

文章编号: 1008-0562(2008)02-0224-03

高原盐渍土地基强夯处理方法

杨建永^{1,2}, 杨 军³, 陈耀光³, 彭芝平³, 林线清³

(1.北京科技大学 土木与环境工程学院, 北京 100083; 2.江西理工大学 建筑与测绘工程学院, 江西 赣州 341000;
3.中国建筑科学研究院 地基所, 北京 100013)

摘要: 为了探索强夯法对该类地基处理的适应性, 结合某大型钾肥生产项目地基处理工程, 针对改进的强夯法——强夯碎石桩法, 进行了现场试验研究。平板载荷试验、动力触探和静力触探试验综合结果表明, 强夯碎石桩法使处理后的地基承载力提高了 2.4 倍, 有效加固深度超过 6 m, 对 6~10 m 深度处的土层的加固效果仍然比较显著。研究表明, 处理该类地基, 用碎石桩强夯法是适宜的, 处理效果是显著的。

关键词: 盐渍土地基; 处理方法; 碎石排水桩; 强夯

中图分类号: TU 448

文献标识码: A

Dynamic consolidation foundation treatment method for saline soil in tableland

YANG Jianyong^{1,2}, YANG Jun³, CHEN Yaoguang³, PENG Zhiping³, LIN Xianqing³

(1.School of Civil and Environment Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083,China; 2.College of Architecture and Surveying Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China; 3.Institute of Foundation Engineering, China Academy of Building Research, Beijing 100013, China)

Abstract: The on-site experiment of gravel drainage pile and dynamic consolidation was carried out in a ground treatment of a large potash construction project in order to find out the applicability of the adopted method to this kind of ground. Results of the plate loading test, dynamic penetration test and cone penetration test show that the characteristic value of sub grade bearing capacity is raised by 2.4 times, and the significant consolidated depth reaches 6 m and even 10 m . Therefore, the research proves this method is suitable and applicable for treating the above kind of ground.

Key words: saline soil foundation; treatment method; gravel drainage pile; dynamic consolidation

0 引 言

青海盐湖钾肥公司拟在察尔汗盐湖新建年产 100 万 t 钾肥生产项目。但地基不满足建设要求。本文对该盐渍土地基的处理方法进行探讨。

盐渍土是指易溶盐含量大于 0.3%, 并具有溶陷、盐胀、腐蚀等工程特性的土^[1]。察尔汗盐湖面积 5 856 km², 平均海拔 2 679.41~2 682.00 m, 是世界上面积最大、海拔最高的内陆盐湖。其盐渍土易溶盐含量 12.016%, 溶陷、盐胀性不强, 主要不良特性是对钢筋和混凝土有强腐蚀性。

察尔汗盐湖在深度 60 m 范围内的地层分布为: 第四系洪湖积 (Q₄^{PL+L}) 粉质粘土与粉土。前者是主地层, 后者是薄夹层, 呈交互产状。地基土可划分为三个力学层, 其物理力学性质见表 1。

1 盐渍土地基处理方法评述

由于盐渍土的强腐蚀性, 不宜采用素混凝土或

表 1 地基土的物理力学性质

Tab.1 physics and mechanics properties of ground soil

层序	厚度 /m	含水率/%	密度 /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	孔隙比	塑性指数	承载力特征值/kPa
①层	5.0	24.4	19.7	0.708	10.4	75
②层	9.0	24.8	19.7	0.724	12.1	110
③层	未揭穿	23.5	19.7	0.703	13.0	250

钢筋混凝土桩处理地基。采用换填法处理可以彻底消除盐渍土的溶陷、盐胀和强腐蚀等不良特性, 但成本太高。碎石桩具有很强的抗腐蚀性能, 若处理后地基承载、沉降等性状能够满足工程要求, 则不失为一种好的地基处理方法^[2]。当地实践证明, 碎石桩处理后的地基承载力只有 120 kPa, 满足不了工程项目 180 kPa 和 280 kPa 的地基承载力要求。强夯法将原土就地夯实, 符合“充分利用原岩土”的设计原则, 且动载荷的搅拌和液化作用有助于消除溶陷和盐胀, 是最为经济、高效的处理方法。但粉质粘土渗透系数小, 孔隙中的卤水粘滞性大, 固结排水效果差, 扰动后易形成弹簧土^[3]。对高饱和细粒土, 能否迅速将孔隙水排除是强夯成功的关键^[4]。

收稿日期: 2006-06-13

基金项目: 青海省重点科技攻关资助项目 (2004-G-133)

作者简介: 杨建永 (1963-), 男, 江西 兴国, 博士, 副教授, 主要从事岩土工程和地基处理方面研究。本文编校: 赵 娜

由于上部结构对地基承载力和变形要求高, 单纯的强夯法对地基的加固满足不了工程需要。因此, 采用碎石排水桩加强夯的方法进行地基处理试验。

2 现场试验

结合进度计划, 选择有代表性的地基进行处理试验。设计要求地基承载力特征值达 180 kPa。为防止施工机械沉陷, 施工前先铺 40 cm 厚的碎石垫层。

采用的试验施工参数为碎石桩桩径 550 mm, 桩长 8.5 m, 桩间距 1.65 m×1.85 m; 梅花形布桩。

强夯夯锤重 160 kN, 落距 13 m, 锤底直径 2.4 m, 夯点间距 3.1 m×3.1 m, 夯击遍数为三遍夯击(主夯、次夯、满夯)

3 处理效果检测

分别用载荷板试验、动力触探和静力触探试验检测了浅层和深层地基土的加固效果。

3.1 浅层载荷板试验

强夯试验结束后, 触变恢复期在 30~40 d 内做了 4 台载荷板试验, 载荷板尺寸为: 1m×1m。试验结果见表 2。 $p-s$ 曲线见图 1。

表 2 载荷试验结果
Tab.2 result of plate loading test

载荷 /kPa	沉降/mm			
	第 1 台	第 2 台	第 3 台	第 4 台
180	8.475	9.69	7.66	8.16
396	33.76	37.053	34.015	33.643
0	27.635	31.96	29.645	28.825

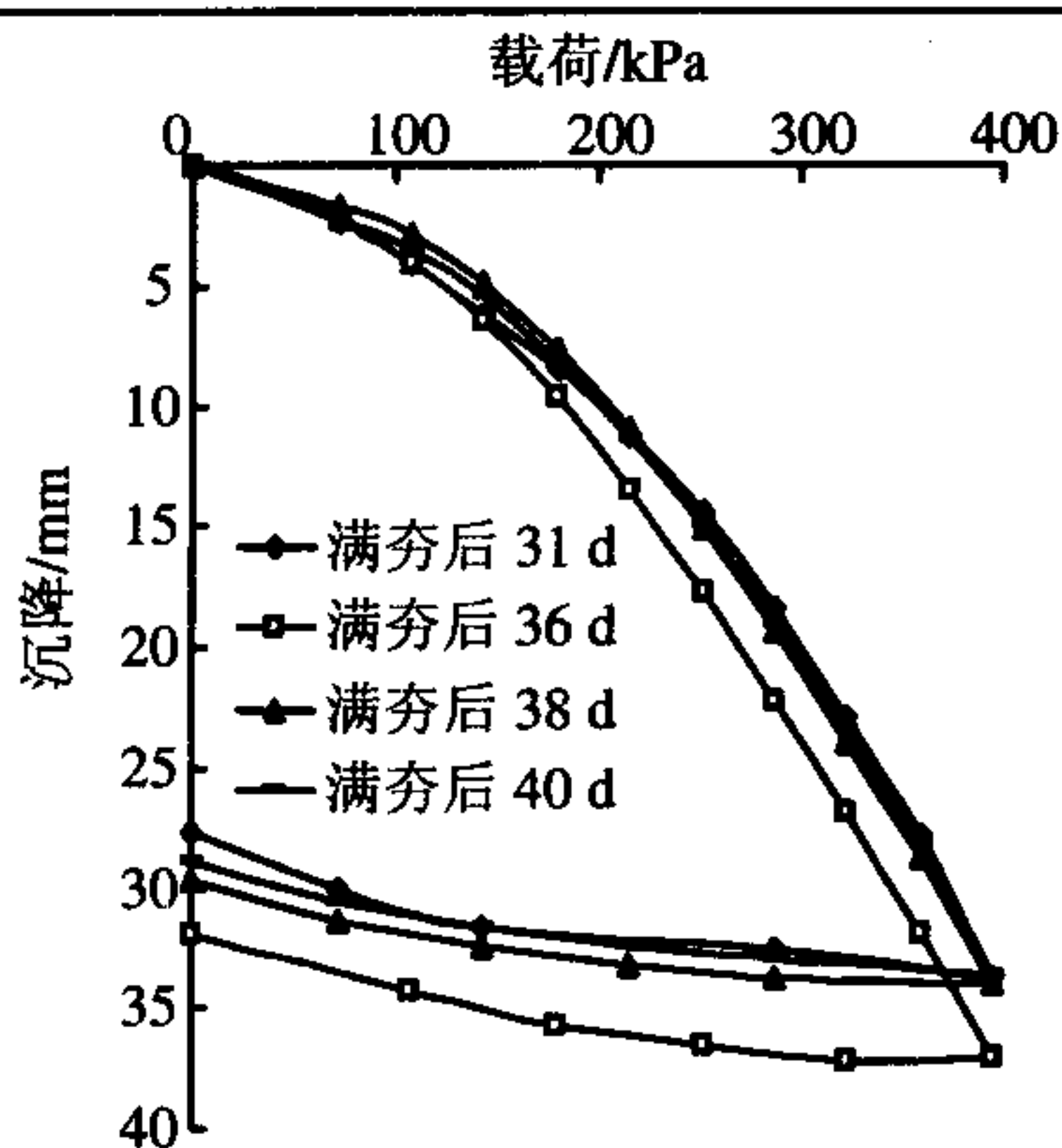


图 1 平板载荷试验 $p-s$ 曲线
Fig.1 plate loading test $p-s$ curve

现行《建筑地基基础设计规范》^[5]附录 C 规定: 浅层平板载荷试验地基承载力特征值可取 $s/b=0.01\sim 0.015$ 所对应的载荷, 但其值不应大于最大加载量的一半。载荷板边长 $b=1$ m, 对应于 $s/b=0.01$ 的沉降量 $s=10$ mm。从表 2 和图 1 可见, 180 kPa

对应的地基稳定沉降小于 10 mm, 按规范最严格标准控制, 承载力不小于 180 kPa, 满足设计要求。

3.2 动力触探试验

在碎石桩施工前的原始场地上、碎石桩施工后一周、满夯后一个月分别触探了三个孔, 每孔深 10 m。在场地的不同位置 and 不同深度处无规律地分布着大小不等、厚度在 5~20 cm 的盐块, 这些盐块普遍比周围土硬很多。为了避免地基土的不均匀性对重型动力触探试验规律的掩盖, 对相同阶段和相同深度处的触探击数进行了平均处理, 然后对每米厚土层的触探击数再平均。平均后的结果见表 3, 深度-击数曲线见图 2。

载荷板试验的影响深度约为^[6] $(1.5\sim 2)b$, 本课题板宽为 $b=1$ m, 影响深度是 1.5~2 m。触探试验主要检查 1.5 m 以下土层的加固情况。从表 3 和图 2 可见, 1.5 m 以下土层的触探击数, 高于 1.5 m 以上土层。与原始场地试验结果相比, 其增幅也高于 1.5 m 以上的土层。10 m 厚土层中, 碎石排水桩和强夯分别有明显的加固效果。另外, 9~10 m 深处的平均击数比原始场地高 7.7 击, 说明碎石排水桩加强夯联合处理方法的加固深度可达 10 m。

表 3 动力触探击数 N63.5

Tab.3 result of dynamic penetration test

深度/m	原始场地	桩后	满夯后 28 d
1	3	3.3	3.6
2	2.2	4.3	6.7
3	2.3	4.2	5.8
4	2.7	4.4	5.7
5	5	6.8	8.5
6	6.9	8.7	13.4
7	11.5	18.5	20.2
8	13	17.1	18
9	10.2	16.9	19.1
10	11.1	15.8	18.8

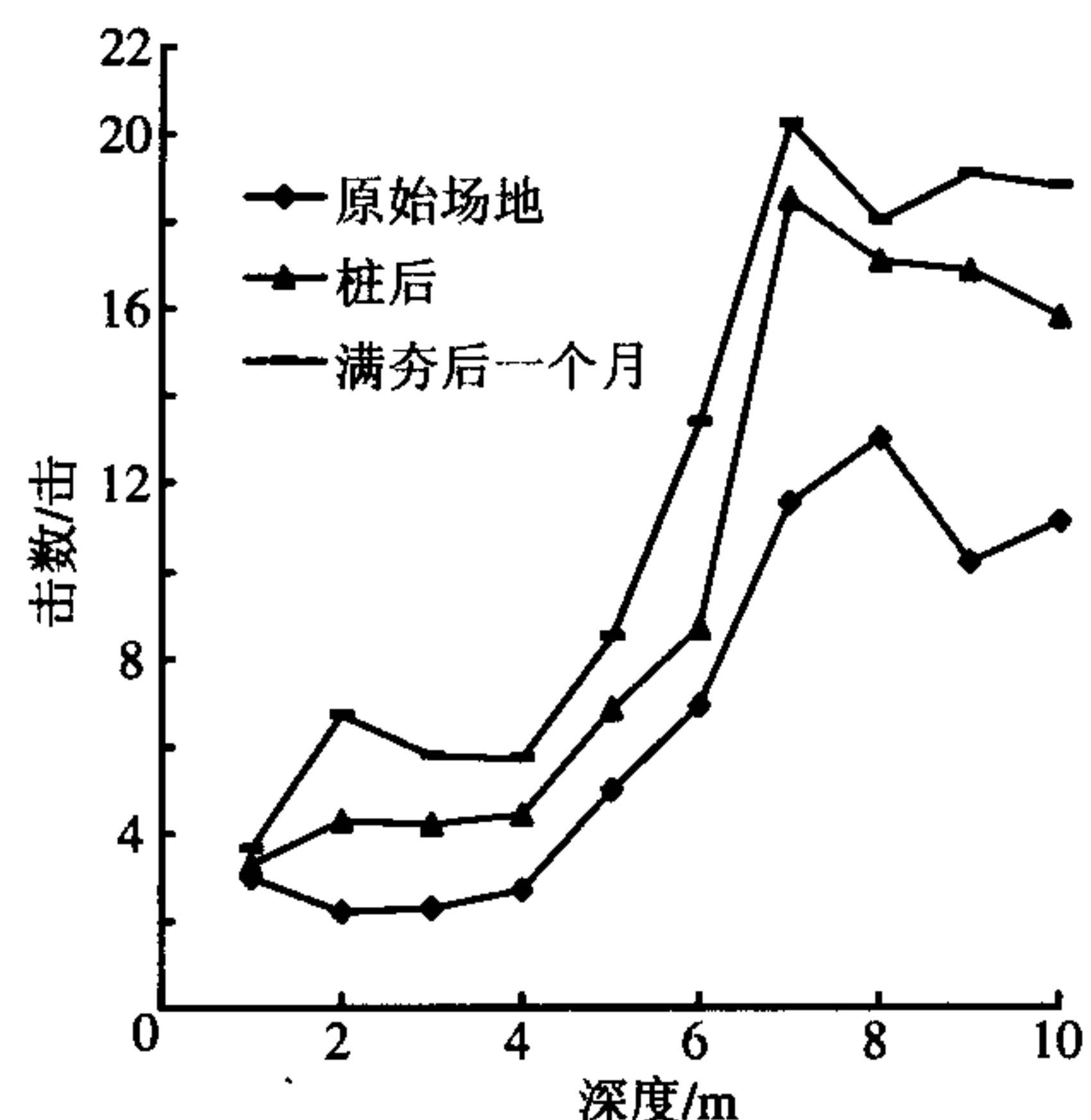


图 2 动力触探试验曲线

Fig.2 dynamic penetration test curve

3.3 静力触探试验

与动力触探试验一样,于原始场地上、桩后一周、满夯后一个月分别进行了三个孔的静力触探试验,触探深度也是 10 m,并用一样的方法对静力触探试验数据进行了平均处理,处理结果见表 4,深度—端阻曲线见图 3,深度—侧阻曲线见图 4。

表 4 静力触探端阻侧阻比较

Tab.4 Comparison of tip resistance and friction resistance of cone penetration test

深度/m	平均端阻/MPa			平均侧阻/kPa		
	原始场地	桩后	满后 30 d	原始场地	桩后	满后 30 d
1	2.06	1.85	3.39	22.82	12.96	30.05
2	0.88	4.75	4.98	19.69	40.81	63.15
3	0.65	3.23	2.34	25.56	38.2	67.58
4	0.58	1.2	2.1	22.07	28.64	72.02
5	1.08	1.1	3.01	32.17	29.02	79.91
6	2.93	1.88	8.29	40.14	67.56	115.9
7	2.94	5.21	1.21	50.45	60.66	17.22
8	1.99	9.05	3.44	48.37	67.14	39.26
9	0.76	3.7	1.63	38.7	113.8 4	10.23
10	1.02	1.19	1.06	41.96	56.04	48.84

表 4、图 3 和图 4 表明碎石桩和强夯均能提高地基土的端阻和侧阻,而且提高幅度较大。但是,强夯的加固效果在 6 m 以下不太明显,其端阻、侧阻反而比碎石桩后降低了。在进行静力触探试验时,静探仪安装在东风牌卡车上。加固后的地基贯入阻力大,往往能把卡车顶起,后轮悬空,触探杆失稳而折断。常常需要触探 3 个以上的孔才能遇到一个软弱孔,使触探试验能够贯入至 10 m 深度。因此,6 m 以下的端阻和侧阻值仅代表了局部最软弱的土层阻力。正设法改进试验方法,其结果将另文报道。

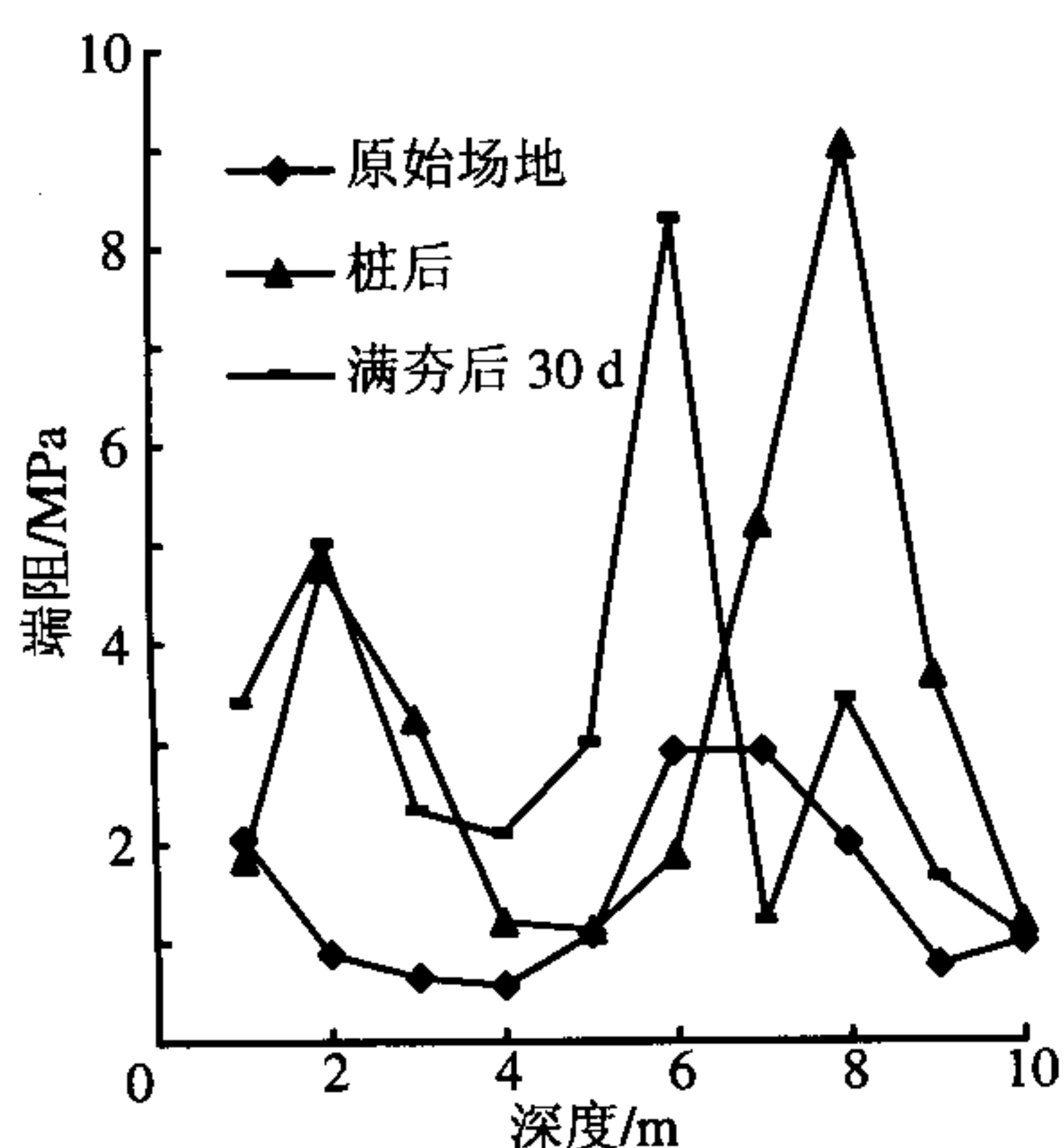


图 3 静力触探端阻曲线

Fig.3 tip resistance plots for cone penetration test

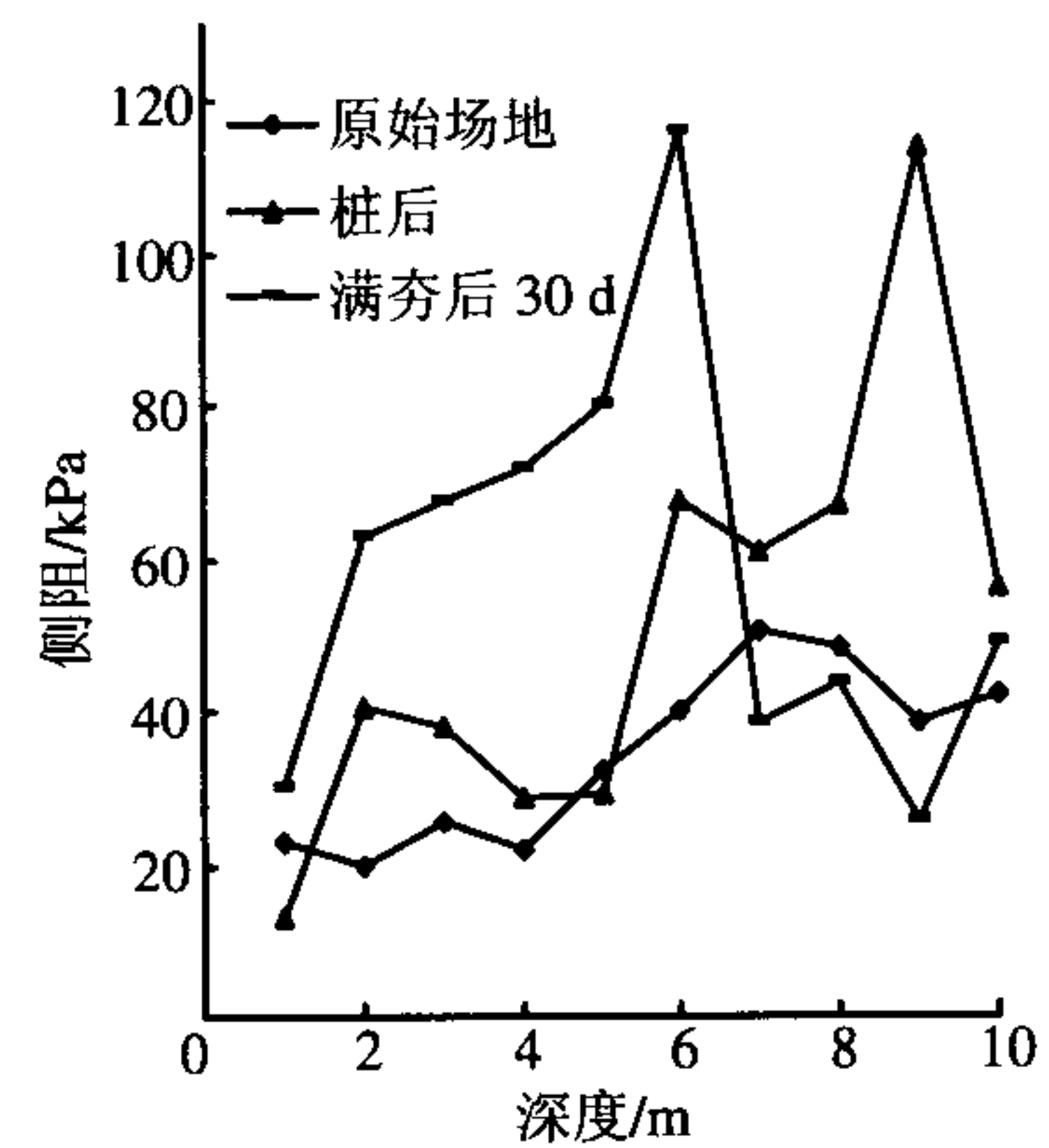


图 4 静力触探侧阻曲线

Fig.4 friction resistance plots for cone penetration test

4 结 论

(1) 碎石排水桩和强夯处理方法分别运用,均能有效加固盐渍土地基,但加固后的地基承载力提高幅度较小。两种方法联合使用并运用本试验所采取的施工参数,加固后的盐渍土地基承载力特征值不低于 180 kPa。

(2) 碎石排水桩加强夯联合方法处理盐渍土地基的有效加固深度至少可达 6 m。对 6~10 m 深度处的土层的加固效果仍然比较显著。

(3) 加固后的人工地基的均匀性能够满足工程需要,但仍有一定的不均匀性,和天然地基一样,均匀性是相对的,不均匀性是绝对的。

(4) 碎石排水桩具有很强的抗腐蚀性能,强夯法将原土就地夯实,符合就地取材和充分利用原岩土承载力的原则,是一种低廉、快速、简便的地基处理方法。联合使用两种方法能获得很好的加固效果,值得在盐渍土地基推广使用。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国建设部.岩土工程勘察规范,GB50021-2001 [S].北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [2] 隆 威,刘永球,曹增国.盐渍土工程特征分析及地基处理方法探讨[J].岩土工程,1983,5(4):48-50.
- [3] 陈洪志,麻凤海.湿限性黄土地基处理[J].辽宁工程技术大学学报,2005,24(S1):123-125.
- [4] 孟庆山,汪 稔.软土动力固结理论研究及应用的现状[J].建筑技术,2005(3):56-58.
- [5] 中华人民共和国建设部.建筑地基基础设计规范,GB50007-2002[S].北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [6] 顾晓鲁,钱鸿缙,刘惠珊.地基与基础(第三版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2003:148.