

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2017.02.030

欢迎按以下格式引用:黄显彬,邹祖银,廖曼,等. 土木工程材料课程试验与创新——以水泥混凝土抗渗试验为例[J]. 高等建筑教育. 2017,26(2):119-123.

土木工程材料课程试验与创新

——以水泥混凝土抗渗试验为例

黄显彬^{1,2}, 邹祖银^{1,2}, 廖曼¹, 牟思佳¹

(1. 四川农业大学 土木工程学院, 四川 都江堰 611830; 2. 村镇建设防灾减灾四川省高等学校工程研究中心, 四川 都江堰 611830)

摘要:土木工程材料课程试验是熟悉国家技术标准,验证和巩固所学理论知识,培养学生动手和创新能力的环节。以水泥混凝土抗渗试验为例,针对传统水泥混凝土抗渗试验过程复杂、试件密封困难、试验成功率不高、试验结果误差大等问题,在保持现有抗渗仪的试验机理基本不变的前提下,通过不断改进和总结,优化创新传统水泥混凝土抗渗试验仪及其试验操作,首次提出通过适当增大混凝土试件尺寸、增加内部预埋引压管等关键措施,直观察看渗水路径,提高抗渗试验的成功率。研究成果为土木工程材料课程及其它土木工程课程试验与创新提供了参考,值得土木工程材料课程和其它课程教学借鉴;同时将为修改和逐步完善现行规范提供技术支撑,为土木工程中抗渗结构带来社会和经济效益。

关键词:土木工程材料课程;试验;新型抗渗仪;创新

中图分类号:G64.423;TU3-4

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2017)02-0119-05

土木工程材料课程作为高等院校“大土木”环境下土木工程、房屋建筑工程、道路工程、桥梁工程等专业的必修课、基础课及专业课,在整个土木工程教学体系中起着承上启下的作用^[1]。其课程特点实践性强、知识体系分散^[2];内容繁杂、学时相对偏少^[3]。尤其是土木工程材料试验,它在培养学生实践能力和创新能力方面有举足轻重的作用^[4-5],既能增加学生动手操作的机会,加深课堂分散知识体系印象,充分理解理论与实践的区别和联系,熟悉试验的目的和意义,又能激发学生的创新能力和科研兴趣。

传统土木工程材料试验教学方法是教师在课堂上讲,学生按照教师的指令一步一步地操作,试验结束后撰写并提交试验报告^[6]。学生虽动手做了试验,但独立思考不够,积极主动性发挥不出来,不利于培养学生的动手能力和创新能力^[7]。教师必须创新思路,以学生为主体,充分调动学生的积极性和主动性,使学生理解土木工程材料学科的基本思维方法,掌握分析手段,提高试验技能和综合能力^[8]。科技创新分为原始创新和跟踪创新两种,技术上的属于技术创新,学术上的是知识创新,建设上的是工程创新^[9-11]。不少高校教学计划中土

收稿日期:2016-06-13

基金项目:村镇建设防灾减灾四川省高等学校工程研究中心资助项目(CDPMV1403);四川省教育厅科研创新团队资助项目(16TD0006);国家自然科学基金青年科学(5140081608)

作者简介:黄显彬(1965-),男,四川农业大学土木工程学院副教授,硕士生导师,主要从事公路、桥梁和隧道工程研究,(E-mail)936846627@qq.com。

木工程材料课程理论学时较多,试验学时相对偏少,如何在有限的学时下合理安排试验内容,最大限度地提高学生的动手能力和创新能力,值得思考。文章以水泥混凝土抗渗试验为例,针对现有水泥混凝土抗渗仪的缺点,提出新型水泥混凝土抗渗仪试验机理,通过相应的试验研究和理论分析,重点阐述了土木工程材料课程试验与创新。

一、研究背景

抗渗混凝土广泛使用在水工、水下、水中、地下和其它有抗渗要求的土木工程中(如大坝混凝土、隧道支护混凝土,等等)。根据规范 GB—T50082—2009《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》,采用 HP—4.0 抗渗仪进行水泥混凝土抗渗试验,这一传统方法沿用至今。长期实践表明:传统方法检测混凝土抗渗性能实现难度大,耗时长,成功率不高。如何准确判定水泥混凝土抗渗性能仍是一大难题,也成为了试验检测仪器设备、手段及相应理论滞后于工程应用。

目前国内外对于混凝土抗渗性能的研究有多种试验方法,其中以传统水压力试验法为主,分为稳定流动法(constant flow method)、渗透深度法(depth of penetration method)和抗渗标号法^[12-13]。R. P. Khatri and V. Sirivivatnanon 在研究中建立了稳定流动法与渗透深度法之间的联系,给出了两种研究方法的选择标准。究竟采用哪种试验方法,取决于混凝土的28d抗压强度 F_c^{28} 与龄期 T 之间的关系:

2. $3(T)^2 + 1.1(F_c^{28})^2 > 10\ 400$ 时,采用渗透深度法;

2. $3(T)^2 + 1.1(F_c^{28})^2 < 10\ 400$ 时,采用稳定流动法。

中国试验方法现行标准中采用抗渗标号法,即采用现有抗渗仪进行抗渗试验。该方法是渗透深度法的一种特例,特点是比稳定流动法和渗透深度法简单,适用于工程,但对于科学研究,该方法的研究数据太少^[12]。中国现有抗渗试验规范颁布超过20年,存在诸多弊端。在大众创新时代,土木工程专业本科教学需与时俱进,土木工程材料课程如何试验与创新是相关教师和学生的新课题。新型水泥混凝土抗渗仪的研制及其试验研究项目,试图采用独特思维和技术路线来诠释创新。

二、现有抗渗仪及其试验机理

(一) 现有抗渗仪概况

按照规范^[14] 现有抗渗仪由套模(又称“机架试模”)6个、台面、支架、加压系统、储水罐和压力控制系统等组成,利用密闭容器内压强处处相等的原理进行工作,如图1。

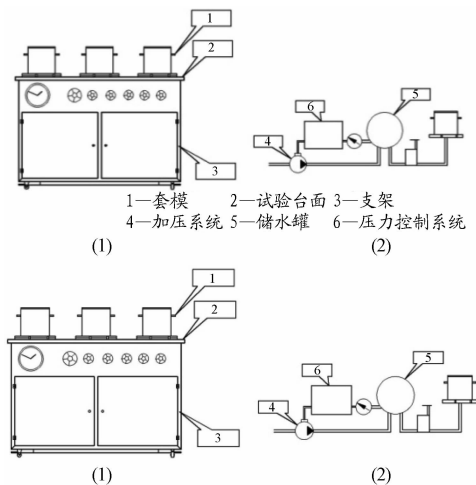


图1 现有抗渗仪结构体系示意图

(二) 现有抗渗仪试验机理

按照规范^[15] 现有抗渗仪试验机理为:抗渗试件以6个为一组(直径和高度均为150 mm的圆柱体试件),试件成型后24 h拆模,一般标准养护至28 d龄期进行抗渗试验。试件养护至试验前一天取出,表面晾干后在其侧面涂一层熔化的密封材料(一般为工业石蜡),随即将试件压入经烘箱预热过的试件套中,稍微冷却后即可解除压力,连同试件套装在抗渗仪上进行试验,如图2。

试验从水压为0.1 MPa开始,以后每隔8 h增加水压0.1 MPa,并且随时观察试件端面的渗水情况。当6个试件中有3个试件端面呈现渗水现象时,即可停止试验,记录当时的水压。试验过程中,如发现水从试件周边(试件与机架试模之间的密封带)渗出,则应停止试验,重新密封。混凝土的抗渗标号以每组6个试件出现渗水时的最大压力计算。

$$S = 10H - 1 \quad (1)$$

式中:S为抗渗标号;H为6个试件中3个渗水时的水压力,MPa。

(三) 现有抗渗仪及抗渗试验弊端

现有抗渗仪检测混凝土抗渗性能的实现难度大、耗时长、成功率不高。具体而言,主要问题有以下几个方面的问题。

(1) 试验程序复杂,密封困难。预制混凝土试件压入机架试模后,需进行密封,密封之前需要将混凝土试件、机架试模等预热,将工业石蜡加热至50~60℃熔化成液态,再将其滴入混凝土试件和机架试模中间的空隙区域,试图让石蜡冷却凝固后密封空隙,该程序大大增加了时间和资金成本。

(2) 试验结果误差大。不能保证试件与机架试模之间完全密封,致使试验时压力水可能从试件与机架试模之间的密封区域空隙渗出。事实上,在试模中制作水泥混凝土的试件还需经过适当加热试

件、工业石蜡等环节,谨慎操作也难以保证绝对成功。水泥混凝土抗渗试模,如图3。



图2 现有抗渗仪及抗渗试验照片

(3)观察渗水路径比较困难(试验时不排除水直接沿密封带上升至试件顶面,或从薄弱混凝土层渗透至试件表面的虚假渗透现象)。大多数情况仅

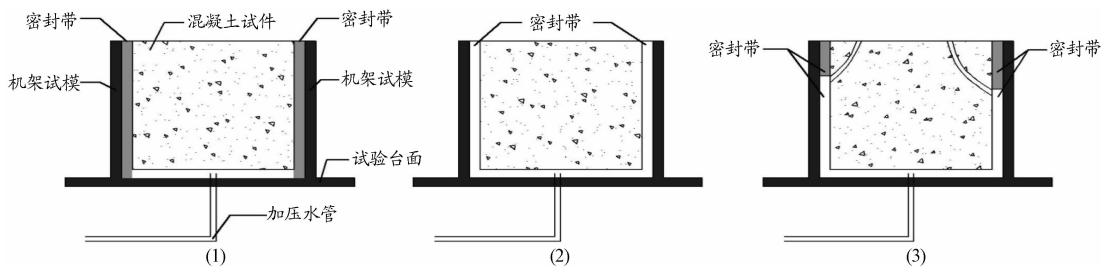


图4 现有抗渗仪密封示意图

仅从试件端面观察渗水情况。有时需将试件从机架试模中取出,用压力机将试件均匀劈成两半之后才能观察压力水的渗透路径,操作难度大。加压渗水试验时,理想密封状态,如图4(1);密封失效时,渗水沿着密封区域渗漏,如图4(2);部分密封失效,渗水通过密封通道在端部沿着混凝土薄弱区域渗水,如图4(3)。



图3 现有抗渗仪混凝土试件试模

三、新型水泥混凝土研制及其试验原理

(一)新型水泥混凝土抗渗仪研制思路

基于现有水泥混凝土抗渗仪的种种弊端,新型抗渗仪拟取消机架试模,省略密封环节,以方便观察渗水路径。

怎么样实现比较大胆而创新的设想?结合土木工程材料本科课程、现有抗渗仪的机理,课题组成员进行了长期构思并多次绘制草图,经过不断修改、完善,拟定在基本不改变现有水泥混凝土抗渗仪及试验机理的前提下,适当调整混凝土试件尺寸,在其中心部位预埋引压管,采用上下颠倒的方式将混凝土试件插入试验台中。

(二)新型水泥混凝土抗渗仪试验流程

具体流程为:制造扩大头和预埋引压管;用螺栓

组装扩大头和预埋引压管,如图5(1)、5(2);将组装后的预埋引压管和混凝土试模上的钢片螺栓连接,如图5(3);浇筑混凝土(预埋引压管直接浇筑在混凝土中);养护28d后将试件上下颠倒安装在试验台桌上;灌水加压;观察渗水路径。其中,扩大头上口为直径60mm、高20mm的喇叭口,下口与预埋引压管同径。上口扩大到60mm目的是增加压力水渗透面积,高度20mm目的是在浇筑混凝土之间浇筑一层同配比水泥砂浆作为临时模板,防止浇筑混凝土时水泥浆进入预埋引压管,如图5(4);灌水加压前将预留水管与预埋引压管接通,加压后压力水将从预埋引压管的扩大头渗透,从而可以任意从混凝土的上端面、侧面薄弱的地点渗透出来,如图5(5)。

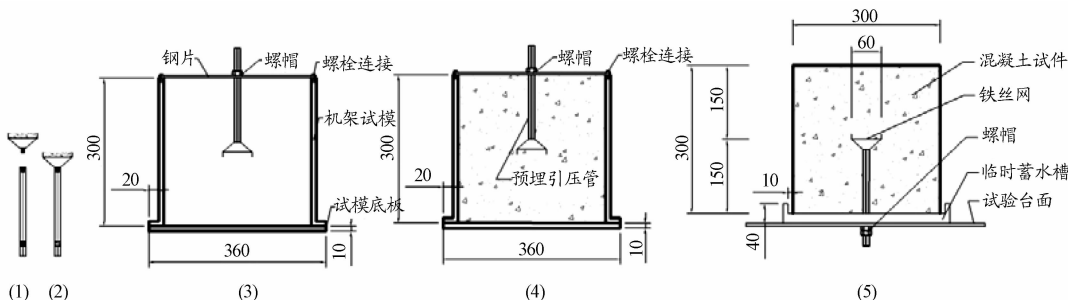


图5 新型抗渗仪试验流程图

(三)新型水泥混凝土抗渗仪试验机理

新型混凝土抗渗仪加压后,压力水自扩大头开

始,从混凝土中任意薄弱环节渗透,直至流出混凝土上端面或侧面中的任意面;因预埋引压管和混凝土

已牢固浇筑,紧密连接,压力水不会从引压管和混凝土之间的空隙渗透。

新型抗渗仪拟采用试件直径和高均为 300 mm 的圆柱体,从扩大头到混凝土的任意表面的距离最短为 150 mm,基本满足规范^[15]对最短渗水路径 150 mm 的要求。实际工作中水泥混凝土结构层抗渗相对于抗渗试件来讲是无限大的,客观上将试件尺寸从 150 mm 加大到 300 mm 与实际工程更为接近。试验效果有待于后续研究工作的进展及成果评定。

新型抗渗仪取消机架试模,可从混凝土上端面和侧面轻松观察渗水路径,能够实现除底面外的全方位、多角度观测渗水路径。

四、大学生创新训练计划项目申报

基于该项目的独特创意,项目经过小组评审、学院评审,在校级和省级层层筛选下,脱颖而出。目前已经获批四川农业大学大学生创新训练计划项目和四川省大学生创新训练计划项目,项目的获批为后续研制提供了重要平台和条件。

(一)项目技术路线

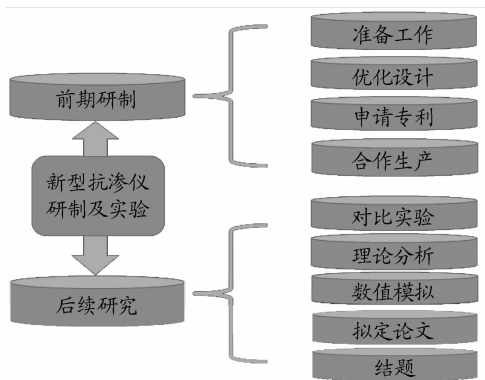


图6 新型抗渗仪研制及试验研究技术路线图

(二)项目进展及后续工作

目前项目进展:完成了实用新型(专利申请号 201610223488.3)和发明专利(专利申请号 201620299957.5)申请,与北京蓝航智晟试验仪器有限公司签订生产新型水泥混凝土抗渗仪的合作协议。四川农业大学土木工程学院制定了采购新型抗渗仪计划,新型水泥混凝土抗渗仪预计在 2016 年底投入试验。

后续研究工作:待样机生产制造成功,按照计划进行新型和现有水泥混凝土抗渗仪对比试验,(拟采用在建的国道 G213 线汶川县境内映秀至汶川的福堂隧道二次衬砌 C30 抗渗混凝土,随机抽样各不少于 50 组;现有抗渗仪 1 组 6 个试件,新型抗渗仪 1 组 3 个试件)。后续将对抗渗机理进行理论分析,利用 Pfc 等软件进行数值模拟,研究二者的相似性、差异性,及新型抗渗仪的可行性。把试验的重点放在新型抗渗仪的可操作性上,把分析的重点放在新型抗渗

仪的可行性上。

(三)项目的特色与创新

从技术创新方面来看,无需密封,能顺畅观察渗水路径,试验简单方便;预埋引压管,压力水从混凝土试件中部向四周薄弱区域自由渗透,满足现有规范要求,取消机架试模,无四周侧限附加压力限制。

从方法创新方面来看,拟进行新型和现有抗渗仪的对比试验,采用理论公式计算、数值模拟等理论分析方法,多角度多方法论证新型水泥混凝土抗渗仪的可行性。

五、讨论

教师和学生应熟悉土木工程材料课程及其试验基本内容,达到融会贯通。熟悉土木工程材料规范、标准,充分了解规范的本质及缺陷,是研制新型抗渗仪、进行创新思维的前提条件。

从一个普通抗渗试验入手思考现有抗渗仪的局限,联想到研制新型抗渗仪。这种修改和联想创新,远比某一具体试验及试验仪器本身重要得多,也是重要发明创造的基础。

六、结语

如何搞好土木工程材料课程试验、如何创新,是学者们长期研究和探讨的课题。水泥混凝土抗渗试验仪创新研制,得出如下结论。

(1)土木工程材料课程试验大多是常规试验,通过现有水泥混凝土抗渗仪及相应试验发现弊端,开启教师和学生改进思路,进而激发创新兴趣。

(2)新型水泥混凝土抗渗仪研制一波三折,但思路新颖,克服了现有抗渗仪密封困难、易从密封区域渗水、不易成功等缺点,通过在混凝土试件内部预埋引压管、取消机架试模等改进措施观察渗水路径更直观,试验更简单。

(3)现有和新型水泥混凝土抗渗仪后续对比试验(拟对比二者试验流程、渗水路径、试验结果吻合度)有序开展,理论分析思路明确,技术路线方案可行,研究结果值得期待。

(4)拟通过公式计算、数值分析等理论分析论证现有与新型抗渗仪试验的抗渗机理,完善新型抗渗仪试验的理论基础。

新型抗渗仪研制及其试验研究,研制思路和技术路线值得延伸和推广,值得土木工程材料课程及其它课程新型试验仪的研制及改进借鉴,也为土木工程其它专业课程的创新提供了有益参考。

参考文献:

[1] 聂忆华,曹国娥,等. 土木工程材料课程“学促教”教学模

- 式及效果评价[J]. 高等建筑教育, 2015, 24(6): 108 - 112.
- [2] 尹健, 李益进. 建筑材料教学改革实践[J]. 株洲工学院学报, 2014, 9(5): 47 - 49.
- [3] 王信刚, 胡明玉, 丁成平. 土木工程材料课程教学改革和效果评价[J]. 高等建筑教育, 2015, 24(2): 60 - 63.
- [4] 李雅文, 张云华. 高职院校建筑材料试验室规划建设探讨[J]. 试验技术与管理, 2014, 31(2): 218 - 220.
- [5] 李雯霞. 建筑材料课程建设中如何培养学生的职业能力[J]. 中国教育技术装备, 2012(2): 59 - 60.
- [6] 陈红光, 刘东. 建筑材料试验课程教学改革的探讨与实践[J]. 科技教育, 2010(7): 175 - 176.
- [7] 李雅文, 张云华. 高职院校建筑材料试验室规划建设探讨[J]. 试验技术与管理, 2014, 31(2): 218 - 220.
- [8] 陈兵, 吴雪萍, 王菁. 特色实验在建筑材料课程教学中的应用[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(6): 156 - 157.
- [9] 沈珠江. 采百家之长、酿百花之蜜——岩土工程研究中如何创新[J]. 岩土工程学报, 2005, 27(3): 365 - 367.
- [10] 岩土工程要注重创新和规划——访中国工程院院士王思敬[J]. 岩土工程界, 2002, 5(8): 7 - 8.
- [11] 刘汉龙. 岩土工程技术创新方法与实践[J]. 岩土工程学报, 2013, 35(1): 34 - 58.
- [12] 杨成, 谢和平等. 混凝土抗渗性能研究的现状与进展[J]. 混凝土, 2003, 160(2): 7 - 11.
- [13] R. P. Khatri and V. Sirivivatnanon. Methods for the Determination of Water Permeability of Concrete. ACI Materials Journal, Vol. 94, No. 3. May - June. 1997. p257 - 261.
- [14] JG/T 249 - 2009, 混凝土抗渗仪[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [15] GBJ 82 - 1985, 普通混凝土长期性能和耐久性试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1985.

Civil engineering materials experiment and innovation: taking cement concrete anti-permeability test as an example

HUANG Xianbin^{1,2}, ZOU Zuyin^{1,2}, LIAO Man¹, MOU Sijia¹

(1. College of Civil Engineering, Sichuan Agricultural University, Dujiangyan 611830, P. R. China;

2. Sichuan Advance Education Engineering Research Center for Disaster Prevention and Mitigation of Village Construction, Dujiangyan 611830, P. R. China)

Abstract: Civil engineering materials experiment is the important link to master knowledge of civil engineering materials. Taking cement concrete anti-permeability test for example, optimizing and innovating the traditional cement concrete anti-permeability instrument and the test itself, creatively puts forward the development thinking, technical route and experiment mechanism of new cement concrete anti-permeability instrument. Analysis shows that new cement concrete anti-permeability instrument and its test, under the premise of keeping anti-permeability instrument test mechanism unchanged, creatively proposes appropriate increase of concrete specimen size, pre-embedded press-leading tube internally, etc key measures, avoiding seal procedure of the existing anti-permeability instrument cleverly. Moreover, the subsequent comparative tests and theoretical analysis are worth looking forward to. And technical route will be also prudently carried forward. Test and development scheme cover innovation characteristics obviously. Research achievement provides important references for civil engineering materials experiment and innovation, as well as other civil engineering courses, and provides lessons for civil engineering materials teaching and other courses teaching. Simultaneously, the achievement promotes amendment and improvement in traditional codes, bringing social benefit and economic value for concrete in civil engineering anti-permeability structure.

Keywords: civil engineering materials; test; new anti-permeability instrument; innovation

(编辑 梁远华)