

高等学校试用教材

桥梁工程

(下册)

(道路与桥隧专业用)

西安公路学院 主编

人民交通出版社

高等学校试用教材

桥梁工程

(下册)

(道路与桥隧专业用)

西安公路学院 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书(下册)共七章,内容包括公路桥梁常用的各种类型墩台、地基与基础的结构构造,设计理论,计算方法以及施工的主要技术条件和措施。对于埋置式桥台、刚性扩大基础;高桩承台桩基础;沉井基础均有较详细的论述,并附有计算例。

本书(下册)可作为高等工科院校公路工程专业、桥梁与隧道工程专业桥梁墩台、地基与基础课程的教材,也可供从事公路桥梁建设的技术人员学习参考。

高等学校试用教材

桥 梁 工 程

(下 册)

(道路与桥隧专业用)

西安公路学院 主编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{8}$ 印张: 18 字数: 444 千

1979年12月 第1版

1979年12月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—3,800 册 定价: 1.85元

前 言

本书是根据1978年交通部制订的高等工科院校公路工程专业和桥梁与隧道工程专业指导性教学计划编写的通用教材《桥梁工程》(下册)。内容包括桥梁下部结构(墩、台、基础)及地基的设计、计算和施工。

由于教材要保证本学科的基础理论和基本内容,也需要适当反映国内外有关的先进科学技术成就,因此编写内容安排较教学计划拟定的分量是增多了些。其中部分内容各院校在授课时可以因地制宜的选舍,这部分在目录中和教材标题上加“*”号标志;有些内容可以根据同学学习情况作为自学参考材料,这部分用小字排印。

墩台设计计算以实体式作为基本内容,其他现在常用的柔性、轻型墩台的设计计算只作简要的介绍,以便同学进一步学习。

基桩内力计算以“m”法为基本内容,“K”法用小字排印,考虑到当前的实际情况,对“K”法也介绍得较完整,必要时也可以作为基本内容讲授。

按照培养目标要求,本书对有关施工方面内容只作基本的介绍,并将全部施工合并在第七章,以便于结合教学实习;专业实践进行教学。授课时也可以结合设计计算分别讲授,如结合实习,进行宜根据实际需要适当补充内容。

我们水平有限,教材中一定有不少缺点、错误,请批评指正。

本书由西安公路学院(主编单位)和南京工学院编写,第一、二、七章由凌治平,第三章由郑襄朝,第四章由江祖铭、易经武、凌治平、唐念慈,第五、六章由姚代录编写,全书由凌治平主编。

本书由河北工学院(蒋志仁)主审,并请同济大学、湖南大学、福州大学、北京工业大学、哈尔滨建筑工程学院、重庆建筑工程学院、北京建筑工程学院、东北林学院有关教师参加审阅。

《桥梁工程》(下册)编写组

一九七九年五月

单位换算

目前,我国的基本计量制是公制,并逐步采用国际单位制(SI)。按照教育部规定,本教材基本采用国际单位制,但因现行的技术标准、技术规范采用的是公制,所以根据实际需要,部分并用公制单位。

国际单位制以牛顿(符号 N)为力的导出单位,用国际制的基本单位表示则为千克·米/秒²,质量的单位为千克(公斤)。公制以公斤(或吨)表示重量单位又表示力的单位。本教材中“重量”除特殊说明者外均为体积力的表示方法,因此作为重力以量纲“力”表示,相应的容重为重度,以量纲“力/长度³”表示。

力的单位换算

公制单位	国际单位
1 kg	$= 9.80665\text{N} \approx 9.81\text{N}$
1 T	$= 9806\text{N} \approx 9810\text{N} \approx 9.81\text{kN}$
1 kg/cm ²	$= 9.81 \times 10\text{kN/m}^2$
	$= 9.81 \times 10^{-2}\text{N/mm}^2$
	$= 98100\text{Pa}$
1 T/m ²	$= 9.81\text{kN/m}^2 = 9810\text{Pa}$
1 kg/cm ³	$= 9.81 \times 10^3\text{kN/m}^3$
1 T/m ³	$= 9.81\text{kN/m}^3$
1 T/m ^{3.5}	$= 9.81\text{kN/m}^{3.5}$
1 T/m ⁴	$= 9.81\text{kN/m}^4$
1 T-m	$= 9.81\text{kN} \cdot \text{m}$
	$1\text{MN} = 1 \times 10^3\text{kN} = 1 \times 10^6\text{N}$
	$1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$

目 录

第一章 绪论	1
第一节 墩台与地基、基础的基本概念	1
第二节 墩台与地基、基础有关设计和施工需要的资料	2
第三节 当前墩台与地基、基础工程发展概况	5
一、桥梁墩台	5
二、桥梁基础与地基	7
三、桥梁墩台、地基与基础的抗震问题	7
第二章 桥梁墩台	9
第一节 桥墩的类型、适用条件和结构构造	9
一、梁桥桥墩	9
二、拱桥桥墩	12
第二节 桥台的类型、适用条件和结构构造	13
一、梁桥桥台	13
二、拱桥桥台	16
第三节 墩台主要尺寸的拟定	18
一、墩台帽(盖梁)	18
二、墩台身	19
第四节 荷载的计算和组合	20
一、荷载计算	20
二、荷载组合原则	25
第五节 墩台的验算	26
一、验算内容和要求	26
二、实体式墩台的验算	27
三、圬工薄壁桥台(墩)计算要点	33
*四、排架式柔性墩计算要点	38
*五、墩台抗震计算要点	41
第三章 刚性扩大基础	46
第一节 刚性扩大基础的构造和适用条件	46
第二节 刚性扩大基础埋置深度的选择和尺寸的拟定	47
一、刚性基础埋置深度的选择	47
二、基础尺寸的拟定	49
第三节 刚性扩大基础的验算	50
一、地基强度验算	50
二、基底合力偏心距及基础稳定性验算	58

三、变形验算.....	62
第四节 埋置式桥台刚性扩大基础计算例题.....	63
第四章 桩基础.....	85
第一节 桩基础的组成、作用及适用条件.....	85
第二节 桩和桩基础的类型与构造.....	85
一、按基桩沉入土中施工方法分类.....	86
二、按基桩的受力条件分类.....	87
三、桩基础的类型和构造.....	87
第三节 单桩容许承载力的确定.....	32
一、单桩轴向容许承载力的确定.....	92
二、单桩横轴向容许承载力的确定.....	104
三、桩对负摩阻力的考虑.....	109
第四节 桩基础的计算.....	113
一、基本概念.....	113
二、弹性桩的计算 (“ m ”法).....	118
三、弹性桩基础计算的其它方法简介.....	158
四、桩基础的整体验算.....	173
五、附表.....	176
第五章 沉井基础.....	196
第一节 概述.....	196
第二节 沉井基础的构造.....	196
第三节 沉井作为整体基础的设计及计算.....	198
一、非岩石地基上沉井基础的计算.....	199
二、基底嵌入基岩内的计算.....	201
三、墩台顶面的水平位移.....	202
四、验算.....	203
第四节 沉井在施工过程中的结构强度计算.....	204
一、沉井自重下沉验算.....	204
二、沉井刃脚受力计算.....	204
三、井壁受力验算.....	209
四、第一节(底节)沉井的竖向挠曲验算.....	211
五、混凝土封底及顶盖的验算.....	211
第五节 圆端形沉井计算算例.....	212
第六章 几种特殊地基的处理.....	228
第一节 软土地基.....	228
一、换土法.....	228
二、砂桩加固地基.....	230
三、砂井加固地基.....	232
四、化学加固方法.....	236
第二节 湿陷性黄土地基的处理.....	241

• 第三节 多年冻土区的地基及基础·····	243
• 第四节 地震区地基及基础·····	248
第七章 墩台与基础的施工·····	251
第一节 施工前的准备工作·····	251
一、现场实地调查核对·····	251
二、研究了解设计文件、图纸资料·····	251
三、确定施工方案·····	251
四、施工测量·····	251
第二节 刚性扩大基础的施工·····	253
一、基坑开挖·····	253
二、坑壁支撑、基坑围堰和排水·····	254
三、基底检验和处理·····	257
四、基础的砌筑和基坑回填·····	258
第三节 桩基础的施工·····	258
一、钻孔灌注桩的施工·····	258
二、挖孔灌注桩的施工·····	266
三、打入桩的施工·····	267
第四节 沉井基础的施工·····	270
一、旱地上沉井的施工·····	270
二、水中沉井的施工·····	271
三、沉井下沉过程中主要问题的处理·····	272
四、沉井地基的检验、处理和封底·····	273
第五节 墩台的施工·····	274
一、墩台的砌筑和养护·····	274
二、模板·····	275
参考书目·····	277

第一章 绪 论

第一节 墩台与地基、基础的基本概念

桥梁可分为上部结构和下部结构两部分。上部结构是桥梁用来跨越空间和承受其上面荷载的结构物，下部结构是将上部结构传来的荷载传递到地层的结构物，它包括桥墩、桥台和它们的基础。如图 1-1 即为一座桥梁的立面布置示意图，它表示了下部结构与上部结构的相对关系。

桥墩是指多跨桥梁的中间支承结构物，桥台是指桥头两端的支承结构物，基础是指桥墩、台直接与地层接触的最下面部分。在基础底面下，承受由基础传来的荷载的全部地层（土层或岩层）称为地基。

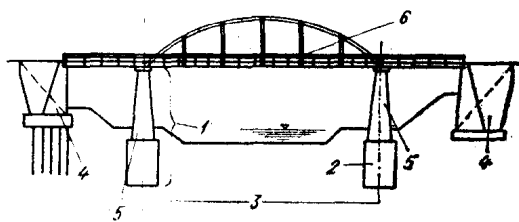


图1-1 桥梁上、下部结构
1-下部结构；2-基础；3-地基；4-桥台；5-桥墩；6-上部结构

桥台除了支承桥跨结构外，它还连接两岸的道路，是路桥衔接构造物。它承受支座传递来的竖直力和水平力的同时，还挡土护岸，承受台后填土及填土上荷载产生的侧向土压力，因此桥台应有足够的强度，并能避免在荷载作用下发生过大的水平位移、转动和沉降，这在超静定结构桥梁中尤为重要。

桥墩支承由相邻两跨上部结构支座传来的竖直力和水平力，除墩身风力以外，位于河流中的桥墩还承受着流水压力以及可能发生的冰荷载，船只、排筏或漂浮物的撞击力。因此桥墩在结构上应有足够的强度和稳定性，在布设上要考虑桥墩与河流的相互影响——冲刷和壅水，并应满足桥下通航或通车的要求。

桥梁的全部重量和荷载都通过基础传到地基，地基是桥梁的立脚点。可以直接放置基础的天然土层称为天然地基。如天然地层土质软弱或有不良的工程地质问题，需要经过人工加固或处理后才能作为地基，这种地基称为人工地基。公路桥梁最常用的基础是天然地基上的浅基础（一般指埋置深度较浅，在5米以内，也称为明挖基础或扩大基础），当需要深基础时常用桩基础或沉井基础。

本课程介绍下部结构（桥墩、桥台和基础）及地基的各种类型，适用条件，几种常用类型下部结构的设计计算的基本理论和方法，最后介绍有关施工的基本要点。

墩台与地基、基础必须有足够的强度和稳定性以保证桥梁的安全、耐久和正常使用。许多事实说明：桥梁下部结构的设计和施工质量好坏，往往是整座桥梁质量的根本问题，基础工程，包括地基与基础，它们在设计或施工中的缺点，在桥梁筑成后是较难补救的，而桥梁事故的发生，又往往是由于基础或地基遭受损坏（失稳、变形过大等）所致，基础工程施工的进度，经常是整个桥梁工程施工进度的控制因素；下部工程的造价，通常是在整个桥梁造价中占相当大的比重，尤其在复杂地质条件下或深水中修筑基础，和修筑高墩、台；因此，我们从事这项工作必须正确地结合当地工程地质、水文地质条件，做到精心设计，精心施

工。

桥梁是一个整体，上下部结构、地基是共同工作互相影响的。地基的任何变形都必然引起桥梁上下部结构的相互位移，上下部结构的力学特性也必然关系到地基的强度和稳定条件，桥梁上下部相互关系就更是这样。所以下部结构和地基的设计、施工工作都应紧密结合上部结构的特点和要求（包括美观方面的要求），全面分析，综合考虑。

目前我国公路桥梁墩、台与基础大多采用混凝土或钢筋混凝土结构。在石料丰富地区，按照就地取材原则，也常用石砌的墩、台与基础，只有在特殊情况（如抢修、临时便桥等）根据实际条件采用钢、木结构。

第二节 墩台与地基、基础有关设计和施工需要的资料

桥梁下部结构的设计和施工是桥梁建设中很重要的一部分工作，必须事前通过详细的调查研究，充分掌握必要的、符合实际情况的资料，才能保证修建的桥梁质量、速度和经济合用。墩台和基础的布置，构造型式的确定，地基持力层的确定，计算中有关参数的选用，都需要根据当地的地质条件，水文条件，上部结构型式，荷载特性，材料条件及施工要求等因素全面考虑；施工方案和方法也应该结合设计要求、现场地形、地质条件，施工技术设备，施工季节气候、水文等情况来研究确定。

墩台、基础与地基是互相紧密相连的，它们的设计和施工应该结合考虑，上部结构和下部结构的设计方案和施工方案也应该综合分析研究。按照交通部1974年颁发《公路基本建设工程设计文件编制办法》要求，公路独立大桥勘测设计工作一般用二阶段设计（通过踏勘测量编制初步设计，根据批准的初步设计，通过详细测量编制施工详图，也可通过详细测量编制初步设计文件，通过补充测量编制施工详图），任务紧迫或小型建设项目可采用一阶段设计（进行一次详细测量据以编制施工设计）。桥梁下部结构在设计（编制施工详图或施工设计）及施工工作开始之前，除了应掌握全桥的初步设计、施工方案及有关上部结构的资料，国家颁发的桥梁设计、施工技术规范外，应加强地质、水文资料的搜集和分析，重视土质、材料的调查和试验，主要应掌握的资料如表1-1，其中每项资料内容可根据桥梁工程规模，重要性及架桥地点工程地质、水文条件的具体情况和设计阶段（踏勘测量还是详细测量）确定取舍。资料取得的方法和具体规定可参阅工程地质、土质学土力学、桥涵水文等有关教材或手册。

一、桥位（包括桥头引道）平面图

大中型桥梁在进行初步设计时即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、河床位置等资料，绘制成地形平面图，比例为1:500~1:5000，测绘范围应根据桥梁工程规模，重要性，河道情况确定。如桥址有不良工程地质现象滑坡、崩塌、泥石流等以及河道弯曲，主支流汇合，河岔、河心滩，活动砂洲等均应在图上示出。

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，桥位及其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、结构，岩层完整及破碎

墩台与地基基础有关设计和施工需要的资料

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(电探)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(电探)孔资料 (2) 覆盖层及地基土(岩)层状生成分布情况 (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) 地基持力层的研究和确定 (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、漂流物、流冰调查资料	(1) 确定根据冲刷要求基础的埋置深度 (2) 桥墩身水平作用力的计算 (3) 施工季节、施工方法的研究
5. 其他调查资料		
(1) 地震	(1) 地震记录 (2) 震害调查	(1) 确定地震设计烈度 (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
(2) 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
(3) 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) 风压的确定 (3) 施工季节和方法的选定
(4) 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	(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
(5) 施工调查资料		(1) 施工适宜季节的确定 (2) 工程用地布置 (3) 工程材料、设备供应、运输方案的拟定

续表1-1

资 料 种 类	资 料 主 要 内 容	资 料 用 途
		(4)工程动力及临时设备的规划 (5)施工临时结构的规划

程度,风化程度等)资料。说明架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、发展规律及其对工程的影响(小型桥梁及地质条件单一的勘测报告可省略)。

桥位(河床)地质纵剖面图除示出层序岩性外,应注明不同的地面水位和地下水位标高。

此项地质和地质构造资料在初步设计阶段即需掌握,通过地质调查,测绘,必要时配合重点勘探,沿桥位中线进行电测,然后配合一、二个钻孔或探孔互相印证。在进行施工详图或施工设计工作时,应通过补充勘探进一步取得地基土(见下述)及不良工程地质现象或特殊地貌的详细勘测资料,深基础方案应对河谷复盖层厚度,土层变化关系、粗细粒分布情况,大孤石,流砂以及基岩结构,岩层起伏等进一步提出设计需要的具体数据。补充勘探可以通过槽深、坑探、钻探及各种地球物理勘探方法进行。具体方法和要求可参考有关工程地质专著,一般小桥至少应有一个勘探点,如根据沟道岸壁自然露头或其他方法足以判明地层情况时,也可以不进行勘探,大中桥应在原来调查基础上着重进行钻探(或坑探),配合进行地球物理勘探,每个墩(台)应有一个钻孔(当墩台位于均一的第四纪地层或复盖层下平整岩层时,钻(挖)孔可酌情减少),深基础为判明基岩顶面起伏、倾斜情况及地层变化,每个墩台至少应有2~3个钻孔。钻(挖)孔深度应满足设计资料的需要,一般在非岩质地层应达基础预计底面以下1.5~2倍基础的预计宽度,在岩层应钻到风化层底下0.5~1.0米(当风化层很厚时可按非岩质地层处理)。

三、地基土质调查试验报告

在进行施工详图或施工设计工作时,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)取各层地基土的足够数量的原状土(岩)样,用室内或室外试验方法(或原位试验)取得的。各层土的物理力学指标如:粒经级配、塑性界限、天然含水量、容重、孔隙比、抗剪强度指标以及必要时的压缩试验、荷载试验、渗透试验抗压强度试验等的结果,应编制成表格,并在绘制成的土(岩)柱状剖面图中予以注明。

因为需要根据土质调查试验报告评定各土层的强度和稳定性。因此报告中应有各层土的颜色、结构、密实度、状态等的描述资料,对岩层还应包括有关风化、节理、裂隙、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,在冰冻地区应掌握当地土层冻结深度,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时,对这些土层的特性还应有专门的试验资料如湿陷性指标,冻土强度,可溶盐、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、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置及规划。在沿海地点尚应了解潮汐、潮流有关资料与对桥梁的影响关系。应有河水及地下水侵蚀的检验资料。

第三节 当前墩台与地基、基础工程发展概况

建国以来，我国公路桥梁建设取得了辉煌的成就。桥梁下部结构工程的科学技术也有了很大的发展：在实践的基础上创造了许多新型结构的桥梁墩台；发展了钻孔灌注桩基础技术，大大节约桥梁基础的造价和劳动力，加快施工速度；在墩台、基础设计理论和抗震问题方面也进行了不少有价值的工作。与国内外先进水平比较，在采用现代计算技术；在设计基本理论研究方面；在发展新型结构采用新材料方面；在施工机械化方面还存在不小的差距。

交通运输是国民经济发展的先行，又是国防战备的一个重要组成部分。总结过去我国公路桥梁下部工程设计和施工的成就，当前下部结构科学技术应努力发展各种新型、轻型结构的墩台和基础，包括适合大跨径桥梁的墩台和基础；加强设计理论的研究和试验，特别是岩土力学的基本理论研究；发展空间计算理论和非线性理论，考虑上下部、地基基础共同作用的计算，使设计工作更切合实际、更经济、更快速；进一步开展抗震理论的研究，大力提高下部结构施工机械化水平，推广新工艺，新技术、新材料。

一、桥梁墩台

公路桥梁墩台科学技术的发展当前趋势是结构轻型合理；提高计算理论；施工机械化。

(一) 结构型式的轻型、合理

除了过去常用的实体式（重力式）桥梁墩台外，我国在桥梁墩台方面近年来普遍采用了许多圬工和钢筋混凝土新的轻型结构，如钢筋混凝土柱式墩台（图1-2），空心墩台，柔性墩，刚架墩，X型墩（图1-3），圬工薄壁桥台，组合式桥台，埋置式桥台（图1-4），锚定式

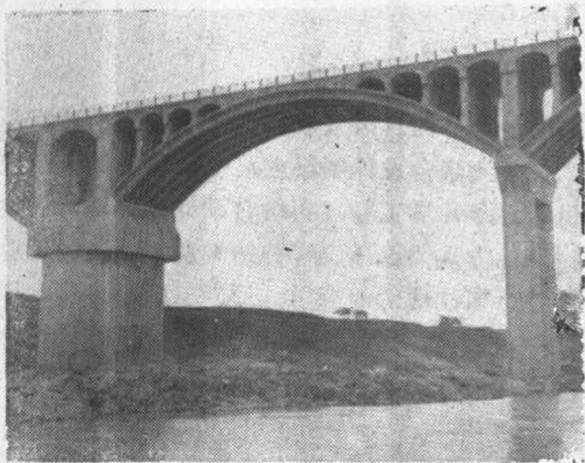


图1-2 钢筋混凝土柱式桥墩

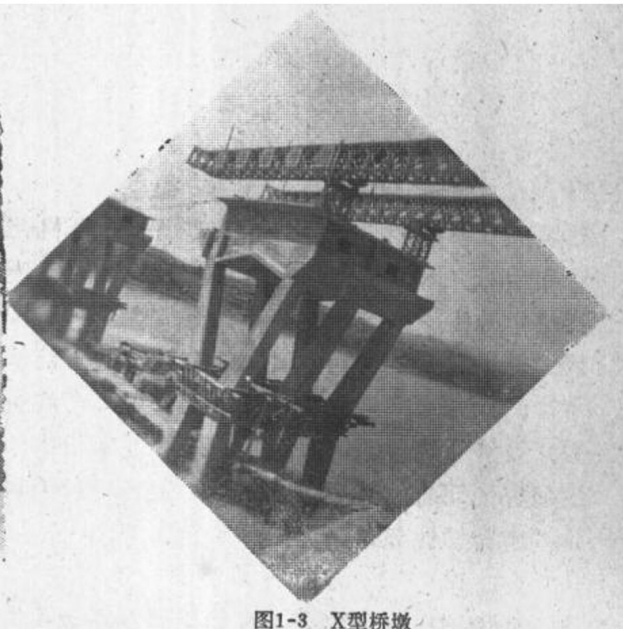


图1-3 X型桥墩

桥台等，国外近二十年来，在大跨径桥梁中，为了减少上部结构跨度，也出现了钢筋混凝土和预应力混凝土的X形、Y形、V形（图1-5）、（图1-6）桥墩，各种几何形状的空心墩，这

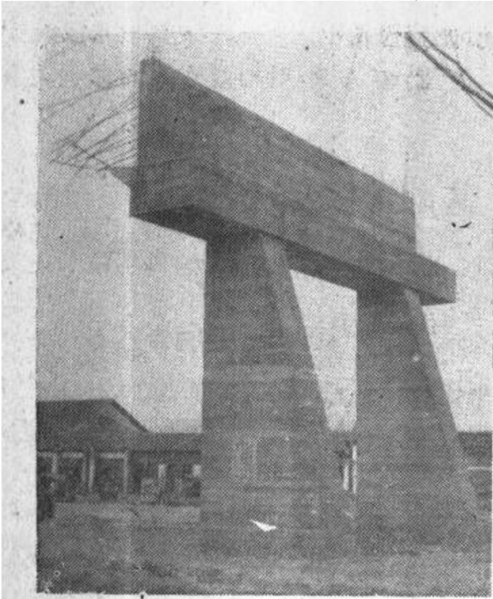


图1-4 埋置式桥台

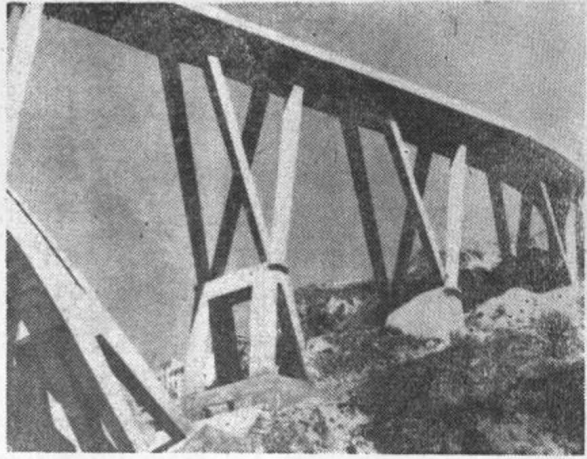


图 1-5

些新型结构的优点是节省材料和劳动力，降低造价，缩短工期，充分发挥材料性能，今后继续发展此项工作是有广阔前途的。已有新型结构在设计 and 施工方面还有不够完善之处，适合大跨径、推力结构桥梁墩台更合理、经济的结构新形式，尚需要我们继续总结、提高、研究。

(二)墩台设计计算理论的研究

随着桥梁建设的发展，新型结构墩台、高墩台在生产中不断出现，设计理论急需解决的课题也越来越多，越复杂。高速电子计算机在国内各个部门日益发展和运用，它推动计算理论和计算方法也相应在各个科技领域飞速发展，在桥梁墩台设计领域内，使用电子计算机进行结构分析，结构计算逐渐代替设计、科研人员的大量计算工作，为墩台设计计算理论的发展提供了有利条件。今后几年有关桥梁下部结构最优方案的选择，各种结构型式空间计算方法，结合上部结构联合作用的处理，考虑材料特点塑性理论的应用，外力（制动力、土压力）及外力组合上的研究等都是逐步在解决的课题。根据理论联系实际方针，在加强基本理论研究的同时，开展科学试验，进行各种规模的模拟试验，现场观测。检验理论研究成果也将是墩台设计理论研究工作重要内容之一。

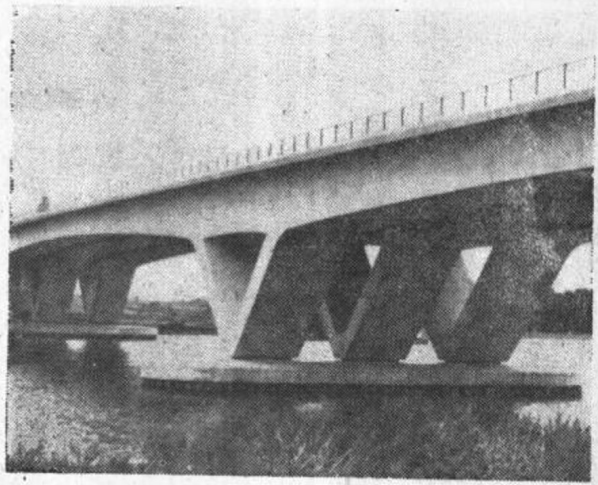


图 1-6

(三)墩台施工方面

我国墩台当前主要采用圬工和钢筋混凝土结构。相应的施工发展趋势是机械化和装配化，如高桥墩的滑动模板国内已经能适用于各种截面（圆形、圆端形、矩形等）的墩台以及直坡、收坡、等各种情况；预应力混凝土、装配式结构墩台也开始逐步推广。今后应进一步

因地制宜地提高机械化程度、大力采用装配化、自动化、预应力化的施工工艺以节约材料，加快施工速度，保证质量。

二、桥梁基础与地基

公路桥梁基础工程当前从充分利用天然地基的承载力着手，常采用的是天然地基浅基础（刚性扩大基础）；深基础大力发展桩基础技术以缩减工期，降低造价。钻（挖）孔灌注桩现已成为国内外公路桥梁主要深基础的类型之一，设计理论正在逐步完善，施工机械化程度也不断提高，我国已建的钻孔灌注桩基础最大桩径达2.6米，钻孔深度已超过百米。沉井基础也在轻型、薄型、机械化方面开展了不少工作。桥梁基础和地基科学技术当前着重开展如下几方面的工作：

（一）大力发展桩基础技术

设计理论方面，在水平力和弯矩作用下桩的内力和变形计算现在国内外普遍采用弹性地基梁方法（温格尔假定解），但对其中主要系数的数值和变化规律还需要很好的进一步解决，而桩在土中实际受力情况也需要进一步摸清，近代化的计算工具和量测手段为此项工作创造有利条件，应用现代土力学理论发展桩基础新的计算理论国内外也正在不断的探索。随着公路大跨径桥梁的发展，桩基础的结构形式（桩和沉井相结合的联合基础，空心钻孔灌注桩等）和计算理论也将进一步发展和提高。

施工方面当前在进一步加强对灌注桩各种成孔机械设备的配套和定型工作，同时开展检验灌注桩质量及承载力的可靠和简捷方法的研究、防止孔壁坍塌的工艺等工作，供钻（挖）孔灌注桩在基础工程中全面推广应用。因地制宜地开展其他类型桩基础的研究。

（二）开展地基土的强度、变形特性的基本理论研究

由于天然地基中的土层复杂，具有明显的非线性和各向异性，粘性土更具有回滞性及时间效应，因此地基土的强度、变形的基本理论研究工作应结合岩土力学的新成果，现代计算方法和计算工具的发展而提高。

考虑土与基础的共同作用，土的非线性及土与基础接触面的关系，通过土层—基础—上部结构的共同作用途径提高基础的设计理论；进一步研究地基的应力和变形特性，开展地基土的原位测试工作，土压理论和量测工作，地基土加固新技术等都是本学科当前必需进行的。

（三）继续开展对软土、黄土、多年冻土等区域性地基的基本理论和处理措施的研究。

三、桥梁墩台、地基与基础的抗震问题

我国抗震科学技术当前正在快速的发展，对于桥梁的防震措施，已建桥梁的抗震性能鉴定和遭受地震破坏桥梁的修复方面已积累一些经验，1977年编制了《公路工程抗震设计规范（试行）》。但总的来说，此项工作开展的较迟，过去对各类桥梁很少作系统的实际测定，缺乏必需的强震观测资料，不论在理论研究或设计、实践方面还处于边试验边使用阶段。尤其在桥梁下部结构抗震理论方面，还很不成熟，有待继续深入开展。当前趋势是在实践方面认真总结震害经验，有计划的在不同地点安装强震记录仪器，积累观测资料，了解强震区地基运动规律；在理论方面应进一步研究各种墩台、基础与地基的动力特性，补充完善现用的反应谱理论，并运用现代计算工具开展动力分析，即输入实际地震的记录波谱，使结构得到在该强震作用下，其全部过程中产生的动应力和动位移，同时将全桥视为一个整体，根据上下部

结构和地基相互联系的约制情况，进行弹塑性震动分析，以控制其强度和位移而满足桥梁建设发展的需要。国内外震害调查说明，许多桥梁和建筑物的损坏，往往是由于基础沉陷，地基和岸坡的液化、滑移、塌陷、崩裂，因此，结合土质学、土力学的新成就研究地基和基础的地震反应，振动特性，饱和砂土的振动液化及动态强度，软弱地基和岸坡的振动失稳等工作也正在国内外深入的展开。

第二章 桥梁墩台

桥梁墩台由墩（台）帽、墩（台）身和基础三部分组成，见图 2-1，本章介绍墩（台）帽和墩（台）身两部分，各种基础将分别在第三、四、五章介绍。

梁式桥跨结构的墩台与拱式桥跨结构墩台在类型、构造和设计计算上都有它们共同之处，也各自有其特点，它们共同之处下面先在梁桥墩台部分介绍，然后再补充介绍拱桥墩台的特点。

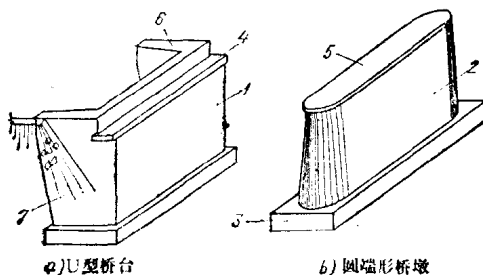


图2-1 实体式墩台

1-台身；2-墩身；3-基础；4-台帽；5-墩帽；6-侧墙；7-锥坡

第一节 桥墩的类型、适用条件和结构构造

一、梁桥桥墩

（一）梁桥桥墩的类型及其适用条件

目前我国公路桥梁常采用的桥墩类型根据墩身的结构型式可分为实体式（重力式）桥墩，空心桥墩，桩（柱）式桥墩和柔性墩等。

桥墩采用的类型取决于地质、地形及水文条件，墩高，桥跨结构要求及荷载性质、大小，通航和漂流物情况以及施工条件等因素，应根据这些因素综合考虑。在同一座桥内，宜尽量减少桥墩的类型。

1. 实体式（重力式）桥墩

这类桥墩的特点主要是靠自身重量（包括桥跨结构重）平衡外力而保证桥墩的稳定，因此墩身厚实，不设受力钢筋，如图 2-1 所示，墩身用石砌或片石混凝土砌筑。它适用于荷载较大的大、中型桥梁，或流冰、漂浮物较多的河流中，在砂石料方便的地区，小桥也往往采用实体式桥墩。它的主要缺点是墩身混凝土（砌石）数量较大，自重和阻水面积也较大，因此有时配用钢筋混凝土悬臂式墩帽，以减少墩身長宽度，如图 2-2 所示。

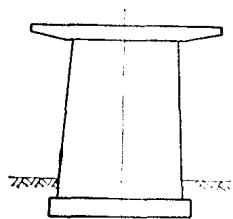


图2-2 悬臂式墩帽

2. 空心桥墩

实体式桥墩在许多情况下材料强度得不到充分发挥，特别是在高桥墩中，因此，将桥墩做成混凝土或钢筋混凝土空心结构，如图 2-3，可以节省圬工材料并减轻重量。在流速大并且夹有大量泥砂石的河流，或可能有船舶、冰、漂浮物撞击的河流中不宜采用空心墩。

3. 桩（柱）式桥墩