

# 应力释放孔与防挤沟施工对临近道路的不利影响 案例分析

吴成华<sup>1</sup>, 李浩轩<sup>2</sup>, 江超<sup>2</sup>, 张世民<sup>2\*</sup>

(1. 杭州市萧山区建筑质量安全监督站, 浙江 杭州 312000; 2. 浙大城市学院 土木工程系, 浙江 杭州 310015)

**摘要:** 设置应力释放孔、防挤沟, 可以减小挤土桩施工对临近地基浅层土体的侧向挤压, 从而减少挤出位移和隆起, 减小对临近建筑物、道路和地下管线的影响; 但若配合不当, 也可能产生反向效果, 对周边环境保护不利。结合工程案例, 分析了工程桩施工前, 应力释放孔与防挤沟施工后的不同时间阶段, 其对临近道路的影响。结果表明: 应力释放孔与防挤沟卸载效应对临近道路的影响具有明显的滞后效应, 造成路面开裂。因此在应力释放孔与防挤沟的设计、施工以及监测时, 要充分考虑其卸土减压效应和滞后效应。同时需考虑路基密实度、路面车流量和载重等多种外界因素的综合作用, 来判断应力释放孔与防挤沟施工中产生的不利影响范围和程度。

**关键词:** 应力释放孔; 防挤沟; 卸载; 临近道路

中图分类号: TU74

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2020)03-0203-06

## Case analysis of adverse effect of stress relief holes and anti-extrusion ditches construction on adjacent roads

WU Cheng-hua<sup>1</sup>, LI Hao-xuan<sup>2</sup>, JIANG Chao<sup>2</sup>, ZHANG Shi-min<sup>2\*</sup>

(1. District Construction Quality and Safety Supervision Station, Xiaoshan, Hangzhou 312000, China;

2. Department of Civil Engineering, Zhejiang University City College, Hangzhou 310015, China)

**Abstract:** Stress relief holes and anti-extrusion ditches can reduce the side extrusion on shallow soil near the foundation due to displacement pile construction, thus reducing the extrusion displacement and uplift, reducing the impact on adjacent buildings, roads and underground pipelines. However, sometimes stress relief holes and anti-extrusion ditches may result in reverse effects, which is adverse to the protection of the surrounding environment because of the mismatch between stress relief holes and anti-extrusion ditches. Using a case study of engineering practice, before the construction of engineering piles, the adverse effect of stress relief holes and anti-extrusion ditches on adjacent roads at different stages are analyzed. The results show that the adverse effect of the unloading effect of stress relief holes and anti-extrusion ditches on adjacent roads has an obvious lagging effect, resulting in pavement cracking. Therefore, during the process of the design, construction and monitoring of stress relief holes and anti-extrusion ditches, the unloading decompression effect and lag effect should be considered. At the same time, it is necessary to consider the comprehensive effect of various external factors, such as subgrade compactness, road traffic flow and the load, in order to be able to determine the adverse impact of stress relief holes and anti-extrusion ditches construction.

**Key words:** stress relief holes; anti-extrusion ditches; unloading; adjacent roads

## 0 引言

由于预制桩、沉管灌注桩等挤土桩沉桩时, 会

产生巨大的挤土作用, 使桩区及附近一定范围内的土体产生挤土应力, 土体向上隆起和向桩区外水平位移, 引起邻近建筑物开裂、道路破坏以及地下管

收稿日期: 2020-04-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51808492); 浙江省基础公益计划研究项目(LGF18E080012)。

作者简介: 吴成华(1981—), 男, 浙江杭州人, 高级工程师, 主要从事土木工程管理与研究工作。E-mail: 63970493@qq.com。

\*通讯作者: 张世民, 男, 教授, E-mail: zhangsm@zucc.edu.cn。

线断裂等工程事故<sup>[1]</sup>。因此在挤土桩施工前设置应力释放孔和防挤沟,让土体受挤压后传递的挤土应力,通过应力释放孔得到释放,防挤沟起到阻断挤土应力传递的作用,对周边环境进行有效防护<sup>[2]</sup>。但反过来,若应力释放孔的应力释放以及防挤沟施工过早,打桩挤压应力没有及时跟上,可能无法达到妥善保护周边道路建筑等环境的效果,反而会因为土压力卸载而对周边环境造成破坏。

## 1 应力释放孔和防挤沟的设计参数

当压桩场地距建筑物或道路及地下管线较近时,可在施工区域与建筑物、道路和地下管线之间开挖防挤沟。防挤沟的作用是减少地基浅层土体的侧向位移和隆起。在挤土桩桩位线与邻近建筑或道路之间,桩机正常作业距离外,开挖挤土缓冲沟即防挤沟,防挤沟一般宽 1.5 m、深 1 m,沟内也可填中粗砂,以防止沟壁塌陷。

由于防挤沟不能做得很深,无法割断深层土体的挤土作用,因此在防挤沟内设置应力释放孔(防挤孔),以利于深层地基土体释放由于静力压桩施工产生的有效应力和超静孔隙水压力,同时减少地基土体中的超静孔隙水压力和地基土体的变形影响范围和影响程度<sup>[3]</sup>。防挤孔一般深度 10 m、直径 0.4 m、间距 2 m,视土质情况分 1~2 排布置,孔内灌入级配良好黄砂。

## 2 防挤孔沟作用机理分析

挤土类桩在沉桩过程中,由于桩自身的体积“占用”了土体原有的空间,使桩周的土体向四周排开。当桩周土为非饱和土层时,在土体受到挤压时,土体的体积会发生收缩,能有效地消散挤压应力。因此挤土类桩在非饱和土层中的挤土效应不明显,所造成的负面影响也较小;当桩周土为饱和软土时,土体受挤压时体积不会收缩或收缩量极小,挤压应力主要通过土体位移来消减,挤土效应十分显著,因此所造成的负面影响较大。沉桩时产生巨大的挤土作用使桩区及附近一定范围内的土体产生挤土应力,使之向上隆起和水平位移引起邻近建筑物开裂、道路破坏以及地下管线断裂等工程事故。研究指出<sup>[4]</sup>,在预制桩施工时挖设防挤沟,让土体受挤压后传递的挤土应力通过防挤沟内的应力释放孔得到释放,起到阻断挤土应力传递的作

用,对周边环境可进行有效防护。

施瑾<sup>[5]</sup>在应力释放孔的研究中提到,挤土桩沉桩过程中产生的挤土应力,破坏了土体的初始应力状态,土体被挤压后,周围土体发生径向和竖向变形,这种变形不断向远处传播并逐渐减弱,变形范围一般为 1~1.5 倍桩长。一旦超静孔隙水压力消散,土体发生固结变形,易对周围建筑物等设施造成“二次伤害”,加大建筑物等设施变形幅度。所以在周围建筑物与桩基区域之间有效设定应力释放孔,能大大释放因沉桩造成的挤土应力,同时也能使沉桩过程产生的超静孔隙水压力得到快速消散,有利于保护周边建筑物等设施。图 1 为设置应力释放孔及没有应力释放孔两种情况下周围土体(表面)径向位移变化情况。不难看出,设置应力释放孔后,释放孔外围土体径向位移大大减小,从而对周边建筑物起到保护作用。

应力释放孔与防挤沟能保护周边环境的报道很多,但其施工对临近道路的不利影响案例鲜有见刊,本文分析一不利案例,可供工程参考。

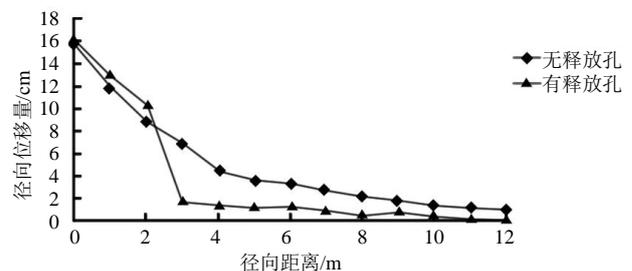


图 1 应力释放孔效果

Fig. 1 Effect of stress relief holes

## 3 不利影响案例分析

### 3.1 工程概况

某厂区建设工程位于浙江省杭州市萧山区,其中 1 号厂房有基坑,北侧上口线距离用地红线约 9.6 m,红线外 6.7 m 为周边已有厂房,其基础形式为浅基。基坑西侧为本工程 3 号厂房,为桩基础。桩基础北侧 10 m 为周边厂区围墙,围墙北侧是 12 m 宽道路(局部 6 m)。该工程基坑周边环境如图 2 所示。

周边已有厂房建于 2017 年,与本工程相邻处平面图见图 3,其中 2 号、6 号、10 号、26 号、28 号沿线道路外侧是施工场地,35 号和 39 号楼外侧是已建成多年厂区,无施工活动。

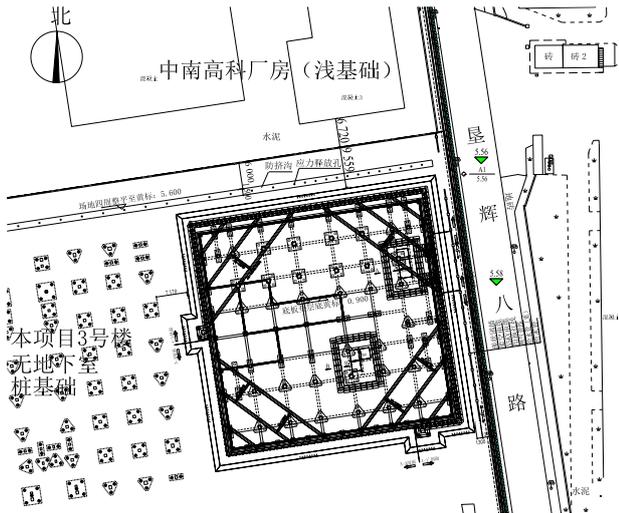


图2 该工程基坑周边环境总图

Fig. 2 Layout plan of surrounding environment of foundation pit of the project



图3 产业园平面位置示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the industrial park

地质勘察报告显示,本工程各土层分布大致可总结为:①素填土层,层厚约为2.6 m;②砂质粉土层,层厚约为7.7 m;③粉砂层,层厚约为8 m;④淤泥质粉质黏土层。各土层参数详见表1。

表1 各土层物理力学参数

Tab. 1 Physical and mechanical parameters for each soil layer

土层	物理力学参数		
	重度/(kN/m <sup>3</sup> )	黏聚力/kPa	内摩擦角/°
素填土	18.0	8.0	15.0
砂质粉土	19.02	9.0	27.5
粉砂	19.01	5.0	35.0
淤泥质粉质黏土	17.13	11.2	9.4

### 3.2 应力释放孔与防挤沟施工

本工程设置的应力释放孔和防挤沟如图4。在距离围墙2 m处布置1排应力释放孔,孔径300 mm,孔深15 m,孔间距5 m。应力释放孔钻好后插入波纹管,管内填充级配良好砂。在距离围墙2 m处开挖1条0.6 m深、1.5 m宽的防挤沟。

考虑到其中1号楼有5 m深基坑,距离周边2号厂房距离只有6 m,设置了加密的应力释放孔,间距2.5 m;防挤沟也加深到1 m,如图5。



图4 3号、5号、7号楼应力释放孔和防挤沟

Fig. 4 Stress relief holes and anti-extrusion ditches beside building 3, building 5 and building 7



图5 1号楼应力释放孔和防挤沟

Fig. 5 Stress relief holes and anti-extrusion ditches beside building 1

### 3.3 周边环境影响情况

#### (1) 监测目的、内容及方法

为了解在工程桩基施工前,因为应力释放孔和防挤沟的存在对周边道路产生的影响,在查阅工程设计、施工等方面的资料基础上,对工程周边环境进行了3次查勘。查勘时间分别是2019年12月31日、2020年1月13日和2020年3月9日,而工程桩至今尚未打设。

对工程周边道路既有裂缝、损伤状况进行查勘、记录并拍照取证,在相对典型的裂缝处设置裂缝宽度观测点。现场监测所使用到的仪器设备详见表2。

表2 现场仪器设备

Tab. 2 Field instruments and equipments

仪器名称	仪器型号规格	仪器编号	状态
钢卷尺	5 m	JX-SB-0257	正常
全站仪	ZT80A4	JX-SB-0273	正常
电子水准仪	JX-SB-0274	ZDL700	正常
裂缝测宽仪	JX-SB-0272	DJCK-2	正常

(2) 现场监测情况

a) 应力释放的不利影响

根据第3次现场道路的查勘结果，绘制出最后一次勘测区域裂缝分布示意图，如图6所示，图中波浪线示意裂缝。由图可见，出现的裂缝几乎贯穿整条道路。裂缝宽度在0.5~4 mm之间，图7为其中几处。其中，位于10号楼~26号楼之间南侧沥青路面T型交接处的裂缝最为明显，如图7(b)所示，量测处宽约4 mm。由此说明已对周边道路造成影响。

图8为同一路面、同一角度、不同时间的照片，图8(a)为防止挤压桩（应力释放孔）打孔施工完毕时（2019年12月31日）拍摄，图8(b)拍摄于2020年3月9日。经比对可发现，图8(a)中无裂缝，而图8(b)中沥青路面中心线处出现明显裂缝。分析其诱因，可能是工程桩没有施工时，打桩挤压土体没有发生，反而因为施工应力释放孔和防挤沟卸土所导致的应力释放，产生了沉降裂缝。另外，2019年12月31日防止挤压桩（应力释放孔）打孔施工完毕，当时并没有裂缝；至2020年3月9日裂缝明显，说明裂缝开展与挖孔不同步，有滞后效应。

图9为6号楼南侧路段有一裂缝，2019年12月31日并未出现，至2020年1月13日明显可见，到2020年3月9日显著扩大，由0.5 mm演变至最宽1.5 mm。其随时间推移而逐渐变化的过程，可明显看出此裂缝从无到有、从小到大的出现、发展和逐步扩大的趋势。

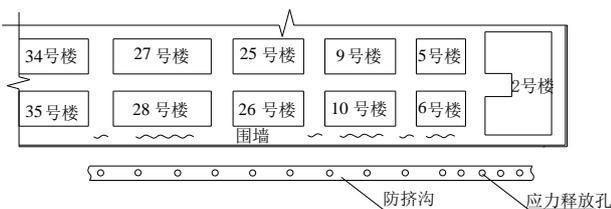


图6 勘测区域裂缝分布示意图

Fig. 6 Schematic diagram of crack distribution in survey area



(a) 某处沥青路面中心线开裂



(b) 某处沥青路面T型交接处开裂

图7 沥青路面裂缝

Fig. 7 Asphalt pavement cracks



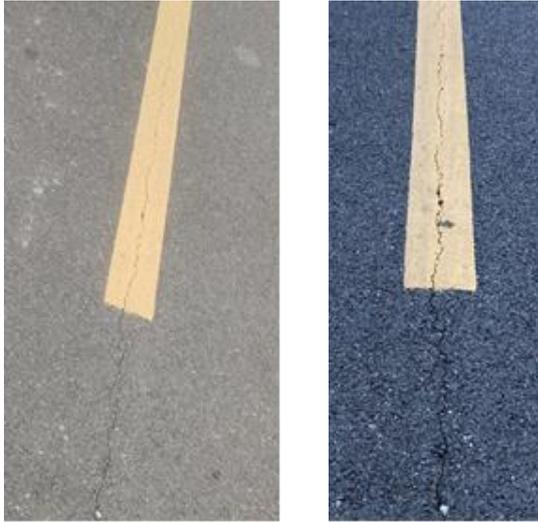
(a) 2019年12月31日拍摄时无裂缝



(b) 2020年3月9日拍摄时已有明显裂缝

图8 沥青路面裂缝的发展(I)

Fig. 8 Development of asphalt pavement cracks (I)



(a) 2020-01-13 时裂缝 (b) 2020-03-09 时裂缝

图 9 沥青路面裂缝的发展 (II)

Fig. 9 Development of asphalt pavement cracks (II)

b) 车辆荷载的不利影响

围墙北侧道路, 通长 12 m 宽主车道, 但在 2 号楼南侧, 车道变窄, 加上 2 号楼东侧也是围墙, 有 90° 转弯直角, 不能通车, 故主道车辆在 2 号楼西侧转弯通行。如图 10 所示, 即 6 号楼南侧有频繁车辆通行, 而 2 号楼南侧无车辆通行。

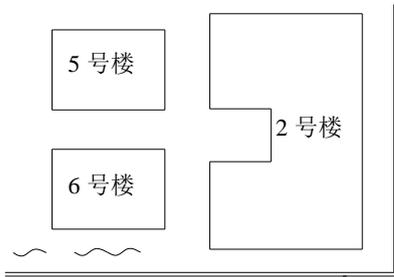


图 10 道路宽度变化及围墙拐角示意图

Fig. 10 Schematic diagram of road width variation and fence corner

2 号楼南侧因距离施工场地更近, 设置了更密的应力释放孔和更深的防挤沟, 在经过对 2 号楼南侧道路的对比拍摄照片看, 2019 年 12 月 31 日拍摄无可见裂缝, 2020 年 3 月 9 日拍摄也无可见裂缝, 仅见表层沥青缺失形成零碎凹坑, 如图 11 所示。

由此对比可以得出, 无车通行时无开裂, 有车通行时裂缝大, 说明车辆的频繁通行, 对道路的开裂有明显影响。

c) 道路地基孔隙率的不利影响

周边厂区沿围墙有多幢建筑, 其中 2 号、6 号、10 号、26 号、28 号沿线道路外侧是应力释放孔施工场地, 但 35 号和 39 号楼外侧是已建成多年厂区,

无施工活动。

因为考虑以上 2 幢楼距离施工场地远, 不在影响范围内, 一般应该正常, 所以在 2019 年 12 月 31 日现场调查时, 并未涉及此区域。但在 2020 年 3 月 9 日第 3 次调查时, 因为发现沿线路面开裂明显, 遂一路现场调查至 35 号楼, 发现 35 号楼南侧道路也有明显裂缝, 最宽处 0.9 mm。虽有裂缝, 但明显裂缝宽度小于应力释放孔施工区域的裂缝。35 号楼位置如图 12 所示, 35 号楼南侧道路裂缝如图 13 所示。

经过 6 号楼南侧道路裂缝宽度和 35 号楼南侧道路裂缝宽度的对比分析, 说明无应力释放孔施工区域的裂缝, 远离施工的道路, 也有开裂现象, 说明道路本身有问题。主要内因是道路地基土回填不密实、孔隙率大、外加主车道的车辆荷载叠加形成。



(a) 2019 年 12 月 31 日拍摄无可见裂缝



(b) 2020 年 3 月 9 日拍摄无可见裂缝, 仅见表层沥青缺失形成零碎凹坑

图 11 沥青路面裂缝的发展 (III)

Fig. 11 Development of asphalt pavement cracks (III)



图 12 35 号楼位置图

Fig. 12 Location of building 35



图 13 35 号楼南侧道路裂缝图

Fig. 13 Pavement cracks on the south side of building 35

## 4 结 论

综合上述周边道路多次裂缝查勘情况,分析了应力释放孔与防挤沟对周边道路的不利影响,总结出以下结论:

(1) 应力释放孔与防挤沟施工完成后,要及

时跟进沉桩挤土,否则应力释放后会导致周边沉降开裂。

(2) 应力释放后会导致周边沉降开裂有滞后效应,滞后时间 10~20 d,在其设计、施工以及监测中要充分考虑到。

(3) 导致路面开裂是多种因素综合叠加作用,除卸载应力释放外,路面经过车辆过多、货车超载、路基不密实等,也是开裂的诱因。

## 参考文献

- [1] 丁金海,李继涛.挤土桩施工过程中的挤土效应及其机理分析[J].地质学刊,2011,35(3):317-321.
- [2] 王冲,李巨龙,罗开艳,等.应力释放孔对静压桩沉桩挤土效应的影响研究[J].建筑科学,2012,28(5):34-37.
- [3] 徐学义.静力压桩工程施工对相邻建筑物影响及防治技术[J].中国港湾建设,2008(6):64-65,73.
- [4] 毛西平,金文.预制桩防挤沟施工技术[J].施工技术,2010,39(1):81-82,93.
- [5] 施瑾.应力释放孔在预制桩桩基工程中的应用及分析[J].山西建筑,2015(8):86-87.

## 【简讯】

### 2020 年第五届土木工程国际会议 (ICCVIL2020) 通知

2020 第五届土木工程国际会议为广大从事土木工程相关领域的研究学者、专家提供交流平台。会议组委会诚邀全球相关领域的学者、专家参加此次国际会议,就相关主题的热点问题探讨、交流,共同促进全球土木工程的发展。

2020 第五届土木工程国际会议将于 2020 年 11 月 28—30 日在中国西安召开。西安,古称长安,陕西省省会。西安是举世闻名的世界四大文明古都之一,居中国古都之首,是中国历史上建都时间最长、建都朝代最多、影响力最大的都城。作为华夏文明的发源地,西安的历史悠久,文化的积淀非常厚重,它是著名的丝绸之路的起点。西汉时期,汉武帝派遣张骞出使西域,正式开辟了以长安为起点,联结欧亚大陆的通道“丝绸之路”。“西安文物

甲天下”,深厚的历史文化积淀和浩瀚的文物古迹遗存使西安享有“天然历史博物馆”的美称。有诸如秦始皇兵马俑、大雁塔、西安古城墙、华清池等著名旅游景点。

2020 第五届土木工程国际会议诚邀全球相关领域的学者、专家参会并投稿。本次会议接受中文及英文原创性文章。本次会议接受摘要或全文投稿。所有录用论文的在线出版时间为收到最终稿后 15~20 天。

#### 重要日期

会议日期:2020 年 11 月 28—30 日

录用通知:投稿后 20~40 天

论文出版:收到最终稿后 15~20 天

会议网址:<http://www.iccivl.org/2020/cn/home>