

文章编号: 0451-0712(2004)12-0182-04

中图分类号: U414.180.9

文献标识码: A

废弃水泥混凝土再生集料需水量问题分析

张 超¹, 徐桂萍²

(1. 长安大学公路学院 西安市 710064; 2. 广东工业大学建设学院 广州市 510640)

摘 要: 废弃水泥混凝土再生集料在配制混凝土或采用无机结合料稳定做基层材料时, 存在明显的需水量改变的问题。通过试验和分析认为, 需水量的改变一是再生集料配制混凝土时要额外吸收一定的水分, 二是因为水泥稳定基层材料在击实时将再生集料中原有的结晶水成分累加造成的。

关键词: 废弃混凝土; 再生集料; 含水量; 热分析试验

旧水泥混凝土道路的改建, 必定会产生相当数量的废弃混凝土块。以一条 9 m 宽的二级路为例, 当混凝土板厚 0.24 m, 则改建每公里公路就将产生 2 000 多 m³ 的混凝土块, 可见改建一条几公里或几十公里的水泥混凝土道路所废弃的混凝土数量是十分巨大的。显然如此之多的废弃混凝土再生利用是一个必须解决的实际问题, 这不仅是一个关系到旧混凝土道路改建的问题, 同时也是一个涉及到保护道路周边环境、促进当地经济可持续发展的问题。

废弃混凝土路面板再利用有效而简便的方法是

将其轧制成一定规格的粒料, 重新用于改建道路的基层或配制成再生混凝土面层。实践中发现, 这两种用途都存在需水量发生显著改变的现象, 而且这种需水量变化的特点和趋势也不尽相同。因此, 分析这一现象产生的原因和处理的方法, 将是废弃混凝土再利用时必须解决的问题。

1 再生集料技术性质

通过控制最大粒径的方法, 采用普通颚式轧石机进行初步粉碎, 一般将轧碎的再生集料粒径控制

收稿日期: 2004-06-16

[7] 侯作富, 李卓球, 唐祖全. 碳纤维导电混凝土的交直流电性能对比研究[J]. 混凝土, 2002, (4).

[8] 沈刚, 董发勤. 复相导电混凝土的研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2003, (6).

Performance Research on Carbon Fiber Conductive Concrete

SHEN Gang, DONG Fa-qin

(Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

Abstract: The carbon fiber conductive concrete is prepared in CF elementary material of function. The changes of the resistivity and 28 days compressive strength with carbon fiber contents and the resistivity variation with the voltage of AC power are analyzed. The electro-thermal efficiency is analyzed under the different voltages and accounted approximately by a trend numeration. The experimental results show that the critical content in volume of CF is 1.0%. The resistivity decreases with the increasing of voltage. The thermal energy produced in CFRC connected to AC power source is enough for deicing and snow melting purpose. Thermal transformation efficiency of CFRC is up to 99.5% by the trend numeration.

Key words: carbon fiber; conductive concrete; resistivity; electro-thermal efficiency; thermal transformation efficiency

在 30 mm 以下,粒径超出的部分过筛挑出,经二次加工使之在粒径上符合要求。表 1 和表 2 分别是经过轧制后用于半刚性基层或水泥混凝土时主要技术指标的实测结果。

表 1 测试结果显示,除了混凝土用集料在 10 mm 处与规范相比有极少量的超标之外,普通轧石机轧制的再生集料在各项指标上都可以满足相关要求,从而为废弃混凝土的再生利用打下良好的基础。

表 1 基层用集料技术指标

指 标	再生集料实测值		规范要求	
	筛孔尺寸 mm	通过量 %	水泥稳定粒料类 通过量/%	二灰稳定类 通过量/%
筛分	20	92.8	55~100	85~100
	10	70.25	40~100	60~80
	5.0	48.05	30~90	30~50
	2.0	24.55	18~68	15~30
	1.0	—	10~55	—
	0.5	9.70	6~45	10~20
	0.25	7.70	3~36	—
	0.075	3.10	0~30	0~10
压碎值/%	17.6~18.1		高等级公路 ≤30	一般公路 ≤35
坚固性/%	8.5		≤12	
针片状颗粒 含量/%	9.3		≤15	

表 2 混凝土用集料技术指标

指 标	再生集料实测值		规范要求
筛分	筛孔尺寸/mm	通过量 /%	通过量/%
	31.5	100	95~100
	25	—	67~77
	20	48.30	44~59
	15	—	25~40
	10	25.6	11~24
	5	7.31	3~11
	2.5	0	0~5
压碎指标值/%	12.6		13~30(各类 石料的总范围)
洛杉矶磨耗/%	27.2		25~35 (二级石料)
表观密度/(g/cm ³)	2.63		实测
坚固性/%	8.5		质量损失≤12

2 再生集料需水量问题

按照普通路用混凝土设计指标抗弯拉强度 4.5~5.0 MPa(此时对应的抗压强度应在 30~35 MPa 之间)的要求,全部采用再生集料配制路面混凝土,得到的初步配合比为:

水泥:水:砂:再生集料=337:155:654:1 270;W/C=0.46;砂率=34%。

采用上述初步配合比进行试拌,发现新拌混凝土非常干涩,几乎没有坍落度,而且整个混凝土显得非常干涩。重新试拌,砂、石用量不变,在原有的配比下又增加 5%的水泥浆,坍落度仍不理想。而同时采用普通粗集料在相似级配和相同配合比的情况下却能达到近 20 mm 的坍落度,且新拌混凝土也不干涩,可见采用再生集料配制的混凝土在需水量上与普通混凝土相比有很大的差别。

另一方面,基层中利用再生集料其相应的需水量也出现异常。以水泥或石灰粉煤灰稳定粒料是目前公路基层中最常用的材料形式。因此采用再生集料以两种无机结合料稳定方式、通过常规方法测得几种不同再生集料半刚性基层材料击实结果列于表 3。

表 3 再生集料击实结果

配合比	最佳含水量 %	最大干密度 g/cm ³
水泥:再生集料=5:95	10.9	1.868
水泥:再生集料=6:94	10.8	1.977
石灰:粉煤灰:再生集料=4:16:80	12.9	1.797
石灰:粉煤灰:再生集料=6:24:70	13.9	1.737

击实结果与常用基层材料的结果相比没有显现出异常现象,然而在按照上述结果室内进行成型时,发现水泥稳定类所加的水量远高出实际所需的用水量,大量的水分从试模中挤出。这一异常现象在以往的水泥稳定基层材料的应用中从未出现过,显然问题的产生缘自再生集料。

可见废弃混凝土再生集料在混凝土或半刚性基层中的应用的确实存在显著的需水量异常现象,而且这两种异常现象的变化趋势恰恰相反,前者需水量要加大,后者要相应减少。

3 再生集料需水量异常现象分析

3.1 再生集料混凝土需水量异常分析

水泥混凝土工作性好坏主要取决于构成混凝土

的材料组成,如材料自身特性、水灰比、浆集比和砂率等,显然上述混凝土工作性不良,坍落度明显偏低的问题在于再生集料性状的独特性上。从材料自身上看,粗集料表面粗糙、棱角程度高,在材料内部产生的摩阻力就大,因此新拌混凝土的坍落度相对就低,所以采用碎石拌和的混凝土的坍落度比卵石的要低一些。虽然不能说由废弃混凝土轧制的再生集料比普通碎石棱角程度高,但其表面更加粗糙却是显而易见的,因为再生集料表面除了原有集料新形成的面之外,相当多的表面是由硬化的水泥裹覆的砂子形成的,粗糙性由此而提高,成为再生集料新拌混凝土坍落度降低的原因之一。

而造成再生集料新拌混凝土坍落度偏低的更为主要的原因在于再生集料的吸水性上,经室内测定,再生集料的吸水率达到 5.8%,而同样方法测得普通粗集料的吸水率仅有百分之零点几。显然混凝土中加入的水除了满足水泥的水化、形成所需的流动性之外,还要有一部分供再生集料吸水之用。所以按以往普通方法进行混凝土配合比设计并不能完全适应再生集料混凝土的配合比设计,其中的用水量要明显加大,以应付再生集料的吸水性要求。但如果按照再生集料用量的 5.8% 增加用水量,则总的水量是 229 kg/m^3 ,而此时的水灰比将达到 0.68,远远超出通常路用混凝土水灰比在 0.46~0.50 的范围。为保证耐久性要求,同时考虑到实际使用时通过掺加减水剂的方法达到减水的目的,因此重新试拌在加入一定量的减水剂的同时,仅增加用水量为再生集料吸水量的 50%,即按再生集料吸水率的一半 2.9% 来加大用水量,此时的坍落度有 16 mm。同时进行强度等指标的实际验证,最终提出新的配合比为:

水泥:水:砂:再生集料=369:203:663:1290; $W/C=0.55$;砂率=34%。

即使如此,再生集料混凝土的用水量已比原来高出 53 kg/m^3 ,水灰比也增加了近 0.1。相应混凝土的性质检测指标列于表 4。

表 4 再生混凝土强度检测结果

28 d 抗弯拉强度			28 d 抗压强度		
强度 MPa	标准差 MPa	偏差系数 %	强度 MPa	标准差 MPa	偏差系数 %
5.17	0.028	1.58	32.64	0.530	1.62

万方数据

3.2 再生集料基层需水量异常分析

通过击实方式得到的最大干密度和最佳含水量结果,是在规定的击实功条件下,被击实材料的固、液、汽 3 种形态物质所能达到的一种平衡状态,而出现水泥稳定再生集料的需水量偏高的异常现象,必定是这种平衡状态受到某些影响所致。

根据击实试验的操作方法可知,最佳含水量的测定是在 105°C 的高温下进行的。在这一温度下,应该只有水分的挥发所产生的质量损失。但对相关原材料单独在 105°C 进行加热时发现,水泥材料无任何质量上的改变,普通碎石也仅有 0.3% 的质量变化,而再生集料却有高达 4.6% 的质量损失。这就意味着在击实的计算过程中将这部分的质量损失计作了含水量,从而造成试件成型时因用水量过高而挤出大量水分的现象。

之所以再生集料在 105°C 时有显著的质量损失,原因仍然在于再生集料自身的特殊性。很清楚,再生集料上夹杂着大量已水化硬化的水泥石。水泥石中除了主要成分如水化酸硅钙、铝酸钙、硫铝酸钙和氢氧化钙之外,还存在相当数量的结晶水成分。这些结晶水可以和水泥水化物长期共存,只有当外部温度较高时才可以被烘出。这种现象通过热分析试验可以得到直接验证。图 1 和图 2 分别是采用差示扫描量热法和热重分析法对水泥进行热分析试验的结果。

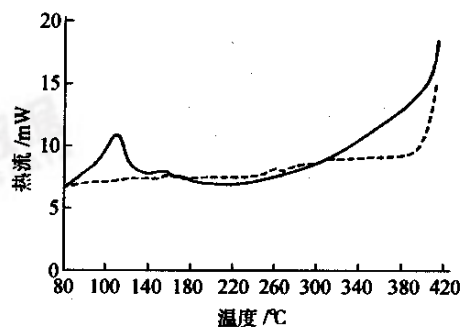


图 1 两类水泥的差热曲线

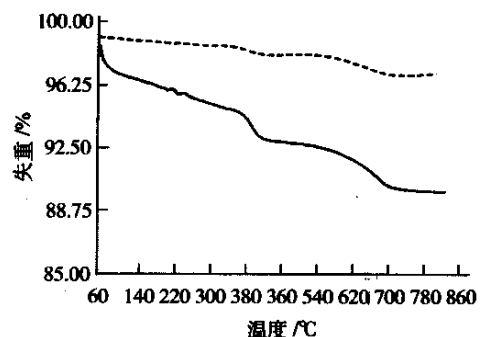


图 2 两类水泥的热重曲线

将硬化后的水泥标准净浆试样重新加工磨细与同一种未水化过的水泥分别进行差热分析试验,可看出水化后水泥的差热曲线(图 1 中的实线)大约在 110~120 ℃附近有一显著的吸热峰,而未经水化水泥的差热曲线(图 1 中的虚线)在此区间几乎保持水平状态,说明此时水化后的水泥有显著的状态变化,原状水泥却少有改变;而这种变化在热重试验结果的图 2 中可看出是水化后的水泥呈现热重曲线明显下降的现象,表明在这一温度条件下由于结晶水的蒸发造成物质的损失,而此时原状水泥的热重曲线保持水平状,表明质量上几乎没有什么变化。热分析试验结果证明,正是这种水泥石中结晶水在加热时的逸出,造成击实结果中含水量偏大。通过热重试验的半定量分析,这部分的质量损失大约是 3.8%,非常接近原材料含水量的测定值 4.6%。所以当把水泥稳定类的最佳含水量各折减 4.6%之后,试件成型时的水量过高的问题即迎刃而解。因此今后当利用再生集料采用水泥加固稳定时,应根据该材料在 105 ℃烘干时的质量损失,对击实得出的最佳含水量结果加以相应的修正。

需要说明的是,二灰稳定再生集料的最佳含水量也存在偏高的问题,但由于粉煤灰自身结构上的特点,二灰类材料有着较宽的需水量范围,多余的水分可通过粉煤灰颗粒的空心球体加以调节,而这部分多余的水分又可用于粉煤灰日后长期水化所需,因此二灰类

再生集料的最佳含水量无需再进行调整。

4 结语

(1)通过轧制成一定粒径的粒料,废弃的路面水泥混凝土可用于配制再生混凝土或采用无机结合料稳定用于半刚性基层,这是解决水泥混凝土道路改建时产生的废弃混凝土再利用的一个有效途径。

(2)再生集料应用时存在需水量明显改变的现象,应根据具体情况分别对再生混凝土或水泥稳定基层材料的用水量进行调整。

(3)两种用途需水量的调整有着不同特点,再生混凝土要适当增加用水量,而水泥稳定基层材料却要适当减少用水量。前者用水量增加原因主要在于再生集料有显著的吸水现象,后者是因为击实过程中将加热烘出的水泥水化结晶水当作含水量的一部分造成的。

参考文献:

[1] 张超,等. 废弃水泥混凝土再生集料在半刚性基层中的应用[J]. 长安大学学报,2002,(5).
[2] 张超. 废弃混凝土面板在道路改建中的再利用[J]. 交通运输工程学报,2003,(4).
[3] 申爱琴. 水泥与水泥混凝土[M]. 北京:人民交通出版社,2000.

Analysis of Moisture Content Required in Reuse Regenerated Aggregate of Scrap Cement Concrete

ZHANG Chao¹, XU Gui-ping²

(1. College of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China; 2. Faculty of Construction, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: When regenerated aggregate of scrap concrete are used as a material in cement concrete mixture or in semirigid base course stabilized by cement, some changes about the moisture content required are presented remarkably. According to experiment and analysis, it is considered that one reason to cause the changes is that regenerated aggregate can absorb some water from concrete mixture, and the other reason is that the crystal water existed in regenerated aggregate adds up to the optimum moisture content of semirigid base course materials.

Key words: scrap concrete; regenerated aggregate; moisture content; thermal analysis test
万方数据