



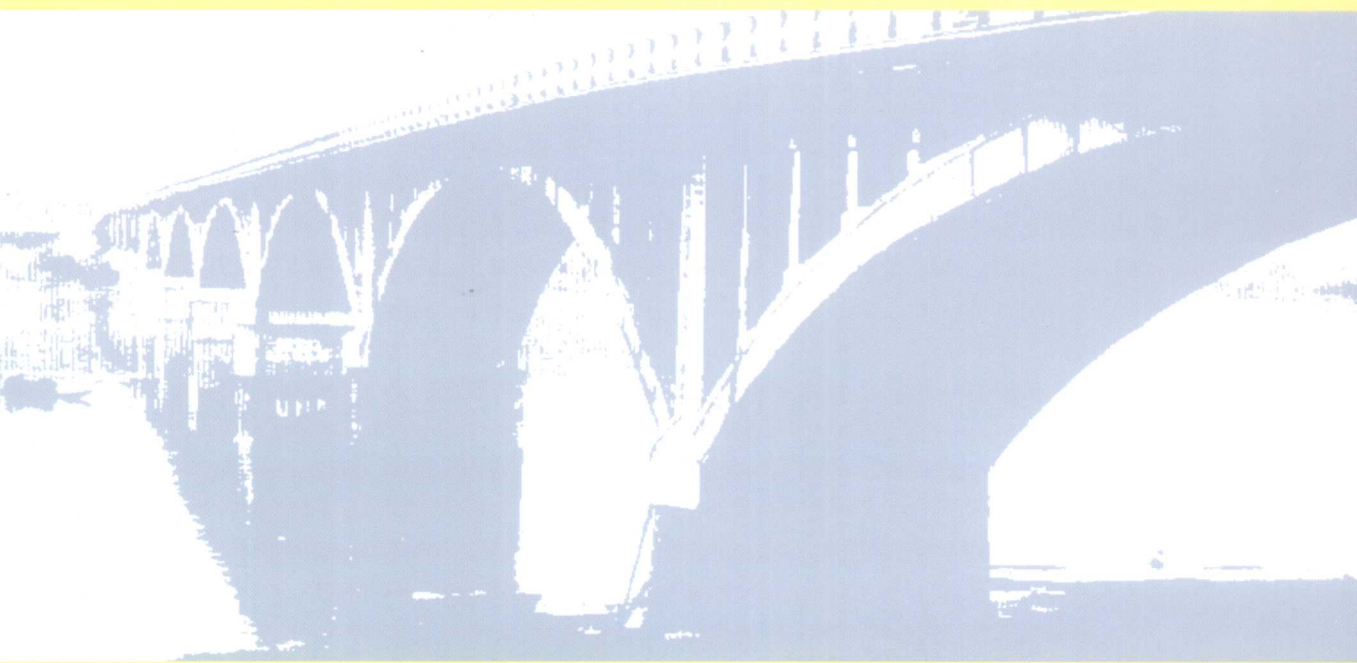
21世纪交通版高等学校教学辅导用书
桥梁计算示例丛书

桥梁地基与基础

Qiaoliang Diji yu Jichu

(第二版)

赵明华 主 编



人民交通出版社
China Communications Press

21 世纪交通版高等学校教学辅导用书

桥梁计算示例丛书

Qiaoliang Dijī yu Jīchū

桥梁地基与基础

(第二版)

赵明华 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为 21 世纪交通版高等学校教学辅导用书《桥梁地基与基础》的修订版,主要介绍了桥梁地基与基础工程基本理论、设计计算方法以及软土地基处理技术等,并分类给出了相应的计算示例。全书共 5 章,内容分别为:天然地基上的浅基础设计计算、桩基础设计计算、沉井基础设计计算、桥梁基础抗震设计计算、地基加固。该书理论联系实际,具有较强的教学指导作用。

本书与 21 世纪交通版高等学校教材《基础工程》(第四版)相配套,可作为高等学校土木工程(公路、桥梁方向)、道路桥梁与渡河工程专业教学辅导用书,还可供从事桥梁地基与基础设计的工程技术人员使用参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁地基与基础 / 赵明华主编. —2 版. —北京:人民交通出版社, 2009. 5

ISBN 978 - 7 - 114 - 07687 - 9

I. 桥… II. 赵… III. 桥梁基础 - 计算 - 高等学校 - 教学参考资料 IV. U443. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 047701 号

21 世纪交通版高等学校教学辅导用书

桥梁计算示例丛书

书 名: 桥梁地基与基础(第二版)

著 作 者: 赵明华

责任编辑: 沈鸿雁 曲 乐

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 廊坊市长虹印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 9

字 数: 218 千

版 次: 2004 年 4 月 第 1 版 2009 年 5 月 第 2 版

印 次: 2009 年 5 月 第 1 次印刷 总第 2 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 114 - 07687 - 9

印 数: 0001 ~ 3000 册

定 价: 18.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

人民交通出版社公路类教材一览

(◆教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材 ▲建设部土建学科专业“十一五”规划教材)

一、交通工程教学指导分委员会规划推荐教材

1. ◆交通规划(王 炜) 33 元
2. ◆道路交通安全(裴玉龙) 36 元
3. 交通系统分析(王殿海) 31 元
4. 交通管理与控制(徐建闽) 26 元
5. 交通经济学(邵春福) 25 元

二、21 世纪交通版高等学校教材

(一) 交通工程专业

1. ◆交通工程总论(第三版)(徐吉谦) 36 元
2. ◆交通工程学(第二版)(任福田) 38 元
3. ◆交通管理与控制(第四版)(吴 兵) 35 元
4. ◆道路通行能力分析(陈宽民) 27 元
5. ◆交通工程设计理论与方法(马荣国) 40 元
6. ◆公路网规划(裴玉龙) 27 元
7. 交通工程专业英语(裴玉龙) 28 元
8. ◆交通运输工程导论(第二版)(姚祖康) 23 元
9. 交通流理论(王殿海) 21 元
10. 交通系统仿真技术(刘运通) 26 元
11. 停车场规划设计与运营(关宏志) 30 元
12. 交通工程设施设计(李峻利) 35 元
13. ◆智能运输系统概论(第二版)(杨兆升) 25 元
14. 智能运输系统概论(第二版)(黄 卫) 24 元
15. ◆运输经济学(严作人) 40 元
16. ◆道路交通工程系统分析方法(王 炜) 28 元
17. 交通调查与分析(第二版)(严宝杰) 38 元
18. 城市轨道交通系统(彭 辉) 32 元
19. ◆交通运输设施与管理(郭忠印) 33 元
20. 道路交通安全管理法规概论及案例分析(裴玉龙) 29 元
21. 交通地理信息系统(符铎砂) 31 元
22. 公路建设项目可行性研究(过秀成) 27 元
23. 交通工程专业生产实习指导书(朱从坤) 7 元

(二) 土木工程专业(路桥)/道路桥梁与渡河工程专业

I. 专业基础课教材

1. 土木工程概论(项海帆) 32 元
2. 道路概论(第二版)(孙家驹) 20 元
3. 土质学与土力学(第四版)(袁聚云) 30 元
4. 公路工程地质(第三版)(窦明健) 23 元
5. ▲道路工程制图(第四版)(谢步瀛) 36 元
6. ▲道路工程制图习题集(袁 果) 26 元
7. 道路建筑材料(第四版)(李立寒) 35 元
8. ◆测量学(第三版)(许娅娅) 36 元
9. ◆基础工程(第三版)(王晓谋) 33 元
10. 结构设计原理(第二版)(叶见曙) 51 元
11. 公路经济学教程(袁剑波) 23 元
12. 专业英语(第二版)(李 嘉) 33 元

II. 专业核心课教材

13. ◆路基路面工程(第二版)(邓学均) 52 元
14. ◆道路勘测设计(第二版)(杨少伟) 40 元
15. 道路结构力学计算(上、下)(郑传超、王秉纲) 50 元
16. 水力学(王亚玲) 19 元

17. ◆桥梁工程(第二版)(姚玲森) 62 元
18. 桥梁工程(第二版)(土木、交通工程)(邵旭东) 52 元
19. ◆桥梁工程(第二版)(上)(范立础) 42 元
20. ◆桥梁工程(第二版)(下)(顾安邦) 38 元
21. 桥梁工程(陈宝春) 45 元
22. ◆桥涵水文(第四版)(高冬光) 28 元
23. ◆现代钢桥(上)(吴 冲) 34 元
24. ◆公路施工组织及概预算(第三版)(王首绪) 32 元
25. ▲桥梁施工及组织管理(第二版)(上)(魏红一) 39 元
26. ▲桥梁施工及组织管理(第二版)(下)(郭晓光) 39 元
27. ◆隧道工程(第二版)(上)(王毅才) 65 元

III. 专业方向选修课教材

28. ◆道路工程(严作人) 40 元
29. 道路工程(土木工程专业)(凌天清) 32 元
30. ◆高速公路(第二版)(方守恩) 21 元
31. 高速公路设计(赵一飞) 38 元
32. 城市道路设计(吴瑞麟) 22 元
33. GPS 测量原理及其应用(胡伍生) 28 元
34. 公路测设新技术(熊 应) 36 元
35. 公路施工技术与管理(廖正环) 40 元
36. 土木工程造价控制(石勇民) 30 元
37. 公路工程定额原理与估价(石勇民) 36 元
38. 道路桥梁检测技术(胡昌斌) 31 元
39. 特殊地区基础工程(冯忠居) 29 元
40. 道路与桥梁工程计算机绘图(许金良) 31 元
41. ◆公路小桥涵勘测设计(第三版)(孙家驹) 31 元
42. 路基设计原理与计算(李峻利) 40 元
43. 路基路面工程检测技术(李宇峙) 46 元
44. 公路土工合成材料应用原理(黄晓明) 22 元
45. 水泥与水泥混凝土(申爱琴) 30 元
46. ◆环境经济学(董小林) 32 元
47. 公路环境与景观设计(刘朝辉) 30 元
48. 桥梁工程概论(第二版)(罗 娜) 27 元
49. 桥梁检测与加固(王国鼎) 27 元
50. 桥梁钢—混凝土组合结构设计原理(黄 侨) 26 元
51. 桥梁结构试验(章关永) 22 元
52. 桥梁抗震(叶爱君) 15 元
53. ◆桥梁建筑美学(第二版)(盛洪飞) 30 元
54. 大跨度桥梁结构计算理论(李传习) 18 元
55. ◆钢桥(徐君兰) 16 元
56. 隧道结构力学计算(夏永旭) 29 元
57. 公路隧道运营管理(吕康成) 22 元
58. ◆地铁与轻轨(第二版)(张庆贺) 39 元
59. 土木规划学(石 京) 38 元

IV. 实践环节及教参教辅

60. 《道路勘测设计》毕业设计指导(许金良) 30 元
61. 桥梁计算示例丛书—桥梁地基与基础(第二版)
(赵明华) 18 元
62. 桥梁计算示例丛书—混凝土简支梁(板)桥(第三版)
(易建国) 27 元

63. 桥梁计算示例丛书—连续梁桥(邹毅松)	20 元
64. 结构设计原理计算示例(叶见曙)	40 元

V. 研究生教学用书

道路与铁道工程

1. 现代加筋土理论与技术(雷胜友)	24 元
2. 道路规划与几何设计(朱宏宏)	32 元

桥梁与隧道工程

1. 高等桥梁结构理论(项海帆)	35 元
2. 高等钢筋混凝土结构(周志祥)	27 元
3. 结构分析的有限元法与 MATIAB 程序设计(徐荣桥)	28 元
4. 工程结构数值分析方法(夏永旭)	27 元
5. 箱形梁设计理论(第二版)(房贞政)	32 元

(三) 公路工程管理专业

1. ◆工程项目融资(赵 华)	29 元
2. 管理信息系统(李友根)	31 元
3. 公路工程定额原理与估价(石勇民)	34 元
4. 工程风险管理(邓铁军)	21 元
5. ◆工程质量管理与管理(邹晓光)	29 元
6. 公路工程造价编制与管理(沈其明)	31 元
7. 工程项目招标与投标(周 直)	30 元
8. 高速公路管理(王选仓)	35 元

(四) 工程机械专业

1. ◆施工机械概论(王 进)	35 元
2. ◆公路施工机械(第二版)(李自光)	43 元
3. 现代工程机械发动机与底盘构造(陈新轩)	38 元
4. 工程机械维修(许 安)	38 元
5. 工程机械状态检测与故障诊断(陈新轩)	29 元
6. 工程机械底盘设计(郁录平)	36 元
7. 公路工程机械化施工与管理(郭小宏)	40 元
8. 工程机械设计(吴永平)	38 元
9. 工程机械技术经济学(吴永平)	23 元
10. 工程机械专业英语(宋永刚)	36 元

三、普通高等学校规划教材

1. 交通土建工程制图(第二版)(和丕壮)	38 元
2. 交通土建工程制图习题集(第二版)(和丕壮)	20 元
3. 画法几何与土建制图(第二版)(林国华)	39 元
4. 画法几何与土建制图习题集(第二版)(林国华)	25 元
5. 土木工程制图(丁建梅 周佳新)	36 元
6. 土木工程制图习题集(丁建梅 周佳新)	18 元
7. ◆土木工程计算机绘图基础(尚守平)	39 元
8. 工程经济学(李雪淋)	22 元
9. 工程测量(胡伍生)	25 元
10. 交通土木工程测量(张坤宜)	33 元
11. 结构设计原理(毛瑞祥)	26 元
12. 路基路面工程(何兆益)	45 元
13. 道路勘测设计(第二版)(孙家驷)	46 元
14. 道路与桥梁工程概论(黄晓明)	32 元
15. 公路施工组织与管理(赖少武 李文华)	35 元
16. 公路工程施工组织学(第二版)(姚玉玲)	38 元
17. 公路施工与组织管理(廖正环)	22 元
18. 公路养护与管理(许永明)	18 元

19. 水力学与桥涵水文(叶镇国)	38 元
20. 桥位勘测设计(高冬光)	20 元
21. 道路规划与设计(李清波)	46 元
22. 道路交通环境工程(张玉芬)	19 元
23. 公路实用勘测设计(何景华)	19 元
24. 公路计算机辅助设计(符铎砂)	30 元
25. 公路工程预算与工程量清单计价(雷书华)	35 元
26. 公路工程造价(周世生)	42 元
27. 软土环境工程地质学(唐益群)	35 元
28. 公路与桥梁施工技术(盛可鉴)	30 元
29. 桥梁美学(和丕壮)	40 元
30. 桥梁结构理论与计算方法(贺拴海)	58 元
31. 钢管混凝土(胡曙光)	38 元
32. 隧道施工(于书翰)	23 元
33. 公路隧道机电工程(赵忠杰)	40 元
34. ◆道路交通管理与控制(袁振洲)	40 元
35. 交通工程学(第二版)(李作敏)	28 元
36. 交通项目评估与管理(谢海红)	36 元
37. 工程项目管理(周 直)	20 元
38. 测绘工程基础(李芳芳)	36 元
39. 工程机械运用技术(许 安)	40 元
40. 现代工程机械液压与液力系统(颜荣庆)	39 元
41. 水泥混凝土路面施工与施工机械(何挺继)	30 元
42. 现代公路施工机械(何挺继)	45 元
43. 工程机械机电液一体化(焦生杰)	28 元

四、高等学校应用型本科规划教材

1. 结构力学(万德臣)	30 元
2. 道路工程制图(谭海洋)	28 元
3. 道路工程制图习题集(谭海洋)	24 元
4. 道路建筑材料(伍必庆)	37 元
5. 土木工程材料(张爱勤)	39 元
6. 土质学与土力学(赵明阶)	30 元
7. 结构设计原理(黄平明)	47 元
8. 结构设计原理学习指导(安静波)	35 元
9. 结构设计原理计算示例(赵志蒙)	40 元
10. 工程测量(朱爱民)	30 元
11. 基础工程(刘 辉)	26 元
12. 道路勘测设计(张维全)	32 元
13. 桥梁工程(刘龄嘉)	45 元
14. 公路工程试验检测(乔志琴)	47 元
15. 路桥工程专业英语(赵永平)	44 元
16. 水力学与桥涵水文(王丽荣)	27 元
17. 工程招标与合同管理(刘 燕)	33 元
18. 工程项目管理(李佳升)	32 元
19. 公路施工技术(杨渡军)	64 元
20. 公路工程机械化施工技术(徐永杰)	32 元
21. 公路工程经济(周福田)	22 元
22. 公路工程监理(朱爱民)	33 元
23. 道路工程(资建民)	38 元
24. 道路工程 CAD(许金良)	23 元
25. 路基路面工程(陈忠达)	45 元(估)

各地经销商电话见人民交通出版社网站首页, 网址: <http://www.ccpress.com.cn>。

21 世纪交通版
高等学校教材(公路与交通工程)编审委员会

顾问 问:王秉纲 (长安大学)

主任委员:沙爱民 (长安大学)

副主任委员:(按姓氏笔画排序)

王 炜 (东南大学)

陈艾荣 (同济大学)

徐 岳 (长安大学)

梁乃兴 (重庆交通大学)

韩 敏 (人民交通出版社)

委员:(按姓氏笔画排序)

马松林 (哈尔滨工业大学)

王殿海 (吉林大学)

叶见曙 (东南大学)

石 京 (清华大学)

向中富 (重庆交通大学)

关宏志 (北京工业大学)

何东坡 (东北林业大学)

陈 红 (长安大学)

邵旭东 (湖南大学)

陈宝春 (福州大学)

杨晓光 (同济大学)

吴瑞麟 (华中科技大学)

陈静云 (大连理工大学)

赵明华 (湖南大学)

项贻强 (浙江大学)

郭忠印 (同济大学)

袁剑波 (长沙理工大学)

黄晓明 (东南大学)

符铎砂 (华南理工大学)

裴玉龙 (哈尔滨工业大学)

颜东煌 (长沙理工大学)

秘书长:沈鸿雁 (人民交通出版社)

总 序

当今世界,科学技术突飞猛进,全球经济一体化趋势进一步加强,科技对于经济增长的作用日益显著,教育在国家经济与社会发展中所处的地位日益重要。进入新世纪,面对国际国内经济与社会发展所出现的新特点,我国的高等教育迎来了良好的发展机遇,同时也面临着巨大的挑战,高等教育的发展处在一个前所未有的重要时期。其一,加入 WTO,中国经济已融入到世界经济的发展进程之中,国家间的竞争更趋激烈,竞争的焦点已更多地体现在高素质人才的竞争上,因此,高等教育所面临的是全球化条件下的综合竞争。其二,我国正处在由计划经济向社会主义市场经济过渡的重要历史时期,这一时期,我国经济结构调整将进一步深化,对外开放将进一步扩大,改革与实践必将提出许多过去不曾遇到的新问题,高等教育面临加速改革以适应国民经济进一步发展的需要。面对这样的形势与要求,党中央国务院提出扩大高等教育规模,着力提高高等教育的水平与质量。这是为中华民族自立于世界民族之林而采取的极其重大的战略步骤,同时,也是为国家未来的发展提供基础性的保证。

为适应高等教育改革与发展的需要,早在 1998 年 7 月,教育部就对高等学校本科专业目录进行了第四次全面修订。在新的专业目录中,土木工程专业扩大了涵盖面,原先的公路与城市道路工程,桥梁工程,隧道与地下工程等专业均纳入土木工程专业。本科专业目录的调整是为满足培养“宽口径”复合型人才的要求,对原有相关专业本科教学产生了积极的影响。这一调整是着眼于培养 21 世纪社会主义现代化建设人才的需要而进行的,面对新的变化,要求我们对人才的培养规格、培养模式、课程体系和内容都应作出适时调整,以适应要求。

根据形势的变化与高等教育所提出的新的要求,同时,也考虑到近些年来公路交通大发展所引发的需求,人民交通出版社通过对“八五”、“九五”期间的路桥及交通工程专业高校教材体系的分析,提出了组织编写一套 21 世纪的具有鲜明交通特色的高等学校教材的设想。这一设想,得到了原路桥教学指导委员会几乎所有成员学校的广泛响应与支持。2000 年 6 月,由人民交通出版社发起组织全国面向交通办学的 12 所高校的专家学者组成 21 世纪交通版高等学校教材(公路类)编审委员会,并召开第一次会议,会议决定着手组织编写土木工程专业具有交通特色的道路专业方向、桥梁专业方向以及交通工程专业教材。会议经过充分研讨,确定了包括基本知识技能培养层次、知识技能拓宽与提高层次以及教学辅助层次在内的约 130 种教材,范围涵盖本科与研究生用教材。会后,人民交通出版社开始了细致的教材编写组织工作,经过自由申报及专家推荐的方式,近 20 所高校的百余名教授承担约 130 种教材的主编工作。2001 年 6 月,教材编委会召开第二次会议,全面审定了各门教材主编院校提交的教学大纲,之后,编写工作全面展开。

21 世纪交通版高等学校教材编写工作是在本科专业目录调整及交通大发展的背景下展开的。教材编写的基本思路是:(1)顺应高等教育改革的形势,专业基础课教学内容实现与土木工程专业打通,同时保留原专业的主干课程,既顺应向土木工程专业过渡的需要,又保持服务公路交通的特色,适应宽口径复合型人才的需要。(2)注重学生基本素质、基本能力的

培养,为学生知识、能力、素质的综合协调发展创造条件。基于这样的考虑,将教材区分为二个主层次与一个辅助层次,即基本知识技能培养层次与知识技能拓宽与提高层次,辅助层次为教学参考用书。工作的着力点放在基本知识技能培养层次教材的编写上。(3)目前,中国的经济发展存在地区间的不平衡,各高校之间的发展也不平衡,因此,教材的编写要充分考虑各校人才培养规格及教学需求多样性的要求,尽可能为各校教学的开展提供一个多层次、系统而全面的教材供给平台。(4)教材的编写在总结“八五”、“九五”工作经验的基础上,注意体现原创性内容,把握好技术发展与教学需要的关系,努力体现教育面向现代化、面向世界、面向未来的要求,着力提高学生的创新思维能力,使所编教材达到先进性与实用性兼备。(5)配合现代化教学手段的发展,积极配套相应的教学辅件,便利教学。

教材建设是教学改革的重要环节之一,全面做好教材建设工作,是提高教学质量的重要保证。本套教材是由人民交通出版社组织,由原全国高等学校路桥与交通工程教学指导委员会成员学校相互协作编写的一套具有交通出版社品牌的教材,教材力求反映交通科技发展的先进水平,力求符合高等教育的基本规律。各门教材的主编均通过自由申报与专家推荐相结合的方式确定,他们都是各校相关学科的骨干,在长期的教学与科研实践中积累了丰富的经验。由他们担纲主编,能够充分体现教材的先进性与实用性。本套教材预计在二年内完全出齐,随后,将根据情况的变化而适时更新。相信这批教材的出版,对于土木工程框架下道路工程、桥梁工程专业方向与交通工程专业教材的建设将起到有力的促进作用,同时,也使各校在教材选用方面具有更大的空间。需要指出的是,该批教材中研究生教材占有较大比例,研究生教材多具有较高的理论水平,因此,该套教材不仅对在校学生,同时对于在职学习人员及工程技术人员也具有很好的参考价值。

21世纪初叶,是我国社会经济发展的重要时期,同时也是我国公路交通从紧张和制约状况实现全面改善的关键时期,公路基础设施的建设仍是今后一项重要而艰巨的任务,希望通过各相关院校及所有参编人员的共同努力,尽快使全套21世纪交通版高等学校教材(公路类)尽早面世,为我国交通事业的发展做出贡献。

21世纪交通版
高等学校教材(公路类)编审委员会
人民交通出版社
2001年12月

第二版前言

首先诚挚地感谢广大读者对《桥梁计算示例丛书——桥梁地基与基础》的惠顾。我们根据新颁布的《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)、《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)等有关规范以及高等学校相关课程的基本要求,对该书第一版中的部分内容进行了相应的修改,并对第一版中发现的一些错误或不妥之处做了订正。

本书仍分为5章,其主要内容为:天然地基上的浅基础设计计算;桩基础设计计算;沉井基础设计计算;桥梁基础抗震设计计算;地基加固。

本书由湖南大学赵明华主编,湖南大学陈昌富、邹新军,长沙理工大学刘建华,河南信阳师范学院高洪波等参加编写。第1、4章由刘建华、高洪波编写,第2章由赵明华编写,第3章由邹新军编写,第5章由陈昌富编写。

限于编者水平,不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2009年3月

第一版前言

随着我国交通事业的高速发展,尤其是西部建设的大力推进,桥梁地基与基础工程所面临的问题也越来越多。为了帮助广大读者加深对桥梁地基与基础工程基本理论、设计计算方法以及软土路基处理技术等理解,我们根据国家颁布的现行设计规范及高等学校相关课程的基本要求编写出了本书。

本书共分为五章,其主要内容为:天然地基上的浅基础设计计算;桩基础设计计算;沉井基础设计计算;桥梁基础抗震设计计算;地基加固。

本书在编写过程中力求做到内容精炼、叙述清楚、体系完整、特色鲜明,文字通俗流畅、图例清晰,并科学性、先进性及理论联系实际兼备。同时贯彻“少而精”的原则,与教材《基础工程》密切配合,且兼容本科土木工程专业基础工程课程教学大纲要求,便于学生自学及工程技术人员参考。

本书由湖南大学赵明华教授主编,湖南大学陈昌富、邹新军,河南信阳师范学院高洪波等参加编写,由哈尔滨建筑工业大学盛洪飞教授主审。第一、四章由高洪波编写,第二章由赵明华编写,第三章由邹新军编写,第五章由陈昌富编写。此外,湖南大学博士研究生程晔和刘建华同学也参加了部分示例的计算和整理工作。

限于编者水平,不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2004年4月6日

目 录

第1章 天然地基上的浅基础设计计算	1
1.1 浅基础设计计算思路	1
1.2 埋置式桥台刚性扩大基础设计示例	2
1.3 矩形桥墩下明挖基础设计示例	12
第2章 桩基础设计计算	26
2.1 桩基础设计计算思路	26
2.2 双柱式桥墩钻孔灌注桩计算示例(单排桩)	30
2.3 群桩基础设计计算示例(多排桩)	35
2.4 直斜桩组合群桩基础设计计算示例	38
2.5 桥台桩基础设计计算示例	42
2.6 某大桥管柱基础设计计算示例	46
第3章 沉井基础设计计算	51
3.1 沉井基础设计计算思路	51
3.2 圆端形沉井基础设计示例	54
3.3 圆形沉井基础设计示例	63
3.4 矩形沉井基础设计示例	68
第4章 桥梁基础抗震设计计算	74
4.1 桥梁基础抗震设计计算思路	74
4.2 桥墩基础地震作用下墩底地震力计算示例	79
4.3 单排钻孔桩桥墩地震力计算示例	88
4.4 矩形桥墩沉井基础地震力计算示例	101
第5章 地基加固	108
5.1 地基加固设计计算思路	108
5.2 换土垫层法设计计算示例	110
5.3 碎石桩加固地基设计计算示例	116
5.4 水泥土搅拌桩加固地基设计计算示例	119
5.5 排水固结法设计计算示例	123
参考文献	130

第1章 天然地基上的浅基础设计计算

1.1 浅基础设计计算思路

天然地基上的基础,因其埋置深度不同,采用的施工方法、基础结构形式和设计计算方法也不同,通常可分为浅基础和深基础两类。浅基础埋入地层深度较浅,施工时一般采用敞开开挖基坑,直接修筑基础,故通常亦称为明挖基础。浅基础在设计计算时可忽略基础侧边土体对基础的影响,其结构形式和施工方法较简便易行,易于保证施工质量,经济效益也较好,通常为建筑物最常用的基础类型。

浅基础设计思路和步骤如下。

1.1.1 浅基础的构造及尺寸拟定

首先应充分考虑基底持力层稳定的最小深度、严寒地区的冻结深度、河流的冲刷深度等因素,拟定基础埋置深度;再初步拟定几种可行方案进行验算,从技术、经济和施工条件上比较,最后确定埋置深度。同时,基础顶面一般应低于设计地面 10cm 以上。基础顶面与底面的尺寸一般应与墩台身底面形状大致相符,并根据襟边和台阶构造要求拟定出平面尺寸。对刚性基础要满足刚性角的要求,否则,应考虑改用钢筋混凝土基础。

1.1.2 荷载计算及组合

(1)永久荷载(恒载):包括结构重力、预加应力、土的重力及土侧压力、混凝土收缩及徐变影响力、基础变位影响力、水的浮力。

(2)可变荷载:包括基本可变荷载(活载)和其他可变荷载。其中基本可变荷载(活载)包括汽车荷载、汽车冲击力、离心力、汽车引起的土侧压力、人群荷载、平板挂车或履带车荷载、平板挂车或履带车荷载引起的土侧压力;其他可变荷载包括风力、汽车制动力、流水压力、冰压力、温度影响力、支座摩阻力。

(3)荷载组合:上述各种荷载并不是全部同时作用在结构物上,设计中应根据结构特点及验算项目的某种要求选取导致结构物出现最不利情况的各种荷载(即荷载的最不利组合)进行验算。

1.1.3 地基承载力验算

基底压应力计算时要考虑填土对基底的附加应力,并按运营和施工阶段分别计算,然后进行持力层强度验算、下卧层强度验算。

1.1.4 基底偏心距验算

验算基底偏心距的目的是为了控制基础不发生过大的不均匀下沉,通过控制基底偏心距,使其合力尽量接近基底形心。对于非岩石地基,则

当仅承受永久作用标准值效应组合时,基底偏心距应满足 $e_0 \leq 0.75\rho$;

当考虑承受作用标准值效应组合或偶然作用(地震作用除外)标准值效应组合时,应满

足 $e_0 \leq \rho$ 。

1.1.5 基础稳定性验算

(1) 倾覆稳定性验算

倾覆稳定性通常用倾覆稳定系数 k_0 表示:

$$k_0 = \frac{S}{e_0}$$

式中: S ——截面重心至验算倾覆轴的距离;

e_0 ——所有外力合力作用点对基底重心轴的偏心距。

使用阶段永久荷载作用时 k_0 不小于 1.5, 施工阶段 k_0 不小于 1.2。

(2) 滑动稳定性验算

滑动稳定系数用 k_c 表示:

$$k_c = \frac{\mu \sum P_i + \sum H_{ip}}{\sum H_{ia}} \quad (1-1)$$

式中: $\sum P_i$ ——竖向力总和;

$\sum H_{ip}$ ——抗滑水平力总和;

$\sum H_{ia}$ ——滑动水平力总和;

μ ——摩擦系数。

墩台基础的滑动稳定系数 k_c 不得小于 1.3。

1.1.6 沉降计算

对于外静定体系的桥梁, 当其墩台建筑在地质情况复杂、土质不均匀及承载力较差的地基上, 以及相邻跨径差别悬殊而必须计算沉降差, 或跨线桥净高限制需预先考虑沉降量时, 均应计算其沉降及位移。但在一般地质情况的地基上, 对于跨径不大的桥梁可不进行地基沉降计算。对于外超静定体系桥梁, 一般情况均应验算沉降量, 并应考虑基础的不均匀沉降所引起的结构附加内力。桥梁墩台基础的沉降量按恒载采用分层总和法计算。

1.2 埋置式桥台刚性扩大基础设计示例

1.2.1 设计资料及基本数据

某桥上部结构采用装配式钢筋混凝土简支 T 形梁, 标准跨径是 20.00m, 计算跨径 $L = 19.50\text{m}$, 摆动支座, 桥面宽度为净 7m + 2 × 2.0m, 双车道, 按《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007) (下简称《公桥基规》) 进行设计计算。

设计荷载为公路—II 级, 人群荷载为 3.5kN/m^2 。

材料: 台帽、耳墙及截面 $a-a$ 以上混凝土强度等级为 C25, $\gamma_1 = 25.00\text{kN/m}^3$, 台身 (自截面 $a-a$ 以下) 用 MU7.5 浆砌片、块石 (面墙用块石、其他用片石, 石料强度不小于 MU30), $\gamma_2 = 23.00\text{kN/m}^3$, 基础用 C15 素混凝土浇筑, $\gamma_3 = 24.00\text{kN/m}^3$ 。台后及溜坡填土 $\gamma_4 = 17.00\text{kN/m}^3$, 填土的内摩擦角 $\varphi = 35^\circ$, 黏聚力 $c = 0$ 。

水文、地质资料: 设计洪水水位高程离基底的距离为 7.00m (在 $a-a$ 截面处), 地基土的物理、力学指标见表 1-1。

1.2.2 桥台与基础构造及拟定的尺寸 (图 1-1)

基础分两层, 每层厚度为 0.5m, 襟边和台阶等宽, 取 0.40m。根据襟边和台阶构造要求初

拟出平面较小尺寸,见图 1-1,经验算不满足要求时再调整尺寸。基础用 C15 混凝土浇筑,混凝土的刚性角 $\alpha_{\max}=40^\circ$ 。基础的扩散角为:

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{0.8}{1.0} = 38.66^\circ < \alpha_{\max} = 40^\circ$$

满足要求。

土工试验成果表

表 1-1

取土深度 (自地面算起)	天然状态下土的物理性指标				土粒 相对 密度 d_s	塑 性 试 验				抗剪试验		压缩系数 a_{1-2}
	含水率 w	重度 γ	孔隙比 e	饱和度 S_r		液限 w_L	塑限 w_p	塑性 指数 I_p	液性 指数 I_L	内摩 擦角 φ	黏聚力 c	
	(%)	(kN/m^3)		(%)		(%)	(%)			($^\circ$)	(MPa)	(MPa^{-1})
3.40~3.60	24.4	20.3	0.608	99.0	2.73	51.0	22.1	28.9	0.05	19.3	89.8	0.11
8.90~9.10	30.5	19.0	0.889	94.3	2.75	51.3	23.1	28.2	0.26	16.3	43.2	0.16

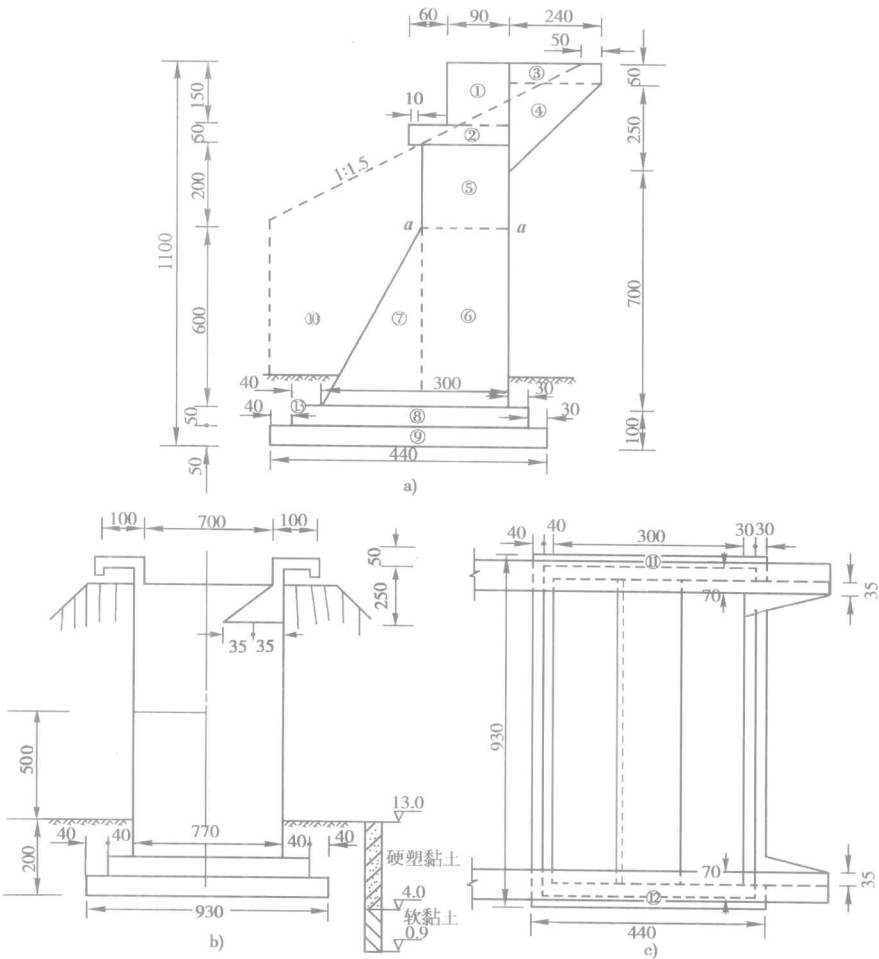


图 1-1 (尺寸单位:cm)

1.2.3 荷载计算及组合

(1)上部构造恒载反力及桥台台身、基础自重与基础上土重计算
其值列于表 1-2

恒 载 计 算 表 表 1-2

序 号	计 算 式	竖直力 P_k (kN)	对基底 中心轴 偏心距 ρ (m)	弯矩 M (kN·m)	备 注
1	$0.9 \times 1.5 \times 7.7 \times 25.00$	259.88	1.15	298.86	(1) 弯矩正、负 值规定如下: 逆时 针方向取“-”号; 顺 时 针 方 向 取 “+”号; (2) 偏心距在基 底中心轴之右为 “+”, 中心轴之左 为“-”
2	$0.5 \times 1.5 \times 7.7 \times 25.00$	144.38	0.85	122.72	
3	$0.5 \times 2.4 \times 0.35 \times 25.00 \times 2$	21.00	2.80	58.80	
4	$\frac{1}{2} \times 2.5 \times 2.4 \times \frac{1}{2} (0.35 + 0.7) \times 2 \times 25.00$	78.75	2.40	189.00	
5	$2.0 \times 1.4 \times 7.7 \times 25.00$	539.00	0.90	485.10	
6	$6.0 \times 1.4 \times 7.7 \times 23.00$	1 487.64	0.90	1 338.88	
7	$\frac{1}{2} \times 1.6 \times 6.0 \times 7.7 \times 23.00$	850.08	-0.33	-280.53	
8	$0.5 \times 3.7 \times 8.5 \times 24.00$	377.40	0.05	18.87	
9	$0.5 \times 4.4 \times 9.3 \times 24.00$	491.04	0.00	0.00	
10	$\left[\frac{1}{2} \times (6.2 + 7.8) \times 2.4 - \frac{1}{2} \times 1.6 \times 6.0 \right] \times 7.7 \times 17.00$	1 570.80	-1.20	-1 884.96	
11	$\frac{1}{2} \times (6.2 + 8.73) \times 0.8 \times 3.8 \times 2 \times 17.00$	771.58	-0.19	-146.60	
12	$0.5 \times 0.4 \times 4.4 \times 2 \times 17.00$	29.92	0.00	0.00	
13	$0.5 \times 0.4 \times 8.5 \times 17.00$	28.90	-2.00	-57.80	
14	上部构造恒载	823.07	0.50	411.54	
$\Sigma P_k = 7\,473.44\text{kN}, \Sigma M = 553.88\text{kN} \cdot \text{m}$					

(2)土压力计算

土压力按台背竖直, $\alpha = 0$, 填土内摩擦角 $\varphi = 35^\circ$, 台背(圬工)与填土间的外摩擦角 $\delta = \varphi/2 = 17.5^\circ$ 计算, 后台填土水平, $\beta = 0$ 。

①台后填土表面无车辆荷载时土压力计算

台后填土自重所引起的主动土压力计算式为:

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma_4 H^2 B \mu_a \tag{1-2}$$

已知: $\gamma_4 = 17.00\text{kN/m}^3$, B 为桥台宽度取 7.7m , H 为自基底至填土表面的距离, 等于 11.00m ; μ_a 为主动土压力系数。

$$\begin{aligned} \mu_a &= \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cos(\alpha + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta)}} \right]^2} \\ &= \frac{\cos^2 35^\circ}{\cos 17.5^\circ \left(1 + \sqrt{\frac{\sin 52.5^\circ \sin 35^\circ}{\cos 17.5^\circ}} \right)^2} = 0.247 \\ E_a &= \frac{1}{2} \times 17.00 \times 11^2 \times 7.7 \times 0.247 = 1\,956.10(\text{kN}) \end{aligned}$$

其水平向分力:

$$E_{ax} = E_a \cos(\delta + \alpha) = 1956.1 \times \cos 17.5^\circ = 1865.57 (\text{kN})$$

离基础底面的距离:

$$e_y = \frac{1}{3} \times 11 = 3.67 (\text{m})$$

对基底形心轴的力矩:

$$M_{ex} = -1865.57 \times 3.67 = -6846.64 (\text{kN} \cdot \text{m})$$

其竖直向分力:

$$E_{ay} = E_a \sin(\delta + \alpha) = 1956.1 \times \sin 17.5^\circ = 588.21 (\text{kN})$$

作用点离基底形心轴的距离:

$$e_x = 2.2 - 0.6 = 1.6 (\text{m})$$

对基底形心轴的力矩:

$$M_{ey} = 588.21 \times 1.6 = 941.14 (\text{kN} \cdot \text{m})$$

②台后填土表面有汽车荷载时

由汽车荷载换算的等代均布土层厚度:

$$h = \frac{\sum G}{Bl_0 \gamma} \quad (1-3)$$

式中: l_0 ——破坏棱体长度,当台背竖直时, $l_0 = H \tan \theta$, $H = 11.00 \text{m}$ 。

由 $\tan \theta = -\tan \omega + \sqrt{(\cot \varphi + \tan \omega)(\tan \omega - \tan \alpha)} = 0.583$, 其中 $\omega = \varphi + \delta + \alpha = 52.5^\circ$, 得:

$$l_0 = 11.00 \times 0.583 = 6.413 (\text{m})$$

在破坏棱体长度范围内只能放一列汽车,因是双车道,故

$$\sum G = 2 \times (140 + 140) = 560 (\text{kN})$$

$$\therefore h = \frac{560}{7.7 \times 6.413 \times 17.00} = 0.667 (\text{m})$$

台背在填土连同破坏棱体上车辆荷载作用下所引起的土压力:

$$\begin{aligned} E_a &= \frac{1}{2} \gamma H (2h + H) B \mu_a = \frac{1}{2} \times 17.00 \times 11 \times (2 \times 0.667 + 11) \times 7.7 \times 0.247 \\ &= 2193.33 (\text{kN}) \end{aligned}$$

其水平向分力:

$$E_{ax} = E_a \cos(\delta + \alpha) = 2193.33 \times \cos 17.5^\circ = 2091.8 (\text{kN})$$

作用点离基础底面的距离:

$$e_y = \frac{11}{3} \times \frac{11 + 3 \times 0.667}{11 + 2 \times 0.667} = \frac{11}{3} \times \frac{13.001}{12.334} = 3.86 (\text{m})$$

对基底形心轴的力矩:

$$M_{ex} = -2091.8 \times 3.86 = -8074.35 (\text{kN} \cdot \text{m})$$

竖直向分力:

$$E_{ay} = E_a \sin(\delta + \alpha) = 2193.33 \times \sin 17.5^\circ = 659.55 (\text{kN})$$

作用点离基底形心轴的距离:

$$e_x = 2.2 - 0.6 = 1.6 (\text{m})$$

对基底形心轴的力矩:

$$M_{ey} = 659.55 \times 1.6 = 1055.28 (\text{kN} \cdot \text{m})$$

③桥上无荷载,台后有车辆荷载(图 1-2)

此时支反力为 0,土压力车辆荷载等代均布土层厚度为:

$$h = \frac{\sum G}{Bl_0\gamma} = \frac{2 \times (140 + 140)}{7.7 \times 6.413 \times 17.00} = 0.667 \text{ (m)}$$

土压力合力:

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma H (2h + H) B \mu = 0.5 \times 17.00 \times 11 \times (2 \times 0.667 + 11) \times 7.7 \times 0.247 = 2193.33 \text{ (kN)}$$

其水平向分力:

$$E_{ax} = E_a \cos(\alpha + \delta) = 2193.33 \times \cos 17.5^\circ = 2091.8 \text{ (kN)}$$

作用点离基础底面的距离:

$$e_y = \frac{11}{3} \times \frac{11 + 3 \times 0.667}{11 + 2 \times 0.667} = 3.86 \text{ (m)}$$

对基底形心轴的力矩:

$$M_{ex} = -2091.8 \times 3.88 = -8074.35 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

竖向向分力:

$$E_{ay} = E_a \sin(\alpha + \delta) = 2193.33 \times \sin 17.5^\circ = 659.55 \text{ (kN)}$$

作用点离基底形心轴的距离:

$$e_x = 2.2 - 0.6 = 1.6 \text{ (m)}$$

对基底形心轴的力矩:

$$M_{ey} = 659.55 \times 1.6 = 1055.28 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

④台前溜坡填土自重对桥台前侧面上的主动土压力

计算时,以基础前侧边缘垂线作为假想台背,土表面的倾斜度以溜坡坡度为 1:1.5 算得,

$\beta = -31.5^\circ$, 则基础边缘至坡面的垂直距离为 $H' = 11 - \frac{3.8 + 1.9}{1.5} = 7.2 \text{ (m)}$, 若取 $\delta = \varphi = 35^\circ$,

主动土压力系数:

$$\mu_a = \frac{\cos^2 35^\circ}{\cos 35^\circ \left(1 + \sqrt{\frac{\sin 70^\circ \times \sin 66.50^\circ}{\cos 35^\circ \times \cos 31.5^\circ}} \right)^2} = 0.184$$

则主动土压力:

$$E'_a = \frac{1}{2} \gamma H'^2 B \mu_a = \frac{1}{2} \times 17.00 \times 7.2^2 \times 7.7 \times 0.184 = 624.3 \text{ (kN)}$$

其水平向分力:

$$E'_{ax} = E'_a \cos(\delta + \alpha) = 624.3 \times \cos 35^\circ = 511.4 \text{ (kN)}$$

作用点离基础底面的距离:

$$e'_y = \frac{1}{3} \times 7.2 = 2.4 \text{ (m)}$$

对基底形心轴的力矩:

$$M'_{ex} = 511.4 \times 2.4 = 1227.36 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

竖向向分力:

$$E'_{ay} = E'_a \sin(\delta + \alpha) = 624.3 \times \sin 35^\circ = 358.08 \text{ (kN)}$$



图 1-2