

产品应用

废橡胶在水泥混凝土和沥青混凝土改性中的应用

刘超锋

(郑州轻工业学院 河南省表界面科学重点实验室, 河南 郑州 450002)

摘要:介绍了废橡胶在混凝土中的多项应用研究及其结果。废橡胶可以直接掺用或改性后掺用在水泥混凝土、沥青混凝土中改善其性能,还解决了废橡胶再利用的难题。废橡胶改性剂的优选仍是需要进一步重视的课题。

关键词:废橡胶;混凝土;改性剂

混凝土也称砼,是最主要的土木工程材料之一。它是由胶结材料、骨料和水按一定比例配制,经搅拌振捣成型,在一定条件下养护而成。混凝土按胶凝材料不同分为水泥混凝土、沥青混凝土、石膏混凝土及聚合物混凝土等。

混凝土的和易性又称工作性,是指混凝土拌合物在一定的施工条件下便于各种施工工序的操作,以保证获得均匀密实的混凝土性能,它包括流动性(稠度)、粘聚性和保水性。混凝土强度包括抗压、抗拉、抗剪、抗弯、抗折及握裹强度。混凝土的变形有化学收缩、干湿变形及温度变形等。混凝土耐久性包括混凝土的抗冻性、抗渗性、抗蚀性及抗碳化能力等。水泥用量过多,在混凝土的内部易产生化学收缩而引起微细裂缝。废橡胶应用在水泥混凝土、沥青混凝土中可以改善其性能。

1 废橡胶用于水泥混凝土

水泥混凝土是用量最大的建筑材料。利用废轮胎胶粉质轻和韧性的特点可改善水泥混凝土在表观密度、隔音隔热、减震降噪、耐磨耐蚀等方面的性能。橡胶土是一种新的轻质多孔隙建筑材料,主要由碎橡胶、水泥、煤灰或粉煤灰、橡胶粉、聚合物纤维和水制成。碎橡胶主要来自去掉钢丝的废旧轮胎,也可从其他回收的橡胶制品中获得。按预定比例将原材料充分混合、制浆后浇筑成轻质多孔隙的建筑材料,也可将制成的浆倒入铸模浇筑成轻质建筑块。应用的领域包括路堤、挡土结构、山坡填土、地下厂房回填、道路填土、土地开

垦等。

1.1 直接掺用

废轮胎胶粉可以作为高强混凝土的改性材料。试验研究表明,随着橡胶粉掺入量增大,高强混凝土的强度有所下降,而胶粉细度的影响则不明显;增大了高强混凝土的能量吸收能力,使其高脆性的缺点得到了改善,延性得到了提高。

对橡胶混凝土圆柱体循环加载的试验数据表明,与普通混凝土相比,用橡胶粉或者橡胶块代替粗骨料的橡胶混凝土的脆性指数有不同幅度的降低,材料的延性有所改善。

3个橡胶颗粒体积含量分别为10%、12.5%、15%的混凝土试件的弯曲试验结果表明,含橡胶颗粒的混凝土试件在弯曲过程中会产生明显的塑性变形,试件不会在承受最大荷载时产生脆性断裂,而是在经过较大的塑性变形后延性破坏;与基准试件相比,混凝土试件破坏时的极限变形值均有大幅度提高。

试验表明,橡胶集料混凝土的弹性模量较基准混凝土有大幅度的降低,峰值轴压应变可达 4.106×10^{-6} ,弯曲状态下,拉应变曲线上橡胶集料混凝土存在明显的屈服点,极限拉应变可达 $260 \times 10^{-6} \sim 640 \times 10^{-6}$,大大超过基准混凝土,掺入橡胶集料可有效地提高混凝土的韧性和变形性能;1年龄期的橡胶集料混凝土试件的立方体抗压测试表明,其后期强度呈现可观的增长。

废旧轮胎加工成胶粒,替代一定比例的砂子配制成胶粒混凝土,可以改善道路用混凝土的抗

裂性和耐久性。针对混凝土工程中面板混凝土裂缝的问题,在混凝土中掺入废橡胶粉、粉煤灰及外加剂等,调整混凝土的内部结构,混凝土的极限拉伸值、抗拉强度和抗裂韧性得到了提高,而脆性和弹性模量降低,裂缝明显减少。

以不同掺入量的废橡胶粉取代页岩陶粒混凝土中的部分砂,配制成橡胶轻骨料混凝土(RIC),对 RIC立方体抗压强度、轴心抗压强度、弹性模量以及受压破坏形态进行研究,结果表明,随着废橡胶粉掺入量的增大,RIC的干密度、抗压强度和弹性模量均逐渐减小,破坏形态也与普通陶粒混凝土的脆性破坏形态截然不同,表现出明显的塑性破坏特征。废橡胶粉有一定的引气作用,且废橡胶粉与水泥石界面结合较好。

以橡胶微粒为掺合料,在不同体积替代量(替代砂)下制备多组改性混凝土试块。力学性能试验结果表明,改性混凝土的立方体抗压强度、劈裂抗拉强度、弯折强度等均随橡胶掺入量的增大而降低,从其破坏状况与普通混凝土破坏状况的对比中发现,改性混凝土具有密度小、韧性好、抗裂性能高、变形能力大、力学性能可恢复等传统混凝土难以企及的卓越性能。

橡胶混凝土橡胶粉掺入量如果过大,会影响其实际工程应用。同济大学发明的混凝土,以最大粒径为 15 mm的橡胶块代替部分粗骨料,其中橡胶块的体积含量为粗骨料体积含量的 13%~17%。此橡胶混凝土拌合料的塌落度比相同配置的普通混凝土略有降低,但在施工过程中可以通过调节水泥浆的用量来调整塌落度,使混凝土易于施工,满足施工要求。在混凝土中掺入废旧橡胶块,解决了废橡胶处理费用高和环境污染等问题,橡胶混凝土路面也比普通混凝土路面噪声下降 2~3 dB

橡胶水泥混凝土在水或硫酸钠/氯化钠复合盐溶液中长期浸泡以及在常温浸泡、55℃烘干的浸烘循环作用下,其相对动弹性模量、抗压强度、抗弯强度的变化以及混凝土中的氯离子浓度分布分析研究表明,橡胶水泥混凝土长期浸泡在水或复合盐溶液中的性能与对比混凝土相当,但在浸烘循环作用下,橡胶水泥混凝土的性能随循环次数的增加逐渐劣化,复合盐溶液的作用会进一步

加剧性能的劣化,因此橡胶水泥混凝土不宜应用于长期处于干湿交替、干热或有硫酸盐腐蚀的环境中。

研究表明,以不同比例的橡胶粉或橡胶颗粒分别代替水泥和砂,制作的 C50橡胶混凝土的力学性能较基准混凝土有所下降,但采用加压成型工艺可有效改善其下降幅度;橡胶粉(颗粒)掺入量在 10%以下时,可明显改善混凝土的抗冻和抗渗性能。

各类混凝土结构及现有墙体砌块工程中常出现裂缝、隔音差、抗震性能不够、抗冲击性不足等问题。由金属材料含量(质量)0~90%、废橡胶和塑料含量为 0~90%、建筑用粗细骨料含量为 0~50%、外加剂含量为 0~10%和凝胶材料含量为 5%~60%组成的金属橡胶混凝土有效解决了上述问题,可广泛应用于桥梁、路面、飞机跑道、大坝及其他建筑。而且此成果使大量废旧金属材料、粉末、废旧轮胎、废旧塑料得到了再利用,具有广泛的经济效益和社会效益。

普通水泥混凝土路面刚性大,汽车在上面行驶时将会产生很大噪声。另外,由于水泥混凝土材料温度变形大,在水泥混凝土路面施工过程中,为保证路面的耐久性,通常会设置较宽的收缩缝,这也将产生较大震动。世界道路建造的主流是用沥青混合料作为路面材料。但随着沥青作为自然资源不断减少,沥青混凝土道路建造和维护费用将越来越昂贵。城市道路噪声污染问题越来越受到关注,人们希望能有一种路面材料,不仅能有效地降低道路噪声,还能不增加成本。上海交通大学发明一种路面混凝土材料,其组成(质量含量)为:普通硅酸盐水泥 15%~17%,粉煤灰 1%~3%,碳酸钙矿粉 8.6%~9.6%,两种废轮胎胶粒 3.5%~5.5%,粗集料 25.6%~28.6%,细集料 29.3%~32.0%,水 9%~10.5%,高效减水剂 0.2%~0.4%。其所浇筑的水泥混凝土路面具有高弹性和高柔韧性,同时可以有效减少、缩小或消除水泥混凝土路面的伸缩缝,达到消除、降低和吸收噪声的效果,具有环保价值。

1.2 改性后掺用

在混凝土中掺加废橡胶胶粉可以有效改善混凝土的收缩性能,提高其韧性、抗冲击性能、耐疲

劳性能甚至抗冻性能,但同时混凝土的强度和弹性模量也会显著下降,这限制了橡胶粉在混凝土中的应用范围,通过对废胶粉进行改性,可以有效解决这个问题。熊杰等人将废轮胎橡胶碎料作为一种添加成分取代部分粗骨料,测试了混凝土的抗压强度。结果表明,橡胶混凝土的抗压强度随橡胶掺入量的增大逐渐降低,而且并非颗粒越大,强度降低越多。胶粉粒子的表面用饱和氢氧化钠水溶液改性 20 min 后,加入水泥浆中,可以增强橡胶和基体间的粘合力,其力学性能如弯曲强度、断裂能都有所提高。橡胶粒子的加入提高了混凝土韧性,减少了多孔性。将改性后的胶粉粒子作为添加剂,而不是作为粗集料加入到水泥为基体的材料中,所得材料在工程强度要求不高的场合如公路建设中是很有前途的。

对胶粉的掺入量、粒径、表面活性剂和树脂改性胶粉对混凝土强度的影响,黄少文等人的研究表明,在掺入量相同的条件下,掺加的胶粉越细,水泥砂浆的强度越高。当胶粉达到一定细度后,其强度值变化减小;当胶粉掺入量不超过 10% 时,水泥砂浆的早期强度(3 和 7 d)不会下降;当胶粉掺入量不超过 5% 时,3 d 强度还有所增加;利用表面活性剂和树脂对胶粉进行改性,可增强胶粉与水泥浆体的界面联接,能显著减少因胶粉掺入引起的强度下降,C₁₂型硅烷偶联剂的改性效果最好。这是因为硅烷偶联剂与胶粉混合并经强力搅拌包覆在胶粉表面,其中的有机基团可能部分地与胶粉形成了化学键合,而无机基团(硅醇)则和水泥凝胶结合,从而使胶粉与水泥凝胶更牢固地联接在一起。进一步的研究证实,改性对胶粉水泥砂浆 28 d 抗压强度有明显改善作用;用有机改性剂改性的胶粉制备的水泥砂浆具有较好的性能效果;无机改性剂价格低,具有推广价值。

降低水灰比能明显提高橡胶混凝土的强度,橡胶颗粒表面用 PVA 和硅烷偶联剂处理能显著增加抗压强度,如果多种方法联合使用效果更好。橡胶改性混凝土的强度虽然有所降低,但其韧性和耐疲劳特性却显著增加。此外,在扫描电镜(SEM)下所观测的橡胶混凝土微观结构同样证实了偶联剂处理橡胶颗粒表面能够提高水泥基体与橡胶颗粒的界面粘结强度。

2 沥青混凝土

我国台湾地区应用废轮胎胶粉拌制沥青混凝土铺筑路面 4 年的经验证明,废轮胎胶粉用于铺路,不仅可使废轮胎循环再利用,解决环保问题,而且废轮胎胶粉的加入可改善沥青路面的品质,达到环保与工程双赢的结果。

橡胶粉沥青混凝土材料组成与路面噪声性能之间关系的研究结果表明,影响橡胶粉沥青混凝土路面噪声性能的主要因素有 3 个:橡胶粉的掺入量、骨料配合比和空隙率。

将切碎后的大小为 2~3 mm 的颗粒状废橡胶作为弹性沥青混凝土路面材料组分,室内实验结果表明:掺有废橡胶的沥青混凝土弹性增加,耐水性、抗飞散剥离和抗滑等性能均得到改善;当废橡胶掺入量(质量含量)达到 9.4% 时,沥青混凝土具有明显的防路面冻结性能;在实际工程中,预计掺入 2%~3% 的废橡胶就可使沥青混凝土具有明显的弹性和防路面冻结性能。

室内试验表明,借鉴沥青玛蹄脂碎石(SMA)路面的配比,在集料中掺加一定量的废旧轮胎胶粒,可以增加沥青混合料的弹性和阻尼性能,使得铺筑的路面(称为骨架密实型降噪路面)具有降低轮胎路面泵气噪声和阻尼减振降噪的双重效果。废橡胶颗粒的掺入量为集料的 1%~3% 时,沥青混合料的高温稳定性和低温抗裂性能均得到改善,水稳定性略有下降。试验路面测试结果证明,小汽车车速在每小时 40~80 km 时,与普通沥青混凝土(AC)路面相比,骨架密实型降噪路面可降低噪声 2~3 dB(A)。

3 结语

废橡胶在水泥混凝土、沥青混凝土中的应用研究较为活跃,直接掺用在水泥混凝土中的试验研究涉及了各方面性能,不足是应用成果不是很多。废橡胶改性后掺用在水泥混凝土中的研究不是很成熟,寻找合适的改性剂是需要重视的研究课题。废橡胶在沥青混凝土中的应用成果已经较为成熟,但进一步改善其性能需要开发适用的改性剂。

参考文献:略