

水泥搅拌桩浆喷法配合比试验研究

张留俊, 蔡宁, 秦洲, 王福胜

(中交第一公路勘察设计研究院 科研试验检测中心, 陕西 西安 710068)

【摘要】对水泥搅拌桩的浆喷法进行了配合比试验研究,就浆喷法的水灰比取值,不同龄期的变化规律性,以及浆喷法与干喷法的比较等问题,进行了探讨。

【关键词】软土; 配合比; 浆喷法; 干喷法; 龄期

【中图分类号】U443.15

【文献标识码】B

【文章编号】1002-1205(2003)03-0069-03

Experimental Study on Proportioning of Cement Grout Deep Mixing Piles

ZHANG Liu-jun, CAI Ning, QIN Zhou, WANG Fu-sheng

(First Highway Survey and Design Institute of China Transportation, Xi'an, Shanxi 710068, P.R. China)

【Key words】soft soil; proportioning; grout deep mixing; powder deep mixing; preserving age

水泥搅拌桩的设计目前处于半经验水平,特别是对于掺灰数量问题,必须通过配合比试验解决。经验可知,材料费用约占整个水泥搅拌桩工程费用的2/3,掺灰数量是工程质量的关键。水泥搅拌桩的浆喷法具有施工质量易于控制,特别是桩下部质量较好,它避免了粉喷桩的部分缺点,有一定推广价值。本文通过(南)通启(东)高速公路水泥土的研究,探讨浆喷法的规律性,使设计工作更趋合理和有效。

1 软土的土质条件

通启高速公路位于东海之滨的长江三角洲,路线经过处分布有三角洲相软土。根据钻探揭露深度

内地层为第四系全新统,即新近沉积土。由于沉积时间较短,所以本地土质一般比较疏松,根据显微镜下观察,南通软土多为疏松的单粒结构,矿物成为分为高岭石、蒙脱石和伊利石,颗粒较粗,分选性差,具有透水性强、固结速率快的特点。南通软土土体结构呈现水平层理和斜交层理,受河、海相互相作用的水动力条件影响,该处低液限土与细砂层多具中厚层的层理,多呈互层分布,软土层和细砂层往往斜交或尖灭,因此,水平方向和垂直方向都不均匀。南通软土一般为淤泥质低液限土,与一般滨海相软土相比,该软土含水量较小,约35%~40%,强度相对较大,但是该土层沉降变形依然较大。其软土物理力学指标,见表1。

表1 南通软土物理力学指标表

含水量 W/%	容量 γ / ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	干容重 γ_d / ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	孔隙比 e	液限 w_L / %	塑限 w_P / %	塑指	有机质含量/ %	压缩系数/ MPa^{-1}	压缩模量/ MPa	颗粒(mm)组成/%		
										>0.074	0.074~0.002	<0.002
39.1	1.90	1.366	0.98	37.0	25.8	11.2	0.40	0.34	5.68	0	88	12

鉴于该软土含水量较小,如果采用粉喷桩(干喷法),土体中没有足够的水使水泥粉湿润掺合及固化,成桩效果会较差,所以设计采用了浆喷法的水泥搅拌桩。因为浆喷法以前在江苏省使用比较少,为保证工程质量,我们进行了配合比试验研究,探讨其

规律性。

2 水泥土的配合比试验

2.1 试验方案与准备

配合比试验的掺灰数量采用10%、15%和

【收稿日期】2002-06-20

【作者简介】张留俊(1962-),男,教授级高级工程师,主要从事地基处理与设计研究。

18%,水灰比取0.5,同时又作了水灰比0.4的比较试验。为了进行水泥搅拌桩干喷法与浆喷法的效果对比,进行了室内水土干拌与湿拌的比较;试验龄期采用7d、28d和90d三个龄期;试膜用 $(7.07 \times 7.07 \times 7.07)\text{cm}^3$ 的方试膜;减水剂采用2‰木质素,水泥采用32.5水泥(旧标准425水泥)。

2.2 试验方法

按拟定的试验配方称重后放入搅拌锅内,采用搅拌铲人工拌和均匀(配合戴橡皮手套手拌);然后在试膜内装入一半试料,击振试模50下,紧接着填

入其余试料再击50下,最后将试块表面刮平,盖上塑料布,以防水分过速蒸发。整个拌和与装模时间控制在15min之内。水泥土试件的制备数量每组试件不少于3个。试块成型1~2d拆模,用油漆编号,称重后放入养护室,分别进行各龄期的养护,养生室温度 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$,湿度不低于75%,养生最后一天饱水24h。水泥土的无侧限抗压强度采用小型压力机测定,加载速率控制为1mm/min。

2.3 配合比试验结果

配合比试验结果,见表2。

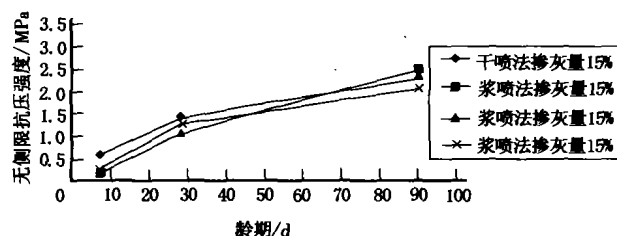
表2 南通软土配合比试验成果汇总表

方法	掺灰数量				无侧限抗压强度/MPa		
	水泥/%	石灰/%	减水剂/‰	水灰比	R_7	R_{28}	R_{90}
干喷法	10				0.27	0.95	1.70
干喷法	15				0.62	1.43	2.31
干喷法	18				0.32	1.55	3.48
浆喷法	10			0.5	0.18	0.67	1.30
浆喷法	10		2	0.5	0.12	0.70	1.05
浆喷法	10		2	0.4	0.18	0.64	1.30
浆喷法	15			0.5	0.21	1.10	2.50
浆喷法	15		2	0.5	0.20	1.12	2.30
浆喷法	15		2	0.4	0.30	2.29	2.10
浆喷法	18			0.5	0.31	1.35	3.00
浆喷法	18		2	0.4	0.21	1.78	3.40
浆喷法	18		2	0.4	0.21	1.78	3.40
干喷法		18			无法测定	0.07	0.13
干喷法		15			无法测定	无法测定	0.20

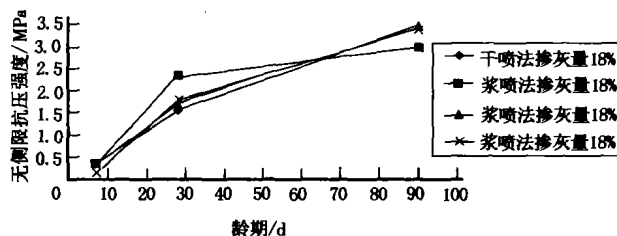
从表2可知:

① 水泥搅拌桩的设计桩体强度为 R_{28} 不小于0.8MPa,根据配合比试验结果,掺灰数量10%的水泥土强度 $R_{28}=0.67\text{MPa}$,掺灰量15%的水泥土强度 $R_{28}=1.17\text{MPa}$,所以实际施工掺灰数量应控制在10%~5%之间,采用12%为宜;

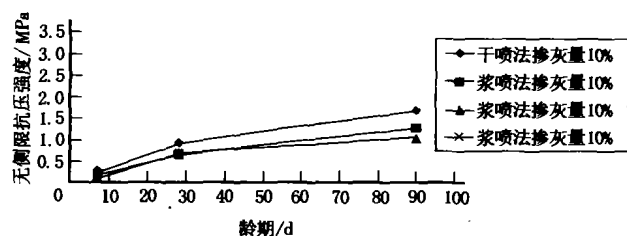
② 水泥土不同龄期强度比较,见图1;从中可以看到,与干喷法相比,水泥土浆喷法在7d和28d的无侧限抗压强度较低,但到90d时浆喷法强度基本与干喷法相近似;说明了在浆喷法中,水泥和土得到了充分的搅拌,可以充分发挥水泥的作用;由于土中水分充分,易溶于水的水化物游离出来,水泥颗粒



(b) 掺灰量15%浆喷法与干喷法比较



(c) 掺灰量18%浆喷法与干喷法比较



(a) 掺灰量10%浆喷法与干喷法比较

图1 水泥土不同龄期强度比较

继续发生水化反应生成凝胶体,从而增加土的粘结力;而干喷法土中自由水较少,造成部分水泥颗粒不能继续水化,难以起到固化剂的作用,而影响桩的强

度;

关系,见表3;

③ 浆喷法水泥土强度与干喷法水泥土强度的

④ 不同龄期水泥土强度的关系,见表4。

表3 浆喷法与干喷法水泥土强度关系

%

10	15	18
浆喷法 $R_7 = 0.59$ 干喷法 R_7	浆喷法 $R_7 = 0.39$ 干喷法 R_7	浆喷法 $R_7 = 0.81$ 干喷法 R_7
浆喷法 $R_{28} = 0.71$ 干喷法 R_{28}	浆喷法 $R_{28} = 0.82$ 干喷法 R_{28}	浆喷法 $R_{28} = 1.25$ 干喷法 R_{28}
浆喷法 $R_{90} = 0.72$ 干喷法 R_{90}	浆喷法 $R_{90} = 1.00$ 干喷法 R_{90}	浆喷法 $R_{90} = 0.95$ 干喷法 R_{90}

表4 不同龄期水泥土强度关系

%

水泥用量	10	15	18
浆喷法	$R_7 = 0.13 R_{90}$ $R_{28} = 0.55 R_{90}$	$R_7 = 0.10 R_{90}$ $R_{28} = 0.51 R_{90}$	$R_7 = 0.08 R_{90}$ $R_{28} = 0.59 R_{90}$
干喷法	$R_7 = 0.16 R_{90}$ $R_{28} = 0.56 R_{90}$	$R_7 = 0.27 R_{90}$ $R_{28} = 0.62 R_{90}$	$R_7 = 0.09 R_{90}$ $R_{28} = 0.45 R_{90}$

⑤ 浆喷法中加掺2‰的减水剂,对其强度增长

影响不大,因此建议不加减水剂。

⑥ 用石灰取代水泥时,掺灰量15%和18%的石灰土的强度达不到要求,且养生7d和25d的试件浸水后破坏,根本无法测其强度。

3 水泥搅拌桩浆喷法施工

3.1 施工机械(见表5)

表5 水泥搅拌桩浆喷法施工机械设备

设备名称	型号	技 术 参 数
深层搅拌机	SJB	电机功率37 kW,额定电流75 A,搅拌轴转速43 r/min,提升高度大于14 m,提升速度0.2~1.0 m/min,提升能力大于100 kN,搅拌头直径500 mm,额定扭矩8.5 kN·m
灰浆泵		工作压力0.5~0.7 MPa,集料斗容量400 L,灰浆泵量50 L/min
流量计	SJC	注浆量测量范围0~4000 L/h,精度5% F·S,分辨率为0.01 m,段浆量光柱显示范围1~50 L/min,显示高度70 mm,显示线数101线,电源电压220 V,50 Hz
拌浆筒	筒径1.09 m	容量400 L
发电机		120 kW

3.2 施工工艺

① 采用“一喷两搅”施工工艺,施工流程为:测量放线→钻机就位→预搅下沉至桩底→提升喷浆至桩顶→复搅下沉至桩底→复搅提升至桩顶。

② 灰浆泵的压力控制在0.5~0.7 MPa之间,段浆量控制在理论值4.8~5.2范围内。

③ 水泥浆的水灰比为0.5~0.54之间,水泥浆比重控制在1.76~1.80之间。

④ 下钻速度及上提喷浆速度均控制在0.8~1.0 m/min之间,复搅速度控制在0.5~0.8 m/min,搅拌轴转速为43~46 r/min。

[参考文献]

- [1] JTJ 017-96,公路软土地基路堤设计与施工技术规范[S].
- [2] TB 10113-96,粉体喷射搅拌法加固软弱土层技术规范[S].

本 刊 声 明

为适应我国信息化建设的需要,扩大作者学术交流渠道,推进科技信息交流的网络化进程,本刊已被“万方数据—数字化期刊群”、“中文核心期刊(遴选)数据库”、“中国学术期刊综合评价数据库”和“中国期刊全文数据库”收录。其作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。若作者不同意编入上述数据库,请在来稿时声明,本刊将作适当处理,特此声明。

《中南公路工程》编辑部