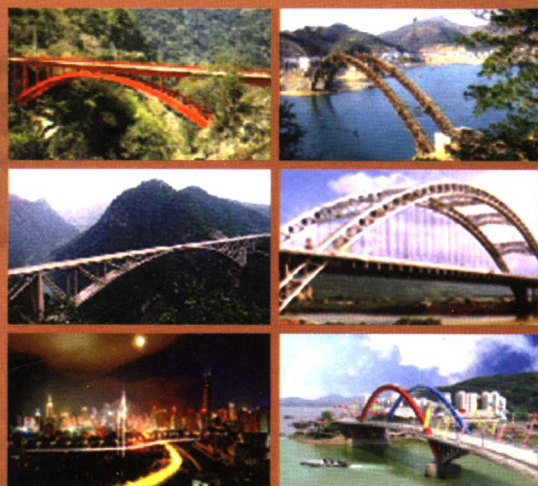




钢—混凝土组合结构的 应力重分布与蠕变断裂

陈德坤 著

钢—混凝土组合结构的应力重分布与蠕变断裂

同济大学出版社

钢-混凝土组合结构的 应力重分布与蠕变断裂

陈德坤 著

同济大学出版社

内 容 提 要

本书是在上海市高等学校科学技术发展基金资助项目研究的基础上,参阅国内外系列资料以及作者多年来的研究和最新成果写成。基本内容包括:研究组合结构蠕变断裂必备的基础理论知识;持续荷载作用下组合结构的时空应力重分布规律的分析计算及其蠕变断裂机理分析和延迟蠕变断裂判别准则。

全书共分七章。本书的特点是:内容上,基础理论与应用研究相结合,普及与提高相结合。方法上,从工程应用观点出发,作了一些简化,将时空问题处理为空间问题、平面问题,将粘弹性裂纹问题转化为线弹性裂纹问题;技巧上,经独特处理,应用 office 2000 Excel 软件电子表格计算全部结果,包括解复杂的超越方程组并可作反分析,预测结构寿命。

本书可作为大学本科高年级学生、研究生的教学参考用书;亦可作为土建结构工程科技人员、高校有关专业科研人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

钢-混凝土组合结构的应力重分布与蠕变断裂/陈德坤著.

—上海:同济大学出版社,2006.4

ISBN 7-5608-3215-6

I. 钢… II. 陈… III. ①钢结构:混凝土结构:
组合结构—应力—分布②钢结构:混凝土结构:组合结
构—蠕变③钢结构:混凝土结构:组合结构—断裂
IV. TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 156878 号

钢-混凝土组合结构的应力重分布与蠕变断裂

陈德坤 著

责任编辑 解明芳 责任校对 徐春莲 封面设计 李志云

出 版	同济大学出版社
发 行	(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)
经 销	全国各地新华书店
印 刷	同济大学印刷厂印刷
开 本	787mm×960mm 1/16
印 张	12 彩插 1 页
字 数	240 000
印 数	1—2 100
版 次	2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 7-5608-3215-6/TU·656
定 价	26.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换



四川旺苍县东河桥



广西六景郁江大桥



贵州北盘江铁路桥



贵州剑河桥



贵州江界河大桥



红桂路曲线斜拉桥夜景



威坪钢管拱桥



武汉白沙洲长江大桥



武汉江汉三桥



丫髻沙大桥夜景



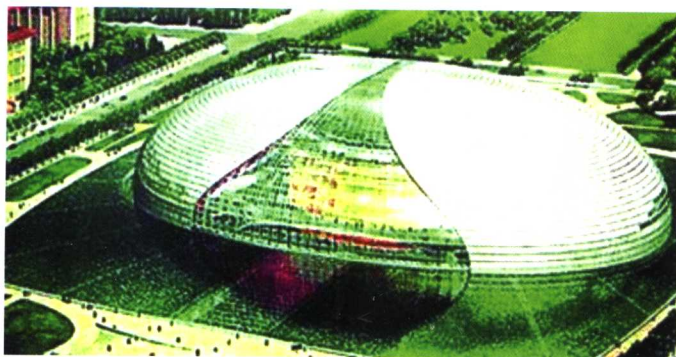
盐城桥



鸳鸯江大桥



深圳彩虹（北站）大桥

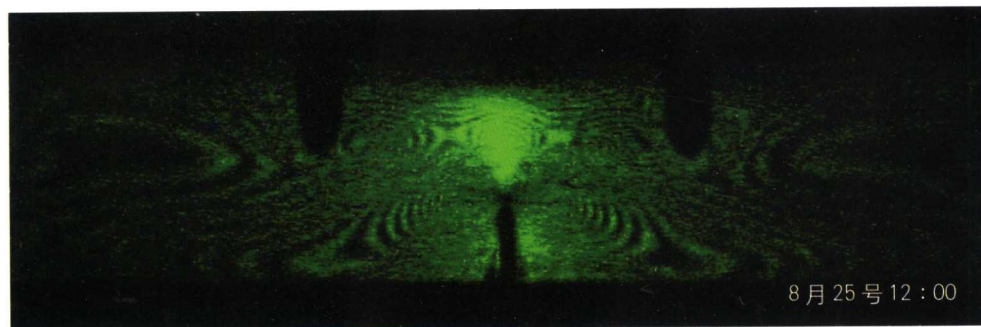
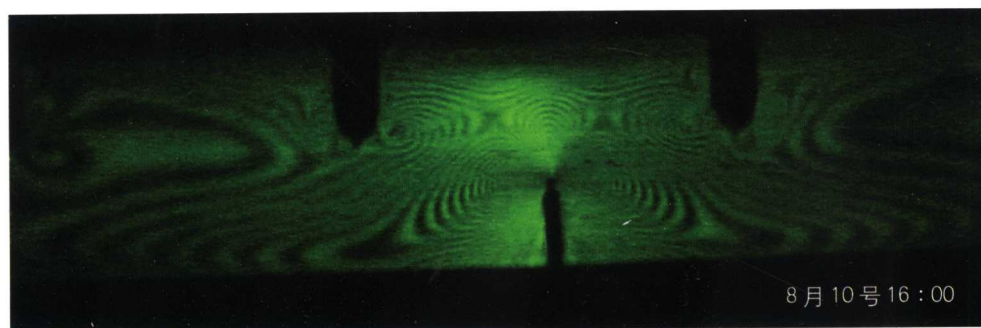


国家大剧院效果图



0号断面钢梁安装

模型照片



序

《钢-混凝土组合结构的应力重分布与蠕变断裂》专著是由陈德坤教授总结近年来科学研究成果编写而成的。

随着我国经济建设的加速发展,在近 20 年来建造了不少的大型桥梁和高层建筑。由于组合梁能充分发挥钢与混凝土两种材料的力学性能,特别在桥梁工程中获得广泛的应用。正由于组合结构的应用方兴未艾,问题和矛盾却不断涌现。考虑蠕变断裂是结构强度设计方面的一个关键,因此,探索组合结构的应力重分布与蠕变断裂具有深刻的理论意义和应用价值。

一般构件发生断裂,不是在施加载荷时立即发生,而是在经历一段时间后才开始断裂,它属于流变断裂学的研究范畴。流变断裂学研究两类问题:第一类问题是结构材料制作时存在裂纹缺陷,而蠕变则加剧裂纹扩展而导致断裂;第二类问题是结构的蠕变断裂可能是由于结构材料的蠕变发展而导致断裂。这两类研究成果,在这本专著中均有详尽的阐述。

第一类问题,对于裂纹体的蠕变断裂研究,陈德坤教授把裂纹体抽象为理想线粘弹性裂纹体,利用“粘弹对应性原理”将线弹性裂纹体的解答作为线粘弹性裂纹体在拉普拉斯变换空间中的解答,取其解答的拉普拉斯逆变换,便得到线粘弹性裂纹体的解,从而得到线粘弹性裂纹体的应力强度因子。

由于粘弹性裂纹体的失稳断裂破坏,不仅与应力有关,而且与位移有关,因此,能量释放率 $G(t)$ 判据更具普遍性。作者从能量平衡基本方程出发,详细导出了线粘弹性裂纹体能量释放率 $G(t)$ 判据与应力强度因子 $K(t)$ 判据的关系。

第二类问题,对于钢与混凝土的组合结构,由于混凝土有明显的蠕变特性,混凝土的蠕变受到钢的约束而引起应力的重分布。作者采用龄期调整等效模量法,提出了便于实际应用的在持续载荷作用下组合结构应力重分布计算公式。并采用徐变率法作了对比验证。

为了验证作者的理论研究成果,采用光弹性模型试验。利用应力-光学定律,联立 I 型裂纹尖端附近的应力场公式,确定应力强度因子 $K_I(t)$ 和能量释放率 $G_I(t)$;再由相似律确定实型的断裂韧度 K_{Ic} 和临界能量释放率 G_{Ic} ,并检验延迟断裂判据。

为了使读者在阅读过程中容易掌握全书内容,作者在基础篇中全面和简要地阐

述了必要的基本知识和基础理论,包括组合结构的强度设计、线弹性断裂力学和流变学的相关内容。力求重点突出,循序渐进,物理概念清楚。

这本专著内容丰富,研究成果有独特的见解。相信本书对从事工程结构的研究人员、土建工程的设计者具有指导和参考作用。

上海大学 何福保

2005 年 5 月

引 言

一切结构均由一定材料制成,而一切材料均具有不同程度的流变性,并处在外部因素作用或影响下,产生断裂破坏。材料的流变性属于流变学的研究范畴,而(结构的)断裂破坏则属于(流变)断裂力学的研究范畴。

流变断裂涉及流变学与断裂力学的有关知识。

流变断裂包括蠕(徐)变与松弛两方面,但泛指也把流变断裂理解为蠕变断裂。

结构的蠕变断裂可能由于结构材料的蠕变发展,最终导致断裂破坏,也可能是结构材料制作时存在裂纹缺陷,而蠕变过程中裂纹作亚临界扩展,最终导致失稳断裂。前者可称为时效断裂,后者称为蠕变断裂。

时效断裂,蠕变是主因,断裂是结果,蠕变断裂(更确切地说,是裂纹蠕变,作亚临界扩展),裂纹是诱因,蠕变更促进了裂纹的发展,结果也是断裂。总之,蠕变与断裂互为因果,交互影响。

目前,国外关于蠕变断裂的研究涉及蠕变断裂产生的原因,金属材料的蠕变断裂,混凝土材料的蠕变断裂,岩石材料的蠕变断裂等。国内湘潭大学袁龙蔚科研组于20世纪70年代末开国内流变断裂学研究之先河,但二十余年来,国内在这方面研究不多,目前,国内外关于组合结构的蠕变断裂的研究更为罕见。

由型钢与混凝土组合成整体共同发挥作用的组合结构,由于它的优点明显,已越来越多地应用于土建工程和构筑物。但现有的设计理论和方法偏于简化,因此,深入探讨钢-混凝土组合结构在持续载荷作用下的应力重分布与蠕变断裂具有深刻的实际意义和理论意义。

1. 研究内容

本书着重研究裂纹体的蠕变断裂,既然是含裂纹固体,就要研究其力学性态、裂纹扩展规律,这涉及断裂力学的理论和方法。但又要考虑蠕变、时间因素的影响,情况比较复杂。好在对稳态弹性裂纹体,其裂纹尖端前缘塑性区很小,可忽略不计,仍视为弹性体,可用弹性力学方法处理求得弹性解答。类似地,对稳态线粘弹性裂纹体,可假设裂纹尖端前缘区仍是线粘弹性体,于是,可把“粘弹对应性原理”推广、应用于线粘弹性裂纹体,由线弹性裂纹体的弹性解答求得线粘弹性裂纹体的解答,即由稳态弹性裂纹体裂纹尖端前缘区的应力、位移场解答,经拉普拉斯变换得到象空间的“弹性解”,再作拉普拉斯逆变换,乃得线粘弹性裂纹体裂纹尖端前缘区的应力场、位移场解答。

粘弹性裂纹体同样有应力强度因子 $K(t)$ 判据和能量释放率 $G(t)$ 判据,但 $G(t)$ 判据原则上却不能如应力场、位移场那样利用“粘弹对应性原理”直接由弹性裂纹体

的能量释放率求得,这是因为能量释放率是通过应力、位移解答运算而得到的。且 $G(t)$ 与 $K(t)$ 的关系不能像弹性裂纹体那样有 G - K 相联系的等价关系。虽然 $G(t)$ 与 $K(t)$ 不等价,但相差也只是时间因子。

由于粘弹性裂纹体的失稳断裂破坏,不仅与应力有关,且与位移有关,因此 $G(t)$ 判据更具普遍性。而 $G(t)$ 判据可由弹性裂纹体的能量释放率 $G(0)$ 乘以时间因子 $f_i(t)$ 表示,且 $f_i(t)$ 等于应力时间因子 $P_o(t)$ 和位移时间因子 $p_u(t)$ 的乘积。由判别式 $G_i(t) = G_i(0)f_i(t) \leq G_{Kc}$ ($i = \text{I}, \text{II}, \text{III}$), 可确定延迟断裂时刻或长期不断裂。

对于粘弹性体,一般说,应力与应变都是时间的函数,特别,对于钢与混凝土的组合结构,由于混凝土有明显的蠕变性和收缩特性,而相对说,可认为钢在常温下不发生蠕变更无收缩形变问题,这样,混凝土的蠕变受到钢的约束,引起应力重分布,即使外荷载是不变的,应力仍因时而变。书中研究了组合结构应力重分布的规律。由于混凝土在蠕变过程中,其弹性模量 E 也是变化的,使问题变得很复杂,为了适当简化,采用等效弹性模量,由于混凝土因时而老化,也影响弹性模量(徐变系数),引入老化系数调整,故称为龄期调整等(有)效模量法。为了对比并验证结果,又采用徐变率法;计算中需求超越方程组,只能设法求其逼近解。本书特别利用了 Excel 软件提供的“规划求解”功能,有效、便捷地求得超越方程组解答。两种方法的结果十分接近,表明所得应力重分布规律是可靠的,从而把应力及能量释放率均表为时间的函数 $\sigma(t)$ 和 $G(t)$ 。

为了前后连贯和行文方便,把本课题必备和引用的若干相关基础理论知识,包括组合结构、线弹性断裂力学、流变学、流变断裂等基础理论知识等,都作了概要阐释,以便阅读。

2. 研究方法

本课题着重理论探索、研究、综合应用相关学科的理论方法,延拓、结合具体组合结构,作全程应力分析,求得持续荷载作用下组合结构任意断面上应力的时程变化规律,并把断裂与蠕变结合起来,导得结构延迟断裂的理论判据。

但理论结果有待实践检验,起码要试验验证。原型试验条件不具备时,可以考虑缩小的实物模型试验,小模型较易实施,但由于组合结构中含有混凝土板,制作工艺及试验结果精度都大打折扣;若用大模型,则受条件及经费限制,权衡之后,采用光弹模型试验。依据相似理论,制成与原型结构相似的光弹模型,利用偏振光通过受力模型,在光弹仪的成像屏上获得反映内部及边界上各点应力的等差线和显示汇集在裂纹尖端具有不同条纹级数的干涉条纹图;按应力-光学定律,对于 I 型裂纹,联立其尖端附近的应力场公式,建立以形状因子 α_1 为斜率的直线方程,由光弹实测的相关数据可求得 α_1 ,从而确定应力强度因子 K_{I} 值。试验求得模拟组合结构模型的应力强度因子随时间变化的规律;实验确定了材料和结构断裂韧度 $K_{\text{Ic}}(t)$ 。通过模型实验,经相似理论分析,进一步建立、验证原型钢-混凝土组合结构的延期断裂解析表达式,并检验延迟断裂判据。实验表明,断裂参数 $K_{\text{I}}(t)$ 、 $G_{\text{I}}(t)$ 均随时间而变,未达临

界值(裂纹失稳扩展)时,裂纹只作亚临界扩展,张开角度扩大。理论判断和设想与实验测定吻合。

本课题能顺利完成得力于顾绍德研究员的帮助,他指导的研究生张晔同志在他的帮助下完成了延迟应力强度因子等断裂参数的光弹测定和全部数据整理;成书时,补充、修改、完善了第七章中的光弹部分及前言中的相关内容。王肇民教授初审本书,洪善桃教授非常仔细认真地审阅了全书,提出了许多宝贵意见,指正了疏漏。Excel 软件强大功能的技巧应用,得到沈仲辉教授的指点。何福保教授特为本书写了序。本课题的评审和成书得到了赵锡宏教授诚挚的帮助,本书的出版得到了上海一测建设咨询有限公司,同济大学出版社诸同志的支持。谨向以上各位专家、学者、同志们的支持、帮助表示衷心的感谢!

作者

2005 年 11 月

目 录

序	
引 言	
第一章 钢-混凝土组合结构基本知识	(1)
1.1 概述	(1)
1.1.1 组合结构的组合作用	(1)
1.1.2 组合结构的形式	(2)
1.1.3 组合结构的特点和优势	(3)
1.2 组合结构发展概况	(3)
1.3 弹性理论分析设计法	(8)
1.3.1 一般要求	(8)
1.3.2 基本假设	(9)
1.3.3 组合截面几何特征计算	(9)
1.3.4 组合截面的法向应力	(11)
1.3.5 组合梁的切应力	(12)
1.4 塑性理论分析设计法	(13)
1.4.1 一般要求	(13)
1.4.2 基本假定	(14)
1.4.3 组合梁抗弯承载力计算	(14)
1.5 抗剪连接件设计	(16)
1.5.1 连接件的分类与形式	(16)
1.5.2 连接件的承载力	(17)
1.5.3 连接件的布置	(18)
第二章 线弹性断裂力学基本理论	(22)
2.1 概述	(22)
2.1.1 突发断裂机理分析	(22)
2.1.2 线弹性断裂力学发展	(24)
2.1.3 断裂力学的研究方法	(26)
2.2 裂纹失稳扩展的能量准则	(26)
2.2.1 能量释放率与剩余强度	(27)
2.2.2 能量释放率 G 判据	(28)
2.3 裂纹尖端邻近的应力场和位移场	(29)

2.3.1	裂纹的类型	(29)
2.3.2	张开型裂纹前缘的应力和位移场	(30)
2.3.3	滑开型和撕开型裂纹前缘的应力和位移场	(31)
2.4	应力强度因子和断裂判据 K	(32)
2.4.1	应力强度因子	(32)
2.4.2	断裂判据 K	(33)
2.4.3	裂纹尖端极限位置的应力与断裂判据 K 的关系	(34)
2.4.4	K_I 与 G_I 的关系	(35)
2.5	塑性区及其修正	(36)
2.5.1	等效模型概念	(36)
2.5.2	塑性区的形状和区域	(37)
2.5.3	应力松弛对塑性区的影响	(38)
2.5.4	应力强度因子的修正	(39)
2.6	复合型裂纹判据	(40)
2.6.1	最大周向应力准则	(41)
2.6.2	最大能量释放率准则	(43)
2.6.3	工程上实用的近似判据	(47)
第三章	流变学基本原理	(48)
3.1	概述	(48)
3.2	模型理论	(49)
3.2.1	基本流变元件	(49)
3.2.2	流变模型本构关系的推导方法	(50)
3.2.3	简单复合模型	(51)
3.2.4	复杂复合模型	(58)
3.2.5	Bingham 模型	(59)
3.3	三维问题的本构关系	(60)
3.3.1	线弹性体	(60)
3.3.2	线粘性体	(62)
3.4	Laplace 变换	(64)
3.4.1	定义	(64)
3.4.2	若干性质	(65)
3.4.3	卷积定理与 Stieltjes 积分	(65)
3.5	粘弹对应性原理 (I)	(67)
3.5.1	利用 Laplace 变换建立流变方程	(67)
3.5.2	粘弹性体定解问题的建立	(69)
3.5.3	粘弹对应性原理 (I)	(70)

3.6	Laplace 逆变换数学处理技巧	(71)
第四章	流变断裂的基本问题	(76)
4.1	概述	(76)
4.2	粘弹对应性原理(Ⅱ)	(77)
4.2.1	积分型本构方程	(77)
4.2.2	粘弹对应性原理(Ⅱ)	(82)
4.3	粘弹性体裂纹前缘的应力、位移场	(84)
4.3.1	单轴受力	(84)
4.3.2	双轴受力	(89)
4.4	粘弹性裂纹体的 G - K 关系	(91)
4.4.1	能量平衡基本方程	(91)
4.4.2	线粘弹性体的 G - K 关系	(92)
4.5	粘弹性体复合裂纹判据	(94)
4.6	金属和混凝土的断裂韧性	(95)
4.6.1	金属材料的试件要求	(95)
4.6.2	混凝土的试件要求	(96)
4.6.3	混凝土的 K_I 和 K_{IC} 计算公式	(100)
第五章	组合结构的应力重分布与蠕变断裂	(104)
5.1	混凝土的徐变现象与机理	(104)
5.2	混凝土的收缩现象与机理	(107)
5.3	组合结构的徐变、收缩应力分析与方法	(108)
5.3.1	龄期调整有效模量法(AEMM)	(110)
5.3.2	徐变率法(RCM)	(112)
5.4	短期效应分析	(113)
5.5	龄期调整有效模量法(AEMM)长期效应分析	(115)
5.6	徐变率法(RCM)时效分析	(117)
5.7	混凝土徐变系数与构件的时程应力重分布	(121)
5.7.1	徐变系数与配筋混凝土的粘弹性模型	(121)
5.7.2	组合梁应力重分布的时间相依性	(123)
5.7.3	龄期系数 $\chi(t, \tau_0)$ 表达式的推导	(124)
5.7.4	总应力的时-空表达	(128)
5.8	组合结构断裂形态的分析	(130)
5.8.1	钢梁	(130)
5.8.2	混凝土板	(135)
第六章	初步应用	(143)
6.1	组合结构的短期和长期效应	(143)

6.2 收缩、徐变效应的进一步分析,“新”、“旧”法对比·····	(149)
6.3 延迟断裂准则的应用·····	(157)
第七章 断裂参数的光弹测定 ·····	(162)
7.1 相似理论基本概念·····	(162)
7.2 光弹性法测定应力强度因子的基本原理·····	(165)
7.2.1 若干相关概念·····	(165)
7.2.2 基本原理与方法·····	(166)
7.3 模型制作与材料·····	(169)
7.3.1 尖切口曲率半径估算·····	(169)
7.3.2 加工要求·····	(169)
7.3.3 模型·····	(170)
7.4 原始数据及分析整理·····	(171)
参考文献 ·····	(176)
后记 ·····	(178)

第一章 钢-混凝土组合结构基本知识

1.1 概述

1.1.1 组合结构的组合作用

任何一个简单的钢筋混凝土结构构件都是由两种不同的材料组成,从这个意义上讲,所有钢筋混凝土结构都是组合结构。但组合这一术语通常专指混凝土与结构钢组成的结构。结构钢有型钢梁、钢柱和楼面压型钢板,虽然结构钢单独应用时也有一定承载能力,但与混凝土组成整体作用后,可以大大提高承载力和刚度。

组合结构受力时的组合作用机理,可用图 1-1 模拟说明。

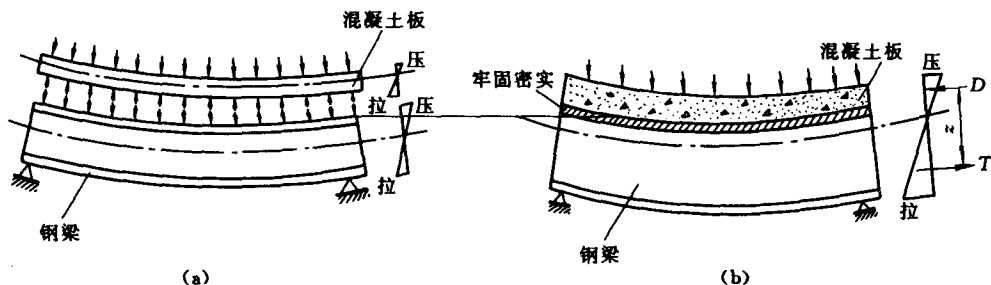


图 1-1

设图 1-1(a)所示的钢筋混凝土板放在工字型钢梁的上翼缘上,构成简支梁受力体系,设混凝土板与钢梁翼缘之间光滑,沿梁纵向无摩阻力,则在竖向载荷作用下,二者分别单独受弯变形,此时,板与上翼缘之间只有竖向内力相互作用,而无纵向水平力作用。

该梁抗弯承载能力 M_p 乃二者之和,即 $M_p = M_{\text{板}} + M_{\text{梁}}$ 。由于板与钢梁各自的内力偶臂较小,故 $M_{\text{板}}$ 及 $M_{\text{梁}}$ 都较小,从而 M_p 也小。

若在板与钢梁上翼缘之间人为地设置足够数量的连接件,阻止它们之间纵向相对位移,构成一个牢固整体,在横向载荷作用下,板与钢梁所组成的截面只产生一个共同的中性轴,图 1-1(b),受压区压应力的合力 D 和钢梁截面受拉区拉应力的合力 T 增长,内力臂 z 也增大,则梁的抗弯承载能力也相应地比图 1-1(a)增大许多。此外,由于混凝土处于受压区,钢梁大部分处于受拉区,可充分利用材料的力学性能。而处于受压区的混凝土板一般也较宽,且相对远离中性轴,故也大大提高构件的刚度,此乃组合梁的优势。

1.1.2 组合结构的形式

组合结构包括梁式与柱式。

梁式,钢-混凝土组合梁通常由钢梁和钢筋混凝土板凭借连接件组合成整体而共同工作。按照混凝土翼缘构造的不同可分为三类:现浇混凝土翼缘,钢-混凝土组合梁(图 1-2(a));叠合板翼缘,钢-混凝土组合梁(图 1-2(b))和压型钢板混凝土翼缘,钢-混凝土组合梁(图 1-2(c))。

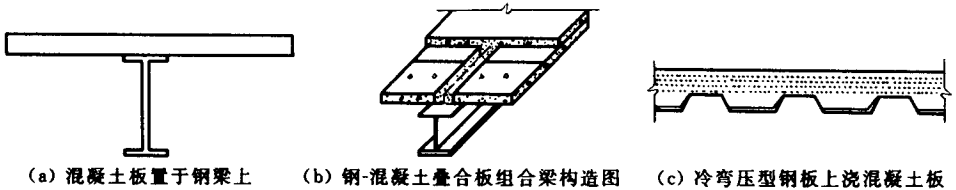


图 1-2 梁式组合结构类型

柱式,组合结构,多数是在薄壁钢管内充填混凝土,用作受压或其他复杂受力构件之用,称为钢管混凝土,如图 1-3 所示。

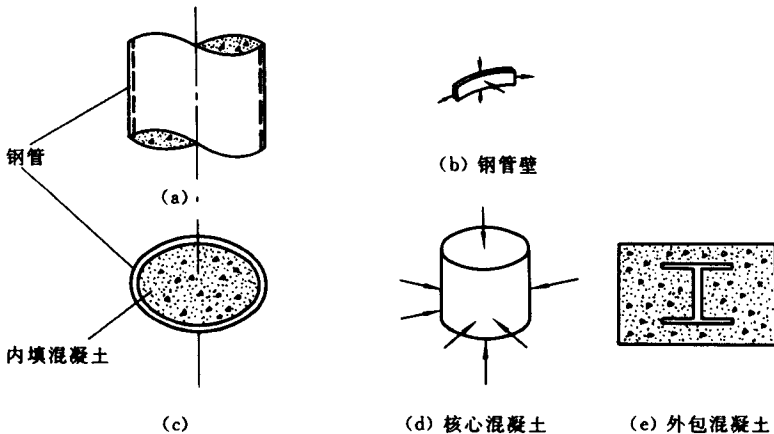


图 1-3 柱式组合结构

若管内不填混凝土,只是钢管承受压力,而管壁又较薄,当压力还不大时,会由于刚度不足,管壁局部鼓曲而发生局部失稳,降低整个构件的稳定承载能力,若只是纯混凝土柱,对于细长柱,不仅承载能力很低,且设计不合理。而钢管混凝土柱,在较大竖向压力作用下,管内核心混凝土由于受到钢管的侧向约束作用,呈三向应力状态,如图 1-3(c)所示,从而使核心混凝土具有更高的抗压强度和变形能力。同时,由于混凝土侧向膨胀,使二者更加紧密,钢管壁不会鼓曲,增强局部和整体的稳定性,从而大大提高柱的竖向承载能力。因此,钢管混凝土实际是由钢管对混凝土的变形实行

约束的一种套箍混凝土,是螺旋箍筋混凝土的一种特殊情况。

此外,还有型钢包混凝土的组合柱,如图 1-3(e)所示。

1.1.3 组合结构的特点和优势

(1) 能充分发挥混凝土和钢材各自的力学性能,使混凝土受压,钢材受拉,经济合理,节省材料,尤其对重载结构更为有利。实践表明,它与钢结构方案相比,可节约钢材 20%~40%,每平方米可降低造价 20%~40%。

(2) 适合于采用更高强度的钢材和混凝土,减小截面尺寸,降低自重,扩大建筑物使用空间,适用大跨度结构。

(3) 提高受力时的变形能力,吸收能量大,从而提高了塑性、韧性、耐疲劳性、耐冲击性,适于抗震、抗爆结构工程。

(4) 简化混凝土作业施工支模,型钢本身就是良好的模板和支撑,节省大量木材、钢材,加快施工进度。

(5) 型钢可兼作为安装工作连接用的预埋铁件。

(6) 由于混凝土与钢作为整体共同工作,与钢结构相比,提高了构件截面刚度,增强型钢或钢管的局部和整体稳定性。

由于型钢或钢管外露,其耐久性、耐火性虽比纯钢结构好,但不及钢筋混凝土结构,故需适当采取防腐防火措施。但对型钢外包混凝土的柱,则无此缺陷。

1.2 组合结构发展概况

组合梁由于能充分发挥钢与混凝土两种材料的力学性能,在国内外获得广泛的发展与应用。20 世纪 20 年代初,在加拿大和英国进行了最早的研究,Gillespie, P. 等人于 1922 年进行了组合梁试验研究,1923 年发表试验结果,至 1930 年,组合梁结构体系取得了一系列成功试验,并建立了组合梁按弹性理论的设计方法。1944 年美国州际公路协会(ASSHO)制定的《公路桥涵设计规范》,单独列出了组合梁有关规定的章节,1946 年美国《房屋钢结构设计、制造安装规范》也列入了组合梁的内容。1945 年后,德国急需重建战争中毁坏的大量房屋、桥梁,由于钢材缺乏,迫使当时工程师们采用最经济的设计,大量采用组合梁结构。在实践的基础上,德国于 1955 年制定了《桥梁组合梁》(DIN1078),1956 年制定了《房屋建筑组合梁》(DIN4239)标准,1965 年英国制定了《钢与混凝土结构、房屋建筑中的简支梁》及 1967 年制定了《钢与混凝土组合结构、桥梁》设计标准。几乎同时,1966 年印度标准协会制定了《组合结构设计规范》,日本于 1975 年制定了《组合梁结构设计施工指南及说明》。

组合梁的发展吸引了众多学者和工程技术人员关注。1960 年,美国钢结构协会和钢筋混凝土协会就联合组成了 AISC-ACI 组合梁联合委员会,对组合梁的研究进行了协调和分工。特别是在国际土木工程师协会联合委员会的主持下,于 1971 年