

CFG 桩湿陷性黄土地基物理力学性质研究

刘 昭¹, 王吉庆¹, 平沙沙², 宋勇军^{1,3}

(1. 长安大学公路学院, 西安 710061; 2. 西京学院工程技术系, 西安; 3 西京学院工程技术系, 西安 710123)

摘 要:目前高速铁路在基础设计方面存在两种主流方法,填方路基和桥墩路基。分析两种方式的利弊,阐述了经济效益好的填方路基处理前后其基本物理力学指标:密度、含水量、液限、塑限、粘聚力以及内摩擦角等的响应情况。讨论分析了湿陷性因素及经过 CFG 桩等处理后沉降的变化情况,阐明了基本物理力学指标之间的关系及湿陷性的影响因素和沉降的控制情况,为后期的研究提供本质的理论依据。

关键词:高速铁路;CFG 桩;湿陷性

中图分类号:TU47

文献标识码:A

目前高速铁路在基础设计方面存在两种主流方法,填方路基和桥墩路基,桥墩路基技术成熟,沉降可以控制在很小的范围内,但造价昂贵^[1];借鉴于高速公路的理论采用填方路基,对其下的地基进行处理,是一项新的技术,经济效益可观。本文就经济效益好的填方路基进行分析。

1 工程概况及地基处理措施

1.1 工程概况

大西高速铁路永济段,地貌单元属于黄河三级阶地,地势平坦,线路以填方通过,所经之处多为耕地,钻探揭露的地层主要

为:第四系上更新统冲湖积黏质黄土(局部为砂质黄土)、细砂、粉质黏土、粉砂、细砂。且广泛分布着第四系上更新统冲湖积砂质黄土和黏质黄土,具有湿陷性,湿陷性等级 II ~ III 级(局部为 IV 级),为自重湿陷性黄土场地。为了研究控制填方路基的沉降问题,笔者在处理前和处理后工点进行钻探取样和探井取样,分别进行室内土工试验,得到这些基本物理指标之间的联系以及它们随深度的变化,分析了湿陷性的影响因素及处理前后沉降的变化情况。

1.2 地基处理措施

地基表层处理:施工前应整平地表,并对地基进行冲击碾压处理。正线及到发线地基采用 CFG 桩 + 水泥土柱锤冲扩桩加固处理。水泥土柱锤冲扩桩桩孔孔径

0.4 m,成桩直径 0.65 m,桩间距 1 m,正方形布置,桩长 17 ~ 19 m; CFG 桩桩径 0.5 m,桩间距 2 m,正方形布置,桩长 22 m。安全线及综合工区线路采用强夯处理,其余场地只采用冲击碾压预处理即可。地基处理完成后进行半年的堆载预压观测沉降的变化情况。

2 山西湿陷性黄土的各种物理力学性质分析

2.1 各项基本物理力学指标随深度的变化关系

本次所测钻孔不同深度处的土的密度范围为 1.57 ~ 2.08 g/cm³,同时土密度随着深度增加而增大,并呈不同的直线变化。计算得到土的干密度范围为 1.18 ~ 1.79 g/cm³,同时干密度随着深度增加而增大,也呈不同的直线变化;本次试验所测钻孔取样土的含水率范围为 8.6% ~ 26.8%,土的含水率随深度的增加呈现出不同的折线增加的趋势,由于取样的扰动、实验的误差有个别的偏离了上升的趋势,但不影响总体规律;液、塑限数随着深度的变化幅度不大,在土层的状态比较稳定处呈现出带状分布,在土层变化比较大处呈现出起伏变化的波浪式变化趋势,从所取的土样整体观察可知该里程范围内液限的最大值为 31.5%,最小液限值为 23.3%。从宏观上看,各断面钻孔取样所得数据在表层液限变化幅度比较大,这主要是由于此处原为耕地,土的结构和成分可能发生了大的变化所致,塑限的最大值为 13.1%,最小塑限值为 8.5%。分布规律和液限相似;土的最大干密度随着深度的增加呈现出波浪式变化,土的最优含

收稿日期:2012-01-13

作者简介:刘 昭(1987-),男,陕西咸阳人,硕士,主要从事岩土工程设计、施工和监测工作方面的研究,(E-mail)balicun281@163.com

水量大致在一个带装区间分布。

随着深度的增加湿陷系数逐渐下降,湿陷起始压力逐渐增加表层土为耕地,人类活动扰动大,所以湿陷性大为降低。

湿陷系数普遍比自重湿陷系数大,随着含水量的增加湿陷系数表现处先减小在增大的趋势,湿陷起始压力表现为先增加后减小相反的变化趋势,在含水量为 15% 处两者皆出现转折点。以此辅助地判定地基土的湿陷性。随着塑限的增加,湿陷起始压力表现出增加的趋势,这是由于土中粘粒含量增大,比表面大,表面能强,内聚力大所致。湿陷起始压力随着空隙比的增大而出现减小的趋势:土的结构强度由土的构成土的集合体和连接点间的连接强度决定,土越秘密实,则单位体积内连接点越多,因而连接强度也越高,所以空隙比越小,湿陷起始压力越大^[2-3]。

压缩系数随着深度的增加出现减小的趋势,压缩模量出现增加的趋势。表层土体压缩性出现离散性,这是由于表层土的空隙比相对比较小,耕地扰动、压密所致。

粘聚力和土的内摩擦角随着深度的增加呈现出增加的趋势,在各孔 30 m 处由于土种类由粉质粘土变为了细沙,粘聚力和内摩擦角有减小的趋势,在土层变化处呈现出不规律的变化。随着深度的增加呈现出增加的趋势,三轴与直剪试验相似,但直剪试验所得参数普遍比三轴的大。

2.2 抗剪强度指标的测定

我们采用直剪试验和三轴试验,所测的参数比较情况如图 1、图 2 所示,分析发现直剪试验所的参数普遍比三轴试验的大,这是试验本身决定的,直剪试验在做的过程中本身是存在缺陷的,但由于本身的易操作性现在仍然在广泛采用。

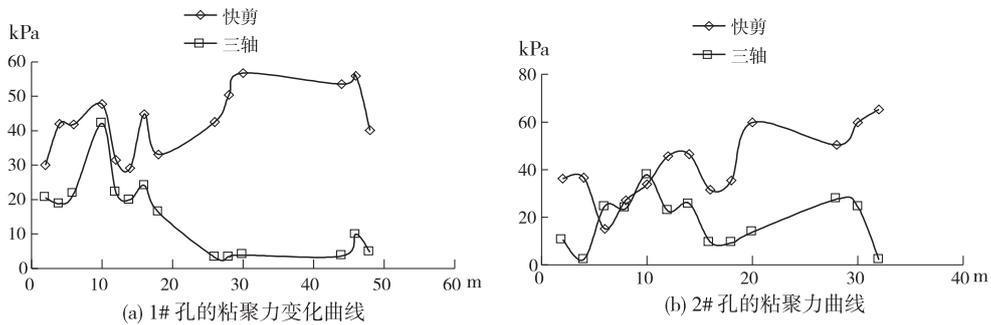


图 1 粘聚力的比较曲线

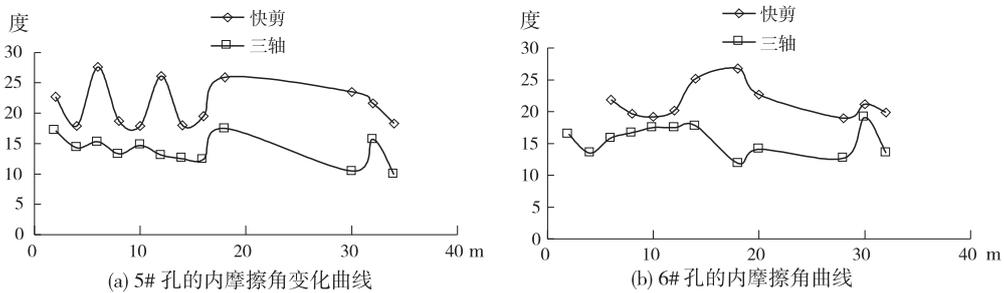


图 2 内摩擦角的比较曲线

3 CFG 桩与柱、锤扩孔处理前与处理后各指标的变化情况及相互关系分析

处理后土的密度、干密度有所提高,含水率变化不大,当含水率小于最优含水率时,干密度随着含水率的增加而增大,当含水率大于最优含水率时,干密度随着含水率的增加而降低。经过处理地基土的湿陷系数变小,

湿陷起始压力有所增大。随着液、塑限的增加土的抗剪强度指标有增大的趋势,这是由于液、塑限反映了土中粘粒的多寡,也即塑性的大小。粘粒在土中起粘结作用,它把较大颗粒粘团聚在一起,时土具有一定的结构强度,同时,粘粒填充较大颗粒间的空隙,使土的孔隙率降低,密实度增大,所以液塑限较大时,说明其粘粒含量多,粘性强,抗剪能力强。

4 湿陷性分析

4.1 处理前后湿陷性指标的变化情况

处理前后湿陷性指标^[4]的减小量见表1,处理前后湿陷系数普遍有所下降。

表1 湿陷系数减小量

深度	湿陷系数减小量			
	DK696 + 120	DK697 + 260	DK690 + 650	DK696 + 580
1	0.012	-0	1E-03	0.005
2	0.09	0.016	-0.04	0.003
3	0.02	0.02	-0.02	0.012
4	0.02	-0.01	-0.04	0.002
5	0.01	0.005	0.09	-0.01
6	0.02	0.009	0.018	0.033
7	-0.02	0.022	-0.02	0.04
8	0.032	0.041	-0.01	-0.01
9	0.049	0.017	0.022	0.026
10	0.035	0.016	-0.03	0.023
11	0.019	0.013	0	0.076
12	0.016	-0.01	0.027	0.054
13	-0.01	-0.04	0.023	0.005
14	-0.02	0.001	0.019	0.007
15	-0.02	0.002	0.037	0.001
16	-0	0.01	-0.05	-0.01
17	0.038	0.015	-0.07	0.001
18	0.038	-0	-0.02	0.002
19	-0	0.001	-0.01	0.005
20	0.001	-0	-0	-0.01

4.2 湿陷性与基本物理指标的关系分析

湿陷系数随着含水率的增加呈现出总起下降的趋势,但在某一点有转折,这一点应该是最优含水量处。初始空隙比越大,湿陷起始压力越小。

随着含水率的增加湿陷系数表现处先减小在增大的趋势,湿陷起始压力表现为先增加后减小的相反的不变化趋势,在含水率为15%处两者皆出现转折点。以此辅助地判定地基土的湿陷性。随着塑限的增加,湿陷起始压力表现出增加的趋势,这是由于土中粘粒含量增大,比表面大,表面能强,内聚力大所致^[5],如图3所示。湿陷起始压力随着空隙比的增大而出现减小的趋势:土的结构强度由土的构成土的集合体和连接点间的连接强度决定,土越秘密实,则单位体积内连接点越多,因而连接强度也越高,所以空隙比越小,湿陷起始压力越大。干密度越大,湿陷系数越小这与文献[3]类似。

5 沉降分析

本文采用经典的分层总和法^[6-7]计算沉降量,各位置处的分层沉降和总沉降见表2和图4所示。从表2可以看出处理后的分层沉降量和总沉降量都有所减少,在CFG桩处理范围内沉降的降低是明显的,在CFG桩处理范围这以,下沉降量的变化不大,虽然如此,由于地面以下附加应力的分布是上面大下面小,沉降主要是由于附加应力引起,沉降主要集中在表层,所以这对于高速铁路路基的变形影响不大,可见CFG桩处理地基,对于沉降的降低是有效果的。

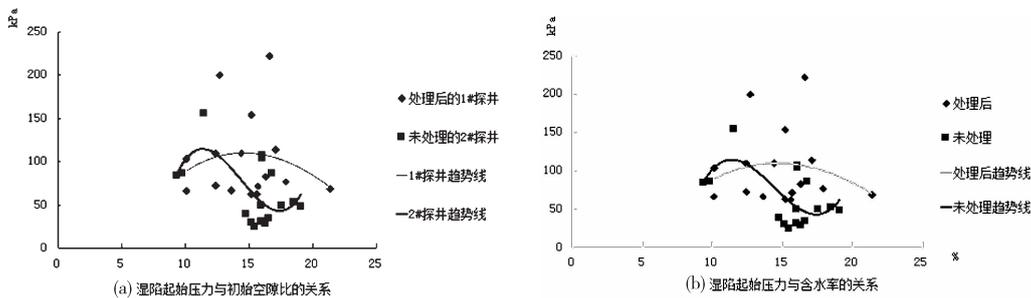


图3 湿陷性的影响因素

表2 各位置的总沉降

位置	CFG 桩底处沉降		0.1 倍加权沉降		0.2 倍加权沉降		总沉降	
	处理后	未处理	处理后	未处理	处理后	未处理	处理后	未处理
中点处	291.57	374.46	349.33	344.73	291.57	343.95	383.90	533.41
坡顶处	176.77	226.47	209.39	243.65	200.54	148.34	237.27	350.58
坡底处	110.78	277.38	162.54	223.29	149.60	164.68	195.15	424.80

6 结论

(1) 桥墩式路基和填方路基均可用于高速铁路的

基础建设中,采用填方路基时,应特别注意地基土的工程勘察工作,明确基本的物理力学指标及特殊的工程性质,有针对性进行处理。

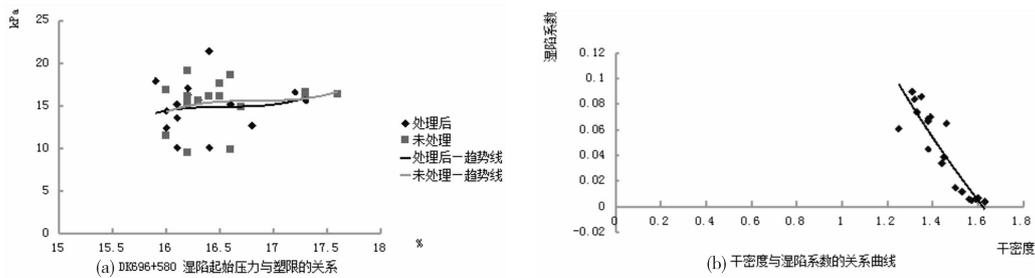


图 4 处理前后各位置处的分层沉降量随深度的变化

(2) CFG 桩作为高速铁路路基的处理方法是可取的,为了达到良好的处理效果,综合各种处理方法进行处理,本文中应用扩孔桩及重锤夯实,基础采用垫层进行应力的分配,堆在预压,收到了良好的经济效益,但是在采用各种处理办法进行处理的时候应注意各种处理办法之间的相互影响。

(3) 影响黄土湿陷性的因素很多,主要的有干密度、初始空隙比、塑限、含水率等,当然结构性也是黄土湿陷特征中不可或缺的因素。

(4) 进过 CFG 桩及柱锤扩孔桩处理后沉降量的减小是明显的,为了保证铁路的沉降要求,采用堆载预压也是必要的。

(5) CFG 桩不仅可以用在高速铁路的建设中也可以应用在工业与民用建筑、隧道建设和桥梁建设。

参 考 文 献:

- [1] 刘万明.我国高速铁路客运专线主要技术经济问题研究[D].成都:西南交通大学,2002.
- [2] 钱鸿缙.湿陷性黄土地基[M].北京:中国建筑工业出版社,1985.
- [3] 赵景波,岳应利,陈云.黄土湿陷性及其成因[J].地质力学学报,1997,3(4):62-68.
- [4] GB 50025-2004,湿陷性黄土地区建筑规范[S].
- [5] 闫明礼,张东钢.CFG 桩复合地基技术与工程实践[M].北京:中国水利水电出版社,2006.
- [6] 孔军.土力学与地基基础[M].北京:中国电力出版社,2008.
- [7] 铁道部第一勘测设计院.工程地质试验手册[M].北京:中国铁道出版社,1986.

Research on the Physical and Mechanical Properties of CFG Pile with Collapsibility Processing

LIU Zhao¹, WANG Ji-qing¹, PING Sha-sha², SONG Yong-jun^{1,3}

(1. Highway College, Chang-An University, Xi'an 710061, China; 2. College of Science, Xi'an Jiao-tong University, Xi'an 710049, China; 3. Department of Engineering & Technology, Xi-jing College, Xi'an 710123, China)

Abstract: At present, the foundation design of the high speed rail mainly exits two kinds of methods: filling subgrade construction and bridge pier roadbed. The advantages and disadvantages of the two ways are analyzed. The basic physical mechanics index of the filling subgrade construction with good economic performance before and after processing is expounded, which includes density, water content, liquid limit, plastic limit, internal cohesion, the response of internal friction angle. The coefficient of collapsibility and the sedimentation changes after CFG pile settlement are analyzed. The relationship between the basic the physical and mechanical indexes, the influence factors of the collapsibility and control of settlement are illustrated, which provides the theory basis for the Late-stage research.

Key words: high speed rail; CFG pile; coefficient of collapsibility