

气泡混合轻质 填土新技术

陈忠平
王树林
邓 江

编著

Q
i
p
a
o
H
u
n
h
e
Q
i
n
g
z
h
i
L
i
a
n
t
u
A
i
n
j
i
s
h
u



人民交通出版社
China Communications Press

气泡混合轻质填土 新技术

陈忠平 王树林 邓 江 编著

 人民邮电出版社
China Communications Press

内 容 介 绍

本书简明扼要地介绍了气泡混合轻质土的基本概念、材料组成、制作、设计和施工方法,着重论述了这种新型轻质材料在公路加宽、桥台台背填土、滑坡路段的填筑、陡峭及急转弯地段的填筑、隧道坑口的填筑、溶岩地区路基的填筑、地下空洞填充及作为寒冷地区道路隔热材料等的具体应用,书中列举了诸多有代表性的工程实例。本书可供从事公路及土木工程领域的设计和施工技术人员及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

气泡混合轻质填土新技术/陈忠平,王树林,邓江编
著. —北京:人民交通出版社,2004.10
ISBN 7-114-05307-X

I. 气… II. ①陈…②王…③邓… III. 道路工
程—工程材料—轻质混凝土 IV.U414.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 106924 号

书 名: 气泡混合轻质填土新技术
著 作 者: 陈忠平 王树林 邓 江
责任编辑: 刘永芬
出版发行: 人民交通出版社
地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号
网 址: <http://www.ccpres.com.cn>
销售电话: (010) 85285838, 85285995
总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京明十三陵印刷厂
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 10.25
插 页: 2
字 数: 122 千
版 次: 2004 年 10 月第 1 版
印 次: 2004 年 10 月第 1 版第 1 次印刷
书 号: ISBN7-114-05307-X
印 数: 0001—4000 册
定 价: 30.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

顾问：丸山英二 宫崎武知 覃维祖

编著：陈忠平 王树林 邓 江

编著单位：广东冠生土木新技术有限公司

日本麻生气泡轻质土株式会社

广东冠粤路桥有限公司

主要作者：(按姓氏笔划为序)

王树林 邓 江 邓万福 文跃顺 刘事莲

李连生 陈忠平 肖礼经 汪建斌 罗 枫

罗旭东 杨航宇 钟 敏 谢学软 魏宏志

序

改革开放以来,我国公路建设蓬勃发展,截止 2003 年底,高速公路的总里程已近 3 万公里,跃居世界第二。

在公路建设大发展中,也出现一些有待解决的技术难题,比如:软基地段的桥头跳车问题、高填土路堤的边坡稳定问题、寒冷地区的路基冻胀问题等。这些问题不仅影响公路的正常通行,加大了公路的维修费用,同时大大降低了运营服务质量,甚至造成行车事故,危及人身安全。

提高公路工程质量,攻克技术难关,必须依靠科技进步,采用先进技术,包括新材料的应用。本书介绍的气泡混合轻质填土技术在解决桥头跳车、减轻填土路堤重量方面有明显的效果。

气泡混合轻质土的容重可在 $5 \sim 12\text{kN/m}^3$ 的范围

内自由调整;因为其中含有大量气泡,隔音、隔热性能好,抗冻融性更为突出。可在旧路加宽、软基路段的桥台台背填土、冻土地段防治热融沉陷、软基或溶岩地区作为路堤填料、减轻地基负荷提高稳定性等方面发挥其性能特点。

交通部对气泡混合轻质土技术的开发研究非常重视,2004年在西部交通建设科技项目中立项进行科技攻关。承担该项目的冠粤路桥有限公司在广东已完成了两个试验段,一个是道路加宽,另一个是桥台台背填土,都取得了较满意的效果。在内蒙古呼伦贝尔盟通过试验段进一步验证气泡混合轻质土用于隔热层、底基层的可行性,以及解决桥台背填土冻胀、桥头跳车等问题。

气泡混合轻质土所用的材料便利廉价,同时还可利用废弃土减轻环境污染。可以说它集新技术、环境保护、资源合理利用为一身,应用前景十分广阔。

中国工程院院士

沙庆林

二〇〇四年十月

--- 前 言 ---

在公路软基路段,常遇到桥头跳车、高路堤失稳,新旧路基沉降差,严寒地区冻融破坡等问题,不仅在我国甚至在世界上都是难题。

为了解决上述问题,集广大建设者的智慧,已经积累了很多经验,从新材料及相关的技术上进行解决是一条行之有效的新途径。

此外,随着人类对环境保护问题的重视,使用废弃土、废弃材料制作轻质土的技术也备受重视。

为了适应我国大规模公路建设的需要,广东冠粤路桥有限公司率先在国内引进开发了气泡混合轻质土技术,并将其用于实践,在广东已应用于道路加宽和桥台背后填土工程,并取得了满意的效果。

因气泡混合轻质填土技术是首次在国内开发和应用,为了让更多的工程技术人员了解它,使它尽快在公

路建设中发挥作用,我们根据试验研究和工程实践,编写了此书,较全面地介绍了气泡混合轻质填土技术的概念、特性、应用领域、设计施工方法和质量管理等。

本书在编写过程中得到了中国公路学会道路工程分会理事长陈国靖先生的指导和大力支持,参考了大量的国内外文献及试验资料。此外,许多工作人员在图象处理、资料录入及校对等付出了辛勤劳动,在此一并感谢。

由于编者水平有限,书中有不妥或错误之处,敬请批评指正。

编著者

2004年10月

目 录

第 1 章 气泡混合轻质土基本概念	1
1.1 气泡混合轻质土主要成分及制作	1
1.2 气泡混合轻质土优点	2
1.3 与其他轻质土工材料比较	4
第 2 章 气泡混合轻质土性能	6
2.1 基本性能	6
2.1.1 容重	6
2.1.2 透水性	9
2.1.3 隔热性能	10
2.2 力学特性	10
2.2.1 无侧限抗压强度	10
2.2.2 抗拉强度	17
2.2.3 抗弯强度	17

2.2.4 附着强度	19
2.2.5 摩擦抵抗特性	20
2.2.6 三轴压缩力学性能	23
2.3 耐久性	26
2.3.1 反复加载后的强度变化	26
2.3.2 干湿循环对性能的影响	26
2.3.3 冻融循环对性能的影响	28
2.3.4 徐变特性	32
2.3.5 暴露试验	32
第3章 气泡混合轻质填土技术应用及综合经济评价	33
3.1 气泡混合轻质填土技术在公路建设中的应用	33
3.1.1 用于道路加宽	33
3.1.2 用于桥台背填土	35
3.1.3 用于软基路堤的填筑	40
3.1.4 滑坡路段路堤的填筑	42
3.1.5 陡峭及急转弯地段的填筑	42
3.1.6 隧道坑口的填筑	43
3.1.7 作为溶岩覆盖层表面路堤的填料	44
3.1.8 作为寒冷地区道路的隔热层	44
3.1.9 作为路面基层的填充料	44
3.1.10 地下空洞的填充	45
3.2 综合技术经济评价	45
3.2.1 公路工程项目成本的影响因素	45
3.2.2 不同工法的综合技术经济比较	46
3.2.3 结论	61
第4章 气泡混合轻质填土设计	63
4.1 填土设计	63
4.1.1 填筑断面设计原则	63
4.1.2 设计荷载	65

4.1.3	气泡混合轻质土容重及强度的设定	67
4.1.4	配合比选择	69
4.1.5	检算内容和方法	70
4.2	以减轻土压为目的设计	84
4.3	作为人造山的使用方法	88
4.4	填充材料、回填土的使用	89
4.5	设计细节	91
第5章	施工方法及质量控制	100
5.1	施工方法	100
5.2	施工质量管理	104
第6章	工程实践	109
6.1	广东中江高速公路港口立交桥台背气泡混合 轻质填土工程	109
6.1.1	工程概况	109
6.1.2	气泡混合轻质土填筑设计	118
6.1.3	气泡混合轻质土填筑施工	121
6.1.4	效果分析	125
6.2	广东京珠高速公路粤境南段太和互通北二环 道路加宽工程	127
6.2.1	工程概况	127
6.2.2	效果分析	129
6.3	西部交通科技项目——气泡混合轻质土的应用 技术研究简介	131
6.3.1	项目研究的目的	131
6.3.2	项目研究内容	132
6.3.3	实施方案	132
6.4	武汉长江大桥附属设施大整修中的应用	135
6.5	日本的典型工程举例	136
6.5.1	日本北海道高速公路枢纽工程	136

6.5.2	日本海沿岸东北高速公路某工程	138
6.5.3	日本九州高速公路福岡立交改造工程	140
6.5.4	日本中央高速公路八王子枢纽工程	140
6.5.5	日本山形高速公路仁田山工程	140
6.5.6	主线输水管道工程	140
附表	部分工程实例简介(日本 1995 年 ~ 1998 年)	145
参考文献		151

第 1 章

气泡混合轻质土基本概念

1.1 气泡混合轻质土主要成分及制作

按照一定的比例在原料土中,添加固化剂、水和气泡,经过充分混合、搅拌后所形成的轻型填土材料,称为气泡混合轻质土。图 1-1 简要地说明了气泡混合轻质土的制作流程。

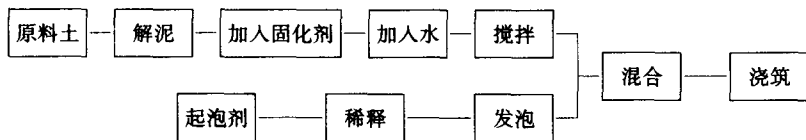


图 1-1 气泡混合轻质土的制作流程

(1) 原料土

原料土可以是工程废弃土,也可以是砂质土或黏性土,但是,为了达到与固化剂及气泡的均匀混合,并确保气泡混合轻质土的流动性,原料土颗粒直径宜小于 5mm,对于不满足要求的原料土,应事先进行解泥及必要的筛分处理。

(2) 固化剂

固化剂分为主剂和辅剂,主剂主要起固结、加强土体骨架的作用,而辅剂是以催化、早凝为目的的固化材料。主剂以水泥类为主,常用的有火山灰水泥、普通硅酸盐水泥、高炉矿渣水泥等,这些材料加入土中后与水发生水化作用产生 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,而 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与黏土颗粒发生离子交换形成固化物,达到加固土体骨架的作用。实践证明,使用高炉矿渣水泥的效果更佳。辅剂是指石膏粉、硅粉等辅助材料,加入这些材料的目的在于减少主剂的用量,达到降低造价的目的。

(3) 起泡剂

起泡剂主要有界面活性类、蛋白类、树脂类等材料,按适当的倍率稀释后的起泡剂,定量泵送到发泡装置,与压缩空气充分混合而产生大量的微小气泡群。图 1-2 简要地说明了气泡的制作流程。在这里,压缩空气是通过空压机加压,

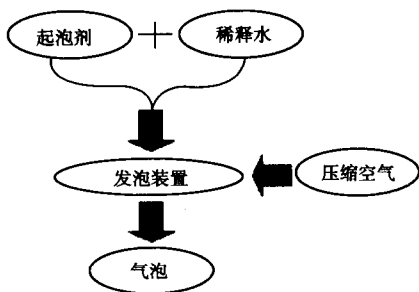


图 1-2 气泡制作流程

用减压阀控制输气压力,以稳定的压力和气量向发泡装置供气。气泡是由致密、直径约为 $30 \sim 300\mu\text{m}$ (10^{-6}m) 左右的气泡群构成。气泡应具有一定的稳定性,与土混合后可在土中形成大量而微小的不连通孔隙。

1.2 气泡混合轻质土优点

气泡混合轻质土的容重比一般土体小得多,而强度可达到甚至超过良好的土体,且强度和容重还可以按需要自由调整;轻质土还具有良好的力学特性和隔热、隔音性能,便于施工等特性。气泡混合轻质土用于工程建设上,具有以下优点:

(1) 轻质性

在气泡混合轻质土内均匀分布着大量的独立闭合胶质气

泡,气泡膜是一种具有较强韧性的物质,气泡之间互不通水,从而使材料的容重比常规土小得多(表 1-1 及图 1-3)。根据工程上不同的需要,通过适当调整产品中的气泡、固化剂及土的含有率,气泡混合轻质土的容重可在 $5 \sim 12\text{kN/m}^3$ 的范围内自由调整。

几种主要土建材料的容重比较(单位: kN/m^3)

表 1-1

水泥混凝土	路面底基层	填土路基	粉煤灰	气泡混合轻质土
25	21 ~ 22	19 ~ 20	12 ~ 16	5 ~ 12

(2) 强度的可调节性

与容重的可调节性原理一样,通过改变轻质土中各种成分的比例,其强度可在 $0.3\text{MPa} \sim 5\text{MPa}$ 的范围内调整。

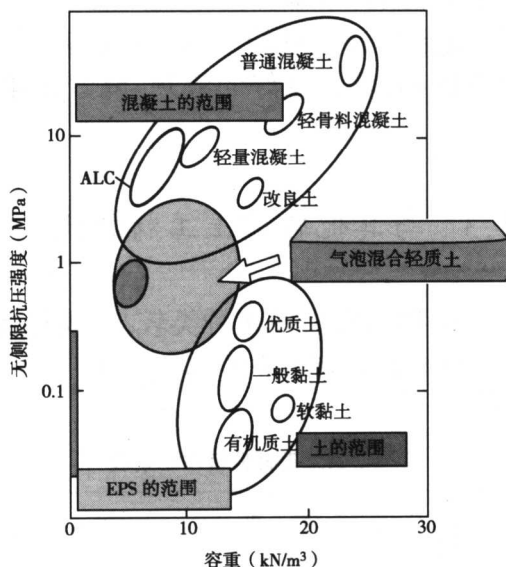


图 1-3 常用几种土工材料的容重与无侧限抗压强度之间的关系

(3) 高流动性

气泡混合轻质土具有良好的流动性,可通过管道泵送,其最大输送距离可达 500m ,如果通过中继泵,还可输送更远的距离,最大泵送高度可达 30m 。

(4) 固化后的自立性

气泡混合轻质土由于使用水泥作为固化剂,通常在浇筑 4h 后就会开始固化自立,固化后对挡土结构物几乎没有推挤力,因而可进行垂直填筑。

(5) 良好的施工性

气泡混合轻质土由于其具有良好的流动性和固化后的自立性,且浇筑时不需振捣和碾压作业,可进行远距离或在窄小空间内施工。此外,气泡混合轻质土中混有大量的气泡群,成品的体积可达到原材料体积的 3 倍以上,提高了施工材料的运送效率。

(6) 耐久性

气泡混合轻质土属水泥类材料,与高分子材料相比,其耐久性、耐热及抗油污能力强,具有水泥混凝土材料同等的耐久性。

(7) 良好的隔热、隔音效果及抗冻融性能

气泡混合轻质土含有大量的气泡,其气泡体积含有率可达 40~70%,导热系数小,具有良好的隔热、隔音效果及抗冻融性能。

1.3 与其他轻质土工材料比较

目前,国内外采用的轻质填土种类较多,现将常用的几种类型材料列于表 1-2 中,以供同仁们研究、比较。

几种轻质土工材料特性比较表

表 1-2

轻质填土材料	构 成	容 重 (kN/m^3)	主 要 特 性
粉煤灰等材料构成的轻质土	火山灰质矿渣颗粒	12~16	需进行碾压施工; 具有自硬性(火山灰质成分的水化反应); 废弃材料的再利用; 不能期待太大的减重效果

续上表

轻质填土材料	构成	容重 (kN/m^3)	主要特性
泡沫塑料块 体轻质土(EPS)	泡沫塑料 块	0.16~0.3	超轻量的合成树脂发泡体; 价格昂贵; 不能利用建筑废弃土; 对水的浮力抵抗差
泡沫塑料颗 粒混合轻质土	土砂、泡沫 塑料颗粒及 稳定材料(水 泥)	7以上	容重可自由调整; 与土的变形特性相近; 可利用废弃土制作
气泡混合轻 质土	土砂、水 泥、水及气泡	5以上	容重和强度可自由调整; 具有流动性、自硬性; 可利用废弃土制作; 不需机械压实作业; 力学性能好,隔热、隔音等效果 佳