

沿江高速公路太仓段粉喷桩钻孔取芯检测及质量评价

李新佳¹, 张 兵¹, 侯玉宾², 龚友平²

(1. 苏州市交通局, 江苏 苏州 215000; 2. 河海大学土木工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要 采用全断面钻孔取芯法, 依据桩身水泥土标贯击数、芯样无侧限抗压强度和芯样硬度或状态三方面的试验数据, 对沿江高速公路太仓段被检粉喷桩桩身质量进行了分析计算, 进而对该段粉喷桩总体质量进行了评价。检测表明, 该段粉喷桩总体质量良好, 达到高速公路建设质量要求。检测还发现, 喷灰量、复搅次数、单位延米送灰次数、送灰与钻具提升的时间匹配对桩身质量有重要影响。

关键词 粉喷桩; 标贯击数; 抗压强度; 质量评价

中图分类号 :TU473 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-1980(2003)03-0328-04

沿江高速公路是江苏省干线公路网中“四纵四横四联”的重要组成部分。其中的太仓段地基土主要为三角洲平原相~河口相沉积物, 有大量的软土地基。为更好地解决该段软土地基的沉降和稳定问题, 采用了水泥粉喷桩进行软土地基加固。粉喷桩加固软土地基, 可以较大幅度减少地基沉降量, 提高地基承载力^[1], 且因无需预压, 可大大缩短工期, 是比较理想的一种高速公路软基处理方法。但粉喷桩工程系地下隐蔽工程, 其桩身质量好坏直接关系到软土地基加固效果。因此对粉喷桩桩身质量进行有效检测是非常重要的一个环节。粉喷桩质量检测不仅是该分项工程验收的重要依据, 同时通过伴随施工进程的动态检测, 对粉喷桩施工全过程起着很重要的监控作用, 反过来促进了粉喷桩施工质量提高。

1 检测方法

粉喷桩质量检测方法有以下几种: (a) 现场足尺桩身无侧限抗压强度试验; (b) 轻便触探 N_{10} ; (c) 载荷试验; (d) 小应变动力检测; (e) 钻孔取芯检测。对比各种检测方法, 钻孔取芯法可以比较全面准确地对整个桩身的质量进行有效检测, 是一种切实可行的定量化的质量检测方法^[2], 在高速公路粉喷桩检测中得到普遍采用, 取得了很好的效果。

钻孔取芯法检测是采用钻探设备对粉喷桩桩身进行全断面取芯, 直观可靠。在取芯过程中, 除采用眼观、鼻嗅、手摸等感官方法对芯样的钻孔取芯过程、芯样完整性、连续性、状态或硬度、搅拌均匀性、含灰量等特征进行定性观察分析外, 还通过对原状水泥土芯样的判识, 对桩的实际施工长度进行校核, 并根据桩身水泥土分层标准贯入试验击数和水泥土芯样无侧限抗压强度试验数据, 对桩身水泥土强度特征进行定量分析。抽检数量总体按 0.2% 比例控制。为保证检测工作既具有代表性和随机性, 又能通过检测发现可能存在的桩身质量问题, 杜绝严重质量问题的产生, 不断提高施工质量, 抽检桩位由检测负责人根据施工进度在现场随机确定。施工单位将确定的抽检桩的桩排号和施工原始记录提供给现场检测人员, 并协助检测单位对桩头进行必要的处理。

2 检测标准

粉喷桩钻孔取芯检测标准执行江苏省高速公路建设指挥部有关文件《江苏省高速公路粉喷桩检测工作实施细则(试行)》(苏高技(2001)145号), 要求测试龄期为 28 d 的粉喷桩桩身质量。在检测中, 根据上部(6 m 以上)和下部(6 m 以下)每层芯样的状态、抗压强度、标贯击数, 按表 1 中给出的标准进行计分。标贯击数占 70%, 无侧限抗压强度占 20%, 硬度或状态描述占 10%。通过对每层厚度得分进行加权平均, 分别求出上部 and 下部桩身芯样的综合得分。上部和下部桩身芯样的综合得分的平均值即为该桩体综合得分。根据每根被检

桩的综合得分按以下标准分为四类 :100 ~ 85 分为优等桩 ,84 ~ 75 分为良等桩 ,74 ~ 67.5 分为合格桩 ,低于 67.5 分为不合格桩^[3]。

表 1 28 d 龄期水泥土评分标准
Table 1 Standard of grading for cement soil at the age of 28 days

深度 /m	硬度或状态		标准贯入试验		无侧限抗压强度	
	硬度	记分	击数	记分	强度 /MPa	记分
0 ~ 6	坚硬-稍硬	100	> 20	100	> 0.45	100
	硬塑	75	10 ~ 20	75	0.15 ~ 0.45	75
	可塑	50	5 ~ 9	50	0.05 ~ 0.15	50
	软塑-流塑	0	< 5	0	< 0.05	0
> 6	坚硬-稍硬	100	> 15	100	> 0.45	100
	硬塑	75	9 ~ 15	75	0.15 ~ 0.45	75
	可塑	50	4 ~ 8	50	0.03 ~ 0.15	50
	软塑-流塑	0	< 4	0	< 0.03	0

除按上述等级划分标准确定被检桩等级外 ,被检桩如有下列情况之一者 ,则为不合格桩 :桩长不足 ;断桩 ϕ m 以下标贯击数小于 4 击 ,且芯样无侧限抗压强度小于 0.03 MPa ,桩身标贯击数低于相应软土层标贯击数的 1.5 倍 ϕ m 以上低于 75 分或 6 m 以下低于 60 分。

3 检测结果分析和质量评价

3.1 检测结果分析

在沿江高速公路太仓段两个标段共对 674 根粉喷桩进行了钻芯检测。根据固化水泥土总长度与整个桩身长度的比例 ,可分为以下几种情况。

- a. 固化水泥土长度占桩长 90% 的约有 20%。该类桩桩体上部 1.0 m 以内取芯率略低 ,呈块状或饼状 ,有时呈短柱状 ,完整性较差 ,但不完整芯样强度较高 ,一般可达 1 MPa 以上 ,中下部芯样完整 ,一般为长柱状或柱状 ,取芯率高 ,灰量多 ,搅拌均匀 ,芯样稍硬-坚硬 ,标贯击数大于 20 击 ,抗压强度一般大于 1.0 MPa ,局部可达 3 MPa ,底部 1 m 内芯样完整 ,为柱状或长柱状 ,灰量较多 ,一般为稍硬 ,有时夹少量硬塑层 ,标贯击数一般大于 15 击 ,抗压强度一般大于 0.45 MPa ,这部分桩为优等桩。
- b. 固化水泥土长度占桩长 70% ~ 90% 以上的约有 40%。该类桩桩体上部 1.5 m 内取芯率较低 ,呈块状或饼状 ,完整性较差 ,但芯样强度较高 ,中下部芯样完整 ,一般为柱状或长柱状 ,取芯率高 ,灰量多 ,搅拌均匀 ,芯样稍硬-坚硬 ,标贯击数大于 20 击 ,抗压强度一般大于 0.8 MPa ,局部可达 2.5 MPa ,底部 2 m 内芯样较完整 ,灰量较多 ,稍硬-硬塑 ,标贯击数一般大于 10 击 ,抗压强度一般大于 0.30 MPa ,这部分桩也为优等桩。
- c. 固化水泥土占桩长 50% ~ 70% 的约有 30%。该类桩桩体上部 1.0 ~ 2.0 m 内取芯率低 ,呈块状-碎块状 ,完整性差 ,块状芯样强度较高 ,一般可达 1 ~ 2 MPa 以上 ,中部芯样完整 ,一般为柱状-短柱状 ,取芯率较低 ,灰量多 ,芯样稍硬-坚硬 ,标贯击数大于 20 击 ,抗压强度一般大于 0.45 MPa ,下部至底部 2 ~ 4 m 内芯样完整 ,为柱状或长柱状 ,灰量明显减少 ,一般以硬塑状为主 ,局部稍硬 ,有时夹少量可塑层 ,标贯击数一般大于 9 击 ,抗压强度一般大于 0.25 MPa。根据各被检桩的实际检测数据 ,这部分桩一般为优等桩或良等桩。
- d. 固化水泥土长度占桩长 50% 以下的约有 10%。该类桩桩体总体取芯率较高 ,钻进速度明显加快 ,芯样呈柱状或长柱状 ,灰量较多 ,搅拌基本均匀或不均匀 ,硬塑-稍硬 ,局部可塑 ,标贯击数大于 5 击 ,但高于对应深度原状土层标贯击数的 1.5 倍。下部 1/3 桩长范围内灰量减少 ,个别被检桩底部数十厘米内灰量极少。这部分桩一般为良等桩或合格桩。

3.2 质量评价

本次共检测 674 根粉喷桩 ,在现场对每根被检桩的钻孔取芯过程、芯样完整性、连续性、状态或硬度、搅拌均匀性、含灰量等特征进行了详细的分析和描述。通过对桩身上部和下部水泥土层的标贯试验和所取芯样的抗压强度试验结果的分析计算 ,取得了每根被检桩的综合得分。根据粉喷桩等级评定标准 ,对太仓段被检粉喷桩进行等级评定。评定结果表明 ,太仓段粉喷桩总体施工质量良好 ,被检桩优良率达到 98% ,没有出现

严重的桩身质量问题(表2)。

表2 太仓段受检粉喷桩综合质量总体评价

Table 2 General evaluation on the quality of
dry-jetted cement piles of Taicang section

等级	优	良	合格	不合格
计分	100 ~ 85	84 ~ 75	74 ~ 67.5	< 67.5
桩数	567	94	13	0
百分比/%	84.1	13.9	2.0	0

4 讨 论

a. 粉喷桩设计应有一定的灵活性.例如,粉喷桩加固法适用于天然含水量介于30%~70%的地基土.但由于土层分布的复杂性,很难保证某段所有待处理软土层含水量都满足这一条件.对含水量严重超标的淤泥质土和流沙性土,有必要适度增加粉体掺入量^[4]和复搅次数,才能保证桩体水泥石强度;而对含水量严重偏低的地基土可通过在施工过程中加入适量的水分以利于水泥的水化作用,提高水泥石的均匀性和强度,达到预期的加固效果.另外,要使粉喷桩有理想的加固效果,必须使粉喷桩穿过软土层进入较硬的土层,这更应该按施工的实际情况对施工桩长进行必要的调整.

b. 加强粉喷桩施工管理、监督和检测十分必要.检测表明,太仓段粉喷桩总体桩身质量良好,没有出现严重的桩身质量问题,这与科学严格的施工管理、监督和检测是分不开的.承包方在施工前制订科学的施工方案,监理单位在施工过程中加强旁站监理和巡视监理,业主对监理和施工过程进行白天和夜间突击检查,检测单位科学、严格、及时地开展检测工作.通过以上措施,对施工过程中可能存在的问题或不足做到及时发现、及时纠正、及时改进,这为保证粉喷桩质量提供了有力的保证.

c. 某些粉喷桩施工管理和施工工艺有待提高.如粉体计量、送灰与钻具开始提升时间的匹配、复搅和单位深度的喷灰次数控制等方面对粉喷桩质量均有明显影响.(a)桩身质量与粉体掺入量有直接关系.现在普遍采用气固双相流称量计量,采用电脑芯片输出计量结果,较传统的计量方法有了一定的进步.但电脑计量也不可能是绝对准确、绝对可靠的.虽未进行水泥石中水泥含量的定量分析,但检测中常常发现,通过感官判断的灰量和电脑计量台账中的灰量存在明显不符的现象,值得在今后的实践中对粉体计量保证体系作进一步的探索和改进.(b)在送灰与钻具提升时间的匹配方面,一般送灰管道长60~80m,施工中即使在钻具开始提升时同步送灰,因灰剂从灰罐输出至钻头喷口喷出需要一定的时间,如果钻头达到设计深度就往上提升而不考虑喷灰滞后时间,极易造成桩底部断灰或灰量不足,降低软基加固效果.(c)大量施工实践已证明复搅与不复搅的桩身质量相差甚大.钻头喷出的粉体往往呈脉冲状,若不充分进行搅拌,粉体在桩中往往呈层状,形成较多层状水泥石结石块,对保证桩身整体强度极为不利,因此,粉喷桩施工过程中加强复搅非常必要.(d)现在粉喷桩喷灰量均以单位延米灰剂掺入量为标准,人为减少单位延米送灰次数,对保证桩身水泥石的搅拌均匀性非常不利.

d. 粉喷桩桩身质量检测应科学、严格、客观、及时.实践证明,钻孔取芯法是一种比较好的粉喷桩质量检测方法.不仅能对取芯的桩身进行质量评定,更重要的是通过检测能使施工队伍的质量意识得到加强和提高.因此要善于利用钻孔取芯检测手段监督和促进施工质量,防止出现大的桩身质量问题.如某施工队伍,在第一次检测中几根桩身质量不甚理想,这给各施工队伍及时敲响了警钟,促使其严格按施工方案和工艺试桩过程中确定的操作规程进行施工,提高质量.对其后施工的粉喷桩的检测结果显示,在地段、设备和施工人员相同的情况下,质量有明显提高.另外,在检测实施过程中还必须认识到,任何检测方法的正确实施都高度依赖于高素质的检测技术人员.无论在进行现场钻进、取芯、芯样分析描述方面,还是进行标贯试验、抗压强度试验和综合等级评定方面,都需要检测技术人员既要有高超的检测技术,更要有强烈的责任感、风险意识和高尚的职业道德,按现有的规范规程、检测标准进行科学检测,为业主提供科学、准确、客观的检测数据和明确的检测结论,为粉喷桩分项工程质量提供保证.同时检测技术人员虚心接受业主、监理、工程承包方的现场监督也是非常必要的.

5 结 语

粉喷桩法是一种很重要的软基加固方法.与其他各种软基加固方法一样,粉喷桩法软基加固效果取决于粉喷桩的桩身质量.高质量的桩身质量需要有科学的设计方案和施工工艺作保证,更需要有科学、严格又切实可行的管理和监督措施,并应通过严格的贯穿施工全过程的质量检测,及时发现粉喷桩施工过程中可能存在的问题,防止出现大的质量事故.

参考文献:

[1] JALAMGIR M ,MIURA N ,POOROOSHASB H B ,et al. Deformation analysis of soft ground reinforced by columnar inclusions[J]. Computers and Geotechnics ,1996 ,18(4) 35—38.

[2] 龚晓南,徐日庆.高速公路软弱地基处理理论与实践[M].上海:上海大学出版社,1998.233—235.

[3] 陈国臻,丁军华,刘义怀,等.粉喷桩钻孔取芯质量评价方法[A].江苏省高速公路建设论文集[C].北京:人民交通出版社,2001.272—279.

[4] 叶书麟.地基处理工程实例应用手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.523—551.

Drilling for core tests and quality evaluation of dry-jetted cement piles for Taicang section of Yanjiang Expressway

LI Xin-jia¹, ZHANG Bin¹, HOU Yu-bin², GONG You-ping²

(1. Suzhou Communications Bureau, Suzhou 215000, China ;

2. College of Civil Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract :Through field drilling for core tests ,the quality of dry-jetted cement piles is evaluated for the Taicang section of the Yanjiang Expressway based on the measured data of SPT blow count of cement soil of piles and the unconfined compression strength and hardness or state of core samples. The tests show that the quality of cement piles in this section meets the requirement of expressway construction. It is also found that the amount of cement jetted ,the times of re-mixing ,the times of cement-giving per meter ,and the coordination between cement giving and drill rod raising have great influences on the quality of cement piles.

Key words :dry-jetted cement pile ; SPT blow count ; compression strength ; quality evaluation