

文章编号: 0451-0712(2005)09-0102-04

中图分类号: U412.22

文献标识码: B

# 揭普高速公路腐木淤泥混合土地基处理方法分析

黄少杰<sup>1</sup>, 吴玉财<sup>2</sup>

(1. 广东粤东高速公路发展有限公司 揭阳市 515525; 2. 广东粤赣高速公路有限公司 河源市 517000)

**摘要:** 根据孢粉、扫描电子显微镜、C<sup>14</sup>检测数据和前人的资料, 确定了腐木淤泥混合土的成因环境和分布特征。通过分析揭普高速公路软基路堤施工期及运行期的实测沉降资料, 结合成因环境, 说明了采用袋装砂并进行深层处理含腐木软土地基的合理性及必要性。含腐木的软土地基在进行深层处理后, 沉降发生早、收敛快, 工后沉降小; 不进行深层处理则沉降时间长, 工后沉降大。

**关键词:** 腐木淤泥混合土; 袋装砂井; 超载预压

在我国沿海与河流的中下游及湖泊地区, 地表以下第四纪覆盖层深厚, 随着经济的快速发展, 工程建设密度加大, 工程上遇到了越来越多的特殊土地基问题, 粤东沿海榕江、练江平原腐木土层就是其中一类。其由淤泥质土、淤泥、泥炭质土、泥炭等与腐烂朽木混合而成, 具有孔隙比大、含水量高、有机质含量高、压缩性大和极低的强度等特点。尤其明显的是腐木纤维、淤泥混合土比一般有机土的有机质含量更高, 含有明显的未完全分解的植物残骸, 物理力学性质更为复杂。

广东省揭普高速公路沿线处于粤东沿海的榕江、练江冲积平原上, 腐木土层广泛分布, 汕梅高速公路的部分路段也处在同一个地质单元上, 腐木土层也有发现, 类似的土层在粤东沿海的其他地区(澄海市)和珠江三角洲地区也有发现<sup>[1]</sup>。对于这种特殊土地基的处理方法还没有工程先例记载, 因此, 研究这类土层的处理方法和基本变形特征, 具有区域性

的代表意义和重要的工程价值。

腐木纤维、淤泥混合土为有机质含量高的混合土, 与有机质含量高的泥炭、泥炭土有本质的区别, 其最大特点是含有明显的未完全分解的植物根茎, 分解程度差别很大, 植物纤维与淤泥互不掺混, 取样和室内试验十分困难, 也未检索到国内外类似问题的研究资料。

## 1 形成环境与分布特征

揭普高速公路位于粤东沿海丘陵平原地区穿越榕江和练江滨海三角洲平原, 在全线44 km的路基工程地质勘测中, 遇到多层含腐木的土层, 腐木为棕红或黄褐色的松软朽木, 质地较新鲜, 基本没炭化, 腐木土层中腐木含量高达60%~90%, 甚至钻取的芯样全为腐木。腐木土层的颜色主要受含有机质的淤泥决定, 同时还受腐木颜色的影响, 致使部分腐木含量多的腐木土层呈棕褐色。

收稿日期: 2005-06-23

的《道路通行能力手册》。但由于国产汽车和外国汽车在动力性能方面有较大差距, 且目前尚缺乏汽车性能方面的资料, 本文仅采用了国内道路上的主要车型(如解放CA141)的性能参数和数据资料进行分析研究。因此, 上述分析讨论尚有待进一步的验证, 故仅供参考。

## 参考文献:

- [1] JTJ 011-94, 公路路线设计规范[S].
- [2] JTJ 001-97, 公路工程技术标准[S].
- [3] 高速公路丛书编委会. 高速规划与设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.
- [4] 道路通行能力手册[Z]. 1997.
- [5] 张廷楷. 高速公路[M]. 北京: 人民交通出版社, 1993.

前人对广东沿海平原(珠江三角洲和潮汕平原)在全新世以来(1万年)的环境演变,做了大量调查研究。为确定腐木土层成因、形成环境与历史,本文进一步进行了孢子花粉分析、扫描电镜等试验。通过分析前人的相关资料和本文的试验数据可以基本掌握腐木土层的地质历史。

(1)从孢粉分析成果看,孢粉含量丰富,3个样品中共鉴定到618粒孢粉,木本花粉占90%,如图1所示,主要科属有红树、阿丁枫、棕榈科、石栎/栲、杉科和栎树等。其中红树林花粉(Mangroves)占10.4%~16.5%,此是“生长在热带、亚热带低能海岸,受海水周期性浸淹的木本植物群落”<sup>[2]</sup>。此外,还含有一些海滨地带生长的盐生植物藜科藜属。腐木土层中腐木树种主要为红树(Rhizophora)和水松(Glyptostrobus Pensilis),这些均说明腐木土层形成于距山麓较近的滨海相浅水环境。

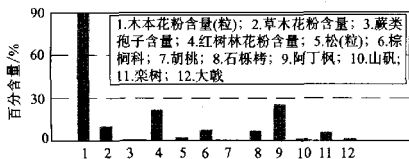


图1 K36+740腐木土层(II)孢粉图谱

(2)扫描电子显微镜下观察,呈蜂窝状的硅藻含量较丰富,经能谱测试,其化学成分主要为硅,含量达75%以上。硅藻是生活在海洋、湖泊环境中的藻类,其与红树林花粉共存,反映出属滨海相的环境。

(3)从分布和形成时代看,在分布上明显受地貌条件的制约,多分布在邻近丘陵的山前平原地带或

丘陵谷地中,深部腐木土层则与深部的基岩隆起有关,即与古山丘的分布相对应,说明腐木土层形成于距山麓不远的浅水环境。

揭普高速公路线段内与路基稳定有关的为3层腐木土层。一层是位于丘陵宽谷中高台地下,故称之为谷地腐木土层。在K31+720孔腐木土层中所取的腐木样木(埋深8.0 m,高程10.0 m),经中国科学院考古研究所C<sup>14</sup>实验室测年,为距今31 707年±746年,属晚更新世晚期沉积物。在山前平原地面(地面高程6~8 m)下路基沉降影响范围内,分布有2层腐木土层,分别称之为平原上层和下层。它们的埋深、岩性以及形成时代,可与珠江三角洲地面的腐木土层对比,即浅部2层的埋深分别为2~6 m和10~17 m,上层C<sup>14</sup>测年为距今2 000年左右,下层距今6 000年左右,为晚全新世沉积物。腐木树种也为水松和红树,属于受到海水周期性淹没的木本植物群落,为滨海环境沉积。

## 2 典型路段处理效果分析

### 2.1 深层处理路段

K34+850~K37+000路段软土层自上而下以淤泥(泥炭)、淤泥质土及腐木为主,且具有双层结构。第1层软土为泥炭土,底部为腐木层,厚度一般为1.2~6.3 m;第2层软土以淤泥质土及腐木为主,最大厚度为7.7 m。地层结构主要为:粉质粘土、淤泥(含腐殖质)、粘土夹砂、淤泥夹腐木、粘土夹砂,表1为K36+150断面的土层情况。本段软基处理方案为:砂井处理深度为16~18 m,间距为1.2 m,三角形布置;砂垫层厚为0.5 m,超载高度为0.5~2.5 m。

表1 K36+150断面地基土层分布及物理力学参数

土层序号及名称	厚度/m	含水量/%	密度/(kN/m <sup>3</sup> )	孔隙比	压缩系数/MPa <sup>-1</sup>	塑性指数
①粉质粘土夹砂	2.7	27.4	19.4	0.7	0.3	13
②淤泥夹腐木	2.9	72.5	14.7	1.88	2.1	16.5
③含砾砂质粉粘土	3.1	35	19.1	0.65	0.3	12.5
④淤泥质土夹腐木	8.3	50.7		1.319	0.74	
⑤含砾砂质粉粘土	29.3	21.3	18.6	0.749	0.37	10

图2为K36+150断面腐木土地基荷载、沉降时间过程线,填土高度为4.48 m,达到等载预压荷载水平的填土高度为2.88 m。从实测的沉降时间曲线可以看出,在分级加载的过程中,当路堤填筑高度达到3 m左右时,沉降曲线出现陡降段,这种现象在其

他含腐木的软基断面也有所表现。

沉降曲线出现陡降趋势的主要原因可能是由于腐木纤维、淤泥混合土中的腐木与砂井连通,腐木中的水快速通过砂井排出而形成的瞬间沉降,并非是固结过程引起的沉降,其大小也与腐木的腐朽程度

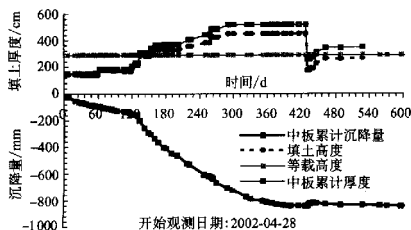


图2 K36+150 荷载~沉降~时间曲线

有关。此时地基中的附加应力基本达到了腐木淤泥混合土的先期固结压力,因此沉降速率加大。

由沉降曲线还可以发现,在最后一级荷载施加后 120 d 左右沉降即趋向稳定,固结速率较快,卸载后回弹量较大,和其他不含腐木的软基有明显区别。由于有较大的超载量,路面施工过程沉降很小,通车后沉降也很小。图 3 为采用袋装砂井进行了深层处理的含腐木软基的工后沉降曲线,由曲线发展趋势可以看出,不但工后沉降值很小,且发展也非常缓慢。

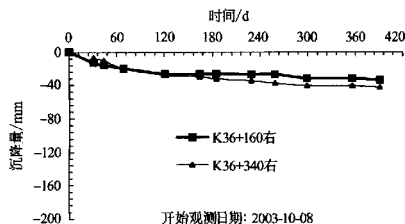


图3 深层处理后腐木土地基工后沉降

## 2.2 非深层处理路段

K30+820~K31+300 路段在地貌上是处于丘陵之间的谷地,地面高程变化较大,设计阶段由于受到地质钻孔密度的限制,该路段的地质情况是根据相邻路段资料推断确定的。后期 K31+230 钻孔揭示,表层 4.6 m 为粉质粘土或粉质粘土夹砂,强度较高;其下为淤泥质土夹腐木层,黑褐、灰褐色,主要由腐木组成,部分未完全腐化,木质疏松,含泥炭,软塑,湿度为 4.6 m;再以下为粘土夹砂层,压缩性很小。

由于软基处理设计方案没有采取相应措施,路堤填筑按非软基对待,填土过程后期发现沉降较大,随即进行地质勘测,临时变更为超载预压处理,补设监测断面。图 4 为 K31+260 断面在预压及卸荷后的

荷载~沉降~时间曲线,由于是填筑后期布设的观测点,图中反映的只是总沉降中的一部分,通车前完成沉降 121 mm。曲线的趋势表明,超载卸除后的沉降速率没有明显改变,说明软土的主固结过程还没有结束。腐木土层的固结速率在天然状态下也是较小的,腐木中的水可能受到包合物或充填物的影响,并不能及时排水,表现出来的固结速率并不大。

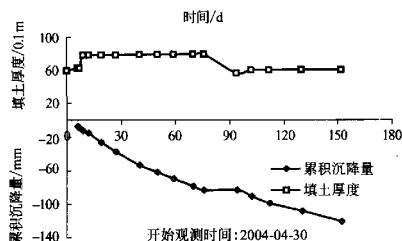


图4 K31+260 荷载~沉降~时间曲线

工后沉降观测点在每个断面设 4 个,分别在两侧硬路肩路缘石和中央分隔带两侧路缘石上,以左、中左、中右、右表示。图 5 为含腐木土层没有进行深层处理的软基的工后沉降观测曲线,是观测断面 4 个观测点中的最大值。比较图 5 和图 3 可以发现, K36+160 和 K36+340 断面均采用袋装砂井进行了深层处理,并进行了超载预压,工后运行 15 个月,分别沉降 34 mm、43 mm,沉降速率接近 0; K31+220 观测断面,工后运行 15 个月沉降 129 mm,沉降速率为 0.18 mm/d,并没有显示出明显收敛迹象,说明该断面附近软土层的主固结过程可能还没有结束,由于没有竖向排水通道,主固结过程将进一步缓慢持续发展。

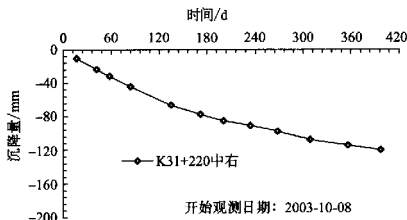


图5 未深层处理腐木土地基工后沉降

## 2.3 腐木淤泥混合土地基排水固结机理

腐木淤泥混合土是一类混合软土,通常情况下,

腐木淤泥混合土中腐木是被淤泥包裹的,或腐木间被细颗粒沉积物所充填,腐木中的宏观孔隙处于封闭状态,土层的固结排水速度取决于淤泥的固结排水能力。

在腐木含量相对较低的情况下,其固结参数与其相混合的淤泥固结参数相差不大,室内一维固结试验的结果也说明了这种现象。采用砂井处理后,若砂井间距适宜,腐木淤泥混合土地基中的腐木团与砂井相连通,形成良好的排水通道,加载瞬间腐木淤泥混合土中的含水即可排出,瞬时沉降较大。如图6示意,加载后土体排水固结较快,地基处理效果好。实测的沉降资料可以由这种模型很好地解释。因此,对于腐木淤泥混合土地基,砂井是一种较好的处理方法。

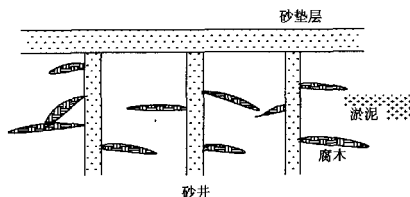


图6 腐木淤泥混合土地基排水固结机理

### 3 结语

(1)腐木土层是一种特殊类型的软土,属滨海相浅水环境下形成的沉积物,有一定的分布规律,局部具有成层性,只分布在邻近山前的平原和海水入侵过的谷地。谷地腐木土层形成的时代老,为晚更新世晚期,平原2层腐木土层形成于全新世中期(下层)和晚期(上层)。

(2)腐木淤泥混合土地基经过袋装砂井方法处理后,加载后沉降发展快,荷载恒定后沉降收敛迅速,具有较短的主固结过程。超载预压后卸荷回弹特征鲜明,工后沉降小。

(3)腐木淤泥混合土地基在没有排水通道的情况下,具有较长的固结过程,对工后沉降的影响非常明显,必须进行深层处理。

(4)适宜深度、布置形式的袋装砂井和适宜数量、时间的超载预压组合,是处理腐木淤泥混合土地基合理、有效的方法。

### 参考文献:

- [1] 李平日,等. 珠江三角洲一万年来环境演变[M]. 海洋出版社,1991.
- [2] 谭晓林,张乔民. 红树林潮滩沉积速率及平面上升对我国红树林的影响[J]. 海洋通报,1997,16(4).

## Analysis of Method of Foundation Treatment for Rotten Wood and Silt Mixed Layer of Jie-Pu Expressway

HUANG Shao-jie<sup>1</sup>, WU Yu-cai<sup>2</sup>

(1. Guangdong Provincial Yuedong Expressway Development Co. Ltd., Jieyang 515525, China;

2. Guangdong Provincial Yue-Gan Expressway Co. Ltd., Heyuan 517000, China)

**Abstract:** The geological cause of the mixed layer and its distributing characters are defined by spore pollen analysis, scanning electron microscope and C14 isotope test in this paper. By analyzing the settlement observed data in construction and running period of Jie-Pu Expressway, it shows that sand wick is reasonable and necessary for treating rotten wood and silt mixed layer. The settlement of soft soil foundation which contains rotten wood is fast in convergence after it is deep treated and has a little post-construction settlement. The post-construction settlement will be large and the time of settlement is long if the deep silt layer is not treated.

**Key words:** rotten wood and silt mixed layer; sand wick; surcharge preloading