

圆钢管混凝土抗弯承载力的计算

黄宏 张安哥

(华东交通大学 土木建筑学院 江西 南昌 330013)

摘要: 在基本假设的基础上, 利用危险截面上力的平衡, 推导了圆钢管混凝土抗弯承载力的计算公式. 计算公式的可靠性得到了试验结果和其他国家相应规程计算结果的验证.

关键词: 圆钢管混凝土; 抗弯承载力; 公式

中图分类号: TU398

文献标识码: A

钢管混凝土是指在钢管中填充混凝土而形成的构件. 根据其特点, 最适宜被用作轴心受压和小偏心受压构件. 对于受弯构件, 采用钢管混凝土并无优越性. 但在实际工程中, 钢管混凝土构件承受弯矩作用还是很普遍的. 如框架柱在承受水平荷载或偏心荷载的情况下, 钢管混凝土虽然不单独用作抗弯构件, 但研究其抗弯性能将有助于加深对钢管混凝土压弯构件工作性能的认识.

文献[1]和文献[2]均提出了钢管混凝土抗弯承载力的计算公式. 其研究思路是: 首先采用数值方法计算出钢管混凝土受弯构件的弯矩-曲率全过程曲线, 然后在大量参数分析的基础上, 回归出简化的抗弯承载力计算公式.

本文拟在基本假设的基础上, 利用危险截面上力的平衡条件, 对圆钢管混凝土受弯构件抗弯承载力的简化计算公式进行推导. 并将公式计算结果与文献[3]报道的试验结果以及国外规程的计算结果进行对比, 以验证本公式的可靠性.

1 公式推导

对圆钢管混凝土受弯构件的抗弯承载力计算公式进行推导前, 采用了如下基本假设

(1) 构件在变形过程中保持为平截面, 且只考虑危险截面的力的平衡.

(2) 忽略受拉区混凝土的受力.

(3) 在达到极限承载力时, 危险截面上, 受压区混凝土的强度均达到了混凝土圆柱体抗压强度 f_c , 受拉区和受压区的钢管强度均达到了 f_y .

图1所示为圆钢管混凝土受弯构件达到承载力极限状态时, 危险截面上钢管和混凝土的应力分布情况. 图中 r_i 和 r_o 分别为圆钢管的内、外半径, $r_m = (r_i + r_o) / 2$ 为平均半径, f_y 、 f_c 分别为钢管的屈服强度和混凝土圆柱体抗压强度. 由基本假设②可知, 构件的抗弯承载力 M_u 由压区混凝土承担的弯矩 M_{cc} 、拉区钢管承担的弯矩 M_{st} 和压区钢管承担的弯矩 M_{sc} 组成, 即

$$M_u = M_{cc} + M_{st} + M_{sc} \quad (1)$$

由基本假设③可知, 压区混凝土、拉区钢管和压区钢管各自承担的轴向力 F_{cc} 、 F_{st} 和 F_{sc} 可由各自材料强度乘以各自区域面积得到, 由图1所示关系计算可得

$$F_{cc} = f_c r_i^2 (\pi/2 - \gamma_0 - 0.5 \sin 2\gamma_0) \quad (2)$$

$$F_{st} = f_y r_m t (\pi + 2\gamma_0) \quad (3)$$

$$F_{sc} = f_y r_m t (\pi - 2\gamma_0) \quad (4)$$

式中 γ_0 为中和轴与径向所成角度, 如图1所标注.

收稿日期: 2007-10-08

基金项目: 江西省教育厅科研资助项目(赣教技字(2006)307)

作者简介: 黄宏(1977-)女, 江西樟树人, 华东交通大学土木建筑学院副教授, 博士, 从事组合结构研究.

图 1 中 d_{cc} 、 d_{st} 和 d_{sc} 分别为压区混凝土、拉区钢管和压区钢管区域的形心至 x 坐标轴的距离, 压区混凝土承担的弯矩 M_{cc} 可由压区混凝土承担的轴向力 F_{cc} 与 d_{cc} 的乘积计算得到, 即 $M_{cc} = F_{cc} d_{cc}$. 同理 $M_{st} = F_{st} d_{st}$, $M_{sc} = F_{sc} d_{sc}$. 由此, 通过积分方法可得

$$M_{cc} = 2/3 f_c r_i^3 \cos^3 \gamma_0 \quad (5)$$

$$M_{st} = M_{sc} = 2 f_y r_m^2 t \cos \gamma_0 \quad (6)$$

根据横截面上轴向力的平衡条件, 有

$$F_{st} = F_{cc} + F_{sc} \quad (7)$$

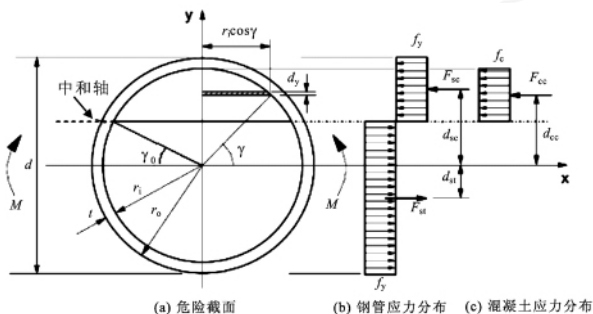


图 1 危险截面上钢管和混凝土的应力分布图

联立公式 (2)、(3)、(4) 和 (7), 可求出 γ_0 . 由于 γ_0 相对较小, 可近似认为 $\sin \gamma_0 \approx \gamma_0$, 则 γ_0 可表示为

$$\gamma_0 = \frac{\pi \cdot f_c r_i^2}{4 f_c r_i^2 + 8 f_y t r_m} \quad (8)$$

联立公式 (1)、(5)、(6) 和 (8), 即可求得圆钢管混凝土构件的抗弯承载力 M_u :

$$M_u = 2/3 f_c r_i^3 \cos^3 \gamma_0 + 4 f_y r_m^2 t \cos \gamma_0 \quad (9)$$

2 计算结果比较

为了验证本文所推导公式的可靠性, 采用本公式对文献 [3] 所报道的圆钢管混凝土纯弯试件的承载力进行计算, 并将计算结果与试验结果进行对比. 文献 [3] 所报道的试件参数和试验与计算结果的对比情况如表 1 所示. 表 1 中: d 、 t 、 f_y 和 f_c 分别为钢管的外直径、厚度、屈服强度和混凝土的圆柱体抗压强度; M_{ue} 为试验测得的抗弯承载力; M_{uc1} 和 M_{uc2} 分别为精确计算的抗弯承载力 (即在求解 γ_0 的过程中, 没有采用近似解法) 和近似计算的抗弯承载力 (即在求解 γ_0 的过程中, 近似认为 $\sin \gamma_0 \approx \gamma_0$); M_{AISC} 、 M_{AIJ} 和 M_{EC4} 分别为采用美国 [4]、日本 [5] 和欧洲 [6] 相应规程计算得到的抗弯承载力.

由 M_{uc1} 和 M_{uc2} 的比较可见, 采用 $\sin \gamma_0 \approx \gamma_0$ 进行简化计算, 对计算结果的影响不大.

由表 1 可见, 试验结果 (M_{ue}) 和本文计算结果 (M_{uc2}) 比值的平均值为 1.04, 均方差为 0.08; 与美国和日本规程的计算结果相比, 与试验结果吻合更好, 与欧洲规程的计算结果比较接近. 这说明, 虽然本文所提出的圆钢管混凝土抗弯承载力计算公式是在一些假设的基础上推导出来的, 但仍能较好地预测试验结果.

表 1 试件参数及计算结果比较

试件 编号	$d \times t$ (mm × mm)	f_y (MPa)	f_c (MPa)	M_{ue} (kN · m)	M_{uc1} (kN · m)	M_{uc2} (kN · m)	M_{ue}/M_{uc2}	M_{ue}/M_{AISC}	M_{ue}/M_{AIJ}	M_{ue}/M_{EC4}
CBC0 - C	109.9 × 1.0	533	23.4	7.60	7.54	7.62	1.00	1.21	0.92	1.00
CBC0 - B	110.4 × 1.25	533	23.4	9.10	9.28	9.33	0.98	1.15	0.98	0.98
CBC0 - A	110.9 × 1.5	533	23.4	11.00	11.02	11.05	1.00	1.14	1.03	0.99
CBC1	101.83 × 2.53	365	23.4	11.33	10.25	10.27	1.10	1.24	1.24	1.09
CBC2	88.64 × 2.79	432	23.4	10.86	9.7	9.71	1.12	1.22	1.22	1.10
CBC3	76.32 × 2.45	415	23.4	6.92	6.07	6.07	1.14	1.25	1.24	1.12
CBC4	89.26 × 3.35	412	23.4	10.47	11.02	11.02	0.95	1.03	1.03	0.93
CBC5	60.65 × 2.44	433	23.4	3.78	3.84	3.84	0.98	1.06	1.06	0.96
CBC6	76.19 × 3.24	456	23.4	9.87	8.39	8.39	1.18	1.25	1.25	1.16
CBC7	60.67 × 3.01	408	23.4	4.75	4.34	4.34	1.09	1.16	1.16	1.07
CBC8	33.66 × 1.98	442	23.4	0.90	0.92	0.92	0.98	1.03	1.02	0.96
CBC9	33.78 × 2.63	460	23.4	1.17	1.21	1.21	0.97	0.99	0.99	0.94
平均值							1.04	1.14	1.10	1.03
标准差							0.08	0.08	0.10	0.07

3 结 论

本文提出了圆钢管混凝土抗弯承载力的计算公

式. 与美国和日本规程的计算结果相比, 本文的计算结果与试验结果吻合更好, 与欧洲规程的计算结果较为接近.

参考文献:

- [1] 韩林海. 钢管混凝土结构 – 理论与实践 [M]. 北京: 科学出版社 2004.
- [2] 钟善桐. 钢管混凝土结构 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [3] M. Elchalakani ,X. L. Zhao ,R. H. Grzebieta. Concrete – filled circular steel tubes subjected to pure bending [J]. Journal of Constructional Steel Research. 2001 ,(57) : 1141 – 1168.
- [4] AIJ – 1997. Recommendations for Design and Construction of Concrete Filled Steel Tubular Structures [S].
- [5] AISC – 1999. Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings [S].
- [6] Eurocode 4 – 2005. Design of Steel and Concrete Structures , Part1. 1 ,General Rules and Rules for Building [S].

The Calculation of Flexural Capacity of Concrete – filled Circular Steel Tubes

HUANG Hong ,ZHANG An – ge

(School of Civil Engineering and Architecture ,East of China Jiaotong University ,Nanchang 330013 ,China)

Abstract: According to the basic hypothesis ,a simplified formular is provided to determine the flexural capacity of concrete – filled circular steel tubes by using the balance of force on the dangerous section. The reliability of the formula is validated by results of examination ,results of design codes and standards of other countries.

Key words: concrete – filled steel tubes; flexural capacity; formula

(责任编辑: 王全金)

通知:

关于《华东交通大学学报》版本形式变动的通知

根据我国新闻出版署 2007 年颁布的《期刊出版形式规范》,一种期刊不能以“社会科学版”、“自然科学版”等字样 ,交替出版两种或两种以上期刊。经研究决定,《华东交通大学学报》从 2008 年第 1 期始实行文理综合版本形式。

科研处、学报编辑部