

南京市绕城公路二期工程软基处理试验研究

李 淞 泉赵维炳 雷国辉

(南京市公路建设处 南京 210018) ( 河海大学岩土工程研究所 南京 210098 )

摘 要 介绍了南京市绕城公路二期工程板桥段软基处理现场试验及有关测试资料.拟定了四种加固方案.预应力的土工织物加砂垫层与塑料排水板相结合 ;土工织物加砂垫层与塑料排水板相结合 ;砂垫层加塑料排水板 ;土工织物加砂垫层.分别对四种加固方案进行了现场测试.通过对加固效果作较深入的对比分析,论证了土工织物加砂垫层结合塑料排水板加固方案的合理性.

关键词 公路 ;软基处理 ;试验研究 ;土工织物 ;砂垫层 ;塑料排水板

中图号 U416

1 工 程 概 况

为减轻南京长江大桥和市区交通压力,进一步发挥绕城公路一期工程的作用,南京市于 1995 年 7 月至 1996 年 3 月建设完成了绕城公路二期工程.

南京绕城公路二期工程北起江浦县侯庄,南至雨花区刘村,轮渡载车过长江,全长 20.3 km,其中公路总长 18.7 km,江北 13.24 km,江南 5.46 km.根据工程地质勘察报告,在长江两侧的河漫滩和一级阶地均有软基路段,其地质分布总趋势为:表层是厚约 2 m 的亚粘土硬壳层,向下从淤泥质土逐渐过渡到粉细砂层.软土层土质主要为淤泥质亚粘土及夹亚砂土的淤泥质亚粘土,具有高压缩性、低强度和低透水性,控制着路基沉降和稳定.为了缩短绕城公路二期工程的施工工期,确保工程安全、顺利、如期完成,河海大学岩土工程研究所受南京市公路建设处委托,进行南京绕城公路二期工程板桥段的软基处理试验研究.

试验工程位于长江南岸靠近板桥河的 K18 + 140 ~ K18 + 800 施工路段.该路段软土层深厚,除表层 2 m 左右的亚粘土外,其下主要为淤泥质土的软土层,厚度超过 20 m,其中 K18 + 500 断面附近淤泥质土的厚度超过 23 m,该土层孔隙比大,压缩系数高,透水性较差.该路段各土层的物理力学性质指标如表 1 所示.此软基段是全线软土地基中软土层最厚、土质最差的一段,如能保证该段工程安全、顺利完成,则其他软基段均可得到保证.

表 1 地基各土层的物理力学性质指标

Table 1 Physical-mechanical property index for soil layers in foundation

| 土层号                          | 土 名        | 状态 | $w$  | $\gamma$                          | $e$   | $a_v$               | $c_v$                                      |
|------------------------------|------------|----|------|-----------------------------------|-------|---------------------|--------------------------------------------|
|                              |            |    | /%   | ( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$ ) |       | / $\text{MPa}^{-1}$ | ( $10^{-3}\text{cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ) |
| I <sub>2</sub>               | 素 填 土      | 硬塑 | 28.0 | 19.6                              | 0.765 | 0.359               |                                            |
| II <sub>1</sub> <sup>1</sup> | 淤泥质亚粘土     | 流塑 | 46.8 | 17.9                              | 1.223 | 0.625               | 2.12                                       |
| II <sub>2</sub> <sup>2</sup> | 淤泥质亚粘土夹亚砂土 | 流塑 | 48.9 | 17.1                              | 1.365 | 1.000               | 3.41                                       |
| II <sub>3</sub> <sup>3</sup> | 淤泥质亚砂土夹亚粘土 | 流塑 | 36.7 | 17.5                              | 1.095 | 0.624               |                                            |
| II <sub>4</sub> <sup>4</sup> | 亚 砂 土      | 松散 | 34.4 | 17.9                              | 0.921 | 0.199               |                                            |
| II <sub>5</sub> <sup>5</sup> | 粉 砂        | 中密 | 41.5 | 18.0                              | 0.954 | 0.183               |                                            |
| II <sub>6</sub> <sup>6</sup> | 粉 细 砂      | 中密 | 31.8 | 18.3                              | 0.928 | 0.107               |                                            |

## 2 加固方案

软基处理试验段填土高 2.7~4.3 m, 该段大多穿越菜田及水塘, 施工机械无法进行施工, 因此, 清理场地后先填一层回填土并分层压实, 厚度约 0.5~1.0 m. 由于回填土施工正值汛期, 回填土的压实度较差, 其中 K18+520~K18+800 在汛前已回填完毕, 该路段附近有一个几十米宽的水塘, 因此采用了填土挤淤的方式进行施工, 而 K18+140~K18+520 在汛期过后才开始回填土施工. 回填土施工结束后, 即进行软基处理施工. 软基处理采用以下四种对比方案:

- a. K18+140~K18+520 预应力土工织物+砂垫层+塑料排水板;
- b. K18+520~K18+690 土工织物+砂垫层+塑料排水板;
- c. K18+690~K18+740 砂垫层+塑料排水板;
- d. K18+740~K18+800 土工织物+砂垫层.

软基处理试验路段总长为 660 m. 整个试验路段的回填土、第一层砂垫层及部分塑料排水板的施工于 1995 年 8 月 20 日完成. 8 月 24 日开始铺设土工织物, 仅铺设一层. 一般土工织物采用两端挖沟槽锚固, 并回折 2~3 m, 对土工织物施加部分张拉力, 使其伸平. 预应力土工织物施工采用专门的张拉机械, 在土工织物两端施加超过 500 kg 的张拉力. 这样, 土工织物充分张紧, 加载一开始就产生足够的拉力. 土工织物铺设后, 再填第二层砂垫层, 以保证土工织物的拉力传递. 砂垫层总厚约 50 cm.

## 3 现场观测仪器的埋设及布置

根据处理方案的不同, 在软基处理试验路段布置了 4 个观测断面, 以便对观测结果进行对比分析. 观测内容包括 (a) K18+500: 沉降板 3 块, 孔隙水压计 2 只, 土压力计 4 只; (b) K18+550: 沉降板 3 块; (c) K18+700: 沉降板 3 块, 孔隙水压计 2 只, 土压力计 4 只; (d) K18+780: 沉降板 3 块.

观测仪器自 1995 年 8 月 27 日开始埋设, 并即时开始观测. 孔压计于埋设后第二天测初读数(封孔后孔压陡增, 过一段时间以便达到稳定). 所有观测仪器于 8 月 31 日埋设完毕, 然后开始施工填土.

## 4 观测成果

现场观测自 8 月 28 日开始, 施工期的观测与填土施工同步进行. 施工结束后预压期内第一个月每 3~7 天观测一次, 第二、三个月每 7~14 天观测一次, 第四个月每 15~30 天观测一次. 根据记录, 可作出各观测断面的沉降时程线及土压力分布曲线分别如图 1、图 2 所示.

## 5 地基处理效果的对比分析

对比四种处理方案的观测结果可知, 土工织物加砂垫层配合塑料排水板方案优于单独采用塑料排水板的处理方案. 由于打设了塑料排水板, 增加了竖向排水通道, 使得塑料排水板处理后的地基固结沉降速率较快, 从而更快速有效地加固了地基土. 另一方面, 土工织物加砂垫层在上部路基荷载作用下产生了横向拉力, 减小了路堤中心与路肩的不均匀沉降及路堤沉降. 根据观测结果初步分析可得如下结论:

a. 打设塑料排水板可以加速地基土的固结沉降, 缩短软土地基的预压时间, 从而缩短工期. 从观测结果可知, 施工结束后第五个月, 打设排水板的地基处理段的沉降速率为 0.46~0.75 mm/d, 而未打设排水板的软基段的沉降速率为 0.91 mm/d.

b. 土工织物加筋处理可以减小地基沉降量. 土工织物处理的 K18+500 断面软土层厚度 21 m 以上, 实测沉降 578 mm, 是分层总和法计算的沉降量(340 mm)的 1.70 倍; 未设土工织物处理的 K18+700 断面软土层厚度为 20 m, 实测沉降 525 mm, 是分层总和法计算的沉降量(271 mm)的 1.94 倍. 由此可见, 铺设土工织物后减少了约 12% 的沉降量.

c. 土工织物加砂垫层可以起到减小路堤中心与路肩的不均匀沉降的作用. 将 K18+700 断面(砂垫层加排水板)与 K18+780 断面(土工织物加砂垫层)沉降观测结果相比, 至路堤施工结束, K18+780 断面两侧路肩沉降与路堤中心沉降比分别为 0.83 和 0.97, 而 K18+700 断面两侧路肩与路堤中心沉降比分别为 0.78 和 0.85, 可见, 铺设土工织物使不均匀沉降减小约 14%.

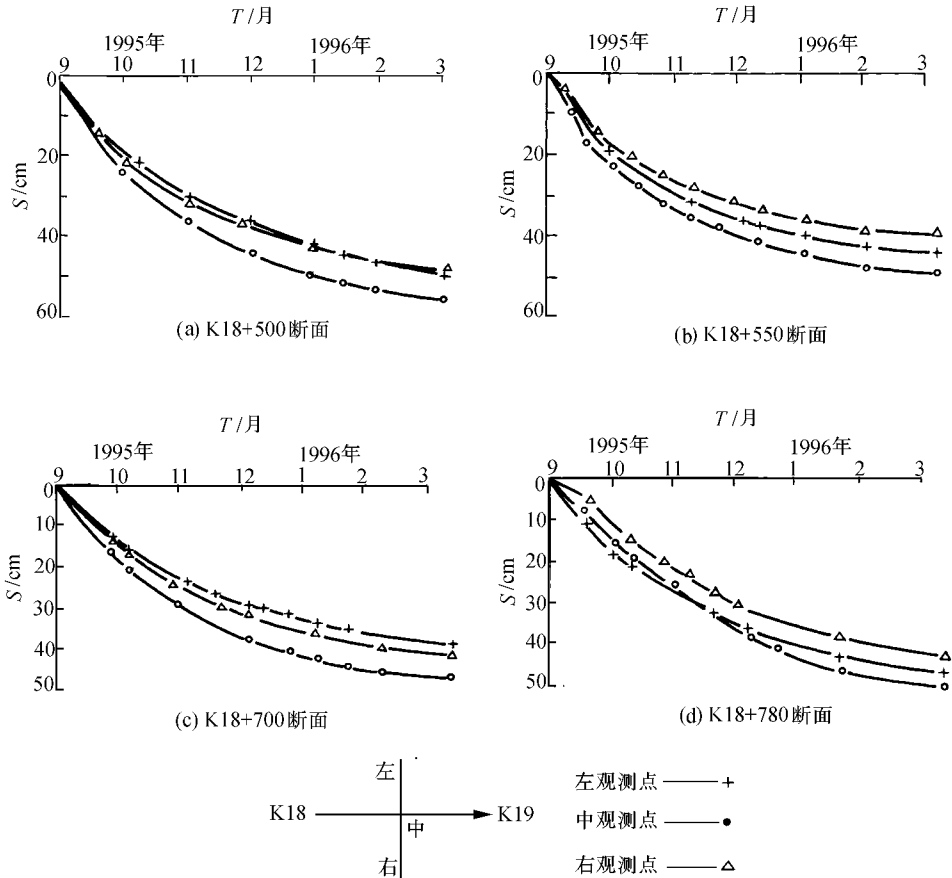


图 1 各观测断面的沉降时程线(  $T$  为观测日期,  $S$  为累积沉降量 )

Fig.1 Time-process curve of subsidence in observed cross-sections (  $T$ —date observed,  $S$ —culmulated subsidence )

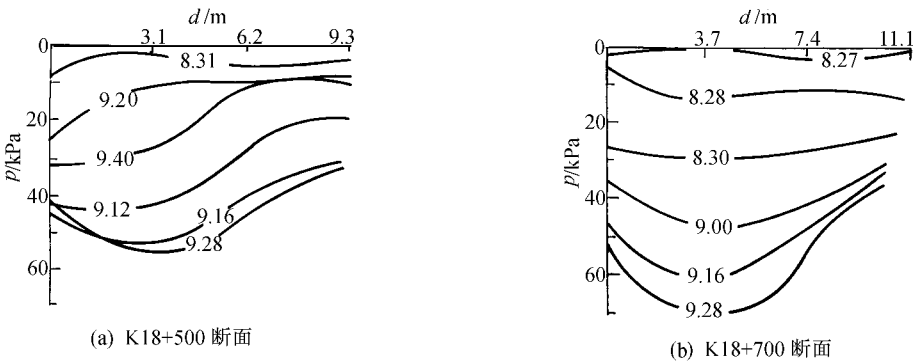


图 2 不同观测日期各观测断面的土压力分布曲线(  $p$  为土压力,  $d$  为观测断面距路中心的距离 )

Fig.2 Soil pressure of observed cross-sections in different date  
(  $p$ —soil pressure,  $d$ —distance from observed-section to road-center )

d. 土工织物可使垫层底面土压力分布均匀化. K18 + 700 断面的路堤中心与路肩土压力差为 11 kPa ,而 K18 + 500 断面的路堤中心与路肩土压力差为 5 kPa. 垫层底面土压力向路堤两侧转移 ,改善了软基的抗滑稳定性.

e. 对土工织物进行预张拉可进一步使垫层底面土压力分布均匀化. 施工结束后第五个月末 ,采用预应力土工织物加固的 K18 + 500 断面路肩与路堤中心沉降比的平均值为 0.875 ,而采用一般土工织物加固的 K18 + 550 断面路肩与路堤中心沉降比的平均值则为 0.857.

应该指出 ,采用土工织物加砂垫层结合塑料排水板的软基处理方案以及对土工织物进行预张拉 ,会对土

压力分布和沉降起一定的作用 ,其根本原因是土压力的扩散和水平位移的约束 ,可以肯定将对路基的抗滑稳定性产生重要影响.

6 结 语

对于填土工程 ,采用土工织物加砂垫层与塑料排水板排水固结相联合的软基处理方案 ,可以利用土工织物对地基土侧向变形的约束作用及其对地基中应力重分布的影响 ,增加极限填土高度 ,加快填土速率 ,减小沉降和不均匀沉降.同时 ,塑料排水板可加快地基土的固结 ,缩短预压期 ,以满足填土工程对工后沉降的要求.本工程试验研究的结果表明 ,采用这种方案进行填土工程的软基处理 ,不仅造价节省 ,而且对于沉降和不均匀沉降的减小效果均在 10% 以上.

Study on Soft Foundation Treatment for  
Nanjing Outskirt Highway Project ,Phase II

Li Songquan

( Nanjing Highway Construction Department ,Nanjing 210018 )

Zhao Weibing      Lei Guohui

( Research Institute of Geotechnical Engineering ,Hohai Univ. ,Nanjing 210098 )

**Abstract** In-situ soft foundation treatment tests and related data for Nanjing outskirts ( Banqiao Section ) highway project , phase II are introduced .Four strengthening schemes are studied ( a ) combination of prestressed geotextile ,sand cushion and plastic discharge plate ( b ) combination of geotextile ,sand cushion and plastic discharge plate ( c ) combination of sand cushion and plastic discharge plate and ( d ) combination of geotextile and sand cushion .In-situ tests for the above four schemes are conducted separately .Comparison and analysis of their strengthening effects are performed ,and the rationality of sheme ( b ) is proved .

**Key words** highway ;soft foundation treatment ;experimental study ;geotextile ;sand cushion ;plastic discharge plate

《水利水电科技进展》征订启事

《水利水电科技进展》( 双月刊 ,国内统一刊号 CN32 - 1439/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、专题综述、研究与开发、规划与勘测、设计与施工、工程管理、经济交流、国外动态等 ,适合广大工程技术人员、科学研究人、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《水利水电科技进展》编辑部 ,邮政编码 210098 .汇编时务请注明“ 订水利水电科技进展 ”.联系电话 ( 025 )8713777 转 50335 .