

橡胶混凝土界面过渡区微观分析

何晓莹

陕西省土地工程建设集团有限责任公司

摘要: 界面过渡区的结构和性能很大程度上影响了橡胶混凝土的力学性能和耐久性。本文通过探讨界面过渡区的形成、研究方法、微观形态以及微裂纹宽度,进一步了解界面过渡区微观结构特性与橡胶混凝土宏观力学性能之间存在的内在联系,对于改善橡胶混凝土性能,提高废旧橡胶集料再利用的可行性具有极其重要的意义。

关键词: 橡胶混凝土; 界面过渡区; 微观分析

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2020.12.089

一、前言

随着经济和建筑业的快速发展,建筑垃圾回收利用已成为现代社会发展的必然趋势,其目的是通过减少对自然环境的污染来实现从消费型社会向可持续发展社会的转变。据估计每年大约有超过50%的轮胎未经任何处理就被丢弃^[1]。将橡胶颗粒作为混凝土混合物中细集料或粗集料受到各国学者的广泛关注,研究发现橡胶会对混凝土的力学性能产生不利影响,但其作为柔性材料,可显著改善混凝土的脆性,使其具有优异的延展性、耐久性以及保温隔热等优点^[2]。橡胶混凝土结构的破坏是微裂纹萌生和扩展的结果,混凝土中第一裂纹萌生的区域是粗集料与基体之间的界面过渡区(ITZ)^[3]。虽然ITZ中的化学成分和矿物组成与水化水泥浆体相似,但结构和性能与水泥浆体有明显不同。ITZ作为复合材料中最弱的相,其低性能是影响橡胶混凝土力学及耐久性的关键因素。因此,从科学经济的角度研究复合材料ITZ是有必要的。

二、界面过渡区的形成

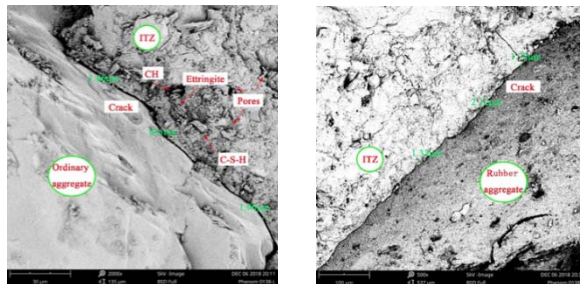
在混凝土拌和、水化早期以及硬化过程中,骨料与水接触后会在其周围形成一层水膜,水泥浆体在集料表面聚集并发生水化反应使得水泥浆与集料之间产生15-50um的薄层部分称为ITZ。各国学者对水泥基复合材料ITZ的形成机制进行了广泛研究,将其成因主要归结为单边生长效应、“边界”效应、微区泌水效应、絮凝作用、离子迁移与沉淀及成核、浆体收缩作用^[4]。虽然ITZ本身相当窄,但在水泥浆中占有相当大的比重,橡胶集料混凝土中ITZ可分为两种,一种为砂石-水泥浆体界面,一种为橡胶集料-水泥浆体界面。目前探究ITZ孔隙结构和各物相的微观特征的方式有:纳米压痕技术、显微硬度技术、X射线断层扫描技术、电子探针技术、扫描电子显微镜^[5]。

三、橡胶混凝土微观结构特性

(一) ITZ微观形态

橡胶混凝土ITZ微观结构如图1所示,图1(a)可以看到许多片状氢氧化钙晶体(CH)、针状钙矾石晶体(Af_t)和少量板状水化硅酸钙(C-S-H)凝胶。混凝土界面区的水化产物是由硬化水泥浆体溶解出的离子向集料表面液膜扩散并互相反应生成的,普通集料具有很强的亲水性,水会立即迁移到集料表面,石膏和铝酸钙等化合物溶解产生的Ca²⁺、SO₄²⁻、OH⁻和Al₃⁺相结合,形成Af_t晶体和CH结晶^[6]。橡胶集料属于非极性有机高分子材料,不与水泥和集料发生反应,掺入橡胶后,其水化产物不会有新的物相结构,但橡胶集料表面憎水以及含有部分有机酸会使得水迁移的速度减缓,形成局部低水灰比环境,降低Ettringite晶体和C-S-H的凝胶含量和粒径大小,使得橡胶集料与砂浆之间ITZ的水化产物疏松且不连续,过渡区宽度

大。此外,橡胶粉与砂浆混合时会有大量空气掺入,在砂浆中形成气泡,如图1(b)所示。当橡胶掺量增加时,孤立大孔之间相互连接的概率增加,这将降低混凝土的抗渗性能。



(a) 砂石-水泥浆 ITZ (b) 橡胶集料-水泥浆 ITZ

图1 橡胶混凝土ITZ微观结构

(二) ITZ微裂纹宽度

目前传统的橡胶混凝土试验研究主要侧重于ITZ的形成机制及其微观结构,包括厚度、硬度以及孔隙度,对于ITZ微裂纹宽度对混凝土特性的影响尚未进行系统的研究。在混凝土中掺入小粒径的橡胶粉可以较好地黏附在基体上,以聚合物和填料的形式填充微观结构,从而减少ITZ的裂纹宽度,提高混凝土的密实度。但随着橡胶集料粒径的增大,橡胶-水泥浆ITZ间会产生明显的分界。这是因为橡胶作为有机材料,与水泥的物理化学性能存在较大差异,具有不相容的特性^[7],粘结程度远不如砂石-水泥浆间紧密,另一方面橡胶与水的接触角在80°-120°,而水泥浆体与水的接触角只有44.35°,高接触角增加了材料的疏水性,降低了局部水灰比,晶体的尺寸和产量减小,使之产生明显的分界。

四、结论

本文从ITZ的形成机理以及微观结构出发,对橡胶混凝土ITZ的特性进行了系统了解,并通过分析橡胶集料-水泥浆ITZ与砂石-水泥浆ITZ的微裂纹宽度的不同,探究了橡胶集料粒径及掺量对其微观性能的影响。

参考文献

[1] 于利刚. 废橡胶粉的杂化改性及其对水泥基材料结构与性能的影响[D]. 华南理工大学, 2010.
 [2] 李彰. 掺橡胶粉的路面水泥混凝土微观结构改性机理研究[J]. 石家庄铁道大学学报(自然科学版), 2015, 28(03): 40-43.
 [3] 王文婧, 许家文, 等. 橡胶颗粒对再生混凝土氯离子渗透性影响研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2013(11): 15-17.
 [4] 欧阳利军, 安子文, 等. 混凝土界面过渡区(ITZ)微观特性研究进展[J]. 混凝土与水泥制品, 2018(02): 7-12.
 [5] 申艳军, 张欢, 等. 混凝土界面过渡区微-细观结构识别及形成机制研究进展[J]. 硅酸盐通报, 2020, 39(10): 3055-3069.
 [6] 施惠生, 居正慧, 等. ITZ形成机制及其对混凝土力学性能与传输性能的影响[J]. 建材技术与应用, 2014(06): 11-18.
 [7] 许翊, 刘涛. 橡胶粉掺量和粒径对混凝土物理力学性能的影响研究[J]. 公路工程, 2015, 40(01): 266-269.