

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2013.S2.044

# 高速铁路 CFG 桩复合地基沉降影响因素分析

崔 刚

(中铁十八局贵广铁路工程指挥部, 贵阳 550000)

**摘 要:**CFG 桩具有承载力高、沉降量小、工期短等优点,已广泛应用于工程建筑地基处理中,而 CFG 桩在高铁地基中的应用仅处于起步阶段。文章以哈大高铁北沙河特大桥小里程端为研究对象,通过在地基土为冻土和非冻土的情况下改变 CFG 桩体参数及路基高度,以有限元软件 ADINA 对地基进行多次模拟,得出各参数的改变与地基沉降的关系,对 CFG 桩复合地基在高速铁路中的应用具有一定的指导意义。

**关键词:**CFG 桩;复合地基;高速铁路基;ADINA;沉降值

**中图分类号:**TU471 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4764(2013)S2-0170-03

## High-Speed Railway CFG Pile Composite Foundation Settlement Influence Factors Analysis

Cui Gang

(Guiyang-Guangzhou railway construction conductor of China Railway 18 Bureau Group Co., Ltd, Guizhou 550000, Guiyang)

**Abstract:** Because of high bearing capacity and small settlement of CFG pile, CFG pile have been used widely in foundation treatment of engineering construction, but it has applicant in high-speed railway roadbed only in the initial stage. In this paper, based on the project of Beishahe of Hada high-speed rail, simulated with the finite element model by ADINA by changing the parameters of CFG pile and roadbed height in the situation of permafrost and unpermafrost of foundation, obtained the relationship of parameters and foundation settlement, it has the directive significance for high-speed railway with CFG pile composite foundation.

**Key words:** CFG pile; composite; high-speed foundation; finite element software of ADINA; sedimentation value

高速铁路在资源、环境可持续发展战略上占据明显的优势,发展高速铁路已在国际上形成共识。在全世界范围内,高速铁路正在如火如荼地发展之中,高速铁路是一个具有国际性和时代性的概念<sup>[1-4]</sup>。在高铁的建设中,对路基的要求十分严格,甚至要求其工后沉降量小于 15 mm。实验和实践证明 CFG 桩复合地基能够满足上述沉降要求<sup>[5]</sup>,但是 CFG 桩复合地基在高铁中的应用还尚属于起步阶段<sup>[6]</sup>,其沉降特性还未详细研究。本文以哈大高铁北沙河特大桥小里程端为研究对象,利用有限元软件进行模拟,对其沉降特性进行了分析,对 CFG 桩复合地基应用于高速铁路中的方案优化具有重大的指导意义。

### 1 工程概况

北沙河特大桥小里程端的施工段以填方通过。基床表层填 0.4 m 厚的级配碎石,以下依次为 0.3 m 厚的中粗砂,1.0 m 厚的非冻胀土和 1.4 m 厚的 AB 组土。地基土为 20 m 的粘土,粘土地基的加固采用 CFG 桩复合地基。路堤设计如图 1 所示。

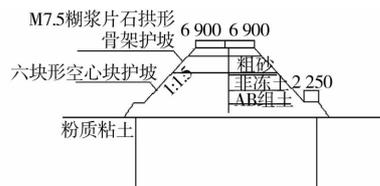


图 1 哈大高铁北沙河特大桥段路堤设计图(单位:mm)

### 2 有限元模拟

计算断面选自哈大高铁北沙河特大桥段,综合考虑工程情况,采用大型有限元软件 ADINA 对该断面进行模拟,地基以上土层分为 2 层,地基为单层土,地基土的参数选择分别从非冻土,变温冻结,恒温冻结,变温融化,恒温融化 5 方面考虑,土体采用 Mohr-Coulomb 材料模型,各层土体材料由上至下的具体参数如表 1 所示。

建立模型时,为了方便计算,考虑到路堤的对称性,取一半路基和地基建立模型。可影响范围取地基以下 20 m,从路

收稿日期:2013-09-30

基金项目:国家自然科学基金(50978131)

作者简介:崔刚(1979-),男,高级工程师,主要从事交通土建方面研究,(E-mail)wwwlndzp@126.com。

堤边界向外延伸 10 m。将问题转化为平面应变问题,土体和桩采用 4 节点平面单元,根据实际工程情况和查阅材料的相关资料,桩采用 Isotropic 材料模型,弹性模量  $E=2 \times 10^9$  kPa,泊松比  $\mu=0.25$  计算,桩和土之间接触关系采用 ADINA 程序提供的接触组、接触面及接触对来模拟。桩间距为 1 m,桩径为 0.5 m,做复合地基,建立二维部分路堤的模型如 2 所示。

表 1 模型土体参数选用表

层号	土层名称	内摩擦角/ (°)	粘聚力/ kPa	土层厚度/ m	弹性模量/ MPa	容重/ ( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ )
1	级配碎石	15	15	0.7	10	18.5
2	AB 填料	25	25	2.4	20	19.0
3a	粉质粘土 (非冻土)	40	40	20	40	22.0
3b	粉质粘土 (变温冻结)	12	60	20	80	22.0
3c	粉质粘土 (恒温冻结)	25	100	20	100	22.0
3d	粉质粘土 (变温融化)	23	80	20	30	22.0
3e	粉质粘土 (恒温融化)	10	15	20	20	22.0

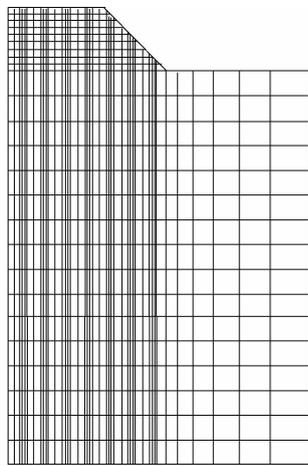


图 2 高速铁路有限元模型及网格划分

### 3 模拟结果及分析

CFG 桩的桩径一般取 0.4 m 或 0.5 m<sup>[7]</sup>,在模拟过程中,首先以哈大路基高度为研究对象,选择桩间距为 2 m,桩径为 0.4 m,在地基土处于非冻土状态,以及地基土经过冻结,融化过程后的情况进行模拟,再考虑桩径为 0.5 m 的情况进行模拟,得出路基沉降累计值见图 3;再分别选择桩径 0.4 m 和 0.5 m,以地基土为冻土,不同桩间距进行模拟,得到的路基沉降值见图 4;最后分别选择桩径 0.4 m 和 0.5 m,以地基土为冻土,对不同的路基高度的高速铁路进行模拟,得到的路基沉降值见图 5。

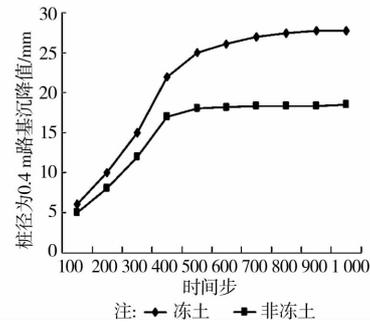
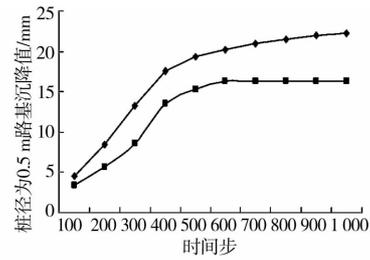


图 3 路基沉降值随时间变化图

由上图可以看出:桩径为 0.5 m 时的路基沉降值要小于桩径为 0.4 m 时的路基沉降值;桩径为 0.5 m 与桩径为 0.4 m 相比,冻土和非冻土的沉降差距在减小,说明加大桩径更适合于冻土路基的加固;不论任何桩径,冻土的沉降值都大于非冻土的沉降值,其原因是冻土要经历冻结、融化的反复循环过称,其间地下水起到主导作用,每次循环都会改变土体的结构使土体在荷载作用下更易压缩;非冻土要比冻土的沉降值更早趋于稳定,其原因也在于非冻土结构的改变。

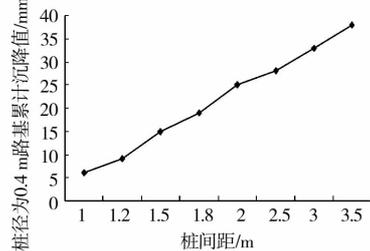
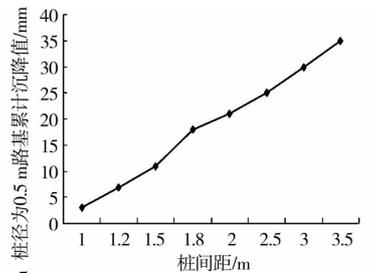


图 4 路基沉降值随桩间距变化图

由图 4 可知,随着桩间距的增大,沉降量在逐步增大;桩径为 0.5 m 时,桩间距在 1.6 m 时满足规范要求,桩间距大于 1.6 m 时沉降值明显增加;桩径为 0.4 m 时,桩间距为 1.3 m 时能满足规范的要求。

由图 5 可以看出,随着路基高度的增加,路基的沉降值在逐步增加,桩径为 0.4 m,桩间距为 0.8 m 时,路基 6 以下时都能满足要求,桩间距为 1 m 时能满足 5.5 m 以下的路基的沉降要求;桩径为 0.5 m,桩间距为 1 m 时,能满足 6.5 m

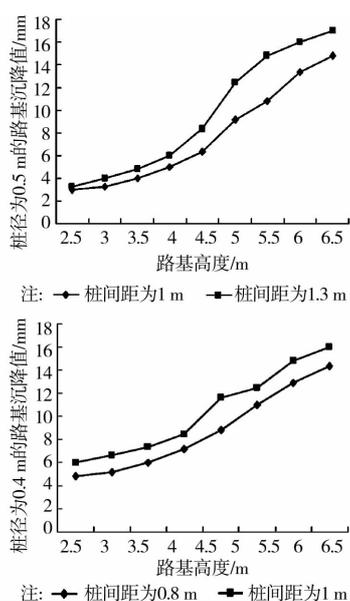


图 5 路基沉降值随路基高度变化值

以下的路基要求,桩间距为 1.3 m 时能满足 5.5 m 以下路基的产将要求。

#### 4 结 论

CFG 桩复合地基能够满足冻土高速铁路基的沉降要求,随着桩间距的增大,路基的最终沉降量会增大,随着桩径的增

大,路基最终沉降量会减小,但综合考虑经济成本,要根据实际工程情况找到最佳的桩径与桩间距的组合,通过对哈大高铁的路基模拟,该路基的最合适配比是桩径为 0.5 m,桩间距为 1.6 m。

#### 参考文献:

- [1] 钱立新. 世界高速铁路的发展水平和中国高速铁路的技术进展[J]. 铁路采购与物流, 2009(10):19-21.
- [2] Andersen L, Soren R K, Nielsen Boundary element analysis of the steady-state response of an elastic half-space to a moving force on its surface[J]. Engineering Analysis with Boundary Elements, 2003, 27:23-38.
- [3] Rossi F, Nicolini A. A simple model to Predict train-induced vibration: theoretical Formulation and experimental validation [J]. Environmental Impact Assessment Review. 2003, 23:305-322.
- [4] 薛战军. 展望中国高速铁路发展的战略意义[J]. 科技创新导报, 2008(7):55.
- [5] 冷景岩, 崔维孝. 高速铁路 CFG 桩复合地基设计方案试验研究[J]. 铁道建筑, 2009(7):53-55.
- [6] 高建. 高速铁路 CFG 桩复合地基沉降控制研究[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2010.
- [7] 彭声应, 张继文, 刘皖怀, 等. 高速铁路 CFG 桩复合地基预制桩帽施工工艺研究[J]. 铁道建筑, 2009(7):86-87.

(编辑 胡志平)