

RST 混合土强度 变形特性研究

RST HUNHETU QIANGDU YU BIANXING TEXING YANJIU

孔德森 王晓敏 贾 腾 陈文杰 著



冶 金 工 业 出 版 社
Metallurgical Industry Press

国家自然科学基金项目 (41102166)

RST 混合土强度与 变形特性研究

孔德森 王晓敏 贾 腾 陈文杰 著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2014

内 容 提 要

本书系统地介绍了作者近年来在 RST 混合土的物理特性、强度特性和变形特性方面的研究成果。全书共分 7 章, 主要内容包括 RST 混合土原材料物理特性研究及 RST 混合土密度试验研究、无侧限抗压强度试验研究、三轴固结不排水剪切试验研究、动变形特性试验研究、动强度特性试验研究等。

本书可供土木建筑工程、材料科学与工程、环境科学与工程专业的研究生和科研人员阅读, 也可供从事以上专业设计和施工的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

RST 混合土强度与变形特性研究/孔德森等著. —
北京: 冶金工业出版社, 2014. 11

ISBN 978-7-5024-6777-7

I. ①R… II. ①孔… III. ①地基土—研究
IV. ①TU44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 245565 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010) 64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjchs@cnmp.com.cn

责任编辑 廖 丹 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 郑 娟 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6777-7

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 北京百善印刷厂印刷

2014 年 11 月第 1 版, 2014 年 11 月第 1 次印刷

148mm×210mm; 5.25 印张; 154 千字; 156 页

23.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010) 64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010) 64044283 传真 (010) 64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号 (100010) 电话 (010) 65289081 (兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgy.tmall.com

(本书如有印装质量问题, 本社营销中心负责退换)

前 言

近年来,随着我国汽车工业的迅猛发展,废弃轮胎引起的环境污染和资源浪费问题日益严重。废弃轮胎长期露天堆放,不仅占用土地,而且极易滋生蚊虫,传播疾病,并容易引发火灾,废弃轮胎不完全燃烧释放出的碳氢化合物和有毒气体,对空气、水、土壤等人类赖以生存的环境会造成严重污染。因此,对废弃轮胎进行综合利用,并将其延伸制品作为重要的再生资源广泛应用于土木、交通、环境和建筑工程等领域,已成为我国 21 世纪循环经济和可持续发展的重要研究课题。另外,随着我国经济的高速发展,国家基础建设的整合和更新,在铁路、公路、堤坝以及市政工程中,产生了大量的工程弃土,这些工程弃土不能被工程利用,处理费用高,占用土地,破坏环境。

针对废弃轮胎和工程弃土造成的资源浪费、环境污染和传统土木工程填筑材料日益缺乏的问题,提出将废弃轮胎橡胶颗粒作为填料,以水泥为固化剂,与工程弃土混合,形成一种新型的混合土,即 RST 混合土。RST 混合土即废弃轮胎橡胶颗粒混合土,是一种具有高附加值的新型土工填筑材料,由工程弃土、废弃轮胎橡胶颗粒、水泥和水混合而成,具有重度小、自立性好、快硬性和密度可调等特点,能够很好地解决土木工程中的桥头跳车、边坡填土、路基沉降、管道沟回填、挡土墙稳定等技术难题,而

且还可以减少环境污染和资源浪费, 这为废弃轮胎的回收、利用开辟了新途径, 具有十分重要的经济价值和环境效益, 在土木工程领域具有广阔的发展和应用前景。目前国内, 将废弃轮胎橡胶颗粒应用于土木工程中的研究尚处于起步阶段, 因此, 深入系统地进行 RST 混合土在物理特性、强度特性、变形特性以及动力特性方面的研究非常必要。

本书是作者多年来在 RST 混合土强度与变形特性方面研究成果的总结。全书共分 7 章, 第 1 章为绪论, 介绍了 RST 混合土强度与变形特性的研究背景、国内外研究现状与进展以及本书的主要内容; 第 2 章重点介绍了制备 RST 混合土的原材料的物理特性; 第 3 章介绍了 RST 混合土的配比方案设计和试样制备方法, 并重点介绍了 RST 混合土的密度特性, 推导出了 RST 混合土的密度计算公式; 第 4 章通过无侧限抗压强度试验介绍了 RST 混合土的强度特性和变形特性, 并进行了影响因素分析; 第 5 章通过三轴固结不排水剪切试验介绍了 RST 混合土的强度特性和变形特性, 并进行了抗剪强度指标分析; 第 6 章重点介绍了 RST 混合土的动变形特性, 同时分析了围压、橡胶颗粒含量、水泥掺入量以及振动频率对 RST 混合土动应力-应变关系曲线、动弹性模量和等效阻尼比的影响规律; 第 7 章介绍了 RST 混合土的动强度特性, 并进行了影响因素分析和动强度指标分析。

在本书撰写过程中, 赵志民、王安水、王士权、邓美旭、谭晓燕、陈士魁、宋城等硕士研究生做了大量的数据整理工作, 在此谨向他们致以衷心的感谢。同时, 书中还参考了国内外众多机构和个人的研究成果与工作总结, 在此一并表示感谢。

本书的出版得到了国家自然科学基金项目 (41102166)、山东科技大学杰出青年科学基金项目 (2012KYJQ102) 和山东科技大学科研创新团队支持计划项目 (2012KYTD104) 的资助。

由于作者水平有限, 书中不足之处, 恳请读者给予批评指正。

作 者

2014 年 8 月

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	作 者	定价(元)
“营·建”认知的教与学	朱晓青 等著	32.00
建筑结构振动计算与抗振措施	张荣山 等著	55.00
岩巷工程施工——掘进工程	孙延宗 等编著	120.00
岩巷工程施工——支护工程	孙延宗 等编著	100.00
钢筋混凝土异形柱	李 哲 等著	25.00
地下工程智能反馈分析方法与应用	姜谟男 著	36.00
地铁结构的内爆炸效应与防护技术	孔德森 等著	20.00
隔震建筑概论	苏经宇 等编著	45.00
岩石冲击破坏的数值流形方法模拟	刘红岩 著	19.00
缺陷岩体纵波传播特性分析技术	俞 缙 著	45.00
交通近景摄影测量技术及应用	于 泉 著	29.00
参与型城市交通规划	单春艳 著	29.00
公路建设项目可持续发展研究	李明顺 等著	50.00
基于成功老化理念的住区规划研究	席宏正 等编著	36.00
土木工程材料(英文,本科教材)	陈 瑜 编著	27.00
FIDIC 条件与合同管理(本科教材)	李明顺 主编	38.00
建筑施工实训指南(高专教材)	韩玉文 主编	28.00
城市交通信号控制基础(本科教材)	于 泉 编著	20.00
建筑环境工程设备基础(本科教材)	李绍勇 等主编	29.00
供热工程(本科教材)	贺连娟 等主编	39.00
GIS 软件 SharpMap 源码详解及应用 (本科教材)	陈 真 等主编	39.00

目 录

第1章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 国内外研究现状与进展	4
1.2.1 混合土的物理特性研究现状与进展	4
1.2.2 混合土的强度特性研究现状与进展	6
1.2.3 混合土的变形特性研究现状与进展	7
1.2.4 混合土的动变形特性研究现状与进展	9
1.2.5 混合土的动强度特性研究现状与进展	10
1.3 本书主要内容	11
第2章 RST 混合土原材料物理特性研究	13
2.1 原料土的物理特性	13
2.1.1 原料土的含水率	14
2.1.2 原料土的颗粒级配	15
2.1.3 原料土的相对密度	17
2.2 废弃轮胎橡胶颗粒的物理特性	17
2.2.1 废弃轮胎橡胶颗粒的粒径	18
2.2.2 废弃轮胎橡胶颗粒的堆积密度	18
2.2.3 废弃轮胎橡胶颗粒的相对密度	19
2.3 水泥和水的物理特性	21
2.4 小结	21
第3章 RST 混合土密度特性研究	22
3.1 RST 混合土的配比方案设计和试样制备方法	22
3.1.1 RST 混合土的配比方案设计	22

3.1.2 RST 混合土试样的制备方法	25
3.2 RST 混合土密度特性的试验方案和试验方法	29
3.2.1 RST 混合土密度特性的试验方案	29
3.2.2 RST 混合土密度特性的试验方法	29
3.3 RST 混合土密度特性的试验结果分析	30
3.3.1 胶粒土比对 RST 混合土密度的影响规律	30
3.3.2 灰土比对 RST 混合土密度的影响规律	31
3.3.3 水土比对 RST 混合土密度的影响规律	33
3.4 RST 混合土密度的理论计算公式	34
3.5 小结	37
第 4 章 RST 混合土无侧限抗压强度试验研究	39
4.1 RST 混合土无侧限抗压强度试验的配比设计方案与试验方法	39
4.1.1 RST 混合土无侧限抗压强度试验的配比设计方案	39
4.1.2 RST 混合土无侧限抗压强度试验方法	40
4.2 无侧限抗压强度试验的强度特性试验结果分析	43
4.2.1 养护龄期对 RST 混合土试样无侧限抗压强度的影响规律	43
4.2.2 胶粒土比对 RST 混合土试样无侧限抗压强度的影响规律	45
4.2.3 灰土比对 RST 混合土试样无侧限抗压强度的影响规律	47
4.2.4 水土比对 RST 混合土试样无侧限抗压强度的影响规律	49
4.3 无侧限抗压强度试验的变形特性试验结果分析	51
4.3.1 养护龄期对 RST 混合土试样应力-应变关系曲线的影响规律	51
4.3.2 胶粒土比对 RST 混合土试样应力-应变关系曲线的影响规律	54
4.3.3 灰土比对 RST 混合土试样应力-应变关系	

曲线的影响规律·····	56
4.3.4 水土比对 RST 混合土试样应力 - 应变关系 曲线的影响规律·····	59
4.4 小结·····	61
第 5 章 RST 混合土三轴固结不排水剪切试验研究 ·····	63
5.1 RST 混合土三轴固结不排水剪切试验的配比设计 方案与试验方法·····	64
5.1.1 三轴固结不排水剪切试验的配比设计方案·····	64
5.1.2 三轴固结不排水剪切试验的试验条件·····	65
5.1.3 三轴固结不排水剪切试验的试验方法·····	66
5.2 三轴固结不排水剪切试验强度特性的试验结果分析·····	70
5.2.1 胶粒土比对 RST 混合土抗剪强度的影响规律 ·····	70
5.2.2 灰土比对 RST 混合土抗剪强度的影响规律 ·····	73
5.2.3 水土比对 RST 混合土抗剪强度的影响规律 ·····	75
5.3 RST 混合土三轴固结不排水剪切试验的抗剪强度 指标分析·····	76
5.4 三轴固结不排水剪切试验变形特性的试验结果分析·····	81
5.4.1 胶粒土比对 RST 混合土应力 - 应变关系曲线的 影响规律·····	81
5.4.2 灰土比对 RST 混合土应力 - 应变关系曲线的 影响规律·····	84
5.4.3 水土比对 RST 混合土应力 - 应变关系曲线的 影响规律·····	86
5.4.4 围压对 RST 混合土应力 - 应变关系曲线的 影响规律·····	89
5.5 小结·····	91
第 6 章 RST 混合土动变形特性试验研究 ·····	93
6.1 RST 混合土的配比方案设计和试样制备方法·····	93
6.1.1 RST 混合土的配比方案设计·····	93

6.1.2 RST 混合土的试样制备方法	95
6.2 RST 混合土的动变形特性试验	96
6.2.1 试验原理	96
6.2.2 动三轴试验系统	98
6.2.3 试验步骤	99
6.2.4 动变形试验加载方案	101
6.3 RST 混合土的动变形试验结果分析	103
6.3.1 RST 混合土动应力-应变关系曲线的影响 因素分析	104
6.3.2 RST 混合土动弹性模量的影响因素分析	111
6.3.3 RST 混合土等效阻尼比的影响因素分析	118
6.4 小结	125
第7章 RST 混合土动强度特性试验研究	127
7.1 RST 混合土的动强度试验方案	128
7.2 RST 混合土的动强度破坏标准	128
7.3 RST 混合土的动强度试验结果分析	132
7.3.1 围压的影响	133
7.3.2 废弃轮胎橡胶颗粒含量的影响	135
7.3.3 水泥含量的影响	137
7.3.4 振动频率的影响	139
7.4 RST 混合土的动强度指标分析	141
7.4.1 RST 混合土动强度指标的计算方法	141
7.4.2 RST 混合土动强度指标的确定	148
7.4.3 RST 混合土动强度指标的影响因素分析	148
7.5 小结	151
参考文献	152

第1章 绪 论

1.1 研究背景

随着我国国民经济的持续高速发展,汽车逐渐走进了千家万户,成为人们日常生活中不可缺少的交通工具。然而,汽车在给人们带来快捷便利的同时,也给社会造成了种种不利影响,由汽车废弃轮胎引起的环境污染和资源浪费就是其中最突出的问题之一。目前,我国是世界上最大的汽车销售市场,也是世界上最大的轮胎生产国,我国每年的废弃轮胎量也在逐年急剧增加。据不完全统计,世界废弃轮胎积存量已达30亿条,并以每年约10亿条的速度增长^[1,2]。我国作为橡胶轮胎消费大国,2011年淘汰的废弃轮胎就达到2.76亿条,2012年的废弃轮胎产生量则增至2.83亿条左右,且每年新产生的废弃轮胎量正以8%~10%的速度递增,预计到2015年将会达到3.68亿条。但是,目前我国废弃轮胎的循环利用率却只有60%,比西方经济发达国家低30%~40%^[3]。大量废弃轮胎长期露天堆放,不仅占用大量土地,而且极易滋生蚊虫,传播疾病,并容易引发火灾,废弃轮胎不完全燃烧释放出的碳氢化合物和有毒气体,对空气、水、土壤等人类赖以生存的环境也会造成严重污染,如图1-1所示。废弃轮胎橡胶被称为“黑色污染”,如何有效地回收利用废弃轮胎,节约资源,减少环境污染,既是一个世界性的难题,也是我国再生资源回收利用面临的一个新课题。

废弃轮胎由于含有橡胶等易燃物质,长期堆积容易引起火灾,如图1-2所示。日本大本县的一个废弃轮胎堆积场就曾因带胶钢丝氧化,导致积压的60多万条废弃轮胎自燃,大火持续燃烧了近3个月,造成了巨大的经济损失和严重的环境污染。废弃轮胎的堆积还会长期占用土地,从而造成了土地资源的浪费。在雨水较多的季节,废弃轮胎还容易滋生蚊蝇,再加上其含有的各种化学材料长期暴晒会产生危



图 1-1 废弃轮胎

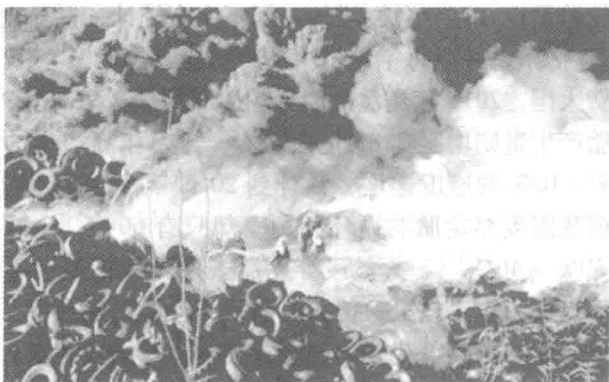


图 1-2 废弃轮胎引起的火灾

害物质，往往会对周围环境造成严重威胁^[4]。如何减少废弃轮胎的存量，降低其对环境的危害，是当前迫切需要解决的社会问题。目前，废弃轮胎综合利用途径可分为六类，即废弃轮胎直接利用、热分解、废弃轮胎翻新、燃烧利用、生产橡胶粉、生产再生胶^[5]。但是在我国现阶段无论采用哪种处理方式，废弃轮胎的利用率都比较低，并且再利用成本都相对较高，有时还会产生二次污染。废弃轮胎的密度相对较小，作为建筑材料具有质量轻的优点，可以有效降低竖向荷

载,减小地基沉降,同时,废弃轮胎还具有弹性,可以在一定程度上起到缓冲减震的作用,因此,将废弃轮胎作为建筑材料用于土木工程建设中是一个很好的解决废弃轮胎问题的有效途径^[6,7],此方法既可以减少废弃轮胎的存量,降低其对环境的污染,还能在一定程度上缩减工程建设的投资成本。

20 世纪 90 年代,国外就开始对废弃轮胎在土木工程中的应用开展研究,并且取得了较多的研究成果,但大规模的工程应用至今尚未开始。将废弃轮胎作为填筑材料应用到土木工程领域,可以很好地解决桥头跳车、边坡填土、路基沉降、管道沟回填、挡土墙稳定等土木工程问题^[8]。在国内,由于我国的汽车工业发展相对较晚,对废弃轮胎在土木工程中的应用研究还处于起步阶段^[9,10]。虽然国内少数学者在各种混合土的物理特性、强度特性、变形特性以及动力特性方面做了一些相关研究,但距离工程实际应用还很远。为了将废弃轮胎更好地应用到土木工程建设中,很有必要对其强度和变形特性开展全面系统的研究工作。

另外,随着我国经济的高速发展,国家基础建设的整合和更新,在铁路、公路、堤坝以及市政工程中,产生了大量的工程弃土,这些工程弃土主要包括:(1)物理力学性质不符合要求,不能作为填方材料使用的挖方;(2)土石方调配平衡后多余的弃方;(3)由于地理位置、交通条件的限制而无法处理的土方等。工程弃土作为建筑工程的附属产物,需要投入大量人力物力进行处理,通常会选择弃土场进行堆放处理,占用了大量的土地资源。在一些施工作业中,尤其是一些山区工程,乱堆乱弃现象比较严重,这不仅影响破坏了自然环境,严重时还会诱发滑坡、泥石流等自然灾害。如果能够将这些工程弃土加以利用,无论是从环境的角度还是从经济的角度来考虑都具有十分重要的现实意义。

针对废弃轮胎和工程弃土造成的资源浪费、环境污染和传统土木工程填筑材料日益缺乏的问题,提出将废弃轮胎橡胶颗粒作为填料,以水泥为固化剂,与工程弃土混合,形成一种新型的混合土,即废弃轮胎橡胶颗粒混合土,简称 RST 混合土。RST 混合土是一种高附加值的新型土工材料,不但可以有效地回收利用废弃轮胎橡胶,而且可

以就地取材地处理利用工程填筑土和工程弃土,减少了资源浪费,改善了土的性质,同时,还减少了废弃轮胎和工程弃土的环境危害和处理费用,具有重要的社会效益、经济效益和环境效益。

RST 混合土作为一种新型、环保的土工填筑材料,为废弃轮胎和工程弃土的处理和应用提供了一条有效的途径,具有广阔的工程应用前景,因此,为了将这种既环保又具有良好工程性质的新型土工材料推向工程实践,有必要对 RST 混合土的物理特性、强度特性、变形特性和动力特性进行全面系统的研究,以期研究成果能够更好地指导工程实践。

1.2 国内外研究现状与进展

对于混合土的研究,日本一直处于领先地位。早在 20 世纪 70 年代,日本就开始研究混合土,并将其大量应用到工程实践中,且取得了良好的效果^[11~13]。挪威、美国、法国、英国也相继开展相关研究,也取得了较丰硕的成果^[14~17]。但这些成果大多集中在对聚苯乙烯(EPS)颗粒轻质混合土^[18,19]和气泡轻质混合土^[20~22]物理特性、强度特性以及变形特性的试验与分析方面。目前,EPS 颗粒轻质混合土和气泡轻质混合土在实际工程中已被广泛应用^[23~28],并且取得了预期的使用效果,日渐成为一种相对成熟的建筑材料。

近年来,针对日益突出的废弃轮胎引发的资源浪费和环境污染问题,国内外学者提出将废弃轮胎应用到土木工程建设中来,并开始致力于对废弃轮胎橡胶颗粒混合土的研究。在国外,已经开展了一系列废弃轮胎橡胶颗粒混合土的物理特性、强度特性、变形特性以及动力特性的研究,在理论分析和工程应用方面均取得了一定的研究成果。在国内,由于我国的汽车工业起步相对较晚,对废弃轮胎橡胶颗粒混合土的研究尚处于起步阶段,因此,很有必要开展废弃轮胎橡胶颗粒混合土的物理特性、强度特性、变形特性以及动力特性方面的全面研究^[29~31]。

1.2.1 混合土的物理特性研究现状与进展

RST 混合土是一种新型的土工填筑材料,它的材料组成和配比情

况复杂多变,这也就决定了其物理特性的多样性。密度特性是 RST 混合土物理特性的一个重要方面,它是体现 RST 混合土轻量性的一个重要的物理参数,并且受制备 RST 混合土的各种原材料密度的影响。

国外对于 RST 混合土的研究较多,应用也相对较为广泛。Edil 和 Bosscher 将粒径为 50 ~ 75mm 的橡胶颗粒与各种土混合制备成 RST 混合土,并对其进行了基本力学性质试验、模型试验和现场试验,进而将其作为填筑材料应用到公路路基建设中,取得了理想的效果^[32]。2006 年, Cetin 向黏土中添加轮胎颗粒制成混合土,并将该混合土作为填筑材料,进而对该混合土的工程特性进行了试验研究^[33]。试验结果表明:该混合土的含水率不随轮胎颗粒的增加而明显降低,当轮胎颗粒的掺加量超过 10% 后,该混合土试样的含水率基本没有变化。Ahmed 和 Cecich 等人对废轮胎派生骨料的物理特性进行了研究, Ahmed^[34]测得粒径范围为 5 ~ 25mm 的废轮胎派生骨料的松散密度为 $0.4\text{g}/\text{cm}^3$, 重型击实能压实密度为 $0.56\text{g}/\text{cm}^3$; Cecich^[35]测得粒径为 12mm 的废轮胎派生骨料的 重型击实能压实密度为 $0.56 \sim 0.59\text{g}/\text{cm}^3$ 。

国内对于 RST 混合土的研究成果较少。2008 年,何稼等将低液限黏土、粒径范围为 4 ~ 5mm 的废弃轮胎橡胶颗粒和 P · O 32.5 普通硅酸盐水泥进行混合,制备了 RST 混合土,并对其基本物理特性进行了试验研究^[36]。研究发现:RST 混合土的重度随废弃轮胎橡胶颗粒的含量和含水率的增加而降低,随水泥含量的增大而增大。2010 年,辛凌等以粒径为 4.3 ~ 4.8mm 的废弃轮胎橡胶颗粒为轻质材料,以淤泥质黏土为原料土,以普通硅酸盐水泥为固化剂,制备了 RST 混合土,并通过室内试验研究了 RST 混合土的密度随原材料配合比的变化规律^[37]。试验结果表明:RST 混合土的密度随胶粒土比和水土比的增大而减小,随灰土比的增大而增大。在此基础上,通过合理的假设推导出了 RST 混合土密度的理论计算公式,并与试验结果进行了对比分析。2011 年,邹维列等将废弃轮胎橡胶颗粒与膨胀土混合,制备了改性膨胀土,并通过试验研究了其物理特性,进而与素膨胀土的物理特性进行了对比分析^[38]。对比研究发现:当轮胎橡胶颗粒的质量比低于 23% 时,改性膨胀土的液限随着橡胶颗粒含量的增

大而增大,但其塑限基本不变,从而导致其塑性指数随着橡胶颗粒的增大而增大。2013年,王照宇等将密度为 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ 、粒径为 $2\sim 4\text{mm}$ 的橡胶颗粒与水泥、粉煤灰按比例混合制备填料,并通过实验测得了填料试样的密度,发现该填料的密度随着橡胶颗粒含量的增大而线性减小;当橡胶颗粒含量由30%增大到60%时,填料的密度从 $1.56\text{g}/\text{cm}^3$ 下降到 $1.45\text{g}/\text{cm}^3$,明显低于普通填筑材料的密度,约为普通填料密度的80%。该填料能够有效降低其自重,从而有效减小了其对地基的竖向荷载,进而减小了地基沉降^[39]。

1.2.2 混合土的强度特性研究现状与进展

土的抗剪强度是土体抵抗剪切破坏的极限能力,是土的基本力学性质之一。RST混合土作为一种新型的土工填筑材料,研究其抗剪强度具有重要的理论科学意义和工程应用价值。

1996年,Foose^[40]通过直剪试验对粒径为 $5\sim 15\text{cm}$ 的轮胎碎片与干砂的混合物进行了一系列强度特性的试验研究,发现正应力和轮胎橡胶的含量对混合土抗剪强度的影响显著;混合土的抗剪强度高于纯砂的抗剪强度,且随其容重的增大而不断增大。2003年,Youwai等^[41]将废弃轮胎胶粒与砂混合制备了混合土,并通过三轴固结排水试验研究了混合土的强度特性。研究结果表明,随着围压的增大,橡胶颗粒与砂混合后的抗剪强度线性增大;纯胶粒的抗剪强度明显低于砂土击实后的抗剪强度,两种材料混合后的抗剪强度则介于两值之间。2006年,Cetin等使用常规直剪仪对废轮胎派生骨料与黏土混合物的工程特性进行了试验研究。研究结果表明:随着正应力的增大,混合土的剪切强度有所增大;当废轮胎派生骨料的含量低于40%时,混合土的 c 值增大, φ 值减小,莫尔包络线沿顺时针方向旋转;当废轮胎派生骨料的含量高于40%时,混合土的 c 值减小, φ 值增大,莫尔包络线沿逆时针方向旋转。

在国内,也有部分研究人员对RST混合土的强度特性进行了研究。2008年,何稼通过试验研究发现,由低液限黏土和废弃轮胎橡胶颗粒制成的RST混合土的不排水抗剪强度较高,不同配比的RST混合土的 c 值在 $70\sim 200\text{kPa}$ 范围内, φ 值集中在 $11^\circ\sim 15^\circ$ 范围内, c'