

【英】DERRICK BECKETT 著

林长川 胡世德 任先正 郑步全 丁 芸 译

张士铎 程翔云 审校



钢筋混凝土桥

湖南大学出版社

钢筋混凝土桥

英国苏里大学贝克特 著

译者 林长川 胡世德 任先正
郑步全 丁芸

校者 张士铎教授（同济大学）
程翔云教授（湖南大学）

赞助单位 上海市政工程研究所
同济大学桥梁教研室

湖南大学出版社

本书根据英国 Surrey 大学教授 Derrick Beckett 著《An Introduction to Structural Design ——(1) Concrete Bridge》，Surrey University Press 1973年版译出

钢 筋 混 凝 土 桥

〔英〕 贝克特著
林长川 胡世德 任先正 等译
郑步全 丁芸
张士铎 程翔云 校
责任编辑：左宗仰



湖南大学出版社出版发行
(长沙岳麓山)
湖南省新华书店经销 湘潭大学印刷厂印刷



787×1092 32开 8.6875 印张 195 千字
1989年11月第1版 1989年11月第1次印刷
印数： 1—2500册
定价： 3.50元

ISBN 7-314-00467-6/TU.19

简介与感谢

《钢筋混凝土桥》一书是英国苏里大学贝克特教授所著。全书包括：绪论、荷载与荷载分布、小跨径桥梁、连续梁与刚架桥、悬臂施工、箱形截面的扭转、桥台等共七章，约19.5万字左右。

该书是以苏里大学土木工程系高年级和研究生所用的教材为基础结合作者实际工作经验编写而成，是一套各种结构的桥梁教科书中的一册。在全面叙述钢筋混凝土和预应力混凝土桥梁设计的基础上，着重介绍桥梁设计和施工中一些关键性的问题。

该书最大特点是以极限状态设计为基础。由于我国公路桥梁已经颁布极限状态设计规范（JTJ021~024—85），因此本书不仅是桥梁专业师生的一本极好的参考书，而且对于从事桥梁设计施工的工程技术人员进一步熟悉极限状态的设计方法，也是一种难得的参考资料。

本书序言、第一、六章由丁芸译出，第五、七章由任先正译出，第二、三、四章分别由胡世德、林长川、郑步全译出，全书由张士铎、程翔云校核。我们感谢同济大学桥梁教研室及上海市政工程研究所所给予经济上的赞助。湖南大学土木工程程翔云教授对全书进行全面审阅并提出许多宝贵意见。湖南大学出版社左宗仰副教授给予出版上的协助使本书能与我国广大桥梁工作者见面，在此表示感谢与敬意。

同济大学张士铎谨识

1988年9月

原 书 序 言

本书是一套有关结构设计教学丛书的第一册。书中材料是根据苏里大学土木工程系高年级和研究生课堂讲义以及作者作为一位咨询工程师的经验写成。

这套丛书的其余各册是：

木结构

钢筋混凝土结构

钢结构

钢桥

这套书基本属于导论性的，而不是包罗万象的设计手册，并且假定读者已经具备了结构力学和常用结构材料特性的基本知识。因为这套丛书的主要目的是研讨原理，故尽可能避免对实用规范作详细的引证。一些实用规范目前正在修改，设计方法是以极限状态概念为基础的。极限状态法设计是这套丛书的基本部分，尤其是钢筋混凝土结构的章节。本书还列举了大量参考文献作为补充。所采用的单位系统是常用的国际单位制，但有些例子换成米制时不太方便，故仍保留为英制单位。

在准备《钢筋混凝土桥》一书的编写时，作者还大大得力于其他作者的创见和成果，尤其是水泥和混凝土协会出版的卓越学术论文，以及作者在短期设计训练班时所得到的资料。作者对允许转载他们的资料表示衷心感谢。

目 录

原书序言

第一章 绪论

§1-1 历史发展	1
§1-2 设计标准	9
§1-3 位移规定	11
§1-4 采矿沉陷地区	13
§1-5 支座	15
§1-6 伸缩缝	16
§1-7 柱的位移	16
§1-8 美学	20
§1-9 经济	21
参考文献	22

第二章 荷载与荷载分布

§2-1 荷载	25
§2-2 荷载分布	29
§2-3 荷载分布的分析	31
§2-4 板的方程	33
§2-5 梁排的应用	36
§2-6 荷载分布—公制算例	41
§2-7 详细分析	54
§2-8 挠曲和扭转参数 θ 和 α 的求值	56

§2-9 空心组合式预制混凝土桥 θ 和 α 的求值	60
§2-10 荷载分布:	
英制算例—最大纵向弯矩的确定	65
§2-11 横向弯矩的分析	74
§2-12 边缘加劲	80
§2-13 纵向弯矩	86
§2-14 连续梁与框架的分布系数	87
§2-15 当剪力产生不可忽略的横向变形时 θ 与 α 的修正 系数计算	97
附录	106
参考文献	107
第三章 小跨径桥梁	
§3-1 现浇板	109
§3-2 预制构件	110
§3-3 采用标准单元的连续板桥	114
§3-4 极限状态分析	131
附录 I	154
附录 II	156
参考文献	165
第四章 连续梁与刚架桥	
§4-1 连续梁	170
§4-2 刚架	178
§4-3 束界	183
§4-4 连续梁逐跨施工法	197
§4-5 弯桥桥面板	207
参考文献	209
第五章 悬臂施工	

参考文献.....	
-----------	--

第六章 箱形截面的扭转

§6-1 概述.....	229
§6-2 弹性地基梁 (B.E.F) 比拟法.....	234
§6-3 箱形截面的特征.....	236
§6-4 闭口薄壁截面中的扭转剪力流.....	244
§6-5 多室箱形截面的扭转剪力流.....	248
参考文献.....	251

第七章 桥台

§7-1 引言.....	252
§7-2 重力式混凝土桥台.....	252
§7-3 悬臂式桥台.....	253
§7-4 箱型和U型桥台.....	260
§7-5 埋置式或骨架桥台.....	261
§7-6 一般原则.....	262
§7-7 桥台和翼墙的极限分析.....	263
参考文献.....	265
附录 I	266
附录 II	267
附录 III	270

第一章 绪 论

§ 1-1 历史发展

桥梁的经典结构形式是梁、拱和悬链，几千年来一直没有改变。虽然罗马人已经很成功地把混凝土用于建造高大圆顶，但直到十八世纪后期，桥梁建筑的主要材料仍然是砖石和木材。1779年，在克尔布鲁克达尔 (Coalbrookdale) 跨越塞文河的铸铁桥的建成，标志着砖石和木材作为桥梁建筑主要材料这一时代的结束。十九世纪，诸如托马斯·泰尔福德 (Thomas Telford)、伊萨巴德·金达姆·布朗耐尔 (Isambard Kingdom Brand)、罗伯特·史蒂文生 (Robert Stephenson)、加斯塔夫·爱菲尔 (Gustave Eiffel) 和本杰明·贝克 (Benjamin Baker)^[1]等工程师，在把铸铁、熟铁以及最后的钢材用于桥梁结构这一发展过程中起了重大作用。

今天，混凝土乃是最主要的结构材料了。表1—1^[2]表明了1965年至1969年间英国快速干道、干线道路和主要道路上广泛采用混凝土桥梁的情况。

然而，混凝土是十九世纪后期才被用于桥梁建筑的。在1887年和1891年间，德国承包公司魏斯和佛莱塔格 (Wayss & Freitag) 承包公司建造了大量混凝土拱桥，跨径达40米。实际上，混凝土开始仅作为一种辅助材料用于铁路桥。在英国用混凝土造桥的一个较早的例子，是1898年在英伏涅斯郡 (Inverness-shire) 的格兰芬南 (Glenfinnan) 高架桥

表 1—1

年份	预应力混凝土	钢筋混凝土	钢结构和组合结构	总数
1965—66	139	175	102	416
1966—67	263	151	88	502
1967—68	321	291	111	723
1968—69	388	211	112	711

(图1—1)。这一结构由 21 个素混凝土拱跨组成，跨径 15.4 米。由于混凝土抗拉强度有限，它的早期应用偏于圬工

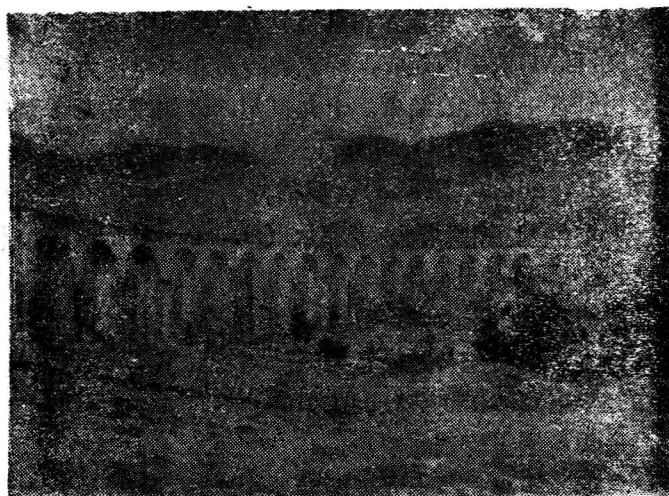


图 1-1 英伏涅斯郡的格兰芬南高架桥

拱方面。欧洲的工程师使钢筋混凝土理论及其应用得到了极大发展。著名的有弗莱卡斯·汉尼毕克 (Francois Hennebique) (1854—1921)，他把组合材料 (钢和混凝土) 用于建筑和桥梁。汉尼毕克成就的一个例子是在比利时利吉城

(Liege) 跨越奥悉 (Ourthe) 河的桥梁, 它于1905年完成。这座桥有一跨为55米, 在当时是能与罗伯特·马拉特 (Robert Maillart) 的作品在技术上和美学上相比的少数几个混凝土结构之一。

最引人注目的早期钢筋混凝土桥是罗伯特·马拉特^[3]建造的拱桥。这些桥展示了如何将线条的简洁与材料的经济结合起来, 创造一种精美的结构形式。马拉特成就的一个早期例子是在佐治城 (Zuoz) 的英 (Inn) 桥, 建于1901年。它是一座箱形截面、实腹拱肩的三铰拱桥, 也是40多年内一系列桥梁建筑的典范。英桥的一个发展是1905年建成的塔瓦那萨 (Tavanasa) 桥, 它采用了空腹式拱肩。马拉特的拱桥特点是在拱桥和拱脚设铰, 采用空腹拱肩, 在拱顶附近将桥面板与拱融为体, 人行道挑出拱肩边线以外和轻型栏杆。这些特



图1-2 在瑞士塔瓦那萨跨越莱茵河的“马拉特”桥

色见图1-2。

在发展预应力以前，尤金·弗莱西奈 (Eugene Freyssinet) (1879—1962) 建造了一些大跨度钢筋混凝土拱桥，包括跨越艾隆 (Elorn) 河的普劳加斯特 (Plougastel) 桥 (1930)，跨度为178米。在1930~1940年间，小跨度钢筋混凝土桥最流行的类型是 (a) 实心板拱，跨径达12米 (图1-3)； (b) 板梁 (T梁) 肋拱，跨径为30米 (图1-4)，矢跨比约为12。混凝土和钢筋的设计应力分别为5牛顿/平方毫米和125牛顿/平方毫米。

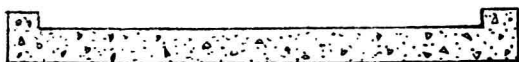


图1-3 跨径小于12米的实心钢筋混凝土板

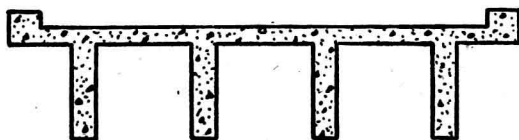


图1-4 跨径为30米的钢筋混凝土梁及桥面板

直到30年代后期预应力混凝土才用于上部结构，一个著名例子是1938年F·里昂哈特 (Fritz Leonhardt) 设计的跨越德国公路 (Autobahn) 的33米跨径简支梁桥。由于二次大战后钢材短缺，使预应力混凝土得到了迅速发展。特别引人注目的是由弗莱西奈建造的跨越马尼 (Marne) 河的刚架桥 (图1—5)^[4]，上部结构由纵向和竖向都施加预应力的工型预制楔块组成，采用扁千斤顶来补偿因混凝土徐变和收缩引起的纵向预加力损失。在马尼桥建成的15年内，预应力混

凝土在一些国家内成为应用最广的桥梁结构材料。



图 1-5 弗莱西奈特设计的跨越马尼河的艾斯比利(Esbly)

可以与钢筋混凝土板和T梁桥相比较的是预应力混凝土实心或空心板和预应力 I 梁叠加桥面的桥(图1-6和图1-7)。对大跨度而言,钢筋混凝土拱桥逐渐地被箱形截面预应力混凝土桥所代替。在过去的十五年内,已经建造了许多跨径达200米的梁桥(见第五章)。采用斜拉索支承桥面还可进一步使跨径增大到500米左右。在地质条件适宜的地方,修建大跨径混凝土拱桥,证明是经济的。这方面的例子有1943年建成的瑞典山多(Sando)桥,跨径266米,和1964年建成的澳大

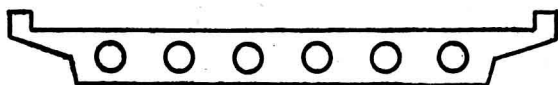


图1-6 预应力混凝土空心板

利亚悉尼的格莱德斯威尔(Gladesville)桥(图1-8),跨径308米。格莱德斯威尔桥^[1]的架设说明了罗马时代广泛使用的施工方法在20世纪后半期仍然是经济的,只是石头砌块被空心混凝土块件所代替。在一般情况下,地质条件不利于拱桥施工,此时正如前面所述,对于中等跨径,梁桥乃是常用形式;对于小跨径,板梁乃是常用形式。混凝土桥所采用的各种结构

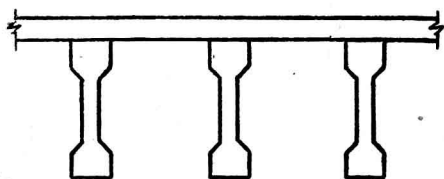


图1-7 预应力混凝土I梁及桥面板

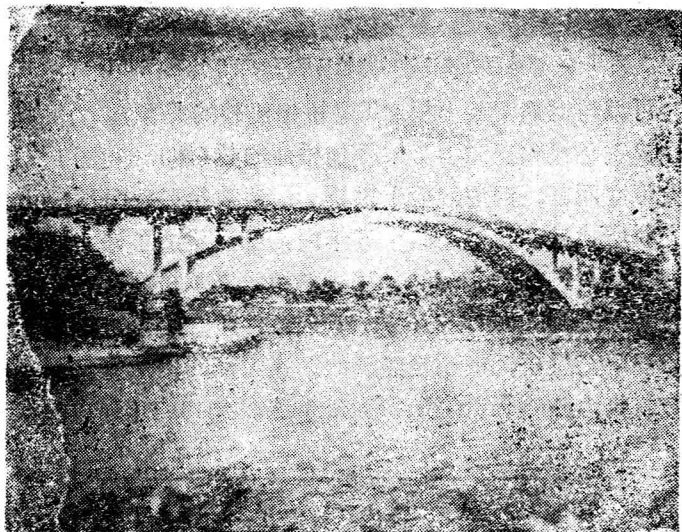


图1-8 澳大利亚悉尼市的格莱斯威尔桥

形式如图1-9所示。对于大跨径，为了减轻自重，梁常设计成与弯矩图相近的变截面形式，但对60米以内的跨径，以采用等高度梁的施工最方便，并且证明是较经济的。在支承截面可以用增加受压翼缘厚度但保持梁高不变的方法来增强其刚度。

对跨径在27米以内的短跨桥梁，通常采用现浇预应力混凝土空心板（图1-6）或标准的倒T型预制单元（图1-10）。对于17米以内的跨径，则采用实心现浇混凝土。如果跨径超过17米，现浇混凝土这一半的自重占总荷载中所占比例太

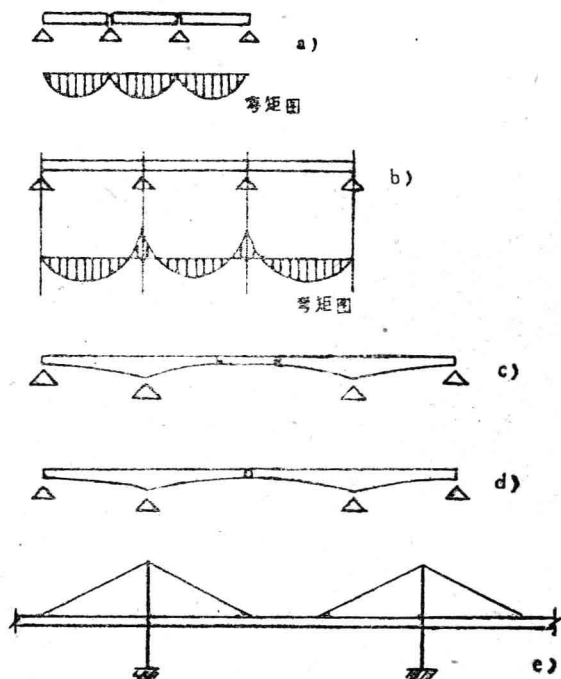


图1-9 a.简支梁 b.连续梁 c.双悬臂加挂孔
d.双悬臂加铰 e.斜拉桥

大，因而要采用空心结构。另一个建造中等跨径等跨高架道路结构的成功施工方法是用大箱型截面，逐跨施工，分段预制或现场浇筑（图1-11）。上述的这些施工方法还要在以后

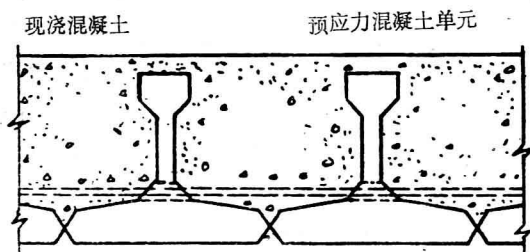


图1-10 预应力混凝土倒T梁加实心填料形成组合桥面板

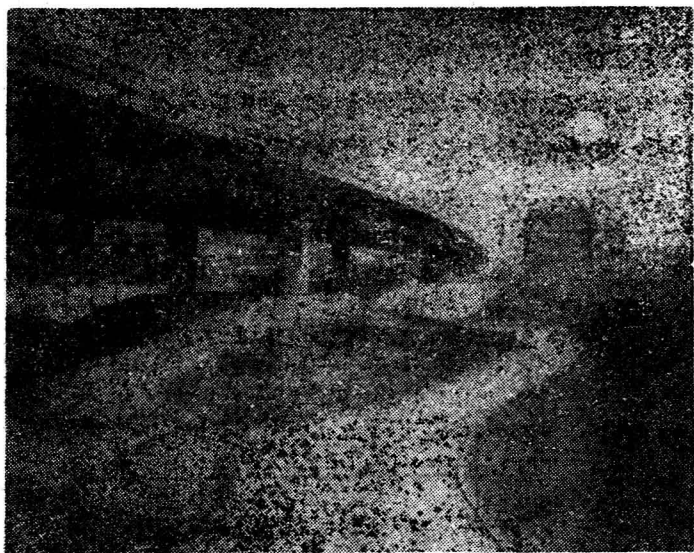


图1-11 曼切斯特的曼丘涅高架。预应力混凝土使较薄的上部结构成为可能，单元在工地外预制。

的章节中详细讨论。可以看到，对于中等跨径和大跨径桥梁，有朝采用箱形结构发展的趋势。目前预应力结构中所采用的混凝土抗压强度为42到60牛顿/平方毫米，高强混凝土现已发展到强度为120牛顿/平方毫米，它将进一步减小梁高和箱梁的壁厚。这种结构对施工技术要特别地强调。同样地，设计方法也受到影响，因为钢箱截面壁厚较薄，弹性稳定将会成为设计的控制因素。在荷载作用下加入大孔洞的桥面板要承受弯曲和剪切变形，这样，采用混凝土箱梁的趋势将使设计方法类似于航空结构中所采用的方法。但是，经济性仍然是一个决定性的因素。

§1-2 设计标准

桥梁设计标准是由环境部制订的（D.O.E——桥梁工程设计标准小组）。目前，由于桥梁设计规范正在进行编制，这些标准中的某些部分采取临时摘要的形式。这个规范是采用极限状态法，混凝土桥梁的主要极限状态是破坏和使用能力。荷载和材料的分项安全系数将要合并，这些系数的一些试验值列于第三章。目前主要的设计标准是荷载标准和应力标准。荷载标准按英国标准第3A部分的第153条和D.O.E摘要的第771条。总之，标准荷载由HA型荷载和HB型荷载组成，HA型荷载是等代线荷载，也是常用的设计荷载；HB型荷载是特殊的单位荷载，用于当局规定的场合。荷载和荷载分布属于第二章的主要内容。

钢筋混凝土公路结构的容许应力包括在公路结构钢筋混凝土技术摘要（桥梁）BE10（第一次修订）的材料、工