第18卷 第2期 2018年1月
1671—1815(2018)002-0146-07

科 学 技 术 与 工 程
Science Technology and Engineering

Vol. 18 No. 2 Jan. 2018

引用格式:吴奕喆, 吴亚平, 舒春生, 等. 浸水及固结过程对湿陷性黄土桩基力学特性影响的机理分析[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(2): 146—152

Wu Yizhe, Wu Yaping, Shu Chunsheng, et al. Mechanism analysis of influence of immersion and consolidation process on mechanical properties of collapsible loess pile foundation[J]. Science Technology and Engineering, 2018, 18(2): 146—152

浸水及固结过程对湿陷性黄土桩基力学特性影响的机理分析

吴奕喆[1] 吴亚平[1*] 舒春生[2] 余小龙[2] 高海平[2] 廖 骏[1]

(兰州交通大学土木工程学院[1],兰州 730070;甘肃省交通规划勘察设计院有限责任公司[2],兰州 730070)

摘 要 依托兰州南绕城高速公路项目,通过模拟该地区年降雨量的实际情况在自重湿陷性黄土场地上进行现场浸水载荷试验。设置了桩基在自重无荷载情况下浸水和浸水完成后在土体固结过程中对其进行加卸载这两种工况。实验结果表明,在模拟两次非连续性降雨情况下,桩在自重湿陷时负摩阻力的变化值较小并且其影响范围在地表以下7 m左右。由于在整个实验过程中负摩阻力均出现多峰值状态,从而出现多个中性点,为便于设计者设计施工,提出等效中性点概念,等效中性点位于桩的0.257~0.40桩长范围内。而等效中性点的位置比《建筑桩基技术规范》给出的参考值范围小很多,可为以后兰州地区桩基设计提供参考。

关键词 浸水载荷试验 自重湿陷 负摩阻力 等效中性点

中图法分类号 TU475.3; **文献标志码** A

黄土作为第四级干旱、半干旱气候条件下形成的特殊沉积物在我国西北地区广泛分布。由于黄土遇水浸湿时会产生不同程度的湿陷,当桩周土体的沉降量大于桩体沉降量时,会在桩侧产生向下的负摩阻力,从而削弱了桩基的承载能力,给桩基安全带来很大的隐患[1]。因此,如何避免由黄土湿陷而产生的负摩阻力问题成为了人们一直以来关注的焦点[2,3]。另外,负摩阻力的大小和中性点位置的取值不当问题所造成的大量桩基材料浪费的情况也屡见不鲜[4]。所以,对于研究湿陷性黄土地区负摩阻力的发展规律具有重要的工程实际意义。

由于负摩阻力的产生和发展受各种因素的影响,运用传统的理论方法研究其分布规律尚不准确,所以,现场浸水载荷试验仍是最有效的方法。许多专家学者对此也进行了大量研究[5—11]。但是分析桩基在自重情况下浸水时,对其负摩阻力发展规律的研究却鲜有报道。李高山等[12]分析了桩基在浸水饱和情况下轴力摩阻力的变化情况,魏进等[13]对桩的承载能力与变形差异以及负摩阻力的分布规律进行了分析比较。朱彦鹏等[14]对整个桩长范围内负摩阻力的变化做了详细研究。但以上研究的特点是在一定水头压力下或者有注水孔使水加速入渗土体、注水方式是连续的情况下进行的现场试验。现针对上述情况,考虑当地降雨量和水渗入土体的实际情况,采取不保持水头压力结合水自然入渗土体的新型浸水方式,通过实体工程进行了现场试验以此来研究桩基负摩阻力的变化过程。

1 试验场地的岩土工程条件

试验依托南绕城高速公路LRNO7合同段,起点位于兰州市榆中县定远镇,终点位于兰州市黄羊头(大滩),属陇西黄土高原西部,是青藏高原向黄土高原的过渡带。

试验场地选择在西固区柴家台上靠近柴家台村,如图1。地形地貌总体为南北高(黄土沟梁区),中间低(河谷盆地区),土质较疏松,大孔隙发育,整个场地自重湿陷量计算量≤473 mm,场地计算总湿陷量≤756 mm。由地质勘察报告可知该场地属自重湿陷性黄土场地,湿限等级为Ⅳ级,湿陷程度为很严重。

2 试验概况

2.1 试桩布置及仪器埋设

试验的试桩均为钻孔灌注桩。现着重分析的S3桩其桩长为20.5 m,桩径为800 mm,钢筋笼主筋

2017年6月22日收到 甘肃省湿陷性黄土地区公路修筑成套技术研究子课题四-黄土的湿陷性对桥梁桩基础的影响规律研究(1302GKDA009)资助

第一作者简介:吴奕喆(1992—),女,吉林长春人,硕士研究生。研究方向:黄土桩基。E-mail:2435364235@qq.com。

*通信作者简介:吴亚平(1958-),男,博士,教授。研究方向:黄土及冻土工程。E-mail:wypsw@163.com。

图 1　浸水试验现场以及试桩布置

Fig. 1　Flooding test site and test pile layout

为 8ϕ25,为通长筋。试验试坑采用变截面长方形,尺寸为 $L\times b=22\ \text{m}\times 9\ \text{m}+2.5\ \text{m}\times 2\ \text{m}\times 4$,坑深为 0.6 m,整个试坑内铺设 15 cm 厚的砂砾。根据规范[15]的要求试桩加载采用慢速维持荷载法分级加载。试验桩的加载采用堆载法反力装置,堆载材料为工字钢。为了测定桩身在各种情况下的应力应变,在每根试桩的钢筋笼上沿竖向左右对称布置钢筋应变计,从桩顶开始向下前 10 m 每隔 1 m 布置一处,后 10 m 每隔 2 m 布置一处,共计 30 个钢筋应变计。

2.2　浸水加载方案

由于拟建项目区年均降雨量较少,大多数市政公路桥梁的防水排水性能较好,为充分反映桥梁桩基在浸水状态下的承载性能,将实际试验的最大浸水量设置为年均降雨量的 4 倍,在不断的浸水过程中观测各个测点的变化情况。此外本次试验试坑内未设置常用的泄水孔,而是铺设砂砾让水自然入渗。注水方式采取不保持水头压力的间断性注水的浸水方式。图 2 为随时间的增长注水量的情况。在对 S3 桩进行浸水试验时,为了充分模拟当地年降雨量的实际情况分别对其进行 2 倍年降雨量、停水观测期间、4 倍年降雨量这三种工况来开展研究。浸水试验完成后再对 S3 桩进行加卸载试验。

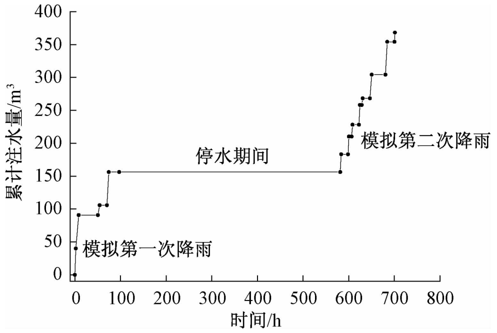


图 2　随时间增长注水量的变化情况

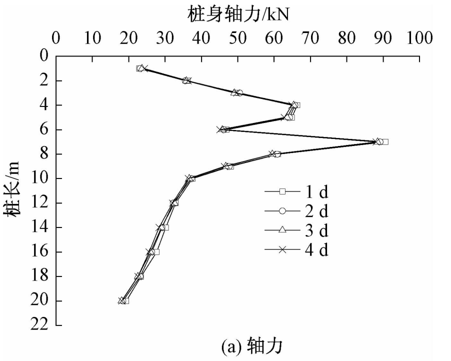
Fig. 2　With time to increase the amount of water changes

3　浸水阶段桩身轴力与负摩阻力变化规律

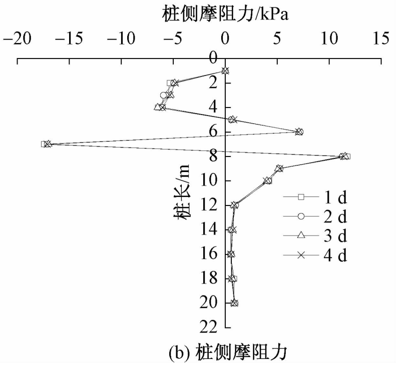
试桩 S3 在自重无荷载情况下进行浸水试验。通过模拟 2 次非连续性降雨来观察试桩在整个浸水过程的轴力摩阻力变化规律。

(1)由图 3 可知,在模拟第一次降雨时,随着注水量的增加,沿整个桩长范围内首先产生了负摩阻力,而后负摩阻力逐渐减小并过渡到正摩阻力,正负摩阻力交替变化,负摩阻力出现 2 次峰值,其最大值出现在桩身 7 m 处。出现上述情况认为土层的湿陷是分段进行的,每一段的湿陷也并不同步,致使正负摩阻力的变化是交替进行的而非理想的连续状态。在这四天的浸水过程中,轴力与负摩阻力的变化缓慢且数值变化不大,初步认为浸水的时间较短且注水的方式是间断的,水未能充分浸泡土壤,致使土体湿陷进行缓慢,所以轴力与摩阻力的变化幅度小。

(2)在停水期间继续观测轴力、摩阻力的变化情况,如图 4 所示。停水期为 20 d,由于在停水期间轴力、摩阻力的变化情况基本一致,所以选取其中四天来观察其变化规律。停水后,由于桩周土体产生固结变形,致使桩土相对位移减小,所以沿桩长范围内,负摩阻力逐渐减小且逐渐向正摩阻力过渡。在桩身6 m 以上位置,随时间增长轴力增大,而 6 m 以下轴力却



(a) 轴力



(b) 桩侧摩阻力

图 3　第一次浸水状态下 S3 桩的轴力和桩侧摩阻力

Fig. 3　Axial force and pile side frictional resistance of S3 pile in first immersion state

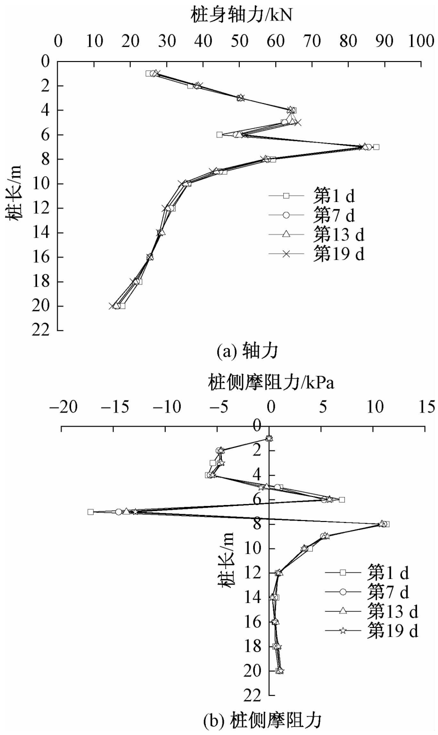


图 4　停水期间 S3 桩的轴力和桩侧摩阻力

Fig. 4　Axial force and pile side frictional resistance of S3 pile during water shutdown

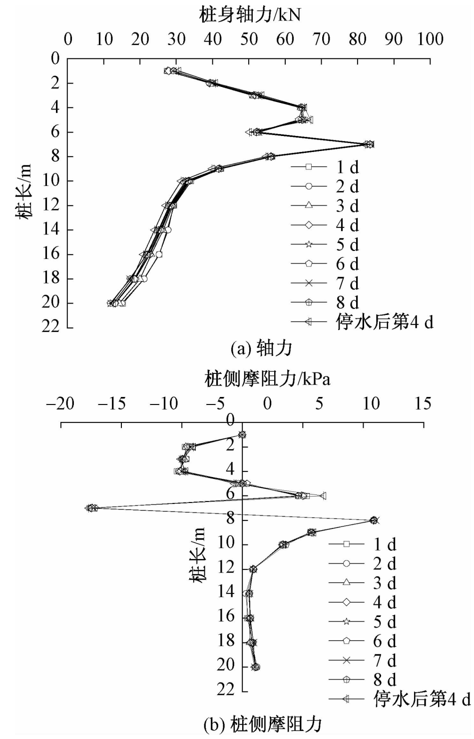


图 5　第二次浸水状态下 S3 桩的轴力和桩侧摩阻力

Fig. 5　Axial force and pile side frictional resistance of S3 pile in the second immersion state

在随时间呈减小趋势。这应该是因为上部土体未完全固结,还有少量的湿陷情况在进行,而下部土体由于水渗入较少、湿陷量少,固结较上部土体快。

(3)图 5 为模拟第二次降雨时轴力、摩阻力的变化情况。伴随注水量的增加,桩身 5 m 以上负摩阻力呈现先减小后增大的变化趋势,但变化幅度依旧很小。负摩阻力的这种滞后的发展情况应该是由于黄土的湿陷也具有一定程度的滞后性。但浸水第一天负摩阻力的值比停水最后一天的值大。在整个浸水试验期间,中性点的位置基本在 5 ~ 6 m 和 6 ~ 7 m 处。

4　加载与卸载阶段轴力、摩阻力的分布情况

4.1　加载期间轴力、摩阻力分布规律

在浸水完成后,待地面沉降稳定即进行加载。图 6 ~ 图 8 即在各级加载下 S3 桩轴力和摩阻力的分布情况。图 7 为加载前三级摩阻力的分布情况,加载初各段负摩阻力较浸水时突然变大,初步分析是因为试桩在自重情况下浸水时桩周土体没有外在压力而加载初桩顶荷载对周边土体产生了一定压力,从而加速了桩周土体的湿陷,又因为加载初载荷量小,桩体位移增加的幅度小,所以桩土相对位移增大,负摩阻力变大。位于桩体 13 ~ 16 m 处出现负摩阻力且负摩阻力随加载量的增加而增加,出现这种情况初步认为也是由于桩侧土体所受压力变化所导致的,在加载初土体依然发生了湿陷情况,桩土粘结程度变小,桩土相对位移增大,负摩阻力增大。如图 8 为加载后六级摩阻力的变化情况。伴随加载量的逐级增加,各段负摩阻力的变化情况逐渐趋于一致:即负摩阻力逐渐减小并且过渡到正摩阻力,正摩阻力逐渐增大,在此过程正负摩阻力反复交替,直至最后趋于稳定。在这个过程也产生了多个中性点,其变化范围依次为 1 ~ 3 m、4 ~ 7 m、8 ~ 11 m、12 ~ 14 m、15 ~ 17 m 处。

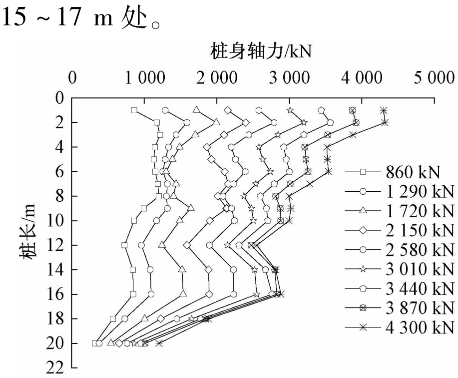


图 6　不同荷载下 S3 桩的轴力

Fig. 6　Axial force of S3 pile under different loads

4.2　卸载时桩基轴力与摩阻力变化趋势

加载试验完成后进行卸载,卸载第一级各段负

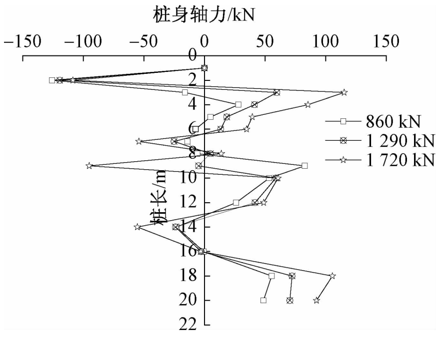


图 7　S3 桩的桩侧摩阻力

Fig. 7　The pile side friction of S3 pile

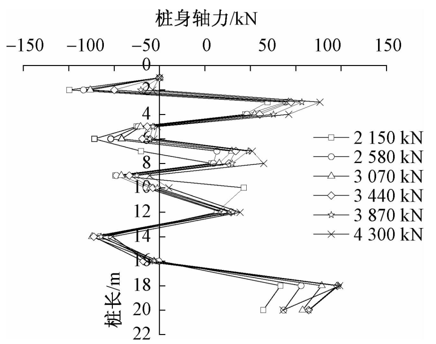


图 8　S3 桩的桩侧摩阻力

Fig. 8　The pile side friction of S3 pile

摩阻力较加载末级又有所增长,这是因为卸载初桩顶载荷量减小,桩顶位移随之减小,而此时桩周土体发生固结变形,桩土相对位移增大,所以负摩阻力增大。而后随着卸载的进行桩体在弹性范围内回弹其位移逐渐减小,桩周土体因无法抵抗桩体向上移动而发生滑动摩擦,在此过程桩土相对位移不断减小,各段正负摩阻力也随之不断减小。在卸载过程,中性点的变化区间在 3 ~4 m、8 ~10 m、12 ~14 m、15 ~17 m(图 9,图 10)。

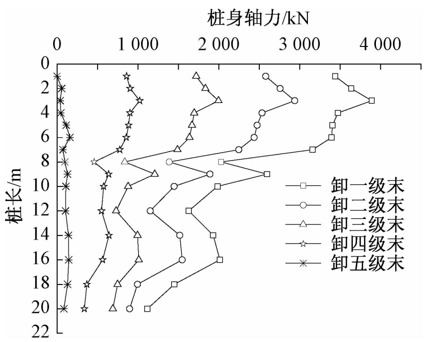


图 9　卸载各级 S3 桩的轴力

Fig. 9　Unload the axial force of the S3 pile at all levels

5　中性点位置的探讨

由于在实测情况下负摩阻力的分布呈多峰值状态,从而得出各个中性点所在位置的区间。然而在

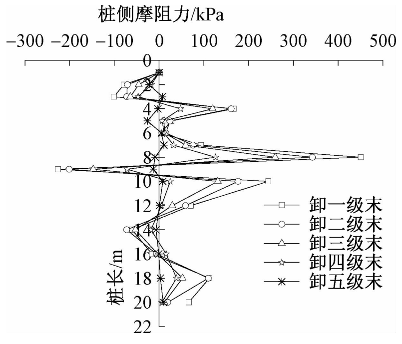


图 10　卸载各级时 S3 桩的桩侧摩阻力

Fig. 10　Unloading the pile side friction of the S3 pile at all levels

实际工程中却不方便设计者设计。根据单元竖向力的平衡关系

$$R + \int_{A^+} q^+ \, \mathrm{d}A = P + \int_{A^-} q^- \, \mathrm{d}A \tag{1}$$

由式(1)展开得

$$P = R + \pi D \sum_{i=1}^{m} \int_{l_i^+} q_i^+ \mathrm{d}x - \pi D \sum_{j=1}^{n} \int_{l_j^-} q_j^- \mathrm{d}x \tag{2}$$

式中,R 为桩端阻力;P 为桩顶荷载;q_i^+ 为桩侧正摩阻力;q_j^- 为桩侧负摩阻力;A 为封闭图形的面积;l_i^+ 为各段正摩阻力作用的区域长度;l_j^- 为各段负摩阻力作用的区域长度。由式(2)将实际的摩阻力图转化成图 11 所示的形式。从而将各个中性点的位置简化到一处,找到等效中性点位置。下文所说的中性点即为等效中性点。

(1)经计算在整个浸水期间中性点的位置变化幅度不大,在 5.13 ~5.28 m 位置处,占整个桩长 0.257 ~0.264 位置范围内,如图 12 所示。在第一次浸水期间,由于土层湿陷,在不断浸水过程中中性点逐渐下移。在停水阶段,由于桩周土体产生固结变形,中性点随时间变化又逐渐上升。而在第二次浸水期间,中性点的变化产生了微小波动,中性点先下降,而后上升,最后随着水量的增加又呈下降趋势,中性点这种滞后的发展情况也同样在负摩阻力的变化中有所体现。初步分析这与浸水方式有一定关系。间断性注水导致桩周土体的充分湿陷不是一次完成而是分多次进行的,并且在第一次浸水期间,上部已湿陷的土体使下部土体变得相对密实,停水期间下部土体固结较快。而在第二次浸水期间,第一次注水上部湿陷土体使下部土体变得更加密实,所以当第二次注水时再次湿陷较上次湿陷较为困难,因此在图 12 中的 $d \sim e$ 段,湿陷开始的时间滞后于水分入渗的时间。所以在第二次浸水初期中性点先下降后上升,而后随着水分逐渐渗入土体,中性点又呈下降趋势。总体来说,桩在自重湿陷情况下,中性点变化范围小,负摩阻力产生范围在 5 m 左右。

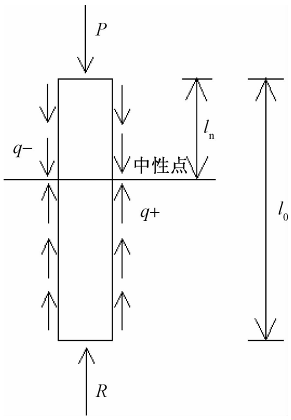


图 11　等效后桩的中性点位置及摩阻力分布

Fig. 11　Neutral point position and frictional resistance distribution of equivalent pile

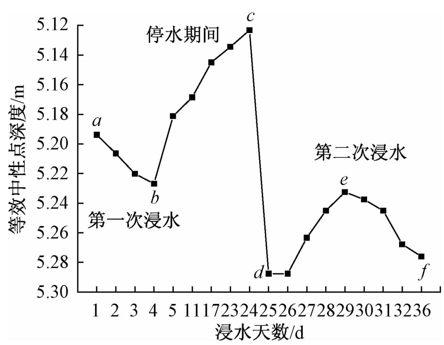


图 12　浸水期间试桩 S3 等效中性点的变化过程

Fig. 12　The change process of equivalent neutral point of test pile S3 during water immersion

(2)图 13 为试桩在整个试验过程中中性点位置的变化趋势。如图 13 所示,在加载阶段:中性点在桩的 5. 58 ~7. 91 m 位置处,占桩总长的 0. 28 ~0. 40,在加载前四级时中性点位置有较大波动,而后随着加载量的增加中性点逐渐上升。在加载初期,桩周土在桩的压力下湿陷性更明显,所以中性点下降。而后桩与土的位移逐渐趋于平衡,中性点下降幅度小。最后,桩的位移显著增大,桩土相对位移增大,中性点上升。

(3)卸载阶段:卸载初由于桩子回弹,此时桩土相对位移又增大,负摩阻力增大,中性点下降,而后随着卸载的进行中性点下降的幅度逐渐变得缓慢直到最后上升。而在空载时,由于桩体弹性位移恢复到最大,即产生向上的位移,而最终土体还在下沉,所以中性点又下降且下降幅度最大。从图 13 中可看出卸载期间中性点位于桩体 6. 26 ~9. 91 m 位置处,占桩总长的 0. 31 ~0. 50。而空载这种情况不太符合桥梁实际的工作状态,所以在此不予考虑。那么在整个试验过程中中性点占桩长的 0. 257 ~0. 40。在《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)规范

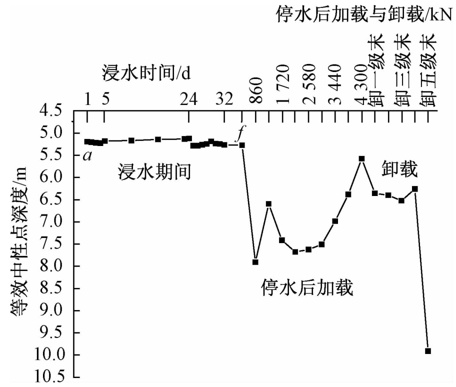


图 13　试桩 S3 等效中性点全过程位置变化曲线

Fig. 13　The change curve of the equivalent neutral point of the test pile S3

中提到对于黏性土、粉土的中性点位置为 0. 5 ~0. 6。所以结合兰州地区降雨量的实际情况认为规范取值偏大了 33. 3% ~48. 6% 。

6　加卸载时桩顶荷载、桩端阻力、桩侧摩阻力三者的关系

图 14 为 S3 桩在加卸载期间桩端阻力、桩侧摩阻力与桩顶荷载关系。从图 14 可以看出,在加载期间,当加载到 1 290 kN 时,桩端阻力较小,桩顶荷载基本由桩侧摩阻力来承担,这表明当桩顶加载量较小时桩端阻力还未发挥;当加载量超过 1 290 kN 时,桩端开始受力,桩侧摩阻力基本保持线性规律增长;当桩顶荷载为 4 300 kN(极限荷载)时,桩端阻力与桩侧摩阻力均充分发挥,此时侧摩阻力与桩端阻力的分配比例关系为 2. 57∶1。而卸载的情况与加载类似,当桩顶荷载全部卸完后,桩侧摩阻力与桩端阻力的分配关系为 1∶1。

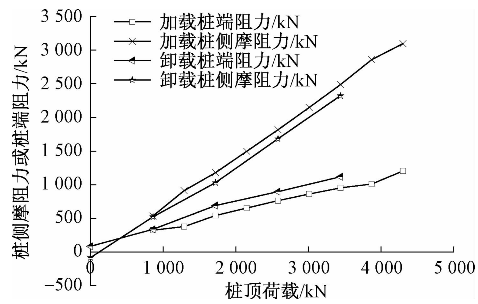


图 14　S3 桩的桩侧摩阻力、桩端阻力与桩顶荷载的关系

Fig 14　The relationship between pile side friction resistance, pile end resistance and pile top load of S3 pile

7　结论

(1)通过采用间断性浸水这种特殊的浸水方式来模拟实际降雨情况,分析得到桩在自重湿陷情况下桩基轴力与桩侧负摩阻力的变化幅度小且数值变

化不大，浸水主要的影响范围大约在地表以下 7 m 左右，负摩阻力最大值为 17.67 kPa 出现在桩身 7 m 处，中性点的位置在 5 m 左右，所以在西北地区这样一个少雨的地区，单纯降雨对桥梁桩基承载性能的影响是微小的。

（2）负摩阻力和中性点的发展具有时间效应，在浸水、加载期间都有相应反映。浸水方式以及试坑布置方式的不同对于负摩阻力的分布情况也有一定的影响。在实际工程中应予以重视。

（3）由于在实际情况下正负摩阻力是交错分布的，由此产生多个中性点，为便于设计者设计施工，提出等效中性点的概念。由此确定了在浸水、加卸载期间中性点的位置为 $0.257l_0 \sim 0.40l_0$，并与规范值比较，认为规范取值偏大。据此，在兰州地区黄土桩基的工程设计中，可以参考本次试验条件对中性点的位置加以修正，以便节省大量材料与费用。

参　考　文　献

1　马辰罡. 浅述桥梁桩基设计中桩侧土的负摩阻力问题及湿陷性黄土地区桥梁的桩基设计. 内蒙古科技与经济，2010；(21)：91—94
Ma Chengang. Elementary discussion on negative friction resistance of pile side soil in bridge pile design and pile foundation design for collapsible loess area. Inner Mongolia Science Technology and Economy, 2010;21:91—94

2　黄雪峰，陈正汉，哈　双，等. 大厚度自重湿陷性黄土中灌注桩承载性状与负摩阻力的试验研究. 岩土工程学报，2007；29(3)：338—346
Huang Xuefeng, Chen Zhenghan, Ha Shuang, *et al.* Research on bearing behaviors and negative friction force for filling piles in the site of collapsible loess with big thickness. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2007;29(3): 338—346

3　宗雪梅，周新平，狄　谨. 湿陷性黄土层桩基侧摩阻力的试验研究. 防灾减灾工程学报，2011；31(6)：710—715
Zong Xuemei, Zhou Xinping, Di Jin. Experimental study on frictional resistance of pile foundation side of collapsible loess layer. Journal of Disaster Prevention and Mitigation Engineering, 2011;31(6): 710—715

4　黄雪峰，陈正汉，方祥位，等. 大厚度自重湿陷性黄土地基处理厚度与处理方法研究. 岩石力学与工程学报，2007；26(增刊2)：4332—4338
Huang Xuefeng, Chen Zhenghan, Fang Xiangwei, *et al.* Study on foundation treatment thickness and treatment method for collapse loess with large thickness. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2007;26(S2): 4332—4338

5　董晓明，高仕赵，宋　军，等. 非均匀湿陷条件下黄土地区桩基力学性状试验研究. 公路交通科技，2016；33(6)：32—39
Dong Xiaoming, Gao Shizhao, Song Jun, *et al.* Experimental study on mechanical property of pile foundation in loess area under condition of non-uniform collapsibility. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2016;33(6): 32—39

6　姚志华，黄雪峰，陈正汉，等. 兰州地区大厚度自重湿陷性黄土场地浸水试验综合观测研究. 岩土工程学报，2012；34(1)：65—74
Yao Zhihua, huang Xuefeng, Chen Zhenghan, *et al.* Comprehensive soaking tests on self-weight collapse loess with heavy section in Lanzhou region. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2012; 34 (1): 65—74

7　夏力农，雷　鸣，聂重军. 桩顶荷载对负摩阻力性状影响的现场试验. 岩土力学，2009；30(3)：664—668
Xia Linong, LeiMing, Nie Chongjun. Field test of influences of load at pile top on negative skin friction behaviors. Rock and Soil Mechanics, 2009;30(3):664—668

8　王兰民，孙军杰，黄雪峰，等. 黄土场地震陷时桩基负摩阻力的现场试验研究. 岩土工程学报，2008；30(3)：341—348
Wang Langmin, Sun Junjie, Huang Xuefeng, *et al.* Field tests on negative skin friction along piles caused by seismic settlement of loess. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2008; 30 (3): 341—348

9　杨校辉，黄雪峰，朱彦鹏，等. 大厚度自重湿陷性黄土地基处理深度和湿陷性评价试验研究. 岩石力学与工程学报，2014；33(5)：1063—1074
Yang Xiaohui, Huang Xuefeng, Zhu Yanpeng, *et al.* Experimental study on collapsibility evaluation and treatment depths of collapsible loess upon self weight with thick depth. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2014; 33(5):1063—1074

10　黄雪峰，杨校辉. 湿陷性黄土现场浸水试验研究进展. 岩土力学，2013；34(增刊2)：222—228
Huang Xuefeng, Yang Xiaohui. A study progress on in-situ soaking test on collapsible loess. Rock and Soil Mechanics, 2013; 34 (S2): 222—228

11　孔令琨，林高原. 湿陷性黄土桥梁桩基自然浸水载荷试验. 桥隧工程，2016；(4)：262—265
Kong Lingkun, Lin Gaoyuan. Experiment on natural flooding of pile foundation of collapsible loess bridge. Bridge and Tunnel Engineering, 2016; (4): 262—265

12　李高山，华卫君，李　飚，等. 自重湿陷性黄土地区扩底桩浸水载荷试验研究. 工程勘察，2013；(8)：30—35
Li Gaoshan, Hua Weijun, Li Biao *et al.* Experimental study on flooding load of bottom pile in self-weight collapsible loess area. Engineering Investigation, 2013; (8):30—35

13　魏　进，李　哲，郝忙利，等. 自重湿陷性黄土场地的桩基浸水载荷试验. 长安大学学报(自然科学版)，2011；31(5)：63—67
Wei Jin, Li Zhe, Hao Mangli, *et al.* Self-weight collapsible loess field pile foundation flooding test. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2011;31(5):63—67

14　朱彦鹏，赵天时，陈长流. 桩基负摩阻力沿桩长变化的试验研究. 岩土力学，2013；34(增刊1)：265—272
Zhu Yanpeng, Zhao Tianshi, Chen Changliu. Field tests on changes of pile negative friction along its length. Rock and Soil Mechanics, 2013;34(S1):265—272

15　中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50007—2011 建筑地基基础设计规范. 北京：中国建筑工业出版社，2011
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. GB 50007—2011 Code for design of building foundation. Beijing: China Architecture and Building Press, 2011

Mechanism Analysis of Influence of Immersion and Consolidation Process on Mechanical Properties of Collapsible Loess Pile Foundation

WU Yi-zhe[1], WU Ya-ping[1*], SHU Chun-sheng[2], YU Xiao-long[2], GAO Hai-ping[2], LIAO Jun[1]
(College of Civil Engineering, Lanzhou Jiaotong University[1], Lanzhou 730070, China;
Gansu Province Transportation Planning Survey and Design Institute Co., Ltd.[2], Lanzhou 730070, China)

[**Abstract**] Based on Lanzhou South Ring Highway project, the field tests of piles were performed in a collapsible loess site by simulating the actual situation of the area's annual rainfall. The tests were performed under pile load-free immersion state and in the consolidation process of loading and uninstalling test. The results show that the pile's negative friction in the self-weight collapsible change value smaller and it's sphere of influence in the 7 m below the surface by simulating two discontinuity rainfall. There appear multiple peaks due to negative frictional resistance throughout the process of test, leading to more neutral points, for ease of design and construction, proposed the concept of equivalent neutral point. Equivalent neutral points are in the range of 0.257 to 0.40 times of the pile length. The locations of equivalent neutral points are smaller than the range proposed by "technical code for building pile foundations". The results can provide references for the later design of pile foundation in Lanzhou area.

[**Key words**] immersion load test the self-weight collapsible negative friction resistance equivalent neutral point