



袋装砂井处理河滩相软土地基探讨

袁怀宇

(陕西省公路勘察设计院)

摘要:焦作至巩义黄河公路大桥连接线 No. 5 和 No. 6 合同段位于伊洛河河谷平原,为河滩相软土地基,其中采用袋装砂井处理长度为 1384m。该工程选取 15 个观测断面,埋设沉降板 38 块,测斜导管 7 根,对填筑期和预压期进行了两年多的观测,获取有关数据 2 万多个。本文根据试验观测结果结合河滩相软土的结构特点,对河滩相软土地基处理方案进行了探讨。

关键词:河滩相软土;袋装砂井;变形;地基处理

1 工程及地质概况

焦作至巩义黄河公路大桥,位于黄河中游郑州黄河公路大桥和洛阳黄河公路大桥之间,连接线为二级公路,其 No.5 和 No.6 合同段(K13+650~K18+502.5)位于伊洛河河谷平原,地形平坦,属伊洛河冲积平原,以第四系全新统上段新近沉积物为主,岩性为流塑和软塑状的淤泥质低液限粘土(亚粘土)夹低液限粉土(亚砂土)、粉细砂透镜体。主要为黄河水倒灌及各河流漫流等形成的静水环境下的沉积。

根据地质情况和路堤填筑高度,为了加快软土地基在路堤荷载作用下的排水速度,加速软土地基强度增长,加快工程进度,本段路基采用袋装砂井处理软土地基,No.5 合同处理长度 310m (K15+900~K16+210),No.6 合同段处理长度 1074.36m(K16+990.644~K18+170),两段共处理长度为 1384.36m。表 1 为地基处理方案汇总表。

为验证袋装砂井处理地基效果,总结河滩相软土变形规律,该工程选取 15 个观测断面,埋设沉降板 38 块,测斜导管 7 根,对填筑期和预压期进行了两年多的观测,获取有关数据 2 万多个。

表 1 软基处理方案汇总表

起迄桩号	处理意见	井深(m)
K15+900~K16+210	袋装砂井+二层土工网	9.6
K16+990~K17+300	袋装砂井	5
K17+300~K17+450	袋装砂井+二层土工网	6
K17+450~K17+635	袋装砂井+二层土工网	7
K17+740~K17+900	袋装砂井+二层土工网	7
K17+900~K18+170	袋装砂井+二层土工网	7

2 袋装砂井处理后的地基变形特点

2.1 竖向变形占主导地位[1]

各断面填筑高度、沉降量和水平位移列于表 2。由表 1 可以看出,K17+800 断面沉降量最大,为 64.3cm,K15+950 断面沉降量最小,为 23.2cm,平均沉降量 41.6cm。将沉降量与填土高度的比值定义为单位沉降量,即每填高 1m 时地基的沉降量。单位沉降量最大的断面是 K18+050,为 8.50cm/m,单位沉降量最小的断面是 K17+735 断面,为 3.79cm/m,平均单位沉降量为 5.84cm/m。对于水平位移,K16+150 断面水平位移最大,为 9.9cm;K17+800 断面左侧水平位移最小为 4.1cm。沉降与水平位移的比值介于 4.52~15.7 之间。由以上分析可以看出,河滩相软土竖向位移较大,且在变形中占主导地位。

表 2 各断面沉降量和水平位移

断面	填筑高度(m)	沉降量(cm)	沉降量/填筑高度(cm/m)	水平位移(cm)	沉降/水平位移
K15+950	3.7	23.2	6.29		
K16+150	7.0	54.0	7.77	9.9	5.5
K16+200	8.0	44.3	5.52	9.8	4.52
K16+213	7.4	38.8	5.24		
K16+219	7.5	36.8	4.93		
K17+100	5.4	30.8	5.74		
K17+200	5.2	28.1	5.37		
K17+400	7.0	48.7	6.94		
K17+575	9.7	46.2	4.79	4.8	9.6
K17+635	9.6	49.6	5.17		
K17+735	9.7	36.8	3.79		
K17+750	9.5	39.9	4.18	4.2	9.5
K17+800	8.8	64.3	7.29	4.1 (8.2) ^①	15.7 (7.8) ^①
K17+950	7.3	44.9	6.16	6.1	7.4
K18+050	4.4	37.4	8.50		



注:该断面左右两侧测斜管所测水平位移相差较大,括号内数字为和右侧测斜管相关数据。

2.2 预压期沉降属于浅层型沉降

软土预压期内沉降分为两种型式,深层型和浅层型,如图1所示[2]。深层型沉降指预压期内沉降发展较快,而浅层型沉降则指预压期内沉降很快趋于稳定。从观测到的沉降~时间曲线上可以看出,尽管浅层型、深层型和夹层型软土厚度不同,但预压期内沉降很快趋于结束,即预压期内三种类型软土沉降均属于浅层型沉降。

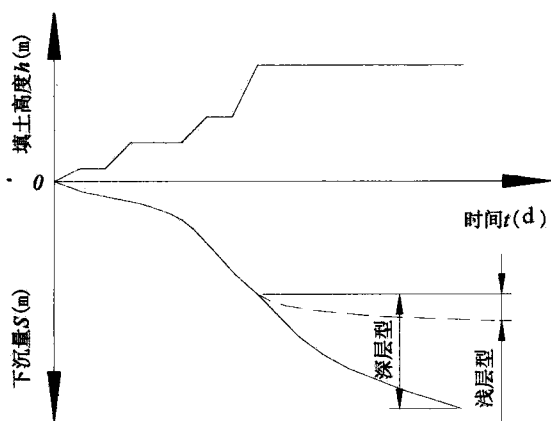


图1 预压期内深层和浅层型沉降曲线

经过对试验场地沉降观测资料分析,伊洛河河滩相软土地基沉降与时间符合双曲线关系。利用双曲线关系,推算最终沉降量和剩余沉降量列于表3。《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ017-96)对高等级公路的工后沉降标准规定见表4。

表3 推算的最终沉降量和剩余沉降量

断面	K17+100	K17+200	K17+400	K17+950
填土高度(m)	4.22	3.95	5.19	4.25
最终沉降量(cm)	22.26	20.75	39.02	35.86
进入预压期时沉降量(cm)	15.97	18.55	28.80	22.31
剩余沉降量(cm)	6.29	2.2	10.22	13.55

注:为说明方便,剩余沉降量指推算最终沉降量-停工时的沉降量,并不是预压期末工后沉降。

表4 高等级公路工后沉降标准

公路等级	桥台与路堤相邻处	涵洞或箱型通道处	一般路堤
高速公路、一级公路	≤0.10m	≤0.20m	≤0.30m
二级公路	≤0.20m	≤0.30m	≤0.50m

对比表3和表4,可以看出各断面不经过预压期的剩余沉降满足规范规定的要求,即袋装砂井处理后的河滩相软土可以不设预压期。

3 河滩相软土袋装砂井地基处理的讨论

3.1 软土地基处理的目的

软土地基处治的工程费用有时是十分昂贵的,且由于选择方法的错误,有时会完全得不到好的效果,因此软土地基处理应综合考虑,并注意尽力选择经济的方法。同时软土地基处理目的不同,其处理方法也会不同,软土地基处理的主要目的是:

- (1)满足稳定设计指标;
- (2)满足沉降设计指标;
- (3)满足路堤填筑速度或施工期的要求。

3.2 地质结构特点对设置袋装砂井必要性的讨论

地基处理方式的选择应考虑以下因素:

(1)软土的物理力学性质和地基的构成情况,如软土层浅而薄则固结沉降量小,而且在短时间内能停止沉降,滑动破坏的危险性一般也很小,所以应用简单的表层处理法;对于薄层软土(3~4m以下)之间夹有可供排水的砂层(厚度大于5cm)时,经常不需采用竖向排水体法或挤实砂桩法,一般只采用表层处理法;对顶部有4m以上的砂层,下部为软土的情况,一般稳定不成问题,所以可采用竖向排水体法。

(2)道路的条件。道路等级越高,路面平整度要求也越高,对沉降处理措施要求越严格。

对于竖向排水体的必要性和有效性很大程度上取决于土的性质,而土的性质又主要决定于地质成因。影响竖向排水体效果的主要是土渗透系数、固结系数和它们在时间及空间上的变化。近代粘土沉积层常常显示出水平的层理性,并常夹有渗透性较好的砂或粉砂薄层。Rowe(1968)曾强调指出宏观结构特性的重要性[3]:

(1)高渗透性的透镜体状薄层将竖向排水体连接起来,大大提高了竖向排水体的效率。

(2)软土中足够小间距的砂或粉砂连续夹层,常使竖向排水体的设置成为不必要,或者会大大降低它们实际效用。一般情况下,当拟采用竖向排水体地基时,应进行充分的地质勘探工作,如土层的连续取样、低水头时的原位渗透试验、以及室内固结试验等。

河滩相软土的典型结构特征是层状构造体系。层状构造体系是指指两类不同的土层相间韵律沉积,



具有明显层状构造特征的土。伊洛河河滩相软土分为:浅层型、夹层型和深层型,如图2所示。

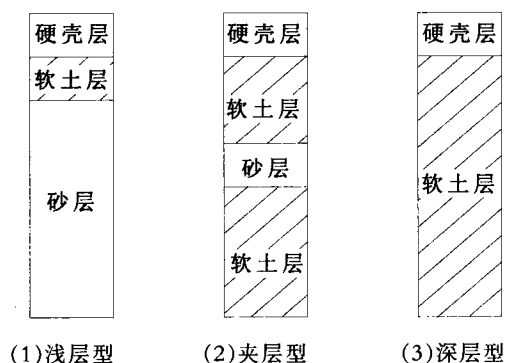


图2 典型地质结构型式示意图

三种类型河滩相软土地质结构特点为:(1) 浅层型软土。地表为Ⅰ层低液限粉土(亚砂土)硬壳层,厚度介于1~3m,硬壳层下为Ⅱ层淤泥质低液限粘土-低液限粉土(亚粘土-亚砂土),厚度一般不大,小于6m,软土之下即为Ⅲ层细砂(10m左右)和Ⅳ-Ⅵ层低液限粉土(亚砂土)、含卵石细砂及含漂石卵石层。(2) 夹层型软土。表层为Ⅰ层低液限粉土(亚砂土)硬壳层,厚度介于1~3m,硬壳层下为Ⅱ层淤泥质低液限粘土-低液限粉土(亚粘土-亚砂土),软土之下为Ⅲ层细砂,而细砂之下为Ⅲ-1层低液限粘土(亚粘土)~低液限粉土(亚砂土)软土夹层,底层为Ⅳ-Ⅵ层低液限粉土(亚砂土)、含卵石细砂及含漂石卵石层。(3) 深层型软土。地表为Ⅰ层低液限粉土(亚砂土)硬壳层,厚度介于1~3m,硬壳层下为Ⅱ层淤泥质低液限粘土-低液限粉土(亚粘土-亚砂土),厚度大于6m,最深可达20m,软土之下即为Ⅲ层细砂(10m左右)和Ⅳ-Ⅵ层低液限粉土(亚砂土)、含卵石细砂及含漂石卵石层。

由于浅层型和夹层型软土较薄,加之存在细砂层,使排水速度大大加快,而深层型软土,尽管软土厚度较大,但由于软土层为低液限粘土-低液限粉土,其渗透系数和固结系数较大。因此,从地质结构特点和土的物理力学指标分析,提出了河滩相软土采用袋装砂井处理的必要性这一问题。

3.3 地基处理效果对设置袋装砂井经济性的讨论

袋装砂井处理后地基的变形特点主要是:(1) 竖向变形占主导地位,水平位移较小。(2) 尽管浅层型、深层型和夹层型软土厚度不同,但预压期内三种类型

软土沉降均属于浅层型沉降,可以不设预压期。

这些特点一方面反映出袋装砂井处理后地基固结速度很快(如预压期内三种类型软土沉降均属于浅层型沉降),稳定性提高(水平位移较小),或者说是袋装砂井处理地基效果非常好;但较小的水平位移和很快趋于结束的沉降,从另一方面也提出了袋装砂井处理软土地基的经济性和合理性。诚然本文所分析的地基变形都是基于袋装砂井、砂垫层和土工网处理后的地基。而采用其它地基处理方式(如采用砂垫层,或砂垫层结合土工网)的地基变形,尚无观测资料可以对比。但桥头路堤快速填筑时的地基变形特点,突出反映了河滩相软土不同于滨海相软土的特点,也集中反映了袋装砂井处理地基的变形特点。

跨开封-洛阳高速公路桥头路堤 K17+635 断面从 2001 年 5 月 31 日至 2001 年 9 月 4 日,填土由 2.4m 填至 9.6m,即 96d 填土 7.2m;K17+750 断面,从 2001 年 6 月 9 日至 2001 年 8 月 13 日,填土由 0.5m 填至 9.5m,即 65d 填土 9.0m(该桥头采用砂砾填筑)。K17+750 桥头路堤在快速填筑阶段,最大沉降速率达 24.5mm/d,最终沉降量 39.9cm,相应水平位移仅 4.18cm。

4 结论

黄河流域河滩相软土地基上修建较高路堤的高等级公路,在河南省不管在理论上和实践上都属首次[4]。本文从河滩相软土的结构特点和地基变形特点对河滩相软土袋装砂井处理的必要性和经济性进行了探讨。但须指明的是,由于没有其它处理方法的对比资料,对袋装砂井处理河滩相软土的效果和必要性仍有待于深入研究,限于作者水平,文中不足之处,敬请指正。

参考文献:

- [1] 袁怀宇.高路堤河滩相软土硬壳层特点及施工控制研究[硕士论文],西安:长安大学,2000.
- [2] 贾其军.袋装砂井处理河滩相软土固结沉降研究[硕士论文],西安:长安大学,2001.
- [3] E.W.BRAND 等编著,叶书麟等译.软粘土工程学.北京:中国铁道出版社,1991.
- [4] 王晓谋.河滩相软土地基变形规律及硬壳层作用研究[博士学位论文],西安:长安大学,2001.