

An aerial photograph of the Akashi-Kaikyo Bridge, a long suspension bridge spanning a wide body of water. The bridge has two tall, white, lattice-structured towers. The water is a deep blue, and the sky is a pale, hazy blue. In the foreground, there's a small island with some buildings and a pier. The overall scene is peaceful and scenic.

公路水运工程试验检测人员 考试学习资料

2013年5月

第一部分 考试的相关要求

第二部分 主要复习内容

第三部分 复习方法及答题技巧

第一部分 试验检测人员考试的相关要求

1

试验检测人员等级和考试科目

2

考试题型

3

题量、分值和考试时间

4

考试各部分参考比例

5

对考生的几点提醒

第一部分 试验检测人员考试的相关要求

1、试验检测人员等级和考试科目

试验检测人员2个等级

- 试验检测工程师
- 试验检测员

考试科目：工程师 — 《公共基础》+ 专业科目《桥梁》

检测员 — 只考专业科目《桥梁》

两者在专业科目上考试范围虽相同，但在内容的难易程度不同，检测工程师以考察理论知识和分析判断能力为主，检测员是以实际操作技能为主

第一部分 试验检测人员考试的相关要求

2、考试题型

考试题型共有四种形式：单选题、判断题、多选题和问答题。

(1) 单选题：每道题目有四个备选项，要求参考人员通过对题干的审查理解，从四个备选项中选出唯一的正确答案。

(2) 判断题：每道题目列出一个可能的事实，通过审题给出该事实是正确还是错误的判断。

第一部分 试验检测人员考试的相关要求

2、考试题型

(3) 多选题：每道题目所列备选项中，有两个或两个以上正确答案。选项全部正确得满分，选项部分正确按比例得分，出现错误选项该题不得分。

(4) 问答题：分为试验操作题、简答题、案例分析题和计算题等。

第一部分 试验检测人员考试的相关要求

3、题量、分值和考试时间

单选题30道，1分/题

判断题30道，1分/题

多选题20道，2分/题

问答题5道，10分/题

共计150分

考试时间 150分钟

第一部分 试验检测人员考试的相关要求

4、考试内容参考比例

《桥梁》考试科目包括：桥梁工程质量评定3%、桥梁工程结构试验检测仪器设备15%、原材料试验检测10%、桥梁工程制品检测10%、桥梁工程地基与基础检测12%、桥梁构件状况及耐久性检测评定25%、桥梁荷载试验及承载力评定25%。

第一部分 试验检测人员考试的相关要求

5、对考生的几点提醒

- 要了解要求，正确选用参考书；
- 有差异时以现行有效的行业及国家标准、规范为准；
- 要提倡看书，但不要死背试验步骤等。

第一部分 试验检测人员考试的相关要求

6、考试内容条理的变化

从原来的五部分调整成七部分：

●适应桥梁使用功能和承载能力评定等方面技术发展的趋势。

●单独列出“试验检测仪器设备”“构件状况及耐久性检测评定”两章，使相关内容条理更清晰。

第一部分 考试的相关要求

7、主要考试内容

- 桥梁工程质量评定
- 桥梁工程结构试验检测仪器设备
- 原材料试验检测
- 桥梁工程制品检测
- 桥梁工程地基与基础检测
- 桥梁构件状况及耐久性检测评定
- 桥梁荷载试验与承载力评定

检测工程师与检测员有所区别，现列表介绍：

(1) 桥梁工程质量评定

试验检测工程师		试验检测员
分项、分部、单位工程的概念及划分方法。	了解	分项、分部、单位工程的概念及划分方法。
制定工程质量检验评定标准的目 的和适用范围。	熟悉	制定工程质量检验评定标准的目 的和适用范围。
质量检验评定程序；分项工程质 量检验内容；工程质量评分方 法；工程质量等级评定；分项工 程计分规定。	掌握	质量检验评定程序；分项工程质 量检验内容；工程质量评分方 法；工程质量等级评定；分项工 程计分规定。

(2) 桥梁工程结构试验检测仪器设备

试验检测工程师

试验检测员

桥梁试验检测需要使用的各种专业仪器设备及相关使用知识。

了解

桥梁试验检测需要使用的各种专业仪器设备及相关使用知识。

构件应变测试仪器设备（引伸仪、电阻应变片及传感器、静态电阻应变仪及数据采集装置、动态电阻应变仪及数据采集装置、振弦式应力计及数据采集装置）技术指标和使用方法；变形测量用机械仪表类（千分表、百分表、挠度计）、连通管、光学类仪器设备（水准仪、全站仪）技术指标和使用方法；裂缝及缺陷检测仪器设备（刻度放大镜、裂缝图像处理装置、超声波检测仪）技术指标和使用方法；结构振动测试仪器设备（测振传感器、放大器、数据记录和分析系统）技术指标和使用方法。

熟悉

构件应变测试仪器设备（引伸仪、电阻应变片及传感器、静态电阻应变仪及数据采集装置、振动弦式应力计）技术指标和使用方法；变形测量用机械仪表类（千分表、百分表、挠度计）、连通管、光学类仪器设备技术指标和使用方法；裂缝及缺陷检测仪器设备（刻度放大镜、超声波检测仪）技术指标和使用方法；结构振动测试仪器设备（测振传感器）技术指标和使用方法。

构件应变测试、变形测量、裂缝及缺陷检测、混凝土质量检测、结构振动测试等仪器设备的适当选用和正确使用。

掌握

构件应变测试（应变片粘贴）、变形测量、裂缝及缺陷检测、混凝土质量检测、结构振动测试等仪器设备的正确使用方法。

(3) 原材料试验检测

试验检测工程师		试验检测员
桥梁工程所用主要原材料的种类、性能、用途。	了解	桥梁工程所用主要原材料的种类、性能、用途。
石料、混凝土、钢材性能及其试验检测技术标准、规程。	熟悉	石料、混凝土、钢材性能及其试验检测技术标准、规程。
石料的力学性能、质量检测的内容和方法；混凝土抗压强度、抗折强度和弹性模量的试验测试方法；钢筋拉伸、受弯试验检测方法；预应力钢丝和钢绞线检测方法；钢筋焊接质量检测方法。	掌握	石料的力学性能、质量检测的内容和方法；混凝土材性试验方法；钢筋拉伸、受弯试验检测方法；预应力钢丝和钢绞线检测方法；钢筋焊接质量检测方法。

(4) 桥梁工程制品检测

试验检测工程师

各类桥梁支座、伸缩缝、波纹管、锚具的分类和技术性能、结构特点；各类制品的适用范围和使用条件。

上述制品的性能试验检测内容和标准、规范、规程。

板式橡胶支座、盆式橡胶支座、球型支座外观及内部检查和力学性能试验检测方法及其结果判定；锚具、夹具和连接器的质量检查、性能试验检测及其结果评价；伸缩缝外观质量检查、性能试验检测及其结果评价；

了解

熟悉

掌握

试验检测员

各类桥梁支座、伸缩缝、波纹管、锚具的分类和技术性能、结构特点。

上述制品的性能试验检测内容和标准、规范、规程。

板式橡胶支座、盆式橡胶支座、球型支座外观及内部检查和力学性能试验检测方法；锚具、夹具和连接器的质量检查、性能试验检测；伸缩缝外观质量检查、性能试验检测；

(5) 桥梁工程地基与基础检测

试验检测工程师

各类桥梁地基与基础工程分类、常用形式。

各类桥梁地基和基础试验检测的有关标准、规范和规程。

桥梁地基承载力试验方法（承载板法、标准贯入法）；桥梁基桩承载力静力试桩试验方法，数据的处理及承载力评价；基桩完整性检测方法（应力回波法、超声波法）及数据处理和评价；钻孔桩成孔检测方法及数据处理和成孔质量评价。

了解

熟悉

掌握

试验检测员

桥梁常见地基与基础工程分类、常用形式。

桥梁常见地基和基础试验检测的有关标准、规范和规程。

桥梁地基承载力试验方法（承载板法、标准贯入法）；桥梁基桩承载力静力试桩试验方法；基桩完整性检测方法（应力回波法、超声波法）；钻孔桩成孔检测方法。

(6) 桥梁构件状况及耐久性检测评定

试验检测工程师

试验检测员

构件状况及耐久性检测评定的目的和基
本内容。

了解

构件状况及耐久性检测评定的基本内
容和目的。

混凝土构件状况及耐久性检测、评价的
有关标准、规范与规程；检测所用仪器
设备的技术指标和使用方法；钢构件缺
陷的无损检测方法和标准。

熟悉

混凝土构件状况及耐久性检测、评价
的有关标准、规范与规程；检测所用
仪器设备的技术指标和使用方法；钢
构件缺陷的无损检测方法和标准。

主要参数检测方法、数据处理和结果的
评定，包括：构件外观损伤、混凝土内
部缺陷与损伤、混凝土强度（钻芯法、
回弹法、超声-回弹综合法等）、钢筋锈
蚀电位、混凝土中氯离子含量、混凝土
中钢筋分布及保护层厚度、混凝土电阻
率、混凝土碳化深度；索力测量基本原
理、方法和数据处理；混凝土桥梁单一
构件的耐久性评价及桥梁结构技术状态
综合评估。

掌握

构件外观损伤、混凝土内部缺陷与损
伤、混凝土强度（钻芯法、回弹法、
超声-回弹综合法等）、钢筋锈蚀电位、
混凝土中氯离子含量、混凝土中钢筋
分布及保护层厚度、混凝土电阻率、
混凝土碳化深度；索力测量方法。

(7) 桥梁荷载试验与承载力评定

试验检测工程师		试验检测员
桥梁荷载试验的目的、组织、设计的内容以及承载能力评估的方法。	了解	桥梁荷载试验的目的和内容。
桥梁荷载试验与承载力评定相关的设计、试验规范、标准、规程。	熟悉	桥梁荷载试验的规范、标准、规程。
静力荷载试验中如何确定加载和测试“控制断面”，加载效率计算、加卸载的分级、终止试验条件，测试内容、方法、测点布置、仪器选配；挠度、应力（应变）、裂缝等数据处理及曲线绘制等；动力荷载试验方法、测试内容、测点布置、仪器选用；振型、频率和阻尼三个动力特性参数的测试和分析方法；动挠度、动应力（应变）的测试方法和数据处理。基于桥梁荷载试验的承载能力评定方法。	掌握	静力荷载试验内容、方法、测点布置、仪器操作；挠度、应力（应变）、裂缝等测试方法等；动力荷载测试内容、方法、测点布置、仪器操作；动挠度、动应力（应变）的测试方法。

第二部分 主要复习内容



第一章 概述

第三节 桥梁工程质量检验评定的依据和方法（P5）

1、质量检验评定依据：《公路工程质量检验评定标准》（JTGF80/1-2004）

2、桥涵工程质量检验评定单元的划分

- （1）单位工程：建设项目中，根据签定的合同，具有独立施工条件的工程，如大、中跨径桥梁、互通式立交、路基工程等。
- （2）分部工程：单位工程中按结构部位、路段长度及施工特点或施工任务等划分为若干个分部工程，如小桥、涵洞等。
- （3）分项工程：在分部工程中按不同的施工方法、材料、工序及路段长度等划分为若干个分项工程。
- （4）P6表1-1中桥梁工程部分内容

3、分项工程质量评分方法

(1) 分项工程质量评分的内容（基本要求、实测项目计分、外观缺陷减分和资料不全减分）。

(2) 分项工程满分为100分，按实测项目采用加权平均法计算，存在外观缺陷和资料不全时，予以减分。

(3) 分项工程评分分项工程得分=

$$\Sigma [\text{检查项目得分} \times \text{权值}] / \Sigma \text{检查项目权值}$$

(4) 分项工程评分=分项工程得分—外观缺陷扣分—资料不全扣分。

(5) 检查项目得分=检查项目合格率×100

(6) 检查项目合格率

$$= \text{检查合格的点数} / \text{该检查项目的全部检查的点（组）数} \times 100\%$$

(7) 涉及结构安全和使用功能的重要实测项目为关键项目，以“△”标志，其合格率不得低于90%（属于工厂加工制造的桥梁金属构件不低于95%，机电工程为100%）。

4、分部工程和单位工程评分方法

(1) 分部(单位)工程评分=

$$\frac{\sum [\text{分项(分部)工程评分} \times \text{相应权值}]}{\sum \text{分项(分部)工程权值}}$$

(2) 工程质量等级的评定 (合格与不合格)

- ① 分项工程 ≥ 75 合格, 机电工程、属于工厂加工制造的桥梁金属构件 ≥ 90 合格。
- ② 所属分项工程全部合格, 则分部工程评为合格。
- ③ 所属分部工程全部合格, 则单位工程评为合格。
- ④ 合同段和建设项目所含单位工程全部合格, 则其工程质量等级为合格。

工程安全风险评估

基本概念：

事故：可能造成工程发生人员伤亡、经济损失、环境影响、工程延误或工程耐久性降低等不利事件。

风险：某一事故发生的可能性和严重程度的组合。

风险源：致险因子，可能导致事故发生的直接因素，如施工方案、作业活动、施工设备等。

■ **风险评估：**对风险进行辨识、估计和评价，对风险危害性及其处置措施进行决策。

■ **施工风险评估：**针对工程施工过程中各项作业活动、作业环境、施工设备、危险物品等所潜在风险进行风险源辨识、风险分析、风险估测的系列工作。

总体风险评估：

3.1.1 公路桥梁、隧道工程施工安全总体风险评估，是指开工前根据桥梁或隧道工程的地质环境条件、建设规模、结构特点等孕险环境与致险因子，评估桥梁或隧道工程整体风险，估测其安全风险等级。属于静态评估。

总体风险评估方法：

3.2.1 桥梁工程施工安全风险总体评估主要考虑桥梁建设规模、地质条件、气候环境条件、地形地貌、桥位特征及施工工艺成熟度等评估指标，评估指标的分类、赋值标准可参见表 1。

表 1 桥梁工程总体风险评估指标体系

评估指标	分类		分值	说明
建设规模 (A1)	单孔跨径 Lk（总长 L）超过或达到国内外同类桥型最大单孔跨径 Lk（总长 L）		6-8	应结合各地工程建设经验及水平，综合判定，其中拱桥应按高限取值。
	Lk>150 米或 L>1000 米		3-5	
	100 米≤L≤1000 米或 40 米≤Lk≤150 米		1-2	
	L<100 米或 Lk<40 米		0-1	
地质条件 (A2)	不良地质灾害多发区域（包括岩溶、滑坡、泥石流、采空区、强震区、雪崩区、水库坍岸区等）		4-6	特殊性岩土主要包括：冻土、膨胀性岩土、软土等。
	存在不良地质灾害，但不频发或存在特殊性岩土，影响施工安全及进度		1-3	
	地质条件较好，基本不影响施工安全因素		0-1	
气候环境 条件(A3)	极端气候事件多发区域（洪水、强风、强暴雨雪、台风等）		4-6	应结合施工工艺特征综合判定。
	气候环境条件一般，可能影响施工安全，但不显著		2-3	
	气候条件良好，基本不影响施工安全		0-1	
地形地貌 条件(A4)	山岭区	峡谷、山间盆地、山口等险要区域	4-6	应结合勘察资料，综合判定。
		一般区域	0-3	
	平原区		0-1	
桥位特征 (A5)	跨江、河、海湾	通航等级 1 级-3 级	4-6	跨线桥应综合考虑交叉线路的交通量状况。
		通航等级 4 级-6 级	2-3	
		通航等级 7 级及等外	0-1	
	陆地	跨线桥（公路、铁路等）及其他特大桥	3-6	

3.2.2 桥梁工程施工安全总体风险大小计算公式为：

$R=A1+A2+A3+A4+A5+A6$ ，其中，

A1 指桥梁建设规模所赋分值；

A2 指工程所处地质条件所赋分值；

A3 指工程所处气候环境条件所赋分值；

A4 指工程所处地形地貌所赋分值；

A5 指桥位特征所赋分值；

A6 指施工工艺成熟度所赋分值。

评估指标体系中各指标所赋分值应结合工程实际，综合考虑工程实际的影响程度而定，数值应取整数。评估指标也可以根据工程实际的增加或删减，同时风险分级标准也须进行相应调整。



3.2.3 计算得到总体风险值 R 后，对照表 2 确定桥梁工程施工安全总体风险等级。

表 2 桥梁工程施工安全总体风险分级标准

风险等级	计算分值 R
等级Ⅳ（极高风险）	14 分及以上
等级Ⅲ（高度风险）	8-13 分
等级Ⅱ（中度风险）	5-8 分
等级Ⅰ（低度风险）	0-4 分

3.2.4 总体风险等级在Ⅲ级（高度风险）及以上的桥梁工程，应纳入专项风险评估范围。评估小组应根据总体风险评估情况，提出专项风险评估中需要重点评估的风险源。其他风险等级的桥梁工程，也应视情况确定是否开展专项风险评估。

专项风险评估

4.1.1 专项风险评估是将总体风险评估等级为Ⅲ级（高度风险）及以上桥梁或隧道工程中的施工作业活动(或施工区段)作为评估对象，根据其作业风险特点以及类似工程事故情况，进行风险源普查，并针对其中的重大风险源进行量化估测，提出相应的风险控制措施。属于动态评估。

4.1.2 专项风险评估前，首先，应按照施工组织设计所确定的施工工法，分解施工作业程序，结合工序（单位）作业特点、环境条件、施工组织等致险因子，辨识施工作业活动中典型事故类型，从而建立风险源普查清单，并通过风险分析和估测，确定重大风险源。其次，按照本《指南》推荐的指标体系法评估重大风险源的风险等级，并对照风险可接受准则确定相应的风险控制措施。

4.1.3 专项风险评估的基本程序包括：风险源普查、辨识、分析，并针对重大风险源进行估测、控制。具体流程见图 1。

在**专项风险评估**中，风险估计和评价是风险评估的重点，风险评价中最关键的是风险因素概率和后果等级的取值。

- 通过对足够的已知数据的分析来找出风险发生的分布规律从而预测出其发生概率和后果大小；
- 在缺少足够数据的情况下，由评估人员或专家根据桥梁或隧道实际情况对风险等级进行综合判断。

重点：评估范围，评估内容、4个原理、评估方法、基本程序及步骤

第四节 桥梁养护管理检查与评定（P11）

1、桥梁检查

桥梁检查分为经常检查、定期检查和特殊检查。

（1）经常检查：主要对桥面设施、上部结构、下部结构及附属构造物的技术状况进行检查。经常检查检查周期根据桥梁技术状况确定，一般每月不少于一次，经常检查以目测为主，辅以简单工具，检查结束填写“桥梁经常检查记录表”。

（2）定期检查：为评定桥梁使用功能，指定管理养护计划提供基本数据，对桥梁主体结构及附属构造物的技术状况的全面检查，定期检查周期根据桥梁技术状况确定，最长不超过3年。

（3）特殊检查：特殊检查时查清桥梁的病害原因、破损程度、承载能力、抗灾能力，确定桥梁技术状况而进行的工作。

特殊检查分专门检查和应急检查两种。

2、特殊检查

(1) 下列情况应进行特殊检查：

- ① 定期检查中难以判明损坏原因和程度的桥梁。
- ② 或拟通过加固手段提高承重等级的桥梁。
- ③ 桥梁技术状况评为四类、五类者。
- ④ 对特殊重要的桥梁，在正常使用期间可周期性进行荷载试验。

(2) 在发生洪水、流冰、漂流物撞击等自然灾害和船舶桩基、滑坡、地震、风灾及重车过桥等特别事件之后，应进行**应急检查**。

(3) 特殊检查应根据检测目的对以下三方面做出评定：

桥梁结构**材料缺损**状况、桥梁结构**承载能力**、桥梁**防灾能力**。

(4) 特殊检查报告应包含下列内容：

- ① 概述检查的一般情况。包括桥梁的基本情况、检查的组织、时间、背景和工作过程等。
- ② 描述桥梁的技术状况。包括现场调查、试验与检测项目及方法、检测数据与分析结果和桥梁技术状况评价等。
- ③ 详细叙述检查部位的损坏程度及原因，并提出结构部件和总体的维修加固或改建的建议。

第二章 桥梁结构试验检测仪器设备

对桥梁检测仪器设备应了解下列内容：

- ①仪器设备的适用条件；
- ②仪器设备使用时应注意的问题，影响测试结果的因素；
- ③仪器设备的计量校准方法；
- ④仪器设备的测试原理；
- ⑤应力、变形测试仪器设备为重点内容。

1、应变测试设备：

引伸计、电阻应变计、基于应变测量技术的传感器（力传感器、钢筋应力计、电阻式位移传感器）、振弦式应力计、光纤传感器

2、位移测试设备：

线位移测量仪表（百分表、千分表、挠度计）、连通管、光学仪器（高精度全站仪、精密水准仪、动挠度仪）、**GPS**。

3、裂缝测量仪器

读数显微镜和裂缝尺、裂缝测宽仪、裂缝深度测试仪。

4、电阻应变片

应变片的组成：敏感栅、基底和覆盖层、粘合剂及引出线。

应变片选用：钢材**5-20mm**，混凝土**40-150mm**，石材**20-40mm**；

应变片的粘贴和连接技术：

选片；试件表面处理（钢试件、混凝土试件）；粘接剂；粘贴应变片（选片、定位、贴片）；干燥和质量检查；防潮处理；导线连接。

防潮处理要求：

零飘指标：应变片粘贴在试件表面后，试件在无荷载作用下，并在恒定的温度环境中，按规定所测的电阻值随时间变化的特性参数，单位：微应变/小时，影响因素：应变片质量、粘贴技术。

一般要求静态测量绝缘电阻大于 $200\text{M}\Omega$ ，动态测量稍小于 $200\text{M}\Omega$ ，长期测量 $500\text{M}\Omega$ 。

5、电阻应变仪

组成：电阻应变计、惠斯顿电桥、多点转换箱、扫描箱、计算机。

温度补偿：补偿片是电桥中的一个桥臂。

抗干扰措施：采用屏蔽线、导线和应变仪远离干扰源、缩短导线长度，并合理选用导线面积、应变仪良好接地、应变片与被测构件的绝缘电阻符合要求。

第二节 桥梁荷载试验仪器

序号	参数	机械式仪器	电（声、光）测仪器
1	应变	千分表引伸仪、手持应变仪	电阻应变计、电阻应变仪、数据采集器、数据采集系统
2	变位	千分表、百分表、挠度计	位移计、水准仪、全站仪、测距仪
3	裂缝	读数尺	超声波探测仪、读数显微镜、数码裂缝检测仪

应变测试仪器设备

1、引伸计

(1) 测试原理

采用千分表测试标距的变化，进而得到应变数据。

(2) 测试精度

标距 $L=100\text{mm}$ ，测试精度为 $10\ \mu\ \varepsilon$ ；

标距 $L=200\text{mm}$ ，测试精度为 $5\ \mu\ \varepsilon$ ；

标距 $L=500\text{mm}$ ，测试精度为 $2\ \mu\ \varepsilon$ ；

(3) 适用条件

一般用于应变较大的构件。

应变测试仪器设备

2、电阻应变计

(1) 电阻应变片的构造

主要由敏感元件、基底、覆盖层和引出线组成。

(2) 测试原理

将电阻应变计粘贴在被测构件上，当构件变形时，应变计与构件一起变形，致使应变计的电阻值发生相应的变化，通过测量电阻的变化，换算成应变值或输出与应变变化成正比的模拟电信号，用记录仪或计算机进行处理，得到应变或应力值。

(3) 测试精度

测试精度为 $1 \mu \varepsilon$ ；

(4) 技术优点

- ① 尺寸小、质量轻、粘贴方便，满足结构构件梯度变化，不对构件产生附加影响；
- ② 灵敏度高，精度为 $1 \mu \varepsilon$ ；
- ③ 量程大，一般可达到 $\pm 20\,000 \sim 30\,000 \mu \varepsilon$ ；
- ④ 采取一定的措施，可测量水下构件、高温高压等特殊环境的构件；
- ⑤ 测量结果为电信号，便于实现长距离测量和采集记录自动化；
- ⑥ 可制成各种精度高的传感器，以测量力、位移、加速度等力学量。

应变测试仪器设备

2、电阻应变计

(5) 灵敏度系数 k

灵敏度系数 k 是由电阻应变计金属丝本身确定的系数，与金属丝材料的成分、工艺等有关，实际灵敏度系数 k 的测量，采用抽样的方法，以样本的平均值作为一批应变计的灵敏度，灵敏度系数 k 一般在1.9~2.1之间。

(6) 应变计的种类

包括丝式应变计、箔式应变计和应变花等三种。丝式应变计多为大标距，一般很少使用；箔式应变计性能较好，应用广泛，测试钢构件，一般选用 $2\text{mm} \times 3\text{mm}$ 或 $2\text{mm} \times 6\text{mm}$ 的箔式应变计，测试混凝土构件，选用 $10\text{mm} \times (80 \sim 100)\text{mm}$ 的箔式应变计；应变花一般测试剪力或局部受力复杂构件。

(7) 电阻应变计的粘贴与连接

- ① 电阻应变计的选片（测试片与补偿片差值小于 0.2Ω （计算机采集系统 0.5Ω ））；
- ② 试件表面处理（磨光、清洁）；
- ③ 应变计的粘贴（一般选用快干胶502和环氧树脂）；
- ④ 应变计的干燥处理及质量检查；
- ⑤ 应变计的防潮处理（短期采用凡士林或703胶，长期选用环氧树脂）；
- ⑥ 应变计的导线连接（一般采用多芯屏蔽线）。

应变测试仪器设备

3、应变测量的仪器和设备

(1) 温度补偿

- ① 温度效应：用应变片测量应变时，它除了能感受试件受力后的变形外，同样也能感受环境温度变化，并引起电阻应变仪示值变动，这称为温度效应。温度变化包括：电阻丝温度改变和电阻应变片中产生了温度应变。温度变化1度，可产生几十个微应变。
- ② 温度补偿：消除温度效应的应变值主要是利用惠斯登电桥桥路的特性进行，称为温度补偿。
- ③ 温度补偿方法是在受力构件上贴上测量片，在一个与材料相同并置于试件附近，具有同样温度变化条件但不承受外力作用的小试块上贴温度补偿片。

(2) 桥路组合

电桥的一个特点是，四个电阻达到某种关系时，电桥输出为零，这样我们就能应用很灵敏的电流计来测量输出。工作片越多测量灵敏度越高。

桥路连接有1/4桥（一个工作片）、半桥（两个工作片）、全桥（四个工作片）等3种方式（P24图2-10）。

应变测试仪器设备

4、电阻应变仪

(1) 电阻应变仪的功能

- ① 配备有电桥补充电阻（以适用于1/4桥和半桥测量）并提供电桥电源。
- ② 把微弱的电信号放大。
- ③ 反映电信号的变化或传输给后续设备。

电阻应变仪分为动态电阻应变仪和静态电阻应变仪。

5、基于应变测试技术的传感器

- ① 力传感器
- ② 钢筋应力计
- ③ 弓形应变传感器
- ④ 电阻式位移传感器

应变测试仪器设备

6、振弦式应力计

(1) 工作原理

应力计受到的拉力和压力的平方根与振弦的频率成正比，通过测试振弦频率的变化，可以得到应变的数值。

(2) 主要用途

振弦式应力计主要用于桥梁结构应力监测中。

7、各种传感器在桩基检测中的应用

在桩侧阻力（分层摩阻力）及桩端支承力测试，基桩内力测试采用应变计测量应变，钢弦式传感器测量力，沉降杆测量位移。

电阻应变测试技术

位移传感器：电阻式位移传感器（位移计）、差动式变压器式传感器、应变梁式位移传感器。采用半桥接线，其输出量与电阻增量成正比，量程可达10mm-100mm以上。

1. 位移传感器

结构在荷载作用下的静位移如挠度、侧移、转角、支座偏移等参数，也可以利用电阻应变测试技术进行量测。一般常用的有电阻式位移传感器、应变式位移传感器和差动变压器式位移传感器。

(1) 电阻式位移传感器

电阻式位移传感器是一种位移测量计，它只能检测试件的位移，而本身不能显示其数值，必须依靠二次仪器进行显示或指示。以常用的滑线电阻式位移传感器为例，它由测杆、滑线电阻和触头等组成，图 2-17 是其原理图。滑线电阻固定在表盘内，触点将电阻分成 R_1 和 R_2 。工作时将电阻 R_1 和 R_2 分别接入电桥桥臂，预调平衡后输出等于零。当滑杆向下移动一个位移 δ 时， R_1 增大 ΔR_1 ， R_2 减少 ΔR_1 。由相邻两臂电阻增量相减的输出特性得知

$$U_{BD} = \frac{U}{4} \frac{\Delta R_1 - (-\Delta R_1)}{R} = \frac{U}{4} \frac{\Delta R_2}{R} = \frac{U}{2} K \epsilon \quad (2-26)$$

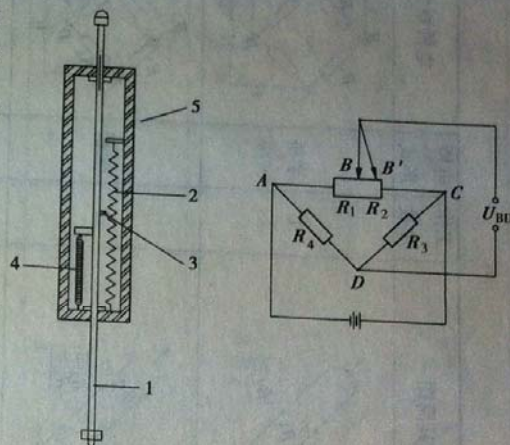


图 2-17 滑线电阻式位移传感器

1-测杆;2-滑线电阻;3-触头;4-弹簧;5-壳体

采用半桥接线，其输出量与电阻增量成正比，量程可达10mm-100mm以上。

变位测试仪器

1、线位移测量仪表

名称	精度	量程
千分表	0.001mm	1~30mm
百分表	0.01mm	10~50mm
挠度计	0.1mm	不限

2、光学（光电）仪器

- ① 全站仪，精度一般大于1mm，适用于挠度较大的结构。
- ② 精密水准仪，精度可达0.01mm。
- ③ 桥梁挠度检测仪，可检测动挠度和静挠度。

裂缝量测仪器

1、裂缝宽度检测仪器

- ① 读数显微镜，精度0.01mm；
- ② 裂缝读数尺，精度较低；
- ③ 数显式裂缝测宽仪，精度0.02mm。

2、裂缝深度检测方法

- ① 超声波法；
- ② 取芯法。



第三节 桥梁振动试验仪器设备

一套完整的动态测试系统应包括激振设备、测振传感器、放大器、记录和分析设备等四部分。

1、常用传感器：

磁电式测振传感器：与被测体刚性连接，同时振动，可测量速度、加速度、位移，0.5-100Hz，一般桥梁振动。

压电式测振传感器：加速度计，超低频、高灵敏度。

2、传感器安装：螺栓固定安装、永久磁铁安装、用蜡、石膏、胶带安装、专用探杆、小沙袋压紧、快干胶或环氧树脂胶。

3、索力测试

张拉千斤顶、压力传感器、振动。

第三章 桥梁工程原材料试验检测

对原材料试验检测应了解下列内容：

- ①仪器设备的要求；
- ②样品的制备；
- ③试验步骤及注意事项；
- ④数据整理和分析；
- ⑤试验结果的评定；
- ⑥混凝土与钢筋的检测为重点。

第一节 石料

1、单轴抗压强度试验

(1) 仪器设备

压力试验机，测量精度1%

切石机或钻石机，磨平机

游标卡尺(0.1mm)、角尺及水池

(2) 试件

70±2mm的立方体 6个

平面度公差小于0.05mm，垂直度偏差小于0.25度

(3) 步骤

① 对试件编号，用游标卡尺量取试件尺寸。

② 选择含水状态：烘干状态、天然状态、饱和状态

试件烘干方法 105~110℃ (12 ~ 24h) → 20±2 ℃

饱水处理, 试件强制饱和方法：煮沸法与真空抽气法

① 按岩石强度性质，选定合适的压力机。擦干试件，称其质量。试件对正上、下承压板，

② 加力速率在0.5-1.0Mpa/S至破坏

(4) 分析及评定

软化系数 $K_p = R_w/R_d$ (饱水状态/干燥状态)

取算术平均值作为测试结果，抗压强度3个值中最大与最小之差不应超过平均值的20%，否则，取第4个，4取3最接近的平均值作为结果，给出4个值。

第一节 石料

2、石料抗冻性试验

(1) 仪器设备

压力试验机，测量精度1%

切石机或钻石机，磨平机，冰箱、天平、放大镜

游标卡尺(0.1mm)、角尺及水池

(2) 试件

70±2mm的立方体3个，备用3个

平面度公差小于0.05mm，垂直度偏差小于0.25度

(3) 步骤

- ① 对试件编号，用游标卡尺量取试件尺寸，烘干，测量质量。
- ② 饱水，先1/4，2h到1/2，2h到3/4，6h后高于试件20mm，自由吸水48h。
- ③ -15℃冰冻4h，20±5℃融解4h，为一个循环。
- ④ 每隔一定冻融次数检查试件表面状态。
- ⑤ 测定冻融后的干燥质量及饱水抗压强度，未冻融的饱水抗压强度。

(4) 分析及评定

石料抗冻性试验测试的指标有：质量损失率（冻融后质量变化比率）；耐冻系数（冻融前后强度比值）；试件外形无变化（无剥落、裂缝、分层及掉角）。

第二节 混凝土

1、混凝土试件制作

- (1) 试件尺寸应根据集料的最大粒径选定 标准最大40mm
- (2) 试件的形状和数量（弹模6，其余3）
- (3) 试件尺寸公差（角 $90^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$ ，尺寸 $\leq 1\text{mm}$ ）
- (4) 试件的制作应注意问题
 - ① 成型前，应检查试模尺寸并符合有关规定；尤其是对高强混凝土，应格外重视检查试模的尺寸是否符合试模标准的要求。特别应检查150mm×150mm×150mm试模的内表面平整度和相邻面夹角是否符合要求。试模内表面应涂一薄层矿物油或其他不与混凝土发生反应的脱模剂。
 - ② 普通混凝土力学性能试验每组试件所用的拌合物应从同一盘混凝土或同一车混凝土中取样。在试验室拌制混凝土时，其材料用量应以质量计，称量的精度：水泥、掺合料、水和外加剂为 $\pm 0.5\%$ ；骨料为 $\pm 1\%$ 。
 - ③ 取样或试验室拌制的混凝土应在拌制后尽短的时间内成型，一般不宜超过15min。
 - ④ 根据混凝土拌合物的稠度确定混凝土成型方法，坍落度不大于70mm的混凝土宜用振动振实；大于70mm的宜用捣棒人工捣实；检验现浇混凝土或预制构件的混凝土，试件成型方法宜与实际采用的方法相同。

第二节 混凝土

2、试件养护

标准养护条件为，在温度 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的环境中静置一到二天，然后拆模，立即放入 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度95%以上的标准养护室中或 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 不流动饱和Ca(OH)₂养护，标准龄期28d

非标准为1d 3d 7d 60d 90d 180d

3、立方体抗压强度

抗压试验步骤：

- (1) 检查所用压力机（精度 $\pm 1\%$ ），选择量程（ $20\% < \text{破坏荷载} < 80\%$ ）
- (2) 试件表面与上下层压板面擦干净，试件承压面与成型时的顶面垂直，试件中心与压力机下压板中心对准；
- (3) 等级 $< \text{C}30$ 时，速率为 $0.3-0.5\text{MPa/S}$ ， $\text{C}60 >$ 等级 $\text{C}30$ 时为 $0.5-0.8\text{MPa/S}$ ，等级 $\text{C}60$ 时为 $0.8-1.0\text{MPa/S}$ ；
- (4) 当试件接近破坏开始急速变形时，停止调整油门，直到破坏。

抗压强度计算与确定：

取3个试件的算术平均值为强度值，当最大值或最小值与中间值得差超过中间值得15%，则舍弃最大与最小值，取中间值为抗压强度，若同时超过中间值的15%，则结果无效。

$< \text{C}60$ 时非标准试件应乘以尺寸换算系数，小0.95，大1.05

第二节 混凝土

4、轴心抗压强度试验

当等级 \geq C60时应设置防崩裂网罩，其他同抗压试验。

5、弹性模量试验（P65）

取3个试件的算术平均值为测定值，当最大值或最小值与中间值得差超过中间值得20%，则舍弃最大与最小值，取中间值为抗压强度，若两个试件结果同时超过中间值的20%，则结果无效。

6、弯拉强度试验（P67）

评定方法与立方体抗压强度相同

7、立方体劈裂强度强度试验（P68）

评定方法与立方体抗压强度相同



第三节 钢材

1、取样规则

按同一牌号，同一外形，同一规格，同一生产工艺和同一交货状态，每批不大于60t。

2、取样数量

	拉伸试验	反复弯曲
热轧带肋钢筋	2	1（反向）
冷轧带肋钢筋	2（每批）	2
热轧光圆钢筋	2	
低碳热轧圆盘条	2	

2个构件的应从任意两根中分别切取，每根钢筋上取一个拉伸，一个冷弯，任一端截去500mm后切取：拉伸 $L \geq 10d + 200\text{mm}$ ；弯曲 $L \geq 5d + 150\text{mm}$ 。

第三节 钢材

3、拉伸试验

(1) 试验步骤

- ① 在构件上画标距；
- ② 调试试验机，选择量程；
- ③ 加载应力速率为 $2—20\text{MPa/s}$ ；
- ③ 测量屈服强度与抗拉强度（中碳高碳以残余伸长 0.2% 时的应力为屈服强度）；

(2) 结果及评定

- ① 强度屈服点的荷载：在试验机上进行钢筋拉伸试验时，当测力度盘的指针停止转动后恒定负载或第一次回转的最小负载即为所求。中碳钢和高碳钢没有明显的屈服点，采用分级加载，求出弹性直线段相应于小等级负载的平均伸长增量，由此计算出偏离直线段后各级负载的弹性伸长。从总伸长中减去弹性伸长即为残余伸长。通常以残余伸长 0.2% 的应力作为屈服强度。
- ② 伸长率（应用分辨率优于 0.1mm 的量具，精确到 0.25mm ）
- ③ 屈服强度，抗拉强度，伸长率有一个不合格，则拉力试验不合格；取双倍试验，如还有不合格则该批钢筋不合格

第三节 钢材

4、弯曲试验、反复弯曲试验

试验一般在 $10\sim 35^{\circ}\text{C}$ 的室温环境下进行，对温度要求严格的试验，试验温度应为 $23\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

5、桥梁用钢种类及检验指标

- (1) 所有钢材均进行力学性能及弯曲性能（预应力钢绞线除外）的检测；
- (2) 预应力钢材还应进行应力松弛试验；
- (3) 结构钢增加冲击试验项目。

第四章 桥梁工程制品试验检测

对桥梁工程制品试验检测应了解下列内容：

- ①锚具和橡胶支座力学性能试验为重点；
- ②盆式和球式橡胶支座检测内容一般了解；
- ③伸缩缝和波纹管检测一般了解。

第一节 预应力筋用锚具、夹具、连接器试验检测

1、锚具分类与代号

锚具、夹具和连接器按锚固方式不同，可分为（夹片式、支承式、锥塞式和握裹式）。

锚具、夹具和连接器的标记由产品代号、预应力钢绞线直径和预应力钢绞线根数三部分组成。如YM15-12表示锚具为圆锚，钢绞线直径15.2mm，锚固根数为12根。

2、静载锚固性能试验

- (1) 母材试样不少于6根，力学性能应合格；
- (2) 加载步骤：按预应力钢筋抗拉强度标准值 20 %、40 %、60 %和80 %分四级等速加载，加载速度宜为每分钟 100 MPa，达到80 %后，持续一小时随后以小于每分钟 100 MPa 的加载速率加载至破坏。
- (3) 观察和量测项目有：
 - 1) 各根预应力钢筋与锚具、夹具和连接器之间的相对位移；锚具、夹具和连接器各零件之间的相对位移；
 - 2) 达到80 %后，持荷一小时时间内的锚具、夹具和连接器的变形；
 - 3) 试件的实测极限应力； 达到实测极限应力时的总应变；
 - 4) 试件的破坏部位与形式。 根据试验结果计算锚具、夹具和连接器的锚固效率系数。

第一节 预应力筋用锚具、夹具、连接器试验检测

3、注意事项

- 1) 同一种产品、同一批原料、工艺的产品为一组;
- 2) 每个抽检组批不大于2000套;
- 3) 硬度检测抽检3-5%, 其他项目抽取3个组装件的用量;
- 4) 常规检测项目为硬度和静载锚固性能试验。
- 5) 锚固效率系数应大于等于0.95; 伸长率大于等于2.0%;
- 6) 破段部位在夹片处、破段部位距夹片2—3d (d为钢绞线公称直径)、锚具破坏、断裂、失效 (滑丝、严重变形等) 应判定锚具不合格。

4、洛式硬度检测

- 1) 试验一般在10~35℃的室温环境下进行, 对温度要求严格的试验, 试验温度应为 $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- 2) 相邻两压痕中心简介至少为压痕直径的4倍, 且不小于2mm, 任一压痕中心距试样边缘不少于压痕直径的2.5倍, 且不小于1mm。
- 3) 每个试样检测3点。

第一节 预应力筋用锚具、夹具、连接器试验检测

5、检测结果判定

(1) 外观及尺寸检测

如表面无裂缝，影响锚固能力的尺寸符合设计要求，应判定为合格；如此项尺寸有一项超过允许偏差，则应抽取双倍的数量做检验；如仍有一套不符合要求，则应每套检查，合格者方可使用。如发现一套有裂纹，则应对全部产品进行检查，合格者方可使用。

(2) 硬度检测

当硬度值符合设计要求的范围判为合格，如有一个零件不合格，则取双倍数量的零件做试验，如仍有一个不合格，则应逐个检测，合格者方可使用。

(3) 静载锚固性能及其他试验

当试验结果符合要求判为合格，如有一个试件不合格，则取双倍数量的试件做试验，如有一个不合格，则该批产品判为不合格。

第二节 桥梁支座试验检测

1、橡胶支座分类与代号

橡胶支座分为板式、球式和盆式三种。

板式橡胶支座的标记由名称代号、型式代号、外形尺寸和橡胶种类四部分组成。如GJZ300×400×47（CR）表示公路桥梁矩形普通氯丁橡胶支座，短边尺寸为300mm，长边尺寸为400mm，厚度为47mm。

2、橡胶支座试验方法

（1）试验前准备工作

- ① 试样随机抽取，每种规格试样数量为三对，试样内外温度一致；
- ② 试验室的标准温度为 $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，试样停放应不少于24h；
- ③ 试验机具备微机控制，能自动、平稳连续加载、卸载，且无冲击和振动现象。

（2）板式支座抗压弹性模量试验

- ① 将试样置于试验机的承载板上，对准中心，核对承载板四角对称安置的四个位移传感器
- ② 预压，预压三次，加载速率为 $0.03 \sim 0.04 \text{MPa/S}$ ，预压应力为10MPa。
- ③ 正式加载，循环3次加载加载速率为 $0.03 \sim 0.04 \text{MPa/S}$ ，正式加载从4MPa到10MPa。
- ④ 以承压板四角所测的变化值得平均值，作为各级荷载下试样的累计竖向压缩变形，按试样橡胶层的总厚度计算各级试验荷载下，式样的累计压缩应变
- ⑤ 每一块试样的抗压弹性模量为三次加载过程所得的三个实测结果的算术平均值，单项结果和算术平均值之差不应大于平均值的3%，否则应重新复核试验一次。

第二节 桥梁支座试验检测

2、橡胶支座试验方法

(3) 抗剪弹性模量

- ① 短边方向受剪，使试样及中间钢板的对称轴和试验机承载板中心轴处在同一垂面上
- ② 以 $0.03 \sim 0.04 \text{MPa/S}$ 的速率施加压应力至平均压应力 10MPa ，并在整个试验中保持不变
- ③ 调整试验机的剪切试验机构，使水平油缸、负荷传感器的轴线和中间钢板的对称轴重合
- ④ 预加水平力 $0.002 \sim 0.003 \text{MPa/S}$ （三次）
- ⑤ 正式加载（循环三次），从 0.1MPa 至 1.0MPa 。
- ⑥ 以承压板四角所测的变化值得平均值，作为各级荷载下试样的累计竖向压缩变形，按试样橡胶层的总厚度计算各级试验荷载下，式样的累计压缩应变
- ⑦ 每一块试样的抗剪弹性模量为三次加载过程所得的三个实测结果的算术平均值，单项结果和算术平均值之差不应大于平均值的3%，否则重做一次。

第二节 桥梁支座试验检测

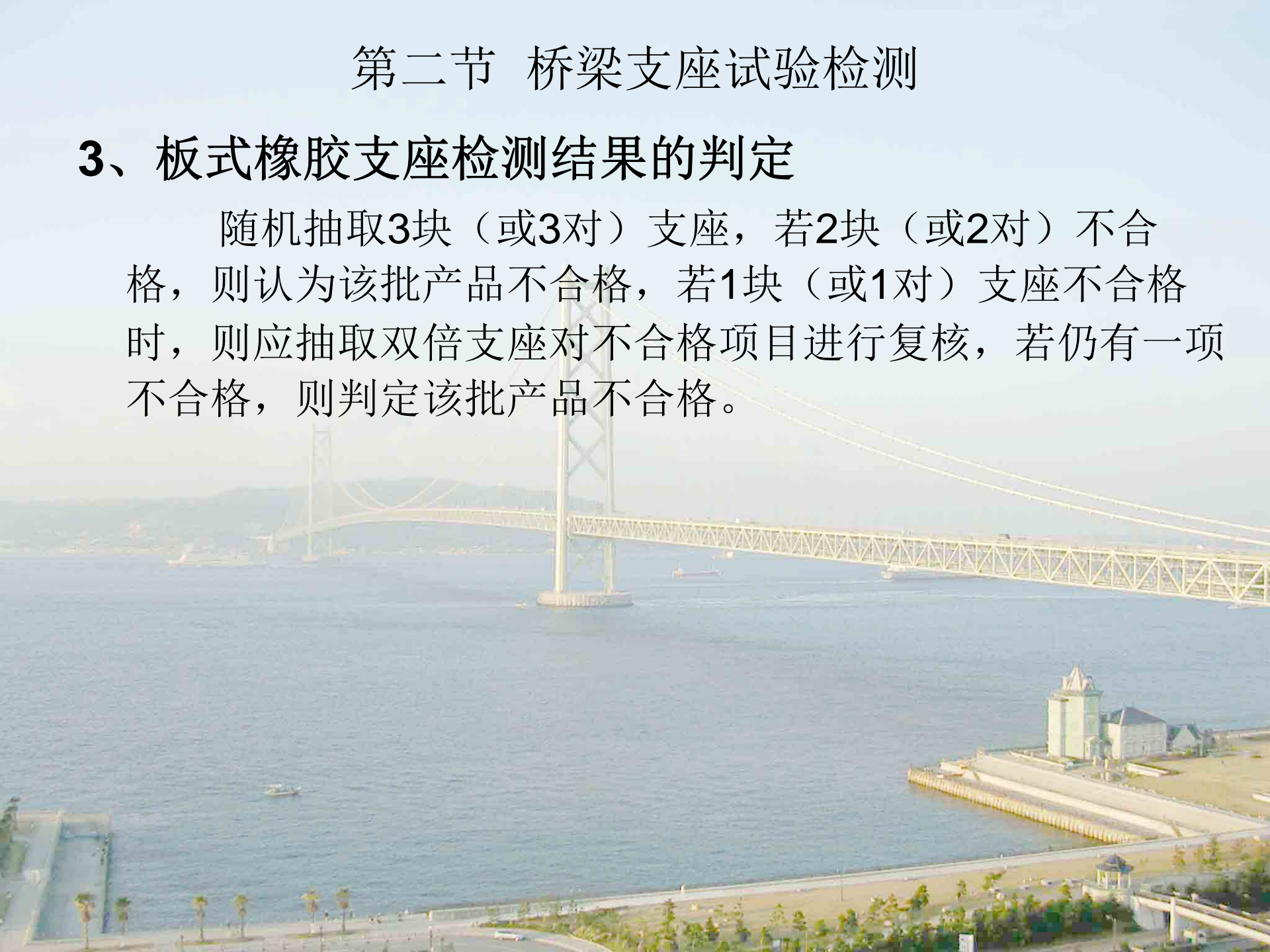
2、橡胶支座试验方法

- (4) 抗剪老化试验
- (5) 抗剪黏结试验
- (6) 摩擦系数试验
 - ① 将四氟滑板支座对准承载板中心
 - ② 施加压应力至平均压应力并保持不变
 - ③ 施加水平力，直到不锈钢板与四氟滑板试样接触面间发生滑动为止，记录此时剪力为初始值。连续进行3次
 - ④ 每对试样取三次结果的算术平均值
- (7) 转角试验
- (8) 极限抗压强度试验

第二节 桥梁支座试验检测

3、板式橡胶支座检测结果的判定

随机抽取3块（或3对）支座，若2块（或2对）不合格，则认为该批产品不合格，若1块（或1对）支座不合格时，则应抽取双倍支座对不合格项目进行复核，若仍有一项不合格，则判定该批产品不合格。



第三节 桥梁伸缩装置试验检测

桥梁伸缩装置检测项目

- ① 模数式伸缩装置应进行拉伸、压缩，纵向、竖向、横向错位试验，测定水平摩阻力、变位均匀性。应按实际受力荷载测定中梁、支承横梁及其连接部件应力、应变值。并应对试样进行振动冲击试验，对橡胶密封带进行防水试验。
- ② 梳齿板式伸缩装置应进行拉伸、压缩试验，测定水平摩阻力、变位均匀性。
- ③ 橡胶伸缩装置应进行拉伸、压缩试验，测定水平摩阻力及垂直变形；且试验应在**15-28℃**下进行。
- ④ 异型钢单缝伸缩装置应进行橡胶密封带防水试验。
- ⑤ 检验项目有一项不合格时，则应抽取双倍数目对不合格项目进行复核，若仍有一项不合格，则判定该批产品不合格。

第四节 波纹管试验检测

(1) 波纹管检测项目

- ① 环刚度
- ② 局部横向荷载试验
- ③ 柔韧性试验
- ④ 抗冲击性试验
- ⑤ 外观及规格尺寸检测

5根样品3根不合格，则该批产品不合格，2根不合格，再抽取5根，若仍有2根不合格，则该批产品不合格。

(2) 预应力混凝土波纹管检测项目

- ① 集中荷载作用下径向刚度试验
- ② 均布荷载作用下径向刚度试验
- ③ 变形测量
- ④ 承受集中荷载后抗渗漏性能试验
- ⑤ 弯曲后抗渗漏性能试验
- ⑥ 外观及尺寸检测

检验项目有一项不合格时，则应抽取双倍数目对不合格项目进行复核，若仍有一项不合格，则判定该批产品不合格。

第五章 桥梁工程地基与基础试验检测

- ①地基承载能力一般采用静压方法检测；
- ②桩基检测为本章重点；
- ③地基检测为次要内容，所占比重较小；
- ④桩基高应变检测方法仅作一般了解；
- ⑤低应变和超声检测应掌握设备的选择、试验过程及需注意的问题，数据的整理分析，结果的判断。

第一节 地基承载力检测

1、平板载荷试验

(1) 原理

地基在荷载作用下达到破坏状态的过程为：

压密阶段（土粒竖向变位），

剪切阶段（同时发生竖向和侧向变位）

破坏阶段（侧向移动）

(2) 试验设备

荷载板（面积为2500或5000常用50cm*50cm或70.7cm*70.7cm）

千斤顶，百分表，反力架，枕木垛，压重

(3) 现场荷载试验步骤

- ① 将荷载板放在试验土层表面,基坑宽度不小于承压板宽度或直径的3倍;
- ② 分级加载,第一级荷载(包括设备自重)应接近卸去土的自重。每级荷载增量一般取被试地基土层预估极限承载力的1/8-1/10。总荷载尽量接近试验土层的极限荷载,荷载测量精度为最大荷载的1%。
- ③ 记录每次加载后沉降量的稳定值,加载至总沉降量为25mm,沉降值精度到0.01mm。各级荷载下相对稳定标准一般采连续2小时的每小时沉降量不超过0.1mm,或连续1小时的每30分钟的沉降量不超过0.05mm。
- ④ 终止试验条件:当出现承压板周围的土体有明显的侧向挤出或发生裂纹;在24小时内沉降随时间趋于等速增加;荷载增加很小,但沉降却急剧增大时。
- ⑤ 卸载,并记录其回弹值;
- ⑥ 据记录绘制P—S曲线。

第一节 地基承载力检测

2、圆锥动力触探

(1) 适用范围

- ① 轻型动力触探试验用于贯入深度小于4m的粘性土、素填土、粉土；
- ② 中型动力触探试验用于砂土中密以下的碎石头和极软岩；
- ③ 重型动力触探试验用于较密实的碎石头、极软岩和软岩；

(2) 试验设备

圆锥触探头、触探杆、穿心锤三部分组成。

(3) 试验方法

采用质量为63.5kg的穿心锤，以76cm的落距，对土层进行触探，将标准贯入器再打入土中10cm，记录捶击数N。

可根据N值估计砂土的密实度、天然地基的容许承载力 $[\sigma]$ 、粘性土的状态、土的内摩擦角。

第二节 成孔质量检测

1、泥浆性能指标检测

- (1) 相对密度：方法一：泥浆相对密度计；方法二：用口杯简易量测：
 $R = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1}$ ——口杯质量 m_2 ——清水质量 m_3 ——泥浆质量。
- (2) 粘度：漏斗粘度计。校正方法：将 700 毫升的清水注入漏斗，让其流出 500 毫升，所需时间有应为 (15 ± 1) 秒。如偏差超过规定值，则不应用于测泥浆的粘度。
- (3) 静切力：浮筒切力计
- (4) 含砂率：含砂率计 注意：仪器的体积有大小，大乘以 1，小乘以 2 即为含砂率
- (5) 胶体率（是泥浆中土粒保持悬浮状态的性能）：方法：将 100 毫升泥浆倒入量杯中，用玻璃片盖上，静置 24 小时，量测其澄清为水的体积。如体积为 5 毫升，则胶体率为 95%
- (6) 失水率 (mL/30min) 和泥皮厚 注意如何评价：泥皮愈平坦、愈薄则泥浆质量愈高，一般不宜厚于 2~3 毫米。
- (7) 酸碱度：（PH > 7 为碱性，PH = 7 为中性，PH < 7 为酸性）
方法一：用一条 PH 试纸，放在泥浆面上后，立即拿出与标准的颜色相比，即可知 PH 值； 方法二：用 PH 酸碱计，将其探针插入泥浆，直接读出 PH 值。

第二节 成孔质量检测

2、成孔质量检测

- (1) 桩位偏差：经纬仪或红外测距仪
- (2) 孔径和垂直度：钢筋笼法、伞形孔径仪、声波检测法
- (3) 桩倾斜度：简易垂球法、陀螺斜测仪、声波孔壁测定仪法
- (4) 孔底沉淀厚度：垂球法、电阻率法、电容法

第三节 桩身完整性检测

1、反射波法

(1) 基本原理

把基桩视为一维均质弹性杆件，密度为 ρ ，截面积为 A ，纵波波速为 C ，弹性模量为 E ，桩身截面上下波阻抗为

$$Z_1 = \rho_1 A_1 C_1, Z_2 = \rho_2 A_2 C_2$$

反射系数

$$F = (Z_2 - Z_1) / (Z_2 + Z_1)$$

透射系数

$$T = 2Z_2 / (Z_2 + Z_1)$$

① $Z_1 = Z_2$ 时， $n=1$ ， $F=0$ ， $T=1$ ，表示桩身完整；（表5-31）

② Z_1 大于 Z_2 ， n 大于1， F 小于0， T 大于0，反射波与入射波同向的上行拉力波，表示缩径、离析、空洞等缺陷；

③ Z_1 小于 Z_2 ， n 小于1， F 大于0， T 大于0，反射波与入射波反向的上行压缩波，表示扩径、膨胀、端承桩等情况。

第三节 桩身完整性检测

1、反射波法

(2) 检测前准备工作

- ① 检测前首先应搜集有关资料。
- ② 根据现场实际情况选择合适的击振设备、传感器及检测仪，检查测试系统各部分之间是否连接良好，确认整个测试系统处于正常工作状态。
- ③ 桩顶应凿至新鲜混凝土面，并用打磨机将测定和激振点磨平。
- ④ 应测量并记录桩顶截面尺寸。
- ⑤ 混凝土灌注桩的检测宜在成桩14d以后进行。
- ⑥ 打入或静压式预制桩的检测应在相邻桩打完后进行。

第三节 桩身完整性检测

1、反射波法

(3) 传感器安装应符合下列规定

- ① 传感器的安装采用橡皮泥等耦合剂，粘结牢固，并与桩顶面垂直。
- ② 对混凝土灌注桩，传感器宜安装在距桩中心 $1/2-2/3$ 半径处，且距离桩的主筋不宜小于50mm。当桩径不大于1000mm时不宜少于2测点；当桩径大于1000mm时不宜少于4测点。
- ③ 对混凝土预制桩，当边长不大于600mm时不宜少于2测点；当边长大于600mm时不少于3个测点。
- ④ 对预应力混凝土管桩不应少于2测点

第三节 桩身完整性检测

1、反射波法

(4) 激振要求

- ① 混凝土灌注桩、混凝土预制桩的击振点宜在桩顶中心部位；
预应力管桩的击振点和传感器安装点与桩中心连线的夹角不应小于45度。
- ② 激振锤和激振参数宜通过现场对比试验选定。短桩浅部用轻锤高频短脉冲，长桩深部用重锤低频宽脉冲
- ③ 采用力棒时应自由下落，采用力锤时应使其作用力方向与桩顶面垂直

第三节 桩身完整性检测

1、反射波法

(4) 现场检测及注意事项

- ① 被检测桩应凿去浮浆，使桩头平整。
- ② 检测前对仪器设备检查调试，仪器工作性能正常方可测试。
- ③ 每个检测工地均应进行激励方式和接收条件的选择试验，确定最佳激励方式和接收条件。
- ④ 激振点宜选择在桩头中心部位，传感器稳固地安置在桩头上，对于大直径的桩可安置两个或多个传感器。
- ⑤ 当随机干扰较大时，可采用信号增强方式，进行多次重复激振与接收。
- ⑥ 为提高分辨率，应使用小能量激振，并选用高截止频率传感器和放大器。
- ⑦ 断别桩身浅部缺陷，可同时采用横向激振和水平速度型传感器接收，进行辅助判定。
- ⑧ 每根被检测单桩均应进行三次以上重复测试。出现异常波形应在现场及时研究，排除影响测试不良因素再重复测试。

第三节 桩身完整性检测

2、超声波法

(1) 基本原理

声波透射法是在基桩中预埋2根或2根以上的声测管管中注水作为耦合剂，将超声发射和接受换能器置于声测管中。

声波在混凝土传播过程中，当桩身混凝土存在阻抗差异时，将发生反射、绕射、折射和声波能量的吸收、衰减，通过声波穿越混凝土后的首波声时、波幅及接受波主频等声学参数来检验桩身混凝土是否存在缺陷。

第三节 桩身完整性检测

2、超声波法

(2) 检测管预埋要求:

- ① 其内径宜为50~60mm。
- ② 桩径 $\leq 0.8\text{m}$ 时应埋设二根管；桩径大于0.8m、 $\leq 2.0\text{m}$ 时，应不少于三根管；桩径2m以上不少于四根管。
- ③ 声波检测管宜采用钢管、塑料管或钢质波纹管。钢管宜用螺纹连接，管的下端应封闭，上端应加盖。
- ④ 检测管可焊接或绑扎在钢筋笼的内侧，检测管之间应相互平行。

第三节 桩身完整性检测

2、超声波法

(3) 检测前准备工作

- ① 被检测的混凝土龄期应大于14d，且混凝土强度不小于15MPa；
- ② 声测管内灌满清水，且保证通畅；
- ③ 标定超声仪检测仪发射至接收的系统延迟时间 T_0 ；
- ④ 准确量测声测管的内外径和相邻两声测管外壁间的距离，精度为1mm；
- ⑤ 计算声测管及耦合水层声时修正值。

第三节 桩身完整性检测

2、超声波法

(4) 现场检测步骤

- ① 将装设有扶正器的接收及发射换能器置于检测管内，调试仪器的有关参数，直到显示出清晰的接收波形，且是最大波幅达到显示屏的 $2/3$ 左右；
- ② 检测宜由检测管底部开始，将发射与接收换能器置于同一标高，测取声时、波幅或频率，并进行记录；
- ③ 发射与接收换能器应同步升降，测量点距不大于 250mm ，各测点发射与接收换能器累计相对高差不大于 20mm ，并应随时校正；发现读书异常，应加密测量点距；
- ④ 检测方式可采用对测、斜测和扇形测等方式；
- ⑤ 一根桩有多根检测管时，按分组进行测试。

第三节 桩身完整性检测

2、超声波法

(5) 检测数据分析与判定

分析参数：声波、声速临界值、波幅、PSD判据

分析步骤：

- ① 对波速值进行概率统计分析，得到低于临界值的异常点位置和深度；
- ② 分析波幅大小的变化，将波速和波幅都偏低的测点作为异常部位；
- ③ 进一步进行细测和斜测，确定缺陷的范围和大小；
- ④ 根据施工情况综合判断缺陷的种类和性质，判定桩身完整性。

第三节 桩身完整性检测

3、取芯法

(1) 目的

- ① 检测桩身缺陷，判断完整性类别；
- ② 检测桩长和沉渣厚度，鉴别桩底持力层岩土性状；
- ③ 评定桩身混凝土强度。

(2) 芯样孔数与孔位

- ① 桩径小于1.2m钻1孔；1.2m—1.6m，2孔；大于1.6m，钻3孔；
- ② 钻芯孔为1个时，距桩中心10-15cm；2孔及以上时，距桩中心0.15D-0.25D。
- ③ 钻孔垂直度偏差小于0.5%，每次进尺控制在1.5m以内。

第三节 桩身完整性检测

3、取芯法

(3) 混凝土强度的检测

- ① 芯样数量：桩长10-30m，每孔取3组芯样；桩长小于10m，取2组；桩长大于30m，不小于4组；
- ② 桩两头不小于桩径一倍或1m，中间芯样宜等距截取，同根桩孔数大于1个时，1孔某深度有缺陷时，其他孔应在相应位置取芯进行强度检验；
- ③ 每组芯样制作3个抗压试件，高径比在0.95-1.05之间，芯样内不含钢筋，最大集料粒径应小于芯样平均直径的1/2；
- ④ 芯样抗压强度代表值按一组3块试件的平均值确定，2组或以上时，取各组平均值为代表值。

第四节 基桩承载力检测

1、静压试验

按现行地基基础规范“单桩承载力宜通过现场静载试验确定，在同一条件下，试桩数量不宜少于总桩数的 1 %，并不少于 3 根”。

(1) 试验桩的要求

- ① 从成桩到试验的时间，在桩身混凝土强度达到设计要求的前提下，还应满足规范规定的休止时间的要求；
- ② 试桩的工艺应与工程桩一致；
- ③ 试桩桩头混凝土强度不低于**C30**，一般可在桩顶配置加密钢筋网**2-3**层以薄钢板圆筒做成加筋箍与桩顶混凝土浇成整体；
- ④ 为便于安装沉降观察点和仪表试桩顶部露出试坑地面的高度不宜小于**600mm**，试坑地面宜于承台底面标高一致。

第四节 基桩承载力检测

1、静压试验

(2) 试验准备

- 1) 试验设备由加载装置和荷载、变形观测装置组成
- 2) 锚桩横梁反力装置（多采用液压千斤顶、锚桩和横梁）反力不小于预估试验荷载的**1.3-1.5**倍，锚桩与试桩的中心间距，当试桩的直径（或边长）小于或等于**800mm**时，可为试桩直径（或边长）的**5**倍，当试桩的直径（或边长）大于**800**毫米时，上述距离不得少于**4**米。
- 3) 压重平台反力装置压重不小于预估试验荷载的**1.2**倍，且施加于地基的压应力不宜大于地基承载力特征值的**1.5**倍。

第四节 基桩承载力检测

1、静压试验

(3) 试验加载步骤与方法

- 1) 预备试验，检验试验系统各部分工作状态；
- 2) 分级加载，分级数不宜少于10级，每级荷载为 $1/15-1/10$ ，第一级荷载可为2倍，最大荷载不小于设计要求的2倍；
- 3) 记录每次加载后沉降量的稳定值，每15min观测沉降1次，1h后每30min观测一次。
- 4) 卸载，每级卸载为加载量的2倍，并记录其回弹值；
- 5) 据记录绘制 $P-S$ 曲线和时间沉降曲线。

第四节 基桩承载力检测

1、静压试验

(4) 终止加载条件

- 1) 某级荷载下沉量大于前一级下沉量 5 倍;
- 2) 某级荷载下沉量大于前一级的2倍, 且24h沉降未达到相对稳定的标准;
- 3) 达到设计要求的最大加载量;
- 4) 锚桩上拔量达到设计允许值。

第四节 基桩承载力检测

1、静压试验

(5) 极限承载能力的确定

- 1) 对应荷载-沉降曲线 (**P-S**曲线) 明显陡降的起始点对应的荷载值;
- 2) 沉降-时间曲线尾部出现明显向下弯曲的前一级荷载值;
- 3) 出现终止加载情况时, 取前一级荷载值;
- 4) 对于缓变形**P-S**曲线, 宜取**S=40mm**对应的荷载值, 当桩长大于**40m**时, 应考虑桩长的弹性压缩, 对直径大于等于**800mm**的桩, 可取**S=0.05D**对应的荷载值。

第四节 基桩承载力检测

2、竖向抗拔试验

- ① 位移量小于或等于 0.1mm/h ，稳定；
- ② 勘测设计阶段，总位移大于等于 25mm 可终止加载，施工阶段加载不应大于设计值。

3、静推试验

采用单向多循环加载试验法，每级荷载循环**5**次。

加载终止：水平位移大于 $20\text{-}30\text{mm}$ ，桩身断裂，桩侧地表裂纹或隆起。

4、高应变法

重锤重量不小于极限承载力的**1.2%**。

第六章 桥梁构件状况及耐久性检测评定

- ①混凝土强度的检测和评定为重点内容；
- ②混凝土本身检测包括强度及缺陷；
- ③钢筋本身检测为钢筋锈蚀电位和钢筋分布；
- ④影响钢筋锈蚀的环境检测包括氯离子、混凝土电阻率、含水量、保护层厚度、混凝土碳化深度等5项。

第二节 结构混凝土强度的检测与评定

1、回弹法

(1) 测定内容：测定混凝土表面硬度

(2) 适用范围：混凝土抗压强度、均匀性

(3) 操作步骤

1) 收集基本资料；

2) 选择测区：每一个构件测区数不应少于10个，最少不得少于5个；相邻两测区间距在2m以内距构件边缘大于20cm，小于50cm；测区尺寸为 $200 \times 200\text{mm}$ ；

3) 回弹值测量；

4) 碳化深度值测量：不应少于测区数的30%，当碳化值大于2.0mm时，应在每一测区测量碳化深度值；

5) 计算平均回弹值；

6) 角度修正；

7) 浇筑面修正；

8) 碳化深度修正；

9) 确定混凝土强度。

第二节 结构混凝土强度的检测与评定

1、回弹法

(4) 回弹值计算和强度评定

- 1) 去掉3个最大和3个最小值，计算平均值；
- 2) 对平均值进行修正；
- 3) 测区数为10个及以上时，计算平均值和标准差；
- 4) 测区数少于10时，取测区最小混凝土强度值为推定值；
- 5) 测区强度值出现小于10MPa，混凝土强度推定值小于10MPa；
- 6) 测区数不少于10个时，按数理统计方法计算，即均值减去1.645倍的标准差；
- 7) 均值小于25MPa，标准差大于4.5MPa或均值不小于25MPa，标准差大于5.5MPa时，按单个构件评定。

第二节 结构混凝土强度的检测与评定

1、回弹法

(5) 注意事项

- 1) 回弹法误差较大对重要构件应慎重选取;
- 2) 适用不掺外加剂或仅掺引气剂的混凝土;
- 3) 混凝土龄期为14-1000d;
- 4) 强度范围为10-60MPa;
- 5) 下列情况不可采用统一测强曲线:
 - ① 集料最大粒径大于60mm;
 - ② 特种成型工艺制作的混凝土;
 - ③ 检测部位曲率半径小于250mm;
 - ④ 潮湿或水浸的混凝土。
- 6) 抽检数量不少于构件总数的30%或10件。

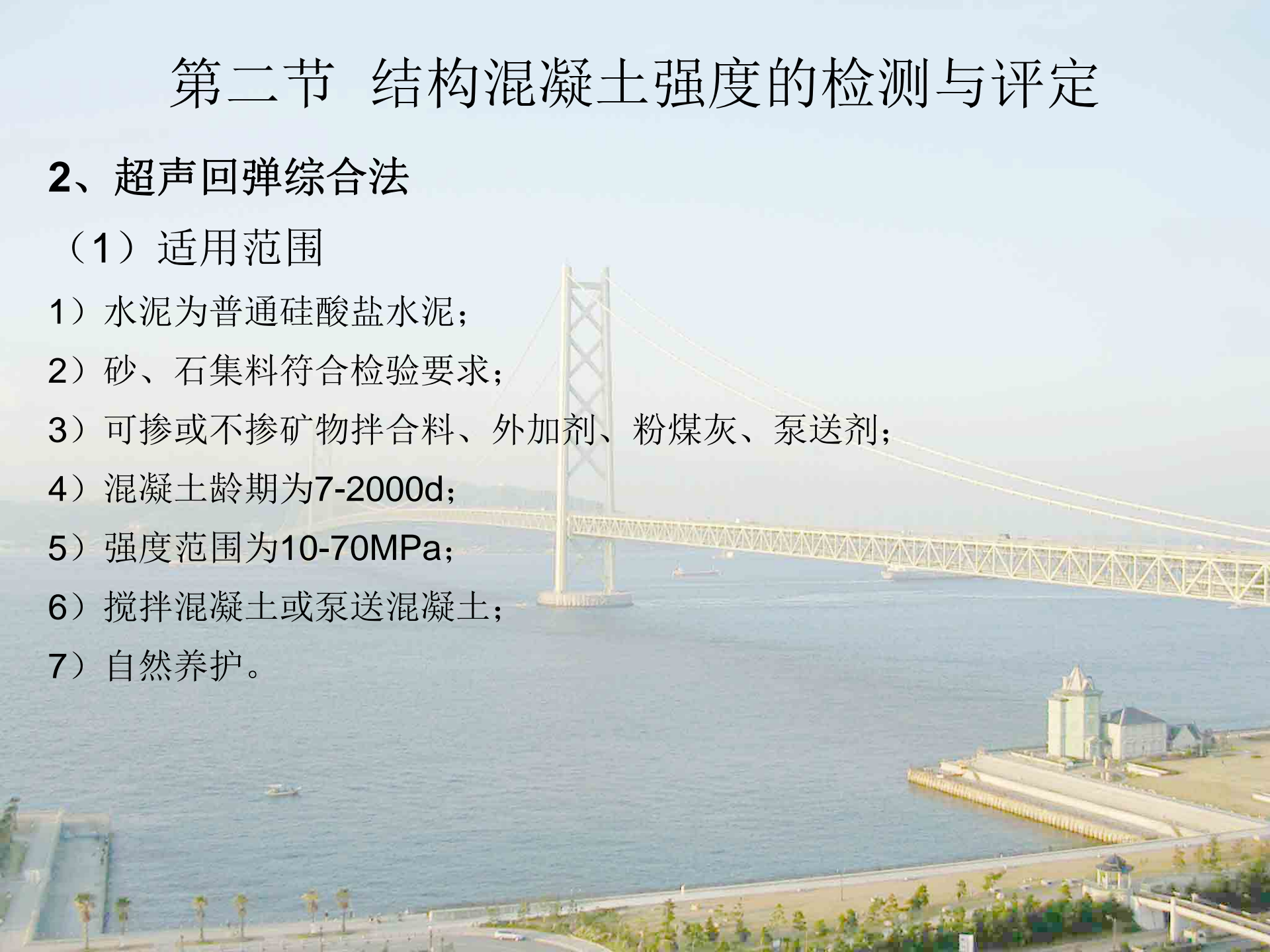


第二节 结构混凝土强度的检测与评定

2、超声回弹综合法

(1) 适用范围

- 1) 水泥为普通硅酸盐水泥;
- 2) 砂、石集料符合检验要求;
- 3) 可掺或不掺矿物拌合料、外加剂、粉煤灰、泵送剂;
- 4) 混凝土龄期为7-2000d;
- 5) 强度范围为10-70MPa;
- 6) 搅拌混凝土或泵送混凝土;
- 7) 自然养护。



第二节 结构混凝土强度的检测与评定

2、超声回弹综合法

(2) 强度评定

- 1) 测区数为10个及以上时，计算平均值和标准差；
- 2) 测区数少于10时，取测区最小混凝土强度值为推定值；
- 3) 测区强度值出现小于10MPa，混凝土强度推定值小于10MPa；
- 4) 测区数不少于10个时，按数理统计方法计算，即均值减去1.645倍的标准差；
- 5) 均值小于25MPa，标准差大于4.5MPa；均值位于25和50MPa之间，标准差大于5MPa；均值不小于50MPa，标准差大于5.5MPa时，按单个构件评定。

第二节 结构混凝土强度的检测与评定

2、钻芯法检测混凝土强度

(1) 芯样

- 1) 芯样数量不宜少于15个;
 - 2) 芯样直径应大于最大粒径的3倍, 采用小芯样其直径不应小于70mm或最大粒径的2倍;
 - 3) 芯样高度直径比值为1。
- (2) 芯样试件应在与被检测结构湿度基本一致的条件下进行抗压试验;
- (3) 检测批混凝土强度推定采用数理统计的方法;
- (4) 单个构件最少芯样数量为3个, 小构件不少于2个, 取最小值作为混凝土强度推定值。

第八节 结构混凝土内部缺陷与表层损伤的超声波检测

1、基本依据

- (1) 根据超声波在混凝土中传播时遇到缺陷的**绕射**现象，按声时和声程的变化来判别和计算缺陷的大小；
- (2) 依据超声波在缺陷界面上的**反射**，抵达接收探头时能量的显著衰减判别缺陷的存在和大小；
- (3) 超声脉冲各**频率**成分遇到缺陷时衰减的程度不同，造成接收频率明显降低判别内部缺陷；
- (4) 超声波在缺陷处**波形**的转换和叠加，造成波形畸变来判别缺陷。

第七章 桥梁荷载试验与承载力评定

桥梁荷载试验的目的：

- ①检验桥梁设计与施工质量；
- ②判断桥梁结构实际承载能力；
- ③验证桥梁结构设计理论和设计方法；
- ④桥梁结构动力特性和动态反应的测试研究。

荷载试验分为静力荷载试验与动力荷载试验种。一般情况下，桥梁荷载试验应按三个阶段进行，即计划与准备阶段、加载与测试阶段、分析与总结阶段。

第一节 桥梁静载试验

1、荷载试验计划的主要内容包括：

- (1) 试验目的与任务
- (2) 试验准备工作
- (3) 加载方案与实施
- (4) 观测方案与实施
- (5) 加载试验的控制与安全措施
- (6) 加载试验资料的整理
- (7) 试验成果分析与评定



第一节 桥梁静载试验

2、静力荷载试验的主要测试内容：

- (1) 结构控制断面的变形或挠度；
- (2) 结构控制断面的最大应力（应变）；
- (3) 受试验荷载影响的所有桥梁支座、墩台的位移或转角，其他构件的变形；
- (4) 裂缝的出现或扩展，包括长、宽、深度、位置、走向以及卸载后的闭合情况；
- (5) 其他桥梁构件的反应。

第一节 桥梁静载试验

3、主要桥梁结构测试控制断面

序号	桥型	内力或位移控制截面
1	简支梁桥	1、跨中截面最大正弯矩和挠度； 2、支点截面最大剪力。
2	连续梁桥、 连续刚构	1、跨中最大正弯矩和挠度； 2、内支点截面最大负弯矩； 3、L/4截面最大弯矩和挠度。
3	悬臂梁桥、 T型刚构	1、锚固跨跨中最大正弯矩和挠度； 2、支点最大负弯矩； 3、挂梁跨中最大正弯矩和挠度。
4	拱桥	1、拱顶截面最大正弯矩和挠度、拱脚截面最大负弯矩； 2、刚架拱上弦杆跨中最大正弯矩。

第一节 桥梁静载试验

4、试验荷载

(1) 荷载效率系数

确定静力荷载试验各测试项目的荷载大小和加载位置时，采用静力荷载试验效率 η_q 进行控制。为保证试验效果荷载效率 η_q 应介于 **0.85~1.05** 之间。

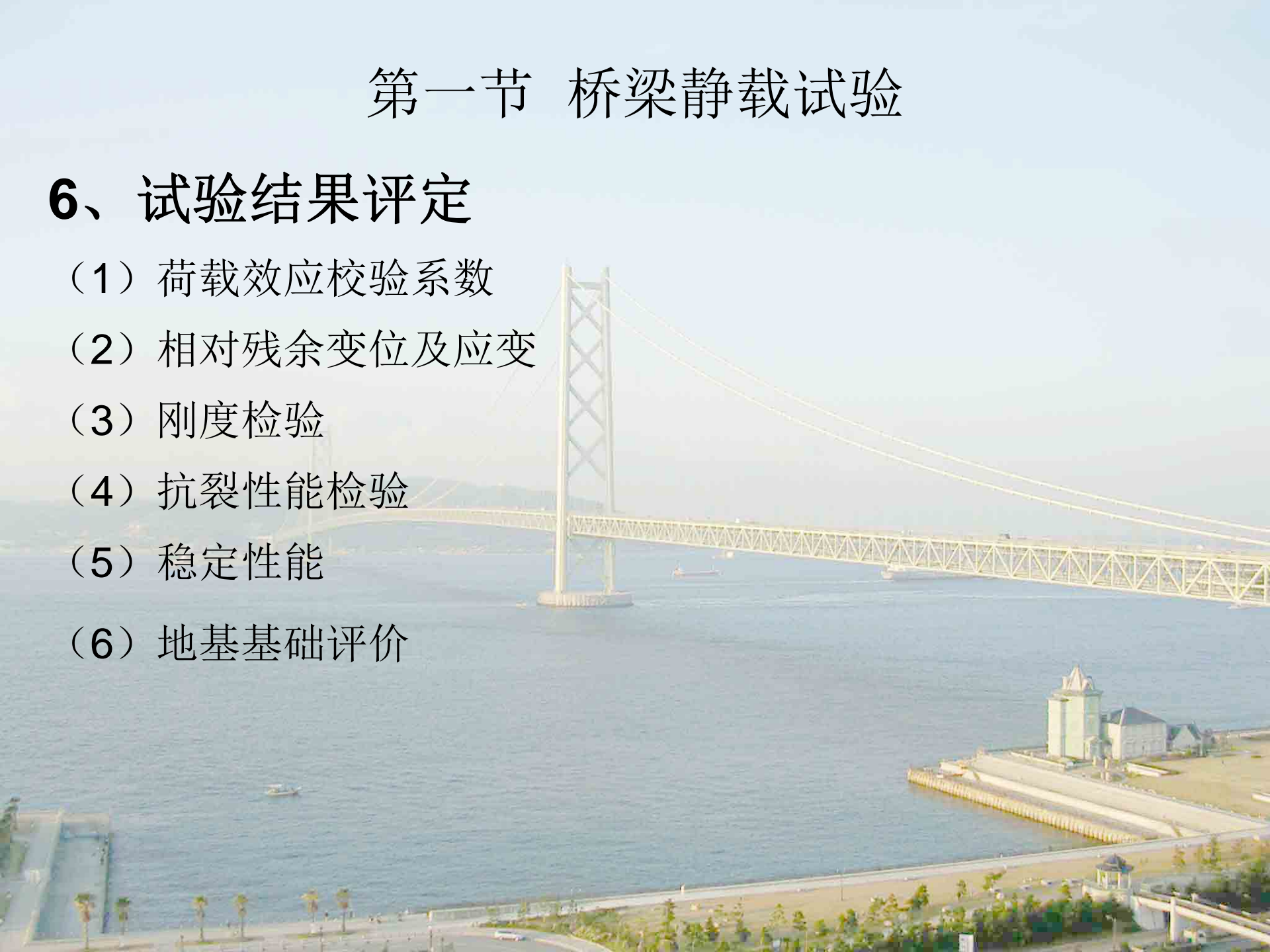
(2) 为了获取结构试验荷载与变位的相关曲线以及防止结构意外损伤，对主要控制截面试验荷载的施加应分级进行，对于附加控制截面一般只设置最大内力加载程序加载。

(3) 加载级数应根据荷载量和加载最小荷载增量而定。试验荷载应按控制截面最大内力或位移分成 **4~5** 级施加。受条件所限时，至少也应分成 **3** 级施加。

第一节 桥梁静载试验

6、试验结果评定

- (1) 荷载效应校验系数
- (2) 相对残余变位及应变
- (3) 刚度检验
- (4) 抗裂性能检验
- (5) 稳定性能
- (6) 地基基础评价



第二节 桥梁动载试验

1、动力荷载试验内容

动力荷载试验是为了测定桥梁结构的自振特性或在动力荷载作用下的受迫振动特性。其试验项目主要包括脉动试验、行车试验、跳车激振试验。

2、桥梁动力参数

桥梁动力参数主要包括结构的自振频率、动力放大系数、阻尼比和振型，他们都是由结构型式、材料性能等结构固有特性决定的与外荷载无关。

第二节 桥梁动载试验

3、结构振型测试方法

测定桥梁结构振型，可采用下述两种方法中的一种：

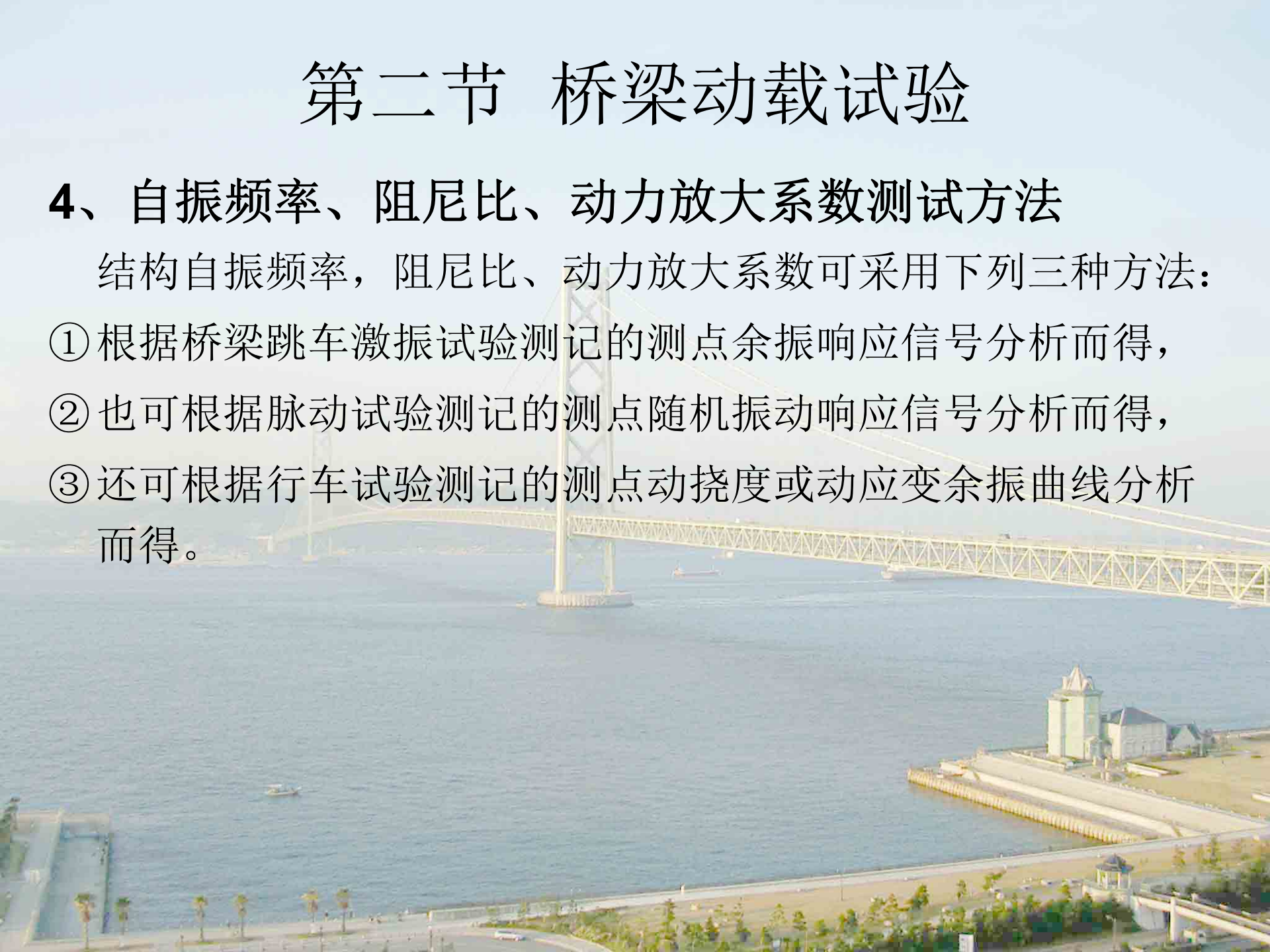
- (1) 在所测定桥梁结构振型的峰、谷点上布设测振传感器（拾振器），用放大特性相同的多路放大器和记录特性相同的多路记录仪，同时测记各测点的振动响应信号。
- (2) 将结构分成若干段，选择某一分界点作为参考点，在参考点和各分界点分别布设测振传感器（拾振器），用放大特性相同的多路放大器和记录特性相同的多路记录仪，同时测记各测点的振动响应信号。

第二节 桥梁动载试验

4、自振频率、阻尼比、动力放大系数测试方法

结构自振频率，阻尼比、动力放大系数可采用下列三种方法：

- ① 根据桥梁跳车激振试验测记的测点余振响应信号分析而得，
- ② 也可根据脉动试验测记的测点随机振动响应信号分析而得，
- ③ 还可根据行车试验测记的测点动挠度或动应变余振曲线分析而得。



第二节 桥梁动载试验

5、拉索索力测试

(1) 振动频率法原理

振动频率法测量索力的原理是，在一定条件下索股拉力与索的振动频率存在对应的关系，在已知索的长度与分布质量时，可通过索股的振动频率可计算索的拉力。该法要求索两端的约束条件要比较明确，否则要通过现场试验确定换算索长。

(2) 振动频率法测量索股张力，影响测量结果的主要因素有两点：

- ① 索两端约束条件以及索长的取值与理论假设的差异；
- ② 索抗弯刚度的影响。

第二节 桥梁动载试验

6、动力测试结果及评定

- (1) 活载冲击系数应小于动力荷载效率系数与设计活载冲击系数的乘积
- (2) 最大变位控制测点的垂直振幅标准值应小于某一限值
- (3) 实测频率与理论频率的比值一般小于1
- (4) 阻尼比应在一定范围内
- (5) 实测振型应与理论振型一致

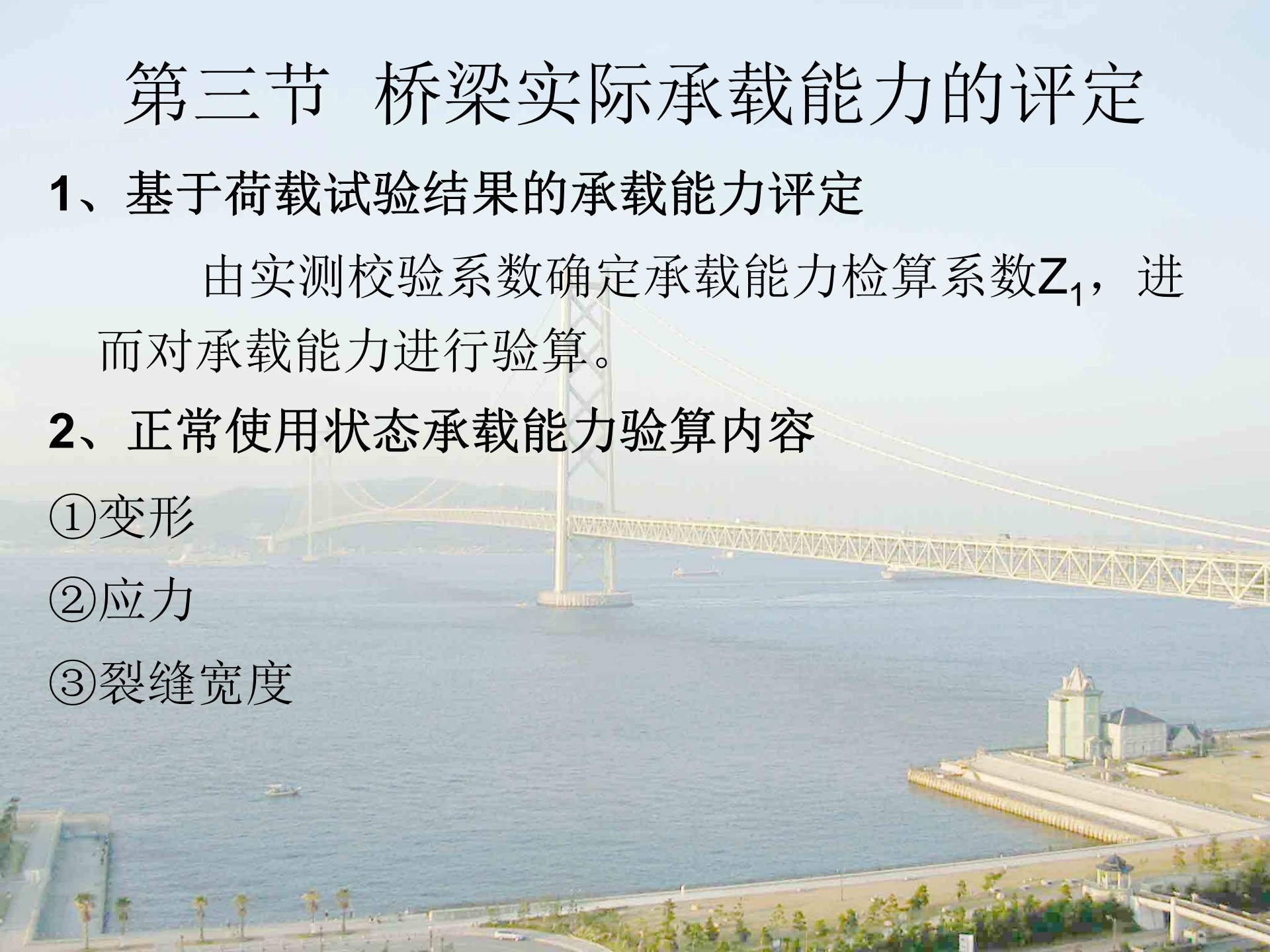
第三节 桥梁实际承载能力的评定

1、基于荷载试验结果的承载能力评定

由实测校验系数确定承载能力检算系数 Z_1 ，进而对承载能力进行验算。

2、正常使用状态承载能力验算内容

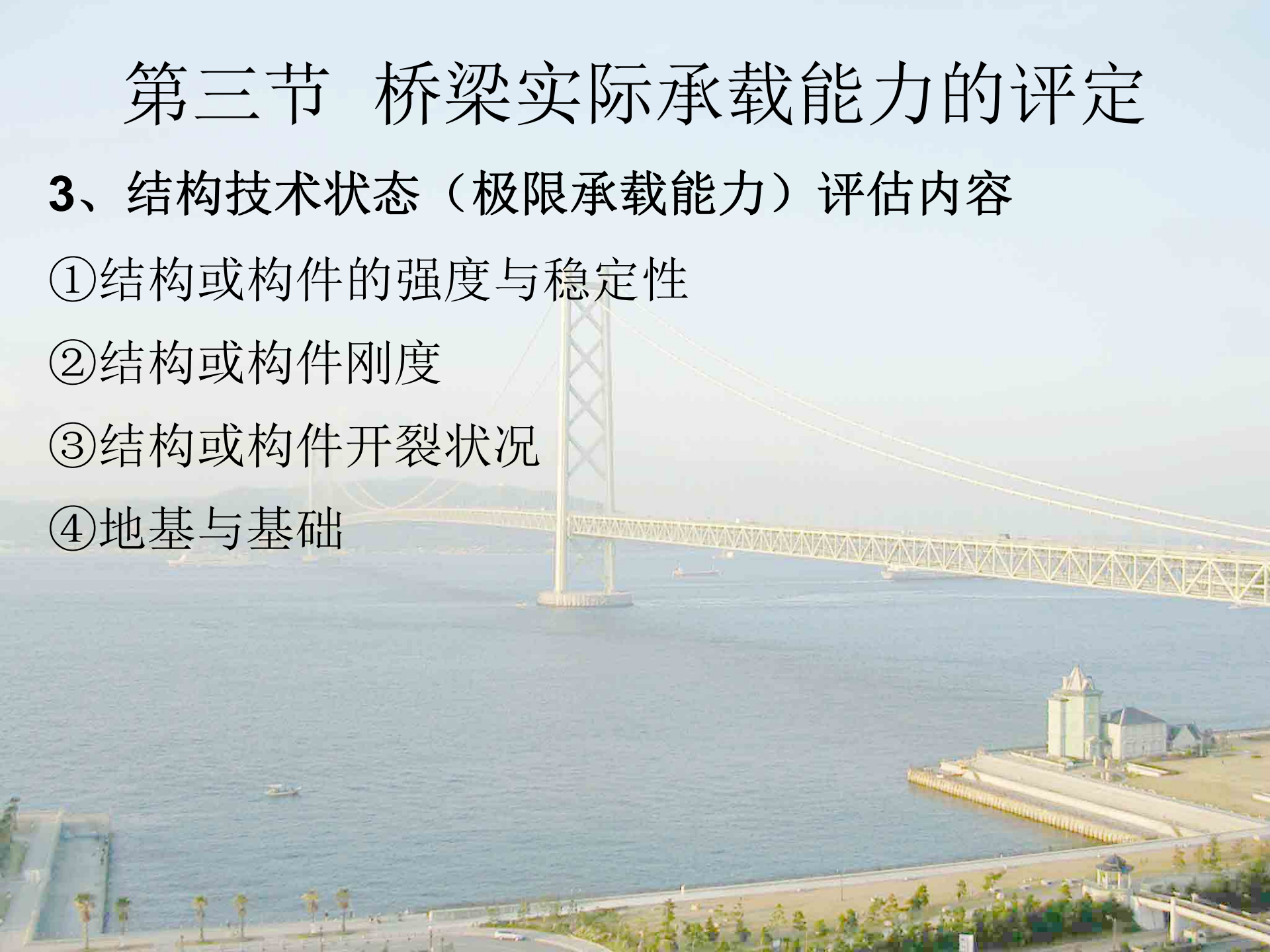
- ①变形
- ②应力
- ③裂缝宽度



第三节 桥梁实际承载能力的评定

3、结构技术状态（极限承载能力）评估内容

- ①结构或构件的强度与稳定性
- ②结构或构件刚度
- ③结构或构件开裂状况
- ④地基与基础



第三部分 复习方法及答题技巧



一、考前复习的几点建议

- (1) 要了解要求，正确选用参考书。
- (2) 有差异时以现行有效的行业及国家标准、规范为准。
- (3) 要提倡看书，《考试用书》应至少通读两遍，但不要死背试验步骤等。
- (4) 将看书与做题相结合，带着问题去看书，效果更好。
- (5) 考前至少做两套题目，以熟悉考试题型，适应考试气氛。

二、有关考试的几点建议

- (1) 选择题应仔细审查题干的要求，避免先入为主。
- (2) 应善于通过选择题（特别是单项选择题）的备选项分析判断正确的答案。
- (3) 问答题应按照步骤答题，并突出每步的关键词。
- (4) 注意从选择题和判断题中寻找与问答题相关的内容。



谢谢!