

文章编号:0451-0712(2006)07-0324-03

中图分类号:U416.1

文献标识码:B

# 渝湛高速公路(粤境段)软土特征与地基处理

夏 骥<sup>1</sup>, 黄 腾<sup>2</sup>, 余卫民<sup>3</sup>

(1. 广东省高速公路有限公司 广州市 510230; 2. 广东航盛工程有限公司 广州市 510230;

3. 广东渝湛高速公路有限公司 湛江市 524005)

**摘 要:** 分析了渝湛高速公路粤境段软土地基的特点,结合工程实例和现场监测数据,论述了砂桩、CFG 桩和管桩对软土地基的处理效果。

**关键词:** 砂桩; CFG 桩; 管桩; 地基处理

渝湛高速公路粤境段起于广东省廉江市高桥镇粤桂交界处,终点位于湛江市遂溪与茂湛高速公路相接处,并设连接线(一级公路),终点与湛江市疏港大道一级公路平交连接,是连接两广的重要干线公路。该公路全长约 69 km。

沿线地貌单元为冲积平原和平原台地,冲积平原的分布里程为 K35+500~K37+230,平原台地的分布里程为 K37+230~K42+000。沿线地形较平坦,两种地貌衔接部位,地势向平原区倾斜。K36+015~K36+580 路段地下水埋深较浅,冲积平原区一般埋深为 0~0.5 m;平原台地区一般埋深为 0~8.8 m 不等,含水量丰富;湛江组地层为富水层,地下水具微承压性,但受大气影响严重,水位随气候变化起伏较大。

## 1 软土特征

渝湛高速公路粤境段四标、五标和九标范围内存在软土,且主要分布于冲积平原区,一般路段软土厚度为 4~8 m,个别路段最大厚度为 15 m,埋深较浅,软土分布长度约 2 055.4 m,软土路段的路基填筑高度一般为 4~5 m,桥头处最大填土高度为 7 m。软土类型包括淤泥、淤泥质土、泥炭土等,这些软土具有天然含水量大、孔隙比大、压缩性高、天然重度小、液塑限和液性指数大、强度低、承载力低、渗透性小的特点,为软塑至流塑状态的饱和粘性土。其物理力学性质指标见表 1。

## 2 软基处理

根据软土特性,采用了砂桩、CFG 桩和管桩等

地基处理方法,本文从设计出发,结合现场实际观测数据,针对几种处理方法的效果进行论述。

### 2.1 砂桩

砂桩按正三角形布置,直径为 40 cm,桩中心距为 1.3 m;打穿淤泥层,进入持力层 0.5 m 深度。砂料采用中粗砂,粒径大于 0.5 mm 的砂含量占总重量的 50%以上,含泥量小于 3%,渗透系数不小于  $5 \times 10^{-3}$  cm/s。砂桩顶部铺设两层 TGSG20-20 双向土工格栅,延伸率不大于 11%,抗拉强度不小于 20 kN/m。土工格栅受力方向搭接长度不小于 30 cm,非受力方向搭接长度不小于 10 cm。土工格栅用 U 形钉锚固,U 形钉按正三角形布置,间距为 2.0 m。砂桩设计见图 1。

砂桩施工采用振动沉管挤密法,振动打桩机将带有钢制活瓣桩尖(打桩下管时活瓣闭合,提升时张瓣)的钢管打入土层中的预定深度,同时向管中边填砂、边冲水,然后边振动、边拔桩管,形成桩体。施工工艺流程为:测量放样→桩机就位→闭合桩靴→桩管振动成孔至桩底标高→向管内灌砂冲水→振拔至一定高度→停拔留振→拔管至地表→移机施打下一根桩。

砂桩处理路段的沉降观测数据汇总见表 2。该处理路段设置监测断面 1 个,在长达 4.4 个月的监测时间内,累计最大沉降量为 37 mm,发生在 K33+750 位置;按月沉降量不大于 6 mm 控制时,不满足设计要求,需继续预压,方可进行后续施工。

### 2.2 CFG 桩

CFG 桩是水泥粉煤灰碎石桩的简称,主要起挤密和置换作用,并可将有效荷载传递至深部土层,确

表 1 软土物理力学性质指标

标段	钻孔编号	液限	塑限	塑性指数	液性指数	含水率	天然密度	土粒比重	孔隙比	饱和度	压缩系数	压缩模量	直接快剪		固结快剪		渗透系数 ×10 <sup>-6</sup> cm/s
		$w_L$ %	$w_P$ %	$I_P$	$I_L$	$w$ %	$\rho$ g/cm <sup>3</sup>	$G_s$	$e$	$S_r$ %	$\frac{a}{\text{MPa}^{-1}}$	$\frac{E_s}{\text{MPa}}$	$\frac{c}{\text{kPa}}$	$\frac{\varphi}{(^{\circ})}$	$\frac{c}{\text{kPa}}$	$\frac{\varphi}{(^{\circ})}$	
4	ZK1182 原 2	53	37.6	15.4	4.201	102.3	1.38	2.35	2.445	98	2.92	1					
	ZK1184 原 3	34.6	25.5	9.1	3.373	56.2	1.65	2.58	1.442	100	0.92	2.41	8.6	6.5		8.6	6.5
	ZK134 原 1	81.5	55.8	26	2.77	127	1.35	2.66	3.48	97	26.09	0.17	5	7	8	11	0.06
	ZK136 原 1	48.6	33.4	15	0.96	49.1	1.68	2.66	1.36	96	10.55	0.22	4	6.2	6	17	0.83
5	ZK607 原 1	64.5	50.2	14.3	4.36	113	1.26		3.235	87	2.82		15.1	9.4			
	ZK611 原 1	54.8	40.3	14.5	4.38	104	1.26		3.367	83	3.86		9.2	7.7			
	ZK159 原 1	82.2	55	27.2	1.48	95.2	1.37		2.776	91	3.75		22	7.3	18	23	28.2
	ZK160 原 1	74.2	44.9	29.3	1.36	84.7	1.52		2.22	100	2.19		4	6.3	8	11.1	5.68
	ZK160 原 2	72.8	64.2	8.6	7.95	132.6	1.36		3.515	100	4.07		4	3.9	10	10.8	1.31
9	ZK966 原 1	55	40.3	14.7	1.64	64.4	1.41		2.09	82	1.88	1.64			6	21.1	
	ZK966 原 2	149	56.2	92.8	1.45	190.9	1.25		5.167	98	6.5	0.95	2	3	6	18.1	
	ZK967 原 1	155	73.9	80.7	2.1	243.7	1.19		6.654	97	7.65	1	2	3	9	19.1	
	ZK968 原 1	165	75.9	89.1	1.5	209.3	1.24		5.635	99	6.99	0.95	3	3.7	7	7.6	
	ZK969 原 1	47.4	35.3	12.1	0.75	44.4	1.73		1.229	96	0.51	4.37			15	21.2	
	ZK969 原 2	182	95.4	86.6	1.9	259.9	1.16		7.222	95	6.82	1.21	3	4.3	6	14.5	
	ZK969 原 3	46.2	36.5	9.7		240.2	1.12		6.594	91	7.218	0.79	3	4.2			

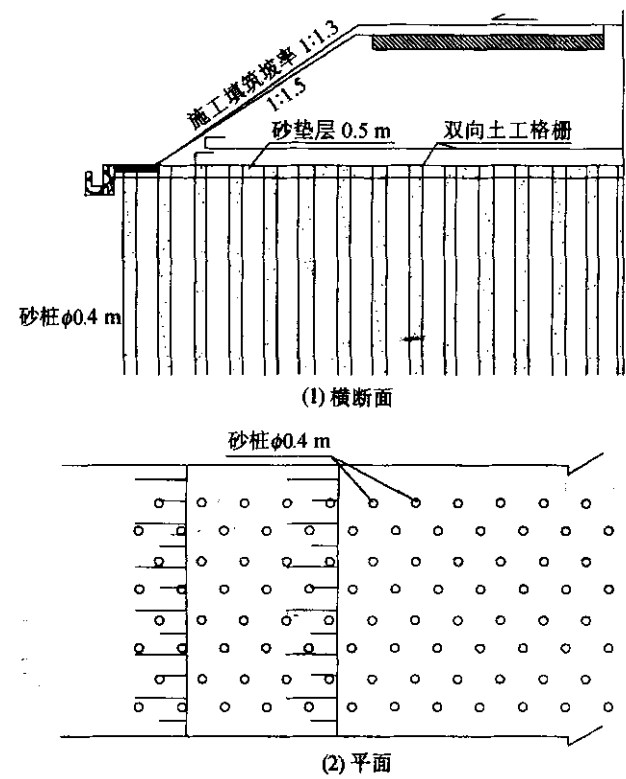


图 1 砂桩设计

表 2 沉降观测数据汇总

桩号	累计沉降量/mm			最后一次沉降速率/(mm/d)		
	$S_{左}$	$S_{中}$	$S_{右}$	$V_{左}$	$V_{中}$	$V_{右}$
K33+750	23	37		0.3	0.5	

保桩对地基的置换作用;采用 CFG 桩与挤密砂桩进行软基处理,CFG 桩、砂桩和被挤密的土共同形成 CFG 桩复合地基,在褥垫层的作用下协调桩土变形,提高桩周土的抗剪强度,增加地基强度、模量和承载力,既提高地基的强度,又减少地基的变形。

CFG 桩和砂桩按正方形布置,直径为 40 cm,桩身强度为 C12,打穿淤泥层,进入持力层 0.5 m 深度。桩顶部铺设两层 TGSG20-20 双向土工格栅,各项参数、铺设要求与砂桩土工格栅项相同。CFG 桩设计见图 2。

CFG 桩的施工工艺流程为:测量放样→桩机就位→闭合桩靴→沉管至设计深度→向管内灌混合料→匀速拔管提升→拔管至地表→移机施打下一根桩。

CFG 桩桩体混合料塌落度控制在 3~5 cm 之间,拔管速率为 1.2 m/min,且每上拔 1 m 留振 5 s。当沉管拔至离地表 2 m 时,上拔速度应再减慢一半,

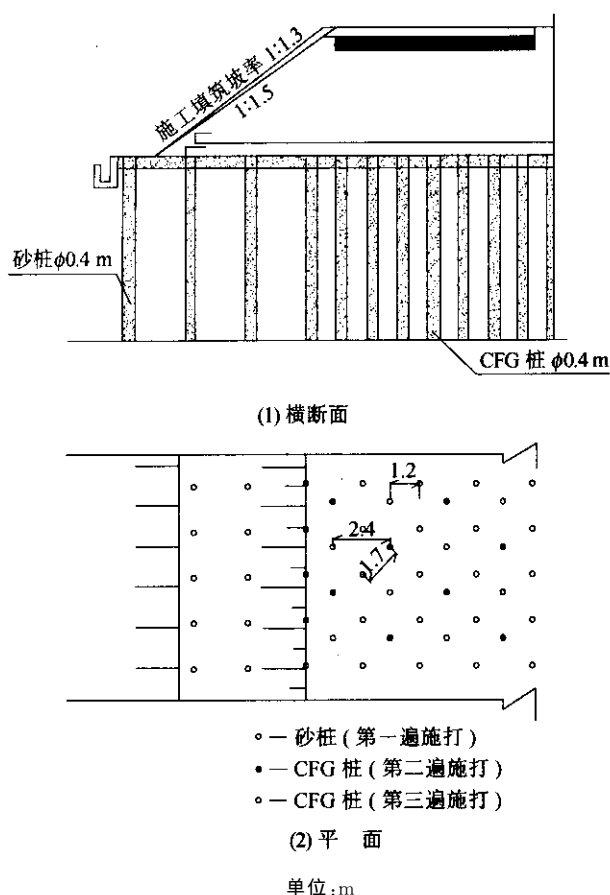


图2 CFG 桩设计

且每上拔 1 m 留振 10 s。施工时先打砂桩,砂桩全部施工完毕后再施打 CFG 桩。CFG 桩施工次序为横向从路中心向两侧施工、纵向从桥头向两侧施工,且必须隔桩跳打。

CFG 桩处理路段的沉降观测数据汇总见表 3。该区域设置监测断面 4 个,在长达 8.3 个月的监测时间内,累计最大沉降量 171 mm,发生在 K36+380 位置。采用双曲线法推算最终沉降量,经计算剩余工后沉降量均小于规范和设计要求。本路段设有孔隙水压力监测,到 2005 年 4 月止,监测数据表明,地基的固结度已达 92. % 以上,地基处理效果好。

表3 沉降观测数据汇总

桩号	累计沉降量/mm			推算最终沉降量/mm		
	$S_{左}$	$S_{中}$	$S_{右}$	$S_{左}$	$S_{中}$	$S_{右}$
K36+150	74	107	40	78.9	115.2	42.6
K36+275	109	90	101	112.4	96.4	103.1
K36+380		171			175.5	
K36+485	160				163.1	

### 2.3 管桩

预应力管桩相对 CFG 桩、素水泥混凝土桩,具有抗挤土效应能力强、质量容易保证、施工速度快、适用深度大等优点。本线路在九标段设计采用了管桩,管桩按正方形布置,直径为 40 cm,桩中心距为 2.5 m,收锤标准以最后贯入度为控制标准。正常情况下,最后贯入度按 60 cm/10 击控制,并保证桩底嵌入持力层深度不小于 1.5 m。桩顶设置托板,钢筋混凝土托板尺寸为长 1.3 m×宽 1.3 m×厚 0.35 m。然后铺设一层 SS20 双向土工格栅,土工格栅延伸率不超过 10%,抗拉强度不小于 20 kN/m。土工格栅用 U 形钉锚固,U 形钉按正三角形布置,间距为 2.0 m。管桩设计见图 3。

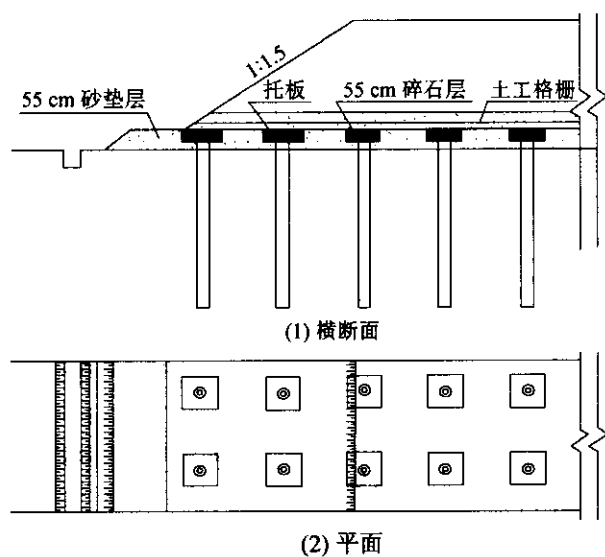


图3 管桩设计

管桩施工工艺如下:测量放样→确定打桩顺序→桩机就位→插桩→锤打→接桩→送桩→收锤→做好打桩记录。

管桩处理路段的沉降观测数据汇总见表 4。该路段设置监测断面 8 个,在长达 4.4 个月的监测时间内,累计最大沉降量为 28 mm,发生在 K68+230 位置。最后一次测量的沉降速率均为 0 mm/d,地基处理效果好。

### 3 结论

(1)砂桩、CFG 桩和管桩适合渝湛高速公路粤境段公路软弱地基处理。

(2)从现场监测数据来看:管桩处理效果最好,CFG 桩次之,而砂桩处理效果稍差,砂桩需要较长的预压时间才能完成主固结沉降。

文章编号: 0451—0712(2006)07—0327—04

中图分类号: U414. 110. 3

文献标识码: B

# 渝湛高速公路石灰改良膨胀土室内试验研究

曾过生<sup>1</sup>, 周波<sup>2</sup>

(1. 广东冠粤路桥有限公司 广州市 510630; 2. 广州市南沙区建设局)

摘要: 结合渝湛高速公路(粤境段)膨胀土路基处治的工程实际,论述了膨胀土的工程特性和掺石灰改良膨胀土的固化机理,并进行了对比试验研究,分析了石灰对膨胀土物理力学性能的改善效果,论证了石灰改良膨胀土的工程可行性。

关键词: 膨胀土; 掺灰改良; 固化机理; 对比试验研究

随着近年来我国高速公路建设的快速发展,膨胀土灾害问题在高速公路建设中更为突出。国家主干道渝湛高速公路广东境内部分挖方段零星分布有膨胀土,其成因主要为沉积的北海组、湛江组粘土层和蚀变花岗岩风化后形成的残积土层。它们对所在路段的路基、路面、桩基、沿线的生态环保都有很不利的影响。由于膨胀土特殊的工程性质,再加上粤西地区雨水较多且部分地段地下水较丰富,所以渝湛高速公路(粤境段)沿线分布的膨胀土不能直接用于路基填筑。为保证路基的稳定,减少膨胀土路基对路面的破坏,必须对膨胀土进行改良处理。膨胀土问题的合理解决成为渝湛高速公路(粤境段)建设中的一个重要的技术问题。

## 1 膨胀土的工程特性

### 1.1 膨胀土的微结构

膨胀土的微结构是其粘土颗粒组合排列而形成的结构特征。膨胀土的粘土颗粒组合排列方式与膨胀土的含水量大小、组成的矿物成分及所处的地理

环境有关,其中影响最大的是膨胀土的含水量,含水量变化不仅会引起膨胀土体中的矿物发生物理—化学作用,使矿物微粒之间的结合力发生变化,从而引起土体结构的变化。

### 1.2 膨胀土的裂隙性

膨胀土产生裂隙的原因主要是由于膨胀土的胀缩特性,即吸水膨胀失水干缩,往复周期变化,导致膨胀土土体结构松散,形成许多不规则的裂隙。裂隙的发育又为膨胀土表层的进一步风化创造条件,同时裂隙又成为雨水进入土体的通道,含水量的波动变化使膨胀土反复胀缩,从而又导致裂隙的扩展。

### 1.3 膨胀土的超固结性

超固结性是膨胀土的重要特性之一,膨胀土在沉积过程中,在重力的作用下逐渐堆积,土体将随着堆积物的加厚产生固结压密。由于自然环境的变化和地质作用的复杂性,土在自然界的沉积作用并不一定都处于持续的堆积加载过程,而是常常因地质作用而发生卸载作用,致使土层的先期固结压力大于目前的上覆压力,从而使其具有超固结性。

收稿日期: 2006—05—10

—————

表4 沉降观测数据汇总

桩号	累计沉降量/mm			最后一次沉降速率/(mm/d)			桩号	累计沉降量/mm			最后一次沉降速率/(mm/d)		
	<i>S</i> <sub>左</sub>	<i>S</i> <sub>中</sub>	<i>S</i> <sub>右</sub>	<i>V</i> <sub>左</sub>	<i>V</i> <sub>中</sub>	<i>V</i> <sub>右</sub>		<i>S</i> <sub>左</sub>	<i>S</i> <sub>中</sub>	<i>S</i> <sub>右</sub>	<i>V</i> <sub>左</sub>	<i>V</i> <sub>中</sub>	<i>V</i> <sub>右</sub>
K68+230	22	21	28	0	0	0	K68+540	9	6	8	0	0	0
K68+330	16	17	20	0	0	0	K68+590	16	14	6	0	0	0
K68+380	8	12	12	0	0	0	K68+690	17	27	7	0	0	0
K68+480	12	23	16	0	0	0	K68+800	10	9	10	0	0	0