# **工程杳土在道路工程的资源化利用**

**摘要：**针对上海某地区积存的大紙工程渣土，提出应用固化剂稳定工程渣土作为道路底基层、路基的技术方案，以强度及耐久性为关键控制指标，分析不同类铟同化淹土路用性能。试验结果表明，固化渣土可以满足不同等级道路底基层、路基的性能要求，并具有较好的水稳定性，可以用作道路底基层、路堪填料。

城镇化建设为我国经济持续快速发展带来重要贡献的同时．也使城市发展面临着巨大的环境和资源压力，据行业调研报告预测，２０２０年我国的建筑垃圾产生量将达到３９．６６亿吨，其中约２／３为工程渣土。目前，国内绝大部分的工程渣土不经任何处理便被运往郊区或码头，采取雜天堆放、填埋或海洋倾倒等粗放式方法进行处由此不仅占用大Ｍ土地、污染环境，还存在着较大的安全隐患。这已成为制约城市可持续发展的重要问题，亟待解决。与此同时，城市道路工程在建设过程中又需要大ｆｉ的筑路材料。土是一种理想的筑路材料，但工程渣土因产生来源广、特性差异大、含水率高、水稳定性差及力学强度低等原因，无法直接作为填料用于道路工程中。本文以上海某地Ｋ积存的大Ｍ工程渣土为研究对象，针对炖来源广、特性差异大、力学强度低、资源化利用难度大的特点，在总结国内外工程渣土再生利用技术的基础上，提出应用固化剂稳定工程渣土作为道路底基层、路基的技术思路，以强度与耐久性为关键控制指标，分析不同类型固化渣土的路用性能。

****１工程渣土特性分析****

现场取样，共取回５种具有代表性的工程猹土，对渣土特性进行试验分析，包括初始含水率、液塑限与颗粒组成。

**１．１初始含水率试验**

按照《公路土工试验规程》（ＪＴＧ３４３０－２０２０）中规定的烘干法对５组工程渣土的初始含水率进行测定测试结果见表１。

**１．２液塑限试验**

对５组工程渣土进行烘干后破碎，并过０．５ｍｍ筛，利用液塑限联合测定仪，按照《公路土工试验规程》（ＪＴＧ３４３０－２０２０）中对渣土的液限及塑限进行测定，试验结果见表２

**１．３颗粒分析试验**

考虑到工程渣土后期改良作为道路材料时对最大粒径的限制及筛分试验对粒径大小的要求，对工程渣土烘干后，先筛除粒径大于６０ｍｍ的颗粒。按照《公路土工试验规程》（ＪＴＧ３４３０－２０２０）中规定的筛分法，对５组工程渣土进行颗粒分析试验，结果如图１所示。由图１可知，５种工程渣土的细粒组质量分数分别为６９．７％、６１．４％、７０．７％、７１．５％及７９．６％，即５种工程渣土中，细粒组质量分数均大于５０％。依据《公路土工试验规程》（ＪＴＧ３４３０－２０２０）中对土的工程分类方法，属细粒土。且５种渣土中，粗粒组质量为总质量的２０％？５０％，因此５组工程渣土均属于含粗粒的粉质土或含粗粒的黏粒土。根据液塑限测试结果可最终判断，５组工程渣土均为含粗粒的低液限黏土，且初始含水率较高。除２＃渣土外，其余４种渣土初始含水率均高于其自身液限，因此这些渣土均无法作为道路填料直接加以利用。

****２固化改良方案****

工程渣土无法直接作为道路填料来使用，需要进行固化改良以满足路基、底基层性能要求。选择专用土壤固化剂与石灰进行改良效果比对，其中土壤固化剂选择上海申环环境工程有限公司提供的“申环固土一１６”型土壤固化剂。固化剂是一种粉末状复合型高效土壤固化剂，满足《土壤固化剂应用技术标准》ＣＪＪ／Ｔ２８６０－２０１８及《土壤固化外加剂》ＣＪ／Ｔ４８６－２０１５相关规定；生石灰符合现行行业标准《建筑生石灰》ＪＣ／Ｔ４７９中规定，等级不低于三级。具体试验方案如下：

**２．１固化剂改良方案**

向５组工程渣土中掺人推荐掺量的固化剂并拌合均匀，按照《公路土工试验规程》ＵＴＧ３４３０－２０２０）中规定的重型击实法对混合料进行击实试验，确定其最佳含水率及最大干密度。对用作路基填料的固化渣土混合料进行ＣＢＲ及干湿循环测试，固化剂用量为６％；对用作道路底基层的固化渣土混合料，测试其７ｄ无侧限抗压强度，固化剂用量为８％。

**２．２石灰改良方案**

向５＃工程渣土中分别掺人６％及１２％的生石灰并闷料２—３ｄ，进行破碎及翻晒，按照《公路土工试验规程》（ＪＴＧ３４３０－２０２０）中规定的重型击实法对两种掺量下的石灰改良渣土进行击实试验，确定其最佳含水率及最大干密度。对６％石灰改良工程渣土进行ＣＢＲ及干湿循环测试，对１２％石灰改良工程渣土进行７ｄ无侧限抗压强度。

****３性能试验****

分别进行ＣＢＲ试验、无侧限抗压强度与干湿循环试验，分析固化渣土性能。

**３．１ＣＢＲ试验**

对用作路基填料的５种固化渣土混合料及６％石灰改良工程渣土进行击实试验与ＣＢＲ测试，结果见表３。由表３中结果可知，根据《城市道路路基设计规范》ＣＪＪ１９４－２０１３中对于路基填料强度（ＣＢＲ值）要求的相关规定，６％石灰改良工程渣土不满足道路路床性能的要求。而利用土壤固化剂改良的５种固化渣土混合料ＣＢＲ值较高，可满足不同等级道路路基各层位对填料强度的要求，且具有较高的富余。

**３．２无侧限抗压强度试验**

无侧限抗压强度是道路底基层材料的重要力学指标，对用作道路底基层的５种固化渣土混合料及１２％石灰改良工程渣土进行击实试验与７ｄ无侧限抗压强度测试，结果如表４所示。由表４中结果可知，１２％石灰改良的工程渣土７ｄ无侧限抗压强度最低，而其余５种固化剂改良的工程渣土混合料７ｄ无侧限抗压强度较高，最小值为０．８４ＭＰａ，最大值为１．０６ＭＰａ。根据《城镇道路路面设计规范》ＣＩＩ１６９－２０１２中对石灰稳定类材料的７ｄ无侧限抗压强度要求可知，用于轻交通的下基层材料７ｄ无侧限抗压强度值应＞０．７ＭＰａ，而用于重、中交通的下基层材料７ｄ无侧限抗压强度值应＞０．８ＭＰａ。由此可知，利用石灰对５＃工程渣土进行固化改良，其强度值无法满足规范要求，而利用固化剂改良的工程渣土混合料可满足不同交通荷载下对底基层材料的强度要求。

**３．３干湿循环试验**

为研究作为路基填料的固化渣土混合料及６％石灰改良工程渣土的水稳定性，按如下试验步骤进行干湿循环试验：（１）按照《公路土工试验规程》（ＪＴＧ３４３０－２０２０）中规定，对５组固化渣土混合料及６％石灰改良工程渣土进行无侧限抗压强度试件成型，标养７ｄ后浸水３０ｍｉｎ，随后取出并擦干表面水。（２）将试样放人烘箱内（６０士５）°Ｃ烘１２ｈ后取出，此为１次干湿循环。（３）重复上述浸水及烘干操作，增加试样干湿循环次数，并观察试样外观变化情况。根据６组试样干湿循环试验过程中的外观变化可知，５＃渣土利用６％石灰改良后，在第４次干湿循环试验时，浸水后快速崩解，无法进行后续试验，如图２所示。而利用固化剂改良的５组固化渣土混合料，其所成型试样在经过１０次干湿循环后，试样表面光滑无裂纹，如图３所示。由此表明，利用固化剂改良的固化渣土混合料具有良好的水稳定性。图２第４次干湿循环后（石灰改良渣土）图３第Ｍｔ次干湿循环后（固化渣土）

****４结语****

综上可知，对于项目所取的５种工程渣土，采用不同固化改良方案对其进行改良，通过试验分析，可得如下结论：（１）利用６％石灰对工程渣土进行固化改良，不满足道路路床性能要求，且水稳定性较差。而利用专用土壤固化剂改良的工程渣土，其ＣＢＲ值可满足不同道路等级各层位对强度值的要求．且水稳定性良好。（２）利用１２％石灰对工程渣土进行固化改良，其７ｄ无侧限抗压强度值仅为０．５１ＭＰａ，不满足规范对城镇道路底基层材料的强度要求。而利用固化剂改良的工程渣土，其７ｄ无侧限抗压强度值可满足不同交通荷载下对底基层材料的强度要求。（３）选择的专用土壤同化剂对所取的５种工程渣土均具有良好的闶化改良效果，具有良好的适应性，可应对工程瘡土来源广、特性差异大的特点。

****参考文献：****

［１］周海龙．屮向东．土壤间化剂的应用研究现状与展望［Ｊ］．材料导报，２０１４，２８（９）：１３４－１３８．

［２］李沛，杨武，邓永锋．ｅｔａｌ．土壤固化剂发展现状和趋势［Ｊ］．路基工程，２０１４（３）：１－８．

［３］宋南京，陈新中，赵洪义．土壤固化剂的研究进展和应用［Ｊ］．中国建材科技，２００９（１）：５５－６１．

［４］周海龙，申向东．薛慧君．派酶土壤固化剂在我国的应用与研究现状［Ｊ］．硅酸盐通报，２０１６，３２（９）：１７８０－１７８４．