

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2012.02.009

水泥砂浆固化土抗压强度特性试验

曲 涛¹, 范晓秋^{1,2}, 刘 鑫^{2,3}

- (1. 江苏省交通规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210005;
2. 河海大学岩土力学与堤坝工程教育部重点实验室, 江苏 南京 210098;
3. 河海大学隧道与轨道工程研究所, 江苏 南京 210098)

摘要:为论证水泥砂浆固化土工程应用的可行性,通过设置不同掺砂量、含水率、砂料粒径和养护龄期条件,对水泥砂浆固化土进行无侧限抗压强度试验.试验结果表明:(a)掺砂可提高水泥砂浆固化土的抗压强度,尤其是早期强度.一定水泥掺入比条件下,当掺砂量处于最优掺砂率(10%左右)时水泥砂浆固化土的强度特性改善幅度最大,掺砂量超过最优掺砂率后水泥砂浆固化土的抗压强度无显著提高.(b)水泥砂浆固化土的抗压强度随原料土含水率的增加而减小,当原料土的含水率较低或养护龄期较短时,水泥砂浆固化土的抗压强度下降幅度均较大,当含水率较高时水泥土掺砂难以达到预期的固化效果.(c)砂料粒径变化对水泥砂浆固化土的抗压强度影响较小,水泥砂浆固化土强度随着粒径的增大略有提高,砂料粒径变化对水泥砂浆固化土变形系数的影响较大,两者近似成正比关系,在实际工程中无需对砂料进行筛分而直接运用即可获得较好的处理效果.(d)水泥砂浆固化土无侧限抗压强度试验的破坏模式多为脆性张裂破坏和塑性剪切破坏.随着养护龄期的延长以及掺砂量的增加,脆性张裂破坏更为显著.

关键词:水泥砂浆固化土;抗压强度特性;掺砂量;含水率;砂料粒径

中图分类号: TU599; TU411 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1980(2012)02-0173-07

Experimental study of compressive strength properties of soils stabilized by cement mortar

QU Tao¹, FAN Xiao-qi^{1,2}, LIU Xin^{2,3}

- (1. Jiangsu Provincial Communications Planning and Design Institute Co., Ltd., Nanjing 210005, China;
2. Key Laboratory of Ministry of Education for Geomechanics and Embankment Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;
3. Tunnel and Rail Project Research Institute, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: In order to prove the feasibility of soils stabilized by cement mortar, a series of unconfined compressive strength tests were conducted to study the effects of sand content, water content, sand grain size, and curing age. The results show the following: (a) Blending sand can improve the compressive strength of stabilized soils, especially the early strength. The characteristics of strength of the stabilized soil were greatly improved based on a certain cement ratio when the sand content was optimal (about 10%). The compressive strength had no significant increase when the sand content exceeded the optimal value. (b) The compressive strength of the stabilized soil decreased with the increase of the water content of raw soil. When there was a low water content of raw soil and a short curing period, the compressive strength decreased significantly. When there was a high water content of raw soil, it was difficult to achieve the desired curing effect. (c) The change of the sand grain size had little impact on the compressive strength of the stabilized soil: the strength slightly increased with the sand grain size. The change of the sand grain size had a significant impact on the

收稿日期: 2011-03-25

基金项目: 江苏省交通科学研究计划(04Y01); 广东省交通厅科技项目(200903); 江苏省普通高校研究生科研创新计划(CX10B_208Z)

作者简介: 曲涛(1978—),男,黑龙江牡丹江人,工程师,主要从事路基工程设计和研究. E-mail: qstao@sina.com

deformation coefficient of the stabilized soil , and there was an approximate direct proportional relationship between them. Therefore , using sands directly without sieving in practical projects could produce good results. (d) The failure modes of the unconfined compressive strength tests of the stabilized soil were mainly characterized by brittle tensile fractures and plastic shear fractures , of which the brittle tensile fractures were more significant with the prolonging of curing age and the increase of sand content.

Key words : soils stabilized by cement mortar ; compressive strength properties ; sand content ; water content ; sand grain size

水泥土是依靠机械力搅拌或射流冲切把地基的天然软土与水泥浆(或粉)混拌在一起形成的桩体^[1].影响水泥土强度的因素较多,众多学者进行了较为深入的研究^[2-4].由于水泥土强度不够高,所形成的复合地基承载力不够大,存在后期变形大等问题,使其在应用上受到一定的限制^[5].近年来,许多学者开展了水泥土改良方面的研究^[6-10],其中砂料因为来源广泛、价格低廉,作为改良掺料被部分学者所关注,并对砂料改良水泥土进行了初步的研究.兰凯等^[7]、廖建春等^[8]、印长俊等^[9]研究发现,在软土中掺入一定量的砂作为改良骨料,可大幅度提高水泥土强度.范晓秋等^[10]、刘大智等^[11]、阿肯江·托呼提等^[12]研究发现,在水泥土中掺入一定量的砂可以有效地提高水泥土的极限强度和残余强度,在采用水泥砂浆搅拌桩加固软弱地基时,即使采用较高的掺砂量和置换率,加固区材料质量增加有限,下卧层附加应力增加也很小.鉴于砂料具有价廉物美的优点,以及已有研究证实了砂料能有效改善水泥土强度特性的事实,笔者通过对水泥砂浆固化土进行一系列强度试验,研究掺砂量、含水率和砂料粒径对水泥土强度的影响,为水泥砂浆固化土的实际工程运用提供依据.

1 试验方法

1.1 材料选取

水泥砂浆固化土是一种多相复合材料,其主要成分为土、水泥水化物以及掺入的砂料.试验采用的原料土取自江苏某高速公路路基深处的淤泥质土,其基本物理力学性质如下:天然密度为 1.64 g/cm³,含水率为 66%,孔隙比为 1.76,塑性指数为 18%,液性指数为 2.0,压缩系数为 0.66 MPa⁻¹,压缩模量为 2.07 MPa,有机质质量分数为 1.59%,pH 为 6.2.水泥采用 P. C325 普通硅酸盐水泥,其基本性质如下:细度模数为 0.08 mm,筛余量为 2.5%,标准稠度为 26.0%,初凝时间为 150 min,终凝时间为 210 min,ISO 胶砂强度 3 d 抗折强度为 3.8 MPa,28 d 抗折强度为 8.0 MPa,3 d 抗压强度为 16.0 MPa,28 d 抗压强度为 42.0 MPa;SO₃ 质量分数为 2.17%,MgO 质量分数为 4.2%,烧失量质量分数为 1.20%.砂料采用中国 ISO 标准砂,所用拌和水为自来水.

1.2 试验方案

选取 2 种水泥掺入比(水泥质量与土质量之比 a_w 分别为 10%、15%)、8 种掺砂量(砂料质量与干土质量之比 a_s 分别为 0%、5%、10%、20%、30%、45%、60%、75%)、3 种原料土含水率(土中水质量与土粒质量之比 w 分别为 47.5%、56%、65%)、3 种砂料(ISO 标准砂,粒径 d 分别为 0.5 ~ 1.0 mm、0.25 ~ 0.5 mm、0.075 ~ 0.25 mm),养护龄期 T 分别为 7 d、14 d、28 d.

试样制备步骤如下:(a)将原料土风干碾碎,过 2 mm 筛后加入适量的水,采用 B10 型搅拌机搅拌均匀,含水率按既定比例控制;(b)往原料土中加入指定比例的砂和水泥进行混合,搅拌均匀,水灰比为 0.5,砂按既定的掺入量和粒径掺入;(c)将搅拌均匀的混合料按密度控制,采用分层压实成型的方法压入 $\varnothing 39.1$ mm、H80 mm 的三开模内,养护 1 d 后脱模,放入标准养护箱内养护至拟定龄期,养护温度为(20 ± 2)℃.需要说明的是,为了后续研究工作的开展,试样制作采用标准三轴试样,而未采用 70.7 mm × 70.7 mm × 70.7 mm 的标准立方体,因此,试样试验强度与水泥土标准强度存在差异.

试样养护到拟定龄期之后进行无侧限抗压强度试验,记录应力应变曲线.试验采用微机控制的电子式万能试验机,试验以应变控制,加荷速率为 0.8 mm/min,在室温条件下进行单轴压缩试验.对于同一配合比的试样,进行 5 次平行试验以尽量减少试验误差.

2 试验结果分析

2.1 掺砂量对水泥砂浆固化土抗压强度的影响

本研究的主要目的是通过室内试验的方法探索砂料影响水泥土抗压强度特性的规律.试验证明,随着砂

料的掺入,不同龄期下水泥砂浆固化土强度均获得一定程度提高,但提高幅度并非随着掺砂量线性增加.水泥掺入比 10% 和 15%、含水率为 47.5%、不同龄期水泥砂浆固化土无侧限抗压强度与掺砂量之间的关系见图 1.

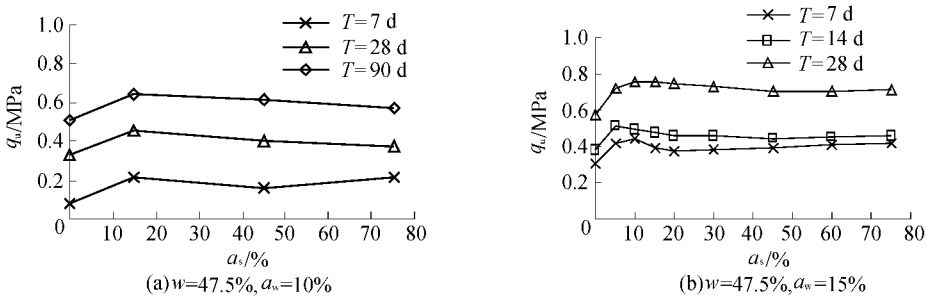


图 1 掺砂量与水泥砂浆固化土抗压强度 q_u 的关系

Fig. 1 Relationship between compressive strength(q_u) and sand content

由图 1 可知,当超过一定掺砂量时水泥砂浆固化土的强度基本保持不变.据此可以推断:对于同一土料,在水泥掺入量不变时存在一个最优掺砂量,当掺砂量超过该值时水泥砂浆固化土的强度增幅很小.对于笔者采用的原料土,水泥掺入质量分数为 10% 时最优掺砂量约为 15%,水泥掺入质量分数为 15% 时最优掺砂量约为 10%.

详细来看,水泥砂浆固化土强度随掺砂量变化的规律可以最优掺砂量为分界线划分为 2 个阶段:(a)当掺砂量由零增加至最优掺砂量时,水泥砂浆固化土强度显著提高,这是因为适量的砂料可以填充水泥土搅拌过程中形成的孔隙,使水泥砂浆固化土形成更为密实的整体,而大模量物质砂料的掺入置换了部分模量较小的土体,在水泥水化物的胶结作用下形成骨架,在受力变形时剪切面上的砂粒提高了剪切面的摩擦系数,且剪切变形还需要克服由砂粒在剪切面上产生的咬合力,从而提高了水泥砂浆固化土的强度.(b)当达到最优掺砂量时,强度达最大,当掺砂量超过最优掺砂量后水泥砂浆固化土的强度有所下降,当掺砂量超过 20% 后水泥砂浆固化土的强度基本不变,这可能是由于砂料在水泥砂浆固化土中所占比例过大,经水泥胶结的土颗粒与砂颗粒之间形成连结,较单纯的水泥土颗粒之间的连结要薄弱所致.

为描述掺砂量对水泥砂浆固化土强度的提高效率,定义掺砂量对水泥砂浆固化土强度的贡献率为 i :

$$i = \frac{q_{u,a_s} - q_{u,0}}{q_{u,0}} \times 100\% \tag{1}$$

式中: $q_{u,0}$ ——无掺砂量时水泥砂浆固化土的强度; q_{u,a_s} ——不同掺砂量下水泥砂浆固化土的强度.

根据式(1)对图 1 中各数据进行计算,得到掺砂量对水泥砂浆固化土强度的贡献率,如图 2 所示.

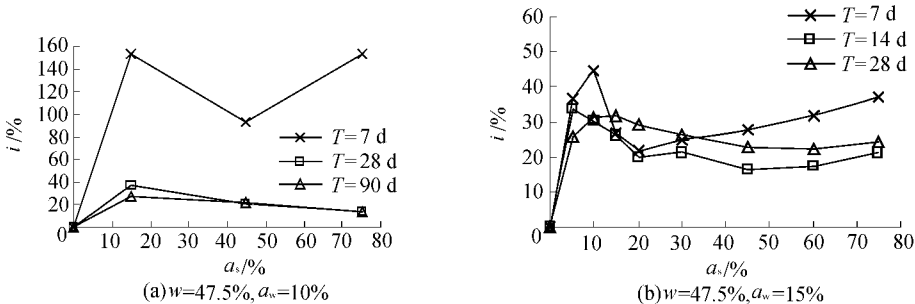


图 2 掺砂量对水泥砂浆固化土抗压强度的贡献程度

Fig. 2 Contribution rate of sand content to compressive strength

图 2 更直观地说明砂料的掺入可以提高水泥砂浆固化土的强度.总体而言,水泥砂浆固化土较相应的水泥土强度提高约 20%.当掺砂量为最优掺砂量时水泥砂浆固化土的强度提高幅度最大;当掺砂量小于最优掺砂量时,随着掺砂量的增加,掺砂量对水泥砂浆固化土强度增加的贡献率不断增大;当掺砂量超过最优掺砂量时,其对水泥砂浆固化土强度增加的贡献率有所降低,掺砂量的增加并没有引起水泥砂浆固化土强度的进一步提高.因此,单纯地依靠提高掺砂量来改善水泥土的强度特性是不经济、不科学的.

特别需要指出的是,当龄期较小时(如 $T = 7\text{ d}$),水泥砂浆固化土的强度在水泥掺入质量分数为 10% 时比相应水泥土的强度约高 100%,在水泥掺入比为 15% 时比相应水泥土的强度约高 40%。因此,在水泥土中掺入一定量的砂料可以显著提高水泥砂浆固化土的早期强度,从而在一定程度上缩短地基处理的工程进度。

为进一步研究掺砂量对水泥砂浆固化土强度特性的影响,根据强度试验结果,计算了各掺砂量时试样的屈服应力,其随掺砂量的变化关系如图 3 所示。从图 3 中可以看出,随着掺砂量的增加,水泥砂浆固化土的屈服应力不断增加,当掺砂量增至最优掺砂量(10%)时,水泥砂浆固化土的屈服应力最大。之后随着掺砂量的增加,水泥砂浆固化土的屈服应力缓慢降低,当掺砂量增至 45% ~ 60% 时试样的屈服应力又有所回升。此外,试验发现水泥砂浆固化土的屈服应力与其强度成正比关系,如图 4 所示。在水泥砂浆固化土的实际工程应用中,可根据图 4 中拟合的关系式估算水泥砂浆固化土的屈服应力。

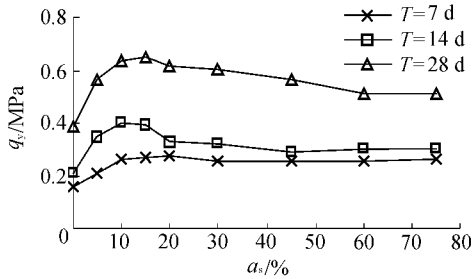


图 3 水泥砂浆固化土屈服应力 q_y 与掺砂量的关系
Fig. 3 Relationship between yield stress (q_y) and sand content

根据不同龄期不同掺砂量的屈服应力计算了相应的弹性模量,如图 5 所示。各龄期随着掺砂量的增加,总体上水泥砂浆固化土的弹性模量呈 2 个阶段变化:当掺砂量小于最优掺量时水泥砂浆固化土的弹性模量显著增加,体现出砂料改善水泥土强度与变形特性的优越性能;当掺砂量超过最优掺量后,水泥砂浆固化土的弹性模量迅速回落,这种趋势在龄期较大时更加明显;当掺砂量超过 30% 以后,水泥砂浆固化土的弹性模量基本保持不变。

在试验过程中,加载初期观察到明显的压密过程,受试验条件以及试验环境的影响,加之水泥砂浆固化土拌和均匀性的差异,对于上述屈服应力以及弹性模量与掺砂量之间的相互关系以及掺砂量的影响机理,还有待于进一步研究,但可以肯定的是,对于软土地基,采用水泥固化时掺入适量的砂料(如最优掺砂量),可在一定程度上提高软土的处理效果,在最优掺砂量下其改善效果最优。

2.2 原料土含水率对水泥砂浆固化土的影响

一般情况下,软弱地基天然含水率在 40% ~ 70% 之间,高者可达 100%。原料土的含水率是影响水泥土物理力学性能的一个重要因素,这一事实已为众多的研究和工程实践所证实。对于水泥砂浆固化土,原料土含水率同样是影响其强度的一个重要因素。图 6 为掺入水泥及砂质量分数均为 15% 原料土含水率变化对水泥砂浆固化土强度的影响情况。

由图 6 可知,随着原料土含水率的增加,水泥砂浆固化土的抗压强度逐渐减小,二者可用乘幂函数拟合:

$$q_u = a w^b \tag{2}$$

式中: w ——含水率; a, b ——系数。

$T = 14\text{ d}$ 时拟合函数 $q_u = 0.7721 w^{-0.5942}$, $R^2 = 0.9858$; $T = 28\text{ d}$ 时拟合函数 $q_u = 0.4615 w^{-0.6023}$, $R^2 = 0.9122$ 。从拟合效果来看,相关系数均超过 0.9,因此可以用式(2)表征一定掺砂量和水泥掺入比下,水泥砂浆

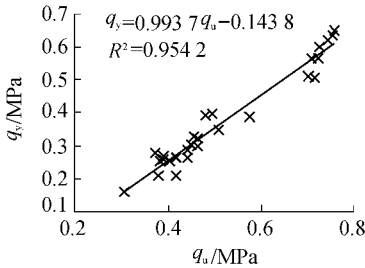


图 4 水泥砂浆固化土屈服应力与抗压强度的关系
Fig. 4 Relationship between yield stress and compressive strength

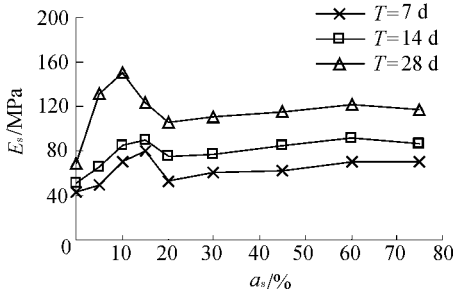


图 5 水泥砂浆固化土弹性模量 E_s 与掺砂量的关系
Fig. 5 Relationship between E_s and sand content

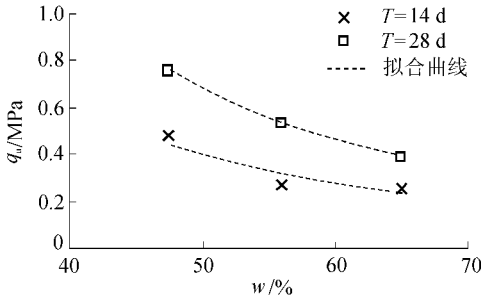


图 6 原料土含水率与水泥砂浆固化土抗压强度的关系
Fig. 6 Relationship between water content in raw soil and compressive strength

固化土强度与原料土含水率的关系。

详细来看,养护龄期较短($T=14\text{ d}$)含水率从 47.5% 增加至 56% 时水泥砂浆固化土的抗压强度降低超过 40%,含水率从 56% 增加至 65% 时水泥砂浆固化土的抗压强度降低不足 10%;养护龄期较长($T=28\text{ d}$)含水量率从 47.5% 增加至 56% 以及从 56% 增加至 65% 时,水泥砂浆固化土的抗压强度依次递减约 30%。分析结果表明,水泥砂浆固化土的抗压强度与原料土含水率有较大的相关性,总体而言,水泥砂浆固化土的抗压强度随原料土含水率的增加而减小,当原料土含水率较低或养护龄期较短时水泥砂浆固化土的抗压强度下降幅度均较大,当含水率较高时水泥土掺砂难以达到预期的固化效果。

2.3 砂料粒径对水泥砂浆固化土的影响

试验采用的砂料为 ISO 标准砂,组成如下:粒径为 $2000\text{ }\mu\text{m}$ 、 $1600\text{ }\mu\text{m}$ 、 $1000\text{ }\mu\text{m}$ 、 $500\text{ }\mu\text{m}$ 、 $160\text{ }\mu\text{m}$ 、 $80\text{ }\mu\text{m}$ 相应的筛余分别为 0% ($7\pm4\%$) ($33\pm4\%$) ($67\pm4\%$) ($87\pm4\%$) ($99\pm1\%$)。ISO 砂的粒径组成较为丰富,但粒径大于 0.08 mm 的占 99% 以上。砂料的掺入改变了原料土的粒径组分,水泥砂浆固化土的颗粒分析试验如图 7 所示。

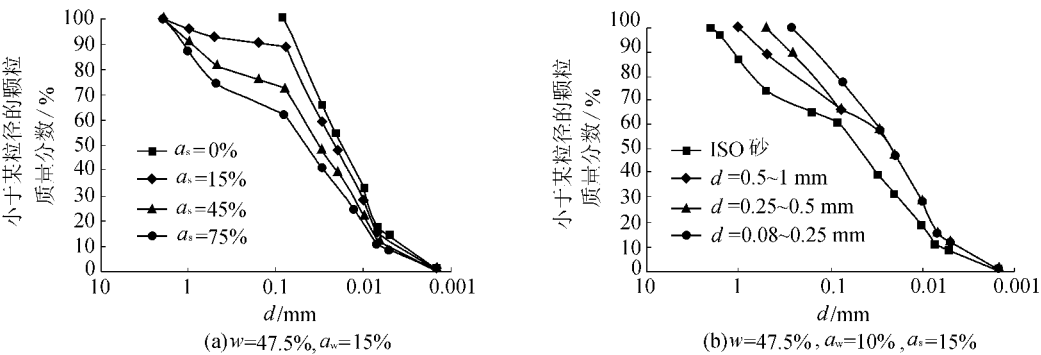


图 7 ISO 砂掺量粒径不同时水泥砂浆固化土的粒径组成

Fig. 7 Gradation composition of stabilized soil with ISO standard sand with different grain diameters

由图 7 可知,随着 ISO 砂掺砂量的增加,水泥砂浆固化土的粒径组成越来越不均匀。计算结果表明,不均匀系数随掺砂量呈正比增加,而级配系数基本保持不变。该结果进一步证明砂料在水泥砂浆固化土中的骨架作用和置换作用(大模量置换小模量物质)是改善水泥土物理力学性质的重要原因之一。当掺砂量不变而砂料粒径变化时,主要表现出单一粒径与 ISO 砂之间的差异,掺入单一粒径砂料时水泥砂浆固化土颗粒级配相对较为均匀。

表 1 为砂料粒径变化对水泥砂浆固化土抗压强度及变形系数 E_{50} 的影响情况,其中 $T=28\text{ d}$, $w=47.5\%$, $a_w=15\%$, $a_s=15\%$ 。根据表 1 分析可以得出 (a) 砂料粒径变化对水泥砂浆固化土的抗压强度影响不大,随着掺入砂料粒径的增大,水泥砂浆固化土的抗压强度略有增加; (b) 随着砂料粒径的增加,水泥砂浆固化土变形系数呈线性增加,采用 ISO 砂料时水泥砂浆固化土的变形系数约为

表 1 不同砂料粒径的抗压强度与变形系数 E_{50}

Table 1 Values of q_u and E_{50} with different grain diameters

粒径分布/ mm	抗压强度 q_u/MPa	变形系数 E_{50}
0.08 ~ 2 *	0.760	116.3
0.075 ~ 0.25	0.779	69.7
0.25 ~ 0.5	0.782	98.6
0.5 ~ 1	0.798	127.5

* ISO 粒径。

采用 $0.5\sim1\text{ mm}$ 单一粒径砂料时的 90%。综合来看,虽然砂料粒径对水泥砂浆固化土的强度特性影响较小,但是对水泥砂浆固化土的变形特性影响相对较大。同时可以看出,采用 ISO 砂料时水泥砂浆固化土的变形系数与采用大粒径砂料时相差无几,据此可以推断在实际工程中,无需对砂料进行筛分而直接应用即可获得较好的处理效果。

2.4 水泥砂浆固化土破坏形式与机理分析

分析总结所有试样的破坏形式,结果表明无侧限抗压强度试验的破坏模式多为脆性张裂破坏和塑性剪切破坏,典型破坏情况如图 8 (a) 所示。随着龄期的延长以及掺砂量的增加,崩溃型破坏更为显著,塑性滑移痕迹不明显,典型破坏情况如图 8 (b) 所示。

水泥砂浆固化土属于一种多相体(固相、液相、气相、收缩膜)的非饱和土,通过水泥的水解、水化和硬凝

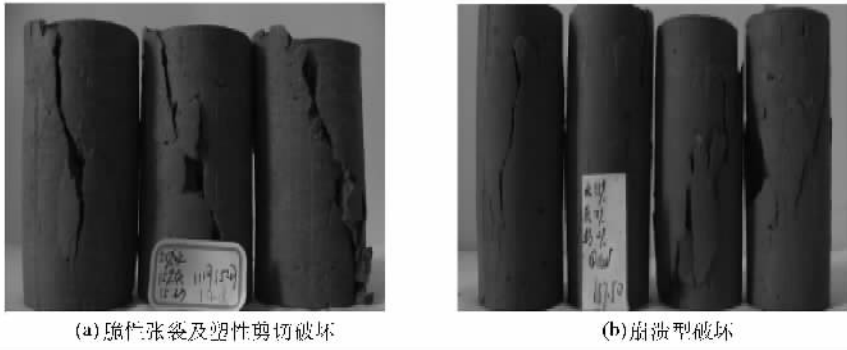


图8 水泥砂浆固化土的破坏形式

Fig. 8 Failure forms of soils stabilized by cement mortar

作用,发生一系列的化学反应,生成硅酸钙、铝酸钙等水化物,将土颗粒、砂颗粒相互胶结,在这个过程中消耗了较多的水分,水膜不断变薄,基质吸力不断增大,遗留的孔隙中充满了结晶物,从而造就了水泥砂浆固化土具有好的整体性和密实性。在加载过程中,水泥砂浆固化土中薄弱的胶结联结最先发生断裂破坏,随着变形的增大,破坏逐渐贯通,产生局部裂缝;当超过一定的应力水平后,裂隙沿着薄弱联结面不断发展,胶结联结不断地断裂破坏并贯通,发生塑性流动破坏,最终在宏观上表现为完全贯通的裂隙。当没有围压或者围压较小时,发生脆性张裂破坏和塑性剪切破坏。随着龄期延长以及掺砂量的增加,脆性张裂破坏更为显著。

3 结 论

a. 掺砂可提高水泥砂浆固化土的强度,尤其是早期强度。在一定水泥掺入比条件下,当掺砂量处于最优掺砂率(10%左右)时水泥砂浆固化土的强度特性改善幅度最大,掺砂量超过最优掺砂率后水泥砂浆固化土的抗压强度无显著提高。

b. 水泥砂浆固化土的抗压强度随原料土含水率的增加而减小,当原料土的含水率较低或养护龄期较短时,水泥砂浆固化土的抗压强度下降幅度均较大;当原料土的含水率较高时,水泥土掺砂难以达到预期的固化效果。

c. 砂料粒径变化对水泥砂浆固化土的抗压强度影响较小,随着砂料粒径的增大,水泥砂浆固化土的抗压强度略有提高;砂料粒径变化对水泥砂浆固化土变形系数的影响较大,两近似成正比关系。在实际工程中无需对砂料进行筛分而直接应用即可获得较好的处理效果。

d. 水泥砂浆固化土无侧限抗压强度试验的破坏模式多为脆性张裂破坏和塑性剪切破坏。随着龄期的延长以及掺砂量的增加,脆性张裂破坏更为显著。

参考文献:

- [1] 欧阳克连,宁宝宽.水泥土强度影响因素的研究[J].中外公路,2009,29(4):189-191.(OUYANG Ke-lian, NING Bao-kuan. Research on influencing factors on strength of soils stabilized by cemen[J]. Journal of China & Foreign Highway, 2009, 29(4):189-191.(in Chinese))
- [2] 黄新,宁建国,郭晔,等.水泥含量对固化土结构形成的影响研究[J].岩土工程学报,2006,29(4):436-441.(HUANG Xin, NING Jian-guo, GUO Ye, et al. Effect of cement content on the structural formation of stabilized soi[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2006, 29(4):436-441.(in Chinese))
- [3] 李建军,梁仁旺.水泥土抗压强度和变形模量试验研究[J].岩土力学,2009,30(2):473-477.(LI Jian-jun, LIANG Ren-wang. Research on compression strength and modulus of deformation of cemented soi[J]. Rock and Soil Mechanics, 2009, 30(2):473-477.(in Chinese))
- [4] 刘叔灼,巴凌真,杨医博,等.有机质含量对水泥土强度影响的试验研究[J].武汉理工大学学报,2009,31(7):40-43.(LIU Shu-zhuo, BA Ling-zhen, YANG Yi-bo, et al. Research on the influence of organic content on the strength of cement-stabilized soi[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2009, 31(7):40-43.(in Chinese))
- [5] 何开胜.水泥土搅拌桩的施工质量问题 and 解决办法[J].岩土力学,2002,23(6):778-781.(HE Kai-sheng. Present construction quality problem of deep mixing cement-soil piles and solving measures[J]. Rock and Soil Mechanics, 2003, 23(6):778-

781. (in Chinese))

- [6] 周丽萍, 申向东, 李学斌, 等. 天然浮石粉水泥土力学性质的试验研究[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2009, 39(5): 492-497. (ZHOU Li-ping, SHEN Xiang-dong, LI Xue-bin, et al. Experiment study of mechanical properties of natual pumice powder cement-soil[J]. Journal of Jilin University :Earth Science Edition, 2009, 39(5): 492-497. (in Chinese))
- [7] 兰凯, 黄汉盛, 鄢泰宁. 软土型水泥掺砂试样研究[J]. 水文地质工程地质, 2006(5): 113-116. (LAN Kai, HUANG Han-sheng, YAN Tai-ning. Laboratory test for cement-stabilized soft soil added with sand[J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2006 (5): 113-116. (in Chinese))
- [8] 廖建春, 曾庆军. 含砂量对水泥土强度的影响[J]. 广东交通职业技术学院学报, 2005, 4(2): 1-3. (LIAO Jian-chun, ZENG Qing-jun. The impact of sand content on cement-stabilized soil strenght[J]. Journal of Guangdong Communications Polytechnic, 2005, 4(2): 1-3. (in Chinese))
- [9] 印长俊, 马石城, 王星华. 浸水条件下水泥砂浆固化土力学性能的试验研究[J]. 建筑技术, 2007, 38(2): 137-140. (YIN Chang-jun, MA Shi-cheng, WANG Xing-hua. Analysis of laboratory test on mechanics behavior of sand soil cement on condition of soaking[J]. Architecture Technology, 2007, 38(2): 137-140. (in Chinese))
- [10] 范晓秋, 洪宝宁, 胡昕, 等. 水泥砂浆固化土物理力学特性试验研究[J]. 岩土工程学报, 2008, 30(4): 605-610. (FAN Xiao-qiu, HONG Bao-ning, HU Xin, et al. Physico-mechanical properties of soils stabilized by cement mortar[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2008, 30(4): 605-610 (in Chinese))
- [11] 刘大智, 储洪强, 蒋林华. 聚合物水泥砂浆的耐久性能试验[J]. 水利水电科技进展, 2010, 30(6): 39-42. (LIU Da-zhi, CHU Hong-qiang, JIANG Lin-hua. Durability properties of polymer modified cement mortar[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2010, 30(6): 39-42 (in Chinese))
- [12] 阿肯江·托呼提, 赵成, 秦拥军. 改性土体材料的抗压强度试验研究[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2010, 38(3): 263-268. (AKENJIANG Tuohuti, ZHAO Cheng, QIN Yong-jun. Experimental tests on compressive strength of modified soil materials[J]. Journal of Hohai University :Natural Sciences, 2010, 38(3): 263-268. (in Cinese))

《河海大学学报(自然科学版)》征订启事

(邮发代号 28-63 ,CN32-1117/TV ,ISSN1000-1980 ,双月刊)

《河海大学学报(自然科学版)》是以水资源开发、利用与保护为重点的综合性学术期刊, 主要刊登河海大学在水资源、水文、地质、测量、水利工程、水电工程、水运工程、海洋及海岸工程、水工结构、工程力学、水力学及河流动力学、岩土工程、电力工程、电子技术及自动化工程、工业与民用建筑、环境工程、机械工程等学科方面的科研成果、学术论文、学术讨论、研究动态等学术性文章, 可供上述有关专业的科技工作者及大专院校师生阅读和参考。

《河海大学学报(自然科学版)》创办于 1957 年, 是全国中文核心期刊、中国科技核心期刊, 在国内工程技术界和学术界有较大影响。刊载的文章中, 绝大部分为国家科技攻关(重点)项目和各种科学基金资助项目的研究成果, 部分达到了国内领先和国际先进水平, 为我国水利、水电、水运工程及其他有关工程建设的规划、设计、施工和管理提供了科学理论、方法和具体建议, 发挥了较大的社会效益和经济效益, 深受工程界和科技界赞许, 并获得中国高校精品科技期刊奖以及中国期刊方阵“双效期刊”、江苏省优秀期刊、全国水利系统优秀期刊称号。

《河海大学学报(自然科学版)》每逢单月出版, 国内外公开发行, 2012 年每期定价 15.00 元, 全年 6 期共 90.00 元。欢迎广大读者通过全国各地邮政局订阅或直接与编辑部联系。

编辑部地址 210098 南京市西康路 1 号 《河海大学学报(自然科学版)》编辑部

电话/传真 025-83786343 E-mail: xb@hhu.edu.cn

http://kkb.hhu.edu.cn/web/indexxb.asp?id=53