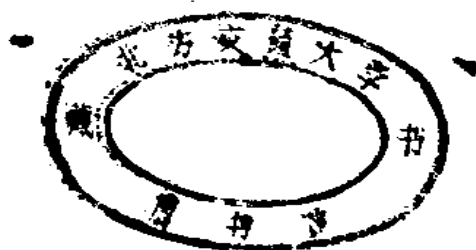


QIAOLIANG SHEJI DE JIXIAN
ZHUANGTAI LILUN

桥梁设计的极限状态理论

刘孝平 编著



人民交通出版社

内 容 提 要

本书系统地论述了桥梁设计的极限状态理论及其设计方法,对交通部部标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范(JTJ023-85)》的内容、规定和计算公式都作了比较详尽的阐释,以便读者更好地理解 and 正确地使用新桥规。

本书适用于所有混凝土桥涵的设计和施工人员及有关大专院校师生。

桥梁设计的极限状态理论

刘孝平 编著

责任编辑:郭思涛

人民交通出版社出版发行

(北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 23 字数: 568千

1989年11月 第1版

1989年11月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—2,000册 定价: 14.00元

前 言

《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范JTJ023-85》(以下简称《桥规》)已于1985年8月1日起施行。由于《桥规》采用了极限状态设计法进行设计计算,与原交通部1974年颁发的《公路桥涵设计规范(试行)》(以下简称《原桥规》)相比有很大差异,因此,编写这本参考书,论述桥梁设计的极限状态理论及其计算方法,对新桥规的内容、规定和计算公式加以解释,以期从事公路桥梁工程的科技人员更好地理解和使用新《桥规》,为桥梁建设事业作出新的贡献。

新《桥规》中所采用的应力验算方法(其中包括钢筋混凝土构件施工阶段的应力验算与预应力混凝土构件各阶段的应力验算)与《原桥规》中所采用的应力计算方法是一致的。基于这一事实,本书用适当的篇幅(第1~5章)介绍按容许应力法计算钢筋混凝土受弯构件与偏心受压构件。这主要是出自如下考虑:1.应力计算法是一定要介绍的,作为一种完整的设计方法来介绍,容易把问题讲深讲透;2.用极少篇幅回顾一下匀质体构件的计算原理,然后过渡到按容许应力法,再进一步过渡到按极限状态法计算钢筋混凝土构件,这样分层次,由浅入深,有利于读者迅速地掌握其基本内容;3.有利于读者深刻理解钢筋混凝土构件计算的基本原理。

编写本书时,既考虑了广大工程技术人员的需要,尽可能通俗易懂、便于自学,又考虑了高等学校公路桥梁专业教学的需要。因此本书可以作为广大工程技术人员以及公路桥梁专业在校学生的参考书。

由于公路桥梁刚实行按极限状态进行设计计算,可供借鉴的资料极少,再加上作者水平有限,对《桥规》的理解不深刻,因此,书中一定存在不少缺点和错误,希望读者批评指正。

编 者

1986年6月

绪 论

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种材料组成的。混凝土构件内放置钢筋的主要目的是加强构件受拉区的抗拉能力。因为混凝土是一种人工石料，它的抗压能力很强，抗拉能力却很弱。用纯混凝土制作的构件，往往是在混凝土抗压强度尚未充分发挥作用以前，就由于某些拉应力区的抗拉强度耗竭而破坏。如图0-1a所示的纯混凝土梁，混凝土标号为20号，加荷到 $P=1400\text{N}$ 时，便由于受拉区混凝土

被拉裂而突然折断。可见用纯混凝土来作承重结构具有很大的局限性。但是，如果在上述梁的受拉区配置两根直径为 12mm 的3号钢钢筋，并适当配置抗剪箍筋（图0-1b），则梁的承载能力显著提高， $P=2000\text{N}$ 左右时才开始在梁的受拉区出现裂缝，并且没有立即破坏而仍可继续加荷，最大的 P 值可达 11000N ，当到达最大荷载后，还要经过一般类似塑性流动的过程才致最终破坏。显然，这是由于钢筋良好的抗拉能力弥补了受拉区混凝土抗拉强度的不足，使受压区混凝土的抗压能力得以充分利用，乃致梁的极限承载能力提高了将近8倍，而且由于钢筋的塑性，使梁的破坏特征发生了质的变化——由危险的脆性折断转化成有预兆的塑性破坏。这就显示了两种材料结合使用的巨大优越性。这个例子，使我们对钢筋和混凝土有了一个初步的认识。

钢筋和混凝土这两种性质殊异的材料之所以能够结成一体共同承担外力，是因为具有下述三个基本条件：

（1）混凝土结硬后能和钢筋牢固地粘结在一起，受力时变形一致，不会产生相对滑移。这是钢筋和混凝土共同工作的最主要条件；

（2）钢筋和混凝土有几乎相同的温度膨胀系数（钢筋 $\alpha_1 = 1.2 \times 10^{-5}$ ；混凝土 $\alpha_1 = 1.0 \times 10^{-5} \sim 1.4 \times 10^{-5}$ ），温度变化不致破坏钢筋混凝土的整体性；

（3）混凝土包住钢筋，使钢筋免遭锈蚀。

这些条件，一方面是混凝土和钢筋本身的性质所造成的，另一方面也是人们在认识客观事物的基础上发挥主观能动作用的结果。特别是对混凝土和钢筋之间的粘结力，及混凝土对钢筋的保护作用，人为条件往往有显著的影响。因此，在设计和施工中都应注意，必须采取措施使之得到保证和加强。

钢筋混凝土除了能充分利用钢筋和混凝土两种材料的性能外，还有许多优点，主要表现在以下几个方面：

（1）便于就地取材。钢筋混凝土构件除了钢筋和水泥外，组成构件的绝大部分材料是较

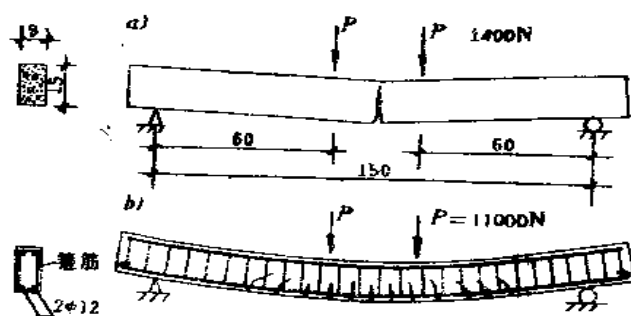


图 0-1
尺寸单位：梁：cm；钢筋：mm

易就地取材的砂和石子。因而大大降低了运输费用，提高了建设速度。

(2)耐火性好。由于混凝土的导热性较差，因而可以保护其内部的钢筋不致因为燃烧而很快到达钢的危险温度。

(3)耐久性好。根据实际的观察，建成以后并经长期正常使用的钢筋混凝土构件中的钢筋，仍能保持不锈，并且混凝土本身的强度，随着时间的增长而有所增加。所以钢筋混凝土的耐久性是很好的。暴露在大气中的钢筋混凝土室外结构，遭受侵蚀性气体或浸在海水中的钢筋混凝土结构，如能选择恰当的水泥和骨料，并精心设计它们的配合比与水灰比，严格控制其裂缝的开展，则它的耐久性也是很好的。

(4)便于造型。钢筋混凝土可以被浇成各种形状和尺寸的构件。桥梁结构型式一般比较复杂，采用钢筋混凝土结构尤为适宜。

(5)整体性好，抗震能力强。这一点对于振动较大的工业建筑与地震区的建筑物有着特殊的意义。

(6)维修费用小，不需要特殊的维护。

但是，钢筋混凝土结构也存在如下所述的一些缺点：

(1)模板木料消耗大；(2)自重大；(3)施工受季节性影响，在低温下必须采用特殊施工方法，这就增加了施工上的困难，并且也提高了施工费用；在雨季施工，也必须采取一定措施，才能保证施工质量；(4)加固和改建比较困难；(5)隔热和隔声性能较差。

但这些缺点并非是不可克服的，事实上，随着实践经验的积累和科学技术的不断发展，这些问题已在逐步获得改进。例如，使结构标准化，统一化，并采用装配式结构，即可大大减少木材的消耗。采用统一化，标准化的装配式结构还可以使构件生产工厂化，大大减少现场工作量，有利于冬季和雨季施工。目前在公路工程中广泛采用预应力装配式结构，这类结构可以有效的节省钢材和减轻结构自重。对于一些较难采用装配式的结构物，则采用工具式模板，如金属滑动模板，以节省木材和劳动力。

由于钢筋混凝土具有以上所述的一些优点，因此它的应用范围非常广泛，各种类型的土建工程，如工业厂房，城市建设，交通运输工程，水工建筑，军事工程等等都要用到它。在桥梁上部结构方面已经建造了大量的各种类型的钢筋混凝土桥，如普通钢筋混凝土梁桥、大跨度的预应力混凝土悬臂梁桥、预应力连续梁桥、板桥、刚架桥、拱桥及斜张桥等等。在桥梁下部结构方面，钢筋混凝土的桩基与沉井等也屡见不鲜。此外，如涵洞、隧道、挡土墙、轨枕等结构物与构件也常采用钢筋混凝土来建造。

总之，钢筋混凝土已经在土建工程的各个部门里得到了广泛的应用。由于技术方面的革新（如采用预应力），以及材料、工艺和施工方面的改进，钢筋混凝土的应用范围还在不断地扩大。

目 录

第一章 钢筋混凝土材料的主要物理和力学性能	1
第一节 钢筋.....	1
第二节 混凝土.....	5
第三节 钢筋和混凝土的共同作用.....	16
第二章 钢筋混凝土构件计算的基本原理	19
第一节 容许应力设计法.....	19
第二节 极限状态设计法的基本概念.....	20
第三节 极限状态的分类.....	22
第四节 《桥规》关于极限状态的计算原则.....	23
第五节 结构构件的可靠度.....	29
第六节 结构计算理论的发展.....	34
第三章 按容许应力法计算受弯构件正截面的强度	36
第一节 概述.....	36
第二节 匀质梁内正应力的计算.....	36
第三节 钢筋混凝土梁的实验及其计算原则.....	40
第四节 换算截面的概念.....	41
第五节 钢筋混凝土梁正截面强度计算的基本公式.....	42
第六节 钢筋混凝土梁(板)的构造要求.....	45
第七节 单筋矩形截面的计算.....	48
第八节 双筋矩形截面的计算.....	69
第九节 T形截面的计算.....	73
第四章 按容许应力法计算受弯构件斜截面的强度	77
第一节 概述.....	77
第二节 匀质梁内的剪应力与主应力.....	77
第三节 钢筋混凝土梁内的剪应力及主应力.....	82
第四节 剪应力总和、主拉应力总和(主拉力)及主拉应力图的分配.....	83
第五节 箍筋的计算.....	86
第六节 斜钢筋的计算.....	87
第七节 实例.....	88
第八节 T形梁梁肋与翼缘相接处的剪应力验算.....	94
第九节 变高度梁的剪应力.....	95
第十节 粘着力的验算.....	96
第五章 按容许应力法计算偏心受压构件	98
第一节 偏心受压构件的内力及强度校核.....	98
第二节 钢筋混凝土偏心受压柱的计算.....	105

第六章 受弯构件正截面强度计算	117
第一节 钢筋混凝土梁正截面的破坏形式	117
第二节 极限强度设计中的一般弯曲理论	118
第三节 单筋矩形截面受弯构件的强度计算	123
第四节 双筋矩形截面受弯构件的强度计算	128
第五节 T形截面受弯构件的强度计算	132
第六节 施工阶段的应力验算	136
第七章 受弯构件斜截面强度计算	137
第一节 概述	137
第二节 斜截面破坏的主要形态	137
第三节 影响斜截面强度的主要因素	138
第四节 斜截面强度计算的基本公式	143
第五节 斜截面抗剪强度的设计计算	148
第六节 保证斜截面抗弯强度的构造措施	150
第七节 施工阶段的应力验算	152
第八章 装配式简支T形梁桥设计实例	153
第九章 受压构件的强度计算	174
第一节 受压构件的构造要求	174
第二节 轴心受压构件的强度计算	176
第三节 偏心受压构件的强度计算	183
一、试验研究	183
二、基本假设	184
三、关于偏心距增大系数 η	184
四、矩形截面构件的强度计算	185
五、I字形截面偏心受压构件的强度计算	199
第四节 圆形截面偏心受压构件的强度计算	201
第十章 受拉构件的强度计算	215
第一节 轴心受拉构件的强度计算	215
第二节 偏心受拉构件的强度计算	215
第十一章 受扭及弯-扭构件	219
第一节 纯扭构件	219
第二节 关于弯-扭与弯-扭-剪构件	223
第三节 《桥规》中有关弯-扭-剪构件的规定	226
第十二章 钢筋混凝土构件裂缝宽度的计算	231
第一节 概述	231
第二节 粘结-滑移理论	232
第三节 无滑移理论	235
第四节 一般裂缝理论	236
第五节 《桥规》关于裂缝宽度的计算	236
第十三章 受弯构件的变形计算	240

第一节	钢筋混凝土受弯构件变形的发展规律	240
第二节	按《桥规》方案计算受弯构件的挠度	241
第三节	按一般弯曲理论计算受弯构件的挠度	242
第十四章	预应力混凝土	251
第一节	预应力混凝土的基本概念	251
第二节	预加应力的方法	253
第三节	预应力钢筋的类型和锚具	255
第四节	张拉控制应力与应力损失	259
第五节	用于预应力混凝土结构中的材料	278
第六节	预应力混凝土构件的设计计算方法与应力限制值	280
第七节	轴心受拉构件计算	282
第八节	预应力混凝土受弯构件的计算	290
第九节	局部承压与构件端部区段的应力验算	307
第十五章	预应力混凝土简支T形梁桥计算示例(中梁)	317
附录一	概率论与数理统计的基础知识	346
附表1	钢筋的计算截面面积及理论重量	353
附表2	每米板宽的钢筋截面面积 (cm^2)	354
附表3	钢筋锚固长度表	354
附表4	钢筋搭接长度表	355
附表5	混凝土的弹性模量 (MPa)	355
附表6	钢筋的弹性模量 (MPa)	355
附表7	混凝土的设计强度、设计计算强度和标准强度 (MPa)	355
附表8	钢筋的设计强度、设计计算强度和标准强度 (MPa)	356
附表9	钢丝的设计强度、设计计算强度和标准强度 (MPa)	356
附表10	钢筋混凝土受弯构件正截面强度计算用表 (单筋矩形截面及T形截面, 任意标号)	357