

日本土木学会
混凝土结构设计
规范及解说

刘全德 杨德滋 译
陈开利 张开敬 校

西南交通大学出版社

日本土木学会

混凝土结构设计规范及解说

刘全德 杨德滋 译
陈开利 张开敬 校



西南交通大学出版社

混凝土结构设计规范及解说
HUNNINGTU JIEGOU SHEJI GUIFAN JI JIESHUO

刘全德 杨德滋 译
陈开利 张开敬 校

西南交通大学出版社出版发行
(四川 成都)

西南交通大学出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 11.125

字数: 240千字 印数: 1—1500册

1991年1月第1版 1991年1月第1次印刷

ISBN 7—81022—216—3/T 069

定价: 4.65元

出版说明

本书根据日本土木学会《混凝土标准规范（设计篇）》1986年版本译出，取名为《混凝土结构设计规范及解说》。此处混凝土结构是指以混凝土为主制作的结构，它包括钢筋混凝土（RC）结构、预应力混凝土（PC）结构和劲性钢筋混凝土（SRC）结构。

由于现代混凝土结构理论和实践的发展，材料和施工技术的不断进步，该规范较1974年版规范在许多方面都有重大修改，特别是将一直沿用的容许应力法完全改为极限状态法，同时还考虑了过渡的措施。这对我国铁路、公路桥梁及有关专业设计规范的制定与修改具有重要的参考价值。

本规范是由日本土木学会混凝土委员会制定的，是日本目前在工业与民用建筑、铁路和公路桥梁、水利港口及海洋等工程的钢筋混凝土、预应力混凝土及劲性钢筋混凝土结构方面具有权威性的规范。为了满足国内土木建筑、桥梁及结构工程方面有关单位和工程技术人员需要，由我处组织翻译出版。可供上述有关专业工程技术人员、大专院校师生参考，同时也可供有关专业设计规范制定与修订时借鉴。

翻译本书时按照原著单位未变，读者需要时可自行将其换算成法定单位，如， $1 \text{ kgf/cm}^2 = 0.1 \text{ MPa}$ 。

本书由铁道部大桥局桥研所刘全德、西南交通大学结构所杨德滋译，由大桥局桥研所陈开利、西南交通大学结构所张开敬校。

铁道部专业设计院
工程建设标准规范管理处

1990年1月

序

土木学会混凝土标准规范是由土木学会混凝土委员会制定的。

混凝土委员会于1930年以混凝土调查会（大河户宗治任委员长）开始，经历了吉田德次郎委员长（1948~1960）、国分正胤委员长（1960~1982），于1982年成立土木学会混凝土委员会，直至今日。

1974年修改的混凝土标准规范，曾经于1980年再次修改并一直延用到现在，这次在许多方面都作了修改，并作为1986年制定的混凝土规范出版发行。修改背景大致如下：

1. 吸收极限状态设计法的时机已经成熟。
2. 材料、施工技术取得了显著进步。
3. 环境保护、省力、省资源等等社会要求越来越强烈。

特别是在高度发展时代将混凝土结构的耐久性问题，作为一个深刻的问题提出。

考虑上述因素，这次制定的混凝土标准规范，一个显著特征是修改的条款多。但是，为防止由于大幅度修改带来的混乱，对过去规范中被采用的容许应力设计法仍允许暂时延用。此外，可以预料，混凝土结构的保养管理、维修将来都会成为极其重要的问题，因此把《结构的保养管理(案)》作为附录记载。

考虑到基本修改内容及混凝土技术的不断发展，经修改后的这本规范的内容应能更好地适应需要，因此，有待今后继续努力。混凝土委员会将继续调查研究，愿意承担重任。

经过修改后的这本规范及解说能得以顺利完成，是各位委员共同努力的结果，特别是各位调查主任、干事，在此一并表示深深的谢意。

日本土木学会混凝土委员会

委员长 樋口芳朗

1986年10月

混凝土结构设计规范及解说

目 录

第一章 总 则

1.1 适用范围	1
1.2 名词解释	1
1.3 符号说明	3

第二章 设计的基本内容

2.1 设计目的	9
2.2 设计使用期限	9
2.3 设计条件	9
2.4 设计原则	10
2.5 安全系数和修正系数	11
2.6 设计计算书	13

第三章 材 料

3.1 一般要求	14
3.2 混凝土	15
3.2.1 强 度	15
3.2.2 设计强度	16
3.2.3 疲劳设计强度	17
3.2.4 应力—应变曲线	18
3.2.5 弹性模量	19
3.2.6 泊桑比	19
3.2.7 热特性	20
3.2.8 干燥收缩	20
3.2.9 徐 变	22
3.3 钢 材	25
3.3.1 强 度	25
3.3.2 设计强度	25
3.3.3 疲劳设计强度	26
3.3.4 应力—应变曲线	27

3.3.5 弹性模量	27
3.3.6 泊桑比	27
3.3.7 热膨胀系数	28
3.3.8 预应力钢筋的松弛率	28

第四章 荷 载

4.1 一般要求	30
4.2 荷载种类	30
4.2.1 恒 载	30
4.2.2 活 载	31
4.2.3 土压力	31
4.2.4 静水压力、流水压力及波力	32
4.2.5 温度影响	32
4.2.6 地震影响	33
4.2.7 风荷载	33
4.2.8 雪荷载	33
4.2.9 预加力	34
4.2.10 混凝土干燥收缩与徐变	34
4.2.11 施工荷载	34
4.2.12 其它荷载	34
4.3 设计荷载	34

第五章 结构分析

5.1 一般要求	36
5.2 内力计算	36
5.2.1 分析承载能力极限状态时的内力计算	36
5.2.2 使用极限状态时的内力计算	37
5.2.3 疲劳极限状态时的内力计算	38
5.2.4 分析抗震性时的内力计算	38

第六章 承载能力极限状态的分析

6.1 一般要求	39
6.2 对弯矩及轴力作用下的安全性分析	40
6.2.1 一般要求	40
6.2.2 设计断面承载力	41
6.2.3 构造细节	42
6.3 抗剪安全性分析	43

6.3.1	一般要求	43
6.3.2	细长构件的设计剪力	44
6.3.3	细长构件的设计抗剪强度	45
6.3.4	扁平构件的设计冲剪强度	49
6.3.5	受面内荷载作用的扁平构件设计内力	51
6.3.6	受面内荷载作用的扁平构件的设计极限强度	51
6.3.7	设计剪切传递承载力	52
6.3.8	构造细节	52
6.4	抗扭安全性分析	53
6.4.1	一般要求	53
6.4.2	无抗扭加强筋时设计抗扭强度	54
6.4.3	有抗扭加强筋时设计抗扭强度	57
6.4.4	构造细节	60
6.5	对刚体稳定的安全性分析	62

第七章 使用极限状态的分析

7.1	一般要求	64
7.2	应力计算	64
7.3	裂缝分析	64
7.3.1	一般要求	64
7.3.2	环境条件的区分	65
7.3.3	容许裂缝宽度	66
7.3.4	弯曲裂缝分析	66
7.3.5	剪切裂缝分析	68
7.3.6	扭转裂缝分析	69
7.3.7	构造细节	70
7.4	位移及变形分析	70
7.4.1	一般要求	70
7.4.2	容许位移及变形量	71
7.4.3	位移及变形量的分析	71
7.5	振动分析	72

第八章 疲劳极限状态的分析

8.1	一般要求	73
8.2	疲劳分析	73
8.3	交变荷载时的应力计算	74
8.4	无抗剪钢筋的构件的疲劳强度	75

第九章 抗震分析

9.1 抗震设计原则	76
9.2 模拟地震及极限状态	76
9.3 地震影响	77
9.4 荷载组合及安全系数	80
9.5 抗震结构计划	80
9.6 结构分析	81
9.7 抗震结构的构造细节	82
9.7.1 一般要求	82
9.7.2 环箍筋	83
9.7.3 箍筋	83
9.7.4 受拉钢筋的张拉锚固区	84

第十章 一般构造细节

10.1 一般要求	85
10.2 钢筋保护层	85
10.3 钢筋间距	87
10.4 钢筋弯曲形状	88
10.4.1 标准弯钩	88
10.4.2 轴向钢筋	89
10.4.3 箍筋与环箍钢筋	89
10.4.4 其它钢筋	89
10.5 钢筋的锚固	90
10.5.1 一般要求	90
10.5.2 钢筋锚固长度的计算位置	91
10.5.3 钢筋锚固长度	93
10.5.4 基本锚固长度	94
10.6 钢筋的接头	95
10.6.1 一般要求	95
10.6.2 搭接接头	95
10.7 倒角	96
10.8 外露面的加强钢筋	96
10.9 反力集中点的加固	97
10.10 开口处四周的加固	97
10.11 连接缝	97
10.12 伸缩缝	97

10.13	水密性结构	98
10.14	排水及防水工程	98
10.15	混凝土表面的防护	98
10.16	梁 腋	98

第十一章 预应力混凝土

11.1	一般要求	99
11.2	预加力	99
11.3	使用极限状态分析	103
11.3.1	弯矩及轴力分析	103
11.3.2	剪切与扭转的分析	104
11.4	承载能力极限状态分析	105
11.5	疲劳极限状态分析	105
11.6	施工阶段的分析	106
11.7	应力计算	107
11.7.1	由于弯矩及轴力而引起的应力计算	107
11.7.2	由于剪切而引起的主拉应力的计算	107
11.8	构造细节	108
11.8.1	预应力钢筋	108
11.8.2	最小用钢量	111
11.8.3	附加钢筋	111
11.8.4	接 缝	112

第十二章 劲性钢筋混凝土

12.1	适用范围	114
12.2	劲性钢筋混凝土应具备的一般事项	114
12.3	结构形式分类	114
12.4	设计方法	115
12.4.1	钢材的选择	115
12.4.2	安装应力	115
12.4.3	设计计算方法	115
12.5	关于承载能力极限状态的分析	115
12.5.1	弯矩及轴力	115
12.5.2	抗剪能力	116
12.5.3	抗扭能力	117
12.6	使用极限状态的分析	117
12.6.1	裂缝的分析	117

12.6.2 劲性钢骨架与混凝土的整体性分析	118
12.7 疲劳极限状态的分析	118
12.8 安装时的分析及安装主体结构分析	118
12.9 接合部的设计	118
12.10 构造细节	119
12.10.1 钢材的最大用量与最小用量	119
12.10.2 保护层	119
12.10.3 劲性钢骨架的连接及其端部处理	119
12.10.4 钢筋的接头及固定	120
12.10.5 钢筋与劲性钢骨架的间距	120

第十三章 构件的设计

13.1 板	121
13.1.1 一般要求	121
13.1.2 跨 度	121
13.1.3 集中荷载的分布密度	122
13.1.4 抗弯分析	122
13.1.5 抗剪分析	123
13.1.6 单向板	123
13.1.7 双向板	125
13.1.8 悬臂板	125
13.1.9 斜向板	126
13.1.10 圆形板	128
13.1.11 构造细节	128
13.2 梁	129
13.2.1 一般要求	129
13.2.2 跨 度	129
13.2.3 T 形梁受压翼缘的有效宽度	130
13.2.4 简支梁	131
13.2.5 连续梁	131
13.2.6 构造细节	132
13.2.7 深 梁	132
13.2.8 牛 腿	134
13.3 柱	135
13.3.1 一般要求	135
13.3.2 细长比	136
13.3.3 箍筋柱	136

13.3.4	螺旋筋柱	136
13.3.5	钢筋接头	137
13.4	墙	137
13.4.1	一般要求	137
13.4.2	抗震墙	138
13.4.3	构造细节	139
13.5	刚架	139
13.5.1	一般要求	139
13.5.2	结构分析	139
13.5.3	构造细节	141
13.6	拱	141
13.6.1	一般要求	141
13.6.2	结构分析	142
13.6.3	构造细节	143
13.7	薄壳	143
13.7.1	一般要求	143
13.7.2	结构分析	144
13.7.3	构造细节	144
13.8	无梁板结构	145
13.8.1	一般要求	145
13.8.2	结构分析	145
13.8.3	板与柱接头处的设计	146
13.8.4	构造细节	146
13.9	基础	147
13.9.1	一般要求	147
13.9.2	结构分析	147
13.9.3	抗弯分析	148
13.9.4	抗剪分析	149
13.9.5	冲压剪切分析	150
13.9.6	拉拔剪切分析	150
13.9.7	构造细节	152
13.10	工厂制品	152
13.10.1	一般要求	152
13.10.2	荷载	152
13.10.3	容重	152
13.10.4	混凝土的干燥收缩与徐变	152
13.10.5	钢筋间距	153

13.10.6 保护层.....	153
13.10.7 预应力钢筋的松弛率.....	153

第十四章 容许应力设计法

14.1 一般要求	154
14.2 设计计算	154
14.2.1 结构应力计算假定	154
14.2.2 剪应力	155
14.2.3 斜向受拉钢筋	156
14.2.4 冲压剪切应力	157
14.2.5 粘着应力	157
14.3 钢筋混凝土的容许应力	158
14.3.1 混凝土的容许应力	158
14.3.2 钢筋的容许应力	161
14.3.3 温度变化、收缩、地震影响及临时荷载时的容许应力	162
14.4 无筋混凝土的容许应力	163
14.5 一般构造细节	163
14.6 构件设计	163

第一章 总 则

1.1 适用范围

本设计规范是适用于按照极限状态设计法设计混凝土结构的一般标准。但第十四章叙述的是容许应力设计法。

【解说】 本规范是适用于普通混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土及劲性钢筋混凝土结构设计方面的一般标准。在设计各种不同结构时，仅按本规范的条款有时是不够的，特别是对某些特殊情况，本规范的条款可能不一定合适。因此，在保证安全的前提下，可不按本规范的条款设计，采用科学方法（如模型试验、高精度分析等）进行设计，但必须严格遵守本规范的宗旨，按实际情况设计。

本规范以极限状态设计法为标准进行合理设计，为尊重现实，在第十四章中编入了容许应力设计法。

以本规范中完全没有涉及的特殊材料及方法为对象，由土木学会制定了下列建议，今后还将根据需要制定相应的建议。通过这些建议使本规范得到补充完善。

各种预应力混凝土施工方法的设计施工建议（草案）	1966年～1974年
海洋混凝土结构设计施工建议（草案）	1976年
高炉矿渣碎石混凝土设计施工建议（草案）	1978年
膨胀混凝土设计施工建议（草案）	1979年
高强度混凝土设计施工建议（草案）	1980年
使用镀锌钢筋的钢筋混凝土设计施工建议（草案）	1980年
钢筋接头建议	1982年
高炉矿渣细骨料混凝土设计施工建议（草案）	1983年
钢纤维混凝土设计施工建议（草案）	1983年
钢筋接头建议（之二）	1984年
人造轻骨料混凝土设计施工手册	1985年
采用涂环氧树脂钢筋的钢筋混凝土设计施工建议（草案）	1986年

1.2 名词解释

本规范名词解释如下。

设计使用期限——结构或构件以充分发挥设计要求的使用功能为目的的使用时间。

承载能力极限状态——结构或构件发生破坏或发生倾斜、压曲、大变形等，使结构或构件处于失去稳定，丧失功能的状态。

使用极限状态——结构或构件发生过宽的裂缝、位移、变形、振动等影响使用寿命使其成为不能正常使用的状态。

疲劳极限状态——结构或构件受交变荷载反复作用而出现的疲劳破坏状态。

荷载——引起结构或构件应力及变形增减的原因。

永久荷载——荷载的大小基本不变或变化比例很小，小到可忽略不计的荷载。

可变荷载——荷载的大小变化频繁或连续发生且变化比例大的荷载。

偶然荷载——在结构或构件的设计使用期间基本不发生，一旦发生将给予重大影响的荷载。

材料强度特征值——按规定的试验方法进行材料强度试验，并估计试验值的误差，试验值低于某特定值的概率为一定值时，此特定值称为材料强度的特征值。

荷载标准值——它与荷载特征值不同，它是根据其它规范或规定确定的荷载值。

荷载公称值——它与荷载特征值不同，有关的规范中虽没有规定，但是一种惯用的荷载值。

材料强度标准值——它与材料强度的特征值不同，它是根据其它规范或规定而确定的材料强度值。

设计标准强度——作为设计的标准强度，混凝土取其抗压强度的特征值。

材料系数——考虑材料强度变异、试件与结构之间的材料特性的差别，材料特征影响其极限状态，材料特征随时间发生变化等原因而采用的安全系数。

荷载系数——考虑荷载特征值变异、荷载的计算方法不准确、荷载特征对极限状态的影响、环境变化等原因而采用的安全系数。

结构系数——考虑结构的重要程度，达到极限状态时的社会影响等而采用的安全系数。

结构分析系数——考虑计算内力时结构分析精度不可靠等而采用的安全系数。

构件系数——考虑计算构件强度不准确及构件尺寸误差的影响，构件的重要程度，即某一构件达到临界状态时对整个结构的影响等而采用的安全系数。

荷载组合系数——考虑荷载同时作用所产生的概率而采用的系数。

荷载修正系数——将荷载标准值或公称值转化成特征值而采用的系数。

材料修正系数——将材料强度的标准值转化成特征值而采用的系数。

设计荷载——各种荷载的特征值与各自的荷载系数相乘，并用荷载组合系数组合的荷载合计值。

设计强度——材料强度的特征值除以材料系数而得到的值。

设计断面内力——设计荷载产生的内力乘结构分析系数而得到的值。

设计断面强度——用材料系数除按材料强度计算出的断面强度而得到的值。

线性分析——假定材料的应力—应变曲线为线性关系，采用忽略由变形产生的二次效应的一次弹性理论分析方法。

主筋——为满足各种极限状态，通过计算而配置的钢筋。

正弯矩钢筋——抵抗正弯矩的主筋。

负弯矩钢筋——抵抗负弯矩的主筋。

分布钢筋——以改善应力分布为目的，一般与正负弯矩钢筋成直角配置的钢筋。

抗剪钢筋——抵抗剪力的钢筋。

箍筋——套箍正、负弯矩钢筋的钢筋，通常垂直或接近垂直地布置。

弯起钢筋——向上或向下弯曲的正负弯矩钢筋。

环箍筋——固定轴向钢筋并按一定间距配置的钢筋。

螺旋筋——按螺旋状框固轴向钢筋的环状箍筋。

附加钢筋——防止由于应力集中、温度及收缩产生裂缝的钢筋。

预应力钢筋——主要是为了施加预应力的高强度钢筋。

孔道——后张法预应力混凝土构件中为放置预应力钢筋而预留的孔道。

锚具——把预应力钢筋端部锚固，用以对构件预施应力的装置。

连接器——为预应力钢筋间的联结或锚具间的联结而采用的装置。

先张法——张拉预应力钢筋后浇注混凝土，混凝土硬化后，通过预应力钢筋与混凝土的粘结把张拉力传给混凝土来施加预应力的方法。

后张法——混凝土硬化后，张拉预应力钢筋，通过端部锚头对构件混凝土施加预应力的方法。

有效高度——从构件受压区边缘到正弯矩或负弯矩钢筋断面形心位置的距离。

受拉钢筋配筋率——受拉钢筋面积与混凝土有效面积之比。有效面积是有效高度和翼缘宽度的乘积。

受压钢筋配筋率——受压钢筋面积与混凝土有效面积之比。

平衡配筋率——在受拉钢筋达到设计屈服强度的同时，混凝土受压缘的应变也达到极限压应变的断面受拉钢筋配筋率。

钢筋锚固长度——为传递钢筋应力所必须的钢筋埋入长度。

间距——相邻钢筋或孔道间的净间距。

保护层——钢筋或孔道的表面到混凝土表面的最小距离。

净跨度——梁或板中支座前边缘间的距离。

单向板——两边被支承的矩形板。

双向板——四边被支承的矩形板。

深梁——与跨度相比梁高较大的梁。

牛腿——从柱的前端到荷载作用位置之间的距离与梁高之比小于1的悬臂梁。

柱——竖直或接近竖直的构件，其长度是其横断面最小尺寸3倍以上者。

1.3 符 号 说 明

本规范有关结构设计计算符号规定如下。

A: 断面积

A_s: 受压面积

A_c: 混凝土断面积

A_m : 受扭有效断面积
 A_s : 钢筋断面积或受拉侧钢筋断面积
 $A_{s,c}$: 计算所必需的钢筋断面积
 $A_{s,l}$: 受拉侧劲性钢筋的断面积
 $A_{t,l}$: 起抗扭加固作用的轴向钢筋断面积。
 $A_{t,v}$: 起抗扭加固作用的横向单根钢筋断面积
 A_v : 每一组抗剪钢筋的断面积
 a_v : 荷载作用点到支座的距离
 b : 构件宽度
 b_e : 有效宽度
 b_0 : 横向钢筋的短边长度
 b_w : 构件腹部宽度
 C'_d : 作用在混凝土单位宽度上斜向压力
 c : 保护层
 c_{min} : 最小保护层
 c_0 : 标准保护层
 c_s : 钢筋的中心距
 d : 有效高度
 d_0 : 对圆形断面是被螺旋包围着的混凝土断面直径; 对矩形断面是箍筋长边的长度;
 E_c : 混凝土弹性模量
 E_p : 预应力钢筋弹性模量
 E_s : 普通钢筋弹性模量
 F : 荷载
 F_k : 荷载特征值
 F_n : 荷载标准值
 F_p : 永久荷载
 F_r : 可变荷载
 f : 材料强度
 f'_c : 混凝土抗压强度
 f_b : 混凝土抗弯强度
 $f_{b,c}$: 混凝土与钢筋的粘结强度
 f'_c : 混凝土抗压强度
 f_k : 材料强度特征值
 $f'_{k,c}$: 混凝土抗压强度特征值, 设计基本强度
 $f_{l,r}$: 轴向抗扭加强钢筋的屈服强度
 f_n : 材料强度的标准值
 $f_{p,s}$: 预应力钢筋抗拉强度
 $f_{p,r}$: 预应力钢筋屈服强度