

# 振动沉管 CFG 桩施工对旧路的扰动影响

贺 军 伍家超

(华南理工大学 土木与交通学院,广州,510640)

**摘要** 通过实验段 CFG 桩施工过程中旧路路表变形的监测,结合类似工程中超静孔隙水压力累计及消散规律,分析振动沉管 CFG 桩施工导致的土体变形对旧路产生的扰动影响,所得出的结论对类似工程具有一定的参考价值。

**关键词** 振动沉管 CFG 桩 旧路拓宽 挤土效应 沉降

**中图法分类号** TU472.99 TU753 U416; **文献标志码** B

CFG 桩是水泥粉煤灰碎石桩的简称,它是由碎石、石屑、粉煤灰掺适量水泥加水拌和,用振动沉管打桩机或其他成桩机具制成的一种具有一定链接强度的桩,它和桩间土、褥垫层一起形成符合地基。我国自 20 世纪 80 年代开始试验研究 CFG 桩复合地基成套技术,经过 10 多年的研究和推广应用,使其在我们的基础建设中起到了非常重要的作用。近年来已被成功引入高速公路建设中,用以解决桥头跳车、滑坍路段抢修以及道路拓宽工程等问题<sup>[1]</sup>。

就目前大量的工程应用实例看,CFG 桩复合地基的设计就承载力而言不会有太大的问题,可能出的问题就是 CFG 桩的施工。目前 CFG 桩施工有振动沉管法和长螺旋钻孔内泵压 2 种,当采用非排土施工工艺的振动沉管法施工 CFG 桩时,沉管的振动和挤土效应将对桩周土产生极大的扰动,对饱和软粘土则会使其结构破坏,强度降低,并引起很大的超静孔隙水压力,这种超静孔隙水压力的存在极大地影响了成桩质量,同时还影响了桩身承载力的发挥,导致土体变形,从而对旧路产生不利影响<sup>[2]</sup>。

本文将通过某试验路段振动沉管法施工 CFG 桩所引起的旧路路肩的路表变形的现场监测,同时结合超静孔隙水压力的变化规律,分析该类桩施工在旧路扩建工程中对旧路的扰动影响,为类似地质

条件下 CFG 桩设计及施工提供现场经验参考。

## 1 试验段工程地质概况

本工程地处珠江三角洲平原,位于佛山市东侧南海区与三水区辖区境内,地貌类型大部分属于冲积平原,线路两侧为微丘剥蚀台地。原工程分两期进行建设,一期为兴贤至山水布心段,长 23.7 km,于 1994 年建成通车;二期工程为雅瑶至兴贤段,长 6.3 km,广州方向立交匝道于 1996 年底建成通车,佛山方向立交匝道于 1998 年初建成通车。

实验段位于广三高速公路扩建工程 (K22 + 760—K23 + 050),地处珠江三角洲平原,地区为冲积平原,线路两侧为微丘剥蚀台地,工程地质条件复杂,软土分布广泛且工程性质差,具有高含水量、高粘粒含量、强度低且压缩性高等不良特性。从取得的地质资料分析,软土顶部的覆盖层主要为耕植土,人工填土、亚粘土等,厚度一般 0.5 m—5.95 m,沿线软土下卧层多为粉砂、淤泥、淤泥质土、粉质粘土。该段采用 CFG 桩复合地基进行软基处理,桩体呈正三角形布置,采用三种桩型。A 型桩位于旧路边坡,桩长 12 m 到 19.1 m,桩间距 1.8 m;B 型桩位于旧路边坡脚线至新建土路肩边线,桩长 11.3 m 到 18.4 m,桩间距 1.8 m;C 型桩位于新建路基土路肩边线至坡脚线,桩长 10.6 m 到 18.2 m,桩间距 2 m,见图 1 所示。

2010 年 4 月 7 日收到

作者简介:贺军(1984—),男,湖北人,工学硕士,研究方向:路基与路面工程,Email:hejuntyr@126.com。

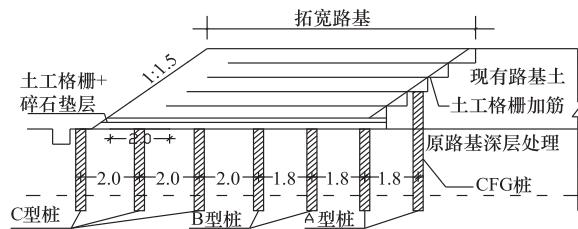


图 1 CFG 桩处理软土地基剖面布置图

## 2 施工过程中超静孔隙水压力的变化

采用振动沉管法施工 CFG 桩时,不同的桩径、地层和土质条件,沉管产生的超静孔压的影响范围、大小和消散过程不同,但是超静孔隙水压力的变化有一定的规律。由于沉管的挤压及振动,在桩周软土地基中产生极高的超静孔隙水压力,且沿深度逐渐增大,最大超静孔压值可达上覆有效应力的 1.91 倍,对桩周土产生了极大的扰动。沿径向逐渐衰减,其径向分布规律与圆孔扩张理论较为吻合。由于 CFG 桩成桩效应主要来自沉管过程,振动拔管对超静孔压的影响较小,因此可以不计振动拔管的影响。桩体在凝固初期具有排水作用,超静孔隙水压力在初期消散速率普遍较快,以后逐渐变缓<sup>[3,4]</sup>。

## 3 路表沉降观测点的布置

地表沉降一般采用沉降板,利用水准仪进行观测,本观测项目中观测点位于旧路硬路肩处,在保证观测点稳定的前提下,旧路肩处的沉降观测点采用长 10 cm, 直径 1 cm 的钢钉打入路面,用红漆编号。观测长度约为 300 m, 在旧路右侧共设置 12 个观测点,间距 25 m 左右,旧路路表变形采用高程观测法,测站视距范围小,观测精度较高。施工过程中采用两台振动沉管机分别从观测点 1 和观测点 6 同时开始施工,以逐排跳打的方式进行施工<sup>[5,6]</sup>。

## 4 旧路路表变形观测成果分析

本次观测共进行约 110 天,期间对 12 个观测点

持续进行施工监测。其中,16 天施工期间共进行 4 次沉降观测,施工结束后共进行了 3 次沉降观测,观测时间一般为中午 11:30 左右,避免了施工时引起的路面振动对观测结果的影响。根据 CFG 桩成桩效应的相关理论研究结果,一般以沉管挤土和超静孔隙水压力表征 CFG 桩施工对桩周软土的扰动影响,因此,本文以旧路路表沉降表征 CFG 桩施工对旧路的扰动影响,图 2 和图 3 均为各观测点的沉降量随时间的变化曲线<sup>[7,8]</sup>。

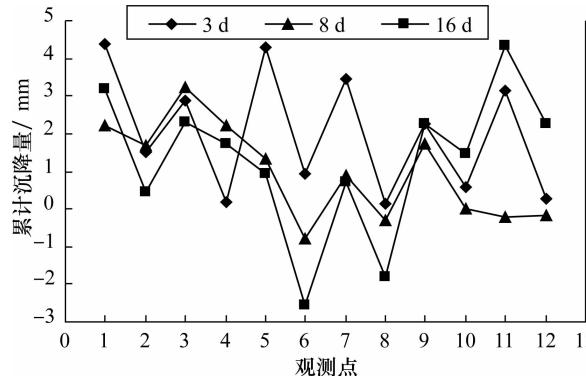


图 2 施工期间各观测点的累计沉降量曲线图

### 4.1 振动沉管过程中旧路路表变形阶段

振动沉管法属挤土成桩,沉管过程将排开同体积的土体,强烈的挤压和振动将对桩周饱和软粘土产生很大的扰动和结构破坏,并引起很大的超静孔压,挤压和超静孔压的存在一方面对成桩质量造成不利的影响,另一方面使土体产生径向水平位移和向上的抬升(表现为地表隆起)。图 2 表示各观测点在 CFG 桩施工过程中,伴随着超静孔压的不断累积和消散,3 d、8 d 和 16 d 后的累计沉降量,最大累计沉降量为观测点 1 的 4.40 mm,其中沉降变化最大为观测点 11 的 4.55 mm。根据《公路沥青路面养护技术规范》(JTJ0732-2001) 中规定高速公路沥青路面车辙养护质量标准为 15 mm,一般认为车辙深度在 8 mm,以下对行车不会造成不舒适感,在 8 mm-10 mm,为车辙形成阶段,因此,认为旧路路面沉降在控制范围内。

### 4.2 施工结束后旧路路表变形回弹阶段

根据相关研究成果,在拔管结束后 1 天内,超静孔压消散近 50%,之后孔压伴随着时间的发展缓慢

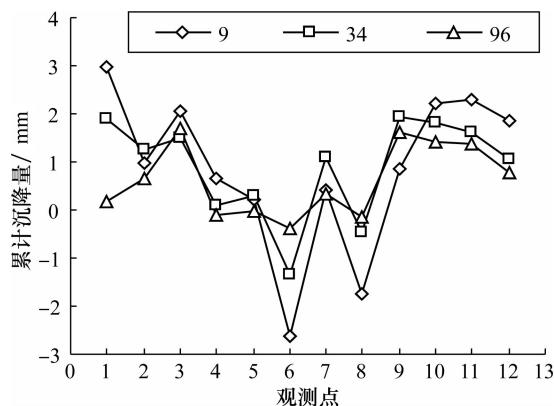


图 3 施工结束后各观测点的累计沉降量曲线图

降低,导致旧路路面的累计沉降量随着时间出现回弹。图 3 表示各观测点在 CFG 桩沉管结束后,9 d、34 d 和 96 d 后的累计沉降量。如图所示,累计沉降量随时间整体出现回弹变形,回弹变形最大为观测点 1 的 3.1 mm,最小为观测点 7 的 0.4 mm。在施工后的一个月内回弹变形较大,随着时间的发展,回弹逐渐变缓,旧路路基逐渐达到新的稳定状态。因此,CFG 桩振动沉管对旧路存在一定的扰动影响,但是随着时间的发展,这种影响逐渐减小。

#### 4.3 旧路路表变形监测成果汇总

为进一步分析振动沉管 CFG 桩施工对旧路的扰动影响,表 1 汇总了各观测点在施工过程中的累计沉降量最大值,再综合上述分析,选取观测点 1、5、6 和 11,分析其在整个施工过程中,累计沉降量随时间的变化曲线。

表 1 CFG 桩施工过程中各观测点的累计沉降量最大值

观测点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
最大												
累计	4.40	1.70	3.25	2.20	4.30	-2.70	3.45	-1.80	2.25	2.15	4.35	2.25
沉降量 (mm)												

由图 4 可得,在振动沉管 CFG 桩施工初期,由于沉管挤土和超静孔隙水压力作用的影响,旧路路面沉降较大,最大可达 4.40 mm,随着时间的发展,旧路路表的变形逐渐回弹,基本恢复到初始状态,进入新的稳定状态。如观测点 1 和观测点 5,112 d

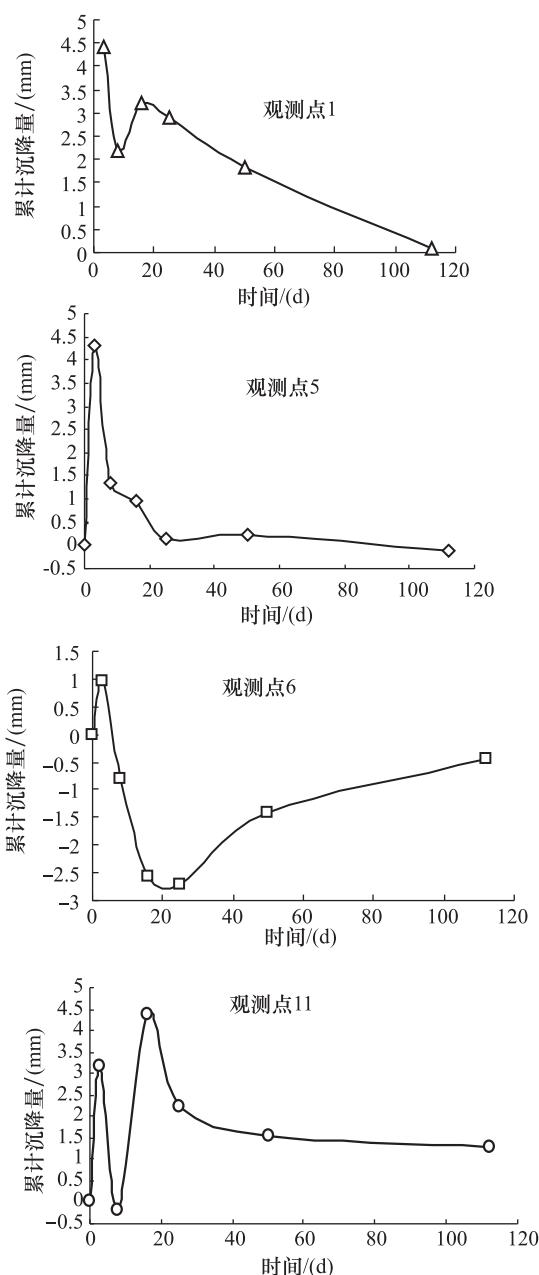


图 4 施工过程中,观测点 1、5、6 和 11 的累计沉降量随时间的曲线

后的累计沉降量分别为 0.1 mm 和 1.5 mm。说明采用振动沉管技术施工的 CFG 桩运用在旧路拓宽工程中,对旧路存在一定的扰动影响,但是这种影响在可以控制的范围内,不会对旧路造成破坏,影响旧路的行驶质量,而且累计沉降量随时间总体减小<sup>[9]</sup>。

基达到新的稳定状态。

## 5 结语

振动沉管 CFG 桩施工属于挤土成桩,沉管的振动和挤压效应将对桩周土产生极大的扰动,运用在旧路拓宽工程中,会对旧路产生一定的扰动影响。根据本工程的监测结果及其分析,可以得出如下结论:

(1) 在软基道路拓宽工程中,若采用 CFG 桩复合地基进行软基处理,以逐排跳打的方式进行振动沉管 CFG 桩施工,对旧路的扰动影响较小,在可以控制的范围内。

(2) 由于旧路肩沉降量较小,监测过程中选取合适的基准点,采用一定规格的钢钉代替沉降板,可以保证在旧路路基稳定的前提下,使观测数据有效。

(3) 振动沉管 CFG 桩施工过程中,旧路路表会产生沉降变化,但累计沉降量小于 5 mm,不会使旧路产生道路病害,随着时间发展,旧路路表逐渐回弹,施工结束约 3 个月后,受打桩扰动影响的旧路路

## 参 考 文 献

- 1 同明礼,张东刚. CFG 桩符合地基技术及工程实践. 北京:中国水利水电出版社,2006
- 2 叶建良,汪国香,吴翔,等. 桩基工程. 武汉:中国地质大学出版社,2000
- 3 陈功,吉同元,刘松玉. CFG 桩施工引起的超静孔隙水压力的现场试验研究. 公路交通科技(应用技术版), 2006; 44(3):114—118
- 4 吉同元,胡银宝,刘松玉,等. 软土地基中 CFG 桩单桩施工引起的超静孔隙水压力. 公路交通科技, 2006; 23(8):53—56
- 5 阳军生,刘宝琛. 沉桩引起的邻近地表移动及变形. 工程勘察, 1999; (3):1—3
- 6 吉同元,邹允祥,刘松玉. 软土地基 CFG 桩施工对桩周土扰动影响研究. 路基工程, 2006; 127(4):87—90
- 7 张孟喜,孙钧,杨洪振. 打桩对周围黄土的扰动特性影响. 地下空间, 2004; 24(3):327—331.
- 8 叶观宝,徐超. 沉管灌注桩施工对环境影响的控制措施. 地下空间, 2004; 24(2):204—207
- 9 张庆贫,柏炯. 沉桩引起环境病害的预测和防治. 岩石力学与工程学报, 1997; 16(6):595—603

## The CFG Pile Construction of Vibration Diving Casting Disturbing Effect on the Old Road

HE Jun, WU Jia-chao

(School of Civil Engineering and Transportation, South China University of Technology, Guangzhou 510640, P. R. China)

**[Abstract]** Through the deformation of the old road surface monitoring in the CFG pile construction of experimental section, combined with the accumulation and dissipation laws of excess pore water pressure in the similar project, Disturbing effect on the old road produced by soil deformation caused by the CFG pile construction of vibration diving casting is analyzed. The conclusions have some reference value on the similar projects.

**[Key words]** vibration settling tube pushes CFG pile old road widening extrusion effect settlement