

钢筋混凝土弯剪扭构件配筋设计 方法的改进建议

程 远 兵

(南召县胜利建筑公司)

提 要: 本文通过分析我国规范中给出的弯剪扭构件的配筋设计方法, 结合理论分析和试验研究, 并参考国外有关规范, 对弯剪扭构件的配筋设计方法提出了改进建议。

关键词: 构件, 钢筋, 叠加设计法

1 现行设计方法及存在的问题

我国新修订的砼结构设计规范^[1]第4.3.9条指出: 在弯矩、剪力和扭矩共同作用下矩形、T形和工字形截面钢筋砼构件的配筋, 其纵向钢筋截面面积应由抗弯强度和抗扭强度所需的钢筋相叠加; 其箍筋截面面积应由抗剪强度和抗扭强度所需的钢筋相叠加。

在进行钢筋砼弯剪扭构件的纵筋设计时, 即按照构件在弯矩和扭矩各自单独作用下, 分别计算所需的纵筋面积, 由此迭加求得弯剪扭共同作用下构件所需的纵筋面积。纵筋的设计方法可简称为叠加设计法。

叠加设计法计算简便, 而且是安全的, 因而已被许多国家的设计规范^{[2][3][4][5][6]}所采用。但用简单的叠加来计算弯剪扭构件的纵向配筋, 显然不符合构件的实际受力情况。就弯压区纵筋而言, 由于弯矩和扭矩可分别使其产生压应力和拉应力, 这两种应力又是可以抵消的。因此在受力过程中, 弯压区纵筋的应力往往很小。所以为充分发挥弯压区纵筋的作用, 适量地减少由叠加设计法求得的弯压区纵筋是可行的, 这也具有十分重要的实用意义。

2 理论分析与试验研究

对于纵筋不对称配置的弯扭构件, 由于一般都设计成纵筋为少筋构件, 其破坏可分为弯型破坏和扭型破坏。当构件发生弯型破坏时, 其承载力相关曲线^[7]为:

$$\left(\frac{T}{T_0}\right)^2 = \frac{1}{\gamma} \left(1 - \frac{M}{M_0}\right)$$

式中: T_0 和 M_0 分别为构件的纯扭承载力和纯弯承载力, T 和 M 分别为构件的抗扭和抗弯承载力, γ 为弯压区纵筋和弯拉区纵筋屈服合力之比。

当构件发生扭型破坏时, 其承载力相关曲线^[7]为:

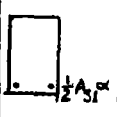
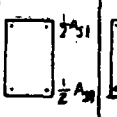
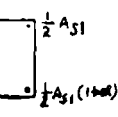
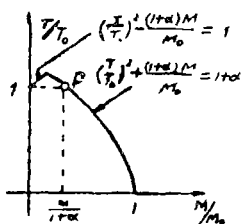
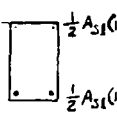
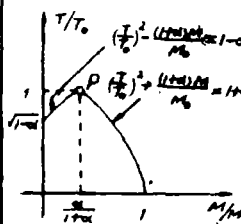
$$\left(\frac{T}{T_0}\right)^2 = 1 + \frac{1}{\gamma} \frac{M}{M_0}$$

收到日期: 1988. 09. 10.

以抗弯设计为单筋截面的构件为例,如设计弯矩和扭矩分别为 M' 和 T' ,则按照迭加设计法求得配筋后,构件的纯弯承载力 $M_0 \approx \frac{1+\alpha}{\alpha} M'$,纯扭承载力 $T_0 \approx T'$,表1给出了抽取弯压区纵筋前后构件的承载力相关曲线(其中P点代表设计点)。可以看出,弯压区纵筋面积减少 $\frac{1}{2} A_{s1} \alpha$ (相当于弯矩作用产生的弯压合力)后,并不降低构件的承载力。

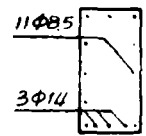
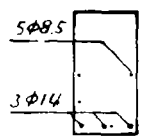
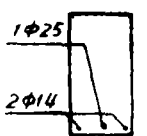
1978年,哈尔滨建筑工程学院^[8]进行了6根钢筋混凝土弯扭梁的试验。在试验中,将弯扭构件的弯压区的纵筋抽掉,只保留2 $\phi 6.5$ 的架立钢筋,并使弯压合力等于(对试验梁NW-2)

表1 弯压区纵筋减少前后的承载力相关曲线

叠加设计法				减少弯压区纵筋	
抗弯	抗扭	叠加	承载力相关曲线	减少数量	承载力相关曲线
					

或略大于(对其余各试验梁)被抽掉纵筋所承受的拉力。表2是试验的结果。从表中可以看出,按照上述方法抽掉弯压区的纵筋,也不降低构件的承载力。

表2 抽掉弯压区纵筋对抗扭承载力的影响

截面配筋				
		纵筋按弯曲叠加布置	抽掉一半抗弯纵筋	将一半抗扭纵筋集中在弯拉区
抗扭极限承载力 (KNm)	箍筋 $\phi 8 @ 75$	10.878 (NW-1)	11.760 (NW-4)	12.054 (NW-7)
	箍筋 $\phi 8 @ 150$	9.114 (NW-2)	8.820 (NW-5)	9.114 (NW-8)

1987年,天津大学程远兵^[7]依据斜压场理论,对弯扭构件提出了全过程分析方法,并编制了电算程序。电算结果与试验的对比表明所提出的分析方法可以准确地计算钢筋混凝土在

弯矩和扭矩共同作用全过程的变形、材料中的应力和应变及构件的承载力。基于所提出的分析方法,进行了抽弯取压区纵筋的电算试验。具体方法是:对弯扭构件,将弯压区的纵筋按照不同的比例抽取,然后根据电算程序计算构件承载力和变形,做为试验结果,通过对比分析确定可减少的弯压区纵筋的面积。表3给出了四组电算试验梁的结果。

从表3可以看出,弯压区的纵筋按不同比例减少后,构件中弯拉区纵筋的应变、箍筋的应变、扭转角和承载力几乎没有改变。这说明抽取弯压区纵筋只影响其本身的应力和应变,而对梁的其余受力性能没有影响。

表3 极限承载力、钢筋的应变及扭转角

梁 号	极限承载力 (KNm)		扭 转 角 (deg/m)	纵 筋 微 应 变		弯拉边箍 筋微应变
	扭 矩	弯 矩		弯 压 区	弯 拉 区	
A0	27	55	2.6	-136	1414	1367
A70	27	55	2.6	-217	1400	1354
A100	27	55	2.6	-278	1383	1335
A120	27	55	2.6	-372	1373	1330
B0	20	33	2.2	-48	667	655
B100	20	33	2.1	-97	658	641
B120	20	33	2.2	-138	656	642
B130	20	33	2.2	-166	654	639
B140	20	33	2.2	-198	647	628
C0	28	95	2.55	0	1381	1305
C70	28	95	2.55	0	1381	1305
D0	17	19	2.7	-315	672	670
D100	17	19	2.9	-418	664	670
D120	17	19	2.7	-427	653	650
D130	17	19	2.7	-442	651	649
D140	17	19	2.7	-457	650	647
D150	17	19	2.6	-465	642	639

[注]: 梁号中的数字表示减少的弯压区纵筋相当于弯压合力的百分数。

从上述可以得出结论: 对由叠加设计法算得配筋的弯扭构件, 减少弯压区的纵筋是可行的。对于弯剪扭构件, 上述结论显然也是适用的。

3 国外规范关于弯剪扭构件配筋的设计方法

目前, 国外大多数设计规范在进行弯剪扭构件的纵筋计算时, 都采用的是叠加设计法。美国ACI318—83规范和欧洲CEB—FIP—78标准规范都定性地指出, 由叠加设计法算得的弯压纵筋可以减少。加拿大砼结构设计规范、新西兰砼结构设计实用规范和印度素砼和钢筋砼实用标准规范还进一步提出了可减少的弯压区纵筋的数量, 即 $M' / (0.9df_r)$ (d 为截面的有效高度, f_r 为弯压区纵筋的设计强度)。

4 本文的建议

综合上述, 本文建议: 钢筋砼弯剪扭构件按叠加设计法算得的弯压区纵筋可以减少, 减少部分的屈服合力等于弯矩作用产生的弯压合力。

〔致谢〕 本文得到了天津大学土木系康谷贻教授的热心指导, 在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] 砼结构设计规范修订组, 中华人民共和国国家标准《砼结构设计规范》(第二次送审稿), 1986年8月。
- [2] Amercian Concrete Institute, Building Code Requirements for Reinforced Concrete, ACI 318—83, Detroit.
- [3] CEB—FIP, International System of United Standard Codes of Practice for Structures, Vol. II, 3rd Edition, 1978.
- [4] CSA, Code for the Design of Concrete Structures of Buildings, CSA Standard CAN3—A23.3—M77.
- [5] G.S.Pandit and S.P.Gupta, A Comprehensive Code Format for Torsion, Indian Concrete Journal, August 1984.
- [6] 新西兰标准协会, 湖南大学土木系建筑结构教研室和结构工程研究所译, 砼结构设计实用规范, 1982年。
- [7] 程远兵, 钢筋砼构件在弯矩和扭矩共同作用下的全过程分析, 天津大学土木工程系, 1987年。
- [8] 哈尔滨建筑工程学院钢筋砼教研室, 在弯扭联合作用下矩形断面钢筋砼构件阶段试验报告(二), 1987年9月。