

文章编号:1673-9469(2009)02-0013-03

## 粉煤灰水泥改良垃圾土的强度试验研究

程祖锋,牛中元,杨大顺  
(河北工程大学 资源学院,河北 邯郸 056038)

**摘要:**分析了垃圾土的组成及性质,介绍了其特点。对人工垃圾土掺入不同质量比的粉煤灰水泥,制样、养护,在8个不同养护龄期对样品进行无侧限抗压试验,研究其随着龄期增长的各种情况下的强度特征。试验结果表明:垃圾土具有一定的结构,加粉煤灰水泥改良后,垃圾土的强度显著增强。

**关键词:**水泥;改良垃圾土;应力—应变关系

**中图分类号:** P642

**文献标识码:** A

### The experimental study on strength of improved MSW

CHENG Zu-feng, NIU Zhong-yuan, YANG Da-shun

(College of Natural Resource, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

**Abstract:** The nature and composition of the improvement of municipal solid waste (MSW) were analyzed. Different proportion the quality of the fly ash cement to the MSW were blended. The unconfined compressive tests were carried out in 8 different conservation age to study the strength characteristics with the growth of a variety of conservation age. The results show that the MSW has a certain structure, but the structural weak increase its fly ash cement improved, the improved MSW has a strength enhanced markedly. But the growth of age will be a certain degree of decline. We can conclude that there are many factors which affect the strength characteristics of the MSW in the environment.

**Key words:** cement; improved MSW; stress - strain relation

目前国内外对垃圾土的研究,主要集中在沉降计算方面,很多学者建立了一些MSW沉降计算的模型,但是对于垃圾土的改良方面却少有研究<sup>[1]</sup>。

美国EPA将水泥基材料固化称为处理有害有毒废物的最佳技术。张天红<sup>[2]</sup>、李文斌<sup>[3]</sup>、李永华<sup>[4]</sup>等对水泥改良垃圾土做的研究可知,改良剂可提高水泥的早期强度,土颗粒对各种离子的吸收可降低水泥加固土的强度。由于垃圾填埋场环境比较复杂,对于加固材料的长期稳定性的研究是必须的,场地土对建筑物地基具有不同程度的腐蚀性破坏<sup>[5]</sup>。因此,垃圾填埋场不能直接作为建筑物的地基,需要进行地基处理。本文在冒俊<sup>[6]</sup>对水泥垃圾土改良试验的基础上,增加粉煤灰对垃圾土的影响,以提高土的抗腐蚀性<sup>[5]</sup>。本次试验只观察新鲜

垃圾土与粉煤灰水泥混合样的强度变化。

### 1 试验材料和实验方案

本次试验采用的垃圾土是人工配置的,是河海大学彭功勋<sup>[7]</sup>、冒俊<sup>[6]</sup>等分析国内外典型垃圾组成,结合我国具体国情,确定了具有代表性的垃圾土成分配比,其中成分和质量含量为麦麸25%、纸15%、木屑5%、轮胎皮10%、玻璃10%、土30%、布5%。本文主要进行粉煤灰水泥与新鲜垃圾土混合样的强度特性实验研究,在垃圾土中分别加入质量比(粉煤灰水泥质量/垃圾土质量)为20%、30%、40%的粉煤灰水泥,研究在养护龄期7d、14d、28d、45d、60d、90d、120d、150d后,垃圾土的强度变化规律。试验用的新鲜垃圾土均放置了3d

后再进行试验。

## 2 试样制备及养护方法

由于垃圾土组份种类较多,不均匀性是垃圾土的一个基本特点,为了减小垃圾土组份的不均匀性对本次实验结果的影响,本文中每个试样所需的垃圾土都是按其组份单独配置的,先计算出制备一个试样需要的垃圾土的质量,然后按照第1节规定的垃圾土组分配好,每一个试样垃圾土都用杯子装好,加入50%的水,然后均匀搅拌,放在实验室中,温度控制在25℃,湿度处于80%左右。分别加入20%、30%、40%的粉煤灰水泥,搅拌均匀后,再进行制样。制样所用的三开模直径39.1mm,高度80mm。

将试样置于25℃恒温条件下,湿度为95%左右。养护24h后拆模,然后将试样继续放入恒温中养护,直到设计龄期(7d、14d、28d、45d、60d、90d、120d、150d),对样品进行无侧限抗压试验,取三个试样的算术平均值作为该小组的无侧限抗压强度值,试样的试验值与平均值之差超过或低于平均值的15%时,按规定将该试样的试验值剔除,按剩下的试验值计算平均值,如果一组试样不足两个,则该组试样结果无效,需重做<sup>[6]</sup>。

以每分钟轴向应变为1%~3%的速度转动手轮,使试验在8min~10min内完成;当测力计的读数达到峰值或读数达到稳定,应再进行3%~5%的轴向应变值即可停止试验;如读数无稳定值,则试验应进行到轴向应变达20%为止。

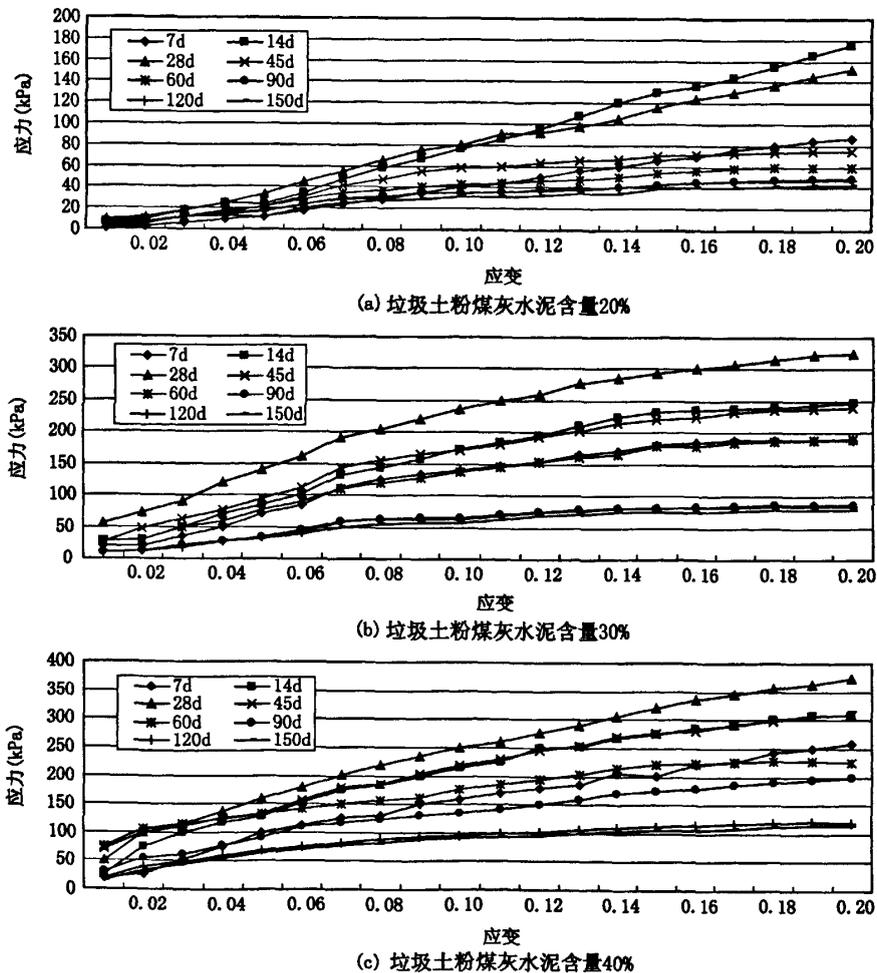


图1 改良垃圾土应力—应变曲线图

Fig.1 The  $\sigma-\varepsilon$  curves of improved MSW

### 3 试验设备及计算方法

试验采用应变控制式无侧限压缩仪。

轴向应变:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta h}{h_0} \quad (1)$$

式中  $\varepsilon_1$ —轴向应变(%);  $\Delta h$ —轴向变形(cm);  
 $h_0$ —试样初始高度(cm)。

试样面积校正如下式:

$$A_\sigma = \frac{A_0}{1 - 0.01\varepsilon_1}$$

$$\text{轴力 } \sigma = \frac{CR}{A_\sigma} \times 100 \quad (2)$$

式中  $A_0$ —试样初始面积( $\text{cm}^2$ );  $A_\sigma$ —校正后试样面积( $\text{cm}^2$ );  $\sigma$ —轴向应力(kPa);  $C$ —测力计率定系数, (N/0.01mm);  $R$ —测力计读数(0.01mm)。

### 4 试验结果

#### 4.1 改良后垃圾土的应力—应变关系

对改良垃圾土质量比为20%、30%、40%粉煤灰水泥分别进行试验,以轴向应力为纵坐标,轴向应变为横坐标,绘制应力—应变曲线,如图1。

从图1可以看出,不同的养护龄期后,试样的应力—应变关系曲线基本属于硬化型曲线。由《土工试验规范》,取曲线上最大轴向应力作为无侧限抗压强度,如最大轴向应力不明显,取轴向应变15%对应的轴向应力作为无侧限抗压强度。

在龄期较短时,应变在15%~20%之间,应力—应变曲线还保持着较大的切线模量,随着龄期的增大,应变在15%~20%之间,应力—应变曲线相比龄期较短时的曲线要稍微平缓。

#### 4.2 改良垃圾土强度变化规律

垃圾土成分较复杂,且各成分之间粘聚力差,在试验过程中试样的制备存在一定的难度,在养护过程中由于垃圾土中有机质的降解等原因,使得改良后的垃圾土的强度与粉煤灰水泥加固软土的强度特性有较大的差别(图2)。

由于垃圾土中有机质在氧气和水共同作用下会发生降解反应,因此随着龄期的增长垃圾土的强度会降低。图2中可以看出,粉煤灰水泥掺量越大,改良后的垃圾土的强度就越大。粉煤灰水泥掺量20%,龄期为14d,改良后垃圾土的强度达到最大值,在28d强度减小不明显,但是随着龄期的增大,强度越来越小,直到龄期为90d—150d,改良后的垃圾土的强度才趋向于一定值;粉煤灰水

泥掺量30%,试样的强度在龄期28d达到最大值,45d后减小明显,在120d,强度逐渐趋于平缓;粉煤灰水泥掺量40%,试样的强度在28d达到最大值,然后趋于减小,在150d后趋于平缓。

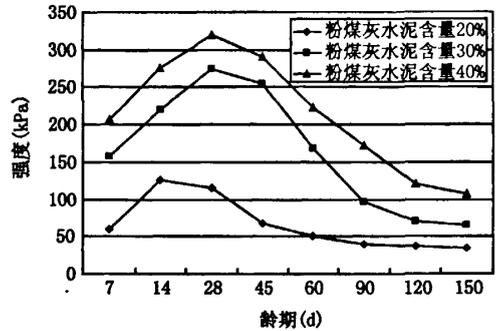


图2 改良新鲜垃圾土强度—龄期曲线

Fig. 2 Strength-age curve of fresh improve MSW

### 5 结论及建议

1)改良后的垃圾土应力—应变关系曲线基本属于硬化型曲线,随着龄期的增大,应变在15%~20%之间,应力—应变曲线相比龄期较短时的曲线要平缓得多。由于有机质降解反应,只有在150d后才能体现出改良效果。

2)强度随粉煤灰水泥掺量的增加而增大,粉煤灰水泥掺量20%在14d强度达到最大值,90d后强度基本不变;粉煤灰水泥掺量30%、40%在28d强度达到最大值,掺量30%在120d时强度逐渐稳定,而掺量40%在150d后强度逐渐稳定。

3)本文只是在对改良垃圾土进行了初步研究,在以后阶段可进行不同的改良材料和更长龄期的研究。

#### 参考文献:

- [1] 郑毅.垃圾和垃圾学[J].长春地质学院学报,1996,26(1):112-118.
- [2] 张天红,周易平,叶阳升,等.水泥土的强度及影响因素初探[J].中国铁道科学,2003,24(6):53-55.
- [3] 李文斌.从水泥土强度增长机理分析看增强措施[J].甘肃水利水电技术,1994,(2):63-68.
- [4] 李永华.浅析水泥加固土的硬化机理[J].四川建筑科学研究,2000,26(3):58-60.
- [5] 程祖峰,张永水,王合玲.邯郸市区域土体的腐蚀性评价研究[J].河北工程大学学报(自然科学版),2008,25(3):12-14.
- [6] 冒俊.人工改良垃圾土强度特性研究[D].南京:河海大学,2007.
- [7] 彭功勋.城市生活固体废物(MSW)的沉降变形研究[D].南京:河海大学,2004.