

# 高速公路处理软土地基水泥搅拌桩检测评价方法

王建华<sup>1</sup>, 李 飞<sup>2</sup>, 郑应顺<sup>3</sup>

(1. 江苏省农垦工程建设监理公司, 江苏 淮安 223000; 2. 盐城工学院建工系, 江苏 盐城 224002;

3. 盐城市亭湖区建设工程管理中心, 江苏 盐城 224002)

**摘 要:**水泥搅拌桩包括粉喷桩(干喷法)和深层搅拌桩(湿喷法),是高速公路处理软土地基的有效方法,对于加固后桩身质量的检测有多种方法,钻孔抽芯法检测是一种直观、可靠、有效的检测方法,得到广泛应用。江苏省高速公路建设指挥部制定并正式实施《江苏省高速公路水泥搅拌桩检测工程实施细则》,该细则对检测的各个过程作了详细的规定,并建立了一套有效的质量评分标准。

**关键词:**搅拌桩;粉喷桩;检测;评价方法;高速公路

水泥搅拌桩包括粉喷桩(干喷法)和深层搅拌桩(湿喷法),是利用专用机械设备把水泥浆或水泥粉与地基土在原位搅拌成桩,形成桩—土复合地基共同作用提高软土地基的承载力及减小地基沉降量。水泥搅拌桩处理软土地基,取得了大量的工程经验及研究成果,在高速公路建设中得到广泛应用,并取得良好的效果。对于加固后桩身质量的检测有多种方法,如轻便动力触探法、钻孔抽芯法、小应变法和静载试验等方法,各种方法都有其优缺点,钻孔抽芯法是在成桩一定龄期后通过钻孔抽芯来检查桩长、搅拌均匀程度、桩体的连续性,通过对桩身各段水泥土芯样的无侧限抗压强度试验和现场标贯试验确定桩身的强度。钻孔抽芯法是检测水泥搅拌桩直观、可靠、有效的方法。

江苏省高速公路建设指挥部 2003 年 6 月 30 日印发苏高技(2003)147 号文,发布并正式实施《江苏省高速公路水泥搅拌桩检测工作实施细则》<sup>[1]</sup>(以下简称《细则》)。该《细则》是根据江苏省高速公路水泥搅拌桩的施工状况,同时考虑到检测工作的实际情况,由江苏省高速公路建设指挥部对《江苏省高速公路粉喷桩检测工作实施细则(试行)》修订完善而成为全国首部省级高速公路水泥搅拌桩质量检测细则。《细则》规定对水泥搅拌桩采用抽芯法检验桩身质量。对检测工作的基本要求是必须认真、负责、公正、及时,确保检测工程质量,做到资料真实、评判准确、数据可靠。《细则》包含七个部分:(1)总则;(2)现场检测工作要求;(3)室内试验;(4)报告分析和成果评判;(5)工程中对不合格桩处理办法;(6)附件;(7)附表。《细则》吸收了国内外对水泥搅拌桩研究成果,对抽芯检测各个环节都给出了详细规定。

检测工作主要分为三方面:(1)现场测试(包括现场取芯和

标准贯入试验);(2)室内试验;(3)资料整理、报告编写。本文介绍水泥搅拌桩的检测及桩身质量评分方法。

## 1 现场测试

检测桩的成桩龄期一般应达到 28d,检测频率为 7%,其中省高指检测 5%,施工单位自检 2%。抽检桩位由检测单位随机确定。

现场检测采用百米钻机配以标准贯入试验设备等,钻进深度应超过施工桩长 0.5m,并取出桩底土样进行描述记录,据此确定实际桩长和端承条件。每根桩都要采取芯样进行室内试验,最低不小于三个样(上、中、下)。沿桩体深度方向每隔 1.5m 进行标准贯入试验,实测标贯击数应按试验杆长进行击数修正,修正系数见表 1。

表 1 标贯击数杆长修正表

探杆长度(m)	≤3	6	9	12	15	18	21
修正系数 α	1.0	0.92	0.86	0.81	0.77	0.73	0.70

现场技术人员要通过钻进过程和标准贯入试验判断桩身强度及桩长连续性,同时观察标贯器中水泥土搅拌的均匀程度、成桩状态以及端承条件,并判断桩长。现场描述内容包括:

- (1)芯样性质:土/水泥土/水泥;
- (2)颜色:灰色/灰黑色/黄色等;
- (3)状态:流塑/软塑/可塑/硬塑/坚硬;
- (4)搅拌均匀性。

芯样取出后按回次排放整齐,每根桩钻探完成后,对所取芯样进行拍照存档。

降低与粉煤灰的掺量成正比;

(3)粉煤灰也有水化热,但其水化热值要比水泥低的多,所以水化热降低的百分率低于粉煤灰取代水泥的百分率;

(4)由于粉煤灰的火山灰反应迟缓,发热速率较低,用粉煤灰等量取代水泥,可使峰值温度显著降低,并延缓峰值温度的出现时间。

经曲线拟合,不同粉煤灰掺量的水泥水化热与龄期的关系式列于表 3。可见,试验的相关性很好。

## 3 结论

(1)水泥的水化热随龄期的增长而增长,但大部分热量的放热是在 3d 以内;

(2)在混凝土中掺入粉煤灰可大幅度降低水化热;水化热的

## 2 室内试验

用压力机或万能试验机及配套附件按照有关技术要求对采取的芯样进行无侧限抗压强度试验。芯样无侧限抗压强度按高径比进行修正,修正系数见表2。

表2 无侧限抗压强度高径比修正系数表

高径比	<0.79	1.11	1.36	1.61	1.86	2
修正系数 $\alpha$	0.85	0.89	0.93	0.96	0.98	1

强度值以28d龄期为标准。对于桩体龄期<28d的,直接记录实测强度值,对于桩体龄期超过28天的,按每天1%对实测强度折减,最多折减50%。

## 3 桩身质量评分方法及报告编写

### 3.1 评分标准

根据水泥搅拌桩荷载传递机理的研究,桩身上部承担了大部分的荷载,《细则》规定以5m为界,将桩身分为上下部,并按不同的标准分别计分。根据现场描述、标准贯入击数、室内无侧限抗压强度值按表3及表4规定对每层的各个指标分别计分。

表3 上部(5.0m以上)检测计分表

硬度或状态	标准贯入试验		无侧限抗压强度		
	记分	击数	记分	强度 R(28d, MPa)	记分
坚硬—稍硬	100	$\geq 20$	100	$\geq 0.45$	100
硬塑	75	15	75	0.25	75
软塑—可塑	20~50	5	50	0.05	50
流塑	0	<5	0	<0.05	0

表4 上部(5.0m以上)检测计分表

硬度或状态	标准贯入试验		无侧限抗压强度		
	记分	击数	记分	强度 R(28d, MPa)	记分
坚硬—稍硬	100	$\geq 15$	100	$\geq 0.45$	100
硬塑	75	10	75	0.25	75
软塑—可塑	20~50	4	50	0.03	50
流塑	0	<4	0	<0.03	0

标贯击数、无侧限抗压强度得分按照线性内插。

### 3.2 计分方法

(1)计算各层得分时,按照标贯击数占70%,无侧限抗压强度占15%、硬度或状态描述占15%计分。

(2)当某层缺抗压强度的检测数据时,则不计该检测项目,按标贯击数占80%,硬度或状态描述占20%计算该层分数。

(3)根据各层得分,采用层厚加权平均分别得出上、下部得分。

(4)上、下部得分的平均值为该桩综合得分。

### 3.3 总体评价

(1)上部应达到75分以上,下部应达到60分以上,否则判为不合格桩。

(2)检测桩根据综合得分按以下标准分为四级:100~90分为优、89~80分为良、79~67.5分为合格、<67.5分为不合格。

根据以上的方法,计分过程填入水泥搅拌桩桩身抽检成果表,见表5。硬度或状态、标贯击数、强度的得分为计算得出的分数乘以各自所占比例后的得分,标贯击数、芯样强度按所在深度填写在表中相应的层中。每层得分栏为用层厚加权后的分数。

表5 水泥搅拌桩桩身抽检成果表

钻孔号 桩排号	里程桩号	龄期	深度 (m)	硬度或 状态	得分	标贯 击数	修正后 击数	标贯 得分	强度 (MPa)	修正折 合强度	强度 得分	厚度 权重	上下 得分	综合 得分	综合 评定
193# 7-7	K62+743~K62+778	64	0.0~1.5	硬	15.0	19	19.0	75.5				135.75	86.2	82.9	良
			1.5~3.0	硬	11.3	19	19.0	66.0	0.30	0.17	9.8	130.65	86.2	82.9	良
			3.0~5.0	硬	11.3	18	17.5	60.5	0.37	0.21	10.5	164.6	86.2	82.9	良
			5.0~6.0	硬	15.0	16	14.9	79.6				94.6	79.6	82.9	良
			6.0~7.5	硬	15.0	13	11.8	66.9				122.85	79.6	82.9	良
			7.5~8.7	可	7.5	10	8.8	48.7	0.09	0.05	8.0	77.04	79.6	82.9	良

检测报告是检测工作的最终成果,必须做到资料真实,评判准确、数据可靠,并且要注意报告的时效性,保证高速公路的顺利施工,检测工作为高速公路建设提供优质、高效的服务。

### 3.4 水泥土深层搅拌桩检测报告内容

水泥土深层搅拌桩检测报告包括下面几方面内容:

(1)概述:简要介绍工程概况以及检测日期,检测成果汇总表等。

(2)检测试验方法:主要包括现场桩位的确定方法以及现场测试方法和室内试验方法。

(3)水泥深层搅拌桩桩身抽检成果,主要包括检测孔号、所处位置、桩排号、龄期、每一深度处的标贯击数及无侧限抗压强度值,各桩评分计算表。

(4)水泥深层搅拌桩综合质量评定:对每根桩的桩身值进行

评价,分为优、良、合格、不合格四个等级,最后对整批桩的桩身质量进行综合评价。

(5)附件:提供现场原始检测记录、省高指检测传真、检测桩位图、芯样照片等。

《江苏省高速公路水泥搅拌桩检测工作实施细则》提出了一套从定性到定量评价水泥土搅拌桩质量的标准。为江苏省高速公路建设软基处理质量保障提供了依据。该细则也为建筑工程水泥搅拌桩地基处理检测与评价提供了有益的参考。

### 参考文献:

- [1] 江苏省高速公路建设指挥部. 江苏省高速公路水泥搅拌桩检测工作实施细则[R]. 2003, 6.