

$A_{cor}/A_l < 1.35$ 和 A_b 扩展到边梁 侧面时混凝土局压试验

郑文忠, 赵军卫, 王 英, 周 威

(哈尔滨工业大学 土木工程学院, 哈尔滨 150090, zhengwenzhong@hit.edu.cn)

摘要: 完成了11个 A_{cor}/A_l 为0~1.316的配置螺旋式间接钢筋的试件和12个模拟预应力梁在边梁侧面锚固的试件的局部受压试验, 获得了 $A_{cor}/A_l < 1.35$ 时的混凝土局部受压承载力计算方法. 这个方法的思路是将现行规范局压承载力计算公式中间接钢筋贡献项乘以间接钢筋强度折减系数 λ , 而且当 $A_{cor}/A_l < 1$ 时将公式中配置间接钢筋的局部受压承载力提高系数 β_{cor} 取为1, 将间接钢筋对局压承载力贡献项中的局部受压净面积 A_{ln} 以净核心面积 $A_{cor,n}$ 代替. λ 与 A_b/A_l 、 A_{cor}/A_l 两个比值有关, 且随着两比值乘积的增大而增大. 指出了当局部受压计算底面积探出预应力梁侧以外的尺寸与边梁宽度的比值 ≤ 2 、边梁宽度不小于局压面积短边尺寸时, 边梁侧面可按现行规范作为局部受压计算底面积的一部分, 并可按照相应公式进行局压承载力计算.

关键词: 混凝土; 间接钢筋; 计算底面积; 边梁; 局部受压承载力

中图分类号: TU378.1

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2010)10-1536-07

Experiment and analyses on local compression bearing capacity of concrete in the case of $A_{cor}/A_l < 1.35$ and A_b extending to side face of boundary beam

ZHENG Wen-zhong, ZHAO Jun-wei, WANG Ying, ZHOU Wei

(School of Civil Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China, zhengwenzhong@hit.edu.cn)

Abstract: Experiments on local compression bearing capacity of 11 specimens were reinforced with the spiral indirect reinforcements with A_{cor}/A_l ranging from 0 to 1.316 and 12 specimens simulating prestressed concrete beams were anchored in the side face of boundary beam. The calculation method for local compression bearing capacity of concrete with $A_{cor}/A_l < 1.35$ was obtained. The contribution of indirect reinforcements to local compression bearing capacity in current code was multiplied by the reduction factor of strength of indirect reinforcements (λ). When $A_{cor}/A_l < 1$, the enhancement coefficient of local compression bearing capacity due to indirect reinforcements (β_{cor}) equals to 1, and the net local compression area (A_{ln}) in the indirect reinforcements contribution is replaced by the net concrete core area ($A_{cor,n}$). λ relates to A_b/A_l and A_{cor}/A_l , and increases with the increase of the product of two ratios. It is presented that the side face of boundary beam can be taken as a part of local compression calculated bottom area according to current code, and the local compression bearing capacity can be calculated according to corresponding formulas, when the ratio of length of calculated bottom area outside the section of prestressed concrete beam to width of boundary beam is less than 2 and the width of boundary beam is larger than the shorter length of local compression area.

Key words: concrete; indirect reinforcements; calculated bottom area; boundary beam; local compression bearing capacity

收稿日期: 2008-08-28.

基金项目: 教育部长江学者特聘教授奖励计划(2009-37);

黑龙江省自然科学基金资助项目(E200835).

作者简介: 郑文忠(1965—), 男, 博士生导师, 长江学者特聘教授.

混凝土局部受压问题由来已久, 国内外学者提出了相关混凝土局压承载力计算公式^[1-7]. 但是已有计算公式存在两方面问题: 间接钢筋对局

压承载力的贡献项取为^[8-9]:

$$N_{u,s} = 2\rho_w \beta_{cor} f_y A_{ln} \quad (1)$$

以配置螺旋式间接钢筋为例, $2\rho_w \beta_{cor} f_y A_{ln} =$

$$2 \frac{4A_{ss1}}{d_{cor}s} \sqrt{\frac{\pi d_{cor}^2}{4A_l} f_y A_{ln}} = \frac{4A_{ss1} f_y A_{ln}}{s} \sqrt{\frac{\pi}{A_l}}$$

,这说明间接钢筋对局压承载力的贡献与间接钢筋内表面范围内混凝土核心面积(后文中以 A_{cor} 表示)无关。配置网片式间接钢筋时也能得出类似结论^[1-2]。文献[10]指出,当网片式间接钢筋的种类、直径、根数、网片间距不变或螺旋式间接钢筋的种类、直径及螺旋间距不变时, A_{cor} 越大,间接钢筋对局压承载力的贡献越大,当 $A_{cor} \geq 1.35A_l$ 时,间接钢筋对局压承载力的贡献项可取为

$$N_{u,s} = (5.91\beta_{cor} - 4.52)\rho_w f_y A_{ln} \quad (2)$$

式中各符号涵义同式(1)。当 $A_{cor} \geq 1.35A_l$ 时,式(1)的计算值小于式(2)的计算值。式(1)的适用条件为 A_{cor} 不小于混凝土局部受压面积(后文中以 A_l 表示),式(2)建立的主要依据也是 $A_{cor} \geq A_l$ 的试验结果,同时由文献[10]可看出 $A_{cor} \leq A_l$ 的试验结果离散程度较大。目前市场上销售的锚具定型产品中螺旋筋不少为 $A_{cor} < A_l$ 的情况。

工程实践中常常会遇到预应力梁在与其垂直的边梁侧面锚固的情况,如图1。有时 A_l 在预应力梁截面以内,局部受压计算底面积(后文中以 A_b 表示)在预应力梁截面以外,甚至有时 A_l 已在预应力梁截面以外。对于这类情况,边梁是否可作为预应力梁局压影响区的一部分, A_b 能否扩展到预应力梁侧以外,如何计算此时的混凝土局部受压承载力,一直是困扰结构工程师的难题之一。

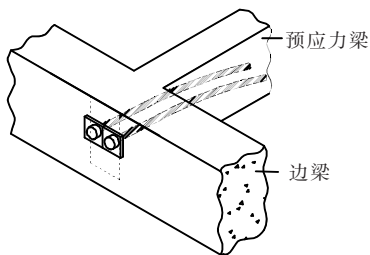


图1 预应力梁在与其垂直边梁侧面锚固的情况

为考察 A_{cor}/A_l 较小时间接钢筋对局压承载力的影响,完成了2个素混凝土和9个配置螺旋式间接钢筋的混凝土试件局部受压试验。为考察边梁对锚固于其侧面的预应力梁局部受压承载力的影响,完成了12个模拟这一锚固型式的试件的局部受压试验。

1 试件设计

试件分为两组,第1组为2个素混凝土试件

和9个配置较小螺旋直径的螺旋式间接钢筋的混凝土试件,考虑 A_{cor} 、局压面积比(即局部受压计算底面积与混凝土局部受压面积之比,后文以 A_b/A_l 表示)两个因素,研究 $A_{cor} < 1.35A_l$ 时这两个因素变化对局压承载力的影响。第2组试件为12个模拟预应力梁在边梁侧面锚固的试件,研究承压板宽度不变情况下长度 a 变化和边梁宽度 b 变化,边梁对预应力锚固区局部受压性能的影响。

1.1 试件外形尺寸

第1组试件为 $350 \text{ mm} \times 350 \text{ mm} \times 560 \text{ mm}$ 的棱柱体。第2组试件外形及部分尺寸如图2所示。

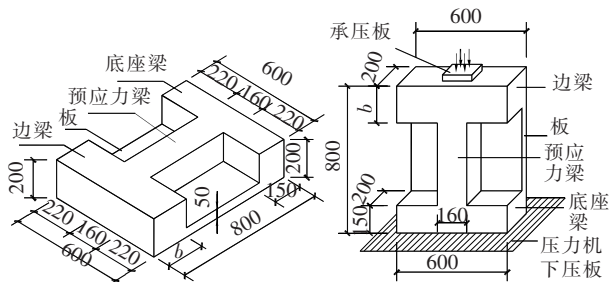


图2 第2组试件外形尺寸(mm)

1.2 承压板尺寸

第1组试件截面尺寸(A_b)一定,所以 A_b/A_l 的变化是由承压板尺寸变化来实现的。第1组试件的 A_b/A_l 取两个水平,采用圆形承压板,选择两种承压板直径。第2组试件采用矩形承压板,宽度为80 mm,选择120,160,200 mm 3种长度。承压板厚度为20 mm,由软钢制成。第一组试件的承压板,当承压板直径为170 mm时, $A_b/A_l = 5.40$;当承压板直径为210 mm时, $A_b/A_l = 3.54$ 。第二组试件采用正方形承压板,当边长为120 mm, $A_b/A_l = 4.08$;当边长为160 mm, $A_b/A_l = 3.50$;当边长为200 mm, $A_b/A_l = 3.15$ 。

1.3 间接钢筋的配置及相关参数

第1组试件的螺旋式间接钢筋用直径为8 mm的HPB235级钢筋制作,配置在试件上部375 mm的区域,螺旋筋一端距试件加载面25 mm,螺距50 mm,每个螺旋筋为7圈。第1组试件明细如表1所示,其中 d_{cor} 为螺旋式间接钢筋的螺旋内径。A1、B1为未配置间接钢筋的素混凝土试件。

第2组试件明细如表2所示,其中 a 为承压板长度(承压板宽度均为80 mm), b 为边梁宽度。

试件中配置的普通钢筋为HPB235级钢筋,图2中的边梁、模拟预应力梁和底座梁的配筋如图3所示,板中配筋为双向 $\phi 6 @ 200$ 。这里需要指出,第2组试件局压区没有配置提高局部受压承

载力用的间接钢筋,模拟预应力梁中纵筋对试件破坏荷载的影响在3%以下。

1.4 材料性能与试件制作

第1组A类试件混凝土标准立方体抗压强度平均值 $\mu f_{cu} = 45.8 \text{ N/mm}^2$,第1组B类试件混凝土标准立方体抗压强度平均值 $\mu f_{cu} = 48.0 \text{ N/mm}^2$,第2组试件混凝土标准立方体抗压强度平均值 $\mu f_{cu} = 56 \text{ N/mm}^2$,间接钢筋的屈服应变实测平均值为 1252×10^{-6} (屈服强度平均值为 263 N/mm^2)。

表1 第1组试件明细表

试件	承压板直径/mm	d_{cor}/mm	A_{cor}/A_l
A1	210	-	-
A2	210	240	1.306
A3	210	210	1.000
A4	210	170	0.655
A5	210	130	0.383
A6	210	90	0.184
B1	170	-	-
B2	170	195	1.316
B3	170	170	1.000
B4	170	130	0.585
B5	170	90	0.280

表2 第2组试件明细表

试件		mm		试件		mm	
	a	b		a	b		b
C1	120	100	C7	160	200		
C2	120	150	C8	160	250		
C3	120	200	C9	200	100		
C4	120	250	C10	200	150		
C5	160	100	C11	200	200		
C6	160	150	C12	200	250		

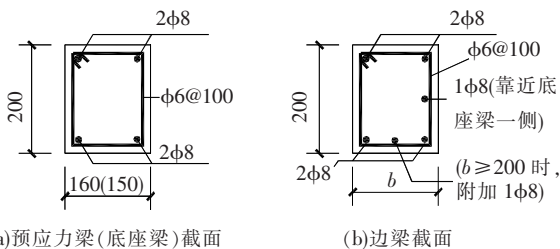
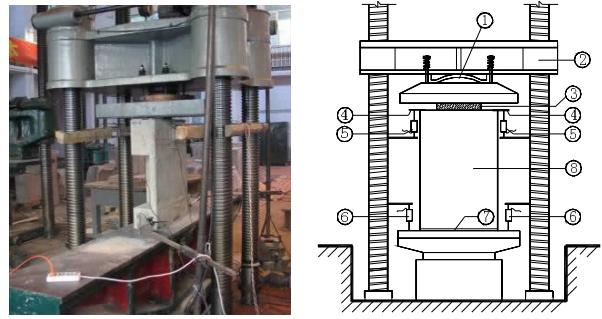


图3 第2组试件配筋图(mm)

2 试验方案与测试内容

2.1 加载方案与破坏荷载的测定

加载方案如图4所示.第1组棱柱体试件采用圆形承压板轴心加载.第2组试件采用矩形承压板,承压板的位置如图5所示,承压板在加载面中处于偏心位置,其中心与试件中部预应力梁和板组成的T型截面形心竖向投影重合,这是为了避免加载中试件中部发生因偏心加载而导致的弯曲破坏。



注:①压板球铰,②可移动横梁,③承压板,④粘贴的钢片,⑤⑥位移计,⑦细砂垫层,⑧试件

图4 加载方案

2.2 试件压陷值、压缩值及间接钢筋应变测定

由于是通过压力机下压板向上移动对试件施加荷载,故通过图4中位移计⑤可量测到承压板的压陷值 Δ_p .通过图4中位移计⑥和位移计⑤的差值得到试件压缩值 Δ_s .

第1组试件的螺旋筋每圈对称布置2个应变计,第2组试件边梁中靠近加载面一侧的纵筋和箍筋上布置应变计,编号1~3,如图6所示。

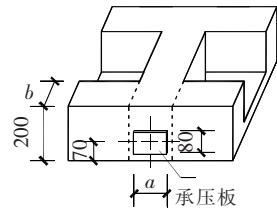


图5 第2组试件承压板位置示意图(mm)

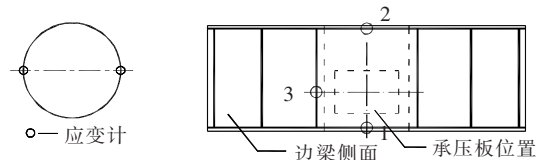


图6 应变计位置图

3 试验现象与试验结果

3.1 破坏形态

试验中观察到第1组试件局压破坏形态均表现为先开裂后破坏. A1、B1两素混凝土试件达到破坏荷载后,试件被突然崩成数块,属脆性破坏. A2、B2试件($A_{cor} > A_l$)达到破坏荷载时,试件发出劈裂声,裂缝仍在加宽,压力机示值随变形增大下降缓慢,属延性破坏.其余试件($A_{cor} \leq A_l$)达到破坏荷载时,裂缝增长较快,压力机示值随变形增大迅速下降,脆性破坏特征比较明显.图7为第1组试件破坏情况.破坏后试件表面裂缝数量较少,随后裂缝宽度较大,这是因为 A_{cor} 较小,螺旋筋对外围混凝土约束较弱所致.试件侧面的裂缝是上宽下窄,顶面裂缝是表面宽内部窄,而试件角部裂

缝是内部宽表面窄,这些裂缝分布和自身的特点都呈现出楔劈破坏特点^[2].破坏后剥掉试件的外围混凝土,A1、B1 素混凝土试件可以剥离出较完

整的圆锥体形楔形体,其余配筋试件也有明显的楔劈趋势,但间接钢筋限制了完整楔形体的形成,楔形体的高度较小,如图 8 所示.

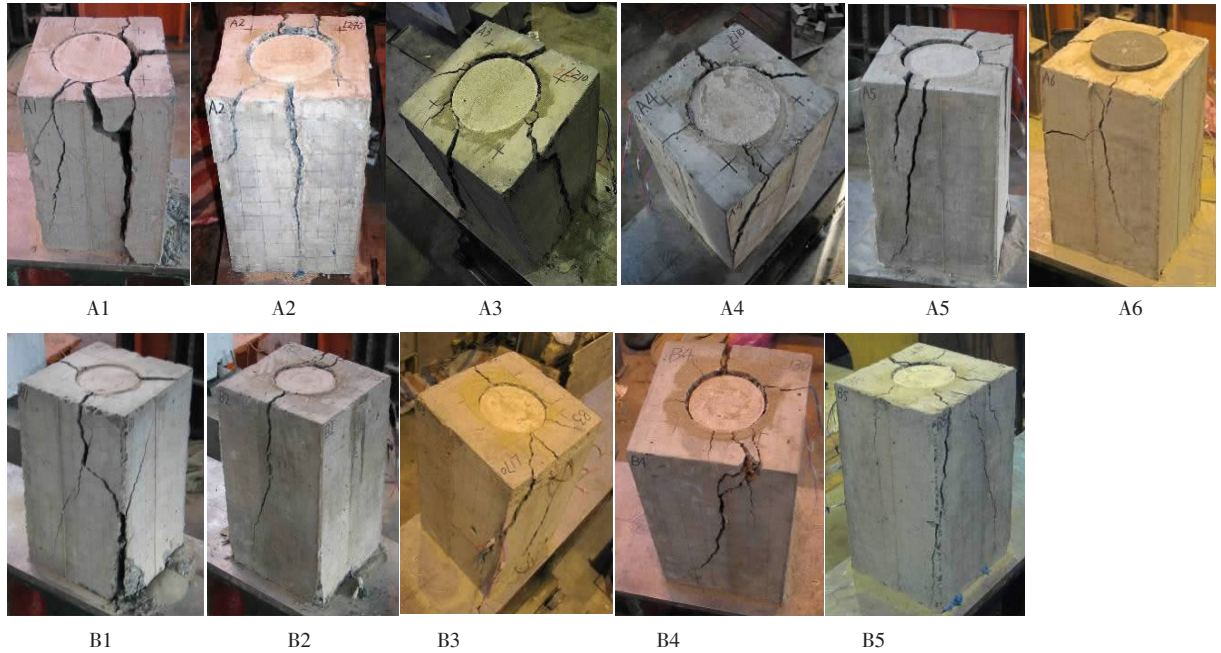


图 7 第 1 组试件破坏情况

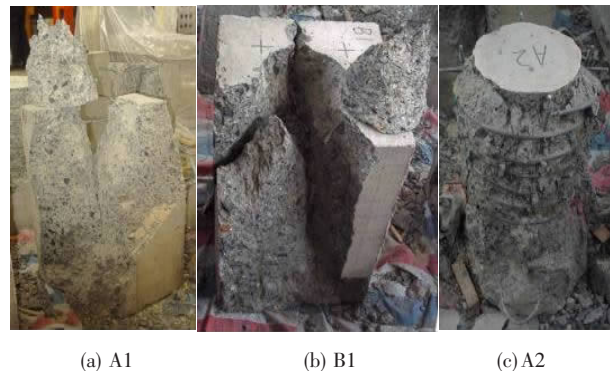
第 2 组试件局压破坏形态也表现为先开裂后破坏.当荷载加至某一数值后,压力机示值开始出现随变形增大而下降的现象,试件在沿板一侧有劈裂破坏趋势,呈现出偏心局部受压破坏特征,如图 9(a)~(d)所示.在边梁宽度较小的试件(C1、C5、C9, b 为 100 mm)局压破坏时,还伴随有预应力梁与边梁连接区域被压碎的趋势,如图 9(e)~(f).试件破坏后剥掉劈裂一侧的混凝土我们发现,边梁中局压区附近配置的纵筋出现沿板出平面方向不同程度的侧向弯曲,如图 9(g)所示,这是由于局压区混凝土受力后向四周膨胀引起的.弯曲的纵筋能起到侧向约束作用,对局压承载力有一定的提高作用.

3.2 荷载位移关系

由实测的局压荷载 N 与承压板压陷值 Δ_p 关系曲线及局压荷载 N 与试件压缩值 Δ_s 关系曲线分析可知,第 1 组试件破坏均表现出素混凝土局压工作的特点^[4].在加载后期,随着 Δ_p 的加快增长, Δ_s 的增长出现收敛、停止、变号及回升现象.与文献[10]中试验结果不同的是, $N - \Delta_p$ 曲线没有明显的下降段,这是因为 A_{cor} 较小时间接钢筋对局压区核心混凝土约束较弱,局压破坏接近素混凝土试件突然劈裂或崩裂的脆性破坏所致.

第 2 组部分试件的 $N - \Delta_p$ 曲线有明显的下降段,试件破坏表现出一定的延性破坏特点,这是因

边梁提供侧向约束的有利影响所致.随着荷载的减小, Δ_s 出现减小或停滞这是因为承压板下楔形体的界面上出现明显的相对滑移,楔形体逐渐自由滑移,试件恢复部分弹性变形所致.



(a) A1 (b) B1 (c) A2

图 8 第 1 组试件承压板下的楔形体

3.3 间接钢筋应变

由第 1 组试件间接钢筋应变实测结果分析可知,在整个加载过程中,离承压板较近的测点的应变值较大,这与楔劈破坏自上而下发展是一致的.间接钢筋应变值在加载初期较小,当荷载增加至破坏荷载的 70%~80% 时才有所增加,这表明间接钢筋对核心混凝土的约束作用主要发生在加载后期.在接近破坏时,除 A2 ($A_{cor}/A_l = 1.306$)、B2 ($A_{cor}/A_l = 1.316$) 外,其余试件各测定应变值均比较小,在 0.0007 以下,A2、B2 中也只有两个测定应变值超过间接钢筋的屈服应变实测值

(0.001252), 这表明在 A_{cor}/A_l 较小的试件中(本批试验中 $A_{cor}/A_l \leq 1.0$), 间接钢筋受到的楔形体所引起的膨胀效应小, 当然间接钢筋对局压影响区混凝土所提供的套箍效应也小, 间接钢筋发挥的提高局压承载力的作用就不充分.

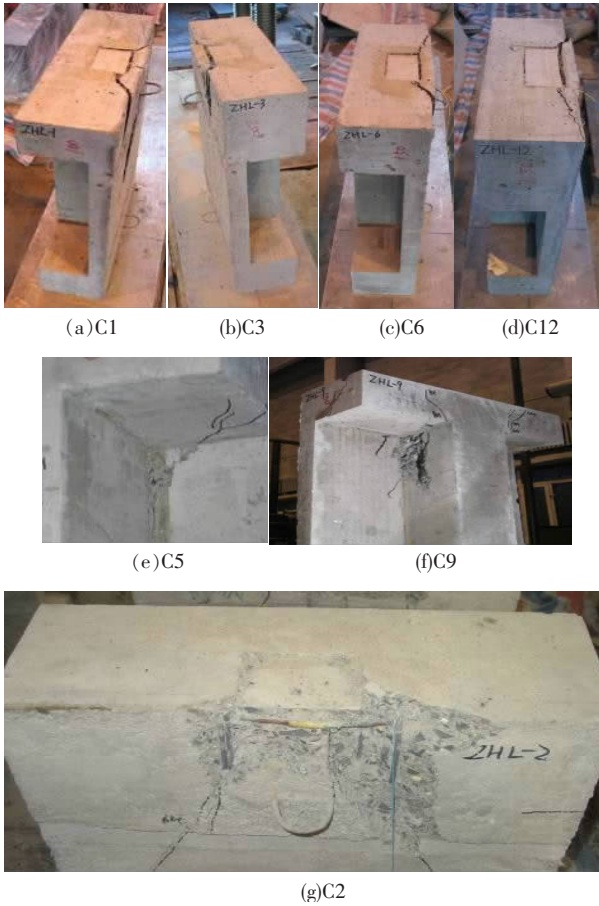


图9 第2组试件破坏情况

由第2组试件间接钢筋应变实测结果分析可知, 在加载前期, 各试件各测点应变值均较小或出现负值. 当荷载增加到破坏荷载的80%以上时, 各测点应变值开始增长, 达到破坏荷载时应变值增长较大, 1号测点的应变值达到屈服应变. 这表明边梁中靠近加载面配置的纵筋、箍筋对局压区有一定的约束作用, 这种约束作用主要发生在试件临近破坏阶段, 避免试件发生脆性破坏.

4 对局压承载力计算公式的完善

4.1 $A_{cor}/A_l < 1.35$ 时的局压承载力计算公式

第1组试件局压承载力实测值如表3所示.

我国规范^[8-9]配置方格网式或螺旋式间接钢筋的混凝土局部受压承载力计算公式为

$$N_u = \beta f_c A_{ln} + 2\rho_v \beta_{cor} f_y A_{ln} \quad (3)$$

式中没有考虑0.9、 β_c 、 α 等系数的影响. 等式右边由两项组成: 第一项 $\beta f_c A_{ln}$ 为素混凝土提供的局压承载力; 第二项 $2\rho_v \beta_{cor} f_y A_{ln}$ 为配置间接钢

筋提高的承载力, 是由约束混凝土的性质^[2] $f_1 = f_c + 4\sigma_2$ 推导而来的. 以配置螺旋式间接钢筋为例, 第二项可变形为

$$2\rho_v \beta_{cor} f_y A_{ln} = \beta_{cor} \frac{2f_y \pi d_{cor} A_{ss1}}{\frac{1}{4} \pi d_{cor}^2} A_{ln} = \beta_{cor} \frac{8f_y A_{ss1}}{d_{cor} s} A_{ln} \quad (4)$$

表3 第1组试件局压承载力实测值与计算值比较

试件	实测值 $N_{u,c}^T$ /kN	计算值 $N_{u,c}^C$ /kN	$N_{u,c}^T / N_{u,c}^C$
A1	2 243	2 266	0.990
A2	2 336	2 354	0.992
A3	2 315	2 298	1.007
A4	2 210	2 240	0.987
A5	2 180	2 215	0.984
A6	2 200	2 215	0.993
B1	1 950	1 924	1.014
B2	2 102	2 100	1.001
B3	1 988	2 028	0.980
B4	2 001	1 931	1.036
B5	1 920	1 893	1.014

与配有间接钢筋柱正截面受压承载力计算方法相同的是, $\sigma_2 = \frac{2f_y A_{ss1}}{d_{cor} s}$. 则式(4)中 $\frac{8f_y A_{ss1}}{d_{cor} s}$ 就可以认为是因配置螺旋筋而提高的混凝土抗压强度, 但该部分提高仅发生在间接钢筋内表面范围内的. 令 $\frac{8f_y A_{ss1}}{d_{cor} s} = f_{c,s}$, 则式(3)可变形为

$$N_u = \beta f_c A_{ln} + \beta_{cor} f_{c,s} A_{ln} \quad (5)$$

由式(5)可以认为, 配置间接钢筋混凝土局部受压承载力由两部分组成, 如图10所示, 一部分为素混凝土提供的承载力, 混凝土轴心抗压强度为 f_c , 局压计算底面积为 A_b , 此部分混凝土局压强度提高系数为 β_l , 另一部分为间接钢筋提供的承载力, 其相当于轴心抗压强度为 $f_{c,s}$, 局压计算底面积为 A_{cor} 的混凝土提供的承载力, 此部分混凝土局压强度提高系数为 β_{cor} .

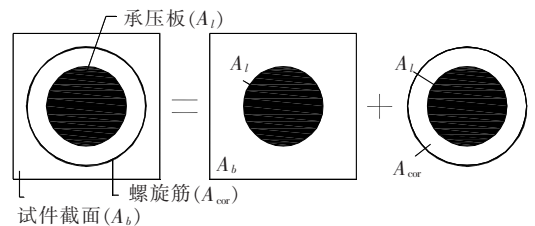


图10 局压承载力叠加示意图

当 $A_{cor} < A_l$ 时, 配置间接钢筋混凝土局部受压承载力的第二部分应将式(5)中第二项的 $f_{c,s} A_{ln}$ 调整为 $f_{c,s} A_{cor}$, 同时取 $\beta_{cor} = 1.0$. 故 $A_{cor} < A_l$ 时的配置间接钢筋混凝土局部受压承载力计算公

式为

$$N_u = \beta f_c A_{ln} + f_{c,s} A_{cor} = \beta f_c A_{ln} + 2\rho_w f_y A_{cor} \quad (6)$$

上面的推导是以假设局压破坏时局压区配置的间接钢筋达到其屈服强度 f_y 为前提的,但当 $A_{cor} < A_l$ 时这一假设很难实现,本文 3.3 中已经得出这一结论. 因此我们引入间接钢筋强度折减系数 λ , 下面通过试验数据来获得这一折减系数.

若素混凝土对局压承载力的贡献项按下式计算:

$$N_{u,c}^C = \beta f_c A_{ln} \quad (7)$$

则螺旋式间接钢筋对局压承载力的贡献项实测值 $N_{u,s}^T$ 可由试件局压承载力实测值减去按式(7)的计算值得到. 分析第 1 组试件 $N_{u,s}^T$ 我们得到,间接钢筋强度折减系数 λ 与 $\frac{A_b}{A_l} \cdot \frac{A_{cor}}{A_l}$ 这两个比值有关.

以 $X = \frac{A_b}{A_l} \cdot \frac{A_{cor}}{A_l}$ 为横坐标,以 $Y = \frac{N_{u,s}^T}{2\rho_w \beta f_y A_{ln}}$ (当

$A_{cor} \geq A_l$ 时) 或 $Y = \frac{N_{u,s}^T}{2\rho_w f_y A_{cor}}$ (当 $A_{cor} < A_l$ 时) 为纵坐标,则第 1 组试件试验点的分布、文献[10]中 $A_{cor} \leq A_l$ 的试验点分布以及基于第 1 组试验点的拟合曲线如图 11 所示.

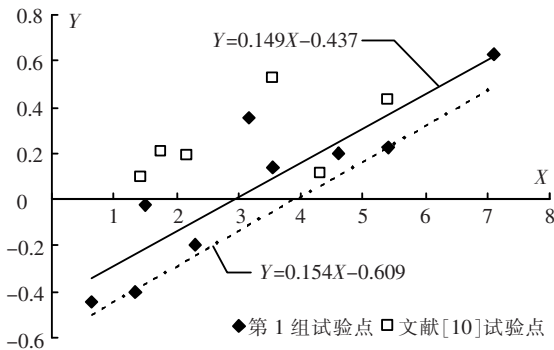


图 11 第 1 组试验点及文献[10]试验点

通过对第 1 组试验点进行拟合(图 11 中实线为拟合曲线),可得间接钢筋强度折减系数

$$\lambda_1 = 0.149 \frac{A_b}{A_l} \cdot \frac{A_{cor}}{A_l} - 0.437 \quad (8)$$

对第 1 组试验点取下包线(图 11 中虚线为下包线),可得间接钢筋强度折减系数

$$\lambda_2 = 0.154 \frac{A_b}{A_l} \cdot \frac{A_{cor}}{A_l} - 0.609 \quad (9)$$

故 $A_{cor}/A_l < 1.35$ 时间接钢筋对局压承载力贡献项可按下列公式计算:

当 $A_{cor}/A_l < 1$ 时

$$N_{u,s}^C = 2\lambda\rho_w f_y A_{cor} \quad (10)$$

当 $1 \leq A_{cor}/A_l < 1.35$ 时

$$N_{u,s}^C = 2\lambda\rho_w \beta_{cor} f_y A_{ln} \quad (11)$$

对于 $A_{cor}/A_l \geq 1.35$ 时间接钢筋对局压承载力贡献项按文献[10]计算. λ 按式(8)或式(9)计算,但在进行工程设计时宜采用式(9).

由式(7)及式(10)、式(11)叠加,便可得到 $A_{cor}/A_l < 1.35$ 时配置间接钢筋的局压承载力计算公式为

当 $A_{cor}/A_l < 1$ 时

$$N_u^C = \beta f_c A_{ln} + 2\lambda\rho_w f_y A_{cor,n} \quad (12)$$

当 $1 \leq A_{cor}/A_l < 1.35$ 时

$$N_u^C = \beta f_c A_{ln} + 2\lambda\rho_w \beta_{cor} f_y A_{ln} \quad (13)$$

式中 $A_{cor,n}$ 为 A_{cor} 中扣除孔道、凹槽部分的面积.

当 $A_{cor}/A_l \geq 1.35$ 时配置间接钢筋的局压承载力按文献[10]计算.

第 1 组试件局压承载力的实测值与按式(8)、式(11)、式(12)计算值的比较见表 4, 令 $X = N_u^T/N_u^C$, 则其平均值 $\bar{X} = 0.9995$, 标准差 $\sigma = 0.0177$.

这里需要指出,第 1 组试件中有 7 个试件 $A_{cor}/A_l \leq 1$, 文献[10]试件中有 6 个试件 $A_{cor}/A_l \leq 1$, 在这 13 个试件的试验数据中,有 4 个 $N_{u,s}^T$ 小于零,其余 9 个数据的 $N_{u,s}^T/N_{u,c}^C$ 的平均值为 0.043.

4.2 考虑边梁影响的预应力梁局压承载力计算公式

第 2 组试件局压承载力实测值如表 4 所示.

表 4 第 2 组试件局压承载力实测值与计算值比较

试件	实测值 N_u^T /kN	计算值 N_u^C /kN	N_u^T/N_u^C
C1	1 000	825.6	1.211
C2	920	825.6	1.114
C3	910	825.6	1.102
C4	900	825.6	1.090
C5	1 176	1 019	1.154
C6	1 190	1 019	1.168
C7	993	1 019	0.974
C8	979	1 019	0.961
C9	1 303	1 209	1.078
C10	1 260	1 209	1.043
C11	1 273	1 209	1.053
C12	1 248	1 209	1.033

我国规范^[8-9]中的混凝土局部受压承载力计算方法是依据棱柱体局部受压试验研究和理论分析^[2-3]建立起来的,局压承载力计算公式中 A_l 、 A_b 在构件截面以内. 对于预应力梁在与其垂直的边梁侧面锚固的情况, A_l 、 A_b 都可能处于预应力梁截面以外,这就超出了规范公式的适用范围.

考虑到当局部受压计算底面积探出预应力梁侧以外的尺寸与边梁宽度的比值 ≤ 2 时,边梁由于局压荷载所引起的变形甚微,同时现浇楼板也对边梁有侧向约束作用.因此可以设想当局部受压计算底面积在预应力梁截面以外的尺寸(如图12中 Δ)不大于2倍的边梁宽度、边梁宽度不小于局部受压面积的短边尺寸时,局压计算底面积可以按照与局部受压面积同心、对称的原则扩展到边梁侧表面,如图12所示.

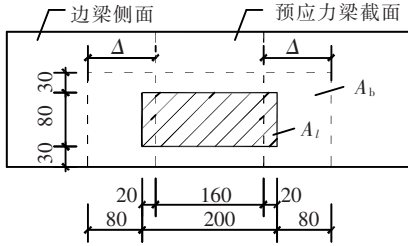


图12 A_b 、 A_l 示意图(mm)

按照上述设想,将第2组试件看作以边梁侧面为横截面(600 mm \times 200 mm),高度为800 mm的棱柱体试件进行局部受压分析.由于局压影响区未配置间接钢筋,故按照式(7)计算第2组试件局部受压承载力,其计算值 N_u^C 如表5所示.令 $X = \frac{N_u^T}{N_u^C}$,则其平均值 $\bar{X} = 1.082$,标准差 $\sigma = 0.075$.

这里需要指出,第2组试件边梁宽度从100 mm变化到250 mm,但均大于局压荷载短边尺寸(80 mm).因此使用上述方法时还需满足边梁宽度不小于局部受压面积短边尺寸这一要求.

5 结 论

1) 获得了 $A_{cor}/A_l < 1.35$ 时的混凝土局部受压承载力计算方法.这个方法的思路是将现行规范局压承载力计算公式中间接钢筋贡献项乘以间接钢筋强度折减系数 λ ,而且当 $A_{cor}/A_l < 1$ 时将公式中 β_{cor} 取为1,将间接钢筋对局压承载力贡献项中的 A_{ln} 以 $A_{cor,n}$ 代替. λ 与 A_b/A_l 、 A_{cor}/A_l 两个比值有关,且随着两比值乘积的增大而增大.

2) 考虑到当局部受压计算底面积探出预应力梁侧以外的尺寸与边梁宽度的比值 ≤ 2 时,边梁由于局压荷载所引起的变形甚微,同时现浇楼板也对边梁有侧向约束作用.提出了当局部受压计算底面积在预应力梁侧以外的尺寸不大于2倍的边梁宽度、边梁宽度不小于局部受压面积的短边尺寸时,局压计算底面积可以按照与局部受压面积同心、对称的原则扩展到边梁侧表面,预应力梁局压抗力计算公式与现行局压承载力计算公式相同.

参考文献:

- [1] 蔡绍怀. 混凝土及配筋混凝土的局部承压强度[J]. 土木工程学报, 1963, 9(6): 1-10.
- [2] 刘永颐, 关建光, 周凤濂, 等. 混凝土和配筋混凝土的局部承压强度[R]. 建筑科学研究报告, 北京: 1982: 1-47.
- [3] 曹声远, 杨熙坤, 钮长仁. 混凝土轴心局部承压破坏及强度的试验研究[J]. 哈尔滨建筑工程学院学报, 1980, 1: 61-73.
- [4] 曹声远, 杨熙坤, 钮长仁. 混凝土轴心局部承压变形的试验研究[J]. 哈尔滨建筑工程学院学报, 1980, 1: 74-84.
- [5] 刘永颐, 关建光, 王传志. 混凝土局部承压强度及破坏机理[J]. 土木工程学报, 1985, 18(2): 53-65.
- [6] NIYOGI S K. Bearing strength of concrete - geometric variations [J]. Journal of the Structural Division, ASCE, 1973, 99 (ST7): 1471-1490.
- [7] JO B W, BYUN Y J, TAE G H. Structural behavior of cable anchorage zones in prestressed concrete cable-stayed bridge [J]. Canadian Journal of Civil Engineering, 2002, 29(1): 171-180.
- [8] GBJ 10-89 混凝土结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989.
- [9] GB 50010-2002 混凝土结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [10] 郑文忠, 赵军卫. 考虑孔道及核心面积影响的混凝土局压承载力试验研究[J]. 建筑结构学报, 2008, 29(5): 85-93.
- [11] 哈尔滨工业大学, 大连理工大学, 华北水利水电学院. 混凝土与砌体结构[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.

(编辑 赵丽莹)