

高速公路夯实水泥土桩复合地基桩土应力比试验研究

刘延吉

(中铁十三局集团 第五工程有限公司, 吉林 长春 130033)

摘要:结合现场试验,研究了高速公路夯实水泥土桩复合地基桩土应力比随路基高度及时间的变化规律。在路基填筑期间,桩土应力比并非常数,基本上在1.0~2.0之间变化。在荷载不变的条件下,随着时间的增长,桩土应力比随之增大,但变化幅度较小。该成果为类似工程设计提供参考。

关键词:高速公路;夯实水泥土桩;桩土应力比

中图分类号:TU473.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-0300(2009)03-0030-04

1 引言

桩体复合地基中桩体和桩间土共同承担上部荷载,通常将桩和土承担的荷载与总荷载之比称为桩土荷载分担比,将桩顶平均应力与桩间土平均应力之比称为桩土应力比。桩土荷载分担比与桩土应力比本质上是一致的,是反映复合地基工作状态的重要参数,也是复合地基承载力和沉降计算的重要指标^[1,2]。结合现场试验进行了路基填筑过程中夯实水泥土桩复合地基桩顶及桩间土应力大小,分析了桩土应力比随路基高度的变化规律,为类似复合地基的设计提供了参考。

2 试验概况

河北省保沧高速公路夯实水泥土桩复合地基现场试验段地基土指标如表1所示。路基横断面宽度为28 m,高度5.8~6.8 m,边坡坡度为1:1.5,路基基底为经过处理的夯实水泥土桩复合地基,夯实水泥土桩为梅花形布置,桩长6~7 m,桩径0.35 m,桩间距:一般路基地段为1.3 m,路桥过渡段采用1.1~1.3 m渐变。复合地基上部铺设0.5 m厚素土垫层,垫层顶铺设一层双向塑料土工格栅。

表1 夯实水泥土桩复合地基分层土特性指标汇

土名	厚度/m	$N_{63.5}$ /击	σ /kPa	W /%	I_L	e	$a_{0.1-0.2}$ / MPa ⁻¹	$E_{s0.1-0.2}$ / MPa
亚粘土	0~6.0	6.7~7.8	120~200	25.3~28.6	0.4~0.56	0.79~0.86	0.2~0.3	6.4~7.4
粘土	0~4.5	3~6	80~120	29.1~41.2	0.51~0.84	0.83~1.21	0.4~0.7	3.2~4.0
亚粘土	0.8~10	8~20	130~200	23.4~29.3	0.46~0.65	0.65~0.72	0.2~0.4	5.3~8.2

本试验段路基填筑施工进度如图1所示。其中K36+510断面为路桥过渡段位置,路基高度5.9 m,夯实水泥土桩桩长7.0 m,桩间距1.1 m。K36+620断面为一般路基位置,路基高度6.7 m,夯实水泥土桩桩长6.0 m,桩间距1.3 m。

为了试验研究桩土应力比随路基高度的变化规律,在路基横断面的中心及路肩位置,于桩顶和桩间土分别水平埋设钢弦式土压力计。在路基填筑期间每填一层土测试一次数据,竣工后每周测试数据一次。

收稿日期:2009-02-15

作者简介:刘延吉 男 1970年出生 高级工程师。

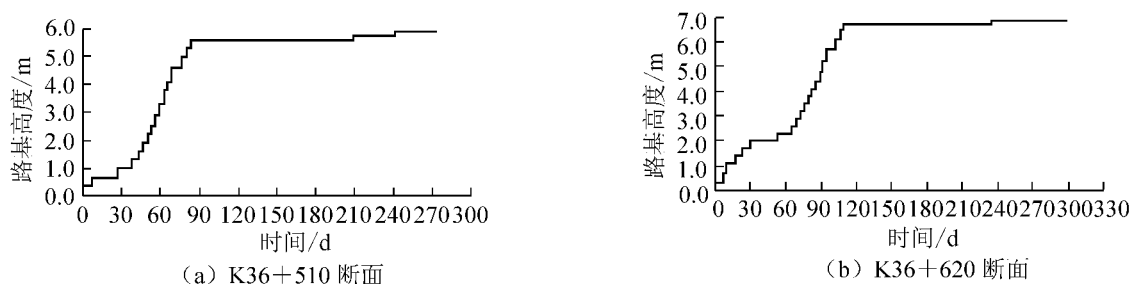


图1 路基填筑高度与时间关系曲线

3 试验结果分析

3.1 桩、土应力随填土高度的变化规律

从图2中的曲线可以看出:随着填土高度的增加,桩和桩间土应力逐渐增大,但桩应力增长速率较大。当上部荷载(填土高度)增加到一定程度后,桩间土应力增长速度减缓^[3,4]。填土高度小于1 m时,桩与桩间土应力值基本一致。随着填土的增加,地基产生了变形,由于桩体弹性模量与土体变形模量之间的差异,在相同应力作用下桩体的沉降小,使得桩体分担更多的荷载,土体分担更少的荷载,这样才能使桩与桩间土的沉降变形协调。实际上复合地基在整个受荷过程中,桩与土所承担的应力一直处于相互协调作用中。

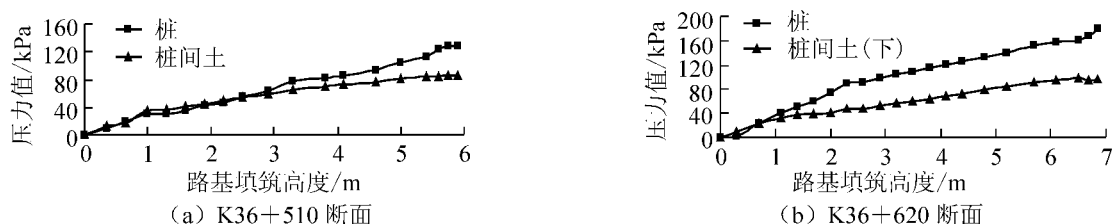


图2 路基横断面中心和桩间土应力与路基高度关系

3.2 桩土应力比随填土高度的变化规律

路基横断面中心及路肩位置的桩土应力比随填土高度变化如图3所示,由图3可知:

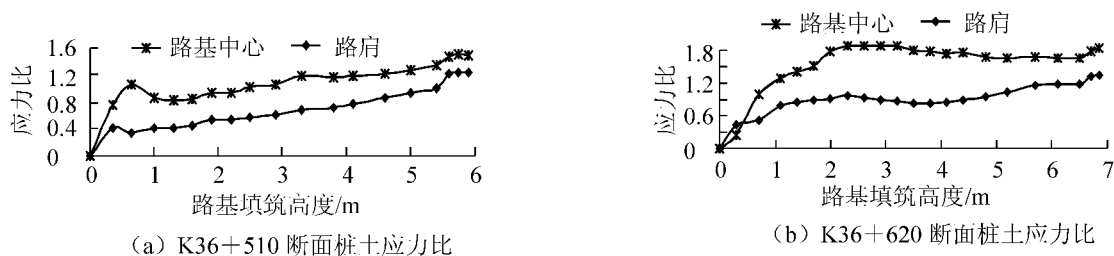


图3 路基横断面中心与路肩处桩土应力比曲线

(1)路基填筑期间的桩土应力比范围基本在1.0~2.0之间。因此,在路基填筑过程中,桩土应力比不是一个常数。由于桩体弹性模量与土体变形模量之间的差异,使复合地基在整个受荷过程中,桩与土所承担的应力一直处于相互协调作用中。在填土高度较小(小于2 m)的情形下桩土应力比较小,随荷载的增加,土中应力逐渐向桩上集中,桩土应力比随之增长,且增长速率较快;而在填土高度较大(大于2 m)时,随着填土的增长,桩土应力比增长速率较慢。

(2)桩土应力比随填土高度(即荷载)的增加而增大,当荷载增加达一定程度后,并不是无限增加的,呈现出逐渐平缓的趋势。产生这种现象的原因是桩与土两者的刚度相差较大,随着荷载水平的提高,桩土应力比不断变化,这种变化由于桩土模量相差较大而通过协调变形来实现。这表明桩土应力比值是有

极限的,其极限值与桩土特性及桩间距、桩布置形式等有关。在路基填筑末期的桩土应力比突然增加,产生的原因是在路基填筑的末期由于天气原因(冬季)停止施工,在经过 3 个月的恒载作用下,因桩体变形比较小,桩间土体变形比较大,垫层和土工格栅的存在使两者变形协调,则荷载必然要向桩体集中,使二者的变形差异减小。这也就是出现桩基复合地基中所说的“土拱现象”。

(3)路基横断面中心处的桩土应力比比路肩处的桩土应力比要大。K36+510 断面和 K36+630 断面的路基中心的桩土应力比极值分别为 1.51 和 1.89,路肩的桩土应力比极值分别为 1.24 和 1.36。这说明桩土应力比与荷载水平和位置有关。

3.3 桩、土应力随填土时间的变化规律

路基横断面中心处桩及桩间土应力随路基填筑时间的关系曲线图如图 4 所示。从图 4 曲线可以看出:在加荷初期,桩及桩间土应力的增长速率基本接近,比较平缓,这可能是素土垫层作用的体现。在加荷初期,首先垫层受到荷载作用而发生压缩,被压缩的垫层随着进一步的加荷将荷载均匀的传递到桩顶及桩间土上,荷载大小基本上根据面积进行分配。由于桩顶与桩间土面积之比很小,即面积置换率很小,这时大部分荷载由桩间土承担。随着时间的增长,即上部填土高度的增加,桩和桩间土的应力也增加,因桩与桩间土的变形模量相差较大,桩间土压缩变形加大,通过垫层对荷载的调整作用,上部的荷载逐渐向桩转移,桩顶应力也随之逐渐增大,而使桩间土的承载力得以充分发挥,从而实现桩土共同作用。竣工后,随着时间的延长,桩体应力稍有增加,桩间土应力基本不变。

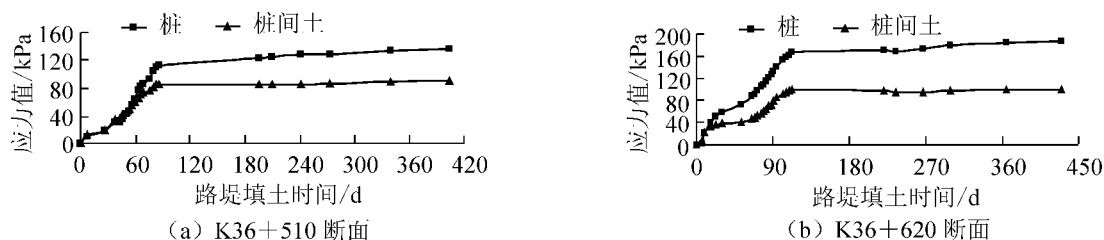


图 4 路基中心桩和桩间土应力与填筑时间关系曲线

3.4 桩土应力比随填土时间的变化规律

由图 5 可以看出,在填筑初期,因外界对土压力的测试影响较大,出现桩土应力比上下飘移较大的现象。随着填筑的时间增加,两者桩土应力比基本上呈线性增长关系;但并不是无限增加的,呈现出逐渐平缓的趋势。两个断面中路基中心的桩土应力比增长的趋势一致,路肩的桩土应力比增长趋势稍微不同,产生这种现象的原因可能是由于两个段面的路基高度不一样,而且路肩的测试位置不一样,从而影响桩土应力比。试验结果表明桩土应力比不仅与桩土特性及桩间距、桩布置形式等有关,还与在路基的位置有关。在竣工后,桩土应力比稍有增加,但变化较小,最终趋于一个恒值。

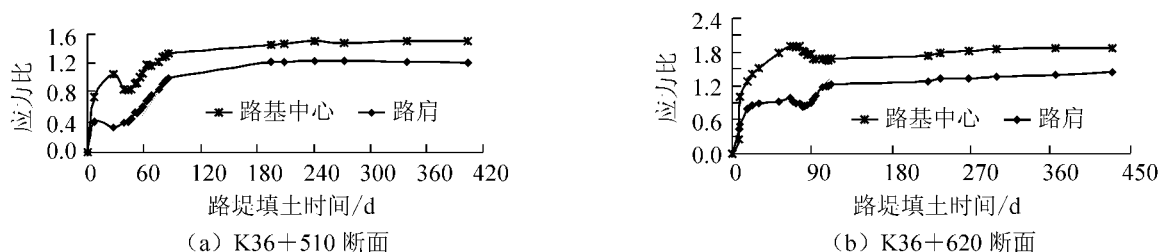


图 5 桩土应力比与填筑时间关系曲线

4 结语

高速公路夯实水泥土桩桩顶应力、桩间土应力均随填土增高而增大,但桩顶应力增长的幅度较大。在填土高度较小时,桩顶应力和桩间土应力基本一致,在路基达到一定高度(1 m)后,使得桩顶应力增长

加快。

在路堤荷载不变的条件下,随着时间的增长,桩顶应力有所增加但变化不大,桩间土应力基本上保持恒定,桩土应力比随之增大。

桩土应力比随填土高度的增加而增大,两者基本上呈线性增长关系;其数值并非无限增加,逐渐呈现出平缓的趋势。在路基填筑期间,桩土应力比不是一个常数,基本上在1.0~2.0之间变化。

实测路基横断面中心位置桩土应力比大于路肩位置的桩土应力比。

参 考 文 献

- [1]沈伟,池跃君,宋二祥.考虑桩、土、垫层协同作用刚性桩复合地基沉降计算方法[J].工程力学,2003,20(2):36-42.
- [2]徐洋,谢康和,卢廷浩.二灰土桩复合地基三维固结有限元分析[J].岩土工程学报,2002,24(2):249-253.
- [3]池跃君,宋二祥.刚性桩复合地基应力场分布试验研究[J].岩土力学,2003,24(3):339-343.
- [4]张杰,张可能.柔性基础下群桩复合地基荷载传递规律及计算[J].岩土力学,2003,24(2):178-182.

Test Study on Pile-soil Stress Ratio of Compacted Cement-treated Soil Pile Composite Foundation for Highway

Liu Yanji

(The 5th Company of the 13th Railway Engineering Bureau Group Corporation, Changchun 130033, China)

Abstract: The rule of the pile-soil stress ratio of highway compacted cement-treated soil pile composite foundation with the embankment height and time going is studied in this paper based on the test on site. During construction of the embankment, the number of pile-soil stress ratio is about 1.0~2.0. When the embankment loading keeps constant, the number of pile-soil stress ratio will increase slowly with time going. This conclusion can be useful for other similar engineering design.

Key words: highway; compacted cement-treated soil pile; pile-soil stress ratio

~~~~~  
(上接第29页)

## Calculation of Unloaded Cable Shape of Self-anchored Suspension Bridge

He Yaobei, Shi Xuefei, Geng Shaobo

(Department of Bridge Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Unloaded cable shape of self-anchored suspension bridge is an important factor to ensure the completion state. With Pudong canal bridge as the engineering background, a method to calculate unloaded cable shape considering construction control is proposed. In combination with finite element model and segmental catenary theory, residual error is avoided during construction control of self-anchored suspension bridge. The results of the project shows that the proposed method is accurate and fast convergent.

**Key words:** self-anchored suspension bridge; construction control; unloaded cable shape; residual inclination; pre-offsetting; forward analysis