

预应力混凝土局部受压问题理论分析与计算^{*}

黄海波

(江苏建兴建工集团,江苏 盐城 224001)

摘 要 扼要分析后张法预应力混凝土锚固区局部受压的应力状态,并对其破坏形态、承载力计算以及实际应用中局压公式存在的问题进行了有益的探讨。指出了现有预应力混凝土承载力计算的不足,并提出了改进方法。

关键词 局部受压;破坏形态;应力

中图分类号: TU375

文献标识码: A

文章编号: 1671-532X(2005)01-0072-03

混凝土结构中局部承压是基本的受力状态之一,如后张法预应力混凝土结构端锚区、柱与基础、巨型结构梁与墙、装配式结构柱接头和拱架结构铰接点等,均属于局部承压受力形式。在预应力混凝土和钢筋混凝土结构中,局压区产生纵向裂缝或承载力不足而引起工程事故屡见不鲜。为此本文以预应力混凝土局压分析为例,考虑并分析预留孔道及垫板刚度、间接配筋形式、位置及配筋率大小等因素的影响,分析预应力混凝土局压应力、混凝土局压的破坏形态、承载力计算方法和局压计算底面积 A_b 的取值原则^[1]。

1 局部受压区的应力分析

后张法预应力混凝土的锚固区处于三维应力状态,应力分布很复杂。锚具的承压板上受有很大的集中力,通过一定的长度逐渐转换成连续的线性分布应力,但是在端部锚固区还会产生横向的拉应力和剪应力。

根据圣维南原理,离开作用荷载截面一定距离(大约是构件的高度),应力分布可用简单的弯曲理论来分析,因而将构件端部 h 长度的区间定为锚固区^[2]。由于在局部荷载作用下端部应力状态的复杂性,假定混凝土为各向同性的弹性体,采用有限元按平面和轴对称问题分析各种不同面积比 A_b/A_1 局压区的应力状态。局压区压应力 σ_x 和拉应力 σ_y 的分布如图 1。 σ_x 应力曲线的特点:

由于混凝土是固体材料具有抗剪强度,致使集中力在固体内逐步扩散。因此在靠近局压荷载的水平截面轴线处压应力 σ_x 达到最大值,压应力 σ_x 向两边逐渐减小,而在截面的边缘处可能出现拉应力,在高度 h 处的水平截面压应力 σ_x 为均匀分布, h 值取为截面的长边尺寸。 σ_y 应力曲线的特点:根据平衡条件在轴线处的竖向截面上存在压、拉力相等的力偶,在截面的上部为压应力 σ_y ,在截面的下部为拉应力 σ_y ,当面积比 $A_b/A_1 = 1.5 \sim 2.5$ 时,拉应力 σ_y 达到最大值 $\sigma_{y\max}$,其位置在较大范围内变动,大致位于 1~2 倍局压垫板短边宽度的高度处。

2 混凝土局部受压的破坏形态

2.1 先开裂后破坏

面积比 $A_b/A_1 \leq 9$ 时,局压区开裂荷载一般为破坏荷载 50%~90%,随荷载继续增加局压区又产生新的裂缝,荷载达到某一数值后垫板下混凝土冲切出楔形体,试件被劈成两半或数块发生劈裂破坏。

2.2 开裂即破坏

面积比 $9 < A_b/A_1 < 36$ 时,局压区开裂荷载与破坏荷载非常接近,局压区开裂即破坏,破坏很突然属于脆性破坏,垫板下混凝土冲切出楔形体,试件破坏时被劈裂成两块。

^{*} 收稿日期: 2005-01-04

作者简介: 黄海波(1963-),男,江苏盐城人,江苏建兴建工集团工程师。

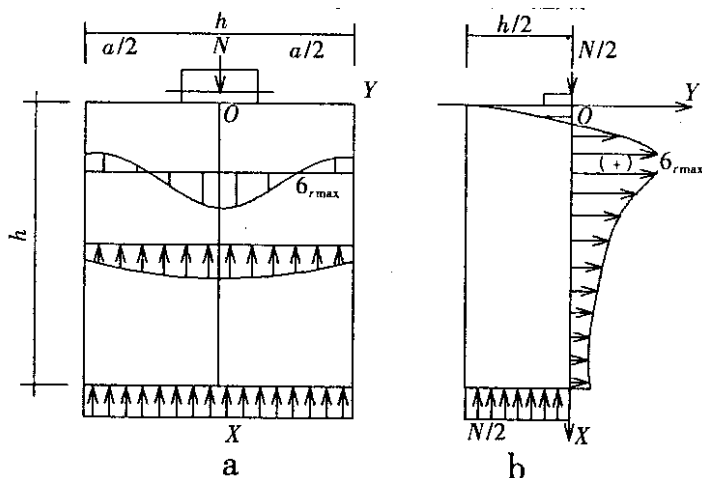
图 1 局部承压区 σ_x 、 σ_y 应力分布

Fig1. Respective represent the stress distribution of local compression

2.3 局部压陷破坏

面积比 $A_b/A_1 > 36$ 时,局压垫板下混凝土压陷,垫板周边混凝土剪切破坏,垫板外混凝土尚未开裂,面积比更大时,垫板外混凝土还可能出现涌出破坏。此外,还有边角部分发生半个楔块的剪切破坏。

混凝土局部承压破坏形态与间接配筋率大小有关,在正常配筋情况下属于延性破坏,其破坏形态为先开裂后破坏,但其开裂荷载较大,试件从开裂到破坏有更长的发展过程,裂缝多而细,破坏时应变急聚增大。

3 局部受压承载力计算

由于局部受压产生的拉应力可能导致梁端开裂,因此,局部受压的合理设计就是要限制裂缝的大小及分布,使其不影响构件的使用性能和极限强度。通常采用足够的混凝土承压面积及在承压垫板下配置分布钢筋,以满足局部承压的要求。

关于局部受压区的设计有许多计算方法,但由于端部受力及构造情况过于复杂,有些情况甚至超出了弹性理论所能处理的范围。欧洲规范按理想化的静定桁架模型来分析局部受压区,桁架由支撑(混凝土承担的压力)和拉杆(配筋)组成。美国规范和英国规范原则是根据开裂区的平衡进行设计的。

我国规范规定后张锚固区局部承压设计包括两部分的内容:

第一部分是构件端部的截面尺寸应符合下式要求:

$$A_b \leq 1.5 \beta f_c A_n \quad (1)$$

式中: F_1 ——局部受压面作用的局部压力设计值

β ——混凝土局部受压强度提高系数

f_c ——混凝土的轴心抗压强度设计值

A_n ——混凝土局部受压净面积。

第二部分是局部承压配筋计算:

$$F_1 \leq (\beta f_c + 2\alpha \rho_u \beta_{cor} f_y) A_n \quad (2)$$

α ——间接钢筋对混凝土约束的折减系数

β_{cor} ——配置间接钢筋的局部受压承载力提高系数

4 局部受压的 A_b 取值准则

局压计算底面积 A_b 是考虑周边混凝土对局压抗裂度和承载力的影响,这种影响随面积比 A_b/A_1 增加,局压提高系数 β 可以达到相当大的数值, β 值过大时,垫板将产生较大的压陷变形,使结构不能正常使用或产生较大的预应力损失,同时 β 值过大,也将使结构产生脆性破坏。因此 β 值应予以控制,国内外一般建议 $\beta \leq 3$ 。

根据局压的试验研究提出计算底面积 A_b 按“同心对称有效面积法”的取值准则。该准则能较好地反映局压的变化规律,同时也能自动限制 β 的上限值,使 $\beta \leq 3$ 。

5 实际应用中局压公式存在的问题

公式(1)、公式(2)在实际应用中,通常用混凝土的轴心抗压强度设计值进行局部承压设计计算。但《混凝土结构设计规范》规定了在预应力张拉时,混凝土立方体抗压强度应符合设计要求。当无设计要求时,不宜低于混凝土设计强度等级

的 75%。

工程应用中,为了加快施工进度,经常未待混凝土达 100% 强度要求即进行预应力张拉。这就可能导致锚固区局部承压设计时采用的混凝土轴心抗压强度 f_c 比张拉时结构或构件此时实际的混凝土轴心抗压强度 f'_c 高(本文定义施加预应力时的混凝土立方体抗压强度 f'_{cu} 对应的混凝土轴心抗压强度设计值为 f'_c)。因而就可能造成局部承载强度不足导致造成工程质量事故。因此,为使设计合理且安全,可以规定预应力结构或构件张拉施工时应在混凝土达到设计强度等级时进行,但对于需提前张拉的构件,其局部承压若仍用公式(1)、公式(2)就将产生计算偏差,从而可能因局部受压强度不足而造成张拉时的局部承压区破坏,影响工程质量。注意到《混凝土结构设计规范》及《无粘结预应力混凝土结构技术规程》,关于混凝土收缩、徐变引起的预应力损失的计算, f'_{cu} 是取施加预应力时的混凝土立方体抗压强度(与此时对应的混凝土轴心受压强度设计值 f'_c ,而非

f_c)。所以当预应力混凝土结构或构件局部承压计算时,若取施加预应力时混凝土的实际强度等级及相应的轴心抗压强度设计值 f'_c ,就可避免公式(1)、公式(2)应用时可能由于设计的疏忽而造成局部承压能力不足。

6 结束语

因此,建议预应力混凝土局部受压承载力计算的规范公式(1)、公式(2)中的 f_c 改为施加预应力时混凝土的轴心受压强度设计值 f'_c ,即所建议公式如下:(1)配置间接钢筋的混凝土结构或构件,其局部受压区的截面尺寸应符合下列要求:

$$F_l \leq 1.5\beta f'_c A_n$$

(2)当配置方格网式或螺旋式间接钢筋时,局部受压承载力应按下列公式计算:

$$F_l \leq (\beta f'_c + 2\alpha\rho_a\beta_{cor}f_y) A_n$$

公式中其它符号均同《混凝土结构设计规范》中的规定。

参考文献:

- [1] 吕志涛,孟少平.现代预应力设计[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [2] 杨宗放,方先和.现代预应力混凝土施工[M].北京:中国建筑工业出版社,1996.
- [3] 孙宝俊.现代 PRC 结构设计[M].南京:南京出版社,1995.

The Theorial Analysis and Calculation of Part – bearing Capacity of Post – tensioned Concrete

HUANG Hai – bo

(Jiangsu Jianxing Construction Grorp Jiangsu Yancheng 224001 ,China)

Abstract :This paper briefly analyzes the stress state of anchor areas part – bearing capacity of post – tensioned concrete and explores the damaged pattern ,the bearing capacity calculation and the problem of the actual part – bearing formula are explored .The prestressed concrete's actual bearing formula have storage and the improved means are put forward .

Keywords :part – bearing capacity ; damaged pattern ; stress