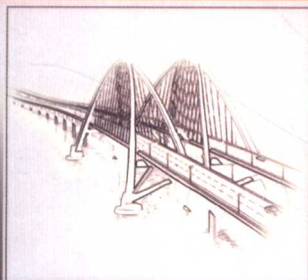


# 桥梁混凝土结构设计原理 计算示例

Qiaoliang Hunningtu Jiegou Sheji Yuanli Jisuan Shili

黄 侨 王永平 编著



新编《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》  
(JTG D62-2004)应用参考

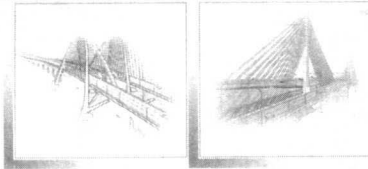


人民交通出版社  
China Communications Press

U448.34

1

# 桥梁混凝土结构设计原理 计算示例



黄 侨 王永平 编著



人民交通出版社

China Communications Press

## 内 容 提 要

本书包括 112 个计算实例,系统地介绍了《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)中钢筋混凝土及预应力混凝土结构构件按各类状况下,各种极限状态法设计的基本方法与步骤,给出了基本公式、受力计算图式、公式适用条件和实用设计、验算框图,并对设计计算中常遇的难点及新规范较原规范变化明显部分,给以提示与说明;书后还附有常用设计所需资料。

本书为土木工程专业,道路桥梁及河渡工程专业中道路工程专业方向、桥梁工程专业方向及其他有关专业的教学参考书,亦可供从事工程设计的工程技术人员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

桥梁混凝土结构设计原理计算示例/黄侨,王永平编著. —北京:人民交通出版社, 2005.12  
ISBN 7-114-05853-5

I. 桥... II. ①黄...②王... III. 钢筋混凝土桥-结构设计-计算 IV. U448.342.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 140566 号

书 名: 桥梁混凝土结构设计原理计算示例

著 作 者: 黄 侨 王永平

责任编辑: 韩 敏

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 20.5

字 数: 509 千

版 次: 2006 年 1 月第 1 版

印 次: 2006 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 0001—5000 册

书 号: ISBN 7-114-05853-5

定 价: 40.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 前 言

本书是依据2004年10月颁布的《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)[以下简称《桥规》(JTG D62)]编写的。《桥规》(JTG D62)是按《公路工程结构可靠度设计统一标准》(GB/T 50283—1999)的规定采用了以概率论为基础的极限状态设计方法,较旧《桥规》(JTJ 023—85)在设计理论上有重要的改进。同时,在内力组合、材料取值、结构耐久性设计以及有关计算方法、计算内容等方面都有明显的变化。本书从实用设计角度编写了112道例题,较为全面地介绍了新规范的使用方法及注意问题,以帮助读者了解新规范的内容,加深对新规范的理解,并且正确应用之。

本书按钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构分别编写。以工程设计中常用实例为例题,分述了持久状况承载能力极限状态、持久状况正常使用极限状态计算以及持久状况和短暂状况的应力验算等构件的计算分析方法及要点,并给出了部分计算的思路和框图,以期帮助读者能较为迅捷地掌握新规范。

应该着重说明的是,在进行公路桥梁结构(构件)设计时,计算分析是很重要的一部分,但还有更重要的一部分是有关构造要求,这或许是更值得我们关注的一部分。因为这是根据多年的工程经验以及科学实验总结出来的。《桥规》(JTG D62—2004)提供了一套丰富、有益的构造规定,这是本书未能全部覆盖得了的。望读者在使用本书的同时,一定要认真阅读《桥规》(JTG D62)中这方面的有关内容及要求。

本书编写时主要参考了张树仁教授等编著的《钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁结构设计原理》一书。

哈尔滨工业大学马俊承担了全书插图的编绘,研究生吕丹、张雪协助完成了部分算例编写,何红丽承担了部分校核工作。同时,本书编写中得到哈尔滨工业大学交通学院和人民交通出版社公路图书部及责任编辑的大力帮助与支持,在此表示诚挚的谢意。

由于作者水平有限,尤其对《规范》(JTG D62)理解还不够深透,有不少认识有待深化,所以难免有缺失和错漏之处,恳请广大读者批评指正。

作者

2005年4月于哈尔滨

# 目 录

|           |   |
|-----------|---|
| 术语.....   | 1 |
| 基本符号..... | 3 |

## 第一篇 普通钢筋混凝土结构计算

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 第一章 持久状况承载能力极限状态计算.....                                       | 9   |
| § 1.1 受弯构件正截面承载力计算.....                                       | 10  |
| 一、单筋矩形截面.....                                                 | 10  |
| 二、双筋矩形截面.....                                                 | 18  |
| 三、翼缘位于受压区的单筋 T 形截面.....                                       | 27  |
| 四、翼缘位于受压区的双筋 T 形截面.....                                       | 36  |
| § 1.2 受弯构件斜截面承载力计算.....                                       | 40  |
| 一、等高度梁斜截面抗剪承载力计算.....                                         | 40  |
| 二、变高度梁斜截面抗剪承载力计算.....                                         | 51  |
| 三、斜截面抗弯承载力计算.....                                             | 55  |
| § 1.3 受压构件承载力计算.....                                          | 56  |
| 一、轴心受压构件承载力计算(普通箍筋柱).....                                     | 56  |
| 二、轴心受压构件承载力计算(螺旋箍筋柱).....                                     | 58  |
| 三、矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算(不对称配筋).....                              | 62  |
| 四、矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算(对称配筋).....                               | 80  |
| 五、T 形截面偏心受压构件正截面承载力计算.....                                    | 87  |
| 六、I 形(或箱形)截面偏心受压构件正截面承载力计算(纵向受力钢筋集中布置<br>在上、下翼缘内的 I 形截面)..... | 97  |
| 七、I 形(或箱形)截面偏心受压构件正截面承载力计算(沿截面腹板均匀布置纵向<br>受力钢筋的 I 形截面).....   | 100 |
| 八、圆形截面偏心受压构件正截面承载力计算.....                                     | 104 |
| 九、双向偏心受压构件正截面承载力计算.....                                       | 107 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| § 1.4 受拉构件承载力计算 .....          | 111 |
| 一、轴心受拉构件承载力计算 .....            | 111 |
| 二、小偏心受拉构件承载力计算 .....           | 111 |
| 三、大偏心受拉构件承载力计算 .....           | 115 |
| § 1.5 受扭构件承载力计算 .....          | 118 |
| § 1.6 局部承压计算 .....             | 125 |
| 第二章 持久状况正常使用极限状态 .....         | 129 |
| § 2.1 钢筋混凝土构件裂缝宽度计算 .....      | 129 |
| 一、矩形、T形和I形截面钢筋混凝土构件 .....      | 129 |
| 二、圆形截面钢筋混凝土偏心受压构件 .....        | 132 |
| § 2.2 钢筋混凝土受弯构件挠度计算 .....      | 133 |
| 第三章 钢筋混凝土结构短暂状态应力验算 .....      | 136 |
| 第四章 钢筋混凝土短梁(墩台盖梁)计算 .....      | 141 |
| § 4.1 钢筋混凝土短梁(墩台盖梁)承载力计算 ..... | 141 |
| § 4.2 钢筋混凝土盖梁正常使用极限状态计算 .....  | 149 |
| 一、裂缝宽度计算 .....                 | 149 |
| 二、挠度计算 .....                   | 150 |

## 第二篇 预应力混凝土结构计算

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第五章 全预应力混凝土结构的计算 .....     | 153 |
| § 5.1 持久状况承载能力极限状态计算 ..... | 153 |
| 一、轴心受压构件 .....             | 153 |
| 二、轴心受拉构件 .....             | 156 |
| 三、受弯构件 .....               | 157 |
| 四、偏心受压构件计算 .....           | 176 |
| 五、局部承压构件计算 .....           | 185 |
| § 5.2 持久状况正常使用极限状态计算 ..... | 188 |
| 一、抗裂验算 .....               | 188 |
| 二、挠度验算 .....               | 199 |
| § 5.3 持久状况构件的应力计算 .....    | 202 |
| 第六章 部分预应力混凝土结构计算 .....     | 207 |
| § 6.1 部分预应力混凝土的概念 .....    | 207 |
| 一、部分预应力混凝土的基本概念 .....      | 207 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 二、部分预应力混凝土构件的分类 .....                  | 207 |
| 三、计算实例 .....                           | 207 |
| § 6.2 持久状况正常使用极限状态计算 .....             | 220 |
| 一、裂缝宽度计算 .....                         | 220 |
| 二、挠度验算 .....                           | 223 |
| § 6.3 持久状况及短暂状况构件的应力验算 .....           | 228 |
| 一、应力计算内容 .....                         | 228 |
| 二、实用计算方法 .....                         | 228 |
| 三、计算实例 .....                           | 229 |
| § 6.4 综合例题一(全预应力混凝土简支梁设计) .....        | 232 |
| 一、基本设计资料 .....                         | 232 |
| 二、内力计算 .....                           | 232 |
| 三、施工方法要点 .....                         | 234 |
| 四、截面设计 .....                           | 234 |
| § 6.5 综合例题二(部分预应力混凝土简支梁设计) .....       | 252 |
| 一、基本设计资料 .....                         | 252 |
| 二、内力计算 .....                           | 253 |
| 三、施工方法要点 .....                         | 253 |
| 四、截面设计验算(按部分预应力混凝土 A 类构件) .....        | 253 |
| 五、截面设计、验算(按部分预应力混凝土 B 类构件) .....       | 271 |
| § 6.6 综合例题三(部分预应力混凝土 A 类构件简支梁设计) ..... | 284 |
| 一、基本设计资料 .....                         | 284 |
| 二、内力计算 .....                           | 285 |
| 三、施工方法要点 .....                         | 287 |
| 四、截面设计(按部分预应力混凝土 A 类构件设计) .....        | 287 |

## 附 录

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 附表 1 混凝土强度指标(MPa) .....         | 307 |
| 附表 2 混凝土的弹性模量(MPa) .....        | 307 |
| 附表 3 普通钢筋强度指标(MPa) .....        | 307 |
| 附表 4 预应力钢筋抗拉强度标准值(MPa) .....    | 308 |
| 附表 5 预应力钢筋抗拉、抗压强度设计值(MPa) ..... | 308 |
| 附表 6 钢筋的弹性模量(MPa) .....         | 308 |

|       |                                                       |     |
|-------|-------------------------------------------------------|-----|
| 附表 7  | 混凝土相对界限受压区高度(受压高度界限系数)                                | 309 |
| 附表 8  | 钢筋最小锚固长度 $L_a$                                        | 309 |
| 附表 9  | 普通钢筋和预应力直线形钢筋最小混凝土保护层厚度(mm)                           | 309 |
| 附表 10 | 钢筋混凝土矩形和 T 形截面受弯构件强度计算表( $\xi$ 、 $A_{0\gamma_0}$ 系数表) | 309 |
| 附表 11 | 钢筋混凝土轴心受压构件的稳定系数                                      | 310 |
| 附表 12 | T 形截面系数 $\nu$ 值表                                      | 311 |
| 附表 13 | 圆形截面钢筋混凝土偏心受压构件正截面抗压承载力计算系数                           | 311 |
| 附表 14 | 预应力钢筋的锚固长度 $L_a$ (mm)                                 | 312 |
| 附表 15 | 计算摩阻损失的系数 $k$ 和 $\mu$ 值                               | 312 |
| 附表 16 | 锚具变形、钢筋回缩和接缝压缩值(mm)                                   | 312 |
| 附表 17 | 混凝土收缩应变和徐变系数终极值                                       | 313 |
| 附表 18 | 预应力混凝土相对界限受压区高度                                       | 313 |
| 附表 19 | 预应力传递长度 $l_t$ (mm)                                    | 314 |
| 附表 20 | 部分预应力混凝土 B 类构件裂缝宽度限值                                  | 314 |
| 附表 21 | 预应力混凝土构件的纵向弯曲系数 $\varphi$                             | 314 |
| 附表 22 | 混凝土名义拉应力(MPa)                                         | 314 |
| 附表 23 | 钢筋的计算截面面积及理论质量                                        | 315 |
| 附表 24 | 每米板宽内的钢筋截面面积表                                         | 316 |
| 附表 25 | 预应力钢筋公称截面面积和公称质量                                      | 316 |
| 参考文献  |                                                       | 318 |



# 术 语

## 1. 极限状态 limit states

整体结构或结构的一部分超过某一特定状态就不能满足设计规定的某一功能要求时,此特定状态为该功能的极限状态。

## 2. 设计基准期 design reference period

在进行结构可靠性分析时,考虑持久设计状态下各项基本变量与时间关系所采用的基准时间参数。

## 3. 设计状况 design situation

结构从施工到使用的全过程中,代表一定时段的一组物理条件,设计时必须做到使结构在该时段内不超越有关的极限状态。

## 4. 可靠度 degree of reliability

结构在规定的时间内,在规定的条件下,完成预定功能的概率。

## 5. 材料强度标准值 characteristic value of material strength

设计结构或构件时采用的材料强度的基本代表值。该值可根据符合规定标准的材料,其强度概率分布的 0.05 分位值确定。

## 6. 材料强度设计值 design value of material strength

材料强度标准值除以材料强度分项系数后的值。

## 7. 作用 action

施加在结构上的集中力或分布力如汽车、结构自重等,或引起结构外加变形或约束变形的原因如地震、基础不均匀沉降、温度变化等,统称为作用。前者为直接作用,也可称为荷载;后者为间接作用(不宜称为荷载)。

## 8. 作用效应 effects of actions

结构对所受作用的反应,称为作用效应。如由作用产生的结构或构件的轴向力、弯矩、剪力、应力、裂缝、变形等。

## 9. 作用标准值 characteristic value of an action

作用的主要代表值。其值可根据设计基准期内最大值概率分布的某一分位值确定。

## 10. 作用设计值 design value of an action

作用标准值乘以作用分项系数后的值。

## 11. 作用效应组合 combination for action effects

结构上几种作用分别产生的效应的随机叠加。

## 12. 安全等级 safety class

为使桥涵具有合理的安全性,根据桥涵结构破坏所产生后果的严重程度而划分的设计等级。

## 13. 结构重要性系数 coefficient for importance of structure

对不同安全等级的结构,为使其具有规定的可靠度而采用的作用效应附加的分项系数。

## 14. 几何参数标准值 nominal value of geometrical parameter

设计结构或构件时采用的几何参数的基本代表值。其值可按设计文件规定值确定。

## 15. 承载力设计值 design value of ultimate bearing capacity

结构或构件按承载能力极限状态设计时,用材料强度设计值计算的结构或构件极限承载能力。

## 16. 作用效应组合设计值 design value of combination for action effects

设计结构或构件时,由几种作用设计值分别引起的效应的组合。

## 17. 作用短期效应组合 combination for short-term action effects

结构或构件按正常使用极限状态设计时,永久作用效应与可变作用频遇值效应的组合。

## 18. 作用长期效应组合 combination for long-term action effects

结构或构件按正常使用极限状态设计时,永久作用效应与可变作用准永久值效应的组合。

## 19. 开裂弯矩 cracking moment

构件出现裂缝时的理论临界弯矩。

## 20. 作用频遇值 frequent value of an action

结构或构件按正常使用极限状态短期效应组合设计时,采用的一种可变作用代表值,其值可根据任意时点(截面)作用概率分布的0.95分位值确定。

## 21. 分项系数 partial safety factor

为保证所设计的结构或构件具有规定的可靠度,在结构极限状态设计表达式中采用的系数。分为作用分项系数和材料分项系数等。

## 22. 施工荷载 site load

按短暂状况设计时,施工阶段施加在结构或构件上的临时荷载。包括结构自重、附着在结构和构件上的模板、材料机具等荷载。

## 23. 截面换算系数 coefficient of transformed section

把钢筋的截面面积换算为混凝土截面面积采用的系数,即钢筋与混凝土的弹性模量之比。

# 基本符号

## 1. 材料性能有关符号

C30——表示立方体强度标准值为 30MPa 的混凝土强度等级；

$f_{cu}$ ——边长为 150mm 的混凝土立方体抗压强度；

$f'_{cu}$ ——边长为 150mm 的施工阶段混凝土立方体抗压强度；

$f_{cu,k}$ ——边长为 150mm 的混凝土立方体抗压强度标准值；

$f_{ck}$ 、 $f_{cd}$ ——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值；

$f_{tk}$ 、 $f_{td}$ ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值；

$f'_{ck}$ 、 $f'_{tk}$ ——短暂状况施工阶段的混凝土轴心抗压、抗拉强度标准值；

$f_{sk}$ 、 $f_{sd}$ ——普通钢筋抗拉强度标准值、设计值；

$f_{pk}$ 、 $f_{pd}$ ——预应力钢筋抗拉强度标准值、设计值；

$f'_{sd}$ 、 $f'_{pd}$ ——普通钢筋、预应力钢筋抗压强度设计值；

$f_{cd,s}$ ——承台计算中撑杆混凝土轴心抗压强度设计值；

$E_c$ ——混凝土弹性模量；

$G_c$ ——混凝土剪变模量；

$\alpha_c$ ——混凝土线膨胀系数；

$E_s$ 、 $E_p$ ——普通钢筋、预应力钢筋的弹性模量。

## 2. 作用和作用效应有关符号

$M_d$ ——弯矩组合设计值；

$M_{du}$ ——受弯承载力设计值；

$M_s$ 、 $M_l$ ——按作用短期效应组合、长期效应组合计算的弯矩值；

$M_0$ ——预应力混凝土结构的消压弯矩；

$M_k$ ——弯矩组合标准值；

$M_{cr}$ ——受弯构件正截面的开裂弯矩值；

$M_{1Gd}$ ——组合式受弯构件第一阶段结构自重产生的弯矩设计值；

$M_{2Gd}$ ——组合式受弯构件第二阶段结构自重产生的弯矩设计值；

$M_{1Qd}$ ——组合式受弯构件第一阶段结构自重外的荷载产生的弯矩设计值；

$M_{2Qd}$ ——组合式受弯构件第二阶段结构自重外的可变作用产生的弯矩设计值；

$N_d$ ——轴向力组合设计值；

$N_{uo}$ ——构件截面轴心受压承载力设计值；

$N_{ux}$ 、 $N_{uy}$ ——轴向力作用于截面  $x$  轴、 $y$  轴的偏心受压承载力设计值；

$N_p$ ——后张法构件预应力钢筋和普通钢筋的合力；  
 $N_{p0}$ ——构件混凝土法向应力等于零时预应力钢筋和普通钢筋的合力；  
 $F_{tk}$ 、 $F_{td}$ ——集中反力或局部压力标准值、设计值；  
 $H_d$ ——拱的水平推力设计值；  
 $D_d$ ——基桩承台撑杆压力设计值；  
 $T_d$ ——扭矩组合设计值或基桩承台系杆拉力设计值；  
 $V_d$ ——剪力组合设计值；  
 $V_{cs}$ ——构件斜截面内混凝土和箍筋共同的抗剪承载力设计值；  
 $V_{sb}$ ——与构件斜截面相交的普通弯起钢筋抗剪承载力设计值；  
 $V_{pd}$ ——与构件斜截面相交的预应力弯起钢筋抗剪承载力设计值；  
 $\sigma_s$ 、 $\sigma_p$ ——正截面承载力计算中纵向普通钢筋、预应力钢筋的应力或应力增量；  
 $\sigma_{p0}$ 、 $\sigma'_{p0}$ ——截面受拉区、受压区纵向预应力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时预应力钢筋的应力；  
 $\sigma_{pe}$ ——由预加力产生的混凝土法向预压应力；  
 $\sigma_{pe}$ 、 $\sigma'_{pe}$ ——截面受拉区、受压区纵向预应力钢筋的有效预应力；  
 $\sigma_{st}$ 、 $\sigma_{lt}$ ——在作用(或荷载)短期效应组合、长期效应组合下，构件抗裂边缘混凝土的法向拉应力；  
 $\sigma_{tp}$ 、 $\sigma_{cp}$ ——构件混凝土中的主拉应力、主压应力；  
 $\sigma_{ss}$ ——由作用短期效应组合产生的开裂截面纵向受拉钢筋的应力；  
 $\sigma_{con}$ 、 $\sigma'_{con}$ ——构件受拉区、受压区预应力钢筋张拉控制应力；  
 $\sigma_l$ 、 $\sigma'_l$ ——构件受拉区、受压区预应力钢筋相应阶段的预应力损失；  
 $\tau$ ——构件混凝土的剪应力；  
 $\sigma_{pt}$ ——由预加应力产生的混凝土法向拉应力；  
 $\sigma_{kc}$ 、 $\sigma_{kt}$ ——由作用(或荷载)标准值产生的混凝土法向压应力、拉应力；  
 $\sigma_{cc}$ ——构件开裂截面按使用阶段计算的混凝土法向压应力；  
 $W_{fk}$ ——计算的受弯构件最大裂缝宽度。

### 3. 几何参数有关符号

$a$ 、 $a'$ ——构件受拉区、受压区普通钢筋和预应力钢筋合力点至截面近边的距离；  
 $a_s$ 、 $a_p$ ——构件受拉区普通钢筋合力点、预应力钢筋合力点至受拉区边缘的距离；  
 $a'_s$ 、 $a'_p$ ——构件受压区普通钢筋合力点、预应力钢筋合力点至受压区边缘的距离；  
 $b$ ——矩形截面宽度，T形或I形截面腹板宽度；  
 $b_f$ 、 $b'_f$ ——T形或I形截面受拉区、受压区的翼缘宽度；  
 $t_1$ ——箱形截面长边壁厚；  
 $h$ ——截面高度；  
 $h_0$ 、 $h'_0$ ——截面有效高度；  
 $h_f$ 、 $h'_f$ ——T形或I形截面受拉区、受压区的翼缘高度；  
 $t_2$ ——箱形截面短边壁厚；

$d_{cor}$ ——构件截面的核心直径；  
 $c$ ——混凝土保护层厚度；  
 $r$ ——圆形截面半径；  
 $r_s$ ——圆形截面构件纵向钢筋所在圆周的半径；  
 $e_0$ ——轴向力对截面重心轴的偏心距；  
 $e、e'$ ——轴向力作用点至受拉区纵向钢筋合力点、受压区纵向钢筋合力点的距离；  
 $e_s、e_p$ ——轴向力作用点至受拉区纵向普通钢筋合力点、预应力钢筋合力点的距离；  
 $e'_s、e'_p$ ——轴向力作用点至受压区纵向普通钢筋合力点、预应力钢筋合力点的距离；  
 $e_{p0}、e_{pn}$ ——预应力钢筋与普通钢筋的合力对换算截面、净截面重心轴的偏心距；  
 $i$ ——截面回转半径；  
 $l_0$ ——受压构件的计算长度；  
 $l$ ——受压构件节点间的长度；  
 $L$ ——受弯构件的计算跨径；  
 $l_n$ ——受弯构件的净跨径；  
 $S$ ——沿构件轴线方向上螺旋形钢筋或焊接环式钢筋的间距；  
 $S_v$ ——箍筋或竖向预应力钢筋的间距；  
 $x$ ——截面受压区高度；  
 $Z$ ——内力臂，即纵向受拉钢筋合力点至混凝土受压区合力点之间的距离；  
 $y_0、y_n$ ——构件换算截面重心、净截面重心至截面计算纤维处的距离；  
 $y_p、y'_p$ ——构件受拉区、受压区预应力钢筋合力点至换算截面重心轴的距离；  
 $y_{pn}、y'_{pn}$ ——构件受拉区、受压区预应力钢筋合力点至净截面重心轴的距离；  
 $y_s、y'_s$ ——构件受拉区、受压区普通钢筋重心至换算截面重心轴的距离；  
 $y_m、y'_m$ ——构件受拉区、受压区普通钢筋重心至净截面重心轴的距离；  
 $A_0、A_n$ ——构件换算截面面积、净截面面积；  
 $A$ ——构件毛截面面积；  
 $A_s、A'_s$ ——构件受拉区、受压区纵向普通钢筋的截面面积；  
 $A_p、A'_p$ ——构件受拉区、受压区纵向预应力钢筋的截面面积；  
 $A_{sb}、A'_{pb}$ ——同一弯起平面内普通弯起钢筋、预应力弯起钢筋的截面面积；  
 $A_{sv}$ ——同一截面内箍筋各肢的总截面面积；  
 $A_{svl}$ ——箍筋单肢的截面面积；  
 $A_{cor}$ ——钢筋网、螺旋筋或箍筋范围以内的混凝土核芯面积；  
 $A_{d0}$ ——螺旋式或环式间接钢筋的换算截面面积；  
 $A_{d01}$ ——单根间接钢筋的截面面积；  
 $A_{st}$ ——纯扭计算中沿截面周边对称配置的全部纵向钢筋的截面面积；  
 $A_l、A_{ln}$ ——混凝土局部受压面积、局部受压净面积；  
 $A_{cr}$ ——开裂截面换算截面面积；  
 $W$ ——毛截面受拉边缘的弹性抵抗矩；  
 $W_0、W_n$ ——换算截面、净截面受拉边缘的弹性抵抗矩；

$S_0$ 、 $S_n$ ——换算截面、净截面计算纤维以上(或以下)部分面积对截面重心轴的面积矩;

$I$ ——毛截面惯性矩;

$I_0$ 、 $I_n$ ——换算截面、净截面的惯性矩;

$I_{cr}$ ——开裂截面换算截面惯性矩;

$B$ ——开裂构件等效截面的抗弯刚度;

$B_0$ ——全截面换算截面的抗弯刚度;

$B_{cr}$ ——开裂截面换算截面的抗弯刚度。

#### 4. 计算系数及其他有关符号

$\gamma_0$ ——桥梁结构的重要性系数;

$\alpha_1$ ——连续梁和悬臂梁抗剪承载力计算时异号弯矩影响系数;

$\alpha_2$ ——预应力混凝土受弯构件抗剪承载力计算时预应力提高系数;

$\alpha_3$ ——T形、I形截面构件抗剪承载力计算时受压翼缘影响系数;

$\varphi$ ——轴心受压构件稳定系数;

$\eta$ ——偏心受压构件轴向力偏心距增大系数;

$A$ 、 $B$ ——圆形截面偏心受压构件正截面抗压承载力计算时,有关混凝土承载力的计算系数;

$C$ 、 $D$ ——圆形截面偏心受压构件正截面抗压承载力计算时,有关纵向钢筋承载力的计算系数;

$\beta_a$ ——箱形截面抗扭承载力计算时有效壁厚折减系数;

$\beta_t$ ——剪扭构件混凝土抗扭承载力降低系数;

$\beta$ ——计算构件承载力时,截面受压区矩形应力图高度与实际受压区高度的比值,或混凝土局部承压强度提高系数;

$\beta_{cor}$ ——配置间接钢筋时局部承压承载力提高系数;

$C_1$ ——计算构件裂缝宽度时钢筋表面形状系数;

$C_2$ ——计算构件裂缝宽度时作用(或荷载)长期效应影响系数;

$C_3$ ——计算构件裂缝宽度时与构件形式有关的系数;

$\gamma$ ——受拉区混凝土塑性影响系数;

$\eta_\theta$ ——构件挠度长期增长系数;

$\alpha_{ES}$ 、 $\alpha_{EP}$ ——普通钢筋弹性模量、预应力钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值;

$m$ ——计算斜截面剪跨比或广义剪跨比;

$\rho_{sv}$ ——箍筋配筋率;

$\rho$ ——纵向受拉钢筋配筋率;

$\rho_v$ ——间接钢筋体积配筋率;

$\mu$ ——摩擦系数;

$\epsilon_{cs}(t, t_0)$ ——预应力钢筋传力锚固龄期为  $t_0$  时,计算龄期为  $t$  时的混凝土收缩应变;

$\phi(t, t_0)$ ——加载龄期为  $t_0$  时,计算龄期为  $t$  时的混凝土徐变系数。

# 第一篇

## 普通钢筋混凝土结构计算





# 第一章 持久状况承载能力极限状态计算

公路桥涵结构的持久状况设计应考虑承载能力极限状态的要求,采用作用(或荷载)的基本组合和偶然组合,对结构或构件的极限承载力进行设计和验算,并使得结构或构件的承载力设计值大于或等于作用(或荷载)效应的组合设计值。在上述的基本组合中,汽车荷载效应须计入冲击系数。

## 1. 基本组合

永久作用的设计值效应与可变作用设计值效应相组合。其效应组合表达式为:

$$\gamma_0 S_{ud} = \gamma_0 \left( \sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} S_{Gik} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} + \Psi_c \sum_{j=2}^n \gamma_{Qj} S_{Qjk} \right) \quad (1.0-1)$$

或

$$\gamma_0 S_{ud} = \gamma_0 \left( \sum_{i=1}^m S_{Gid} + S_{Q1d} + \Psi_c \sum_{j=2}^n S_{Qjd} \right) \quad (1.0-2)$$

式中:  $S_{ud}$ ——承载能力极限状态下作用基本组合的效应组合设计值;

$\gamma_0$ ——结构重要性系数,按《桥规》表 1.0.9 规定的结构设计安全等级采用,对应于设计安全等级一级、二级和三级分别取 1.1、1.0 和 0.9;

$\gamma_{Gi}$ ——第  $i$  个永久作用效应的分项系数,应按《桥规》表 4.1.6 的规定采用;

$S_{Gik}$ 、 $S_{Gid}$ ——第  $i$  个永久作用效应的标准值和设计值;

$\gamma_{Q1}$ ——汽车荷载效应(含汽车冲击力、离心力)的分项系数,取  $\gamma_{Q1} = 1.4$ 。当某个可变作用在效应组合中其值超过汽车荷载效应时,则该作用取代汽车荷载,其分项系数应采用汽车荷载的分项系数;对专为承受某种作用而设置的构造,设计时该作用的分项系数取与汽车荷载同值;计算人行道板和人行道栏杆的局部荷载,其分项系数也与汽车荷载取同值;

$S_{Q1k}$ 、 $S_{Q1d}$ ——汽车荷载效应(含汽车冲击力、离心力)的标准值和设计值;

$\gamma_{Qj}$ ——在作用效应组合中除汽车荷载效应(含汽车冲击力、离心力)、风荷载外的其他第  $j$  个可变作用效应的分项系数,取  $\gamma_{Qj} = 1.4$ ,但风荷载的分项系数取  $\gamma_{Qj} = 1.1$ ;

$S_{Qjk}$ 、 $S_{Qjd}$ ——在作用效应组合中除汽车荷载效应(含汽车冲击力、离心力)外的其他第  $j$  个可变作用效应的标准值和设计值;

$\Psi_c$ ——在作用效应组合中除汽车荷载效应(含汽车冲击力、离心力)外的其他可变作用效应的组合系数,当永久作用与汽车荷载和人群荷载(或其他一种可变作用)组合时,人群荷载(或其他一种可变作用)的组合系数取  $\Psi_c = 0.80$ ;当除汽车荷载效应(含汽车冲击力、离心力)外尚有二种其他可变作用参与组合时,其组合系数取  $\Psi_c = 0.70$ ;尚有三种可变作用参与组合时,其组合系数取  $\Psi_c = 0.60$ ;尚有四种及多于四种的可变作用参与组合时,其组合系数取  $\Psi_c = 0.50$ 。

## 2. 偶然组合