

可再生混凝土新材料可持续发展分析

Wang Xianpeng (王现鹏)

Белорусский национальный технический университет

Abstract: in the 21st century, in order to realize the concept of carbon neutrality in the construction industry, the research and development of new forms of construction engineering materials is imperative. This article briefly introduces the properties of renewable concrete additives and their recycling methods.

Keywords: sustainable development of concrete materials, environmental protection.

在中国沿海地区，水产养殖业发达，据统计 2020 年牡蛎养殖产量 522.56 万吨，牡蛎壳属于低价值的资源或者是废弃物，其主要成分是 CaCO_3 理化性状稳定，碳酸钙纯度高达 96%。目前牡蛎壳的开发及可循环利用较小，处理方法单一，自然分解效用差，易造成土地碱化板结，污染生态环境。若把生蚝壳破碎作为混凝土粗骨料或把生蚝壳利用铝厂污泥还原成刚性复合材料提高混凝土的强度对生态环境环保及新材料的可持续发展具有指导性意义。椰壳纤维同样作为中国沿海地区的高产植物，它的大量废弃也对生态环境造成了负荷，经研究椰壳纤维是一种性能友谊的天然植物纤维，其物理特性为直径为 $100\text{--}450\mu\text{m}$ ，长度 $10\text{--}25\text{cm}$ ，密度 $1.12\text{g}/\text{cm}^3$ ，是一种具有多细胞附聚结构的长纤维。椰壳纤维线密度低、长度分布连续，具有良好的韧性，并且价格低廉，是一种良好的复合材料添加剂的天然植物纤维。椰壳纤维增强材料对于改善水泥基材料的韧性和抗冲击性、大幅度提高混凝土的断裂能，防止混凝土发生脆性破坏具有重要意义。

植物纤维-椰壳纤维添加物采用普通混凝土、重混凝土两种试件。普通混凝土采用试件尺 $40\text{mm}\times 40\text{mm}\times 160\text{mm}$ ，养护条件 14d ($20\pm 3^\circ\text{C}$) 湿度 $90\%\pm 5\%$ ；材料用量：水泥 50g 、细沙 1500g 、水 250ml 钢纤维 8.5g 玻璃纤维 8.5g 、椰丝纤维 8.6g 。重混凝土采用试件尺寸为 $100\text{mm}\times 100\text{mm}\times 400\text{mm}$ 和 $100\text{mm}\times 100\text{mm}\times 100\text{mm}$ ，养护条件： 28d ，($20\pm 3^\circ\text{C}$) 湿度 $90\%\pm 5\%$ 。材料用量：水泥 $400\text{kg}/\text{m}^3$ —— 3.5kg 、细沙 $730\text{kg}/\text{m}^3$ —— 7.1kg 、粗骨料 $1100\text{kg}/\text{m}^3$ —— 11.0kg 、水 $180\text{L}/\text{m}^3$ —— 1.8L 、椰丝纤维 $50\text{kg}/\text{m}^3$ —— 0.4kg 。按照上述比例分别制作同规格试件，纤维替换为单一纤维、两种混合纤维及三种混合纤维的对比实验。并对实验数据进行归纳整理，分析其抗拉、抗压值、应力与应变曲线、可降解性、回收利用率、经济性能等指标；确定其在可再生混凝土的价值。贝壳类-生蚝壳骨料在椰壳纤维的实验方法原有基础上同样制备普通混凝土、重型混凝土两种试件，更换试件粗骨料替换为 $1/2$ 天然骨料 77Kg ，破碎的牡蛎壳 33Kg 。对比试验分为两组分别为天然骨料 11Kg 及生蚝壳 11Kg ，纤维添加数量及水灰比保持不变。

再生混凝土的制备方法通常是将可再生混凝土及建筑垃圾进行分类，使用 PE 颚式破碎机破碎后冲洗、分级振筛得到再生石粉、再生细骨料与粗骨料，加入水泥或混凝土基体中，替代部分的粗、细骨料或矿物掺合料。针对再生混凝土进行实验分析，研究其新拌浆体和易性、物理及力学性能微观组织形貌、界面结合情况、断裂机理、耐久性问题。并对其新拌混浆体和易性、硬化后的密度、无侧限抗压强度、力变曲线、微观结构和界面结构等进行分析研究，并进行一定的数值模拟。结论表明再生混凝土不易作为高强混凝土的骨料；其较多的孔隙对界面处水泥砂浆起到了养护作用，使得界面过渡区结构更加密实，从而使再生混凝土抗冻性能与普通混凝土相当，甚至在冻融循环过程中再生混凝土的优势比普通混凝土更明显，基本满足混凝土耐久性的规范要求。相比于天然骨料其用途可用做公路工程的路基铺设、市政工程的素混凝土垫层以及建筑工程中的非高强度混凝土构建、建筑非承重部位及小型砌块。不可用于高层建筑主体结构、水利工程防浪墙等工程的主要混凝土原料。

提高再生混凝土的强度及利用率，我们通过使用有机、无机、有机无机复合溶液对再生骨料浸泡使用硅烷提高骨料的密度，PVA 处理降低骨料的吸水率。利用纳米材

料独特的渗透作用和较高的活性特点，使用纳米碳酸钙和纳米二氧化硅溶胶对再生骨料浸渍处理，使其对再生骨料进行强化处理，填充再生骨料的孔隙，使再生混凝土的力学性能与微观结构得以改变。也可以添加椰壳纤维、聚丙烯纤维、HSN 引气高效减水剂等提高再生混凝土的抗拉、抗压性能。从而避免可再生混凝土骨料吸水性大、骨料裂纹多、砂浆和易性的影响，缩短再生混凝土骨料与天然混凝土骨料间的差距，进而提高混凝土结构的工程服役强度。

使用天然植物纤维及贝壳类骨料作为混凝土的添加物所制备的新型可再生混凝土，经研究表面其可作为建筑工程混凝土可持续发展的路径。随着可再生技术的提高逐渐趋于碳中和理念的实现，从而为全面实现建筑业的环保节能提供了应用途径。