

宁通一级公路南通段软基处理研究

卢廷浩 殷宗泽

田孝发

31-33

(河海大学 南京 210098) (南通市宁通公路指挥部 江苏南通 226001)

摘要 分别对二灰土桩和排水板处理软基路段进行了实测和计算,结果表明:桩长 4~6 m 的二灰土桩处理方案使总沉降减少约 30 cm,占总沉降量的 30%,工后沉降降低为 6 cm,从而满足工程要求;排水板预压处理的实测沉降比计算值稍大,是因插板时软土扰动的结果。两种处理方案相比,前者明显优于后者,二灰土桩的优越性在于初期它具有排水作用,因其可压密性和水硬性,后期强度增高,形成硬壳层,具有较高的压缩模量和较大的承载力。

关键词 地基处理;二灰土桩;沉降量;压缩性;高等级公路

宁通一级公路南通段全长约 38 km,其中软土地基路段长 20 km。软基上高等级公路设计中的主要要求是路基的工后沉降不要过大,保证使用期间路面纵向平整。初步计算表明,若不采取加固措施,有相当长的软基段不能满足工后沉降的要求,即一般路段工后沉降不应超过 30 cm,桥头连接段工后沉降不应超过 10 cm,过渡段不应超过 20 cm。对于不能满足要求的软土路段要作地基加固。原设计采用挤密砂桩、塑料排水板,还考虑过强夯和轻质路堤填料等方案。在多次比较论证后确定,对不同软土深度和荷载条件,分别采用粉喷桩、塑料板排水和二灰土桩方案处理。

为了弄清加固效果,对这些加固方案的优缺点及高等级公路中的适用性有更清楚的认识,在现场选择了两个观测剖面,即 K103+070(塑料板排水预压)和 K102+990(二灰土桩复合地基),埋设了观测设备进行全断面的观测。其中又对二灰土桩加固方案作了较深入的试验研究。

对每种处理方案,在选择典型断面时,尽可能考虑其最不利情况,即软土层较厚,土质较差,且填土高度较大。这样的断面预计沉降量较大,施工过程中及完工后变形和稳定性方面出现问题的可能性也较大。进行现场观测便于指导全线其它路段的施工。

1 典型断面的现场观测

1.1 表面沉降观测与分析

两个典型断面的地表计算沉降和实测沉降结果

分别列于表 1 和表 2。

表 1 计算沉降量

断面号	地基处理方法	折算路堤提高/m	软土厚/m	不作地基处理/cm		经过地基处理/cm	
				计算总沉降	工后沉降	计算总沉降	工后沉降
K103+070	塑料板排水	5.45	12	76	29	76	16
K102+990	二灰土桩复合地基	7.05	12	93	33	62	14

表 2 实测沉降及由实测推估的沉降

断面号	实 测		根据实测资料用指数法推估的沉降/cm		
	开始填土到观测的时间间隔/d	原地面沉降/cm	施工刚完(铺设好路面)沉降	最终沉降	工后沉降
K103+070	360	56	71	89	18
K102+990	295	51	57	63	6

从表 1 和表 2 可见:

a. 两个断面若用天然地基是不能满足工后沉降要求的。采用塑料板排水和二灰土桩加固,无论按分层总和法计算或太沙基一维固结理论计算,还是实际观测,均能满足工后沉降要求。计算与实测结果是接近的。由此可以推断,经过上述两种方法加固的其它断面,均不会产生过大沉降,这就对软基处理方案的可靠性有了一个肯定的回答。

b. 两种加固方法对总沉降量的影响是不同的。塑料板排水法根据已获得的实测资料推估的最终沉降量要比分层总和法计算所得沉降(它也等于天然地基计算沉降)大,其差值为 14 cm。诚然,实测和计

算都有误差,但实测沉降量大于计算沉降量这是肯定的,许多工程的实测与计算资料也都证明了这一点.出现这种情况是由于塑料板插入土中的过程扰动了软土的结构,引起了附加沉降,而这在计算中是没有考虑的.这种附加沉降当然要求增加填土高度来弥补,以维持预定的路面沉降.

二灰土桩复合地基,由于加固层的压缩模量提高,与天然地基相比总沉降量降低,根据计算结果降低了 30 cm,实测沉降也是接近的.减少了总沉降量,就减少了填土高度,也就有了一定的经济效益.

两种处理方案与天然地基相比,排水板方案增加了填土高度,二灰土桩方案减少了填土高度,一负一正,两者在填土高度上的差异可达 44 cm 以上.在路堤土料来源紧缺的情况下,二灰土桩处理方案在减少土方量、节省投资方面的优点也是设计和施工所考虑的因素之一.

1.2 分层沉降观测

两个典型断面分别由几个分层沉降标所测沉降而推估的最终沉降值分布,与由分层总和法计算得到的沉降值分别示于图 1 和图 2.从图中可见,实测沉降沿深度的分布规律与计算结果都显示,压缩量主要发生在软土层中.其中,塑料板排水断面 K103 + 070 在 12 m 深度以下,各土层实测与计算的压缩量基本一致,两者的差别主要在 12 m 以上的软土层中,实测压缩量大于计算值.这进一步说明了塑料板插入扰动的影响.

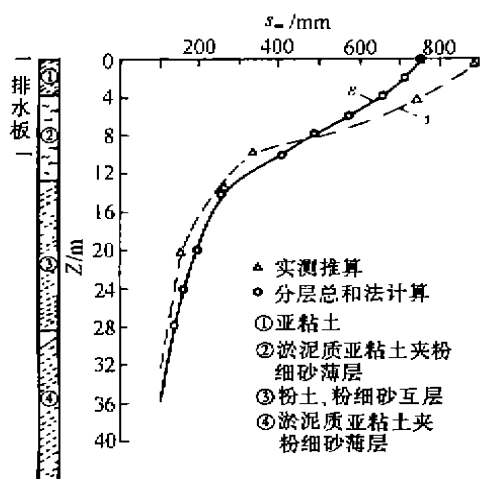


图 1 K103 + 070 断面(排水板预压)实测推算与分层总和法计算沉降沿深度的关系

二灰土桩断面 K102 + 990, 在 10 m 深以上的软土层中,土体的实测压缩量与计算值基本一致.计算采用的是加固后桩周土和桩的复合压缩模量,而在 10 m 以下基本属原状土层,实测压缩量明显小于计算值.这可能是由于处理后上层复合地基形成了“硬壳层”,调整了应力的分布,降低了其下卧层的压缩

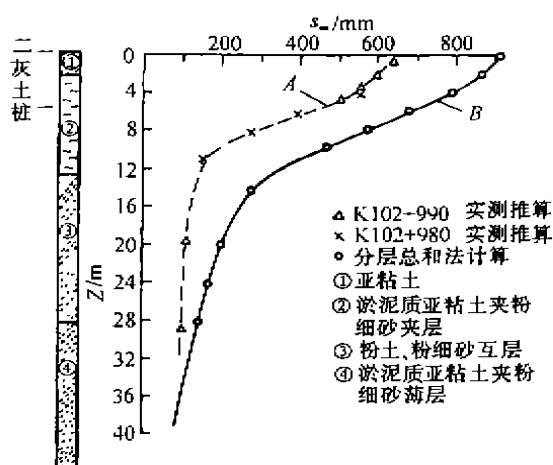


图 2 K102 + 990, K102 + 980 断面(二灰土桩处理)实测推算与分层总和法计算沉降沿深度的关系

量,而分层总和法计算不能反映这一现象.

分层沉降观测结果还表明,在深度 36 m 以下的沉降量较小,可忽略不计,沉降计算深度取到 36 m 是合适的,这相当于附加应力为自重应力 1/5 的深度,即应力比为 0.2.

1.3 孔压观测

孔压观测值一般均较小.断面 K103 + 070 最大孔压值仅 13.0 kPa,显然塑料板排水系统发挥了降低孔压的作用.断面 K102 + 990 孔压值也不大,最大孔压值为 24.0 kPa,仅占附加应力的 15%.二灰土桩中的石灰有吸水作用,也加速了水的排出,孔压值下降.另外,由于软土层中含有数十个粉细砂夹层,每米厚约有 3 个夹层,每个夹层厚 1 ~ 3 cm 不等,这可能是孔压消散较快的主要因素之一.

1.4 水平位移

水平位移主要发生在软土层中,数值不大,最大值 8.8 cm,位置在深 8 m 附近.由于施工过程和受力条件的改变,水平位移的变化较为复杂,规律性不十分明显,但大体有以下趋势:塑料板排水断面,在填土加荷时向外侧位移,然后转向内侧,而二灰土桩断面则相反,先向内后向外.

产生水平位移有两个主要因素:①填土荷载的作用使土有侧向膨胀的趋势,水平位移表现为向外;②排水、孔压消散,引起各向相等的有效应力增量,因而水平向与竖向一样,都产生收缩变形,水平位移表现为向内.二灰土桩在成桩后就开始吸水,土体收缩,前期填土较少,排水作用占优势,因此水平位移表现为向内.待填土到一定高度,荷载作用占主导地位,土层转为侧向膨胀,水平位移开始向外;而塑料板排水则不同,其排水作用在填土堆荷后才能发挥.填土过程中,孔压一下子来不及消散,荷载的作用占主导地位,土层侧向膨胀,因而水平位移表现为向

外.当加荷完毕后,孔压逐渐消散,便有向内收缩的趋势,从而出现向内的水平位移.

2 二灰土桩复合地基的试验研究

宁通一级公路软土地基,根据建设单位的意见,采用了二灰土桩复合地基,以灰土比为石灰:粉煤灰:土=1:4.5:4.5的混合材料在套管保护下灌入地基成桩,从而形成复合地基.这是一种大胆的尝试,目前在路堤软基加固中尚不多见,且尚无完整的试验资料.为了弄清这种复合地基的受力变形机理和加固效果,对二灰土桩复合地基做了专门的静载试验研究.

在路堤附近选择了一试验场地,进行两种地基的荷载试验:①二灰土地基;②天然地基.两试验场地靠近,土层情况基本一致.通过试验以进一步了解地基加固与不加固究竟有多大的差别,以及二灰土桩受力变形机理.

试验的二灰土桩长4m,在成桩后11个月进行试验.试验桩复合地基的周围有其它二灰土桩,间距同工程桩.试验荷载通过 $1.5\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ 的方形混凝土板传递给桩和桩间土.天然地基的荷载板尺寸与复合地基相同.根据规范,荷载分级施加,直到地基破坏,同时量测地基的沉降发展过程.试验所得的 $p \sim s$ 曲线见图3.试验时曾取出二灰土材料的试样作室内力学性试验.在成桩后11个月取出的试样相当坚硬,无侧限抗压强度达 1.8 MPa ,与室内试验结果一致.试验所得二灰土桩复合地基的极限承载力为 268 kPa ,而天然地基的极限承载力仅 63 kPa .可见加固效果是十分明显的.

3 结 语

通过对现场观测结果与计算结果的比较可以得到以下几点结论:

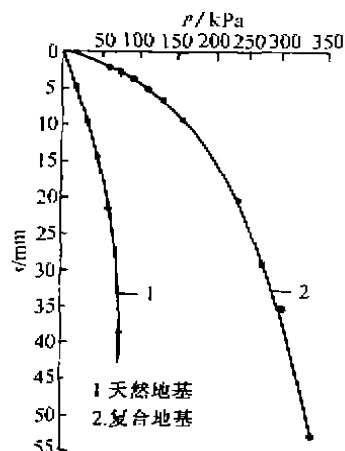


图3 复合地基和天然地基的 $p \sim s$ 曲线

a. 二灰土桩加固地基实测沉降明显小于排水板预压处理的地基实测沉降.若按折算路堤高计算,前者总沉降为每米高路堤 8.9 cm ,后者为 16.2 cm ;另外,二灰土桩加固地基的工后沉降仅为 6 cm ,是排水板预压处理地基的 $1/3$.

b. 排水板预压处理的地基计算沉降大于实测沉降,可能是插板对软土扰动的结果,而二灰土桩加固地基则因形成的硬壳层而使沉降量大为减少,本工程的经验是值得其它类似工程借鉴的.

c. 由于二灰土桩早期的吸水排水作用,在路堤荷载作用下地基易于得到有效的固结压缩,表现为实测孔压消散较快.加之二灰土本身的强度和模量随龄期增长较快,加荷结束后地基沉降便能很快趋于稳定,从而工后沉降较小.由于二灰土桩的这种性质,使得地基的水平位移也较小,有利于施工期地基稳定.

(收稿日期:1997-12-26 编辑:张志琴)

《水利水电科技进步》征订启事

《水利水电科技进步》(双月刊,国内统一刊号 CN32-1258/TV,国际标准刊号 ISSN1006-7647).主要刊登与水利、水电、水运、海洋、土木、环境等学科有关的文章,为水利水电工程建设及运行管理提供有借鉴意义的新颖实用技术和科技信息.主要栏目有方针与政策、科技论坛、专题综述、研究与开发、工程技术、国外动态等,适合广大工程技术人员、科学研究人员、科技管理人员以及大专院校师生阅读.

本刊由河海大学主办,全国各地邮局均可订阅,邮发代号 28-244,1999 年全年订价 30.00 元,也可直接汇款至编辑部订阅(另加包装邮寄费 6.00 元).

编辑部地址:南京市西康路 1 号 河海大学《水利水电科技进步》编辑部,邮政编码:210098

联系电话:(025)3713777 转 50335

电子邮件:k kb@hhu.edu.cn