



交通高等职业技术教育教材

基础工程

陈晏松 主编
王经羲 主审



JICHU GONGCHENG

● 人民交通出版社

交通高等职业技术教育教材

基 础 工 程

Jichu Gongcheng

陈晏松 主编
王经羲 主审

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书共分为六章,包括:绪论、浅基础、桩基础、沉井基础、软弱地基处理、特殊地基处理,主要介绍了公路桥梁常用的各种类型地基和基础的设计理论、计算方法及施工技术,其中刚性扩大基础、桩基础、沉井基础及施工技术,均有较详细的论述,并附有算例。

本书主要作为面向二十一世纪交通版高等职业技术教育公路与桥梁专业教材,也可供从事路桥设计、施工的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础工程 / 陈晏松主编. —北京: 人民交通出版社,
2002. 8

交通高等职业技术教育教材
ISBN 7-114-04418-6

I.基... II.陈... III.公路桥—桥梁基础—高等
学校: 技术学校—教材 IV.U448.143.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 059933 号

交通高等职业技术教育教材

基 础 工 程

陈晏松 主编

王经羲 主审

正文设计: 姚亚妮 责任校对: 张 莹 责任印制: 杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷有限公司印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 11.5 字数: 280 千

2002 年 8 月 第 1 版

2002 年 8 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—5000 册 定价: 19.00 元

ISBN 7-114-04418-6

U · 03258

前 言

本教材是根据交通职业技术教育路桥工程学科委员会高职教材建设联络组于 2001 年 7 月在昆明会议上作出的要求而编写的。按照高职教育人才培养模式的基本特征:以培养高等技术应用型专门人才为根本任务;以适应社会需要为目标,以培养技术应用能力为主线设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案,具有基础理论适度、技术应用能力强、知识面较宽、素质高等特点;以“应用”为主旨和特征构建课程和教学内容体系。在编写过程中,对全书内容的权衡取舍,作了详细的斟酌,力求符合“路桥专业高职教材编审原则”。

本书编写具体情况为:第一章、第五章由安徽交通职业技术学院杨爱武编写;第二章由湖北交通职业技术学院陈晏松编写;第三章由陕西交通职业技术学院杨俊明编写;第四章、第六章由吉林交通职业技术学院张求书编写。全书由陈晏松主编,由王经羲(安徽交通职业技术学院)主审。

本教材定稿前于 2002 年 7 月在安徽交通职业技术学院召开了审稿会,参加审稿会的有王经羲、陈晏松、杨爱武老师。

考虑到地区性差异及各院校具体情况不同,授课过程中教师可对书中内容进行适当增删。

本教材在编写过程中,得到了人民交通出版社卢仲贤、安徽交通职业技术学院俞高明、陕西交通职业技术学院程兴新、吉林交通职业技术学院张洪滨的指导和帮助,同时附于书末的参考书目作者们对本书完成给予了巨大的支持,在此一并衷心致谢。

限于编者水平及能力,书中错误和不足在所难免,恳请读者提出宝贵意见。

编 者

二〇〇二年七月

面向 21 世纪交通版
交通高等职业技术教育教材
(交通土建专业用)

教材名称	主 编	主 审
工程测量	李仕东 (烟台师范学院交通学院)	李全文 (四川交通职业技术学院)
道路建筑材料	姜志青 (吉林交通职业技术学院)	程兴新 (陕西交通职业技术学院)
工程地质	齐丽云 (吉林交通职业技术学院) 徐秀华 (福建交通职业技术学院)	李瑾亮 (四川交通职业技术学院)
土质与土力学	孟祥波 (烟台师范学院交通学院) 朱建德 (烟台师范学院交通学院)	杨甲奇 (四川交通职业技术学院)
基础工程	陈晏松 (湖北交通职业技术学院)	王经羲 (安徽交通职业技术学院)
桥涵水力水文	俞高明 (安徽交通职业技术学院) 舒国明 (河北交通职业技术学院)	张润虎 (贵州交通职业技术学院)
公路设计	金仲秋 (浙江交通职业技术学院) 夏连学 (河南交通职业技术学院)	程兴新 (陕西交通职业技术学院)
公路施工技术	俞高明 (安徽交通职业技术学院)	李加林 (广东交通职业技术学院)
结构设计原理	孙无桃 (宁夏交通职业技术学院)	郭发忠 (新疆交通职业技术学院)
桥涵设计	白树毅 (吉林交通职业技术学院)	于敦荣 (烟台师范学院交通学院)
桥涵施工技术	王常才 (安徽交通职业技术学院)	黄成光 (云南交通职业技术学院)
公路工程招标与投标	文德云 (湖南交通职业技术学院)	梁志锐 (广西交通职业技术学院)
公路工程估价	陆春其 (南京交通职业技术学院)	单 阳 (江西交通学院)
公路工程项目管理	陈 烈 (四川交通职业技术学院) 单 阳 (江西交通职业技术学院)	张洪滨 (吉林交通职业技术学院)
公路施工组织设计	马敬坤 (河北交通职业技术学院)	殷育英 (青海交通职业技术学院)
公路工程检测技术	金 桃 (贵州交通职业技术学院) 张美珍 (山西交通职业技术学院)	李玉珍 (南京交通职业技术学院)
公路工程施工监理基础	李文不 (四川交通职业技术学院)	俞高明 (安徽交通职业技术学院)
公路隧道施工	黄成光 (云南交通职业技术学院)	于敦荣 (烟台师范学院交通学院)
公路养护技术与管理	彭富强 (湖南交通职业技术学院)	梁志锐 (广西交通职业技术学院)
道路工程制图	刘松雪 (吉林交通职业技术学院) 樊琳娟 (南京交通职业技术学院)	朱胜利 (陕西交通职业技术学院)
道路工程制图习题集	曹雪梅 (四川交通职业技术学院) 樊琳娟 (南京交通职业技术学院)	朱胜利 (陕西交通职业技术学院)
工程力学	孔七一 (湖南交通职业技术学院)	王晓农 (南京交通职业技术学院)
结构力学	李 轮 (新疆交通职业技术学院) 蒋丽珍 (江西交通职业技术学院)	韩东萍 (宁夏交通职业技术学院)
道路工程专业英语	薛延河 (浙江交通职业技术学院)	李 强 (安徽交通职业技术学院)
交通工程学基础	张邵生 (河北交通职业技术学院)	卢仲贤 (人民交通出版社)
工程机械与施工用电	王定祥 (湖南交通职业技术学院) 郭远辉 (四川交通职业技术学院)	徐永杰 (烟台师范学院交通学院)
城市道路设计	王连威 (吉林交通职业技术学院)	吴继锋 (江西交通学校)
公路工程CAD基础教程	郑益民 (烟台师范学院交通学院)	

人民交通出版社公路图书(新书)介绍

人民交通出版社公路图书部是该社公路图书核心出版部门,现承担国家级重点图书“交通科技丛书”22种,“现代桥梁技术丛书”20种,“当代交通领域重要著作丛书”以及“面向二十一世纪交通版高等学校教材”120种等重点图书的出版任务。联系电话:010-64237738 010-64213147(传真)

*新版图书

1. 面向 21 世纪交通版高等学校教材

- 土质学与土力学(第三版)(高大钊) 26 元
- 高等桥梁结构理论(项海帆主编) 35 元
- 交通工程设施设计(李峻立主编) 35 元
- 公路经济学教程(袁剑波主编) 23 元
- 桥梁结构试验(章关永主编) 22 元
- 公路土工合成材料应用原理 22 元
- 路基设计原理与计算 40 元
- 混凝土简支梁(板)桥(易建国) 27 元
- 公路工程造价编制与管理(沈其明) 31 元
- 大跨度桥梁结构计算理论(李传习) 18 元

2. 面向 21 世纪交通版交通高等职业技术教育路桥专业教材

- 公路工程 CAD 基础教程(郑益民编著) 26 元
- 道路建筑材料(姜志青主编) 29 元
- 毕业设计与毕业答辩指导(上) 15 元
- 毕业设计与毕业答辩指导(下) 17 元
- 工程地质(齐丽云等主编) 23 元
- 公路工程检测技术(金桃等主编) 28 元
- 公路工程施工监理基础 24 元
- 公路隧道施工(黄成光) 59 元
- 工程机械与施工用电 33 元
- 公路工程建设招标与投标(刘德云) 30 元
- 交通工程学基础(张郃生) 19 元
- 道路工程制图(刘松雪) 29 元
- 道路工程制图习题集(曹雪梅) 28 元
- 工程测量(李仕东) 24 元
- 工程力学(孔七一) 26 元
- 公路施工组织设计(马敬坤) 16 元
- 道路工程专业英语(薛延河) 19 元
- 公路工程项目管理(陈烈) 27 元

3. 公路桥梁设计丛书

- 悬索桥设计(曹俊卿主编) 56 元
- 桥梁通用构造及简支梁桥(胡兆同) 25 元
- 刚架桥(邹晓光) 23 元
- 预应力混凝土连续梁桥设计(徐岳) 55 元

4. 公路建设百问丛书

- 桥梁检测与维修加固百问 25 元
- 公路工程概预算百问(邢凤岐) 18 元

5. 交通土建软土地基工程手册(河海大学)

- 138 元

6. 岩土工程的回顾与前瞻(高大钊)

- 56 元

7. 沥青及沥青混合料路用性能(沈金安)

- 68 元

8. 高速公路沥青路面早期破坏现象及预防

- 45 元

9. 沥青路面施工与维修技术(郝培文)

- 35 元

10. 黄土地区高速公路施工新技术

- 30 元

11. 公路建设管理法规文件汇编(2002 版)

- (交通部公路司) 90 元

12. 英汉道路工程词汇(第四版)

- 118 元

13. 公路建设单位会计实务(刘晓燕)

- 42 元

14. 县乡公路手册(广州公路局)

- 88 元

15. 公路工程施工监理手册(第二版)

- 交通部公路司 120 元

16. 公路机务管理手册 中国筑机学会

- 50 元

17. 公路基本建设与交通工程概预算编制办法

- 及各省补充规定汇编 29 元

18. 桥梁结构空间分析设计方法与应用

- 25 元

19. 高墩大跨连续刚构桥

- 25 元

20. 公路工程建设项目计量与支付手册

- 72 元

21. 灌注桩检测与处理

- 22 元

22. 唐港高速公路建设实践与认识

- 48 元

23. 公路建设与管理论文集

- 65 元

24. 公路工程机械化施工

- 39 元

25. 悬索桥(徐君兰)

- 16 元

26. 现代公路勘测设计实用技术(第二版)

- 53 元

27. 公路工程造价与快捷编标(修订版)

- 59 元

28. 高等级公路养护技术与养护机械

- 42 元

29. SBS 改性沥青的生产与应用

- 18 元

30. 沥青路面机械化施工技术 with 质量控制

- 16 元

31. 沥青路面道路质量评估及养护指南

- 12 元

32. 交通土建工程制图(第二版)(教材)

- 38 元

33. 交通土建工程制图习题集(第二版)(教材)

- 17 元

34. 高速公路机械化施工及组织管理

- 23 元

35. 八一大桥建设与管理

- 40 元

36. 现代工程机械液压与液力系统

- 39 元

37. 公路工程质量通病防治指南(部公路司)

- 72 元

38. 全国优秀公路勘察设计技术交流成果汇编

- (部公路司) 68 元

39. 公路旧桥加固技术与实例

- 38 元

40. 真空排水预压法加固软土技术

- 20 元

41. 高等级公路软土地基路堤设计与施工技术

- 25 元

42. 高等级公路控制测量

- 33 元

43. 新编大学英语四级每日精读

- 22 元

44. 公路土工合成材料设计原理及工程应用

- 24 元

45. 路桥施工计算手册

- 92 元

46. 路基路面施工及组织管理

- 39 元

47. 互通式立体交叉设计范例(带光盘)

- 41 元

48. 路面管理系统基础教程(潘玉利主编)

- 46 元

49. 汽车检测设备维修工—职业技能鉴定规范

- 5.6 元

50. 汽车检测工—职业技能鉴定规范

- 5.6 元

51. 地铁与轻轨

- 39 元

52. 西部通县公路建设技术指南

- 交通部公路司 50 元

53. 城市地下工程与环境保护·大陆卷

- 100 元

54. 高等学校会计

- 30 元

55. 土木工程水文学原理及习题解法指南

- 33 元

56. 桥梁结构高耐久性混凝土设计与施工规程

- 6.00 元

57. 道路通行能力分析(张起森)

- 28 元

58. 公路工程招标与投标指南(王清池等)

- 45 元

59. 桥梁损伤诊断(刘效尧)

- 30 元

60. 道路规划与设计(李清波)

- 46 元

* 常备书目

1. 公路桥涵设计手册

- 基本资料(毛瑞祥主编) 46 元

- 涵洞(顾克明主编) 32 元

- 拱桥(上)(石绍甫主编) 50 元

- 拱桥(下)(顾安邦主编) 36 元

- 墩台与基础(江祖铭主编) 42 元

- 梁桥(上)(徐光辉主编) 52 元

- 梁桥(下)(刘效尧主编) 52 元

- 预应力技术及材料设备(刘效尧主编) 28 元

- 桥梁附属构造与支座(金吉寅主编) 46 元

- 桥位设计(高冬光主编) 42 元

2. 公路设计手册

- 路基 第二版(交通部) 78 元

- 路面 第二版(姚祖康主编) 46 元

3. 公路施工手册类

- 基本作业(杨理准主编) 46 元

- 桥涵(上)新版(公路一局) 132 元

- 桥涵(下)新版(公路一局) 143 元

- 工程材料 128 元

4. 道路施工工程师手册(杨文渊主编)

- 45 元

5. 桥梁施工工程师手册(杨文渊主编)

- 46 元

6. 交通工程手册(公路学会)

- 88 元

7. 筑路机械手册(何挺雄主编)

- 175 元

8. 国外公路工程机械技术性能手册

- 32 元

9. 公路施工项目管理手册(陈传德主编)

- 60 元

10. 公路设计交通安全审查手册

- 36 元

11. 实用土木工程手册 第三版

- 98 元

12. 简明公路施工手册 第二版

- 78 元

13. 公路施工测量手册(聂让等主编)

- 43 元

14. 简明工程机械施工手册(杨文渊主编)

- 68 元

15. 公路小桥涵手册(河北交规院)

- 30 元

16. 公路工程混合料配合比设计与试验技术手册

- 50 元

丛书类

高速公路

1. 高速公路	38 元
2. 高速公路规划与设计	27 元
3. 高速公路路基设计与施工	46 元
4. 高速公路交通工程及沿线设施	42 元
5. 高速公路建设管理	62 元
6. 高速公路立交工程	48 元
7. 高速公路路面设计与施工	72 元
8. 高速公路养护管理	38 元
9. 高速公路环境保护与绿化	23 元

厦门海沧大桥建设丛书

1. 建设与管理(一)	50 元
2. 科研·试验·专用技术标准(二)	60 元
3. 桥梁景观(三)	42 元
4. 东航道悬索桥(四)	70 元
5. 西航道连续刚构桥(五)	25 元
6. 互通立交·引桥·引道(六)	32 元
7. 摄影专集	118 元

公路机械化施工与养护技术丛书

1. 石料生产技术	34 元
-----------	------

培训教材类

公路工程监理培训教材

1. 合同管理(曹俊卿)	24 元
2. 工程费用监理(张建仁)	15 元
3. 监理概论(刘健新)	18 元
4. 工程质量监理(李宇峙)	17 元
5. 工程进度监理(邹晓光)	16 元

公路工程试验检测技术培训教材

1. 公路几何线形检测技术(王文锐)	13 元
2. 路基路面试验检测技术(徐培华)	29 元
3. 桥涵工程试验检测技术(胡大琳)	26 元
4. 隧道工程试验检测技术(吕康成)	15 元
5. 交通工程试验检测技术	17 元

特别推荐

1. 公路工程国内招标文件范本(1999 年版)	75 元
2. 公路工程造价指南(杨子敏)	68 元
3. 公路施工组织及概预算(1999 年)	27 元
4. 公路工程造价、估算与概、预算编制示例	25 元
5. 沥青路面施工机械与机械化施工	45 元
6. 工程建设相关法律实务(何红风)	19.5 元
7. 高速公路机电系统(翁小雄)	35 元
8. 振动压路机及振动压实技术(李冰)	45 元
9. 高等级公路施工技术与工程(王明怀)	68 元
10. 改性沥青与 SMA 路面(沈金安)	39 元
11. 预应力混凝土梁拱组合体系桥梁(金成樟)	48 元
12. 现代工程机械液压与液力系统(顾荣庆)	39 元
13. 高等级公路半刚性基层沥青路面(沙庆林)	78 元
14. 高速公路收费系统理论与方法(刘伟铭)	45 元
15. 水泥混凝土路面滑模施工技术(傅智)	58 元
16. 乳化沥青与稀浆封层技术	26 元
17. 公路桥梁伸缩装置(李扬海)	18.5 元
18. 全站仪与高等级公路测量(聂让)	20 元
19. 滑模式水泥混凝土摊铺机及施工技术	22 元
20. 加筋土挡墙工程图集(唐善祥)	25 元
21. 斜拉桥换索工程(王文涛)	22 元
22. 沥青加热技术(王志廷)	20 元
23. 连续桥面简支梁桥墩台计算实例(修订本)	14 元
24. 路面分析与设计(余定选译)	70 元
25. 碾压混凝土路面施工技术 山西交通研究所	15 元
26. 公路施工与养护	27 元
27. 机场场道工程施工(秦水田)	24 元
28. 沥青路面道路结构设计指南(张富德)	11 元
29. 公路钢筋混凝土简支梁桥的体外预应力加固技术 (黄桥)	16 元
30. 拱桥设计计算 第二版(王国鼎)	35 元
31. 公路工程实用电算(廖正环)	30 元
32. 高等级公路建设与管理(吴海燕)	17 元
33. 拱桥千秋(郭临义)	14 元
34. 半刚性路面材料结构与性能(沙爱民)	13.8 元
35. 公路 CAD 技术(许金良)	14.6 元
36. 桥梁施工及组织管理上(99 版)	36 元
37. 桥梁施工及组织管理下(99 版)	29 元

38. 桥梁建筑美学(盛洪飞)	56 元
39. 交通土木工程测量(张坤宜)	33 元
40. 结构稳定与稳定内力	23 元
41. 水泥混凝土路面修补技术(修订版)	15 元
42. 公路桥梁电算 第二版(杨炳成)	35 元
43. 公路计算机辅助设计(符铎砂)	30 元
44. 公路实用勘测设计(何景华)	19 元
45. 桥梁计算示例集—拱桥 第二版(钟圣斌)	36 元
46. 路桥施工识读指南(孙建国)	12 元
47. 拱桥与不对称拱(郭临义)	17 元
48. 混凝土斜梁桥(黄平明)	18 元
49. 现代混凝土结构技术(郑建岚)	20 元
50. 公路工程八大通病分析与防治	15 元
51. 无粘结与部分预应力结构(房贞政)	19 元
52. 钢管混凝土拱桥设计与施工(陈宝春)	36 元
53. 水泥混凝土公路技术实践与展望(王燕)	20 元
54. 塑料板排水法加固软基工程实例集	26 元
55. 公路挡土墙设计(陈忠达)	19 元
56. 桥梁桩基计算与检测(赵明华)	24 元
57. 土木工程水文学(叶镇国)	26 元
58. 道路设计资料集(孙家驷)	68 元
59. 桥梁悬臂施工与设计(曹俊卿)	34 元
60. 顶管施工技术(增订版)(余彬泉)	31 元
61. 加筋土工程设计与施工(何光春)	23 元
62. 公路设计指南(陈胜营)	30 元
63. 水泥与水泥混凝土(申爱琴)	30 元
64. 水泥混凝土路面施工及新技术(吴初航)	28 元
65. 公路建设项目社会环境影响评价(董小林)	16 元
66. 公路工程试验员实用读本(伍必庆)	16.5 元
67. 公路工程测量员实用读本(张保成)	16 元
68. 软土工程施工技术与环境保护(杨林德)	28 元
69. 预应力混凝土结构设计原理(李国平)	25 元
70. 工程项目招标投标实务(精)(刘烈烈)	58 元
71. 土木工程计算机绘图基础(尚守平)	39 元
72. 公路工程施工监理合同范本(交通部)	7 元
73. 桥梁监理工程师指南 增订版(王文涛)	26 元
74. 公路路基路面施工监理指南(修订版)	31 元
75. 公路工程施工监理实务(修订版)	16.8 元
76. 现代道路测试技术(孙朝云)	23 元
77. 桥梁与隧道施工监理指南(刘吉士)	33 元
78. 公路工程施工监理 400 问答(文德云)	22 元
79. FIDIC 条款与公路工程施工监理 李宇峙	58 元
80. 公路施工项目管理(陈传德)	15 元
81. 公路施工企业管理(精)(山西公路局)	50 元
82. 桥梁工程估算及概预算编制实例(袁方)	28 元
83. 交通工程学 第二版(李作敏)	28 元
84. 水泥混凝土路面施工与施工机械 何挺继	30 元
85. 现代公路施工机械(何挺继)	45 元
86. 工程机械机电液一体化(焦生杰)	28 元
87. 公路工程常用仪器使用与检修(张翠玉)	25 元
88. 阳离子乳化沥青路面(修订版)	14 元
89. 工程机械故障剖析与处理(焦福全)	26 元
90. 混凝土损伤断裂	16 元
91. 江阴长江公路大桥工程建设论文集	70 元
92. 桥梁施工控制技术(向中富)	39 元
93. 交通职业技术学院路桥专业教学参考书	
— 试题集及题解 第二版(1~4 辑)	全套 108 元
— 《地质与土质》实习实验指导	12 元
— 课程设计指导	27 元
94. 梁柱分析与设计 第一卷(编委会)	100 元
95. 梁柱分析与设计 第二卷(编委会)	80 元
96. 刚构—连续组合梁桥(王文涛)	30 元
97. 公路桥梁荷载横向分布计算方法 贺栓海	20 元
98. 公路工程实用测试技术(王文锐)	22 元
99. 公路沥青路面养护新技术(常魁和等)	28 元
100. 美国公路桥梁设计规范	98 元
101. 公路桥梁墩台设计与施工(马尔立)	20 元
102. 高速公路路政管理(范锐)	17 元
103. 施工企业管理(陈传德)	24 元
104. 工程项目管理(周直)	20 元
105. 柴油机构造与维修(朱军)	26 元

兴通书店联系电话:010-64226310

发行部联系电话:010-64216602 或 64298974

目 录

第一章 绪论	1
第一节 本课程的任务和特点	1
第二节 地基与基础的概念	1
第三节 基础工程设计与施工时所需资料及计算荷载的组合	3
第四节 基础工程学科发展情况简介	8
第二章 天然地基上刚性浅基础	10
第一节 刚性浅基础的构造	10
第二节 浅基础的设计计算	11
第三节 U型桥台刚性扩大基础计算算例	24
第四节 刚性扩大浅基础施工	35
第三章 桩基础	47
第一节 桩基础的组成、作用及适用条件	47
第二节 桩和桩基础的类型与构造	48
第三节 桩基础的施工	53
第四节 单桩容许承载力的确定	70
第五节 桩的内力和变位计算	85
第六节 桩基础整体承载力的验算	109
第七节 桩基础设计计算步骤	111
第四章 沉井基础	116
第一节 概述	116
第二节 沉井的类型与构造	117
第三节 沉井的施工	120
第四节 沉井的设计与计算	127
第五节 沉井在施工过程中的结构强度计算	132
第六节 沉井计算示例	140
第五章 软弱地基处理	152
第一节 概述	152
第二节 砂砾垫层	153
第三节 砂桩与砂井	155
第四节 加固地基的其他方法	158
第六章 特殊地基的处理	161
第一节 湿陷性黄土地基	161
第二节 冻土地区的地基与基础	164
第三节 地震区的地基与基础	169
参考文献	175

第一章 绪 论

第一节 本课程的任务和特点

本课程面向公路与桥梁工程、市政工程、道路工程检测专业的专科学生,系统地介绍桥梁及其他人工构造物地基与基础的有关设计基本理论、实用的计算方法和基本的施工程序。

在学习中,应该理解问题的实质,掌握原理,搞清方法、步骤。其中天然地基的浅基础、桩基础、沉井基础,应了解其类型、构造特点和适用条件,理解其设计原理、计算方法,掌握其施工内容,做到知其然,亦知其所以然。

另外,本课程主要侧重于桥梁基础,但其中阐述的理论和方法,也适用于其他土建工程有关基础工程的问题。这就需要同学们在学习和实践中灵活掌握。

按教学计划,本课程应属于专业课范畴,因此必须要有专业基础课和其他专业课的支持,例如工程地质、土质学与土力学、桥涵水文、材料力学、结构力学、结构设计原理、桥梁工程等。尤其是土质学与土力学为本课程的重要理论基础,应注意前后联系、衔接。

众所周知,基础是修筑在地基之上的工程构造物。而承载基础的地基土又因不同的地区、不同的地层、不同的局部环境,其物理、力学性质又是复杂多变的;另外,基础的受力情况和施工条件也是千差万别的,这些就给我们有关基础的设计、施工带来很大的困难。如何能够切合实际、合理、完善地解决这些困难?这就要求同学们在掌握丰富理论的基础上,不断加强实践锻炼,在理论指导下进行实践,反过来在实践中丰富、升华基础理论。这也是我们这个专业、职业特点。

通过本课程的学习,希望同学们在工作中能够设计、建造出质量一流的桥梁基础,同时也希望每个人也成为交通建设事业的坚实基础、中流砥柱。

第二节 地基与基础的概念

一、地基和基础的概念

基础即桥梁(其他建筑物)中,与地基接触的那部分构造物。从其作用来看,基础承受上部结构和墩、台作用的全部荷载,并将其传递、扩散到地基土中。它的强度与稳定性是整个桥梁正常使用和安全稳定的根本保证。

地基即基础下面的地层。作为整个桥梁的载体,地基承受基础传来的荷载,为了保证结构物安全和正常使用,因此要求地基必须有足够的强度、稳定性;同时,变形也应在容许范围之内。对于浅基础而言,从地基的层次和位置看,它有持力层和下卧层之分。如图 1-1 所示,持力层即与浅基础底面相接触的那部分地层,直接承受基底压应力作用,持力层以下的地层称为下卧层。

要保证建筑物的质量,首先必须保证有可靠的地基与基础,否则,整个建筑物就可能遭到损坏或影响正常使用。从实践来看,建筑工程质量事故往往是地基与基础的失稳、破坏造成的,究其原因也是多方面的:一方面从客观上看,地基和基础属于隐蔽工程,施工条件差,并且一旦出现问题,很难发现,也很难处理、修复;另一方面,地基与基础在地下或水下,往往导致主观上的轻视;再者,地基和基础所占造价比重较大。因此,要求充分重视地基和基础的设计、施工质量,严格执行部颁公路桥涵设计、施工技术规范、标准。

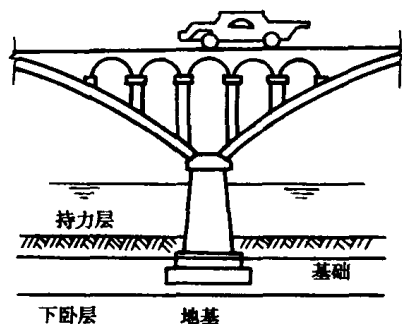


图 1-1 地基与基础

二、地基与基础的类型

地基可分为天然地基和人工地基。直接修筑基础的天然地层称为天然地基;如天然地层土质过于软弱或有不良的工程地质问题,则需要经过人工加固或处理后才能修筑基础,这种地基称为人工地基。在一般情况下,应尽量采用天然地基。

基础的类型,可按基础的刚度、埋置深度、构造形式及施工方法来分类。目的在于了解各种类型基础的特点,以便在设计时,根据具体情况合理地加以选用。

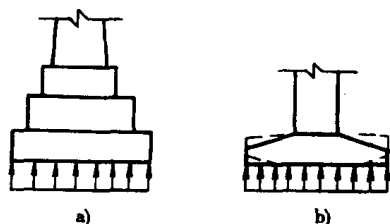


图 1-2

a) 刚性基础; b) 柔性基础

1. 按基础的刚度分类。受力后基础的变形情况,分为刚性和柔性基础,如图 1-2 所示,受力后,不发生挠曲变形的基础称为刚性基础,一般可用抗弯拉强度较差的圬工材料(如浆砌块石、片石混凝土等)做成。这种基础不需要钢材,造价较低,但圬土体积较大,且支承面积受一定限制(图 1-2a);容许发生较大挠曲变形的基础称为柔性基础或弹性基础,通常须用钢筋混凝土做成。由于钢筋可以承受较大的弯拉应力和剪应力,所以当地基承载力较小时,采用这种基础可以有较大的支承面积(图 1-2b)。

在桥梁工程中,一般情况下,多数采用刚性基础。

2. 按埋置深度分类。有浅基础(5m 以内)和深基础两种。当浅层地基承载力较大时,可采用埋深较小的浅基础。浅基础施工方便,通常用明挖法从地面开挖基坑后,直接在基坑底面砌筑、浇筑基础,是桥梁基础首选方案。如果浅层土质不良,需将基础埋置于较深的良好土层上,这种基础称为深基础。深基础设计和施工较复杂,但具有良好的适应性和抗震性,因此,现在高等级公路上也普遍应用。常见的形式有沉井、管柱和桩基础。

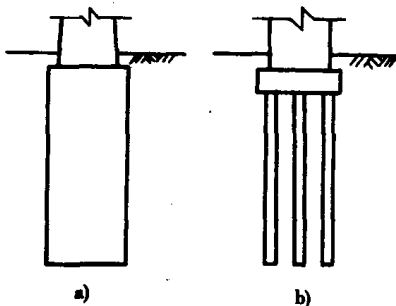


图 1-3

a) 实体式基础; b) 桩柱式基础

3. 按构造形式划分。对桥梁基础来说,可归纳为实体式和桩柱式两类。当整个基础都由圬工材料筑成时,称为实体式基础。其特点是基础整体性好,自重较大,所以对地基承载力要求也较高,如图 1-3a) 所示;由多根基桩或小型管桩组成,并用承台联结成为整体的基础,称为桩柱式基础,如图 1-3b) 所示,这种基础较实体式基础圬工体积小,自重较轻,对地基强度的要求相对较低。桩柱本身一般要用钢筋混凝土制成。

4.按施工方法进行分类。如明挖法、沉井、沉箱、沉桩、沉管灌注桩、就地钻(挖)孔灌注桩等。明挖法最为简单,但只适用于浅基础。其他方法均用于深基础,本教材将在后续章节中分别介绍明挖法、沉井、沉桩、就地钻(挖)孔灌注桩等的施工方法。

5.按基础的材料分类。目前我国公路构造物基础大多采用混凝土或钢筋混凝土结构,少部分采用钢结构。在石料丰富地区,按照因地制宜、就地取材的原则,也常用砌石基础。只有在特殊情况下(如抢修、林区便桥),才采用临时的木结构。

第三节 基础工程设计与施工时所需资料 及计算荷载的组合

地基与基础的设计方案、计算参数的选用,都要根据实际情况全面考虑,如上部结构型式、荷载特征、施工要求及当地的地质条件、水文条件和材料资源等。施工方案和方法也应结合设计要求、现场地形、地质条件、施工设备和技术水平、施工季节、气候和水文等情况来研究确定。因此,无论设计或施工,事先都应通过详细的调查研究,充分掌握必要的切合实际的资料。本节对桥梁基础工程所需资料及设计荷载的组合原则作简要介绍。

一、基础工程设计和施工所需资料

桥梁的地基与基础在设计及施工之前,除了应掌握有关全桥的资料,如上部结构型式、跨径、荷载等级、墩台结构等之外,还应注意地质、水文资料的搜集和分析,做好土质和建筑材料的调查与试验,再次就是要查阅并遵循国家或部门最新颁发的设计、施工技术规范,详见表1-1。其中各项资料内容范围可根据桥梁工程规模、重要性以及桥位处具体的水文、地质条件和设计阶段确定取舍。资料取得的具体方法和规定可参阅工程地质、土质学与土力学及桥涵水力、水文等有关教材和手册。

(一)桥位(包括桥头引道)平面图及拟建上部结构及墩台型式、总体构造及有关设计资料

大中型桥梁基础在进行初步设计时,应该掌握经过实地测绘和调查取得的桥位地形、地物、洪水泛滥线、河道主河槽和河床位置等资料以及绘成的地形平面图(比例为1:500~1:5000)。测绘范围应根据桥梁工程规模、重要性和河道情况确定。若桥址有不良工程地质现象,如滑坡、崩塌和泥石流等以及河道弯曲、主支流会合、河岔、河心滩和活动沙洲等,均应在图上示出。

桥梁上部结构的型式、跨径和墩台的结构型式、高度、平面尺寸,对地基与基础设计方案的选择、具体的设计计算都有很大的制约作用,如超静定结构的上部结构对地基、基础的沉降有较严格的要求,上部结构、墩台的恒载、活载是地基基础的主要荷载,除了特殊情况,基础工程的设计荷载标准、等级应与上部结构一致,因此应全面取得上部结构及墩台的总体设计资料、数据、设计等级、技术标准等。

(二)桥位工程地质勘测报告及桥位地质纵剖面图

这是对桥位地质构造进行工程评价的主要资料,它包括河谷的地质构造,桥位及附近地层的岩性,如地质年代、成因、层序、分布规律及其工程性质(产状、构造、岩层完整及破碎程度、风化程度等),以及覆盖层厚度和土层变化关系等资料,应说明建桥地点一定范围内各种不良工程地质现象或特殊地貌如溶洞、冲沟、陡崖等的成因、分布范围、发展规律及对工程的影响(小型桥梁及地质条件单一的地点,勘测报告可以省略)。

(三)地基土质调查实验报告

在进行施工详图及施工设计时,应该掌握地基土层的类别及物理力学性质,它是在工程地质勘测时通过调查、钻(挖)取各层地基土足够数量的原状土(岩)样,用室内或原位实验方法得到各层土的物理力学指标,如粒径级配、塑性指数、液性指数、天然含水量、容重、孔隙比、抗剪强度指标、压缩特性、渗透性指标以及必要时的荷载实验、岩石抗压强度实验等的结果。并将这些结果编制成表,在绘制成的土(岩)层柱状剖面图中予以说明。

因为需要根据土质调查实验报告评定各土层的强度和稳定性,报告中应有各层土的颜色、结构、密实度和状态等的描述资料,对岩石还应包括有关风化、节理、裂隙和胶结质等情况的说明。地基土质调查资料还应包括地下水及其随季节升降的标高,在冰冻地区应掌握土层的冻结深度、冻融情况及有关冻土力学数据。

如地基内遇到湿陷性黄土、多年冻土、软粘土、含大量有机质土或盐碱土、膨胀土时,对这些土层的特性还应有专门的实验资料,如湿陷性指标、冻土强度、可溶盐和有机质含量等。

(四)河流水文调查资料

设计桥梁墩台基础,要有通过计算和调查取得的比较可靠的设计冲刷深度数据,并了解设计洪水频率的最高洪水位、低水位和常年水位及流量、流速、流向变化情况,河流的下蚀、侧蚀和河床的稳定性,架桥地点河槽、河滩、阶地淹没情况,并应注意收集河流变迁情况和水利设施及规划资料。在沿海地区尚应了解潮汐、潮流有关资料及对桥梁的影响关系。另外,还应有河水及地下水侵蚀的检验资料。详见表 1-1。

基础工程有关设计和施工需要的地质、水文、地形及现场各种调查资料

表 1-1

资 料 种 类	资 料 主 要 内 容	资 料 用 途
1. 桥位平面图(或桥址地形图)	(1)桥位地形 (2)桥位附近地貌、地物 (3)不良工程地质现象的分布位置 (4)桥位与两端路线平面关系 (5)桥位与河道平面关系	(1)桥位的选择、下部结构位置的研究 (2)施工现场的布置 (3)地质概况的辅助资料 (4)河岸冲刷及水流方向改变的估计 (5)墩台、基础防护构造物的布置
2. 桥位工程地质勘测报告及工程地质纵剖面图	(1)桥位地质勘测调查资料包括河床地层分层土、(岩)类及岩性,层面标高,钻孔位置及钻孔柱状图 (2)地质、地史资料的说明 (3)不良工程地质现象及特殊地貌的调查勘测资料	(1)桥位、下部结构位置的选定 (2)地基持力层的选定 (3)墩台高度、结构型式的选定 (4)墩台、基础防护构造物的布置
3. 地基土质调查试验报告	(1)钻孔资料 (2)覆盖层及地基土(岩)层状成分分布情况 (3)分层土(岩)质物理、力学试验资料 (4)荷载试验报告 (5)地下水位调查	(1)分析和掌握地基的层状 (2)地基持力层及基础埋置深度研究与确定 (3)地基各土层强度及有关计算参数的选定 (4)基础类型和构造的确定 (5)基础下沉量的计算
4. 河流水文调查报告	(1)桥位附近河道纵横断面图 (2)有关流速、流量、水位调查资料 (3)各种冲刷深度的计算资料 (4)通航等级、漂浮物、流冰调查资料	(1)根据冲刷要求确定基础的埋置深度 (2)桥墩身水平作用力计算 (3)施工季节、施工方法的研究

续上表

资 料 种 类		资 料 主 要 内 容	资 料 用 途
5. 其他 调查 资料	地震	(1)地震记录 (2)震害调查	(1)确定抗震设计强度 (2)抗震设计方法和抗震措施的确定 (3)地基土振动液化和岸坡滑移的分析研究
	建筑材料	(1)就地可采取、供应的建筑材料种类、数量、规格、质量、运距等 (2)当地工业加工能力、运输条件有关资料 (3)工程用水调查	(1)下部结构采用材料种类的确定 (2)就地供应材料的计算和计划安排
	气象	(1)当地气象台有关气温变化、降水量、风向风力等记录资料 (2)实地调查采访记录	(1)气温变化的确定 (2)基础埋置深度的确定 (3)风压的确定 (4)施工季节和方法的确定
	附近桥梁的调查	(1)附近桥梁结构型式、设计书、图纸、现状 (2)地质、地基土(岩)性质 (3)河道变动、冲刷、淤积情况 (4)营运情况及墩台变形情况	(1)掌握架桥地点地质、地基土情况 (2)基础埋置深度的参考 (3)河道冲刷和改道情况的参考
	施工调查资料		(1)施工方法及施工适宜季节的确定 (2)工程用地的布置 (3)工程材料、设备供应、运输方案的拟定 (4)工程动力及临时设备的规划 (5)施工临时结构的规划

二、计算荷载的组合

桥梁的地基与基础承受着整个建筑物的自重及所传递的各种荷载,这些荷载有各自不同的特征,且各种荷载出现的机率作用时间也不相同,因此需将作用荷载按机率和作用时间进行分类,并将实际与可能同时出现的作用荷载组合起来,从而确定设计时的计算荷载。

(一)荷载分类与计算

为了便于设计时应用,将作用于桥梁及道路构造物上的各种荷载,根据其性质分为永久荷载、可变荷载和偶然荷载三类。

1. 永久荷载

又称恒载,指在设计使用期内,其值不随时间变化,或其变化值与平均值相比可忽略不计的荷载。

2. 可变荷载

在设计使用期内,其量值和作用位置随时间变化,且其变化值与平均值相比不可忽略的荷载。按其对于桥涵结构的影响程度,又分为基本可变荷载(活载)和其他可变荷载。

3. 偶然荷载

在设计使用期内不一定出现,但一旦发现,其值很大且持续时间很短的荷载。

以上各种荷载及其计算方法在《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—89)中有具体规定,《桥梁工程》和《土质学与土力学》教材中也有介绍,详见表 1-2。

荷载分类表

表 1-2

编 号	荷载分类		荷 载 名 称
1	永久荷载 (恒载)		结构重力
2			预加应力
3			土的重力及土侧压力
4			混凝土收缩及徐变影响力
5			基础变位影响力
6			水的浮力
7	可变荷载	基本可变荷载 (活载)	汽 车
8			汽车冲击力
9			离心力
10			汽车引起的土侧压力
11			人 群
12			平板挂车或履带车
13			平板挂车或履带车引起的土侧压力
14		其他可变荷载	风 力
15			汽车制动力
16			流水压力
17			冰压力
18			温度影响力
19			支座摩阻力
20	偶然荷载		地震力
21			船只或漂流物撞击力

注:如构件主要为承受某种可变荷载而设置,则计算该构件时,所承受荷载作为基本可变荷载。

对于水下的土中结构物和地基土的浮力计算,是一个至今还存在不同意见的问题。从安全角度出发,基础工程设计时对浮力的计算可作如下处理:

1. 置于透水性地基上的桥梁墩台基础,当验算稳定性时应考虑设计水位的浮力;当计算基底应力时,仅考虑低水位(包括地表水和地下水)时的浮力,或不考虑水浮力。
2. 基础埋入或嵌入不透水性地基(密实粘土地基、较完整的岩石地基)时,可不考虑水的浮力。
3. 当不能肯定地基是否透水时,应以透水和不透水两种情况与其他荷载组合,取其最不利者。
4. 作用于桩基础承台底面的浮力,应考虑全部底面积;但桩嵌入岩层并灌注混凝土者,在计算承台底面浮力时,应扣除桩的截面积。

(二)荷载组合原则

按照各种荷载特性及出现的机率不同,在设计计算时应考虑将各种可能出现的荷载加以

组合,一般有以下几种:

组合 I:由恒载中的一种或几种,与活载(平挂车或履带车除外)中的一种或几种相组合。如该组合中不包括混凝土收缩、徐变及水的浮力引起的影响力时,习惯上也称为主要组合。

组合 II:由恒载中的一种或几种,与活载(平板挂车或履带车除外)中的一种或几种以及其他可变荷载中的一种或几种相组合。

设计弯桥,当离心力与制动力组合时,制动力仅按 70% 计算。

组合 III:由平板挂车或履带车与结构重力、预应力、土的重力及土的侧压力中的一种或几种相组合。

组合 IV:由恒载中的一种或几种与活载(平板挂车与履带车除外)的一种或几种以及偶然荷载中的船只或漂流物撞击力相组合。

组合 V:施工阶段验算荷载组合,包括可能出现的施工荷载如结构重力、脚手架、材料机具、人群、风力以及拱桥的单向推力等。

组合 VI:结构重力、预应力、土重及土侧压力中的一种或几种与地震力的组合。

组合 II-VI,习惯上也称为附加组合。当组合 I 中包括混凝土收缩、徐变及水浮力引起的荷载效应时,也称为附加组合。因为附加组合中考虑的荷载同时出现的机率比主要组合小些,设计时不必要求过大的安全储备,所以当按容许应力法计算时,设计规范在取安全系数时均比主要组合小些,地基容许承载力也允许提高一定数值。

为使设计比较合理,切合实际情况在荷载的组合中,有些荷载不需同时考虑,详见表 1-3。

其他可变荷载不同时组合表

表 1-3

编号	荷载名称	不与该荷载同时参与组合的荷载号	编号	荷载名称	不与该荷载同时参与组合的荷载号
14	风力	—	17	冰压力	15, 16
15	汽车制动力	16, 17, 19	18	温度影响力	—
16	流水压力	15, 17	19	支座摩阻力	15

除上表外,地震力、船只或漂浮物撞击力、施工荷载三者不同时考虑,它与恒载、可变荷载的组合方法,各种抗震规范都有具体规定。

对一定的验算项目,应按实际与可能情况从中选取最不利的荷载组合。几种组合之间不容易判断究竟哪个最不利,在这种情况下,几种组合就要同时进行验算。

此外,许多荷载都可分为纵桥向和横桥向,因此,一般也需按此两个方向进行地基与基础的验算,并考虑其最不利荷载组合,比较出最不利者,来控制设计。但对于大多数桥梁基础来说,往往以纵向验算来控制设计,因为通常纵向水平力较大,而基础的纵桥向尺寸又比横桥向尺寸小,明显处于不利地位。

当横桥向水平力(风力、船只撞击力、冰压力等)较大时,

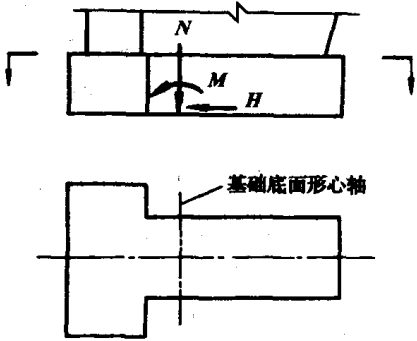


图 1-4 荷载简化

也需只进行横桥向验算。

另外,在进行具体验算时,需将各种荷载组合的合力简化到基础底面形心处,用竖向力、水平力和力矩表示,如图1-4中的 N 、 H 和 M 。

第四节 基础工程学科发展情况简介

基础工程与其他技术学科一样,是人类在长期的生产实践中不断发展完善起来的。

在世界数千年的建筑活动中,都能发现有关基础工程的工艺技术成就,但由于受当时生产力和技术条件的限制,在相当长的时期内发展缓慢,仅停留在经验积累的感性认识阶段。国外在18世纪产业革命以后,由于对城建、水利、道路建筑规模的需求,促进了对基础工程的研究,在基础理论(如土力学)上有了局部的突破。20世纪20年代,基础工程有比较系统、完整的专著问世,1936年召开的第一届国际土力学与基础工程会议,标志着土力学与基础工程也成为一门独立的学科。在以后的发展过程中,随着现代科学成就的融入渗透,使基础工程在理论和技术上得到更充分的发展,逐渐成为一门较成熟的现代学科。

我国古代劳动人民在基础工程方面,也早就表现出高超的技艺和创造才能,许多宏伟壮丽的中国古代建筑千百年来仍安然无恙的事实,充分说明了这一点。例如,远在1300多年前隋朝时所修建的赵州桥,不仅在建筑结构上有独特的技艺,而且在地基与基础的处理上也非常合理,该桥桥台坐落在较浅的密实砂土层上,沉降很小,现反算其基底压应力约为 $500 \sim 600\text{kPa}$,与现行规范中所采用的该土层容许承载力数值(550kPa)极为接近。

在桩基础和地基加固方面,我国自古已有广泛运用,具有悠久的历史。

我国封建社会历时漫长,且近百年来遭受帝国主义侵略和压迫,再加上当时国内统治阶级的腐败,本学科和其他技术学科一样,长期陷于停滞状态,落后于同时代的工业发达国家。中华人民共和国成立以后,在中国共产党的领导下,社会主义大规模的经济建设事业迅速发展,促进了本学科的快速的发展,取得了辉煌的成就。例如,在桥梁基础工程方面,为充分利用天然地基承载力,改进和发展了多种结构型式的浅基础,以适应不同地质土质、不同荷载性质及上部结构使用要求;为缩短工期、降低造价和适应大型与大跨度桥梁的建设,大力发展了深基础技术,桩基础尤其是钻孔灌注桩成为我国最广泛采用的深基础,沉井基础在轻型、薄壁、助沉技术、机械化施工及沉井与桩、管柱组合式深水基础等方面开展了很多工作。近年来我国高等级公路迅速发展,在长江、黄河和近海域修建的大型桥梁工程中成功采用了一系列新型深基础、深水基础,如大直径钻孔灌注桩、预应力桩、管柱、钢管桩,多种型式的浮运沉井、组合式沉井,各类型单壁、双壁钢围堰等,并解决了复杂地质、深水条件下大型桥梁基础工程问题。在软土地基方面,我国人工地基及地基加固技术发展较快。在吸收国外成就的基础上,发展了一些符合我国国情,充分利用我国材料资源的新的施工工艺,如堆载预压、深层挤压、深搅拌、强夯等。

在基础工程结构设计方面,我国许多设计单位都已具备较完备的计算机辅助设计系统,基本上实现了设计电算化。

国外近年来基础工程学科发展也较快,在设计理论上许多国家采用了概率极限状态设计方法。将高强度预应力混凝土应用于基础工程,基础结构向薄壁空心、大直径方向发展。在施工技术方面,也实现了许多新的工艺和方法。

随着大型和重型建筑物的发展,对基础工程又提出了更新、更高的要求。为适应这些要

求,我国基础工程科学技术在设计理论、施工技术及测试手段上都必须进一步完善,着重要开展以下工作:

- 1.开展地基的强度、变形特性的基本理论研究;
- 2.开展各类基础型式设计理论和施工方法的研究;
- 3.提高和改善人工地基的设计理论,发展施工方法;
- 4.进行基础结构抗震设计研究。