

钢与钢筋混凝土 组合结构

李赋英 温宛月 李纪纲 吴连修
译 著

GANGYUGANGJIN
HUNNINGTU
ZUHEJIEGOU

陕西科学技术出版社

86.1686

9010777

钢与钢筋混凝土

组合结构

李赋苏

江苏工业学院图书馆

温施月

王纪纲

果连修

译

藏

书

章

陕西科学技术出版社

内 容 简 介

本书介绍新型构件—钢与钢筋混凝土组合梁、组合板、组合柱的设计方法和施工要领。实用性较强。出版之际恰逢我国新颁之《钢结构设计规范》GBJ17—88 中首次新增“组合梁”一章内容。而使本书有相得益彰之幸。本书可供土建、机械专业设计施工人员借鉴与使用，供科研、教学参考。

钢与钢筋混凝土

组 合 结 构

李赋英 温宛月 李纪纲 吴连修 译著

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街131号)

西安公路学院印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 4.625印张 9.25万字

1989年7月第1版 1989年7月第1次印刷

印数：1—3000

ISBN7—5369—0639—0/TU29

定价：1.95元

前 言

第一章

“组合结构”在国外已有了广泛发展。1971年在伦敦成立了“组合结构委员会”。该委员会得到国际土木工程协会的直接支持，并有全欧混凝土协会(CEB)、全欧钢结构协会(ECCS)、国际预应力同盟会(FIP)、国际桥梁与建筑工程协会(IABSE)等组织的积极参与。委员会成员有英国、罗马尼亚、瑞士、西班牙、德国、法国、比利时、荷兰、芬兰九个国家的三十多位专家。多年来，他们一直在搜集、探讨各国在“组合结构”方面的实践与发展。每年召开两次会议交流技术成果。于1980年出版了“组合结构”的规范文本(“Composite Structures”)作为各成员国制定有关规范的指导，并在设计实践中得到广泛采用。

根据上述英文版本，结合我国具体情况编译了这本“组合结构”。对这一新型结构的设计理论及方法尽可能地作出全面介绍，以期能为我国设计、施工方面提供借鉴，为科研、教学提供参考。

目 录

第一章 概 论.....	(1)
§ 1—1 概述.....	(1)
§ 1—2 范围.....	(1)
§ 1—3 安全评价.....	(1)
第二章 定义与符号.....	(2)
§ 2—1 定义.....	(2)
§ 2—2 符号.....	(3)
第三章 设计概论.....	(4)
§ 3—1 概述.....	(4)
§ 3—2 极限状态.....	(4)
§ 3—3 作用力.....	(5)
§ 3—4 材料特性.....	(7)
§ 3—5 分项系数法.....	(7)
§ 3—6 承载能力极限状态的设计.....	(8)
§ 3—7 正常使用极限状态的设计.....	(10)
§ 3—8 设计抗力.....	(11)
§ 3—9 静平衡.....	(11)
§ 3—10 预应力结构.....	(12)

第四章 组合梁的结构分析.....(14)

§ 4—1 概述.....(14)

§ 4—2 正常使用极限状态下弯矩和垂直 剪力的分布.....(14)

§ 4—3 承载能力极限状态下弯矩和垂直 剪力的分布.....(15)

第五章 组合梁的横断面设计.....(19)

§ 5—1 横断面有关定义.....(19)

§ 5—2 紧密梁与细长梁的定义.....(21)

§ 5—3 承载能力极限状态下的紧密梁.....(22)

§ 5—4 承载能力极限状态下的细长梁.....(23)

§ 5—5 正常使用极限状态.....(26)

第六章 组合梁的剪切连接设计概论.....(29)

§ 6—1 剪切连接器的特性.....(29)

§ 6—2 剪切连接器的设计强度.....(30)

§ 6—3 剪切连接器详述.....(40)

§ 6—4 剪切连接器试验.....(46)

§ 6—5 摩擦紧固螺栓.....(50)

第七章 剪切连接设计—承载能力极限状态.....(54)

§ 7—1 临界横断面.....(54)

§ 7—2 每个连接器的最大负荷.....(55)

§7—3	纵向剪切	(56)
§7—4	完全剪力连接	(56)
§7—5	局部剪力连接	(57)
§7—6	横向钢筋	(61)
第八章 剪切连接设计—正常使用极限状态 (65)		
§8—1	纵向剪力	(65)
§8—2	每个连接器的最大负荷	(65)
§8—3	设计要求—静载	(65)
§8—4	疲劳设计	(66)
第九章 温度、收缩和蠕变 (68)		
§9—1	温度影响	(68)
§9—2	收缩和蠕变	(70)
第十章 裂缝控制概述 (71)		
第十一章 偏差 (72)		
§11—1	概述	(72)
§11—2	偏差的计算	(72)
§11—3	不完全连接简支梁的偏差	(73)
§11—4	偏差的界限	(73)
第十二章 组合结构中的预应力板 (75)		

§ 12—1 概述..... (75)

§ 12—2 预应力的方法..... (75)

§ 12—3 极限状态的要求..... (76)

§ 12—4 裂缝的控制..... (77)

第十三章 摆动.....(78)

§ 13—1 概述..... (78)

§ 13—2 房屋用梁..... (78)

§ 13—3 桥梁用梁..... (78)

第十四章 用装配式板的组合梁.....(79)

§ 14—1 概述..... (79)

§ 14—2 钢梁与混凝土板之间的结合..... (79)

§ 14—3 剪力连接..... (79)

§ 14—4 横向加强筋..... (80)

§ 14—5 薄混凝土层..... (80)

§ 14—6 收缩和蠕变..... (80)

第十五章 用钢板成形的组合楼板.....(82)

§ 15—1 范围..... (82)

§ 15—2 材料..... (84)

§ 15—3 设计方法—模板法..... (86)

§ 15—4 组合板的设计和实验..... (87)

第十六章 组合柱.....(97)

§ 16—1 范围..... (97)

§ 16—2	材料.....	(97)
§ 16—3	组合柱的横断面.....	(98)
§ 16—4	传荷能力分析.....	(102)
§ 16—5	设计方法.....	(103)
§ 16—6	所提供的机械剪切连接.....	(117)
§ 16—7	正常使用极限状态.....	(118)

第十七章 房屋用的框架结构 (119)

第十八章 工艺和施工 (120)

§ 18—1	职责.....	(120)
§ 18—2	施工顺序.....	(120)
§ 18—3	钢结构的可靠性.....	(121)
§ 18—4	施工期的支撑条件.....	(122)
§ 18—5	施工期间温度的影响.....	(122)
§ 18—6	预应力索的锚固.....	(122)
§ 18—7	施工精度和材料质量控制.....	(123)
§ 18—8	剪力连接器.....	(123)
§ 18—9	预制混凝土板作组合梁的翼缘.....	(125)
§ 18—10	用钢板成形的组合楼板.....	(125)
§ 18—11	柱的施工.....	(126)

附 例题 (127)

第一章 概 论

§ 1—1 概 述

组合结构是介于钢结构和钢筋混凝土结构之间的一种新型结构型式。这种构件是将钢筋混凝土(或预应力钢筋混凝土)元件与钢元件借剪切连接器件机械地内联成为整体,共同抵抗荷载。例如以钢板成形的钢筋混凝土板(见第十五章);以钢筋混凝土板为翼缘与型钢梁结合而成的组合梁;以型钢为骨架与钢筋混凝土结合而成的组合柱(见第十六章)等等。这些构件在房屋、桥梁等建筑中综合了钢结构和钢筋混凝土结构的特点,使结构特性得到很大改善。

§ 1—2 范 围

本书涉及的范围一般是现浇混凝土构件。但也考虑了预制混凝土板的组合梁以及预应力组合结构。

§ 1—3 安全评价

结构安全可靠评价,与我国现行1985年元月颁布的“建筑结构设计统一标准 GBJ68—84(试行)”中规定的原则一致,对构件采用以概率理论为基础的极限状态设计方法即以“可靠度指标”度量可靠性。以分项系数设计表达式作为基本的设计表达式。(见本书 § 3—5)

第二章 定义与符号

§ 2—1 定 义

一、“极限状态”的定义

结构或其构件不能继续满足设计所规定的功能，此状态即极限状态。极限状态分为以下两类。

(一)承载能力极限状态：结构或其构件不能承受进一步增加荷载的状态(参见我国“GBJ68—84”的第2.02条)。

(二)正常使用极限状态：结构或其构件不能满足设计规定的正常使用要求。

二、“结构可靠度”

结构在规定的时期内和在规定的条件下，完成预定功能的概率称为结构可靠度。它是结构可靠性的概率度量。(参见GBJ68—84第1.04条)。

三、“分项系数”

将单一安全系数转化为各项分项系数，以便建立极限状态设计表达式(参见GBJ68—84中附件四及第5.01条)。分项系数是根据下列原则经优选确定的：在各项标准值已给定的

前提下选取一组分项系数，使按极限状态设计表达式设计的各种结构构件所具有的“可靠性指标”与规定的可靠性指标之间在总体上误差最小。

四、“制约程度”

分为“全制约”与“局部制约”。

若组合梁的混凝土板和钢梁之间结合得很好，不发生相对滑动，即为“全制约”；若有滑动，引起应变的不连续性，则为“局部制约”。

事实上总是发生某些滑动的。当设计证明它对安全的影响可以忽略时，就以“全制约”看待。

五、“剪切连接的程度”

例如在组合梁中，混凝土板与钢梁是依靠剪切连接器结合在一起的。若在梁的长度方向进一步增加“连接器”时，横断面上的强度不再增加，此梁便获得完全剪力连接。若提供的连接器数量少于完全剪力连接所需要的数量时，则属于局部剪力连接。

§ 2—2 符 号

本书所用符号尽量与我国现行“建筑结构设计统一标准 GBJ68—84(试行)”相一致。

第三章 设计概论

§ 3—1 概 述

目前世界上多数国家的设计规范都是按极限状态进行设计的。各国都试图用数理统计及概率作为解决结构安全度的准则。将以往主要依靠经验的方法转变为采用概率的分析方法。从世界各国研究安全度的动向来看，明显地趋向于在一国之内，甚至在国际间尽量使结构设计标准向这个统一方向发展，以扩大标准化范围。

组合结构的设计原则与我国1985年颁发的“建筑结构设计统一标准”GBJ68—84中的安全度准则一致。我国这个“统一标准”所确定的原则必将使我国各有关规范面临更新换代，统一采用以概率论为基础的极限状态设计方法以及以结构可靠度作为安全评价准则。这已势在必行。因此，本书所介绍的内容将有助于国内同行们了解上述势态并为具体使用提供参考。

§ 3—2 极限状态

极限状态有二个范畴，承载能力极限状态和正常工作极限状态。

一、承载能力极限状态

当结构或构件出现下列状态之一时，即认为超过了承载能力极限状态：

1. 整个结构或构件的一部分作为刚体失去平衡（如倾覆）。
2. 结构构件或连接件，因材料强度被超过而破坏（包括疲劳破坏）。或因过度疲劳变形而不能够继续承载。
3. 结构转变为机动体制。
4. 结构或构件丧失稳定（如压屈等）。

二、正常使用极限状态

当结构或构件出现下列状态之一时，即认为超过了正常使用的极限状态：

1. 影响正常使用或发生影响外观的变形。
2. 影响正常使用或耐久性能的局部损坏（包括裂缝）。
3. 影响正常使用的震动。
4. 影响正常使用的其它特定状态。

局部压屈或疲劳损坏的后果，如果能用修复来补救，则为正常使用极限状态。

§ 3—3 作用力

1. 永久作用力 G

在设计基准期内（计算结构可靠度采用的设计基准期 T 可取为50年），其值不随时间变化，或其变化与平均值相比

可以忽略不计。如：结构自重、土压力、预加应力、基础沉降、焊接等等。

2. 可变作用力 Q

在设计基准期内其值随时间变化，且其变化与平均值相比不可忽略。如：安装荷载、楼面活荷载、风荷载、雪荷载、吊车荷载、温度变化、地震等。

3. 偶然作用力。

在设计基准期不一定出现，而一旦出现其量值很大且持续时间较短。如：地震、爆炸、撞击等。

结构设计时，应根据各种极限状态的要求采用不同的荷载代表值：永久荷载以其标准值作代表值；可变荷载应采用标准值、组合值或准永久值作代表值。

荷载自重的标准值 G ，按设计尺寸与材料标准容量计算。可变荷载的标准值 Q ，应根据作用力在设计基准期最大荷载概率分布的某一分位数确定。

荷载组合值 $\psi_c Q$ ，是当结构承受两种或两种以上的可变荷载时，按承载能力极限状态基本组合设计，及正常使用状态按短期效应组合设计可采用的变荷载代表值。

荷载准永久值是根据在设计基准期内荷载达到和超过该值的总持续时间 T_s 与设计基准期 T 的比值来确定。

以上各种的取值方法及大小，在GBJ(68—84)的27页之“三”中有详细说明。

承载能力极限状态时采用的各种偶然作用代表值，根据观测和试验数据或工程经验，经综合分析判断确定。

§ 3—4 材料特性

材料性能的标准值 f_k 是结构设计时采用材料性能 f 的基本代表值。它是设计表达式中材料性能的设计取值，也是生产中控制材料性能质量的主要依据。

材料性能标准值根据材料性能的概率分布的某一分位数确定。用GBJ68—84规定：

$$f_k = \mu_f - 1.645\sigma_f$$

μ_f 和 σ_f 是材料性能的概分分布的平均值和均方差。

§ 3—5 分项系数法

长期以来，人们已习惯于采用基本变量的标准值（如标准荷载、材料标准强度等）和安全系数（如荷载系数、材料强度系数等）进行结构构件设计。考虑到这一习惯并为了应用上的简便，有必要将极限状态方程转化为以基本变量标准值和分项系数形式表达的极限状态设计表达式。

一、设计荷载效应的确定

在计算每一个构件和横断面的最不利影响时，应考虑荷载的不同组合。

荷载与荷载效应之间的关系是线性的，设计荷载效应 S_k ，由荷载的代表值*计算得出。有以下等式：

$$S_k = \gamma_G S(G) + \gamma_P S(P) + \gamma_Q S(Q_{1k}) + \sum_{i>1} \psi_{0i} Q_{ik} \quad (3-1)$$

注*代表值：静载，以其标准值为代表值；可变载，以其标准值、组合值、标永久值为代表值。

式中:

$S(\cdot)$ —结构构件的荷载效应函数, 即内力函数 $S(G)$ 、 $S(P)$ 等等。

G —永久荷载的标准值

P —预应力的标准值

Q_{1i} —第一个可变荷载及其它第 i 个可变荷载的标准值。 Q_{1i} 的效应大于其它。

γ_1 —永久荷载分项系数, 一般情况下用 1.2。

γ_p —预应力分项系数 0.9~1.2。

γ_i —可变荷载分项系数, 一般取 1.4。

Ψ_{0i} —可变荷载组合系数。一般取 0.6~1.0

二、附加安全因素

如果作用效应受到外界不利因素的强烈影响, 如意外的偏心引起的挤压或扭转; 自重变化超过了与公差极值有关的典型值等, 则应在 (3—1) 式中增加一项附加安全因素 δ_s 。

δ_s 可以是:

1. 一个附加作用力或是产生的几何缺陷。例如自重增加或是支承面移动。

2. 一个附加作用效应。例如在反弯点处增加弯矩, 或是在计算剪力为零处增加剪力。

§ 3—6 承载能力极限状态的设计

一、设计原则

对于所考虑的设计元件, 在其不同的横断面上, 用通过