

钢管混凝土单圆管肋拱桥设计计算探讨

陈宝春

(福州大学土木建筑工程学院,福州,350002)

摘 要 对钢管混凝土单圆管断面的肋拱桥设计计算,通过实例计算和理论分析,探讨了应用公路桥梁规范和建筑行业钢管混凝土结构有关规程与规定的计算方法,可供此类桥梁设计计算和今后理论研究参考.

关键词 钢管混凝土;单圆管;拱桥;计算

中图分类号 U441.4

近几年来,我国钢管混凝土拱桥的应用发展很快,但理论研究却相对滞后^[1,2],公路桥梁规范^[3,4]中缺乏钢管混凝土材料的内容,建筑行业的钢管混凝土结构的有关规程与规定^[5-7]主要对象为建筑物的柱子,没有拱桥结构的内容.本文以福建省福安市群益大桥为算例,通过理论和算例分析,探讨综合两类规范进行钢管混凝土单圆管肋拱桥设计计算方法,以应实用急需,并供其它截面形式的钢管混凝土拱桥计算和理论研究参考.

福安市群益大桥为单跨中承式钢管混凝土肋拱桥,净跨 46m,矢跨比 1/3,桥面宽净 9 + 2 × 2m 人行道,桥面总宽 18m,设计荷载汽车 - 20,挂车 - 100.主拱肋为 800 mm,壁厚 14 mm 的钢管,内填 C30 级混凝土.高强钢丝吊杆,现浇连续桥面系,前倾衡重式桥台,刚性扩大基础.桥梁总体布置见图 1.

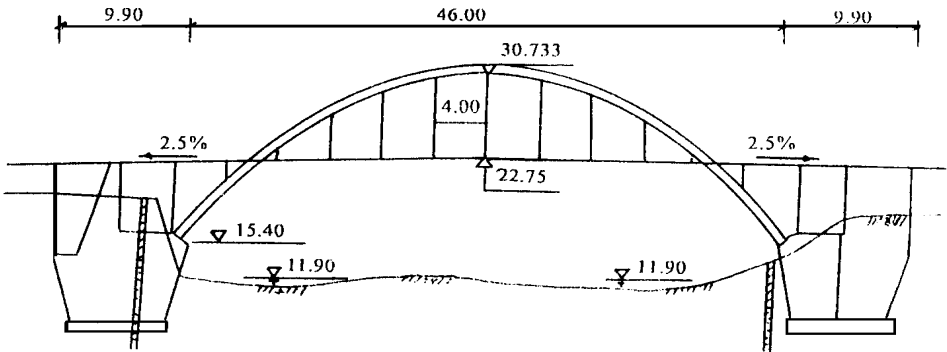


图 1 福建福安群益桥(单位:m)

1 截面刚度

本文收到日期:1998 - 03 - 10

陈宝春,男,1958 年出生,副教授

本研究得到福建省自然科学基金资助

截面刚度影响变形,影响超静定拱的赘余力.钢筋混凝土拱计算赘余力时采用素混凝土截面,计算挠度时考虑混凝土开裂影响,对截面换算刚度进行折减^[3,4].钢管混凝土肋拱,截面含钢率较高,计算赘余力时,截面计算应考虑钢管的贡献.计算变形时由于钢管混凝土材料的弹性、塑性和抗裂性均强于钢筋混凝土结构,可以不考虑折减.所以,截面刚度计算采用组合材料的公式,即:

$$\left\{ \begin{array}{l} EI = E_a I_a + E_g I_g \\ EA = E_a A_a + E_g A_g \end{array} \right.$$

梁 规

www.cnki.net

$$N_{03} = f_c A_c (1 + \sqrt{\quad} + \quad) \quad (4)$$

其中, $\quad = f_s A_g / f_c A_a$ 为套箍系数, f_c 、 f_s 为混凝土和钢材的设计强度.

《JGJ 01 - 89》轴压强度公式:

$$N_{04} = f_s A_g + K_c f_c A_a \quad (5)$$

其中, K_c 为混凝土强度提高系数, 由钢号、混凝土等级和含钢率查该规程的表 4.1.1 - 2.

《DLG 99 - 91》轴压强度公式:

$$N_{05} = f_{sc} A_{sc} \quad (6)$$

其中, A_{sc} 为全截面面积; f_{sc} 为钢管混凝土材料的组合设计强度, 由钢号、混凝土等级和含钢率查该规定表 3.2.5.

对于算例, 应用公式(2)至(6)的计算结果见表 1. 从表 1 可以看出, N_{01} 最大, 这是因为它将钢管全部看成螺旋箍筋, 忽略了钢管纵向受压横向变形(膨胀)对套箍作用削弱的因素, 对公式(2)加以改造, 有 $N_{01} = r_c f_c A_a (1 + 2 \quad + \quad)$, 其混凝土强度提高系数为 2, 显然比公式(4)中 $\sqrt{\quad}$ 的大得多. 表 1 中 N_{02} 最小, 因为它完全忽略了钢管对核心混凝土的套箍作用. N_{03} 、 N_{04} 、 N_{05} 则从大到小排列, 与 N_{01} 和 N_{02} 相比, 三者较接近. 由此可见, 钢管混凝土的轴压强度套用钢筋混凝土柱的公式进行计算是不合适的, 只能采用钢管混凝土结构的有关规程和规定进行计算.

表 1 轴压强度计算结果

(单位: 10^3 kN)

N_{01}	N_{02}	N_{03}	N_{04}	N_{05}
27.85	13.28	22.46	19.51	17.82

3 截面偏心受压强度

拱为偏心受压结构, 《DLG 99 - 91》列有偏压构件的强度验算公式:

$$\begin{cases} N / A_{sc} < 0.2 f_{sc} \text{ 时, } N / A_{sc} + M / 1.5 W_{sc} < f_{sc} \\ N / A_{sc} > 0.2 f_{sc} \text{ 时, } N / A_{sc} + M / 1.4 W_{sc} < f_{sc} \end{cases}$$

算结果视为截面强度是过于偏小的.

4 面内稳定验算

钢管混凝土材料抗压强度高,主要用于以受压为主的结构,一般以稳定验算控制.除《DLG 99 - 91》有给出强度验算公式外,《CECS 28 90》和《JCI 01 - 89》均只给出稳定验算公式,当长细比修正系数为 1.0 时,稳定验算公式可转化为强度验算公式.

钢管混凝土拱桥进行稳定验算时,简化的计算方法是将无铰拱拟成 $0.36S$ (S 为拱轴弧长) 承受平均轴力的简支压杆. 对于算例, $l_0 = 20.935\text{m}$, 平均轴力 $N_j = 3450\text{kN}$. 稳定验算公式参见式 (8) ~ (11).

《CECS 28 90》公式:

$$N \leq \eta_j \eta_l N_{03} \quad (8)$$

其中: η_j 和 η_l 分别为考虑长细比和偏心率影响的承载力折减系数,按该规程的有关规定计算; N 为荷载效应值轴力 N_j 再乘以结构重要性系数 1.1.

《JCI 01 - 89》公式:

$$N \leq \eta_l N_{04} \quad (9)$$

式中: η_l 为承载力折减系数,由长细比和偏心率直接查该规程表 4.2.3; r 为 η_l 的修正值; N 值同上. 顺便指出,该规程 4.2.2 和 4.2.3 条在计算中用不上,是多余的.

《DLG 99 - 91》公式:

$$\begin{cases} N/A_{sc} \leq 0.2f_{sc} \text{ 时, } N/A_{sc} + m/1.5 W_{sc}(1 - 0.4N/N_E) \leq f_{sc} \\ N/A_{sc} > 0.2f_{sc} \text{ 时, } N/1.4 A_{sc} + m/1.4 W_{sc}(1 - 0.4N/N_E) \leq f_{sc} \end{cases} \quad 0$$

(11) 抗力效应很大,它仅考虑长细比影响,而未考虑偏心率的影响和钢管套箍作用,后者的影响远小于前者,所以抗力计算结果较大.至于横向稳定,由于考虑的是弹性一类失稳问题,在没有成熟算法之前,仍可用当量压杆法或文献[9]介绍的计算方法,这里构件的截面刚度应当用公式(1)的组合截面刚度.

5 结语

单圆管断面的钢管混凝土肋拱桥,截面刚度计算采用组合截面刚度,应用现行拱桥的查表手算法或有限元方法求出内力,截面的轴压强度和偏压不能套用钢筋混凝土构件的公式进行计算,只能采用钢管混凝土构件的计算方法,纵向稳定验算采用文献[2]~[5]的计算结果相差较大,有待进一步探讨.

钢管混凝土单圆管肋拱桥构造简单、造型简洁,但其截面含钢率较高,抗弯效率低,适用于中小跨径,应用也不如哑铃形和桁式断面广泛.本文以其为分析对象,主要考虑从简单开始对钢管混凝土拱桥的设计计算进行探讨.

参考文献

- 1 陈宝春. 钢管混凝土拱桥发展综述. 桥梁建设,1997(2):8~13
- 2 陈宝春. 钢管混凝土拱桥的设计计算. 工程力学,1997(增刊):450~454
- 3 交通部标准. 公路砖石及混凝土桥涵设计规范(JTJ 022-85). 北京:人民交通出版社,1985
- 4 交通部标准. 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范(JTJ 023-85). 北京:人民交通出版社,1985
- 5 中国工程建设标准化协会标准. 钢管混凝土结构设计与施工规程(CECS 28-90). 北京:中国计划出版社,1992
- 6 国家建筑材料工业局标准. 钢管混凝土结构设计与施工规程(JCJ 01-89). 上海:同济大学出版社,1989
- 7 能源部电力规划管理局. 火力发电厂主厂房钢—混凝土组合结构设计暂行规定(DLG 99-91). 北京:1991
- 8 交通部标准. 公路钢结构和木结构桥涵设计规范(JTJ 025-86). 北京:人民交通出版社,1988
- 9 国家标准. 混凝土结构设计规范(GBJ 10-89). 北京:中国建筑工业出版社,1989
- 10 邵容光. 结构设计原理. 北京:人民交通出版社,1987
- 11 范立础. 桥梁工程(下册). 第二版. 北京:人民交通出版社,1987

Analysis of Design and Calculation of the Concrete Filled Steel Tubular (Single Tube) Ribbed Arch Bridge

Chen Baochun

(College of Civil and Architectural Engineering, Fuzhou University, Fuzhou, 350002)

Abstract Through calculation of an example and theoretical analysis on the concrete filled steel tubular (single tube) ribbed arch bridge, this paper presents a calculation method with the codes of highway bridge and the codes of concrete filled steel tubular in building. The analysis can be a reference for the design and calculation of such bridges and for theoretical research of concrete filled steel tubular arch bridges.

Key words concrete filled steel tube; single tube; arch bridge; calculation