

文章编号:0451-0712(2006)04-0155-05

中图分类号:U416.1

文献标识码:B

某高填方软土路基特殊路段处治方案比选

容耀华

(江门市公路勘察设计院有限公司 江门市 529000)

摘 要:某公路沿线多为软土路基,其路堤填筑高度在2~8 m间,属高填方和超高填方路堤,且有约10 km与某江堤并行等高,因此,设计在充分考虑路基稳定和工后沉降的同时,必须考虑施工对该江堤的影响。基于此,借助于数值模拟手段,对路堤与江堤并行特殊路段的处治方案进行模拟,重点研究了路堤施工过程路基的变形及其对江堤安全的影响。通过对不同设计方案计算结果的分析,从安全可行及经济的角度进行了方案的比选,从而确定了最终设计方案。

关键词:软土路基;江堤;高填方;数值模拟;变形;设计方案

我国南方某公路按一级公路标准设计,路线全长约25 km,路基宽度为29.5 m,双向六车道,其中约10 km与某江堤并行等高。公路沿线大部分为鱼塘、水田,路堤填筑高度在2~8 m之间。

由于该公路所处位置的特殊性,在地基处理施工过程中要确保江堤的安全,并尽可能把施工对江堤的影响降到最小,因此,软土路基处治的设计必须以江堤的安全稳定为前提。

基于上述原因,本文用数值模拟手段,对路堤与江堤并行路段的软土路基处治方案进行模拟,重点模拟了不同处治方案路基施工过程对江堤变形的影

响。通过对不同处治方案计算结果的分析,从安全可行及经济的角度进行了方案的比选,从而确定了最终设计方案。

1 设计方案

1.1 地层特性

本工程地层自上而下分为:层①,高液限粘土,平均厚度为2.6 m;层②,淤泥、淤泥质土,平均厚度为18 m;层③,高液限粘土,平均厚度为3 m;层④,低液限粘土,平均厚度为6 m。其软土概括有如下特性。

(1)含水量高。淤泥质土含水量平均为49%,最

收稿日期:2006-02-16

不太可能有新的裂缝出现。因此,在出现裂缝的地方,用森林灭火机吹净灰尘,对裂缝灌注乳化沥青或热沥青,并辅以土工格栅处理;在水泥稳定碎石层上铺沥青下封层,然后摊铺沥青混凝土面层。这是一种处理裂缝的有效措施。

3.4 探索解决水泥稳定碎石基层裂缝问题的新途径

为了避免水泥稳定碎石基层有可能产生对路面沥青混凝土层不利的反射裂缝,除上述这些措施外,目前还有在半刚性的水泥稳定碎石基层上加铺一层柔性密级配的沥青碎石或者空隙率略大的大粒径开级配的沥青碎石层作为基层的方法,其厚度为10~12 cm。这对于确保在沥青混凝土面层上不出现反射裂缝和延长路面使用年限,无疑将会有积极的意义。

4 结语

高速公路上采用水泥稳定碎石基层日趋增多,由于我国幅员辽阔,地理条件和气候差异也较大,随着社会的发展、技术的进步,人们对工程追求高质量、高品位是社会文明的表现,同时也对建设、设计、科研、施工、监理单位提出了不少新的要研究的课题。愿业内人士对水泥稳定碎石基层的研究和应用随着国民经济发展,在高速公路建设中更深入、普及和得到提高。

参考文献:

- [1] JTJ 037-2000,公路路面基层施工技术规范[S].
- [2] JTG F80/1-2004,公路工程质量检验评定标准(土建工程)[S].

大为 68.7%，流塑状。

(2)天然孔隙比大。淤泥质土的天然孔隙比平均值为 1.42，最大达到 1.88；高液限粘土的天然孔隙比平均值为 1.0，最大达到 1.60。

(3)压缩性高。淤泥质土的压缩系数为 1.08 MPa^{-1} ，属高压缩性土；高液限粘土的压缩系数为 0.4 MPa^{-1} ，属中压缩性土。

(4)抗剪强度小。淤泥质土快剪实验凝聚力平均值为 12.5 kPa，内摩擦角为 7.5° ；十字板剪切强度平均值为 25.0 kPa。

(5)固结系数小。淤泥和淤泥质土的固结系数约为 $3.0 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ 。

1.2 拟采用的处治方案

特殊路段软土路基处治进行以下 4 种方案的分析比选。

(1)堆载预压方案(简称方案 1)。

(2)真空联合堆载预压方案(简称方案 2)。

(3)真空联合堆载预压+碎石桩(江堤堤脚与路堤结合处)方案(简称方案 3)：布设 8 排碎石桩；桩径为 40 cm，桩间距为 100 cm；桩身进入低液限土。

(4)真空联合堆载预压+水泥搅拌墙(江堤堤脚与路堤结合处)方案(简称方案 4)：布设 2 排水泥搅拌桩；桩径为 60 cm，搭接宽度为 10 cm；桩身进入低液限土 100 cm；水泥土强度为 0.75 MPa。

4 个方案均采用塑料排水板作为竖向排水体，正三角形布置，间距为 1.2 m。

2 数值模拟方法

2.1 计算模型及程序

本计算土体的应力应变关系采用双屈服面弹性模型，与传统的非线性模型相比，该模型可以考虑土体的剪胀性和剪缩性，能较真实地反映土体的应力变形性状^[1]。

计算采用 BISS 比奥固结有效应力分析程序。

2.2 计算原理

由应力应变关系模型结合几何方程、平衡微分方程及土的水流连续方程，可得到比奥固结理论的求解方程式，求解工程中的边值问题。土体内部发生固结变形的过程，是边界条件改变的结果。边界条件有荷载边界、位移边界和水头边界等几种^[2]。堆载预压和真空预压是荷载边界和水头边界的边值问题。加荷压缩与真空排水预压^[2~4]虽在边界条件上有所不同，但控制方程及求解方法是一致的。在堆载预压问题中，边界荷载或边界位移发生变化，水流边界条件不变；在真空预压问题中，只有水头边界条件发生变化，随着真空作用点的水头下降，形成由内向外的水力坡降。显然，对于两者同时变化的问题也可以同样求解。

2.3 软土路基处治模拟

路堤填筑荷载转化成结点荷载，真空荷载作为结点孔隙水头，分级模拟施工过程；排水板模拟采用等价砂墙，将空间问题变为平面应变问题进行简化计算。计算中，将砂墙间距放大，同时将土体的水平向渗透系数按相应砂墙间距的平方放大，以保持水平向固结系数不变。

2.4 断面选取与网格剖分

(1)数值模拟选取的典型断面见图 1。

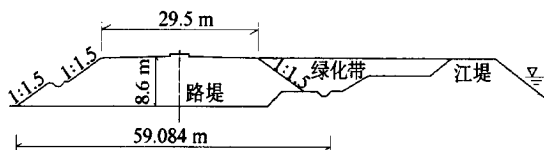


图 1 数值模拟典型断面

(2)数值模拟网格剖分如图 2 所示，结点总数为 1 240 个。

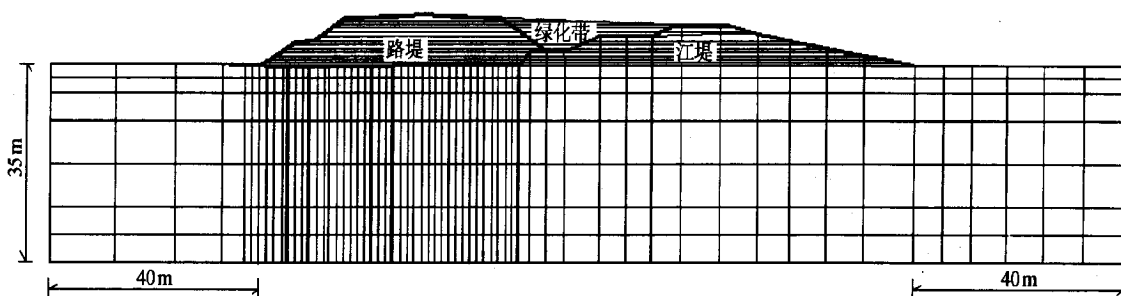


图 2 典型网格剖分

2.5 计算参数

模型计算参数由室内土工试验获得,有 K (压缩模量系数)、 K_{ur} (回弹模量系数)、 n (邓肯参数)、 c (凝

聚力)、 φ (内摩擦角)、 R_f (破坏比)、 G (邓肯参数)、 D (邓肯参数)和 F (邓肯参数)共 9 个计算参数,见表 1。

表 1 计算参数

土层号	K	K_{ur}	n	c/kPa	$\varphi'/(^{\circ})$	R_f	G	D	F
②	100	150	0.28	10	22	0.67	0.19	2.44	0.02
③	60	120	0.25	4	27	0.67	0.19	2.44	0.02
④	120	240	0.3	15	27.8	0.78	0.22	2.5	0.05
江堤填土	180	270	0.3	20	30	0.8	0.3	2.5	0.1

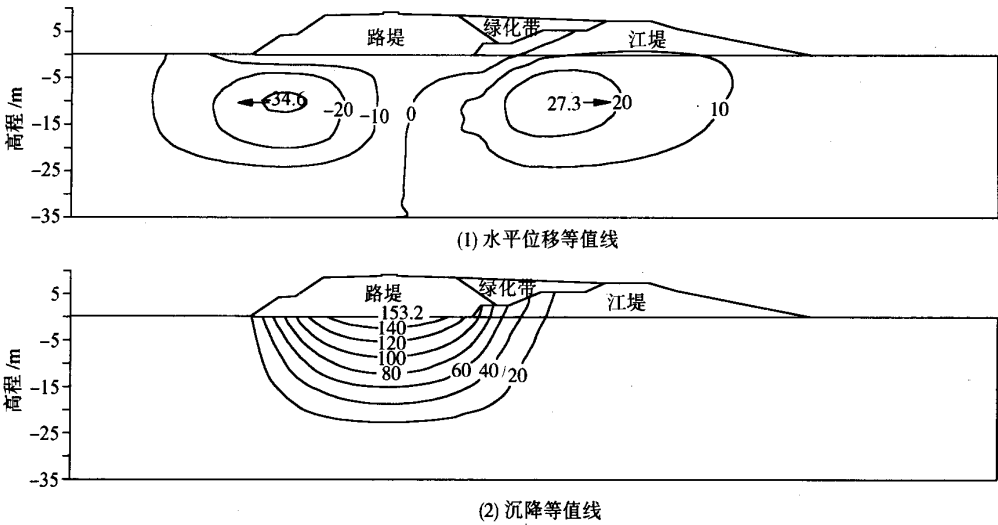
3 计算结果与分析

3.1 堆载预压方案(方案1)

模拟施工工序为:铺设砂垫层、打设排水板、路堤填筑、绿化带填筑。

和水平位移等值线。结果表明,路基中部的沉降量最大,约为 153.2 cm;路基面向下 10 m 左右的水平位移最大,约为 34.6 cm;江堤的水平位移最大位置与路基相似,其最大值约为 27.3 cm,堤身有拉应力区存在。

图 3 为方案 1 路堤与绿化带填筑完成时的沉降



单位:cm

图3 方案1

3.2 真空联合堆载预压方案(方案2)

模拟工序为:铺设砂垫层、打设排水板、加真空荷载、填筑路堤、填筑绿化带。

模拟工序为:碎石桩施工、铺设砂垫层、打设排水板、加真空荷载、填筑路堤、填筑绿化带。

图 4 为方案 2 路堤与绿化带填筑完成时的沉降和水平位移等值线。结果表明,路基中部的沉降量最大,约为 262.5 cm,路基面向下 12.5 m 左右的水平位移最大,约为 24.8 cm;江堤的水平位移最大位置与路基相似,其最大值约为 16.3 cm,堤身有拉应力区存在。

图 5 为方案 3 路堤与绿化带填筑完成时的沉降和水平位移等值线。结果表明,路基中部的沉降量最大,约为 260.3 cm;路基面向下 12 m 左右的水平位移最大,约为 22 cm;江堤的水平位移最大位置与路基相似,其最大值约为 14 cm,堤身有拉应力区存在。

3.3 真空联合堆载预压+碎石桩(方案3)

3.4 真空联合堆载预压+水泥搅拌墙(方案4)
模拟工序为:水泥搅拌墙施工、铺设砂垫层、打设排水板、加真空荷载、填筑路堤、填筑绿化带。

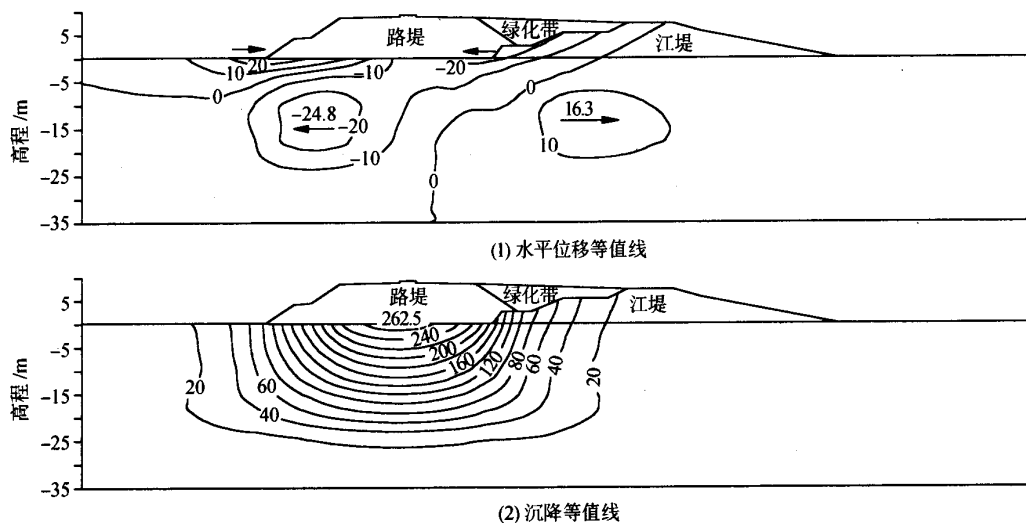


图 4 方案 2

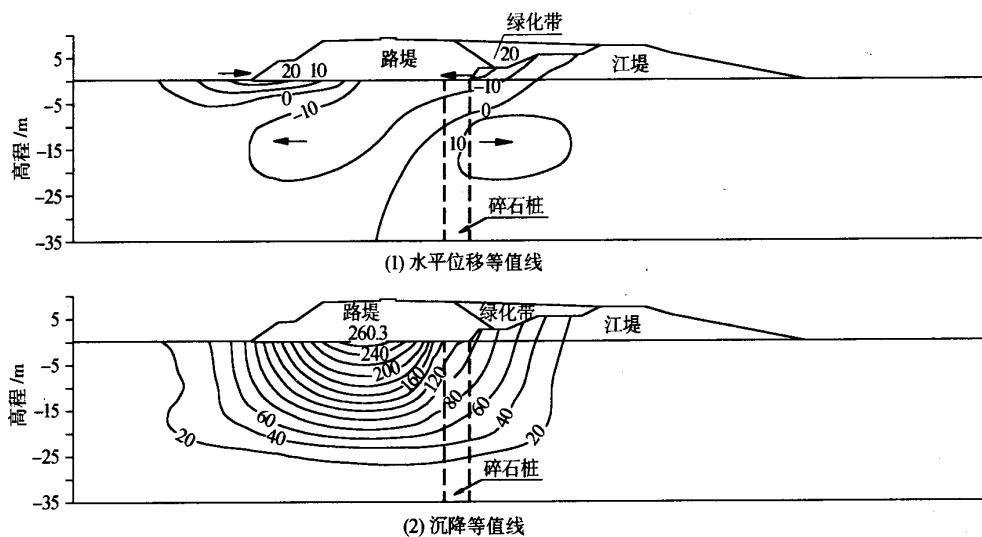


图 5 方案 3

图 6 为方案 4 路堤与绿化带填筑完成时的沉降和水平位移等值线图。结果表明,路基中部的沉降量最大,约为 256.7 cm;路基面向下 12 m 左右的水平位移最大,约为 20 cm;江堤基本没有水平位移,堤身没有拉应力区。

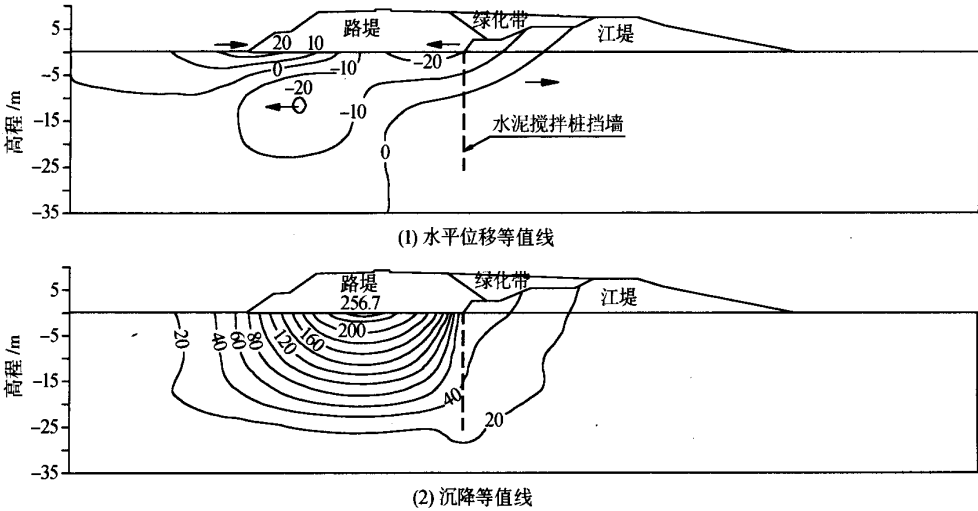
3.5 分析

各方案的计算结果列于表 2。

(1)从路基与江堤的变形来看,方案 2 的路基沉降最大,方案 1 的最小;方案 1 的路基水平位移最大,方案 4 的最小;方案 1 的江堤水平位移最大,方案 4

基本没有水平位移发生。

(2)比较方案 1 与方案 2 可知,方案 2 的路基沉降明显大于方案 1,表明方案 2 路基固结更快,相应地地土强度也会明显增长,利于地基稳定;方案 2 江堤的水平位移较方案 1 小,说明方案 2 对江堤的影响比方案 1 小。采用真空联合堆载预压后,地基的固结度明显提高,但采用真空预压也使得路基面附近向路堤中心的水平位移有所增加。江堤背水面有一定的拉应力区域,因此,靠近路堤方向的江堤会出现局部裂缝,但不会影响江堤稳定。



单位:cm
图 6 方案 4

表 2 各方案计算结果汇总

方案	路基沉降/cm	路基水平位移/cm	江堤水平位移/cm	堤身拉应力区
方案 1	153.2	34.6	27.3	有
方案 2	262.5	24.8	16.3	有
方案 3	260.3	22.0	14.0	有
方案 4	256.7	20.0	/	无

(3)方案 2、方案 3、方案 4 均是真空联合堆载预压,3 种方案的不同之处在于对边界的处理。3 种方案的路基沉降量基本相同,但在水平位移上方案 3 和方案 4 要比方案 2 小,说明边界的处理不是影响地基沉降量大小的主要因素,但对水平位移的影响较大。另外,方案 2、方案 3 与方案 4 的比较结果还表明,采用真空联合堆载预压+水泥搅拌桩方案,江堤堤身基本无拉应力区出现,对江堤稳定更为有利。

(4)方案 3 与方案 4 的比较可知,与采用碎石桩相比,采用水泥搅拌桩处理,江堤背水面的变形量大为减小,使得江堤拉裂的程度相应减小。

综合上述分析,在考虑路基稳定的基础上,结合江堤的安全,方案 4 更为合理。

4 结语

软土路基的处治一直是公路工程密切关注的问题,而在软土路基上进行高填方或超高填方使得软土路基处治设计的技术难度更大,因此,在常规设计

方法的基础上,本文借助于数值模拟手段对设计方案进行了比选,结果表明:

(1)与堆载预压相比,真空联合堆载预压能加快地基固结,在有限的工期内较快地提高地基土的强度,消除工后沉降;

(2)方案 4 能明显降低或消除江堤主堤身的拉应力,且使得江堤背水面的变形量大幅减小,堤身基本没有水平位移,减小了江堤开裂的程度,对江堤稳定有利。

参考文献:

[1] 沈珠江. 理论土力学[M]. 中国水利水电出版社.
[2] 沈珠江. 软土地基真空排水预压的固结变形分析[J]. 岩土工程学报,1986,(3).
[3] 曹永琅,丛建,吴晓峰. 高速公路超软土地基的真空预压加固研究[J]. 岩土力学,2003,24(5).
[4] 王剑平. 软土路基固结变形的有限元分析[A]. 高速公路软基处理[C]. 中国建筑工业出版社,1997.