

# 现场压实条件下的土石混合料变形特性试验研究

曾领

贵州黔水科研试验检测检测工程有限公司

**摘要：**土石混合料作为一种常见的工程材料，广泛应用于道路、堤坝、基础等工程建设中。在工程实际中，土石混合料常常需要在现场进行压实，以获得足够的密实度和稳定性。然而，在现场压实条件下，土石混合料的变形特性受到多种因素的影响，如含水率、压实能量等。因此，深入了解土石混合料在现场压实条件下的变形特性，对于工程设计和施工具有重要意义。过去的研究主要集中在室内试验条件下的土石混合料性质研究，缺乏对现场压实条件下变形特性的深入探讨。然而，现场压实条件与室内试验条件存在差异，如现场施工操作、环境湿度等因素会对土石混合料的变形产生影响。

**关键词：**现场压实；条件；土石混合料；变形；特性

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.20.051

## 引言

本研究旨在通过一系列现场压实试验，系统地研究土石混合料在不同含水率和压实能量条件下的变形特性。通过分析试验结果，揭示土石混合料的变形规律，为工程施工中的土石混合料选择和设计提供依据。同时，本研究还试图建立适用于现场工程实践的数学模型，以预测土石混合料的变形特性，为工程实际应用提供技术支持，填补现场压实条件下土石混合料变形特性研究的空白，为工程建设提供科学的技术支持和指导。

## 一、土石混合料的应用和特点

土石混合料是一种由天然土壤和石料按照一定比例混合而成的复合材料，具有多种工程应用。其独特的物理和力学特性赋予了它在道路、堤坝、基础等工程建设中的重要地位。土石混合料可作为路基填料，用于道路的路基层，能够提高路基的承载力和稳定性。经过合适的处理和压实，土石混合料可以用作柔性路面或者混凝土路面的基层，提供均匀的支撑和传力。土石混合料广泛应用于土石坝的填筑，有助于减少坝体的渗透性，提高坝体的稳定性。在边坡防护工程中，土石混合料可以用于边坡表面的保护覆盖层，减少侵蚀和土壤流失。土石混合料可用作建筑物基础的垫层，平整地基表面，分散荷载，减小沉降差异，提高基础的稳定性和均匀性<sup>[1]</sup>。由于土石混合料中含有大量的天然土壤和石料，

其制备过程相对简单，不仅可以减少对天然资源的开采，还可以利用废弃土石料进行回收和再利用，从而降低环境负担。

土石混合料的组成比例可以根据具体工程需求进行调整，以满足不同工程要求。土石混合料在现场施工过程中具有较强的可塑性和适应性，能够适应不同的施工条件和要求。适当的土石混合料可以提高抗冲刷性能，降低水流侵蚀对工程结构的影响。土石混合料的石料成分能够提供较好的排水通道，减少积水对工程稳定性的影响。土石混合料作为一种多功能的工程材料，在各种工程建设中具有广泛应用前景。在不同的工程场景下，土石混合料的组成和性能可以进行调整和优化，以满足工程的技术和经济要求。

## 二、现场压实条件下的变形特性研究现状

现场压实条件下土石混合料的变形特性研究是土工工程领域的重要课题。过去几十年来，研究者们在这个领域取得了一系列有价值的成果，不仅加深了对土石混合料变形行为的理解，还为工程实践提供了重要的指导。近年来，许多研究致力于通过试验方法，对土石混合料在现场压实条件下的变形特性进行定量分析。这些研究通常涵盖了不同压实能量、含水率等因素的影响，以及变形模量、抗变形能力等指标的测定<sup>[2]</sup>。为了更好地预测土石混合料在现场压实条件下的变形行为，研究者提出了一些本构模型，试图描述其力学行为。这些模型通常基于试验数据和数学理论，能够为工程实际提供变形预测依据。研究者关注土石混合料变形特性的影响因素，如含水率、颗粒组成、压实能量等。通过系统试验和分析，揭示了这些因素对土石混合料变形行为的影响机理。许多土工工程项目在现场应用土石混合料时，需要考虑其变形特性。一些研究通过实际工程案例，探讨了土石混合料在道路、堤坝、基础等工程中的变形特性和应用效果。随着现代测试技术的发展，如激光测距仪、应变计等，研究者能够更精准地监测和记录土石混合料在压实过程中的变形情况，为变形特性研究提供了更多数据支持。现场压实条件下土石混合料的变形特性研究已经取得了显著进展。然而，仍然存在一些挑战，如实验方法的标准化、变形模型的精确性等问题，需要进一步的深入研究。这些研究成果为土石混合料在工程实践中的应用提供了有力的理论和实验支持。

## 三、现场压实条件下的土石混合料变形特性试验

### (一) 土石混合料的取样和准备

在进行现场压实条件下的土石混合料变形特性试验之前，合理的取样和准备过程对于试验结果的准确性和可靠性具有重要意义。根据工程需求和研究目的，在现场选择代表性的取样点，涵盖不同地质条件和压实情况。避免取样点受到临时水源、沟槽等外界因素的影响，确保取样的代表性。采用土工学常用的取样器具，如环刀、取土器等，保证取样过程中土石混合料的结构不受破坏。根据土石混合料的颗粒大小和含水率，选择合适的取样器口径和深度，以获取真实的取样体积。根据研究的具体要求，确定合理的取样数量和频率，以保证试验数据的统计意义和可靠性。在不同地点和不同压实阶段进行取样，以获取全面的变形特性信息。在取样过程中，要详细记录每个取样点的位置、深度、取样时间等信息，以便后续试验数据的分析和解释。将取样的土石混合料放置在干燥、通风的地方，避免因水分蒸发导致颗粒结构变化。如有需要，进行颗粒分析、含水率测定等试验，以获得土石混合料的基本物理特性。取样和准备的环节对于后续试验的可靠性和有效性有着重要影响。正确的取样方法和严格的准备过程能够确保试验样品的代表性和一致性，从而保证试验结果的科学性和实用性。

### (二) 试验设备和试验方案

进行现场压实条件下的土石混合料变形特性试验需要合适的设备和科学的试验方案，以确保试验的可重复性和准确性。选择适当的压实机，确保能够模拟现场压实条件，具备可调节的压实能量和压实次数。根据试验要求，选择合适的模具尺寸和形状，确保取得标准化的试样。选用能够测量土石混合料变形的设备，如压缩仪、剪切仪等，以获取变形参数。可选用应变计、位移传感器等设备，监测压实过程中的变形情况。根据研究目的，制定合理的压实方案，包括压实能量的选择、压实次数的设定等。按照设定的压实方案，制备具有一定密实度的土石混合料试样，保证试验的可比性。根据试验要求，选择适当的变形测试方法，如轴向压缩试验、三轴剪切试验等。在试验过程中，记录试验数据，包括加载-变形关系、应力-应变曲线等。试验结束后，进行数据分析，得出相应的变形特性指标。在试验过程中，需注意控制影响变形特性的其他因素，如环境温度、湿度等，以确保试验结果的准确性和可比性。为了得到可靠的试验结果，建议进行多组试验，涵盖不同的含水率、压实能量等参数，以观察变形特性的规律性和趋

势。合适的试验设备和科学的试验方案是保证试验结果可信和可应用的基础。在试验过程中，严格按照设定的方案进行操作，同时注意数据记录和分析，以获得对土石混合料在现场压实条件下变形特性的准确认识。

### (三) 各试验组的参数设置

为了深入研究现场压实条件下土石混合料的变形特性，需要设计不同的试验组，分别考虑不同的参数设置。在每个试验组中，选择不同的含水率作为试验条件，以模拟不同场地土壤的实际状态<sup>[3]</sup>。设计一系列试验组，涵盖不同含水率范围，例如干燥状态、优化含水率、饱和状态等。确定不同的压实能量水平，以模拟不同的施工情况。在每个试验组中，设置不同的压实能量，例如不同的压实层数、不同的压实次数等。根据研究目的，选择合适的变形测试类型，可以考虑轴向压缩试验、三轴剪切试验等，以获取不同方向上的变形信息。根据试验标准或研究要求，确定合适的试样尺寸和形状，确保试验的可重复性和可比性。确定每个试验组的试验频率，即在何时记录变形数据，可以是固定时间间隔或固定应力水平。设定每个试验的持续时间，确保在一定时间内获得足够的变形数据。为了分析特定参数对变形特性的影响，其他参数需要保持恒定，如温度、湿度等。为了提高试验结果的可靠性，建议对每个试验组进行多次重复试验，以获得更稳定的平均值和标准偏差。通过不同参数设置的试验组，可以系统地研究土石混合料在不同条件下的变形特性。合理的参数选择能够揭示土石混合料的变形规律和影响因素，为后续数据分析和模型建立提供有力的支持。

### (四) 试验结果与分析

#### 1. 不同含水率下的变形特性对比分析

不同含水率下的变形特性对比分析在现场压实土石混合料的工程实践中具有重要意义。含水率作为影响土壤性质和力学行为的关键因素之一，在土石混合料的变形特性研究中扮演着重要角色。含水率是土石混合料中的一个重要参数，它影响着土石颗粒之间的黏聚力、摩擦力以及孔隙水的存在与分布。在进行现场压实条件下的变形特性试验时，选择不同的含水率范围进行对比分析，有助于深入理解土石混合料的变形行为和工程性能。随着含水率的增加，土石混合料的变形模量逐渐降低。这是因为较高的含水率会导致土石颗粒之间的黏聚力降低，使得材料整体的刚度减小。在实际工程中，含水率较高的土石混合料在受载时更容易发生较大的变形，因此在选择含水率时需要权衡变形特性和工程需求。随着含水率的增加，土石混合料的变形能力逐渐

增强。相对较高的含水率有助于土石颗粒之间的相对位移，从而减轻了应力传递，提高了材料的变形能力。这在一些需要耐变形性能的工程中具有积极意义，如在地基填筑和边坡稳定中的应用。在不同含水率下，土石混合料的应力-应变曲线呈现出不同的特点。低含水率条件下，土石混合物表现出较为刚性的行为，而高含水率条件下，则更具有延性。在工程设计中，理解不同含水率下的压缩曲线特点，有助于合理预测土石混合料的变形响应。通过对比分析，可以深入探讨不同含水率下土石混合料的变形机制。例如，在较低含水率下，土石颗粒更容易发生紧密排列，导致较大的刚性变形；而在较高含水率下，水的润滑作用可能减缓颗粒间的摩擦，从而增强了变形能力。不同含水率下的变形特性对比分析有助于把握土石混合物在不同水分状态下的力学行为规律。在工程实践中，根据具体工程要求，选取合适的含水率范围，可以优化土石混合料的变形性能，提高工程结构的稳定性和耐久性。

### 2. 不同压实能量下的变形特性对比分析

不同压实能量下的变形特性对比分析在土石混合料的研究中具有重要意义，特别是在道路、堤坝和基础工程等实际施工中，压实过程对材料的变形特性和稳定性有着重要影响。压实能量是指施加在土石混合物上的压实应力与其体积的乘积，是衡量压实效果的重要参数。随着压实能量的增加，土石混合料的变形量通常会减小。较大的压实能量能够使土石颗粒更紧密地排列，从而减小颗粒间的相对位移，降低整体变形量。这对于需要控制变形的工程项目尤为重要，如路基和边坡的填筑<sup>[4]</sup>。较大的压实能量通常会提高土石混合料的抗变形能力。高压实能量能够有效增加土石颗粒间的摩擦和黏聚力，降低材料的孔隙度，从而提高抗变形性能。这对于承受较大荷载或长期变形的工程结构尤为重要。不同压实能量下，土石混合料的压缩曲线呈现出不同的特点。较大的压实能量会导致曲线的峰值应力增加，压缩模量增大，整体的刚性特点更加明显。这对于优化压实过程、预测工程变形以及进行基础设计具有指导意义。通过对比不同压实能量下的变形特性，可以深入分析土石混合料的变形机制。较大的压实能量有助于增强土石颗粒之间的接触，减小颗粒的相对位移，从而改善整体的变形性能。不同压实能量下的变形特性对比分析可以揭示土石混合物在不同压实状态下的变形规律。在工程实践中，合理选择适当的压实能量，可以优化土石混合料的变形性能，提高工程结构的稳定性和耐久性。

### 3. 压实次数对土石混合物变形的影响分析

压实次数是土石混合物在现场压实过程中的一个重要操作参数，它直接影响着土石混合料的密实程度和变形特性。随着压实次数的增加，土石混合料的密实程度逐渐提高。重复的压实能够使土石颗粒更紧密地堆积，减小孔隙度，从而降低了变形的可能性。因此，适当增加压实次数有助于提高土石混合料的密实程度。适度的增加压实次数可能会显著减小土石混合料的变形。通过增加压实次数，土石颗粒之间的相对位移减少，导致土石混合物整体变形较小。这对于那些要求变形稳定性的工程结构尤为重要。增加压实次数可以提高土石混合料的抗变形能力<sup>[5]</sup>。较大的压实次数能够增强颗粒之间的摩擦和黏聚力，改善材料的变形特性，从而增加了土石混合料的耐久性和稳定性。递减效应是指压实次数逐渐增加后，对密实程度的进一步提升逐渐减弱的现象。在一些情况下，增加压实次数可能不会显著改善变形特性，因此需要在实际工程中权衡增加压实次数的成本与效益。增加压实次数会消耗更多的能源和时间。在工程实践中，需要平衡增加压实次数对土石混合物变形特性的影响和施工成本之间的关系。压实次数对土石混合物变形的影响与工程实践紧密相关。在设计压实方案时，需要结合实际工程情况，选择合适的压实次数，以实现预期的变形特性和稳定性要求。

### 总结

综上所述，现场压实条件下土石混合料的变形特性研究为工程实践提供了重要的理论和实验支持。通过合理选择含水率、压实能量和压实次数，可以实现优化的变形性能，提高土石混合物在工程中的应用效果。未来的研究可以进一步探讨不同变形特性之间的关系，以及结合数值模拟等方法，深入理解土石混合料的力学行为。

### 参考文献

- [1] 段玉昌, 顾一鸣, 洪磊, 等. 现场压实条件下的土石混合物变形特性试验研究[J]. 水利水电技术, 2021, 052(011): 239-246.
- [2] 董亚红, 艾英钵, 徐阳阳, 等. 土石混合物与岩石接触面变形特性模拟试验研究[J]. 河南科学, 2019, 37(12): 8.
- [3] 罗宏. 土石混填路基压实度测试技术及其工程应用[D]. 湖南大学, 2016.
- [4] 刘永红. 土石混合物压实特性室内试验研究[J]. 公路与汽运, 2010(5): 3.
- [5] 赵云. 飞机荷载作用下高填方机场道基动力响应及累积沉降研究[D]. 浙江大学[2023-08-21].