亮点论文评论

doi: 10.19509/j.cnki.dzkq.tb20260001

评论：加筋废弃钢渣混合土循环剪切性能

李长冬

中国地质大学（武汉）a. 工程学院；b. 湖北巴东地质灾害国家野外科学观测研究站，武汉 430074

自 20 世纪 50 年代末复合材料开始应用于岩土工程领域以来，经过几十年发展，相关加固技术体系已广泛应用于路基、挡土墙等工程，相关技术体系不断完善，为地质灾害防治提供了一定的科技支撑。但传统砂石填料需求量大，对地质环境会造成一定的影响。近年来，在绿色低碳与固废资源化背景下，传统砂石回填与胶结固化材料在资源消耗、生态扰动与碳排放等方面的约束日益凸显，推动稻壳灰和冶金废渣等固废材料逐步进入填筑、回填与地基处理等工程环节。围绕固废替代材料的工程适配性、服役稳定性与长期耐久性开展系统研究，已成为岩土工程材料体系转型的重要方向[1-2]。

在此背景下，废弃钢渣因来源稳定、产量大且工程性质优良而具有代表性。我国钢渣年排放量大，但综合利用率较低，长期堆存不仅占用土地资源，还可能引发相关的地质环境问题；而钢渣高硬度、良好耐水性与耐久性在回填与改良材料具有工程应用前景。现有研究已从强度、承载比、渗透特性、耐久性等方面验证了钢渣及其混合料的工程可行性，并显示其可在一定条件下改善土体力学特性。然而，相较于静力与一般力学性质研究，关于钢渣–混合土在循环剪切作用下的力学演化认识仍有不足，须进一步深入研究。

《加筋废弃钢渣混合土循环剪切性能》一文针对上述挑战，采用大型直剪、循环剪切及循环后直剪试验，对钢渣–黏土混合土、砂–黏土混合土与黏土开展对比研究，重点分析了不同钢渣掺量、竖向应力、含水率与剪切幅值条件下的筋–土界面强度、剪切刚度、阻尼比及位移响应。该研究具有较强的工程针对性，可为钢渣代替砂改良黏土提供参考依据，契合工业固废资源综合利用的理念。

该文的核心贡献可归纳为以下 3 个方面：

1. 阐明了钢渣替代砂改良黏土效果的优越性

通过钢渣–黏土、砂–黏土与纯黏土的直剪、循环剪切及循环后直剪对比，表明钢渣能更显著提高筋–土界面剪切应力与界面强度水平。试验结果表明，钢渣的掺入有效提高了土体界面剪切应力，增加了混合土体黏聚力和内摩擦角，具有较好的工程特性。

2. 揭示了循环动力作用下钢渣–混合土关键力学特性及其主控因素

研究总结了界面剪切刚度与阻尼比随循环次数、竖向应力、剪切幅值与含水率的变化规律，指出含水率对剪切应力、刚度与阻尼比的影响最为显著。随循环次数的增加，土体界面剪切刚度增加、阻尼比减小；随含水率的增加，土体界面剪切刚度减小、阻尼比增加，研究规律对于工程应用具有一定参考意义。

3. 提出了考虑循环作用下的强度演化特征的工程推荐钢渣掺量

试验结果表明，40% 钢渣掺量在加筋废弃钢渣混合土剪切应力、剪切刚度与阻尼比方面综合表现最佳；同时发现循环荷载后界面抗剪能力总体提升，呈现更好的减震耗能性，可为钢渣改良回填材料在动力作用条件下的工程应用提供参考依据。

需指出的是，在实际工程应用中，固废基回填材料（如钢渣–黏土混合土）的适用性与效果依赖于地质体结构特征及其含水状态的时空演化，因此应结合工程地质勘察成果与水文地质条件，分区确定回填范围、层厚与材料级配，并在不同湿干循环与动力荷载水平下细化考虑回填体的压实控制、界面处理方式以及与支挡结构的协同作用机制，避免仅依据室内最优掺量直接外推到复杂地层条件下。

展望未来，固废基材料在地质工程与地质灾害防治中的应用有望从“替代砂石”走向“可设计的功能型工程材料体系”，应建立覆盖力学性能、耐久性与环境地质边界的标准体系，实现从试验可行到工程应用；该方向可服务于地质灾害防治韧性提升与固废资源化的绿色低碳转型。

参考文献：

[1] 李丽华，韩琦培，杨星，等. 稻壳灰–水泥固化淤泥土力学特性及微观机理研究 [J]. 土木工程学报，2023，56(12)：166-176.
LI L H, HAN Q P, YANG X, et al. Mechanical properties and micro-mechanisms of RHA-cement solidified sludge[J]. China Civil Engineering Journal, 2023, 56(12): 166-176. (in Chinese with English abstract)

[2] 李丽华，黄畅，李文涛，等. 稻壳灰–矿渣固化膨胀土力学与微观特性研究 [J]. 岩土力学，2023，44(10)：2821-2832.
LI L H, HUANG C, LI W T, et al. Study on mechanical and microscopic characterization of expansive soil solidified by rice husk ash-granulated blast furnace slag[J]. Rock and Soil Mechanics, 2023, 44(10): 2821-2832. (in Chinese with English abstract)