

水泥稳定碎石基层材料无侧限抗压强度试验误差控制研究

马秋菊

天津建质建设工程检测试验有限公司 天津 300252

【摘要】：水泥稳定碎石基层材料无侧限抗压强度试验是道路工程质量控制关键环节。试验误差影响对基层材料性能的准确评估。研究聚焦试验误差来源，从试件制备、养护条件、加载过程、设备精度及人员操作等方面深入分析，提出针对性误差控制措施。通过优化试验流程、强化过程管理，有效降低试验误差，提高试验结果准确性，为道路工程基层材料质量评估提供可靠依据，保障道路工程质量。

【关键词】：水泥稳定碎石；无侧限抗压强度；试验误差；误差控制；道路工程

DOI:10.12417/2705-0998.25.14.022

引言

水泥稳定碎石基层材料在道路工程中应用广泛，其无侧限抗压强度是评估基层质量的关键指标。试验误差的存在会导致强度评估不准确，进而影响道路工程质量判断。当前，试验误差控制缺乏系统性研究，试验结果波动较大，难以真实反映材料性能。探究误差来源并制定有效控制措施，对提升试验精度、保障道路工程质量具有重要意义。

1 试件制备误差的根源剖析与控制

1.1 原材料质量波动影响

原材料是构成试件的基础，其质量波动会对试件强度产生显著影响。水泥作为胶凝材料，其强度等级、活性等指标的差异，会导致水化反应程度不同，进而影响试件的强度发展。若水泥强度等级不符合要求，可能使试件强度达不到设计标准；而水泥活性不稳定，会使水化反应速率不一致，造成试件强度离散性增大。碎石作为骨料，其粒径分布、级配、形状及表面纹理等特性，也会对试件强度产生影响。粒径分布不合理、级配不良，会使骨料间空隙率增大，降低试件的密实度；碎石形状不规则、表面粗糙度不足，会影响骨料与水泥浆体的粘结性能，削弱试件的整体强度。控制原材料质量波动，需严格把控原材料的采购环节，选择信誉良好的供应商，确保原材料来源稳定可靠。加强原材料的检验检测工作，定期对水泥、碎石等原材料的性能指标进行检测，及时发现质量波动情况并采取相应措施进行调整。

1.2 配合比控制不精确问题

配合比是决定试件性能的关键因素，其控制不精确会直接导致试件强度误差。配合比设计不合理，如水泥用量过多或过少、骨料比例失调等，会使试件的力学性能发生改变。水泥用量过多，虽能提高试件的早期强度，但会增加收缩裂缝的风险，降低试件的耐久性；水泥用量过少，则无法提供足够的水化产物，导致试件强度不足。骨料比例失调，会影响试件的密实度和骨料间的嵌锁作用，进而影响强度发展。在拌和过程中，若计量不准确，也会导致实际配合比与设计配合比存在偏差。为

精确控制配合比，应采用科学的配合比设计方法，根据原材料性能和工程要求进行合理设计。配备先进的计量设备，如电子计量秤等，确保拌和过程中各原材料的用量准确无误。加强拌和过程的监控，定期对拌和设备进行校准和维护，保证拌和均匀性。

1.3 成型工艺不规范问题

成型工艺对试件的密实度和均匀性有着重要影响，不规范的操作会导致试件内部存在缺陷，从而引入误差。加压速率过快，会使试件中的空气来不及排出，形成孔隙，降低试件的密实度；加压速率过慢，则可能导致水泥浆体流失，影响骨料间的粘结。保压时间不足，试件在压力释放后会发生回弹，无法达到预期的密实度；保压时间过长，则可能对试件造成过度压实，改变其内部结构。为规范成型工艺，应制定详细的操作规程，明确加压速率、保压时间等关键参数。操作人员需严格按照规程进行操作，确保每个试件的成型条件一致。加强对成型设备的维护和管理，保证设备的正常运行，提高试件成型质量。

2 养护条件误差的影响机制与调控

2.1 温度影响机制与调控

温度对水泥水化反应速率有着显著影响，进而影响试件强度的发展。温度过高时，水泥水化反应加速，早期强度增长较快，但可能导致水化产物结构疏松，后期强度增长受限；高温还会加速试件内部水分的蒸发，使试件表面产生干缩裂缝，降低试件的强度和耐久性。温度过低时，水泥水化反应减缓，强度增长缓慢，甚至可能停止；长期低温养护还可能导致试件内部结冰，产生冻胀应力，破坏试件结构。为调控温度误差，应采用标准养护箱进行试件养护，精确控制养护温度，使其符合相关标准要求。在夏季高温季节，可采取降温措施，如增加养护箱的通风、使用冷却设备等；在冬季低温季节，则需采取保温措施，如采用保温材料包裹养护箱、使用加热设备等，确保养护温度稳定。

2.2 湿度影响机制与调控

湿度对试件的强度发展也起着关键作用。湿度不足时，试

件表水分蒸发过快,会导致水泥水化反应无法正常进行,使试件强度降低;水分蒸发还会引起试件干缩,产生裂缝,进一步削弱试件的强度。湿度过大时,试件内部水分积聚,可能影响水化产物的结构和性能;高湿度环境还可能滋生霉菌等微生物,对试件造成损害。调控湿度误差,需使用具有精确湿度控制功能的养护设备,确保养护湿度符合标准规定。在养护过程中,定期检查养护环境的湿度情况,及时调整加湿或除湿设备的工作状态,保持湿度稳定。注意养护箱的密封性,防止外界湿度对养护环境产生干扰。

2.3 养护时间影响机制与调控

养护时间是保证水泥充分水化、试件强度充分发展的重要因素。养护时间不足,水泥水化不充分,试件强度达不到设计要求;养护时间过长,虽能进一步提高试件强度,但会增加工程成本和时间周期,且强度增长幅度逐渐减小。确定合理的养护时间,应根据水泥品种、配合比、养护条件等因素进行综合考虑。一般情况下,按照相关标准规定的养护时间进行养护即可。在养护过程中,严格记录养护起始时间和结束时间,确保养护时间准确无误。避免在养护期间随意移动或扰动试件,以免影响强度发展。

3 加载过程误差的产生原因与修正

3.1 加载速率误差原因与修正

加载速率对试件的破坏形态和强度结果有着重要影响。加载速率过快,试件来不及充分变形就发生破坏,表现出明显的脆性破坏特征,导致测得的强度值偏低;加载速率过慢,试件在加载过程中会产生蠕变变形,使强度值偏高。加载速率误差的产生主要源于试验设备的控制精度和操作人员操作习惯。为修正加载速率误差,应使用具有高精度加载速率控制功能的电子万能试验机,确保加载速率稳定在规定范围内。在试验前,对试验机进行校准和调试,检查加载速率的准确性;试验过程中,操作人员应严格按照操作规程控制加载速率,避免随意改变加载速度。

3.2 加载方式误差原因与修正

加载方式不正确会导致试件受力不均,产生附加应力,从而会影响强度结果的准确性。偏心加载是常见的加载方式误差,它会使试件一侧受力过大,另一侧受力过小,导致试件提前破坏或强度值异常。加载方式误差的产生可能与试验机的加载装置设计不合理、试件安装不正确等因素有关。为修正加载方式误差,应优化试验机的加载装置设计,确保加载板与试件端面平行且接触良好;在安装试件时,使用对中装置将试件准确放置在加载中心位置,保证试件受力均匀。定期检查加载装置的磨损情况,及时更换损坏的部件,确保加载方式的准确性。

3.3 试件对中误差原因与修正

试件对中不准确会使试件在加载过程中产生偏心受力,引

入额外的弯矩和剪力,影响试件的破坏荷载和强度结果。试件对中误差的产生可能与试件端面不平整、加载装置的对中精度不高以及操作人员的操作失误等因素有关。为修正试件对中误差,在试验前应对试件端面进行打磨处理,使其平整光滑;使用高精度的对中装置对试件进行对中调整,确保试件轴线与加载轴线重合。在加载过程中,密切观察试件的受力情况,如发现试件有偏移现象,应及时停止加载并重新对中。

4 设备精度误差的检测方法与提升

4.1 压力传感器精度误差检测与提升

压力传感器用于测量试件破坏时的荷载,其精度直接影响强度计算的准确性。压力传感器精度误差的产生可能源于传感器本身的制造缺陷、长期使用后的老化以及受外界环境因素的影响等。检测压力传感器精度误差,可采用标准砝码进行校准。将已知重量的标准砝码放置在压力传感器上,记录传感器输出的电信号值,与理论值进行比较,计算出误差大小。若误差超出允许范围,应对压力传感器进行维修或更换。为提升压力传感器精度,应选择质量可靠、精度高的产品;定期对压力传感器进行维护保养,避免其受到碰撞、潮湿等损害;在使用过程中,注意环境温度、湿度等条件对传感器的影响,采取相应的防护措施。

4.2 位移传感器精度误差检测与提升

位移传感器用于测量试件在加载过程中的变形量,其精度对分析试件的变形特性和强度发展具有重要意义。位移传感器精度误差的产生可能与传感器的分辨率、线性度以及安装位置等因素有关。检测位移传感器精度误差,可使用量块进行校准。将不同厚度的量块依次放置在位移传感器的测量范围内,记录传感器输出的位移值,与量块的实际厚度进行比较,评估传感器的精度。若精度不满足要求,应调整传感器的安装位置或进行校准修复。提升位移传感器精度,需选用高分辨率、高线性度的传感器产品;在安装过程中,确保传感器与被测物体的接触良好,安装位置准确;定期对传感器进行检查和校准,保证其测量精度稳定。

4.3 试验机精度误差检测与提升

试验机是整个试验系统的核心设备,其精度直接影响加载过程的稳定性和准确性。试验机精度误差的产生可能与试验机的刚度、液压系统的稳定性以及控制系统的精度等因素有关。检测试验机精度误差,可采用标准试件进行比对试验。使用已知强度标准值的试件在试验机上进行加载试验,将测得的强度值与标准值进行比较,分析试验机的精度情况。若误差较大,应对试验机进行全面检查和调试,包括检查试验机的刚度是否满足要求、液压系统是否存在泄漏、控制系统是否运行正常等。提升试验机精度,需选用质量优良、性能稳定的试验机产品;定期对试验机进行维护保养和校准,确保其各部件正常运行;

加强对试验机操作人员的培训，提高其操作技能和维护意识。

5 人员操作误差的防范策略与培训

5.1 操作技能不足误差防范与培训

操作人员技能水平不足会导致试验过程不规范，如无法准确控制加载速率、记录试验数据不准确等，从而引入误差。防范操作技能不足误差，应制定详细的培训计划，对操作人员进行系统的培训。培训内容包括试验设备的操作方法、试验流程和规范、数据记录和处理等方面。通过理论讲解、实际操作演示和考核等方式，确保操作人员熟练掌握试验技能。鼓励操作人员不断学习和积累经验，提高自身的操作水平。

5.2 试验意识淡薄误差防范与培训

试验意识淡薄的操作人员可能忽视试验过程中的一些关键环节，如养护条件的控制、试件的安装对中等，从而影响试验结果的准确性。防范试验意识淡薄误差，需加强对操作人员的试验意识教育。通过组织培训课程、案例分析等方式，让操作人员深刻认识到试验准确性的重要性，增强其责任心和使命感。建立健全试验质量管理体系，明确操作人员在试验过程中的职责和义务，对违反试验规范的行为进行严肃处理，促使操作人员自觉遵守试验要求。

5.3 责任心不强误差防范与培训

责任心不强的操作人员可能在试验过程中敷衍了事，如不认真记录试验数据、不按规定进行设备维护等，导致试验误差增大。防范责任心不强误差，应加强对操作人员的职业道德教育，培养其严谨的工作态度和责任心。建立合理的绩效考核机制，将试验质量与操作人员的绩效挂钩，对工作认真负责、试验质量高的操作人员给予奖励，对工作失误、造成试验误差的操作人员进行惩罚。通过激励机制的引导，提高操作人员的工作积极性和责任心，减少人为误差的产生。

6 结语

水泥稳定碎石基层材料无侧限抗压强度试验误差控制是系统工程，涉及试件制备、养护条件、加载过程、设备精度及人员操作等环节。经剖析各环节误差，明确根源与影响机制，提出针对性控制措施。试件制备要把控原材料质量、控制配合比、规范成型工艺；养护条件调控需精确控制温度、湿度和时间；加载过程修正要合理控制加载速率、方式和试件对中；设备精度提升要定期检测压力、位移传感器及试验机等；人员操作防范要加强技能培训、意识教育和责任心培养。未来，道路工程技术发展对试验精度要求提高，需关注新技术应用，完善误差控制体系，提高试验准确性和可靠性，为道路工程质量控制提供支持，推动行业发展。

参考文献：

- [1] 李华,张明.水泥稳定碎石基层材料无侧限抗压强度试验研究[J].公路交通科技,2020,37(05):45-50.
- [2] 王强,刘伟.养护条件对水泥稳定碎石无侧限抗压强度的影响分析[J].建筑材料学报,2021,24(03):567-572.
- [3] 陈刚,周敏.加载速率对水泥稳定碎石基层材料强度试验结果的影响[J].交通科技,2019,(04):123-126.
- [4] 张伟,李丽.试验设备精度对水泥稳定碎石强度试验误差的影响研究[J].公路工程,2022,47(01):89-93.
- [5] 赵峰,马娜.人员操作规范对水泥稳定碎石无侧限抗压强度试验误差的防范[J].交通标准化,2020,(06):78-82.