

真空堆载预压处理软基效果的室内试验研究

严 蕴,房 震,花剑岚

(河海大学岩土工程研究所,江苏 南京 210098)

摘要 对苏嘉杭高速公路吴松江大桥桥头软基真空堆载预压处理前后的土样进行了室内试验研究,经插板前、插板后及真空堆载预压处理后的土性指标的对比分析,得出了合理的试验结论,即土的物理性质指标分别得到不同程度的降低,强度指标也得到很大的提高.并通过比较加固处理前后的土性参数,对真空堆载预压处理的效果作了综合评价.

关键词 软基处理 真空预压 堆载预压 试验研究

中图分类号 :TU472.3+3

文献标识码 :A

文章编号 :1000-1980(2002)05-0118-04

软土的特点是含水率很高,孔隙比大,压缩性高,强度低,透水性差.由于压缩性高、透水性差,在建筑物荷载的作用下会产生很大的沉降和沉降差,而且沉降的过程会延续很长的时间,有可能影响建筑物的正常使用,因此需对其进行处理.真空堆载预压法是近20年发展起来的一种新型的地基处理方法,文献[1]对该法进行了总结.笔者针对吴松江大桥桥头软基真空堆载预压处理前后的土样进行了室内试验研究,对处理前、后软土的土性参数进行了对比分析,得出了合理的试验结果.

1 工程概况

苏嘉杭高速公路吴松江大桥南桥头段地基软土深厚,为了减少地基的工后沉降,同时减小侧向变形,最终决定采用真空堆载预压法进行处理.吴松江大桥试验段共设置两个沉降观测断面,断面附近的排水板插入深度分别为33.0m、26.0m,排水板的间距为1.2m.根据河海大学岩土工程研究所试验成果,典型断面图1的土层大致可分为5层,如图1所示.

第1层,耕作土,厚度0.5m;第2层,淤泥质粉质粘土,深达标高-25.0m,层厚24.5m,中间夹厚度约2.6m的粉质粘土;第3层,粉质粘土层,厚度5.6m,标高-30.1m;第4层,淤泥质粉质粘土,层厚5.6m,标高-37.6m;第5层,粉质粘土,层厚大于4.0m,标高-36.0m以下.

在标高-21.0m以上的软土含水率介于33.4%~51.2%,平均41.5%,孔隙比介于0.97~1.41,平均为1.16.标高2.2~8.3m的软土的平均含水率和平均孔隙比达44.9%和1.25,其余软土的平均含水量和平均孔隙比为40.5%和1.14.标高2.2m以上软土的平均压缩系数为 0.48 MPa^{-1} ,平均压缩指数为0.239.标高2.2m~8.3m的软土的压缩系数介于 $0.76\sim 1.55\text{ MPa}^{-1}$,压缩指数介于0.286~0.543,平均压缩系数和压缩指数为 1.09 MPa^{-1} 和0.370.图1~图8中的8个标高分别为0.0m, -2.3m, -4.8m, -8.5m, -12.4m, -15.4m, -18.9m, -22.4m.

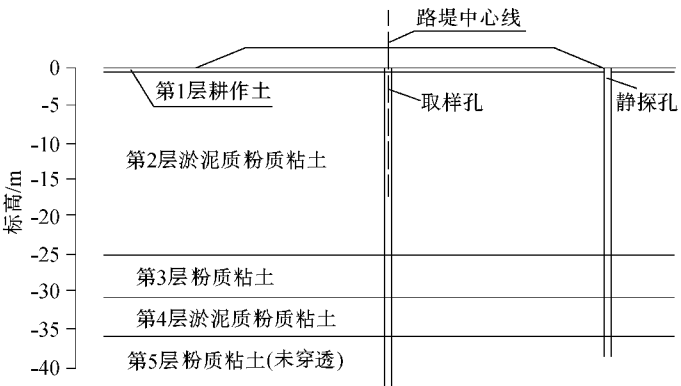


图1 观测断面剖面

Fig.1 Monitoring intersection

2 试验内容及成果分析

为了配合真空预压试验,室内试验分塑料排水板插入前、插入后及加固处理后 3 期进行,以检测塑料排水板插入影响和加固效果.通过室内试验,得到了 3 个不同时期的土性基本参数值.主要包括:含水率 w 、孔隙比 e 、不排水强度 c_u 、压缩系数 $a_{v1\sim 2}$ 、压缩指数 c_c 、先期固结压力 p_c .同时对不同深度处的上述指标进行对比.

2.1 3 个不同时期的 w, e 的对比

在第 2、第 3 时期,土体由于人为地设置了排水通道,软土的含水率和孔隙比都有不同程度的降低,详见图 2、图 3.从图中可以看出,插板后含水率降低值最大达到 5%,降低幅度为 12%.加固后含水率降低的最大值达到 12%,降低幅度为 29%.处理后土体的含水率基本处于 35% 左右,较之处理前的 41% 降幅达 15%.在后 2 个阶段,孔隙比分别由原来的 1.14 降低到 1.08 和 0.98,降低的幅度分别为 5% 和 14%,相对于含水率来说降幅较小.另外也可以看出含水率的降低主要发生在加固后,即真空预压堆载预压阶段.

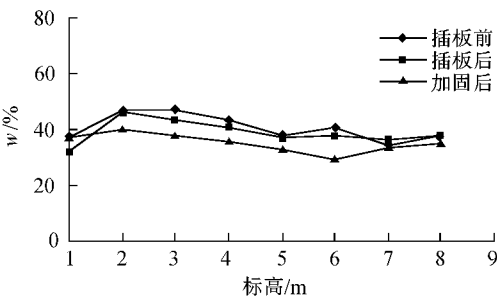


图 2 含水率对比

Fig.2 Comparison of water content

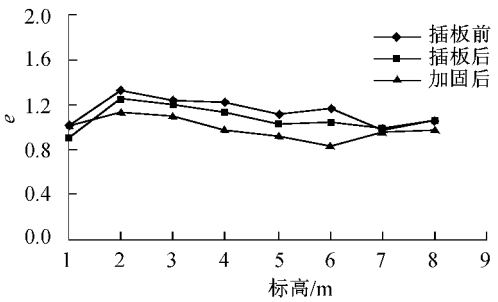


图 3 孔隙比对比

Fig.3 Comparison of void ratio

另外,从图 2、图 3 中发现在 1 标高为 -18.9 m 的位置,其含水量和孔隙比变化都是最小,而此位置土体的强度却不是最小,这可能与此处土体的粘滞性和透水性有关.

2.2 3 个不同时期的 c_u, q_u 对比

在室内同时进行了三轴不固结不排水试验和无侧限抗压强度试验.试验成果详见图 4、图 5.从两图可以看出,加固后 c_u 和 q_u 都得到了明显的提高.越是靠近地表处,强度提高越明显.在第 2 期, c_u 平均增加幅度为 137%,即由原来的平均值 7.8 kPa 提高到 18.5 kPa , q_u 平均增大为 20%.加固期提高的程度更大,平均增大为 290%.

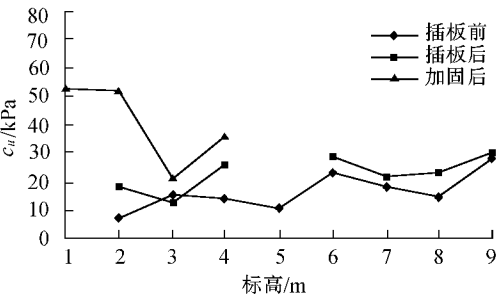


图 4 三轴不排水强度对比

Fig.4 Comparison of triaxial unsaturated strength

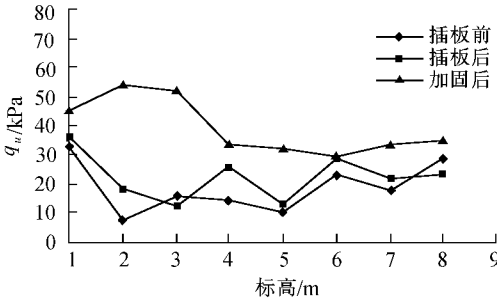


图 5 无侧限抗压强度对比

Fig.5 Comparison of unconfined compression strength

2.3 3 个不同时期的 $c_c, a_{v1\sim 2}$ 及 p_c, OCR 对比

从室内的压缩试验成果(图 6、图 7)可以看出,压缩系数 $a_{v1\sim 2}$ 有明显的降低,先期固结 p_c 也得到了不同程度的提高.

在插入塑料排水板前,土体属于高压缩性土,加固后土体属于中等压缩性土.可见,很大一部分的沉降量已经提前发生了.这有利于减少工后沉降,有效避免桥头跳车.压缩指数没有明显的变化,这和理论分析是一致的.个别点发生异常变化可能是由于土体受到扰动所致.

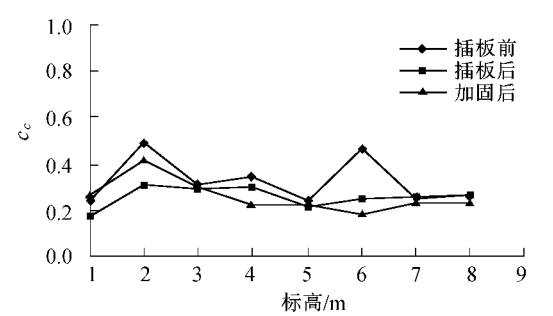


图 6 压缩指数对比

Fig.6 Comparison of compression index

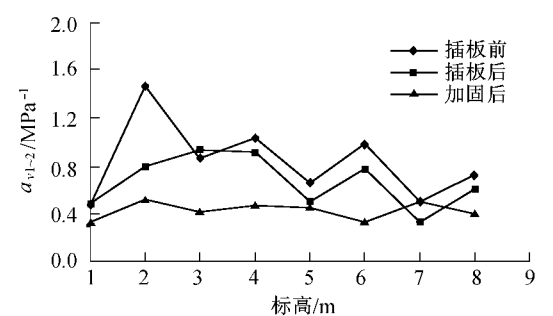


图 7 压缩系数对比

Fig.7 Comparison of compression factor

从图 8 可以看出,先期固结压力在加固后有明显提高,提高幅度都在 150% 左右.在 0~6.5 m 范围内,土体的超固结程度增加很明显,而插板前后土体的先期固结压力几乎没有提高.从图 9 可以看出,处理前深度 2 m 以下土体属于正常固结,OCR 在 1 左右,插板后的超固结比约为 1.4^①,处理后土体的超固结比增大为 2.8^①,说明土体所受的超固结作用逐渐增强,相应地,压缩性逐渐降低.

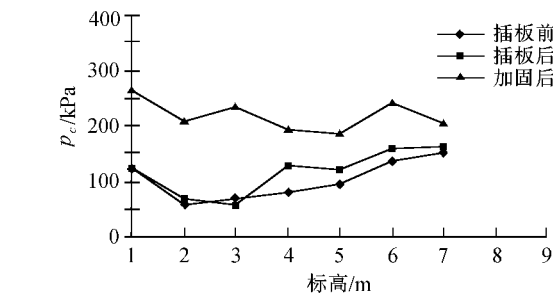


图 8 先期固结压力对比

Fig.8 Comparison of pre-consolidation pressure

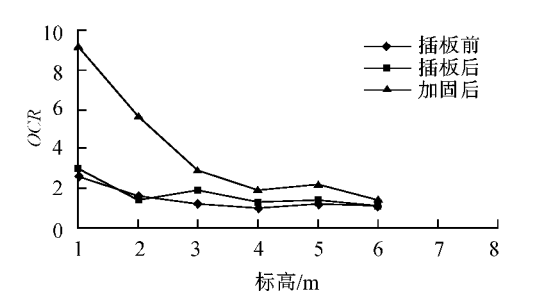


图 9 固结比对比

Fig.9 Comparison of consolidation ratio

2.4 实际加固深度的确定

该地段设计的塑料排水板的深度为 26 m,33 m 不等.由于施工的影响以及土体的扰动,实际的处理深度会变小.图 10~13 比较了加固前后 w , c_u , q_u 和 p_c 的变化.

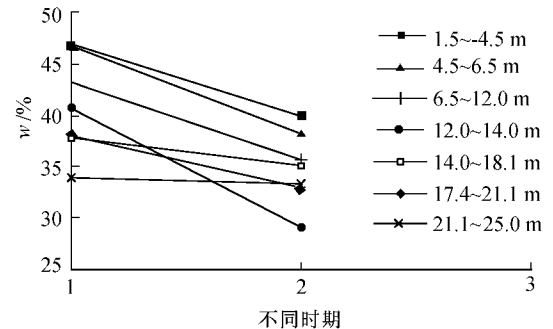


图 10 加固前后含水率变化

Fig.10 Variation of water content

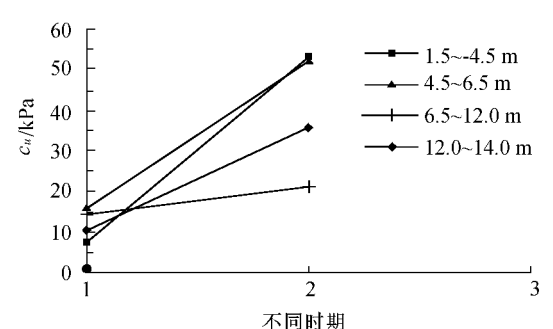


图 11 加固前后不排水强度变化

Fig.11 Variation of unsaturated strength

图中第 1 时期、第 2 时期分别代表加固前和加固后.从图中可以看出:(a)深度为 18 m 处含水率不再有明显变化;(b)12 m 深度处不排水强度仍有较大提高;(c)在深度 0~6.5 m 范围内无侧限抗压强度有显著提高,在 6.5~18 m 的深度范围内增加较少,18~25 m 几乎没有变化;(d)先期固结压力在 0~18 m 深度范围内有明显提高,土体由原来的正常固结变成了超固结,特别是 4.5~6.5 m 深度范围内的软土所受的超固结作用最强.综上所述,本加固段实际达到的加固深度仅为 18 m,在 10 m 范围内的加固效果很明显.

① 方涤华.吴松江大桥桥头软基真空堆载预压勘察试验报告.南京:河海大学岩土工程研究所,2001.

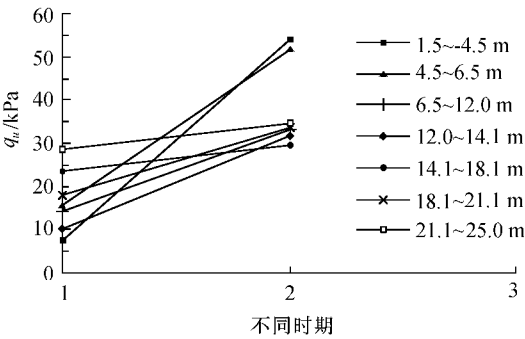


图 12 加固前后无侧限抗压强度变化

Fig.12 Variation of unconfined compression strength

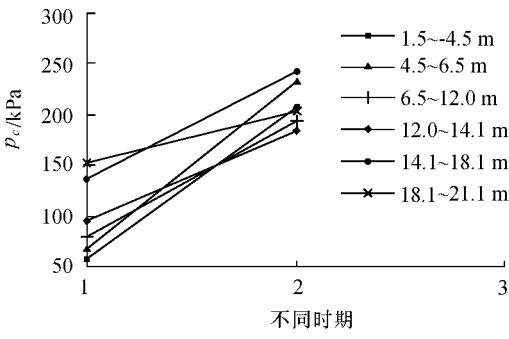


图 13 加固前后先期固结压力变化

Fig.13 Variation of pre-consolidation pressure

3 结 论

- a. 通过对苏嘉杭高速公路吴松江桥头软基真空预压处理室内试验研究,比较了插板前、插板后及加固处理后的土性参数,结果表明: $w, e, a_{v1 \sim 2}$ 分别降低了 15%, 14%, 49% ; c_u, q_u, p_c 分别提高了 190%, 170%, 107% ;三轴不排水强度增加最大,变化最为灵敏,无侧限抗压强度变化次之,先期固结压力变化最小.
- b. 对不同深度处强度指标的对比分析表明: 18 m 范围内的土体处理效果较好,约为排水板深度的 60% .

参考文献：

[1] 姜炎.真空排水预压法加固软土技术[M].北京：人民交通出版社,2002.1~5.

Experimental study on effect of treatment of soft foundation
with vacuum-surge preloading

YAN Yun,FANG Zhen,HUA Jian-lan

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

Abstract :An experimental study is performed on the project of soft foundation treatment for the end of the Wusongjiang Bridge of the Sujiahang Express Highway , mainly including the determination of soil parameters such as the water content , void ratio and so on . By analysis of the test results in the three different periods during the construction , the effect of treatment with vacuum-surge preloading is examined ,the soil parameters are decreased in different levels ,and parameters of soil strength are increased . Therefore ,the outcomes of the study are of important significance to design and construction of the project .

Key words :soft foundation treatment ; vacuum preloading ; surcharge preloading ; experimental study