

# 机场道面再生混凝土配制与应用

蔡良才, 吴永根, 刘庆涛, 王硕太

(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

**摘要:**机场道面翻修、改(扩)建工程会产生大量的废弃混凝土,如何利用废弃混凝土作为再生骨料来配制道面再生混凝土,同时满足机场道面工程设计与施工要求,本文研究采用掺加优质粉煤灰和高效外加剂的“双掺”技术,采取绝对体积法和独立设计法,进行道面再生混凝土配合比设计。室内试验表明道面再生混凝土性能优于普通道面混凝土,和易性达到了设计指标,抗折强度和抗压强度分别较普通道面混凝土提高4%—11%、1%—7%。现场配制的再生混凝土和易性好,易于铺筑施工,应用效果较好,28天抗折强度均达到5.5 MPa以上,质量检验项目全部符合规范及设计要求。

**关键词:** 机场道面;再生混凝土;双掺技术

**DOI:**10.3969/j.issn.1009-3516.2009.05.001

**中图分类号:** V23;TU528 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2009)05-0001-04

再生混凝土是将废弃混凝土块经破碎、清洗、分级和按一定比例配合后得到的“再生骨料”作为部分或全部骨料代替天然骨料配制的混凝土(也称再生骨料混凝土, Recycled Aggregate Concrete, RAC)<sup>[1]</sup>。二战后,前苏联、美国、德国、荷兰、日本等国开始对废弃混凝土进行开发研究和再生利用,我国关于废弃混凝土回收利用的研究起步较晚。再生混凝土已经成为混凝土应用研究领域中的一个热点,但在机场道面工程领域研究应用较少。随着早期机场使用年限的逐步到期,机场翻修、改(扩)建任务越来越重,产生大量的废弃旧道面混凝土,利用废弃混凝土作为再生骨料,配制道面再生混凝土,可以满足机场道面工程设计与施工要求,在军用机场建设过程中实现国家的可持续发展战略。

## 1 机场道面再生混凝土的配制

### 1.1 配制机理

再生骨料由于生产过程中的机械作用,产生微裂缝,因此具有表面粗糙、棱角多、孔隙多、吸水率大等原生缺陷,容易造成再生混凝土和易性差,施工困难,强度低<sup>[1-3]</sup>。采用掺加优质粉煤灰和高效外加剂的“双掺”技术路线,能克服再生骨料的缺陷,配制出和易性好、强度满足机场道面工程要求的再生混凝土。其作用机理如下:

1)掺优质粉煤灰。再生混凝土中掺入一定量的粉煤灰,在用水量不变的条件下,可以显著改善混凝土拌合物的工作性,使新拌混凝土具有很好的粘聚性和保水性。粉煤灰的亲水效应可以减少用水量,提高再生混凝土的密实度和强度<sup>[4]</sup>。

2)粉煤灰颗粒较水泥颗粒细,掺加粉煤灰的水泥浆体对再生骨料还有强化作用,可改善再生混凝土的性能<sup>[1]</sup>。

3)掺高效减水剂。高效减水剂使水泥在搅拌和凝结硬化过程中产生的絮凝状结构分散解体,将其包裹的游离水释放出来,水泥—水体系处于相对稳定的悬浮状态,达到减水增强的目的<sup>[4]</sup>。

\* 收稿日期:2009-05-18

作者简介:蔡良才(1960—),男,浙江宁波人,教授,博士生导师,主要从事机场工程研究。

E-mail:liangcai@pub.xaonline.com

4)再生骨料自身具有一定活性。混凝土的凝结硬化是一个非常缓慢的过程,一些资料表明,混凝土经过20年的时间水化还没有完全结束,也就是说,此时水泥石中还存在有利于混凝土硬化的活性成分。再生骨料表面往往包裹有部分的旧水泥砂浆,旧水泥砂浆中水泥的活性成分对再生混凝土的强度发展有利<sup>[4]</sup>。

## 1.2 配合比设计方法

以马国靖、王硕太等<sup>[5-7]</sup>的研究成果为基础,依据相关的配合比设计规范<sup>[8-9]</sup>,采取绝对体积法和独立设计法进行道面再生混凝土的配合比设计。

首先进行普通道面混凝土基准配合比设计,根据设计要求(和易性、强度、耐久性等)和经济合理的原则选用原材料,通过试拌调整,对水泥用量、水灰比和砂率进行优选,进行配合比设计优化,确定普通道面混凝土基准配合比。

进行道面再生混凝土配合比设计时,考虑到施工方便,结合张亚梅等人<sup>[10]</sup>的再生骨料预吸水法,在普通道面混凝土基准配合比的基础上,采用独立设计法进行配合比设计,通过试拌调整,对水泥用量、水灰比、粉煤灰掺量、砂率和外加剂掺量进行优选,确定道面再生混凝土配合比和同配比天然骨料混凝土配合比。

## 2 试验研究

### 2.1 配合比设计指标

#### 2.1.1 和易性

V<sub>b</sub>稠度 10 s—15 s,由于再生骨料孔隙多,吸水率大,且大部分水分是在 30 min 内吸收的,新拌混凝土的和易性在 30 min 左右的时间内有较大损失。针对此特点,考虑施工等因素,和易性要求比道面天然骨料混凝土的 V<sub>b</sub>稠度 15 s—30 s 的要求<sup>[8]</sup>稍小一些。

#### 2.1.2 设计抗折强度及实验室配制强度

设计抗折强度为 5.0 MPa,按施工控制水平优秀考虑,混凝土抗折强度标准差取 0.4 MPa,则实验室配制抗折强度为 5.66 MPa<sup>[8]</sup>。

### 2.2 试验用材料

1)水泥:陕西耀县秦岭牌 42.5R 普通硅酸盐水泥,密度 3.10 g/cm<sup>3</sup>,28 d 抗折强度 8.94 MPa,抗压强度 51.7 MPa;

2)细骨料:灞河中砂,细度模数为 2.78,Ⅱ区,级配合格,密度 2.63 g/cm<sup>3</sup>,堆积密度 1 500 kg/m<sup>3</sup>,含泥量 1.2%;

3)粗骨料:①再生粗骨料 Z: XN 机场旧跑道道面混凝土破碎再生骨料,5 mm—20 mm,20 mm—40 mm 二级配,级配比 40:60,级配合格,密度 2.51 g/cm<sup>3</sup>,堆积密度 1394 kg/m<sup>3</sup>,压碎指标为 11.5%;②天然粗骨料 T:泾阳石灰岩碎石,5 mm—20 mm,20 mm—40 mm 二级配,级配比 40:60,级配合格,密度 2.75 g/cm<sup>3</sup>,堆积密度 1 690 kg/m<sup>3</sup>,压碎指标为 3.4%;

4)粉煤灰:渭河电厂Ⅱ级粉煤灰,密度 2.2 g/cm<sup>3</sup>,细度 13.7%(45 μm 筛余量),需水量比 91%;

5)外加剂:①FDN 减水剂,广东湛江混凝土外加剂厂生产萘系高效减水剂,建议掺量为胶凝材料用量的 0.5%—1.2%,减水率 20%以上;②FAC 聚羧酸减水剂,北京瑞帝斯混凝土外加剂有限公司生产高效减水剂,建议掺量为胶凝材料用量的 0.7%—1.5%,减水率 20%—40%;③SDJ 聚羧酸引气减水剂,咸阳混凝土外加剂有限公司生产高效引气减水剂,建议掺量为胶凝材料用量的 0.5%—1.2%,减水率 20%—35%。

### 2.3 试验结果

根据机场道面再生混凝土配制方法及配合比设计指标,为了达到既满足要求又经济合理的目的,经过配合比设计优化与试拌调整,初步确定了 3 种类型的道面混凝土:基准普通道面混凝土(P)、道面再生混凝土(ZFD、ZFA、ZS)和同配比天然骨料道面混凝土(TFD、TFA、TS),测定其 V<sub>b</sub>稠度<sup>[11]</sup>,并分别成型 150 mm×150 mm×600 mm 的抗折试件,标准养护 28 d,进行抗折强度试验,取抗折的断头进行抗压强度试验<sup>[12]</sup>,3 种类型混凝土配合比及试验结果见表 1。

表1 试验配合比及试验结果  
Tab. 1 Experiment mix proportions and tests results

| 编号 | 类型  | 水泥<br>/(kg·m <sup>-3</sup> ) | 水<br>/(kg·m <sup>-3</sup> ) | 粉煤灰<br>/(kg·m <sup>-3</sup> ) | 水胶比   | 砂率<br>(%) | 外加剂掺量<br>(C+F)% | V <sub>b</sub> 稠度<br>/s | 28 d强度/MPa |      |
|----|-----|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------|-----------|-----------------|-------------------------|------------|------|
|    |     |                              |                             |                               |       |           |                 |                         | 抗折         | 抗压   |
| 1  | P   | 320                          | 144                         | —                             | 0.45  | 30        | —               | 13                      | 5.92       | 55.2 |
| 2  | TFD | 300                          | 144                         | 100                           | 0.36  | 30        | 0.5             | 10                      | 7.13       | 58.9 |
| 3  | TFA | 300                          | 144                         | 100                           | 0.36  | 30        | 0.5             | 12                      | 7.42       | 57.2 |
| 4  | TS  | 300                          | 144                         | 100                           | 0.36  | 30        | 0.7             | 10                      | 7.48       | 60.1 |
| 5  | ZFD | 300                          | 154                         | 100                           | 0.385 | 36        | 0.6             | 13                      | 6.21       | 58.9 |
| 6  | ZFA | 300                          | 154                         | 100                           | 0.385 | 36        | 0.8             | 12                      | 6.15       | 57.3 |
| 7  | ZS  | 300                          | 154                         | 100                           | 0.385 | 36        | 0.8             | 14                      | 6.57       | 55.7 |

注:类型中T表示天然骨料,Z表示废弃机场跑道混凝土再生骨料,FD、FA、S分别代表FDN减水剂、FAC聚羧酸减水剂、SDJ聚羧酸引气减水剂。

## 2.4 结果分析

1)表1表明,通过掺加优质粉煤灰和高效外加剂,预先添加了再生骨料吸附水,使新拌道面再生混凝土和易性均达到了设计指标10 s—15 s,同时,由于再生骨料吸水和粉煤灰的增粘保水作用,道面再生混凝土的保水性和粘聚性都较好。

2)与普通道面混凝土相比较,道面再生混凝土抗折强度和抗压强度分别提高4%—11%、1%—7%。这是由于掺加优质粉煤灰和高效外加剂,改善了道面再生混凝土的和易性,降低再生混凝土的水胶比,使道面再生混凝土成型更密实,且由于粉煤灰颗粒的微集料效应提高了水泥浆体的密实度和强度,从而提高道面再生混凝土的强度。

3)与同配比天然骨料混凝土相比较,道面再生混凝土抗折强度降低15%左右,抗压强度与同配比天然骨料混凝土基本相同。这是由于再生骨料的裂缝、孔隙等原生缺陷,对抗折强度比较敏感,但仍完全满足机场道面设计指标要求。

## 3 现场应用

2007年7月,某施工单位在XN机场备用跑道道面施工中,使用再生混凝土铺筑机场备用跑道10 000 m<sup>2</sup>。在HZ机场翻修工程中,通过破碎、筛分旧道面废弃混凝土,配制成再生混凝土1 700 m<sup>3</sup>左右,用于拖机道道面的施工,共铺筑道面6 500 m<sup>2</sup>。

从现场应用效果看,本文所提供的配合比能很好地指导现场施工,所配制的再生混凝土和易性好,易于铺筑,道面28天抗折强度均达到5.5 MPa以上。质量检验共检测保证项目8项,全部符合规范及设计要求,合格率100%;允许偏差项目检测了平整度、粗糙度、高程、邻板高差等11个项目,实测714点,其中合格700点,合格率98.0%,完全满足机场道面使用要求。

## 4 结束语

试验表明:利用“双掺”技术配制的道面再生混凝土,其和易性和力学性能优于普通道面混凝土,易于铺筑,实际应用效果较好。道面再生混凝土是一种新型绿色环保混凝土,可以推广应用于军用机场道面工程,具有重要的军事、经济和社会效益。

### 参考文献:

- [1] 刘数华,冷发光.再生混凝土技术[M].北京:中国建材工业出版社,2007.  
LIU Shuhua, LENG Faguang. Technology of Recycled Aggregate Concrete[M]. Beijing: China Building Materials Industry Press, 2007. (in Chinese)
- [2] Wojakowski J B, Fager G A, Catron M A. Recycling of Portland Cement Concrete Pavement[R]. Kansas Department of Transportation FHWA—KS—95/3, 1995.

- [3] 邓寿昌,张学兵,罗迎社.废弃混凝土再生利用的现状分析与研究展望[J].混凝土,2006,(11):20—24.  
DENG Shouchang, ZHANG Xuebing, LUO Yingshe. Abandon the Concrete Present Condition of the Reborn Exploitation Analysis and the Research Outlook[J]. Concrete, 2006,(11):20—24.(in Chinese)
- [4] 湖南大学,天津大学,同济大学,等.土木工程材料[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.  
Hunan University, Tianjin University, Tongji University, et al. Civil Engineering Materials[M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2002.(in Chinese)
- [5] 马国靖,王硕太,刘晓军.粉煤灰道面混凝土配合比设计[J].混凝土,1995,(6):38—44.  
MA Guojing, WANG Shuotai, LIU Xiaojun. Mix Design for Fly-ash Pavement Concrete[J]. Concrete, 1995,(6):38—44.(in Chinese)
- [6] 马国靖,王硕太,吴永根,等.高性能道面混凝土[J].混凝土,2000,(6):3—6.  
MA Guojing, WANG Shuotai, WU Yonggen, et al. High Performance Pavement Concrete[J]. Concrete, 2000,(6):3—6.(in Chinese)
- [7] 王硕太,马国靖,朱志远,等.高性能道面混凝土配合比设计[J].公路交通科技,2007,(4):25—28.  
WANG Shuotai, MA Guojing, ZHU Zhiyuan, et al. Mix Design of High Performance Pavement Concrete[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007,(4):25—28.(in Chinese)
- [8] GJB1112A—2004.军用机场场道工程施工及验收规范[S].  
GJB1112A—2004. Construction and Acceptance Specification for Flying Area Engineering of the Military Airfield[S].(in Chinese)
- [9] JGJ55—2000.普通混凝土配合比设计规程[S].  
JGJ55—2000. Specification for Mix Proportion Design of Ordinary Concrete[S].(in Chinese)
- [10] 张亚梅,秦鸿根,孙伟,等.再生混凝土配合比设计初探[J].混凝土与水泥制品,2002,(1):7—9.  
ZHANG Yamei, QIN Honggen, SUN Wei, et al. Elementary Research of Recycled Aggregate Concrete Mix Design[J]. China Concrete and Cement Products, 2002,(1):7—9.(in Chinese)
- [11] GB/T 50080—2002.普通混凝土拌合物性能试验方法标准[S].  
GB/T 50080—2002. Standard for Test Method of Performance on Ordinary Fresh Concrete[S].(in Chinese)
- [12] GB/T 50081—2002.普通混凝土力学性能试验方法标准[S].  
GB/T 50081—2002. Standard for Test Method of Mechanical Properties on Ordinary Concrete[S].(in Chinese)

(编辑:姚树峰,徐敏)

## The Research on Making and Application of Airport Pavement Recycled Concrete

CAI Liang—cai, WU Yong—gen, LIU Qing—tao, WANG Shuo—tai

(Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

**Abstract:** The overhauling, rebuilding and enlarging of airport pavement often produce vast amount of waste concrete, the reutilization of the waste concrete is an important and worthwhile subject for study. This paper presents the research on the problem of how to take the waste concrete as a recycled aggregate in making up the airport pavement recycled concrete, which, at the same time, can meet the design and construction requirements of airport pavement project. By adopting the "double mixing" technique mixing high quality fly ash with high efficient admixture, and applying the absolute volume method and individual design method, the mix proportion design of pavement recycled concrete is optimized. The indoor testing results show that the pavement recycled concrete is superior to the common pavement concrete in performance and the workability meets the design requirements. The compressive strength and flexural strength of this pavement recycled concrete are higher than those of the ordinary pavement by 1%—7%、4%—11% respectively. The recycled concrete made in field is good in workability and application effect, and easy to pave in constructing, the 28 days' flexural strength are all higher than 5.5 MPa. So the recycled concrete can be used in military airport pavement construction, also has important military, economical and social benefits.

---

**Key words**: airport pavement ; recycled concrete ; double - mixing technique