



国家示范性高等职业院校课程改革教材

桥涵工程检测技术

(公路工程检测技术专业用)



◎ 主编 朱芳芳

◎ 主审 于忠涛



人民交通出版社
China Communications Press

国家示范性高等职业院校课程改革教材

Qiaohan Gongcheng Jiance Jishu

桥涵工程检测技术

(公路工程检测技术专业用)

朱芳芳 主编

于忠涛 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是国家示范性高等职业院校课程改革教材。全书共设置五个相对独立的学习情境,以典型工作任务驱动的方式,学习工作过程、技术实践知识和技术理论知识,实现工作与学习的整合,理论与实践的整合,专业能力、方法能力和社会能力的整合。这五个学习情境是:桥梁基础及下部构造检测,桥梁上部构造检测,支座、桥面系、附属工程和总体检测,旧桥检测,涵洞工程检测。

本书是高职高专院校公路工程检测技术专业教学用书,也可作为职业技能培训教材使用,或供从事路桥工程施工的技术人员和管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

桥涵工程检测技术/朱芳芳主编. —北京:人民交通出版社,2010.1

ISBN 978 - 7 - 114 - 08043 - 2

I. 桥… II. 朱… III. 桥涵工程 - 检测 IV. U446

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 207239 号

国家示范性高等职业院校课程改革教材

书 名:桥涵工程检测技术(公路工程检测技术专业用)

著 作 者:朱芳芳

责任编辑:周往莲

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:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:13.75

字 数:337千

版 次:2010年1月第1版

印 次:2011年2月第2次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-08043-2

定 价:41.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

道路桥梁工程技术专业课程改革教材 编审委员会

主 任:张亚军

副主任:王 彤 徐雅娜

委 员:欧阳伟 于仁财 姚 丽 赵永生 李云峰
于国锋 于忠涛 刘存柱 吴青伟 郑宝堂
董天文 马真安 张 辉 李立军 王力强
朱芳芳 才西月 高宏新 韩丽馥 李 波
郝晓彬 马 亮 毛海涛 王卓娅 王加弟
李光林 张新财 刘云全 王奕鹏 李荫国
孙守广 李连宏 杨彦海 赵 晖 胥繁荣
付 勇 谷力军 戴国清

序 言

教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)明确指出:“高等职业教育作为高等教育发展中的一个类型,肩负着培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高技能人才的使命”。探索类型发展道路、构建高技能人才培养模式、开发特色教学资源,是高职院校的历史责任。

2006年,辽宁省交通高等专科学校进入国家首批高等职业教育示范院校建设行列,道路桥梁工程技术专业是重点建设专业之一。几年来,该专业团队积极在“类型”概念下探索高等职业教育教学资源建设模式和“高技能人才”培养规格及培养模式。通过对公路建设工程整个过程各阶段的职业岗位和典型工作任务的调研、分析、论证,确定了面向施工一线的道路桥梁工程技术专业高技能人才的专业能力规格,即工程勘察与初步道桥设计、工程概算与招投标、材料试验与检测、道桥工程施工与组织、质量验收与评定“五项能力”规格,并结合北方地域气候特点,构建了教学安排与施工季节相结合,教学内容与施工过程相结合,校内实训与企业顶岗实习相结合的“三个结合”人才培养模式。针对“五项能力”,按照“三个结合”,着眼于实际操作、技术跟踪、综合素质的提高,系统开展课程体系、课程内容改革,并进行相应的教学资源建设,力图通过“在学习中工作,在工作中学习”的教学过程,实现高技能人才的培养目标。

本次出版的系列教材,是专业课程改革和教学资源建设的阶段性成果,是国家示范性建设成果的组成部分,也是全体专业教师、一线工程技术人员共同的智慧结晶和劳动成果。

在教材的开发过程中,得到教育部、国家示范性高等职业院校建设工作协作委员会、辽宁省教育厅等各级领导和诸多专家的关心指导,得到众多企业、行业及兄弟院校的大力支持,在此一并致以崇高的谢意!

由于开发时间短,教学检验尚不充分,错误和不当之处难免,敬请专家、同行指教!

道路桥梁工程技术专业教材开发组
二〇〇九年四月

前 言

《桥涵工程检测技术》是高职高专院校公路工程检测技术专业的核心课程。本书以国家和交通运输部颁发的最新技术标准、规范和试验规程为依据,以职业岗位工作目标为切入点,紧紧围绕桥梁涵洞施工过程及成桥检测来编写。在编写过程中,注重理论联系实际,强化实用性和可操作性,重点突出行业岗位对从业人员知识结构和职业能力的要求,充分体现高等职业教育的特点。

教师在具体授课时,应根据授课对象的不同,依据大纲的要求选择相关内容进行讲授。

本书共分五个学习情境,内容包括:桥梁基础及下部构造检测,桥梁上部构造检测,支座、桥面系、附属工程和总体检测,旧桥检测,涵洞工程检测。

本书学习情境1、学习情境2、学习情境3、学习情境5由辽宁省交通高等专科学校朱芳芳编写,学习情境4由辽宁省交通高等专科学校张永丹编写。全书由朱芳芳担任主编,于忠涛担任主审。

在编写过程中,参考和引用了大量有关文献资料,在此对原作者顺致谢意。

由于时间仓促,水平有限,书中内容难免存在缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者

2009年5月

目 录

学习情境 1	桥梁基础及下部构造检测	1
任务 1.1	扩大基础检测	2
任务 1.2	桩基础检测	27
任务 1.3	墩台身、锥坡和盖梁施工检测	57
学习情境 2	桥梁上部构造检测	72
任务 2.1	先张法构件检测	73
任务 2.2	后张法构件检测	97
学习情境 3	支座、桥面系、附属工程和总体检测	107
任务 3.1	支座及伸缩缝检测	108
任务 3.2	总体、桥面系和附属工程检测	130
学习情境 4	旧桥检测	139
任务 4.1	旧桥普查	140
任务 4.2	桥梁详细检查	157
任务 4.3	桥梁荷载试验	175
学习情境 5	涵洞工程检测	185
参考文献		206

桥梁基础及下部构造检测



情境导入

按照桥梁施工顺序,桥梁工程施工的第一项分部工程是桥梁基础及下部构造。桥梁基础及下部构造施工检测内容包括扩大基础检测,桩基础检测,其他类型基础检测,墩、台身和盖梁检测。施工中,每一个分项工程按照施工准备阶段、施工阶段和竣工验收阶段进行试验检测评定,避免不合格的材料和产品流入下一道工序。只有保证每一道工序的质量才能保证整个工程的质量。



学习目标

【知识目标】

完成本学习情境的学习,学生能够知道桥梁基础及下部构造中的扩大基础、桩基础、其他类型基础,墩台身和盖梁等各项检测任务的目的是检测方法、步骤以及试验原理;熟悉与所检测项目相关的技术标准、技术规范和技术规程;能用定量的方法科学地评定桥梁各种基础及下部构造的施工质量。

【能力目标】

学生能够按照施工准备阶段、施工阶段、分项工程质量检验评定的工作过程,明确桥梁基础及下部构造各分项工程在各施工阶段中所要进行的各种检测项目,能熟练操作各种检测仪器进行试验,正确填写原始记录和检验评定表,能够对工程质量作出正确评价。

任务 1.1 扩大基础检测

1.1.1 任务导入

当浅层地基土较好时,扩大基础是桥梁基础的首选类型。试验检测是保证工程质量的重要手段。客观、准确、规范、及时的试验检测数据,是指导、控制和评定工程质量的科学依据。

桥梁扩大基础在施工准备阶段、施工阶段、竣工验收阶段的试验检测任务有哪些内容呢?让我们来学一学吧。

1.1.2 任务目的

扩大基础施工中,按照施工准备阶段、施工阶段和竣工验收阶段进行试验检测评定,避免不合格的材料和产品流入下一道工序。只有保证施工过程中每一道工序的质量才能保证整个工程的质量。

1.1.3 任务实施

一、施工准备阶段检测

1. 检测项目

施工准备阶段主要对原材料及各种配合比进行试验检测,避免不合格的材料用于工程,为开工做好前期准备工作。扩大基础施工准备阶段需检测的项目见表 1-1-1。

扩大基础施工准备阶段需检测的项目

表 1-1-1

基础类型	序号	检测项目	采用规程(标准)
钢筋混凝土扩大基础	1	水泥物理力学性能试验	《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG E30—2005)、《公路工程质量检验评定标准(土建工程)》(JTG F80/1—2004)
	2	外掺剂技术性能试验	
	3	混凝土拌和物性能试验	
	4	混凝土抗压强度试验	
	5	粗集料技术性能试验	《公路工程集料试验规程》(JTG E42—2005)
	6	细集料技术性能试验	
	7	混凝土配合比设计	《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2000)、《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG E30—2005)
	8	钢筋拉伸试验	《金属材料室温拉伸试验方法》(GB 228—2002) 《金属材料弯曲试验方法》(GB/T 232—1999)
	9	钢筋冷弯试验	

续上表

基础类型	序号	检测项目	采用规程(标准)
砌体扩大基础	1	岩石抗压强度、抗冻性试验	《公路工程岩石试验规程》(JTG E41—2005)
	2	水泥物理力学性能试验	《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG E30—2005)
	3	细集料技术性能试验	
	4	外掺剂技术性能试验	
	5	砂浆配合比设计	《砌筑砂浆配合比设计规程》(JGJ/98—2000) 《砖石工程施工及验收规范》(GBJ 203—83)
	6	水泥砂浆稠度、分层度试验	
	7	水泥砂浆抗压强度试验	

2. 检测方法

扩大基础施工准备阶段的检测项目依据表 1-1-1 中相应规程(标准),参照《道路建筑材料》课程进行试验检测。

二、扩大基础施工阶段检测

1. 检测项目

扩大基础施工阶段的检测项目除了按试验检测频率对准备阶段的项目进行检测外,还需对表 1-1-2 中的项目进行检测。

扩大基础施工阶段的检测项目

表 1-1-2

序号	检测项目	采用规程(标准)
1	地基检验	《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)
2	地基承载力检测	
3	钢筋加工及安装质量检测	《公路工程质量检验评定标准(土建工程)》(JTG F80/1—2004)、《金属材料室温拉伸试验方法》(GB 228—2002)、《金属材料弯曲试验方法》(GB/T 232—1999)、《钢筋焊接及验收规程》(JGJ 18)、《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)
4	模板、支架、拱架制作及安装质量检测	《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)
5	混凝土浇筑质量检测	《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)、《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG E30—2005)

2. 检测方法

1) 地基检验

检验内容如下:

- (1)检查基底平面位置、尺寸大小、基底高程;
- (2)检查基底地质情况和承载力是否与设计资料相符;
- (3)检查基底处理和排水情况是否符合规范要求;
- (4)检查施工记录及有关试验资料等。

基底平面位置和高程允许偏差规定如下:

①平面周线位置:不小于设计要求;

②基底高程:土质基坑为 $\pm 50\text{mm}$;石质基坑为 $+50\text{mm}$, -200mm 。

2) 地基承载力检测

地基承载力是指地基土单位面积上所能承受荷载的能力,以 kN/m^2 计。研究地基承载力的目的,是在工程设计中必须限制建筑物基础底面的压力,使其不得超过地基的允许承载力,以保证地基土不会发生剪切破坏而失去稳定,同时也使建筑物不致因基础产生过大的沉降和差异沉降,而影响其正常使用。标准贯入试验是确定地基承载力的常用方法。

• 标准贯入试验

标准贯入试验(SPT)是一种重型动力触探法,采用质量为 63.5kg 的穿心锤,以 76cm 的落距,将一定规格的标准贯入器先打入土中 15cm ,然后开始记录锤击数目,将标准贯入器再打入土中 30cm ,用此 30cm 的锤击数作为标准贯入试验的指标 N 。标准贯入试验是国内外广泛应用的一种现场原位测试手段,该试验法方便经济,不仅用于砂土,亦可用于黏性土的测试。标准贯入锤击数 N ,可用于判定砂土的密实度、黏性土的稠度、地基土的容许承载力、砂土的振动液化、桩基承载力等,是检验地基处理效果的重要手段。

(1) 试验设备 标准贯入试验装置的重要部件为:

①落锤,质量为 63.5kg 的穿心锤;

②贯入器,形状和尺寸见图 1-1-1;

③探杆,直径 42mm 的钻杆;

④锤垫和导向杆;

⑤自动落锤装置。

(2) 试验方法

①将贯入器打入土中,贯入速率为 $15 \sim 30$ 击/ min ,并记录锤击数,包括先打 15cm 的预打击数,后 30cm 中每 10cm 的锤击数以及 30cm 的累计锤击数 N 。如锤击数超过 50 ,则按下式换算锤击数 N :

$$N = \frac{30n}{\Delta s} \quad (1-1-1)$$

式中: n ——所选取的锤击数;

Δs ——相应于锤击数的贯入量, cm 。

②旋转探杆,提出贯入器,并取出贯入器中的土样进行鉴别、描述、记录,必要时送试验室分析。

③由于钻杆的弹性压缩会引起功能损耗,钻杆过长时传入贯入器的功能降低,因而减少每击的贯入深度,亦即提高了锤击数,所以需要根据杆长对锤击数修正。

$$N_{63.5} = \alpha_1 \cdot N_{s,63.5} \quad (1-1-2)$$

式中: $N_{63.5}$ ——修正后的重型圆锥动力触探锤击数;

α_1 ——修正系数,按表 1-1-3 取值;

$N_{s,63.5}$ ——实测重型圆锥动力触探锤击数。

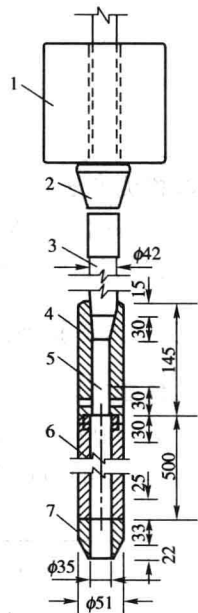


图 1-1-1 标准贯入试验设备
(单位: mm)

1-穿心锤; 2-锤垫; 3-触探杆;
4-贯入器头; 5-出水孔; 6-由两
半圆管合成的贯入器身; 7-贯
入器靴

重型圆锥动力触探锤击数修正系数 α_1

表 1-1-3

$N_{s,63.5}$ $L(m)$	5	10	15	20	25	30	35	40	≥ 50
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—
4	0.96	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.84
6	0.93	0.90	0.88	0.85	0.83	0.81	0.79	0.78	0.75
8	0.90	0.86	0.83	0.80	0.77	0.75	0.73	0.71	0.67
10	0.88	0.83	0.79	0.75	0.72	0.69	0.67	0.64	0.61
12	0.85	0.79	0.75	0.70	0.67	0.64	0.61	0.59	0.55
14	0.82	0.76	0.71	0.66	0.62	0.58	0.56	0.53	0.50
16	0.79	0.73	0.67	0.62	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45
18	0.77	0.70	0.63	0.57	0.53	0.49	0.46	0.43	0.40
20	0.75	0.67	0.59	0.53	0.48	0.44	0.41	0.39	0.36

注:表中 L 为杆长。

④对于同一土层应进行多次试验,然后取锤击数的平均值。

(3)标准贯入试验的应用 关于标准贯入试验,国内外已积累了大量的实践资料,给出了砂性土和黏性土一些物理性质和标准贯入试验锤击数的经验关系,可供工程中使用。

①根据 N 估计砂土的密实度,见表 1-1-4。

砂土密实度表

表 1-1-4

分级	相对密度 D_r	实测平均锤击数 N	分级		相对密度 D_r	实测平均锤击数 N
密实	$D_r \geq 0.67$	30 ~ 50	松散	稍松	$0.33 \leq D_r < 0.67$	5 ~ 9
稍密	$0.33 \leq D_r < 0.67$	10 ~ 29		极松	$D_r < 0.20$	< 5

②根据 N 估计天然地基的容许承载力 $[\sigma_0]$,见表 1-1-5 和表 1-1-6。

砂土承载力容许值 $[\sigma_0]$ (kPa)

表 1-1-5

N	10 ~ 15	15 ~ 30	30 ~ 50
$[\sigma_0]$	140 ~ 180	180 ~ 340	340 ~ 500

一般黏性土和老黏性土的承载力容许值 $[\sigma_0]$ (kPa)

表 1-1-6

N	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
$[\sigma_0]$	120	160	200	240	280	320	360	420	500	580	660

③根据 N 估计黏性土的状态,见表 1-1-7。

N 与黏性土稠度状态的关系

表 1-1-7

N	<2	2 ~ 4	4 ~ 7	7 ~ 18	18 ~ 35	>35
液性指数 I_L	>1	1 ~ 0.75	0.75 ~ 0.5	0.5 ~ 0.25	0.25 ~ 0	<0
稠度状态	流塑	软塑	可塑	可塑 ~ 硬塑	硬塑	坚硬

④根据 N 估计土的内摩擦角 φ ,见表 1-1-8。

N 值与土的内摩擦角 φ 的关系

表 1-1-8

N 值 研究者	<4	4 ~ 10	10 ~ 30	30 ~ 50	> 50
Peck	<28.5°	28.5° ~ 30°	30° ~ 36°	36° ~ 41°	>41°
Meyerhof	<30°	30° ~ 35°	35° ~ 40°	40° ~ 45°	>45°

(4) 标准贯入试验记录表格, 见表 1-1-9。

标准贯入试验记录表格

表 1-1-9

检测部位	贯入深度	锤击数	试验结果 (kPa)	设计要求 (kPa)

试验: 计算: 复核: 试验日期:



拓展提高

现场荷载试验确定地基承载力的方法是更为精确的方法, 但费时费力, 故工地上不常采用。

● 荷载板试验

荷载板试验是原位测试方法之一。原位测试是指在岩石土体原有的位置上, 在保持土的天然结构、天然含水率以及天然应力状态下测定岩石性质。

(1) 试验原理 荷载板试验就是在欲试验的土层表面放置一定规格的方形或圆形承压板, 在其上逐级施加荷载, 每级荷载增量持续时间相同或接近, 测记每级荷载作用下荷载板沉降量的稳定值, 加载至总沉降量为 25mm, 或达到加载设备的最大容量为止, 然后卸载, 记录土的回弹值, 持续时间应不小于一级荷载增量的持续时间。根据试验记录绘制荷载 P 和沉降量 S 的关系曲线(图 1-1-2)。分析研究地基土的强度与变形特性, 求得地基土容许承载力与变形模量等力学数据。地基在荷载作用下达到破坏状态的过程可以分为三个阶段(图 1-1-3):

①压密阶段(直线变形阶段): 相当于 P - S 曲线上的 oa 段, P - S 曲线接近于直线, 土中各点的剪应力均小于土的抗剪强度, 土体处于弹性平衡状态, 这一阶段荷载板的沉降主要是由于土中孔隙的减少引起, 土颗粒主要是竖向变位, 且随时间渐趋稳定而土体压密, 所以也称压密阶段。曲线上相应于 a 点的荷载称为比例界限 P_r 。

②剪切阶段: 相当于 P - S 曲线上的 ab 段。这一阶段 P - S 曲线已不再保持线性关系, 沉降的增长率 $\frac{\Delta S}{\Delta P}$ 随荷载的增加而增大。在这个阶段, 除土体的压密外, 在承压板边缘已有小范围局部土体的剪应力达到或超过了土的抗剪强度, 并开始向周围土体发生剪切破坏(产生塑性变形区); 土体的变形是由于土中孔隙的压缩和土颗粒剪切移动同时引起的, 土粒同时发生竖向和侧向变位, 且随时间不易稳定, 故称之为局部剪切阶段。随着荷载的继续增加, 土中塑性区的范围也逐步扩大, 直到土中形成连续的滑动面, 由荷载板两侧挤出而破坏。因此, 剪切阶

段也是地基中塑性区的发生及发展阶段。相应于 $P-S$ 曲线上 b 点的荷载称为极限荷载 P_u 。

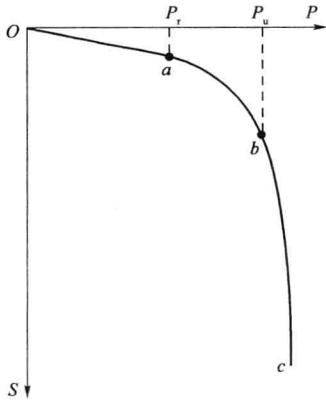


图 1-1-2 荷载与沉降量的关系

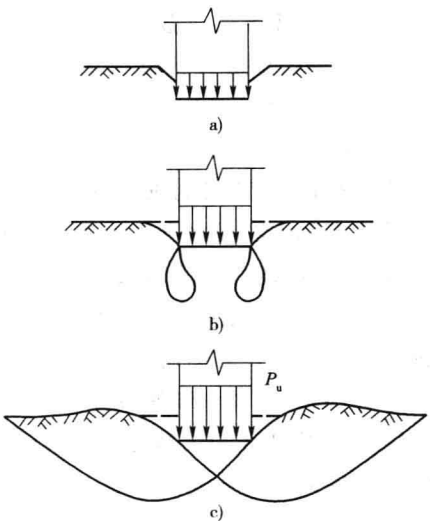


图 1-1-3 地基破坏过程的三个阶段
a) 压密阶段; b) 剪切阶段; c) 破坏阶段

③破坏阶段: 相当于 $P-S$ 曲线上的 bc 段。当荷载超过极限荷载后, 荷载板急剧下沉, 即使不增加荷载, 沉降也不能稳定, 同时土中形成连续的滑动面, 土从承压板下挤出, 在承压板周围土体发生隆起及环状或放射状裂隙, 故称之为破坏阶段。该阶段, 在滑动土体范围内各点的剪应力达到或超过土体的抗剪强度; 土体变形主要由土颗粒剪切变位引起, 土粒主要是侧向移动, 且随时间不能达到稳定, 地基土失稳而破坏。

(2) 试验设备 图 1-1-4 是目前常用的荷载板试验时加载方式之一。根据现场具体情况, 还可采用地锚代替荷重的方式, 也可以二者兼用, 但总的原则是: 加荷、卸荷既简便又安全, 同时对沉降量的观测无影响。荷载板一般用刚性的方形板或圆形板, 承压板面积不应小于 0.25m^2 , 对于软土地基不应小于 0.5m^2 , 目前工程上常用的是 $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ 或 $70.7\text{cm} \times 70.7\text{cm}$ 的方板。

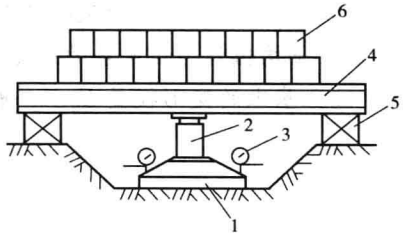


图 1-1-4 现场荷载试验

用油压千斤顶加荷、卸荷虽然方便, 但由于受力后会出现地锚上拔、设备本身变形、千斤顶漏油和荷载板下沉, 5-枕木垛; 6-压重。在试验过程中, 千斤顶的压力不易稳定, 会出现松压现象, 因此, 必须随时调节压力以保持一定的恒压。

目前, 已有一些勘察单位研制成几种类型的稳压器。有的增加一活塞油缸, 通过齿轮齿条或杠杆等传动方式, 加一定压力于活塞上, 使油缸内的油压保持一定, 当千斤顶油压松压时, 油缸就自动补给千斤顶, 使千斤顶保持恒压; 有的是通过继电器控制电动油泵的启闭, 来保持千斤顶恒压, 稳压精度达 1.8% 。同时, 这些单位对沉降观测还研制了自动记录装置, 可自行给出连续的沉降与时间关系曲线, 进一步保证了操作安全和试验质量。

试验基坑宽度不应小于承压板宽度 b 或直径 d 的 3 倍; 应保持试验土层的原状结构和天然湿度, 宜在拟试压表面用厚度不超过 20mm 的粗砂或中砂层找平。

(3) 试验方法 试验加荷方法应采用分级维持荷载沉降相对稳定法(慢速法)或沉降非稳

定法(快速法)。试验的加荷标准如下:试验的第一级荷载(包括设备重力)应接近卸去土的自重。加荷分级不应少于8级。最大加载量不应小于设计要求的2倍。每级荷载增量(即加荷等级)一般取被试地基土层预估极限承载力的 $1/10 \sim 1/8$ 。荷载的量测精度应达到最大荷载的1%,沉降值的量测精度应达到0.01mm。

每级加载后,按间隔10min、10min、10min、15min、15min,以后为每隔半小时测读一次沉降量。当在连续两小时内,每小时的沉降量小于0.1mm时,则认为已趋稳定,可加下一级荷载。

试验点附近应有取土孔提供土工试验指标或其他原位测试资料,试验后,应在承压板中心向下开挖取土试验,并描述2倍承压板直径(或宽度)范围内土层的结构变化。

当出现下列情况之一时,即可终止加载:

- ①承压板周围的土明显地侧向挤出;
- ②沉降 S 急剧增大,荷载—沉降($P-S$)曲线出现陡降段;
- ③在某一级荷载下,24h内沉降速率不能达到稳定;
- ④沉降量与承压板宽度或直径之比大于或等于0.06。

当满足前三种情况之一时,其对应的前一级荷载定为极限荷载。

(4) 试验数据处理

①地基土的承载力。当 $P-S$ 关系曲线上有比例界限时,取该比例界限所对应的荷载值;当极限荷载小于对应比例界限的荷载值的2倍时,取极限荷载值的一半;当不能按上述两种要求确定时,当压板面积为 $0.25 \sim 0.50\text{m}^2$,可取 S/b (或 S/d) $=0.01 \sim 0.015$ 所对应的荷载,但其值不应大于最大加载量的一半。

在饱和软土地基中, $P-S$ 关系曲线拐点往往不明显,此时可用绘制 $\lg P-\lg S$ 曲线,利用 $\lg P-\lg S$ 曲线的良好线性关系很容易确定拐点;也可以应用相对沉降法确定地基土的承载力。

同一土层参加统计的试验点不应少于三点,当试验实测值的极差不超过其平均值的30%时,取此平均值作为该土层的地基承载力基本容许值 $[f_{a0}]$ 。

②地基土的变形模量 E_0 。一般取 $P-S$ 关系曲线的直线段,用下式计算:

$$E_0 = (1 - \mu^2) \frac{\pi B}{4} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta S} \quad (1-1-3)$$

式中: B ——承压板直径,m,当为方形板时, $B=2\sqrt{\frac{A}{\pi}}$, A 为方形板面积, m^2 ;

$\frac{\Delta P}{\Delta S}$ —— $P-S$ 关系曲线直线段斜率, kPa/m ;

μ ——地基土的泊松比,对于砂土和粉土, $\mu=0.33$;可塑—硬塑黏性土, $\mu=0.38$;对于软塑—流塑黏性土和淤泥质黏性土, $\mu=0.41$ 。

当 $P-S$ 曲线的直线段不明显时,可用前面讲述的确定地基土承载力的方法所确定地基承载力的基本值与相应的沉降量代入式(1-1-3)计算 E_0 ,但此时,应与其他原位测试资料比较,综合确定 E_0 值。

利用 $P-S$ 曲线还可以估算地基土的不排水抗剪强度和地基土基床反力系数等。

(5) 注意问题

①荷载板试验的受荷面积比较小,加荷后受影响的深度不会超过2倍承压板边长或直径,而且加荷时间也比较短,因此,不能通过荷载板试验提供建筑物的长期沉降资料。

②在沿海软黏土分布地区,地表往往有一层“硬壳层”,当用小尺寸的承压板时,常常受压

范围还在地表“硬壳层”内,其下软弱土层还未受到承压板的影响,而对于实际建筑物的大尺寸基础,下部软弱土层对建筑物沉降起着主要的影响。因此,静力荷载试验资料的应用是有条件的,在进行荷载试验时,要充分估计到试验影响范围的局限性,注意分析试验成果与实际建筑地基之间可能存在的差异。

③当地基压缩层范围内土层单一而且均匀时,可以直接在基础埋置高程处进行荷载板试验;如果地基压缩层范围内土层是成层变化的,或者是不均匀的,则要进行不同尺寸承压板或不同深度的荷载板试验。遇到这种情况时,可以采用其他原位测试和室内土工试验来确定荷载板试验影响不到的土层的工程力学性质。

④如果地基土层起伏变化很大时,还应在不同地点做荷载板试验。

3) 钢筋加工及安装质量检测

(1) 普通钢筋的力学性能标准 钢筋混凝土中的钢筋和预应力混凝土中的非预应力钢筋有光圆钢筋、热轧带肋钢筋、冷轧带肋钢筋、低碳钢热轧圆盘条,在工程中需要做拉伸试验和弯曲试验。普通常用圆钢筋截面积、质量见表 1-1-10。普通钢筋的力学性能标准见表 1-1-11。表面质量要求:钢筋外表有严重锈蚀、麻坑、裂纹夹砂和夹层等缺陷时,应予剔除,不得使用。

单根钢筋截面积、质量表 表 1-1-10

直径(mm)	钢筋截面面积(mm ²)	质量(kg/m)	直径(mm)	钢筋截面面积(mm ²)	质量(kg/m)
6	28.27	0.222	22	380.10	2.980
8	50.27	0.395	25	490.90	3.850
10	78.54	0.617	28	615.80	4.830
12	113.10	0.888	32	804.20	6.310
14	153.90	1.210	36	1 018.00	7.990
16	201.10	1.580	40	1 257.00	9.870
18	254.50	2.000	50	1 964.00	15.420
20	314.20	2.470			

普通钢筋的力学性能指标、强度标准(GB 1499.1—2008,GB 1499.2—2007) 表 1-1-11

表面形状	牌 号	公称直径 (mm)	屈服强度 R_{el} (MPa)	抗拉强度 R_m (MPa)	伸长率 δ_5 (%)	最大力总 伸长率(%)	弯心直径	冷弯试验
			不小于					
热轧 光圆	HPB235	6 ~ 22	235	370	25	10	d	180°
	HPB300		300	420				
普通热轧 带肋	HRB335 HRBF335	6 ~ 25	335	455	17	7.5	$3d$	180°
		28 ~ 40					$4d$	
		> 40 ~ 50					$5d$	
	HRB400 HRBF400	6 ~ 25	400	540	16		$4d$	180°
		28 ~ 40					$5d$	
		> 40 ~ 50					$6d$	
	HRB500 HRBF400	6 ~ 25	500	630	15		$6d$	180°
		28 ~ 40					$7d$	
		> 40 ~ 50					$8d$	

续上表

表面形状	牌号	公称直径 (mm)	屈服强度 R_{el} (MPa)	抗拉强度 R_m (MPa)	伸长率 δ_5 (%)	最大力总 伸长率(%)	弯心直径	冷弯试验
			不小于					
冷轧 带肋	CRB550	4 ~ 12	500	550	8.0	—	3d	180°
	CRB650	4、5、6			—	4.0	—	
	CRB800				—	4.0	—	
	CRB970				—	4.0	—	
低碳钢热 轧圆盘条	Q195	≤12	—	410	30	—	0	180°
	Q215			435	28		0	
	Q235			500	23		0.5d	
	Q275			540	21		1.5d	

注: d 为钢筋直径。

(2) 普通钢筋力学性能试验检测 普通钢筋力学性能试验包括钢筋拉伸试验和冷弯试验,其试验方法见《道路建筑材料》课程。在此介绍钢筋拉伸试验和冷弯试验的组批规则、取样数量、注意事项、复验与判定规则。

①组批规则:钢筋应按批进行检查和验收,每批应由同一牌号、同一外形、同一规格、同一生产工艺和同一交货状态的钢筋组成,每批数量不大于 60t。

②取样数量:各类钢筋每组试件数量参见表 1-1-12。

各类钢筋每组试件数量

表 1-1-12

钢筋种类	每组钢筋数量		
	拉伸试验	弯曲试验	反向(复)弯曲
热轧带肋钢筋	2 根	2 根	每批 1 根(反向弯曲)
热轧光圆钢筋	2 根	2 根	
低碳热轧圆盘条	1 根	2 根	
余热处理钢筋	2 根	2 根	
冷轧带肋钢筋	逐盘 1 个	每批 2 个	每批 2 个(反向弯曲)

③复验与判定规则:

a. 屈服强度、抗拉强度和伸长率评定。屈服强度、抗拉强度和伸长率均应符合相应标准中规定的指标。在做拉力检验的两根试件中,如一根试件的屈服强度、抗拉强度、伸长率三个指标中,有一个指标不符合标准时,即为拉力试验不合格,应取双倍试件重新测定;在第二次拉力试验中,如仍有一个指标不符合规定,不论这个指标在第一次试验中是否合格,判定拉力试验项目仍不合格,表示该批钢筋为不合格品。

b. 冷弯试验评定。冷弯试验后,弯曲外侧表面无裂纹、断裂或起层,即判为合格。做冷弯的两根试件中,如有一根试件不合格,可取双倍数量试件重新做冷弯试验,第二次冷弯试验中,如仍有一根不合格,即判该批钢筋为不合格品。这里应注意,弯曲表面金属体上出现的开裂,其长度大于 2mm 而小于等于 5mm、宽度大于 0.2mm 而小于 0.5mm 时称裂纹。

c. 反复弯曲试验结果评定。弯曲次数达到或超过有关标准中所规定的弯曲次数判为合格。

(3) 焊接钢筋的质量检验 钢筋接头一般应采用焊接,螺纹筋可采用挤压套管接头。钢