



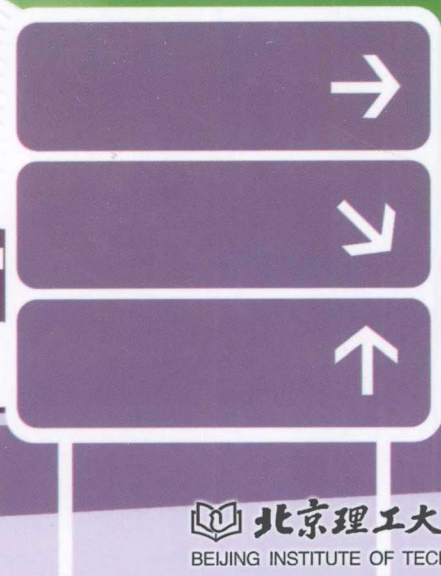
高等职业教育特色精品课程规划教材
高等职业教育课程改革项目研究成果

公路工程检测 实训指导

Gonglu Gongcheng Jiance
Shixun Zhidao

◇主 编 王连威 肖 昆

◇副主编 孟凡成



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪高等职业教育特色精品课程规划教材
高等职业教育课程改革项目研究成果

精心策划 精心编辑

内容 丰富 形式多样

公路工程检测实训指导

主 编 王连威 肖 昆
副主编 孟凡成
参 编 张 旭



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

公路工程检测实训指导/王连威, 肖昆主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2009. 9

ISBN 978 - 7 - 5640 - 2598 - 4

I. 公… II. ①王…②肖… III. 道路工程 - 工程结构 - 质量检验 - 高等学校 - 教材 IV. U415

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 139490 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 涿州市新华印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 12

字 数 / 277 千字

版 次 / 2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 4000 册

定 价 / 24.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前言

《公路工程检测技术试验指导书》是《公路工程检测技术》课程的配套教材。公路工程检测技术是道桥专业的一门重要的专业课程。本书基于理论与实践并重的思想，在内容的安排上注重对学生基本试验技能的训练。旨在通过试验，使学生学会混合料检测，压实度测定，弯沉测定等试验技巧，掌握常用路基、路面现场检测的基本原理、使用方法及数据的采集、处理和各种分析方法；培养学生用基本理论分析问题、解决问题的能力和严肃认真的科学态度，开发学生的创新与动手能力。

本书按我国最新公路工程技术标准、设计规范和施工规范编写，共选编了个 19 个试验，包括无机结合料稳定土的无侧限抗压强度、路基或路面基层（底基层）压实度检测（灌砂法）、路基路面回弹弯沉检测（贝克曼梁法）、沥青混合料车辙试验、路面构造深度测定（手工铺砂法）、钻芯法测定沥青面层压实度、路面平整度检测（3m 直尺法）、摆式摩擦仪测定路面抗滑值、沥青路面渗水试验等公路工程建设中比较常见的试验检测内容。目的是使学生在重复性的使用过程中，真正掌握这些试验方法，使之在后续的课程乃至未来的工程实践中能够得心应手地应用。

本书由吉林交通职业技术学院王连威、肖昆主编，孟凡成、张旭等同志参与了部分内容的修订和编写工作。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不当之处，敬请使用本书的老师和同学批评指正，提出改进意见，以便今后修订提高。

编 者

目 录

试验课的一般要求	1
试验一 无侧限抗压强度检测	2
试验二 水泥混凝土抗折强度检测	8
试验三 水泥砂浆抗压强度检测	12
试验四 回弹法测定混凝土抗压强度	16
试验五 沥青混合料车辙试验	21
试验六 沥青混合料水稳定性检测	25
试验七 路面厚度检测	28
试验八 路基路面压实度检测 (灌沙法)	31
试验九 路基路面压实度检测 (环刀法)	37
试验十 路基路面压实度检测 (核子法)	42
试验十一 路面平整度检测 (3 m 直尺法)	46
试验十二 路面平整度检测 (连续式平整度仪)	49
试验十三 路面构造深度检测	53
试验十四 路面摩擦系数的测定	58
试验十五 路基路面回弹弯沉检测 (贝克曼梁)	62
试验十六 路基路面回弹弯沉检测 (自动弯沉仪)	67
试验十七 路面错台检测	70
试验十八 沥青路面车辙检测	72
试验十九 沥青路面渗水系数检测	75
附录 《公路工程质量检验评定标准》摘录	82
附录 1 路基土石方工程	82
附录 2 排水工程	87
附录 3 挡土墙、防护及其他砌筑工程	92
附录 4 路面工程	101
附录 5 桥梁工程	115
附录 6 涵洞工程	178

试验课的一般要求

一、试验课须知

1. 准备工作

(1) 试验课之前应阅读本指导书中的相应部分，明确试验的内容及要求，初步了解试验方法及注意事项。

(2) 根据试验内容复习教材中的有关章节，弄清基本概念，操作要领，使试验能顺利完成。

(3) 按指导书中提出的要求，在试验课前准备好相应的工具，如铅笔、直尺、白纸等。

2. 要求

(1) 遵守试验纪律，注意听取指导教师的讲解。

(2) 试验中的具体操作应按指导书中的规定进行，如遇问题及时向指导老师提出。

(3) 试验中出现的仪器故障应立即报告指导老师，绝不允许自行处理。

二、试验记录的要求

(1) 记录时应用铅笔直接在记录表格中填写，字迹要工整。

(2) 记录必须保持其原始性和真实性，不要用纸片草记后再转抄。如写错，不准涂改，不准用橡皮擦，可用单线将错误的数字画去，然后在其上方写上正确的数字。

(3) 试验结果记录后要认真进行整理和计算评定，并填写到试验报告中。

试验一

无侧限抗压强度检测

一、目的与要求

- (1) 学会无机结合料稳定土试件的制备和养生。
- (2) 学会使用路面材料强度试验仪进行无侧限抗压强度的检测。

二、检测器具

- (1) 圆孔筛：孔径 40 mm、25 mm（或 20 mm）及 5 mm 的筛各一个。
- (2) 试模：适用于下列不同的试模尺寸。
细粒土（最大粒径不超过 10 mm）试模的直径 $\times$ 高 = 50 mm $\times$ 50 mm；
中粒土（最大粒径不超过 25 mm）试模的直径 $\times$ 高 = 100 mm $\times$ 100 mm；
粗粒土（最大粒径不超过 40 mm）试模的直径 $\times$ 高 = 150 mm $\times$ 150 mm。
- (3) 脱模器。
- (4) 反力框架或压力机：规格为 400 kN 以上。
- (5) 液压千斤顶。
- (6) 夯锤和导管：击锤的底面直径 50 mm，总质量 4.5 kg，击锤在导管内的总行程为 450 mm。
- (7) 密封湿气箱或湿气地：放在保持恒温的小房间内。
- (8) 水槽：深度应大于试件高度 50 mm。
- (9) 路面材料强度试验仪，或其他合适的压力机。
- (10) 天平：感量 0.10 g。
- (11) 台秤：称量 10 kg，感量 5 g。
- (12) 量筒、拌和工具、漏斗、大小铝盒、烘箱等。

三、试验方法与步骤

（一）试件制备与养生

（1）试料准备。

将具有代表性的风干试料（必要时，也可以在 50 ℃ 烘箱内烘干）用木锤和木碾捣碎，但应避免破碎粒料的原粒径。将土过筛并进行分类，如试料为粗粒土，则除去大于 40 mm 的颗粒备用；如试料为中粒土，则除去大于 20 mm 或 25 mm 的颗粒备用；如试料为细粒土，则除去大于 10 mm 的颗粒备用。

在预定做试验的前一天,取有代表性的试料测定其风干含水量。对于粒径小于 10 mm 的细粒土,试样应不少于 100 g;对于粒径小于 25 mm 的中粒土,试样应不少于 1 000 g;对于粒径小于 40 mm 的粗粒土,试样应不少于 2 000 g。

(2) 用击实试验法确定无机结合料混合料的最佳含水量和最大干密度。

(3) 配制混合料。

① 对于无机结合料稳定细粒土,试件数量每 2 000 m² 至少应该制备 6 个试件;对于无机结合料稳定中粒土,至少应该分别制备 9 个和 13 个试件。

② 称取一定数量的风干土并计算干土的质量,其数量随试件大小而变。对于 50 mm × 50 mm 的试件,1 个试件需干土 180 ~ 210 g;对于 100 mm × 100 mm 的试件,1 个试件需干土 1 700 ~ 1 900 g;对于 150 mm × 150 mm 的试件,1 个试件需干土 5 700 ~ 6 000 g。

对于细粒土,可以一次称取 6 个试件的土;对于中粒土,可以一次称取 3 个试件的土,也可以一次只称取一个试件的土。

③ 将称好的土放在长方盘(约 400 mm × 600 mm × 70 mm)内。向土中加水,对于细粒土(特别是黏性土),应使其含水量较最佳含水量小 3%;对于中粒土和粗粒土,可用下式计算混合料的加水量:

$$Q_w = \left(\frac{Q_n}{1 + 0.01w_n} + \frac{Q_c}{1 + 0.10w_c} \right) \times 0.01w - \frac{Q_n}{1 + 0.01w_n} \times 0.01w_n - \frac{Q_c}{1 + 0.01w_c} \times 0.01w$$

式中: Q_w ——混合料中应加的水量,单位为 g;

Q_n ——混合料中素土(或集料)的质量,单位为 g;

w_n ——风干含水量,用%表示;

Q_c ——混合料中水泥或石灰的质量,单位为 g;

w_c ——原始含水量(水泥的含水量通常很小,也可以忽略不计),用%表示;

w ——要求达到的混合料的含水量,用%表示。

将土和水拌和均匀后放在密闭容器内浸润备用。如为石灰稳定土和水泥或石灰综合稳定土,则可将石灰土一起拌匀后进行浸润。

浸润时间:黏性土 12 ~ 24 h;粉性土、砂砾土、红土砂砾、级配砂砾等可以缩短到 4 h 左右;含土很少的未筛分碎石、砂砾及砂可以缩短到 2 h。

④ 在浸润过的试料中,加入预定数量的水泥或石灰(水泥或石灰剂量按干土(即干集料)质量的百分率计),并拌和均匀。拌和均匀的加有水泥的混合料应在 1 h 内按下述方法制成试件,超过 1 h 的混合料应该作废。其他结合料稳定土的混合料虽不受此限,但也应尽快制成试件。

(4) 按预定的干密度制件。

用反力框架和液压千斤顶制件。制备一个预定干密度的试件,需要的稳定土混合料数量 m_1 (g) 可按下式计算

$$m_1 = \rho_d V (1 + 0.01w)$$

式中: V ——试模的体积,单位为 m³;

w ——稳定土混合料的含水量,用%表示;

ρ_d ——稳定土试件的干密度,单位为 g/cm³。

将试模的下压柱放入试模下部,但要外露 2 cm 左右。将称量的规定数量的稳定土混合

料 m_1 分 2~3 次灌入试模中 (利用漏斗), 每次灌入后用夯棒轻轻地并均匀插实。如制的是 50 mm × 50 mm 的小试件, 则可以将混合料一次倒入试模中, 然后将上压柱放入试模内, 应使上压柱也外露 2 cm 左右 (即上下压柱露出试模外的部分应该相等)。

将整个试模 (连同上下压柱) 放到反力框架内的千斤顶上 (千斤顶下应放一扁球座), 加压直到上下柱都压入试模为止, 维持压力 1 min。解除压力后, 取下试模, 拿去上压柱, 并放到脱模器上将试件顶出 (利用千斤顶和下压柱)。称试件的质量 m_2 , 小试件精确到 1 g; 中试件精确到 2 g; 大试件精确到 5 g。然后, 用游标卡尺测量试件的高度 h , 要精确到 0.1 mm。

用击锤制件步骤同前, 只是用击锤 (可以利用做击实试件的锤, 但压柱顶面需要垫一块牛皮或胶皮, 以保护锤面和压柱顶面不受损伤) 将上下压柱打入试模内。

(5) 养生。

试件从试模内脱出并称量后, 应立即放到恒温恒湿箱内进行养生。但大、中试件应用塑料薄膜包裹; 有条件时, 也可采用蜡封保湿养生。养生时间视需要而定, 作为工地控制, 通常都只取 7 d。整个养生期的温度受区域限制, 北方地区应保持在 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, 南方地区应保持在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。

养生期的最后一天, 应该将试件浸泡在水中, 水位应没过试件顶约 2.5 cm。在浸泡到水中之前, 应再次称试件的重量 m_3 。养生期间, 试件重量损失应符合下列规定: 小试件不超过 1 g; 中试件不超过 4 g; 大试件不超过 10 g。损失超过此规定的试件, 应该作废。

(二) 检测步骤

(1) 将已浸水一昼夜的试件从水中取出, 用软的旧布吸去试件表面的可见自由水, 并称试件质量 m_4 ;

(2) 用游标卡尺测量试件的高度 h_1 , 精确到 0.1 mm;

(3) 先将倒顺控制开关置于停止位, 接通电源, 如电源指示灯亮, 即可操作;

(4) 将试件放到路面材料强度试验仪的升降台上 (台上先放一扁球座), 进行抗压试验。试验过程中, 应使试件的形变等速增加, 并保持速率约为 1 mm/min (丝杠升降速度为 50 mm/min, 适用于沥青混凝土的马歇尔试验; 丝杠升降速度为 1 mm/min, 适用于承载比试验等);

(5) 记录试件破坏时的最大压力 P (N);

(6) 从试件内部取有代表性的样品 (经过打破), 测定其含水量 W_1 。

(三) 计算

(1) 试件的无侧限抗压强度 R_c 用下列相应的公式计算。

$$\text{对于小试件: } R_c = \frac{P}{A} = 0.000\ 51P (\text{MPa});$$

$$\text{对于中试件: } R_c = \frac{P}{A} = 0.000\ 127P (\text{MPa});$$

$$\text{对于大试件: } R_c = \frac{P}{A} = 0.000\ 057P (\text{MPa})。$$

式中: P ——试件破坏时的最大压力, 单位为 N;

A ——试件的截面积, $A = \frac{\pi D^2}{4}$, 单位为 mm^2 ;

D ——试件的直径, 单位为 mm 。

(2) 精密度或允许误差。

若干次平行试验的偏差系数 C_v (%) 应符合下列规定:

- ① 不大于 10% 时, 制 6 个试件;
- ② 10% ~ 15% 时, 制 9 个试件;
- ③ 大于 15% 时, 制 13 个试件。

(四) 强度评定

如为现场检测, 需按下述方法对无侧限抗压强度进行评定。

(1) 评定路段试样的平均强度 $\bar{R}_c$ 应满足下列要求。

$$\bar{R}_c \geq \frac{R_d}{1 - Z_a C_v}$$

式中: R_d ——设计抗压强度, 单位 MPa ;

C_v ——试验结果的偏差系数 (以小数记);

Z_a ——标准正态分布表中随保证率而变的系数。

高速公路、一级公路: 保证率 95%, $Z_a = 1.645$; 其他公路: 保证率 95%, $Z_a = 1.282$ 。

(2) 评定路段内无机结合料稳定材料强度评为合格时得满分; 若强度评为不合格时相应分项工程为不合格, 得零分。

四、注意事项

(1) 土的性质应符合设计要求, 土块要粉碎。

(2) 石灰质量应符合设计要求, 块灰需充分消解才能使用, 未消解生石灰块必须剔除。

(3) 水泥质量应符合设计要求。

(4) 水泥、石灰、粉煤灰和土的用量按设计要求控制准确。

(5) 在试验前, 应将所有的测试仪表 (传感器、测力环) 和需用的附件 (压头) 及试件各按其位加以固定, 使其位置平稳, 对照两侧立柱上刻划的调平顶盘、顶平面的最低和最高极限位置线, 以能满足要求为准。否则, 应采取加垫或其他措施加以调整。

(6) 使用变速操作板把选择快速或慢速时应开车变速, 不要在停止状态下强行扳动, 以免零件损坏, 变速操作板把在手动位置时, 可使用手摇把; 停止使用时, 必须将手摇把拔掉, 而不能放在机上。

五、上交资料

每人上交试验报告一份。

无侧限抗压强度试验

工程名称_____

路段桩号_____

结构层次_____

混合料名称_____

结合剂剂量_____

试件尺寸_____

最大干密度_____

试件压实度_____

加荷速度_____

试验者_____

计算者_____

校核者_____

试验日期_____

试件号		1	2	3	4	5	6
养生前试件质量	g						
浸水前试件质量	g						
浸水后试件质量	g						
养生期间质量损失	g						
吸水量	g						
养生前试件高度	mm						
浸水后试件高度	mm						
试件的最大压力	N						
无侧限抗压强度	MPa						

试验二

水泥混凝土抗折强度检测

一、目的与要求

- (1) 了解水泥混凝土抗折检测的基本原理和方法。
- (2) 学会使用抗折试验机或万能试验机进行抗折检测。

二、检测器具

抗折试验机或万能材料试验机 (50 ~ 300 kN) 及抗折试验装置 (即三分点处双点加载和三支点自由支承式混凝土抗折强度装置)。

三、检测方法步骤

- (1) 检查标准养护到规定龄期的试件有无蜂窝, 若试件中部 1/3 长度内有蜂窝 (大于 $\phi 7 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$), 该试件应作废, 否则应在记录中注明。
- (2) 在试件中部量出宽度和高度, 精确到 1 mm。
- (3) 调整两个可移动支座, 使其与试验机下压头中心距离为 225 mm。并旋紧两支座, 将试件安放在支座上, 试件成型时的侧面朝上, 缓缓加初荷载约 1 kN, 而后以 0.5 ~ 0.7 MPa/s 连接而均匀加荷。当试件接近破坏而开始迅速变形时, 应停止调整试验机油门, 直至试件被破坏, 记下最大荷载。

(4) 检测结果计算。

- ① 当断裂面发生在两个加荷点之间时, 抗折强度 f_{cu} 的计算公式为:

$$f_{cu} = \frac{PL}{Bh^2}$$

式中: f_{cu} ——抗弯拉 (折) 强度, 单位为 MPa, 精确至 0.01 MPa;

P ——极限荷载, 单位为 N;

L ——支座间距离 (450 mm);

B ——试件宽度, 单位为 mm;

h ——试件高度, 单位为 mm。

- ② 如断裂面位于加荷点外侧, 则试验结果无效; 若两块试件结果无效, 则该组结果作废。

- ③ 采用 100 mm × 100 mm × 400 mm 非标准试件时, 所取得的抗折强度值应乘以尺寸换算系数 0.85。

(5) 检测记录及强度评定。

① 数据处理。抗折强度值的计算及异常数据取舍同抗压强度试验，计算结果精确到 0.01 MPa。

② 混凝土抗弯拉（折）强度评定。当试件组数 $n > 10$ 时，应用数理统计方法评定。公式如下：

$$f_{cs} \geq f_r + K\sigma$$

式中： f_{cs} ——同批 n 组数试件弯拉强度的平均值，单位为 MPa；

f_r ——混凝土设计抗折强度标准值，单位为 MPa；

K ——合格判定系数；

σ ——同批 n 组数试件强度的标准差，单位为 MPa。

当 $11 < n < 19$ 时，允许有一组最小弯拉强度小于 $0.85f_r$ ，但不得小于 $0.8f_r$ 。

当 $n > 20$ 组时，其他公路允许有一组最小弯拉强度小于 $0.85f_r$ ，但不得小于 $0.75f_r$ ；高速公路、一级公路，均不得小于 $0.8f_r$ 。

当试件组数 $n \leq 10$ 时，试件平均强度不得小于 $1.10f_r$ ，任一组强度均不得小于 $0.85f_r$ 。

当标准小梁合格判定平均弯拉强度 f_{cs} 和最小值 f_{min} 中有一个不符合上述要求时，应在不合格路段每千米每车道钻 3 个以上 $\phi 150$ mm 的芯样，实测劈裂强度，通过各自工程的经验统计公式换算弯拉强度，判定平均弯拉强度 f_{cs} 和最小值 f_{min} 必须合格，否则应返工重铺。

实测项目中，水泥混凝土抗折强度评为不合格时，相应分项工程评为不合格。

四、注意事项

(1) 试件从养护水槽取出后，应尽快擦干试件表面水分再进行试验，以免试件内部的湿度发生明显变化。

(2) 试验前在试件表面准确地画出支点及加荷位置，距端部分别为 50 mm、200 mm、350 mm、500 mm。

(3) 试验应按规定加荷速度连续而均匀加荷，直至试件破坏。

(4) 按试验规程要求评定试件的抗折强度。

五、上交资料

每人上交试验报告一份。

结构名称 主梁

检验者_____

校核者_____

制作日期	试验日期	龄期(天)	编号	试件尺寸(mm)		支座间距离(mm)	荷载极限(N)	抗压强度(MPa)		备注
				<i>b</i>	<i>h</i>			单值	平均	

试 验 报 告

日期_____ 班级_____ 组别_____ 姓名_____ 学号_____

试验题目	三、试验
试验内容	水泥混凝土抗折强度试验
试验器具	一、主要仪器设备 1. 抗折试验机：应符合《GB/T 178-2007 水泥混凝土抗折强度试验方法》的要求。 2. 标准试件：应符合《GB/T 178-2007 水泥混凝土抗折强度试验方法》的要求。
试验方法及主要步骤	二、试验步骤 1. 试件准备：将标准试件放入水中养护，直至达到规定的龄期。 2. 试验操作：将试件放入抗折试验机中，按照规定的速率进行加载，直至试件发生破坏。 3. 数据记录：记录试件的破坏荷载，并计算其抗折强度。
试验结果处理	三、试验结果处理 1. 计算抗折强度：根据试件的破坏荷载和试件的几何尺寸，计算其抗折强度。 2. 结果分析：对试验结果进行分析，判断试件的抗折强度是否符合要求。
试验成绩	四、试验成绩 1. 试验结果：根据试验结果，填写试验报告。 2. 试验成绩：根据试验结果，填写试验成绩。

试验三

水泥砂浆抗压强度检测

一、目的与要求

- (1) 学会水泥砂浆试件的制备。
- (2) 学会使用压力机进行水泥砂浆抗压强度的检测。

二、检测器具

- (1) 砂浆试模： $70.7\text{ mm} \times 70.7\text{ mm} \times 70.7\text{ mm}$ 。
 - ① 无底试模，适用于稠度大于 4 cm 的砂浆。
 - ② 有底试模，适用于稠度小于或等于 4 cm 的砂浆。
- (2) 捣棒：当砂浆稠度大于 4 cm 时，用直径 $10 \sim 12\text{ mm}$ 的铁棒；当砂浆稠度小于或等于 4 cm 时，用特制捣棒。

三、检测方法步骤

(1) 当采用无底试模时，将涂好油的试模置于衬有湿润纸的砖上，砖的吸水率不大于 16% ，含水率不小于 2% 。将新拌砂浆填入试模，插捣 25 次至砂浆表面出现麻斑后，将多余砂浆刮平。

(2) 当采用有底试模时，砂浆分两层装入，顺着立方体一边的方向插捣 6 次，然后朝垂直方向插捣 6 次。砂浆装好 $15 \sim 20\text{ min}$ 后，将多余砂浆刮去。

(3) 将试件置于 $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的室内放置 $(24 \pm 2)\text{ h}$ ，然后对试件进行编号并拆模。试件拆模后，应在标准养护条件下继续养护至 28 天后进行抗压强度试验。

(4) 标准养护的条件是：水泥混合砂浆的温度应为 $(20 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $60\% \sim 80\%$ ；水泥砂浆的温度应为 $(20 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ ，相应湿度 90% 以上；养护期间试件彼此间隔不小于 10 mm 。

(5) 试件从养护地点取出后应尽快进行试验，以免试件内部的湿度发生显著变化。试验前将试件擦拭干净，测量尺寸并检查其外观，试件尺寸精确至 1 mm ，并据此计算试件的受压面积。

(6) 将试件的振捣面侧面作为承压面，置于压力机上进行抗压。加荷速度为 $0.5 \sim 1.5\text{ kN/s}$ （砂浆强度小于或等于 5 MPa 时，取下限为宜；砂浆强度大于 5 MPa 时，取上限为宜）。记录试件的破坏荷载。