 210 \times 0.392 \times 150 = 15.44 \text{ kN}$$

$$V_{cs} = V_{c1} + V_{c2} + V_s = 57.47 + 15.44 = 72.91 > V \text{ 满足要求。}$$

### 4 结论

1)空心楼板的横肋对于抗剪起到了很大的作用,因此对于空心楼盖的顺肋和横肋抗剪设计应采用不同的设计模式。

2)应考虑空心楼板中的横肋的作用,可以有效地增大空心楼板的抗剪设计值,并且应充分的考虑到箍筋在楼板的抗剪中起到的作用。

### 参考文献:

- [1] CECS-175-2004,中国工程建设标准化协会标准现浇混凝土空心楼盖结构技术规程[S].
- [2] 孙会郎. 现浇钢筋混凝土空心楼盖受力性能研究[D]. 重庆:重庆大学,2004.
- [3] 王巍. 现浇钢筋混凝土空心楼盖受剪承载力研究[D]. 重庆:重庆大学,2006.
- [4] GBJ130-90,钢筋混凝土升板结构技术规范[S].

(责任编辑 刘存英)

作者: [吴振兴](#), [罗兆辉](#), [刘东明](#), [WU Zhen-xing](#), [LUO Zhao-hui](#), [LIU Dong-ming](#)  
作者单位: [吴振兴, 罗兆辉, WU Zhen-xing, LUO Zhao-hui \(天津城市建设学院土木工程系, 天津, 300384\)](#), [刘东明, LIU Dong-ming \(中国储备粮管理总公司, 北京, 100044\)](#)  
刊名: [河北工程大学学报 \(自然科学版\)](#)   
英文刊名: [Journal of Hebei University of Engineering \(Natural Science Edition\)](#)  
年, 卷(期): 2011, 28 (4)

参考文献(4条)

1. [CECS-175-2004, 中国工程建设标准化协会标准现浇混凝土空心楼盖结构技术规程](#)
2. [孙会郎 现浇钢筋混凝土空心楼盖受力性能研究](#)[学位论文] 2004
3. [王巍 现浇钢筋混凝土空心楼盖受剪承载力研究](#)[学位论文] 2006
4. [GBJ130-90, 钢筋混凝土升板结构技术规范](#)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_hbjzkjxyxb201104009.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb201104009.aspx)