

《混凝土技术》征稿启事

杂志简介

《混凝土技术》杂志是经国家新闻出版署批准，国家国有资产监督管理委员会（国资委）主管主办的国家级学术期刊（国内统一刊号：CN11-4450/T 国际刊号：ISSN1009-914X）。本杂志为月刊，大16开印刷。

本杂志以服务混凝土行业，推动技术进步为主要目标，宣传政策、交流经验、传播知识、沟通信息。主要内容为行业信息、新材料、新技术、新设备、新工艺及生产管理、工程实践、检验标准及性能测试、专利技术，集指导性、信息性、技术性、实用性于一体。本刊已被《中国核心期刊（遴选）数据库》、《中国学术期刊（光盘版）》、《万方数据数字化期刊群》、《中文科技期刊数据库》全文收录，国内外统一公开发行。

重点栏目

专家访谈、特别报道、综合信息、理论研究、实用技术、重点工程、专业技术（水泥、外加剂、砂石设备、搅拌设备、运输设备）、生产管理、行业资讯等。

征稿对象

本刊现面向广大科技研发人员、工程技术人员、重点施工项目管理人员和企业家及在校硕士、博士生等征集优秀论文和其他文章。本刊所用稿件以质刊用，一经采用，发放稿费。

稿件要求

1. 来稿应观点明确，论据充分，数据可靠，层次分明，文理通顺，文字精炼。对于缺乏创新的实验报告、计算报告以及一般综述性稿件，本刊将不予刊登。

2. 文题、作者姓名（一般不超过6人）、作者单位及所在城市和邮编、摘要、关键词，需中英文对照。

3. 论文题目应简洁、准确，不宜使用缩略词；中英文摘要内容应包括研究目的、方法及研究结果和结论；中英文摘要应一致；字数：中文摘要一般300字左右，英文摘要200~300词。中、英文关键词个数为5~8个。

4. 来稿请务必做到清稿定稿。公式应通篇分别编号；文中量、单位及符号的使用应符合国际标准和国家标准，非许用单位，务请换算成许用单位。注意容易混淆的外文字母的文种、大小写、正斜体及上下角标的正确书写。文中外国人名、术语统一为英文，不宜采用中文译法。

5. 文中只附必要的图或表，图表内容不能重复，并应注意文-图/文-表的一致性（如：曲线变化趋势、数据、符号等）。表格应采用三线表形式（可加横辅线）。

6. 原稿中的插图不得使用扫描图或下载的图文件。曲线插图需提供计算机软件绘制的黑白(或灰度)插图

文件，照片(仪器摄制后数据直接存盘)反差适中，层次分明，清晰度高。

7. 结论以(1)(2)(3).....形式列出重要研究结果结论(包括重要结果数据)。

8. 参考文献只择最主要的列入，未公开发表的资料请勿引用。参考文献应按文中出现的先后顺序编排，其注册格式采用顺序编码制([1],[2]...)。

9. 论文如果获得有关研究基金或课题资助，需提供基金名称及编号。

10. 注明作者的姓名，职称，研究方向，电话、传真及 E-mail 地址。上述信息注于第 1 页的下脚注处。

11. 附参考文献格式：

[1] 施惠生, 孙振平, 邓恺. 混凝土外加剂实用技术大全[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2007.

[2] 孙振平, 王玲. 如何安全高效地应用聚羧酸系减水剂[J]. 混凝土, 2007, 212(6): 35-38.

[3] 王子明, 刘进强, 崔素萍. 早强型聚羧酸系高性能减水剂及其制备方法. CN101289292A[P].

[4] 王子明, 刘进强. 新型聚羧酸系超早强复合减水剂试验研究[J]. 低温建筑技术, 2008, (6): 15-17.

[5] Jehng J Y. Microstructure of wet cement pastes a nuclear magnetic resonance study [D]. Illinois: Northwestern University, 1995.

[6] Gorce J P, Milstone N B. Probing the microstructure and water in composite cement blends [J]. Cement and Concrete Research, 2007, 37:310-318.

联系方式

投稿邮箱: hnt_jishu@126.com zhuxiaorong1970@tom.com

联系电话: 010-63019673 62165787 13501124631

通讯地址: 北京市海淀区学院南路 82 号院 4 号楼 306 室 100081

《混凝土技术》编辑部

主管
国家国有资产监督管理委员会
中国包装科技博览杂志社
主办
明峰建材股份有限公司
编辑出版发行
混凝土技术编辑部
市场推广
北京灵感科技发展有限公司
承办单位 北京灵感科技发展有限公司
社长 马开立
副社长 朱晓军
编辑部主任 朱效荣
编辑部编审 王瑶法
编辑部副主任 王圣军 戴会生 孙 辉
编辑 杨家鹤 张印京 陈 耕
英文编审 王 琴

设计中心 孙志武
发行中心 尹媛媛
培训中心 王洛宾
研究与技术开发中心 朱效荣
策划中心 陈 耕
网络技术中心 王 祁
理事会秘书长 孙 辉(兼)

本刊地址 北京市东城区兴化路9号(100013)
编辑部地址 北京市海淀区学院南路82号院4
号楼306室
邮政编码 100081
电话 010-63019673 62165787
电子邮件 hnt_jishu@126.com

本刊法律顾问 郭伟(北京市京都律师事务所)
印刷 廊坊市佰利得彩印制版有限公司
国际标准刊号 ISSN1009-914X
国内统一刊号 CN11-4450/T
邮发代号 82-326
定价:12.00元
广告经营许可证 京东工商广字第0357号

本刊向全国百家大学图书馆阅览室赠刊
本刊向全国混凝土500强企业赠刊
本刊向全国各部委、省市建设主管部门赠刊
本刊向37所高校的建材专业师生赠刊

目 录

2012年 第6期

理论研究

01 硅酸盐水泥熟料强度形成机理的概述

黄天勇, 王栋民

A summary of the formation mechanism of Portland cement clinker strength

HUANG Tianyong, WANG Dongmin

06 高效减水剂对水泥基材料收缩开裂的影响研究*

常粉玲, 管宗甫

Influence of Superplasticizer on Shrinkage and Cracking Behavior of Cement-based Material

CHANG Fenling, GUAN Zongfu

13 粉煤灰“微珠”在高性能混凝土中的应用基础研究

谢小龙, 张倩倩, 杜广磊, 周武, 王丽交, 蒋元海

Research on Application of Fly Ash Microbead in High Performance Concrete

XIE Xiaolong, ZHANG Qianqian, DU Guanglei, ZHOU Wu, WANG

Lijiao, JIANG Yuanhai

配合比设计

17 矿物掺合料高性能轻骨料混凝土正交试验研究

杭美艳, 曲树强, 张冰

Orthogonal Test Study of Mineral Admixture High-performance Lightweight Aggregate Concrete

HANG Meiyang, QU Shuqiang, ZHANG Bing

关于开展混凝土百强企业形象展示活动的通知

各有关单位

为更好地服务于混凝土企业，宣传优秀企业和产品，展示行业风采，扩大企业在业内外的影响力，为企业牵线搭桥，提供商机，加强相互间的沟通和联络，帮助企业打造品牌，推动企业良性发展，我刊决定在本刊开展“混凝土百强企业形象宣传展示”活动。

展示活动本着企业自愿、慎重推荐的原则，专家委员会和编委会将通过严格审查，对产品质量可靠、信誉良好、科技进步的企业进行大力宣传展示，树立企业良好形象，扩大企业知名度和产品市场份额。

本活动将在相关网站上开辟专栏，凡申请本次活动的企事业单位，请按要求将企业相关资料发送至《混凝土技术》杂志，经审查合格后，将企业及相关产品资料在杂志及网站中向公众予以展示一年。

本活动为全免费项目，除有特殊需求外，正常发布信息企业无须承担任何费用。望各企事业单位积极配合参加活动。

展示内容：企业简介、企业产品、企业所获各项荣誉、企业决策人形象、企业联系方式等。

《混凝土技术》策划中心

联系方式：

联系人：陈 耕 王洛宾

电 话：13501124631 18611020308

传 真：010-63019673

邮 箱：hnt_jishu@126.com

联系 QQ：1448929526

22 预拌混凝土双掺抗裂纤维和膨胀剂的试配探讨

郭焱辉，顾惠忠

Ready mixed concrete admixed with polypropylene fibers and expansive agent on trial

GUO Yanhui, GU Huizhong

外加剂

25 酯醚混合型超早强聚羧酸高性能减水剂的研究

蒋国宝，杨芸，吴文田，张勤，孙振平，王以明

The research of ester ether mixture super early strength poly carboxylic acid high performance water reducing agent

JIANG Guobao, YANG Yun, WU Wentian, ZHANG Qin, SUN

Zhenping, WANG Yiming

29 醚类聚羧酸高效减水剂的实验研究

鞠栋岳，管洪海

The research and application of ether carboxylic acid of high performance water-reducing agent

JU Dongyue, GUAN Honghai

掺合料

32 矿物掺合料和抗裂剂对混凝土抗氯离子渗透性能的影响

薛龙，李秋义，孟红

Research on the influences of mineral admixture and anti-cracking agent on performance of concrete resistance to chloride ion penetration

XUE Long, LI Qiuyi, MENG Hong

36 浅谈粉煤灰在混凝土中的基本效应与所起作用

陆总兵，陆健

The discussion of the basic effect and influence of fly ash in concrete

LU Zongbing, LU Jian

工程应用

39 C40P12 大体积混凝土配合比设计及应用

祖丽菲娅，张平

The design and application of of C40P12 mass concrete mixture ratio

ZU Li firyal, ZHANG Ping

关于投稿的特别说明：

1.为加快稿件处理,方便作者与编辑部的联系,请作者将稿件按编辑部格式要求整理,并以电子邮件的方式发至编辑部邮箱(hnt_jishu@126.com),邮件主题请以文章题目命名,并加注“投稿”或“修改稿”等提示词语。

2.文稿应有创新及代表性,立论科学,主题明确,论据充足,层次清楚,叙述要有条理,文字简练,数据可靠,图表清晰,遵守国家法定计量单位;文稿内容包括:文题、作者姓名、作者单位、邮编、摘要、关键词、正文和参考文献等,篇幅一般不超过6000字。

3.编辑部将在收稿后10个工作日内将审稿结果发送至作者的电子邮箱,或者以电话或者传真的方式告诉作者稿件的录用情况。作者请在文稿后面注明自己的姓名、性别、出生日期、籍贯、职称(职务)或研究方向、工作单位、通讯地址、联系电话、邮编等信息,以便我们寄送样刊,并与您随时取得联系。

4.本刊所录用稿件,著作权归属作者所有,文责由作者自负,本刊不因作者原因产生的著作权纠纷承担任何连带责任。

5.编辑部拥有对稿件进行局部、少量修改和删改的权利。如您不同意请在投稿时注明;稿件一律不退还,请作者自留底稿;请勿一稿多投。

6.本刊所刊发所有文字及图片,均为著作权人授权;其他媒体转载,摘编或引用时,请注明作品名称、作者及本刊刊名、期次等。

42 超长结构防裂低收缩混凝土的研制和在其世博主题馆地下室民防工程中的应用

盛莉蓉

The development of low shrinkage concrete in super-long structure crack-control and its application in Civil Engineering of The Theme Pavilion basement

SHENG Lirong

48 大体积低水化热混凝土在上海虹桥综合交通枢纽工程中的研究和应用

嵇晓华

The research and application of mass low hydration heat concrete in Shanghai Hongqiao comprehensive traffic hub project

Ji Xiaohua

52 山西地区矿物掺合料特性及其工程应用研究

蒲智明,裴选红,韩超,杨凯飞,蒋正武

Study on Characteristics and Project Application of Mineral Admixtures in Shanxi Province

PU Zhiming, PEI Xuanhong, HAN Chao, YANG Kaifei, JIANG

Zhengwu

性能研究

57 浅析水泥的物理性能对混凝土的影响

李勇,杜建军,韩汝理

The analysis of influence of physical properties of cement to concrete

LI Yong, DU Jianjun, HAN Ruli

61 影响水泥与混凝土外加剂适应性的因素浅析

常建民

The analysis of the factors which influence the admixture adaptability of cement and concrete

CHANG Jianmin

《混凝土技术》编委会

顾 问

唐明述 孙 伟

闻德荣 李生庆

沈荣熹 张树凯

倪 清

编 委

(以汉语拼音为序)

鲍有昌 常绍杰 程从密

蔡基伟 曹明莉 陈建康

陈海东 戴会生 戴 民

邓宗才 丁 铸 丁祖仕

范文涛 封孝信 冯庆革

甘昌成 葛 勇 管洪海

韩立刚 杭美艳 何冬明

胡紫日 胡国锋 黄 新

黄政宇 蒋林华 蒋元海

孔德玉 李志国 李崇智

李 悦 李俊文 李欢欢

李洪军 李 迁 李占军

刘娟红 刘志杰 马保国

欧阳东 逢鲁峰 潘亚宏

朋改非 彭小芹 钱晓倩

秦鸿根 阮炯正 孙振平

孙继成 宋少民 宋东升

史才军 王立久 王栋民

王爱勤 王 晴 王宝民

王瑶法 闻宝联 魏秀军

武增礼 吴菊珍 许才旺

肖文凤 徐长伟 邢振贤

杨长辉 余其俊 严捍东

张承志 张 伟 张全贵

张 锋 张燕迟 赵庆新

赵卫华 赵碧华 赵 苏

赵霄龙 周 静 周明凯

朱卫中 廖振中 赵恒树

质量事故处理

63 混凝土应用聚羧酸减水剂时滞后泌水问题的解决办法研究

逢鲁峰, 王兴昌, 林荣峰, 黄恺, 李宁宁

The research of the solution of concrete delayed bleeding problem when applying poly carboxylic acid water reducing agent

PANG Lufeng, WANG Xingchang, LIN Rongfeng, HUANG Kai, LI Ningning

质量控制

66 混凝土裂缝的预防和处理

王仲秋, 林发荣

The prevention and treatment of concrete crack

WANG Zhongqiu, LIN Farong

制 品

70 浅谈自动张拉控制系统在大西线箱梁预制中的应用

刘学宏

A Automatic Control System Used in Tensing the Precast Box Girder of DA XI High Speed Railway

LIU Xuehong

74 浅谈在干燥多风地区预应力箱梁混凝土裂纹控制措施

刘学宏

On the Control Measures in the Dry and Windy Prestressed Concrete Box Girder Crack

LIU Xuehong

质量事故

78 神宁集团基础框架梁和承台混凝土裂缝问题原因分析

朱效荣, 马建平

Analysis of The Cause of the Problem of Beams of Basement and the Framework and Concrete Slab Cracks of Shenhua Ningxia Coal Group

ZHU Xiaorong, MA Jianping

硅酸盐水泥熟料强度形成机理的概述

黄天勇, 王栋民

(中国矿业大学, 北京 100083)

摘要: 从硅酸盐水泥熟料矿物组成、颗粒性质、溶液离子浓度、水化程度、水化产物、水化结构中孔结构等方面概述硅酸盐水泥熟料强度的形成, 提出了采用改善熟料颗粒级配和形貌等物理方法和加入化学外加剂改善熟料水化程度、溶液离子浓度、水化产物形貌和数量、熟料水化结构的孔结构等化学方法共同提高水泥熟料强度的措施, 从而增强水泥熟料的使用性能及其利用率, 增大混合材料的掺加, 从而提高水泥性能, 节约资源。

关键词: 熟料; 强度; 机理; 概述

A summary of the formation mechanism of Portland cement clinker strength

HUANG Tianyong, WANG Dongmin

(China University of Mining & Technology Beijing 100083)

Abstract: Portland cement clinker strength formation is summarized in aspects of Portland cement clinker mineral composition, granule properties, the concentration of the ions in solution, hydration degree, and hydration products, the pore structure of hydration structure, etc. The measures increasing clinker strength through physical methods improving clinker particle gradation and morphology and chemical methods improving hydration degree, the concentration of the ions in solution, hydration products morphology and quantity, the pore structure by adding chemical additives are suggested. These methods can strengthen service performance and utilization of clinker, increase the dosage of mixed materials, so as to improve the cement performance and save resources.

Key words: Clinker; Strength; Mechanism; Summary

1 引言

水泥作为我国国民经济重要的基础原料, 不仅为建筑业及基础设施建设提供支撑, 而且也改善了城乡居住条件、提高人民生活水平提供物质保障。我国仍处在快速发展时期, 所以对于水泥的需求量逐年增长, 然而在水泥的生产、制作和使用过程中需要消耗大量的能源、资源, 而且会对环境造成污染。所以为实现水泥工业的节能减排、低碳绿色, 提高水泥原料的利用率成为国内外学者研究的热点。

硅酸盐水泥熟料作为制备水泥的基本原料, 它的性能很大程度上决定了水泥的性能, 因此掌握硅酸盐水泥熟料强度形成的因素, 增强水泥熟料的使用性能及其利用率, 增大混合材料的掺加, 提高水泥性能, 节约资源是必要的。本文从硅酸盐水泥熟料矿物组成、颗粒性质、溶液离子浓度、水化程度、水化产物、孔隙率等方面概述硅酸盐水泥熟料强度的形成, 从而提出了提高熟料强度的一些方法。

2 影响熟料强度形成的因素

作者简介: 黄天勇 (1985—), 男, 博士研究生, 中国矿业大学 (北京)

详细地址: 北京市海淀区学院路北口丁 11 号宝源公寓 A1-16021, 邮编: 100083

王栋民 (联系人), 男, 博士, 教授, wangdongmin-2008@163.com。

2.1 熟料矿物组成

硅酸盐水泥熟料矿物主要由 C_3S 、 C_2S 、 C_3A 、 C_4AF 四种矿物组成。 C_3S 对于水泥的早期强度和后期强度都有较大影响, C_2S 对水泥的早期强度影响不大, 但是决定水泥后期强度的主要因素, C_3A 对于水泥早期强度影响最大, C_4AF 对于水泥强度的影响各学者的观点不一, 鲍格和泰勒等认为 C_4AF 是熟料四相矿物中强度最差的一种, 对水泥的强度没有较大的作用, 一些学者通过试验却证明 C_4AF 不仅对水泥早期强度有相当大的作用, 而且有助于水泥后期强度的发展^[1]。因此四种矿物相的组成对于强度形成起着决定性的作用, 不同的矿物组成强度的发展以及强度形成必然存在较大差异。

罗云峰, 樊粤明等^[2]取不同烧成工艺以及不同矿物含量的 8 个熟料进行胶砂强度试验, 试验表明 C_3A 不是水泥早期强度的主要影响因素, C_3S 含量高, 水泥早期强度高, 熟料中 C_3S+C_2S 含量越高, 水泥后期抗压强度越高。支俊秉, 张旭^[3]试验发现 C_3S 含量特别高时, 熟料的 3d 抗压强度增长很明显, 但 28d 抗压强度却有较大幅度的降低; 提高 C_2S 含量熟料的 3d 强度有所降低, 但是 28d 强度却得到提高; C_2S 提高到 36.11% 时, 熟料的 28d 抗压强度大幅降低; C_3A 对于熟料的 3d 强度影响不明显, 适当提高它的含量, 熟料的 28d 抗压强度有明显提高, 当含量过高时, 熟料的 28d 强度又会下降; C_4AF 的含量增大会大幅度降低熟料的 28d 抗压强度。研究表明低 C_3S 含量熟料抗压强度在 3d 低于高 C_3S 含量熟料的抗压强度, 但是高 C_3S 含量熟料的 28d 抗压强度出现倒缩, 低于低 C_3S 含量熟料的 28d 抗压强度^[4-5]。

Knöfel^[6]试验发现 C_3S 和 C_3A 含量增加熟料 28d 抗压强度增加。研究还表明 C_3A 含量减少, C_4AF 含量增加时, 熟料 28d 抗压强度增加^[6-7]。*Svinning* 和 *Høskuldsson* 等^[8]发现改变 C_3S 、 C_3A 、 C_4AF 的结构对于熟料 28d 的抗压强度有明显的影 响, C_4AF 矿物的峰值从 33.82° 改变为 33.94° 。结构改变能够改变熟料各龄期的抗压强度, 对 28d 的抗压强度改变最大。

因此熟料矿物的组成比例存在一个适中的范围, 这个范围与熟料中四种矿物的结晶结构以及烧成工艺等方面有关, 需要根据不同的原材料制得熟料进行试验研究确定最佳的矿物组成比例。同时可以明确的是通过改变熟料矿物组成比例是能够改变熟料强度。

2.2 熟料颗粒级配及形貌

目前公认的水泥最佳性能的颗粒级配为: $3\sim 32\mu m$ 颗粒总量不低于 65%, $<3\mu m$ 颗粒小于 10%, $>65\mu m$ 颗粒最好为零, $<1\mu m$ 的颗粒最好没有。因为 $3\sim 32\mu m$ 颗粒对强度增长起主要作用, 特别是 $16\sim 24\mu m$ 颗粒对水泥性能尤为重要, 含量越多越好; $<3\mu m$ 的细颗粒容易结团, $<1\mu m$ 的小颗粒在加水搅拌中很快就水化, 对混凝土强度作用很小, 且影响水泥与外加剂的适应性, 易影响水泥性能而导致混凝土开裂, 严重影响混凝土的耐久性; $>65\mu m$ 的颗粒水化很慢, 对 28d 强度贡献很小。

水泥专业文献经常看到两个颗粒级配的指标: 一个是关于水泥最佳性能的颗粒级配, 另一个是符合紧密堆积的 Fuller 曲线的水泥颗粒级配。然而两种颗粒级配的指标存在很大的矛盾, 胡如进, 李琳等^[9]提出解决其矛盾的办法就是水泥中熟料的颗粒级配应满足最佳性能级配的要求, 而混合物和熟料的组合来满足 Fuller 曲线。

水泥颗粒形貌对水泥性能的影响比较复杂。一方面多角形等不规则形状的颗粒有助于颗粒之间的搭接, 可以提高水泥强度; 而另一方面多角形颗粒间的摩擦阻力大, 流动性差, 要达到一定的流动性就需要多加水, 导致水泥标准稠度需水量增加, 这又会降低水泥强度并影响水泥的其它性能。

球状水泥是水泥熟料通过高速气流粉碎及特殊处理而得的。使用球状水泥是混凝土达到高流动性、高强度与高耐久性的重要手段。李显宇^[10]发现球状水泥与普通水泥相比, 表观密度增大, 填充性提高。采用球状水泥的水泥浆、砂浆、混凝土的流动性也比采用普通水泥时有明显提高。球状水泥早期水化热被抑制而降低 25%, 放热速度也慢, 主要原因是 $3\mu m$ 以下的粉粒比普通水泥少。使用球状水泥的混凝土 56 d 龄期时抗压强度约提高 10%~50%; 碳化速度明显减慢。

Jorge S. Dolado, Klaas van Breugel^[11]总结了最近 4 年里关于胶凝材料建模的进展, 颗粒级配和粒型在水泥性能中的作用给予了足够的强调和重视, 他们指出颗粒级配和粒型不仅影响水泥的性能而且影响水泥的耐久性。

熟料颗粒级配及形貌能够影响强度发展的整个过

程,所以应该加强熟料颗粒级配和形貌的改进和优化。由于熟料是水泥、混凝土中的一部分,仅仅从熟料角度去思考颗粒级配优化是不可取的,所以应该从水泥、混凝土整个体系的级配去改进和优化熟料的颗粒级配,充分发挥它的效果。

2.3 熟料溶液离子浓度

熟料粒子与水拌合后,熟料粒子立即与水反应发生溶解,使纯水立即变为含有多种离子的溶液,水泥浆溶液中的主要离子有: C_3A 提供的 Ca^{2+} 、 $Al(OH)_4^-$ 、 OH^- ; C_4AF 提供的 Ca^{2+} 、 $Al(OH)_4^-$ 、 OH^- 、 FH_3 (铁铝酸盐相上的包覆层); C_3S 提供的 Ca^{2+} 、 OH^- 、 $C-S-H(m)$; CaO 提供的 Ca^{2+} 、 OH^- ; 硫酸钙、钾、钠及硫酸根离子提供的 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 K^+ 、 Na^+ [11]。

Joisel [12] 认为调凝化学品对硅酸盐水泥熟料的作用在于通过改变溶液中酸、碱离子的类型和浓度而改变硅酸盐水泥熟料溶液中离子的溶解性,最终达到改变硅酸盐的凝结时间和强度发展。促凝剂和缓凝剂分别通过促使或者阻碍水泥熟料中阳离子和阴离子溶解的作用来达到效果的。溶液中的一价阳离子(例如: K^+ 或 Na^+)可以降低 Ca^{2+} 的溶解性,但会加速硅酸盐离子和铝酸盐离子的溶解,溶液中的一价阴离子(例如: Cl^- 或 NO_3^-)可以促进 Ca^{2+} 的溶解性,但会降低硅酸盐离子和铝酸盐离子的溶解,从而使得熟料凝结和早期强度的发展得到促进或延缓 [13]。第十三届国际水泥会议的论文集集中意大利米兰马贝共同股份公司研究了关于不同类型和掺量的石膏对链烷醇胺活性的影响的研究表明:三乙醇胺和三异丙醇胺能够提高向液相提供 Ca^{2+} 、 Al^{3+} 和 SiO_4^{4-} 的速率,从而改变了水泥浆体的流变性和强度发展。

因此无论是缓凝剂、促凝剂以及其他化学试剂均是通过改变溶液中离子的浓度和活性以及扩散速度来促进熟料矿物的水化和延缓熟料矿物的水化进程,从而影响水泥熟料的强度发展。通过化学试剂改变液相中各种离子的溶解速度和浓度能够改变熟料各龄期的物理力学性能。

2.4 熟料水化程度

熟料水化具有胶凝能力形成强度的两个必要条件:(1):形成的水化物是稳定的;(2):形成的水化物要有足够的数量,它们之间要能够彼此交叉、连生,并且

能够在整个水泥浆体的空间形成连续的网状结构。因此熟料的水化程度将决定熟料形成胶凝能力,从而决定熟料的强度形成。

水泥水化程度指在一定时间内水泥水化量与水泥完全水化量之比,水泥水化程度的研究,国内外学者已做了大量的工作,并形成了一系列较为成熟的理论和方法,如水化热法,化学结合水法,CH定量测试法,水化动力学法,图像分析法,纯水泥水化计算机模型等 [14]。杨文萃,葛勇等人 [15] 掺加无机盐外加剂 $CaCl_2$ 、 Na_2SO_4 、 $NaNO_2$ 和 $Ca(NO_3)_2$ 促进了水泥的早期水化程度,从而提高了水泥的强度。

因此熟料的水化程度是熟料形成的强度有十分重要的因素之一。目前对于水化程度的研究集中在水泥早期的水化程度,不断地通过各种无机或者有机的化学试剂提高了水泥的早期水化程度即提高水泥的早期强度,而对于水泥的后期水化程度以及后期强度的研究较少,也导致了水泥及混凝土的后期耐久性不好的结果。因此熟料的水化程度应该朝着一个完整的过程发展,应该是一个持续性的过程,熟料的早期水化程度应该注重,后期的水化程度更应该加以重视,这样才能保证水泥及混凝土的耐久性。

2.5 熟料水化产物

熟料的水化产物主要由水化硅酸钙凝胶(C-S-H凝胶)、氢氧化钙、钙矾石等,本文主要讨论水化硅酸钙和氢氧化钙两种水化对熟料强度的影响。

C-S-H凝胶是组成不定的非化学计量化合物,而且随水泥的组成、周围环境和水化时间而变化。Diamond [16] 在用SEM观察水泥浆体时,得出了随水泥水化时间的延续,C-S-H存在4种形貌—纤维状、蜂窝状、不规则等大粒子和多孔的内部水化产物。Taylor等 [17] 对 C_3S 、 C_2S 以及硅酸盐水泥水化产物C-S-H颗粒作了大量的测定,明确指出了C-S-H的组成Ca与Si比(摩尔比,下同)可以在0.6~2的范围内波动,但却未指出Ca与Si比为何有如此大的变化,也没有说明这变化是随意的,或者在小范围内Ca与Si比是一定的,在大范围内却是波动的。不同学者 [18] 把它引用到水泥水化产物的测定,得出了C-S-H凝胶中 SiO_4^{4-} 阴离子是聚合成多种状态—二聚体、三聚体、五聚体、八聚体和多聚

体的复合体系。张文生^[19]等指出随着 C-S-H 应用范围的进一步扩大和外加剂在水泥混凝土中应用技术的发展, C-S-H 组成结构的研究仍然有待于进一步深入, 尤其是有机组分对 C-S-H 组成结构的影响方面, 更需要在以下 5 个方面开展工作: (1) 有机组分与 C-S-H 组分的化学键合机理; (2) 有机组分对 C-S-H 结构中硅酸根聚合度和聚合链长等的影响; (3) 有机组分对 C-S-H 结构层间距的影响; (4) 掺有有机组分 C-S-H 的物理性能特点等; (5) 运用新的测试方法和计算机模拟方法, 阐明 C-S-H 的组成结构特点, 阐明掺有有机组分或有机组分 C-S-H 的组成结构特点, 并计算机模拟其结构。总得来说钙硅比 (C/S) 和水硅比 (H/S) 以及硫酸盐、铝、铁、碱金属以及各种有机物等物质的会造成 C-S-H 的形貌发生变化, 其结构性能也将发生变化。

氢氧化钙形成的晶体相当巨大: 其尺寸比 C-S-H 粒子大 2 或 3 个数量级, 这些晶体生长在充水的毛细孔中, 包围在水化到一半的颗粒周围, 有时还完全淹没了这些颗粒^[11]。众所周知氢氧化钙的层状结构决定了其片状形状, 为六角形状晶体且尺寸大, 它对强度贡献极小, 层间较弱的联接成为薄弱区, 微裂缝的形成和生长从它开始的。孔祥明^[20]采用三乙醇胺和醋酸酯化的三乙醇胺作为助磨剂发现, 它们改变了氢氧化钙晶体的早期形貌使得水泥的强度提高。

因此通过各种有机或无机的化学外加剂来改善 C-S-H 凝胶和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的形貌和数量, 朝着有利于熟料强度形成发展, 从而使得熟料的强度得到提高, 甚至提高熟料的后期耐久性。

2.6 熟料水化结构的孔隙率

早在 1987 年吴中伟教授就提出了混凝土科学技术应进行的反思^[21], 强调水泥基胶凝材料的研究应当从宏观到微观, 从整体到局部, 注意不同层次之间的相互作用与联系。吴中伟院士还在 1973 年提出的孔径划分和孔隙率及其影响因素的概念, 根据不同孔径对混凝土性能的影响, 按孔径尺寸将其分为: 无害孔 ($<200 \text{ \AA}$), 少害孔 ($200-1000 \text{ \AA}$), 有害孔 ($1000-2000 \text{ \AA}$) 和多害孔 ($>2000 \text{ \AA}$), 并指出只有减少 1000 \AA 以上的有害孔、增加 500 \AA 以下的少害或无害孔, 才能改善水泥混

凝土材料宏观性能和耐久性^[22]。在 1980 年第七届国际水泥化学会议上, F.H.Wittmann 教授提出了“孔隙学”的概念, 把混凝土中结构的研究范围扩展到了孔径分布 (或孔级配) 以及孔的形态等方面^[23]。

蒋林华^[24]等对水泥基复合材料的孔结构与强度相关性研究发现: 水泥基复合材料的抗压、抗折强度均随总孔隙率的增加而降低, 强度和孔隙率之间存在较好的线性关系; 孔径分布和孔的形状对强度有影响。孔径越小, 抗压强度越高; 圆孔模型的强度高于方孔模型的强度。张粉芹^[25]在混凝土中掺加掺合料和引气剂后发现: 掺入引气剂增加了混凝土孔隙率。混凝土强度有所降低; 同时掺这两种物质时, 虽增加了混凝土孔隙率, 但可以使混凝土的孔径分布相对合理。因此, 混凝土强度降低不明显。

目前, 对于孔结构均是用孔隙率来进行表征, 但是孔隙率的测定并不能完全表征孔结构, 而孔分布是一个更加重要的参数。因此选用引气剂以及其他化学外加剂来改善孔隙率、孔径大小以及分布从而使得熟料强度得到改善, 最后提高水泥混凝土的耐久性。

3 提高熟料强度的措施

根据上述对于熟料强度影响因素的概述, 可以提出以下几点措施来提高熟料的强度。

(1) 通过物理作用的方法从水泥、混凝土整个体系的级配去改进和优化熟料颗粒级配及颗粒形貌;

(2) 根据熟料中四种矿物的结晶结构以及烧成工艺, 进行试验研究确定最佳的矿物组成比例;

(3) 通过掺加化学外加剂改变液相中各种离子的溶解速度和浓度;

(4) 通过掺加化学外加剂调整熟料水化程度, 使其有一个长期的水化过程;

(5) 通过掺加化学外加剂改变水化产物的结构, 例如改变 C-S-H 凝胶的形貌, 生成对强度有利的形貌, 减少氢氧化钙的生成以及缩小氢氧化钙尺寸等;

(6) 通过掺加化学外加剂降低孔隙率, 降低较大孔的生成以及使孔分布均匀。

参考文献:

[1] 沈威, 黄文熙, 闵盘荣. 水泥工艺学[M]. 武汉: 武汉工业大学出版社, 1998.

- [2] 罗云峰,樊粤明,卢迪芬等.水泥熟料矿物组成及矿物形态对水泥强度的影响[J].水泥.2008.NO10:5-9.
- [3] 支俊秉,张旭.影响熟料强度的若干因素分析[J].水泥.2008.NO2:24-27.
- [4] 邵伟,刘志辉,兰祥辉等.C3S含量变化对浆体强度及体积收缩的影响[J].南京工业大学学报(自然科学版).2010年5月33卷第3期:78-82.
- [5] 王培铭,吴丹琳,刘贤萍.两种不同C3S含量硅酸盐水泥的水化过程研究[A].中国硅酸盐学会水泥分会首届学术年会论文集.2009:16-23.
- [6] Knöfel D. Interrelation between proportion of clinker phases and compressive strength of Portland cements [A]. Proceedings of the 11th international conference on cement microscopy, New Orleans; 1989:246-262.
- [7] Svinning K, Høskuldsson A, Justnes H. Prediction of compressive strength up to 28d from microstructure of Portland cement [J].cement & concrete composites 2008;30:138-151.
- [8] Svinning K, Høskuldsson A, Justnes H. Prediction of potential compressive strength of Portland clinker from its mineralogy [J].cement & concrete composites 2010;32:300-311.
- [9] 胡如进,李琳,王善拔.水泥颗粒级配的优化[M].从混凝土角度谈水泥生产,化学工业出版社,2007,10:170-173.
- [10] 李显宇.21世纪初期水泥混凝土的发展趋势[J].建筑节能.2007.11:38-41
- [11] Jorge S.Dolado, Klaas van Breugel. Recent advances in modeling for cementitious materials. Cement and Concrete Research [J]. 2011(41):711-726.
- [11] J. Bensted. P. Barnes. 廖欣译.水泥的结构和性能[M].化学工业出版社.2009.1
- [12] Joisel, L., Proceedings of the International Symposium on Chemistry of Cements[J]. Stockholm, P298, 1983.
- [13] P.Kumar Mehta, Paulo J.M.Monteiro. 覃维祖,王栋民,丁建彤译.混凝土(微观结构、性能和材料)[M].中国电力出版社.2008.9.
- [14] 王培铭,丰曙霞,刘贤萍.水泥水化程度研究方法及其进展[J].建筑材料学报.第8卷第6期,2005.12:646-652.
- [15] 杨文萃,葛勇,袁杰,张宝生. Effect of inorganic salts on degree of hydration and pore structure of cement pastes[J]. 硅酸盐学报.第37卷第4期,2009.4:622-626.
- [16] Diamond S.Hydraulic cement pastes: Their structure and properties[J]. Cement and Concrete Association, Slough, U K 1976. 2
- [17] Gard J A, Mohan K, Taylor H F W. Analytical electron microscopy of cement pastes: I tricalcium silicate pastes[J]. J Am Ceram Soc, 1980, 63(5~6):336.
- [18] 王占文,杨南如,金钦华.测定硅酸盐阴离子状态的新方法—三甲基硅烷化法[J].南京化工学院学报,1982,4(2):85~98.
- [19] 张文生,王宏霞,叶家元.水化硅酸钙的结构及其变化[J].硅酸盐学报.第33卷第1期,2005.1:63-68.
- [20] 孔祥明,路振宝,张艳荣等. Effect of Organic Grinding Aids on Cement Properties and the Analysis via Organic Cement Chemistry[J]. 硅酸盐学报.第40卷第1期,2012.1:49-55.
- [21] 吴中伟.混凝土科学技术的反思[J].混凝土与水泥制品.1988(6):4-5.
- [22] 吴中伟,张鸿直.膨胀混凝土[M].北京:中国铁道出版社,1990.
- [23] 申爱琴.水泥与水泥混凝土[M].北京:北京交通出版社.2000:93-103.
- [24] 蒋林华,关宇刚,朱卫华.水泥基复合材料的孔结构与强度相关性研究[J].河海大学学报(自然科学版).第31卷第6期,2003.11:666-668.
- [25] 张粉芹,王海波,王起才.掺合料和引气剂对混凝土孔结构与性能影响的研究[J].水力电学报.第29卷第1期,2010.2:180-185.

高效减水剂对水泥基材料收缩开裂的影响研究*

常粉玲¹, 管宗甫²

(1.河南农业大学机电工程学院, 郑州 450002; 2.郑州大学材料科学与工程学院, 郑州 450001)

摘要: 在砂浆水灰比和混凝土水灰比相同的情况下, 研究了高效减水剂对砂浆自收缩和干燥收缩的影响及采用平板刀口约束法研究了高效减水剂对混凝土抗裂性能的影响。结果表明: 不同品种的高效减水剂对水泥基材料的收缩开裂性能影响不同。萘系和脂肪族减水剂增大砂浆的自收缩和干燥收缩, 加剧混凝土的开裂风险; 聚羧酸减水剂对砂浆的收缩具有一定的抑制作用, 能降低混凝土的开裂风险。在水灰比 0.42、掺量 0.6%~1.5% 范围内, 聚羧酸减水剂的掺量对砂浆自收缩和干燥收缩影响不大, 混凝土裂缝宽度和开裂面积随其掺量增加而递增。在同流动度(或同塌落度), 砂浆自收缩随聚羧酸减水剂掺量的增加而递增, 干燥收缩却随其掺量的增加而递减, 混凝土裂缝宽度和开裂面积与其掺量呈负相关。

关键词: 高效减水剂; 水泥混凝土; 自收缩; 干燥收缩; 抗裂性能

Influence of Superplasticizer on Shrinkage and Cracking Behavior of Cement-based Material

CHANG Fenling¹, GUAN Zongfu²

(1.College of mechanical and electrical engineering, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002;
2.School of materials science and Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001)

Abstract: At the same water to cement ratio of mortar and concrete, the influence of Superplasticizer on self-shrinkage and drying shrinkage of mortar were investigated and the impact of Superplasticizer on the anti-cracking property of concrete was investigated using flat-restraint method. The results showed that: different species of superplasticizer have varying impact on shrinkage-cracking property of cement-based cementitious material, BNS and aliphatic superplasticizer increase the autogenous shrinkage and drying shrinkage of mortar, increase the risk of cracking problem of concrete, whereas polycarboxylate superplasticizer showed inhibition in some extent for shrinkage of mortar and reduced the risk of cracking problem. At w/c ratio=0.42, dosage varies from 0.6% to 1.5%, the dosage of polycarboxylate superplasticizer exhibits less impact on the autogenous shrinkage and drying shrinkage of mortar, the width and area of concrete cracks increased with the increase of dosage. With the same fluidity (or the same slump), the value of autogenous shrinkage increased with the increase of PCE dosage, while the value of drying shrinkage decreased with the increase of PCE dosage. A negative correlation was found between the width、area of concrete cracks and dosage.

Key Words: Superplasticizer; Concrete; Self-shrinkage; Drying shrinkage; Anti-cracking

1 引言

混凝土的收缩变形和早期开裂问题是当今国内外

水泥混凝土领域研究的热点,也是建筑工程界所面临的最严峻问题之一。水泥混凝土的收缩变形引起的形变裂缝是引起混凝土结构裂缝的主要原因,约占全部裂缝的

作者简介:管宗甫,男,博士,教授

通讯地址:河南省郑州市科学大道 100 号

E-mail: guanzf@zzu.edu.cn

80%以上^[1]。而混凝土的开裂会导致结构物耐久性下降,给社会带来巨大的经济损失和人员伤亡。高效减水剂是优质混凝土必不可少的组分,被称为混凝土的第五组分。掺高效减水剂提高混凝土的流变性能满足混凝土的施工和硬化性能,特别是新一代的聚羧酸高效减水剂的研究和应用,推动了聚羧酸减水剂应用技术进展。

近年来,针对高效减水剂对水泥基材料收缩开裂及其开裂敏感性影响的研究已有一些报道,但多集中在单一方面,收缩性能^[2-4]或开裂性能^[5-7]。马保国^[6]采用多通道椭圆环收缩开裂试验和自由收缩试验评价了萘系、聚羧酸类高效减水剂对水泥砂浆体积稳定性及早期开裂的影响。钱晓倩^[7]采用 300mm × 370mm × 140mm 的受限圆环法研究了减水剂对混凝土开裂时间和裂缝数目的影响。而采用国家标准 GB/T 50082—2009《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法》中推荐的平板刀口约束法来评价混凝土的开裂方面的研究鲜有报道。本文在水灰比和混凝土水灰比相同的情况下研究了高效减水剂品种、聚羧酸减水剂掺量对砂浆自收缩和干燥收缩的影响以及采用平板刀口约束法研究了高效减水剂品种、聚羧酸减水剂掺量对混凝土抗裂性能的影响,为水泥混凝土工程结构的收缩性能和开裂敏感性提供科学指导和理论依据。本文在水灰比和混凝土水灰比相同的情况下研究了高效减水剂品种、聚羧酸减水剂掺量对砂浆自收缩

和干燥收缩的影响以及采用平板刀口约束法研究了高效减水剂品种、聚羧酸减水剂掺量对混凝土抗裂性能的影响,为水泥混凝土工程结构的收缩性能和开裂敏感性提供科学指导和理论依据。

2 实验

2.1 实验原材料

试验所用水泥为河南孟电集团开封水泥有限公司窑外分解新型干法生产的 P.O 42.5 级普通硅酸盐水泥,其化学成分见表 1,物理力学性能见表 2。集料取自河南郑州物配搅拌站,细集料为河砂,细度模数 3.0,区中砂,含泥量为 2.2%,泥块含量为 0.8%。粗集料是粒径为 5~20 mm 连续级配的石灰石碎石,含泥量为 0.6%,泥块含量为 0.24%。高效减水剂均取自河南郑州物配搅拌站,聚羧酸系高效减水剂固含量为 20%,推荐掺量为水泥用量的 0.5%-1.5%;脂肪族类高效减水剂固含量为 40%,推荐掺量为水泥用量的 1%-2%;粉状萘系高效减水剂推荐掺量为水泥用量的 0.5%-1.5%。水为郑州市自来水。

表 1 水泥的化学成分 (w%)

Loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
3.10	26.10	7.60	3.10	53.27	2.82	2.30

表 2 水泥的物理力学性能

比表面积 /m ² /kg	凝结时间/min		安定性	抗折强度/MPa		抗压强度/MPa	
	初凝	终凝		3d	28d	3d	28d
382	156	231	合格	4.70	8.65	27.2	53.2

2.2 实验方法

2.2.1 混凝土抗裂性能试验方法

本文选用平板刀口约束法来评价混凝土的开裂。参照 GB/T 50082—2009《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法》。将拌制好的混凝土迅速浇筑至模具内,进行振捣摊平,并用抹子整平表面,使骨料不外露,表面平实。试件成型 30 min 后,立即调节风扇位置和风速,使试件表面中心处正上方 100 mm 处风速为 8 m/s。并使风向平于试件表面和裂缝诱导器。同时把试件置于 20 ± 2 °C,相对湿度保持在 60 ± 5% 的环境中,并随时观察试件开裂情况。24h 后(从浇筑混凝土开始计时)开始观察裂缝数量、宽度、长度。试验记录中,裂缝长度

以肉眼可见裂缝为准,用钢尺测量其长度,近似取裂缝两端直线距离为裂缝长度,当一个刀口上有多条裂缝时,将多条裂缝相加折合成一条裂缝。裂缝宽度用 PTS-C10 智能裂缝测宽仪测量,读数显微镜分度值为 0.02mm。

该评价方法的主要评价指标有平均开裂面积、开裂裂缝数目、单位面积上的总开裂面积。其中单位面积上的总开裂面积为混凝土抗裂总体评价指标。单位面积的总开裂面积按式(1)计算:

$$C = a \cdot b \quad (\text{mm}^2/\text{m}^2) \quad (1)$$

式中: $a = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^n (w_i \times l_i)$ — 裂缝平均开裂面积, mm²/根;

$b = \frac{N}{A}$ —单位面积的开裂裂缝数目, 根/ m^2 ;

w_i —第 i 根裂缝的最大宽度, mm ;

l_i —第 i 根裂缝的长度, mm ;

N —总裂缝根数, 根 ;

A —平板的面积, $0.48m^2$ 。

2.2.2 水泥砂浆收缩测定方法

为避免骨料种类变化引起收缩率的波动, 试验采用 ISO 标准砂配制的砂浆来测定水泥基材料的砂浆收缩。砂浆的胶凝材料总量为 450g, 胶砂比为 1 : 3 (水灰比同混凝土的水灰比), 同一配比干缩试样和自收缩试样同时成型。采用 $40mm \times 40mm \times 160mm$ 三联试模成型试样。胶砂入模前, 在模具内壁均匀地涂上一薄层脱模剂, 并在测量收缩试件模器两端预留孔处装好铜测头。砂浆入模后用捣器人工捣实。抹平表面后依次以塑料薄膜、湿布覆盖, 以防水分散失。试样在标准恒温恒湿养护箱内养护 24 h 后脱模。自收缩试样脱模后测定初始长度 l_0 后依次用塑料薄膜和胶带密封完好并置于温度为 $(20 \pm 2)^\circ C$, 湿度大于 90%RH 的标准恒温恒湿养护箱内养护。在各龄期测量试件的长度 l_t , 自收缩测试终龄期为 7d。龄期 0~12 h 内, 每 3 h 测读一次; 龄期

12~72 h 内, 每 12 h 测读一次; 从 72 h~168h, 每 24 h 测读一次。干燥收缩试样脱模后置于水中养护 2d (20 水中标准养护 2d)。取出试样, 将试件表面擦拭干净并测量初长 l_0 后移入温度为 $20 \pm 3^\circ C$, 相对湿度为 $50\% \pm 4\%$ 的养护室中养护, 在各龄期测量试件的长度 l_t 。测定 1d、3d、7d、14d、21d 和 28d 龄期的干缩率, 并以 28 天龄期的干缩率来表征外加剂对干缩的影响。

砂浆收缩率按下式 (2) 计算:

$$\varepsilon_t = (l_0 - l_t) / l \quad (2)$$

式中: l_0 为初始测量长度; l_t 为某龄期的测量长度; l 为试件有效长度。

3 结果与讨论

3.1 高效减水剂对混凝土开裂性能的影响

3.1.1 高效减水剂品种对混凝土开裂性能的影响

该实验设计是保持混凝土配合比不变的情况下, 外掺不同种类的高效减水剂, 通过其掺量调整使混凝土塌落度控制在 $200 \pm 20mm$ 范围内, 探究高效减水剂品种对混凝土抗裂性能的影响。混凝土配合比及其基本物理性能见表 3, 混凝土的最大裂缝宽度及评价指标见表 4。

表 3 不同高效减水剂品种的混凝土配合比、坍落度及强度

编号	水泥/kg	砂/kg	石子/kg	水/kg	减水剂/%	减水剂品种	坍落度/mm	7d 强度/MPa	28d 强度/MPa
CA1	457	718	1033	192	1.2	聚羧酸	210	30.4	48.6
CA2	457	718	1033	192	1.2	萘系	180	29.9	45.7
CA3	457	718	1033	192	1.8	脂肪族	190	29.3	47.9

表 4 不同高效减水剂品种的混凝土的最大裂缝宽度及评价指标

编号	最大裂缝宽度/mm	$a/mm^2/根$	$b/根/m^2$	$c/mm^2/m^2$
CA1	0.25	43.65	14.58	636.58
CA2	0.53	67.51	14.58	984.57
CA3	0.38	43.16	14.58	629.41

表 4 显示了不同高效减水剂品种对混凝土 24h 内的最大裂缝宽度和单位面积的总开裂面积的影响。由表 4 可以看出, 不同品种的高效减水剂对混凝土的最大裂缝宽度影响较大。混凝土的最大裂缝宽度大小排列顺序为: 萘系 > 脂肪族 > 聚羧酸。使用聚羧酸减水剂的混凝土 24h 内的最大裂缝宽度分别是使用萘系减水剂和脂肪族减水剂的 47.2% 和 65.8%。使用聚羧酸减水剂和脂肪族减水剂的混凝土单位面积的总开裂面积基本相当, 而

使用萘系减水剂的混凝土单位面积的总开裂面积较大, 是使用聚羧酸减水剂和脂肪族减水剂的 156% 左右。可见, 使用聚羧酸减水剂在一定程度上能降低混凝土的开裂风险, 特别是降低混凝土 24h 内的最大裂缝宽度。

3.1.2 同水灰比, 聚羧酸减水剂掺量对混凝土开裂性能的影响

该实验设计是保持混凝土配合比不变的情况下, 探究聚羧酸高效减水剂不同掺量时混凝土的抗裂性能。混

混凝土配合比及其基本物理性能见表5,混凝土的最大裂缝宽度及评价指标见表6。

表5 同水灰比,不同聚羧酸减水剂掺量的混凝土配合比、坍落度及强度

编号	水泥/kg	砂/kg	石子/kg	水/kg	减水剂/%	坍落度/mm	7d 强度/MPa	28d 强度/MPa
CA10	457	718	1033	192	0	45	28.3	46.9
CA11	457	718	1033	192	0.6	70	31.2	48.6
CA12	457	718	1033	192	0.9	125	30.1	49.6
CA13	457	718	1033	192	1.2	210	30.4	48.6
CA14	457	718	1033	192	1.5	220	29.6	48.9

表6 同水灰比,不同聚羧酸减水剂掺量的混凝土最大裂缝宽度及评价指标

编号	最大裂缝宽度/mm	a/mm ² /根	b/根/m ²	c/mm ² /m ²
CA10	0.13	13.87	8.33	115.56
CA11	0.23	21.74	14.58	317.02
CA12	0.19	32.50	14.58	474.01
CA13	0.25	43.65	14.58	636.58
CA14	0.28	44.95	14.58	655.48

表5显示了同水灰比下,不同聚羧酸减水剂掺量对混凝土24h 内的最大裂缝宽度和单位面积的总开裂面积的影响。由表5可以看出,同水灰比时,聚羧酸减水剂在推荐掺量范围内,随着其掺量的增加,混凝土24h 内的最大裂缝宽度和单位面积的总开裂面积逐渐增加。这可能是由于同水灰比时,聚羧酸减水剂掺量的增加提高了水泥颗粒间的分散度,增大了体系的流动度和游离水含量,导致体系在低湿高温和一定风速条件下加剧了自由水的蒸发速率而加剧混凝土的开裂。由表5还可以看出,同水灰比下,聚羧酸减水剂掺量为水泥用量的0.6%和0.9%的混凝土单位面积的总开裂面积比聚羧酸

减水剂掺量为1.2%和1.5%的混凝土小,即混凝土塌落度在100 mm左右的混凝土单位面积的总开裂面积比混凝土塌落度在200 mm左右的混凝土大,这与王雪芳^[9]的研究结果相似。

3.1.3 同塌落度,聚羧酸减水剂掺量对混凝土开裂性能的影响

该实验设计是保持混凝土塌落度在 200 ± 20mm 范围内时,探究聚羧酸高效减水剂不同掺量时混凝土的抗裂性能。混凝土配合比及其基本物理性能见表7,混凝土的最大裂缝宽度及评价指标见表8。

表7 同塌落度,不同聚羧酸减水剂掺量的混凝土配合比、坍落度及强度

编号	水泥/kg	砂/kg	石子/kg	水/kg	减水剂/%	坍落度/mm	7d 强度/MPa	28d 强度/MPa
CB11	457	718	1033	229	0.6	210	26.1	39.8
CB12	457	718	1033	206	0.9	215	29.4	47.2
CB13	457	718	1033	192	1.2	210	30.4	48.6
CB14	457	718	1033	183	1.5	215	34.4	49.9

表8 同塌落度,不同聚羧酸减水剂掺量的混凝土最大裂缝宽度及评价指标

编号	最大裂缝宽度/mm	a/mm ² /根	b/根/m ²	c/mm ² /m ²
CB11	0.33	54.16	14.58	789.82
CB12	0.27	42.40	14.58	618.34
CB13	0.25	43.65	14.58	636.58
CB14	0.21	35.00	14.58	510.46

表8为同塌落度下,不同聚羧酸减水剂掺量对混凝土24h 内的最大裂缝宽度和单位面积的总开裂面积的影响。

从表8可以看出,同塌落度时,聚羧酸减水剂在推荐掺量范围内,混凝土24h 内的最大裂缝宽度和单位

面积的总开裂面积与其掺量增加呈负相关。塌落度相同时，聚羧酸减水剂掺量为1.5%，水灰比为0.4的混凝土24h内的最大裂缝宽度和单位面积的总开裂面积分别是聚羧酸减水剂掺量为0.6%，水灰比为0.5的混凝土的63.6%和64.6%。

3.2 高效减水剂对水泥砂浆收缩性能的影响

该实验目的是为了通过水泥砂浆的收缩来间接反

表9 不同品种高效减水剂的水泥胶砂的配比及流动度

编号	水泥/g	ISO 砂/g	水/g	减水剂/%	减水剂品种	胶砂流动度/mm
MA1	450	1350	189	1.2	聚羧酸	220
MA2	450	1350	189	1.2	萘系	240
MA3	450	1350	189	1.8	脂肪族	215

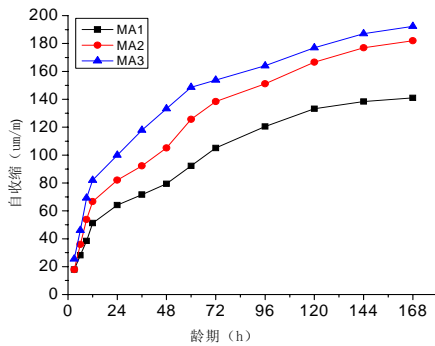


图1 不同品种高效减水剂对水泥砂浆自收缩的影响

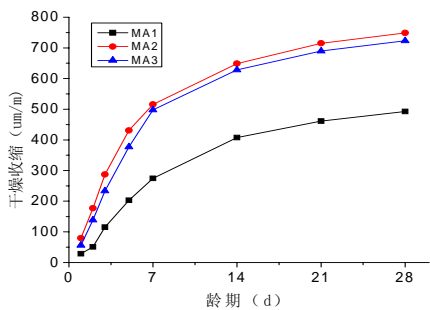


图2 不同品种高效减水剂对水泥砂浆干燥收缩的影响

图1和图2分别为同水灰比同流动度时,不同品种

表10 同水灰比,不同聚羧酸减水剂掺量的水泥砂浆配合比及流动度

编号	水泥/g	ISO 砂/g	水/g	减水剂/%	胶砂流动度/mm
MA10	450	1350	189	0	140
MA11	450	1350	189	0.6	150
MA12	450	1350	189	0.9	180
MA13	450	1350	189	1.2	220
MA14	450	1350	189	1.5	250

映混凝土的收缩。因此在水灰比和混凝土的水灰比相同的情况下,探究高效减水剂对水泥砂浆收缩的影响。

3.2.1 高效减水剂品种对水泥砂浆收缩的影响

同水灰比,同胶砂流动度下,不同品种高效减水剂的水泥砂浆配合比及胶砂流动度见表9,不同品种高效减水剂的水泥砂浆自收缩和干燥收缩试验结果分别见图1和图2。

高效减水剂对水泥砂浆自收缩和干燥收缩的影响情况。由图1可见,不同高效减水剂对水泥砂浆自收缩的影响顺序为:脂肪族>萘系>聚羧酸。使用聚羧酸减水剂的水泥砂浆24h、3d、7d的自收缩率分别为使用萘系和脂肪族减水剂的78.2%、75.9%、77.5%和64.1%、68.3%、73.3%。从图2可见,萘系和脂肪族减水剂对水泥砂浆干燥收缩的影响基本相当,而聚羧酸减水剂对水泥砂浆的干燥收缩影响明显较小。使用聚羧酸减水剂的砂浆28d干燥收缩率为492.31um/m,与萘系(748.72um/m)和脂肪族(723.08um/m)相比,28d干燥收缩率分别降低34.2%和31.9%。说明与萘系和脂肪族减水剂相比,聚羧酸减水剂具有抑制砂浆自收缩和干燥收缩的作用。

3.2.2 同水灰比,聚羧酸减水剂掺量对水泥砂浆收缩性能的影响

同水灰比,不同聚羧酸减水剂掺量的水泥砂浆配合比及胶砂流动度见表10,不同聚羧酸减水剂掺量的水泥砂浆自收缩和干燥收缩试验结果分别见图3和图4。

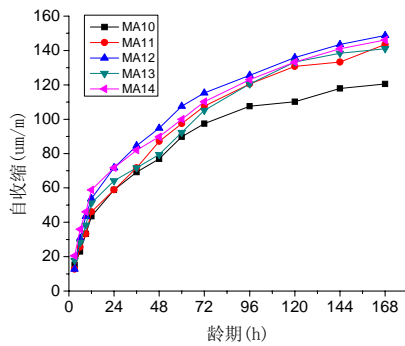


图 3 同水灰比，不同聚羧酸减水剂掺量对水泥砂浆自收缩的影响

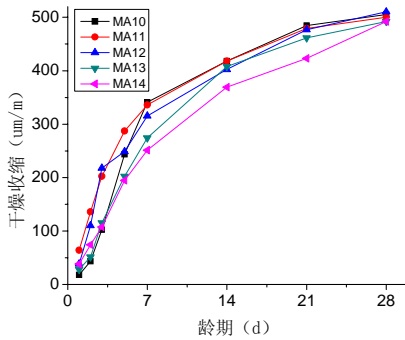


图 4 同水灰比，不同聚羧酸减水剂掺量对水泥砂浆干燥收缩的影响

图 3 和图 4 分别显示了同水灰比下，在推荐掺量范围内，聚羧酸减水剂的掺量对水泥砂浆自收缩和干燥收缩的影响。由图 3 可知，同水灰比下，聚羧酸减水剂掺

量在 0.6% ~ 1.5%范围内的砂浆 24h、3d、7d 的自收缩分别约为未掺减水剂的砂浆 MA10 的 110%、115%和 120%。由图 3 还可以看出，同水灰比下，改变聚羧酸减水剂的掺量对砂浆自收缩影响不大，在聚羧酸减水剂最佳掺量 1.2%时，砂浆自收缩相对最小。这是由于聚羧酸减水剂的加入，使得水泥的分散性提高，使矿物水化更加迅速，导致了自干燥效果的增强，引起了更大的自收缩。从图 4 可见，同水灰比时，聚羧酸减水剂掺入增大了砂浆 3d 以前的干燥收缩率；3d 以后，掺有聚羧酸减水剂的砂浆干燥收缩率低于未掺聚羧酸减水剂的 MA10 砂浆干燥收缩率；28d 时，所有砂浆的干燥率基本相当，均在 490 um/m ~ 510um/m 的范围内。可见，聚羧酸减水剂增大了砂浆的自收缩，但对砂浆的干燥收缩具有一定的抑制作用。在同水灰比、推荐掺量范围内时，聚羧酸减水剂的掺量对水泥砂浆自收缩和干燥收缩影响不大。

3.2.3 同流动性，聚羧酸减水剂掺量对水泥砂浆收缩性能的影响

同流动性，不同聚羧酸减水剂掺量的水泥砂浆配合比及胶砂流动度见表 11，不同聚羧酸减水剂掺量的水泥砂浆自收缩和干燥收缩试验结果分别见图 5 和图 6。

表 11 同流动性，不同聚羧酸减水剂掺量的水泥砂浆配合比及流动度

编号	水泥/g	ISO 砂/g	水/g	减水剂/%	胶砂流动度/mm
MB11	450	1350	225	0.6	260
MB12	450	1350	202.5	0.9	245
MB13	450	1350	189	1.2	235
MB14	450	1350	180	1.5	230

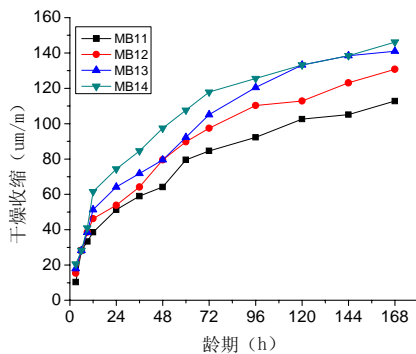


图 5 同流动性，不同聚羧酸减水剂掺量对水泥砂浆自收缩的影响

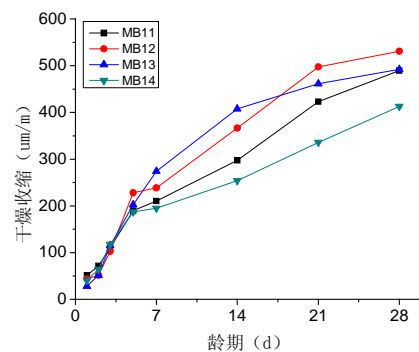


图 6 同流动性，不同聚羧酸减水剂掺量对水泥砂浆干燥收缩的影响

图 5 和图 6 分别显示了同流动度下,在推荐掺量范围内,聚羧酸减水剂的掺量对水泥砂浆自收缩和干燥收缩的影响。由图 5 可见,同流动度下,不同聚羧酸减水剂掺量对水胶砂自收缩也有一定影响,砂浆自收缩率随聚羧酸减水剂掺量的增加而呈递增趋势。聚羧酸减水剂掺量为 0.6%~1.5%的砂浆 3d 自收缩率分别为 84.6 um/m、97.4 um/m、105.1um/m、117.9um/m。从图 6 可以看出,在相同胶砂流动度下,不同聚羧酸减水剂掺量对水泥胶砂干燥收缩有一定的影响。从总体来看,砂浆在各龄期的干燥收缩率随着聚羧酸减水剂掺量的增加而呈现递减趋势。聚羧酸减水剂掺量为 0.6%~1.5%的砂浆 28d 干缩率分别为 489.7 um/m、530.8 um/m、492.3 um/m、412.8 um/m。MB14 的砂浆 28d 干缩率较 MB12 砂浆降低了 22%,较 MB13 砂浆降低了 16%。由上述可见,聚羧酸减水剂在同流动度,推荐掺量范围内,砂浆自收缩率随其掺量的增加而呈现递增趋势,而砂浆的干燥收缩率却随其掺量的增加而呈现递减的趋势。

4 结论

(1) 不同品种的高效减水剂对水泥基材料的收缩开裂性能影响不同。萘系减水剂和脂肪族减水剂增大砂浆的自收缩和干燥收缩,增大混凝土 24h 内的最大裂缝宽度和单位面积的总开裂面积,加剧混凝土的开裂风险。聚羧酸减水剂对砂浆的收缩具有一定的抑制作用,能降低混凝土 24h 内的最大裂缝宽度,降低混凝土的开裂风险。

(2) 在同水灰比、推荐掺量范围内时,聚羧酸减水剂的掺量对水泥砂浆自收缩和干燥收缩影响不大,在

最佳掺量 1.2%时,砂浆自收缩相对最小。混凝土 24h 内的最大裂缝宽度和单位面积的总开裂面积随着其掺量的增加而逐渐增加。

(3) 聚羧酸减水剂在同流动度(或同塌落度),推荐掺量范围内,砂浆自收缩率随其掺量的增加而呈现递增趋势,而砂浆的干燥收缩率却随其掺量的增加而呈现递减的趋势,混凝土 24h 内的最大裂缝宽度和单位面积的总开裂面积与其掺量呈负相关。

参考文献:

- [1] 王铁梦. 工程结构裂缝控制[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1997.
- [2] 邓义群,王培铭. 减水剂对水泥净浆早期自收缩性能的影响[J]. 武汉理工大学学报. 2008, 30(12): 23-26.
- [3] 杨医博,文梓芸. 高效减水剂对砂浆干燥收缩性能的影响[J]. 建筑材料学报. 2002, 5(4): 336-341.
- [4] 杨利民,尚建丽,杨晓东. 高效减水剂对水泥胶砂收缩性能的影响[J]. 混凝土, 2006, (2), 53-56.
- [5] 王雪芳,郑建岚. 坍落度与减水剂对混凝土早期开裂性能的影响[J]. 厦门大学学报(自然科学版). 2008, 47(5): 681-685.
- [6] 马保国,王信刚,梁文泉,等. 掺高效减水剂水泥砂浆的早期开裂研究[J]. 建筑材料学报, 2005, 8(6): 593-598.
- [7] 钱晓倩,詹树林,方明晖,等. 减水剂对混凝土收缩和裂缝的负影响[J]. 铁道科学与工程学报. 2004, 1(2): 19-25.

信息速读:

散装水泥宣传周启动 初步形成三位一体发展格局

商务部定于 6 月 11 日~17 日开展 2012 年全国散装水泥宣传周活动。宣传周的主题为:保护环境,城市禁止现场搅拌;惠农便民,农村推广散装水泥。

宣传周的重点是广泛宣传发展散装水泥带来的重大环境效益和社会效益,为推广使用散装水泥工作营造良好的社会氛围,加快构建促进资源节约、环境友好的水泥生产和消费模式,推进散装水泥预拌混凝土、预拌砂浆“三位一体”产业的全面协调可持续发展。重点宣传发展散装水泥、预拌砂浆对节约资源、保护环境、提高建设工程质量和加快新农村建设的重要意义。

据了解,全国散装水泥事业快速发展,“三位一体”的发展格局已初步形成,呈现出高质量的发展态势。

粉煤灰“微珠”在高性能混凝土中的应用基础研究

谢小龙, 张倩倩, 杜广磊, 周武, 王丽交, 蒋元海

(嘉兴学院建筑与工程学院, 浙江 314001)

摘要: 在保持胶凝材料总用量不变情况下, 研究了用纳米粉煤灰“微珠”等量替代 10%、20%、30%、40%、50%水泥量后 C60 混凝土的和易性、抗压强度和耐久性的变化情况。实验结果表明, 当“微珠”掺入后, 混凝土单位用水量下降, 且随着“微珠”掺量的增加, 用水量下降越明显; 28d 抗氯离子渗透性能得到明显改善, 混凝土强度提高, 且当“微珠”取代量为 20%时, 混凝土强度提高最大, 提高幅度达 2 个等级。

关键词: 粉煤灰“微珠”; 掺量; 耐久性; 抗压强度; 混凝土

Research on Application of Fly Ash Microbead in High Performance Concrete

XIE Xiaolong, ZHANG Qianqian, DU Guanglei, ZHOU Wu, WANG Lijiao, JIANG Yuanhai

(College of engineering and architecture, Jiaxing University, Zhejiang 314001)

Abstract: Research C60 concrete, under the situation that keep the dosage of gelled material unchanged, amount for 10%、20%、30%、40%、50% cement with fly ash microbead and then measure the change of its peaceability, compression strength, durability. The experimental results show that, unit water consumption of the concrete will descend when the “microbead” was mixed, moreover, unit water consumption of the concrete descend obviously along with the dosage increase; concrete 28d anti-chloride ion penetration performance improved obviously, strength increased. When “microbead” replace content is 20%, the largest increase strength of concrete, the increase was up to 2 grade.

Key Words: Fly ash microbead; Dosage; Durability; Compressive strength; Concrete

0 前言

粉煤灰是一种污染环境的工业废弃物, 据国际环保组织在北京发布 2010 年中国粉煤灰调查报告说, 中国过度依赖煤炭, 造成粉煤灰排放量巨幅增加, 2009 年, 中国粉煤灰排放达到 3.75 亿吨。报告发现, 中国每年有 2.5 万吨镉、汞和铅等有害重金属包含在粉煤灰中散落到自然环境中, 直接危害人体健康^[1-2]。到目前为止, 我国粉煤灰的利用率仍很低, 这种细微颗粒经常浮在大气中, 是中国大城市空气浑浊、能见度低的主要原因。因此, 解决粉煤灰的大规模利用已是迫在眉睫的问题。

粉煤灰“微珠”是一种新型超微粉体材料, 是经过独特工艺从优质粉煤灰中精选出的一种超细的粉体产品。“微珠”具有活性高、质轻、耐高低温、耐腐蚀、耐磨、抗压强度高、流动性好、热稳定性好、无毒等优异功能, 可以作为高性能混凝土的新型活性超微集料^[3]。

“微珠”在化学成分上与普通粉煤灰相比没有什么差别, 其主要差异在于颗粒粒径和形状上。“微珠”颗粒的粒径分布主要在 0.1~5 μm 之间, 且在电子显微镜下观察, 呈球状^[3]。“微珠”不但可以降低混凝土的需水

作者简介: 谢小龙, 男, 在读本科生。

通讯作者: 蒋元海, 男, 教授

地址: 浙江省嘉兴市越秀南路 56 号 嘉兴学院, 邮编: 314001

E-Mail: szjh888@163.com

注: 本文得到嘉兴学院 2011 年度大学生 SRT 重点项目的经费资助。

比,并有提高混凝土的密实性、耐久性、抗腐蚀等性能,为配制高性能混凝土提供了一种全新有效的选择。

1 原材料和实验方法

1.1 原材料

1.1.1 粉煤灰“微珠”
技术指标见表 1。

1.1.2 水泥

南方水泥厂生产的 42.5 级普通硅酸盐水泥。

1.1.3 细集料

河砂,主要性能见表 2。

1.1.4 粗集料

石灰岩碎石,粒径 5~40mm,连续级配,压碎指标 6.5%,含泥量 0.4%。

1.1.5 外加剂

SUNBO PC-1016 聚羧酸高效减水剂(液体),固含量:20%,pH 值(20℃):6~8,氯离子含量:<0.03%,建议掺加量:0.8%~1.5%

1.1.6 拌合水

普通自来水。

表 1 粉煤灰“微珠”的技术指标

颗粒形状	球体密度 (kg/m ³)	表观密度 (kg/m ³)		含水率	胶砂需水量比
		自然状态	压缩后		
完美球形	2520	670	890	1%	90%左右

表 2 砂的主要性能

细度模数	含泥量/%	泥块含量/%	含水量/%	表面密度/(kg/m ³)	堆积密度/(kg/m ³)
2.73	0.8	0.0	0.4	2630	1390

1.2 实验方法

1.2.1 新拌混凝土减水率试验

混凝土减水率试验按照 GB8076-2010《混凝土外加剂》中有关规定进行^[7]。

1.2.2 混凝土抗压强度试验

混凝土抗压强度试验按 GB/T50081-2002《普通混凝土力学性能试验方法标准》中有关规定进行^[8]。实验中,混凝土强度试验采用三组试块,一组三小块,其中两组采用标准养护,剩下一组采用蒸汽养护,测试 28d 强度。试件尺寸为 100 mm × 100 mm × 100mm。

1.2.3 混凝土抗氯离子渗透性试验

本试验采用电通量法,试验按 ASTM C1202《混凝土抗氯离子渗透性标准试验方法》进行^[9]。将质量浓度为 3.0%的 NaCl 溶液和摩尔浓度为 0.3mol/L 的 NaOH 溶液注入试件两侧,每隔 10min 记录一次电流值,直至通电 6h。

1.2.4 混凝土养护制度

混凝土成型后,试块一部分采用一般标准养护,一部分按设计的养护制度采用蒸汽养护。设计的蒸汽养护制度如下:混凝土试块先在常温下静止 2 小时,然后放入养护箱内升温至 90 度,升温的速度平均为 25 度/小时,接着恒温养护 4 小时,然后降温,并在一小时内降至常温,在常温下静止一天,最后再放入标准养护室养护 26 天,养护到规定龄期后进行混凝土立方抗压强度和混凝土抗氯离子渗透性试验。

2 配合比

保持胶凝材料总用量不变,粉煤灰“微珠”掺量分别为 0、10%、20%、30%、40%、50%,等量替代水泥后,研究粉煤灰“微珠”掺量对混凝土和易性、抗压强度和抗氯离子渗透性等影响,配合比见表 3。

表 3 不同粉煤灰“微珠”掺量混凝土配合比设计(20L 混凝土)

编号	微珠掺量/%	水胶比 W/B	微珠/kg	水泥/kg	水/kg	砂/kg	石/kg	减水剂/kg
J10	0(原样)	0.29	0	10.50	3	11.16	24.84	0.05
F11	10	—	1.05	9.45	—	11.16	24.84	0.05
F12	20	—	2.10	8.40	—	11.16	24.84	0.05
F13	30	—	3.15	7.35	—	11.16	24.84	0.05
F14	40	—	4.20	6.30	—	11.16	24.84	0.05
F15	50	—	5.25	5.25	—	11.16	24.84	0.05

3 实验结果与探讨

3.1 减水性能

在粉煤灰“微珠”等量替代水泥的情况下，配制 C60 混凝土的用水量如表 4 所示。从表 4 中可以看出，“微珠”不仅可以作为混凝土的填充集料而且具有减水性。在保持

混凝土流动性基本不变的情况下，随着“微珠”掺量的增加，减水效果越明显，当掺量为 30%以上时，“微珠”的复合减水率高达 20%以上。表中还可以发现，“微珠”具有极低的需水量比，当掺量为 30%时，需水量比为 78.7%，掺量为 40%时，需水量比为 71.3%。

表 4 混凝土试验结果 (“微珠”减水效果)

编号	微珠掺量/%	水胶比 W/B	微珠/kg	水泥/kg	砂/kg	石/kg	减水剂/kg	水/kg	减水量/kg	塌落度/mm
J10	0 (原样)	0.29	0	10.50	11.16	24.84	0.05	3	0	630
F11	10	0.27	1.05	9.45	11.16	24.84	0.05	2.82	0.18	700
F12	20	0.24	2.10	8.40	11.16	24.84	0.05	2.56	0.44	540
F13	30	0.22	3.15	7.35	11.16	24.84	0.05	2.36	0.64	650
F14	40	0.20	4.20	6.30	11.16	24.84	0.05	2.14	0.86	600
F15	50	0.19	5.25	5.25	11.16	24.84	0.05	2.02	0.98	570

3.2 抗压强度

不同养护条件下混凝土抗压强度检测结果如表 5 和图 1。从表 5 中可以看出，各组混凝土 28d 强度均达到 C60 等级，掺“微珠”后对混凝土的抗压强度影响很大，且随着“微珠”掺量的增加，混凝土 28d 强度较基准混凝土都有不同幅度的提高。强度改变的规律是先逐步增加，后渐渐降低（如图 1）。当掺量在 20%~30%

之间时，强度提高最大，在 30%之后，强度开始呈下降趋势，当掺量过大时（如 F15），甚至会破坏混凝土原有强度。F12、F13 和 F14 配合比的混凝土 28d 强度都达到 C70，相对于 C60，提高了 2 个等级。使用“微珠”后，由于混凝土单位用水量的减少使混凝土的等级提高，基本规律为，提高 1~2 个等级。

表 5 混凝土抗压强度

编号		J10	F11	F12	F13	F14	F15
28d 抗压强度/MPa	标准养护	64.85	67.85	76.15	78.70	74.05	64.20
	蒸汽养护	63.70	57.10	66.10	66.80	53.70	65.90

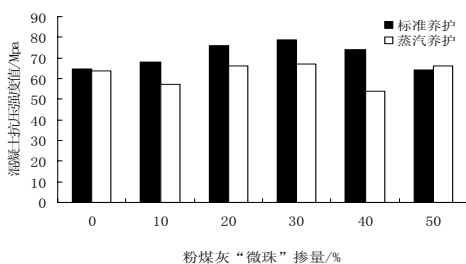


图 1 粉煤灰“微珠”掺量对混凝土 28 天强度的影响

3.3 抗氯离子渗透性能

从图 2 中可以看出，混凝土 28d 的电通量均小于

1000C，说明混凝土具有较高的耐久性。掺入“微珠”后能有效的改善混凝土抗氯离子渗透性能，随着“微珠”掺量的逐步增加，混凝土抗氯离子渗透性也逐步增强，当掺量为 20%左右时，抗氯离子渗透性增强的最为显著（几乎是原来的 4 倍），在此之后随着掺量增加，混凝土抗氯离子渗透性开始下降。蒸养条件下混凝土电通量会偏高，大致是标养情况下的 2 倍，蒸养后的混凝土密实性和耐久性都会有所降低。

表 6 混凝土抗氯离子渗透性能

编号		J10	F11	F12	F13	F14	F15
28 氯离子渗透性 (电通量)/C	标准养护	472.40	84.25	76.84	74.09	73.64	196.58
	蒸汽养护	945.88	203.73	116.76	199.72	233.28	374.86

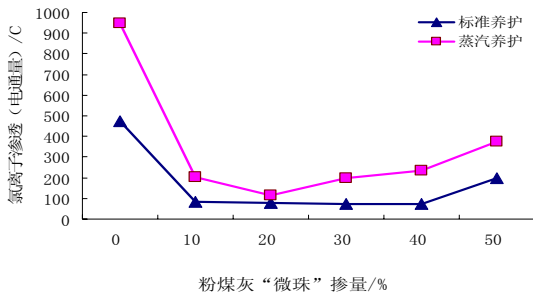


图2 粉煤灰“微珠”掺量对混凝土28天电通量的影响

4 经济分析与应用前景

4.1 经济分析

如表4,在使用“微珠”后,化学减水剂聚羧酸与“微珠”所独特具有的高矿物减水率相叠加,较以往的J10方式配制混凝土降低单方用水量25KG左右。假设在混凝土强度等级不变及包罗密公式可用的情况下,对应F11的水胶比0.27,则用水量下降25KG左右,意味着节约水泥 $25\text{KG}/0.27=74\text{KG}$ 。F12、F13、F14、F15的水胶比分别为0.24、0.22、0.20、0.19;则对应强度等级的混凝土将分别节约水泥用量104KG、114KG、125KG、132KG^[4]。换句话说,使用“微珠”后混凝土强度等级提高,基本规律为,提高幅度达1~2个等级。即用C60混凝土的成本配制C70混凝土,用较低的成本配制更高强度的混凝土,大大的降低了高性能混凝土材料成本。此外,目前粉煤灰纳米“微珠”的市场价一般为550~600元/吨,P.O 42.5级水泥市场价约为400~500元/吨,两者价格相差并不远。

4.2 应用前景

众所周知“当今世界混凝土破坏原因,按重要性递减顺序排列是:钢筋锈蚀、冻害、物理化学作用^[5]。”而来自海洋环境和使用防冰盐中的氯离子,又是造成钢筋锈蚀的主要原因。20世纪90年代以来,我国海洋经济以两位数的年增长率快速发展。海洋经济在国民经济中的地位日渐提高。我国大型海洋工程的耐久性逐渐成为迫在眉睫的问题。未来,世界性、大规模开发利用海洋将成为国际竞争的主要内容,如何走好海洋经济这步棋,充分发挥所拥有的海洋资源优势,把握好全球海洋经济发展的战略机遇,是未来我国经济发展能否获得新

动力的关键问题之一^[6]。实验发现,在配制高性能混凝土时掺入适量“微珠”,不仅可以提高强度节约材料,而且可以显著的提高混凝土的抗氯离子渗透性,可见“微珠”在未来的海洋工程上有十分看好发展前景。

5 结论

(1) 纳米“微珠”的掺入,对混凝土具有很好的减水效果,使混凝土的强度等级提高,但随着“微珠”掺量的增大,当超过30%时,砂浆中的薄弱环节增加,混凝土强度呈下降的趋势。

(2) “微珠”的掺入提高了混凝土抗压强度,基本规律为,提高幅度达1~2个等级,即用C60混凝土的成本配制C70混凝土,大大的降低了高性能混凝土材料成本。而且大量应用了污染环境的工业废弃物--纳米微珠,实现了变废为宝、保护改善城市生活环境。

(3) “微珠”等量替代水泥后能显著的提高了混凝土密实性和抗氯离子渗透性。在世界性、大规模开发利用海洋将成为国际竞争的主要内容的未来,纳米“微珠”具有十分看好的发展前景。

参考文献:

- [1] 喻良.粉煤灰综合利用亟待加速[N].中国经济导报,2011-07-09(2).
- [2] 姬永生,刘世伟,袁迎曙,何启发,王华.粉煤灰在水泥和混凝土中应用对改善混凝土性能的对比试验研究[J].四川建筑科学研究,2006,32(5):171-175.
- [3] 冯乃谦,李浩.纳米微珠的特性与应用.混凝土与水泥制品[J],2010(5):01-03.
- [4] 谢友均.超细粉煤灰高性能混凝土的研究与应用[D].上海:中国科学院上海冶金研究所,2006:90-93.
- [5] 杨俊仓.水工混凝土常见的病害及预防对策[N].科学导报,2011-06-27(22)
- [6] 刘曙光,姜旭朝.中国海洋经济研究30年:回顾与展望[J].中国工业经济,2008(11):155-162.
- [7] GB8076-2010《混凝土外加剂》[S].
- [8] GB/T50081-2002《普通混凝土力学性能试验方法标准》[S].
- [9] ASTM C1202《混凝土抗氯离子渗透性标准试验方法》[S].

矿物掺合料高性能轻骨料混凝土正交试验研究

杭美艳, 曲树强, 张 冰
(内蒙古科技大学, 内蒙古 包头 014010)

摘要:以强度和表观密度为指标,以粉煤灰掺量、矿粉掺量、砂率作为因素,每个因素取三个水平采用正交试验方法进行矿物掺合料高性能轻骨料混凝土研究。通过试验,得出各因素的主次顺序,并根据包头本地原材料的特点得出高性能轻骨料混凝土的最佳配比。

关键词:矿物掺合料;轻骨料混凝土;高性能;正交试验。

Orthogonal Test Study of Mineral Admixture High-performance Lightweight Aggregate Concrete

HANG Meiyang, QU Shuqiang, ZHANG Bing
(Inner Mongolia University of Science & Technology, Baotou 014010, China)

Abstract:As indicators of strength and apparent density, as factors of fly ash, slag ash, sand ratio; taking three level orthogonal test methods for the mineral admixture high-performance lightweight aggregate concrete each factor. Test obtained that the primary and secondary order of the factors, and the best ratio of high-performance lightweight aggregate concrete at the basis of the characteristics of the Baotou local raw materials.

Key Words: Mineral admixtures; Lightweight aggregate concrete; High performance; Orthogonal test

0 前言

随着现代建筑技术的发展,轻骨料混凝土以其轻质、高强、多功能的特点在工程中有着广泛的应用前景^[1]。利用工业废渣制备的轻骨料混凝土,可降低生产成本,减少环境污染,做到废物利用,符合现代可持续发展的要求^[2]。特别是随着高性能轻骨料混凝土的开发,强度等级为LC30、LC40的高性能轻骨料混凝土已在大跨结构、高层建筑等建筑物中得到应用。目前,关于结构用高性能轻骨料混凝土的配合比及性能的研究已经很多,但在内蒙地区适合结构用高性能轻骨料混凝土还

比较少。本文针对本地区的粉煤灰陶粒、矿粉、粉煤灰等原材料的特点,利用正交实验的方法确定强度等级为LC40的高性能轻骨料混凝土的配合比,为内蒙地区高性能轻骨料混凝土的应用推广提供参考。

1 试验材料

1.1 水泥

冀东P·O42.5级水泥,其物理性能见表1;

1.2 粉煤灰

包头市河西电厂生产的Ⅱ级粉煤灰,其物理性能见

作者简介:杭美艳(1964-)女,内蒙古科技大学建筑与土木工程学院教授级高工,从事教学、新型材料的研究及新产品的开发与应用等工作。

邮寄地址:内蒙古包头市昆区青年路14号街坊钢院建研所(014010)

Email:hangmeiyang64@126.com

表 2 ;

1.3 矿粉

包头市宏伟生产的 S75 级矿粉 ,其物理性能见表 3 ;

1.4 砂子

包头市昆河中砂 ,细度模数 $M_x=2.8$,含泥量为 3.0% ,堆积密度为 1542 kg/m^3 ,表观密度为 2645 kg/m^3 ;

1.5 外加剂

包头市钢鹿产 GL-JB 高效减水剂 ,掺量为胶凝材料的 0.7% ;

1.6 陶粒

包头精正新型建材公司生产的粉煤灰陶粒 ,其物理性能见表 4。

表 1 水泥的物理性能

细度 (0.08mm) /%	标准稠度 /%	密度/(g/cm^3)	比表面积/(m^2/kg)	安定性	凝结时间/min		强度/MPa	
					初凝时间	终凝时间	3d 强度	28d 强度
2.4	28	3.015	342	合格	116	203	5.6/28.4	8.1/45.3

表 2 粉煤灰的物理性能

细度 (0.045mm) /%	需水量比/%	烧矢量/%	SO_3 含量/%	密度/(g/cm^3)	比表面积/(m^2/kg)	28d 活性指数/%
26.2	93.3	0.13	0.81	2.43	509	87.9

表 3 矿粉的物理性能

比表面积/(m^2/kg)	烧矢量/%	密度/(g/cm^3)	流动度比/%	SO_3 含量/%	活性指数/%	
					7d	28d
461	2.77	2.86	100	2.30	67.3	81.2

表 4 粉煤灰陶粒的物理性能

筒压强度 /MPa	1h吸水后筒压强度/MPa	软化系数	堆积密度/(kg/m^3)	表观密度/(kg/m^3)	煮沸损失 /%	空隙率 /%	吸水率 (1 h) /%	2 h吸水率 /%	强度标号 /MPa
6.56	5.52	0.84	982.1	1700	0.69	43	11.8	12.0	30

2 试验方案

按 JGJ51-2006 《轻骨料混凝土技术规程》规定进行基准配合比设计 ,计算试配强度 ,按试配强度确定出水泥用量 ,按坍落度的要求选择净水用量 ,选择砂率 ,根据陶粒和砂的表观密度采用松散体积法计算出每立方米混凝土中陶粒和砂的用量。混凝土的设计等级强度为 LC40 ,基准配比见表 5。本试验采用 $L_9(3^4)$ 正交表来进行粉煤灰掺量、矿粉掺量、砂率三个因素的正交试验 ,各因素及水平见表 6。混凝土拌和试验参照 GB/T50080-2002 进行试验。抗压强度试验参照 GB/T50081-2002 进行试验 ,抗压试件成型为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$,成型后放入标养室(温度 20 ± 3 相

对湿度 95%) 进行养护。

表 5 LC40 基准混凝土配合比 kg/m^3

水泥	砂子	轻骨料	水	外加剂
420	505	780	160	2.63

表 6 正交试验因素水平表 $L_9(3^4)$

水平	试验因素		
	粉煤灰/%A	矿粉/%B	砂率/%C
1	10	15	40
2	15	20	42
3	20	25	44

注 :粉煤灰、矿粉的水平掺量为胶凝材料的取代率 (等量取代)。

表7 正交试验结果

编号	粉煤灰	矿粉	砂率	空列	坍落度 /mm	扩展度 /mm	含气量 /%	3天强 度/MPa	28天强度 /MPa	表观密度/ (kg/m ³)
	A	B	C	D						
1	1	1	1	1	200	500×500	5.4	21.57	45.65	1.91
1	2	2	2	2	230	520×515	5.0	18.16	39.30	1.92
1	3	3	3	3	230	535×535	5.0	20.52	41.80	1.94
2	1	2	3	3	230	540×540	5.0	20.14	43.51	1.91
2	2	3	1	2	230	550×540	4.7	20.16	42.94	1.93
2	3	1	2	2	240	545×550	4.9	18.20	38.16	1.91
3	1	3	2	3	260	560×560	4.7	19.12	42.75	1.93
3	2	1	3	3	260	570×570	4.5	15.24	38.06	1.89
3	3	2	1	1	260	585×580	4.4	14.68	37.78	1.90

表8 正交试验极差分析表

	3天强度				28天强度				表观密度				
	K ₁	K ₂	K ₃	k ₁	k ₂	k ₃	R	K ₁	K ₂	K ₃	k ₁	k ₂	k ₃
K ₁	59.25	59.83	54.01	55.77	126.75	131.91	121.87	126.37	5770	5750	5710	5740	
K ₂	58.50	53.56	52.98	55.48	124.61	120.30	120.58	120.21	5750	5740	5730	5760	
K ₃	49.04	53.40	59.80	55.90	118.59	117.74	127.49	123.43	5720	5750	5800	5740	
k ₁	19.73	19.94	18.00	18.59	42.25	43.97	40.62	42.12	1923	1917	1903	1913	
k ₂	19.50	17.85	17.66	18.49	41.54	40.10	40.19	40.07	1917	1913	1910	1920	
k ₃	16.35	17.80	19.93	18.63	39.53	39.25	42.50	41.14	1907	1917	1933	1913	
R	3.38	2.14	2.27	0.14	2.72	4.72	2.31	2.05	16	4	30	7	

3 试验结果分析

3.1 各因素对高性能轻骨料混凝土早期强度的影响

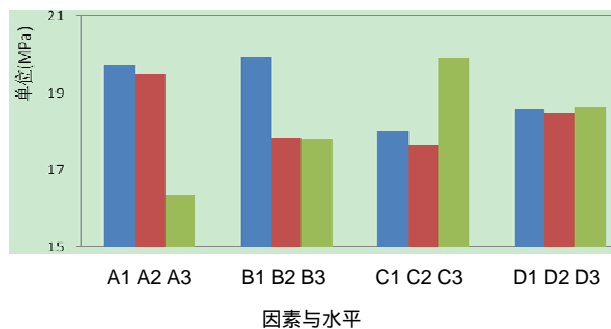


图1 各因素对3天抗压强度的影响

由表8和图1可以看出各因素对3天抗压强度影响的主次顺序为:A>C>B>误差,各因素比较好的水平为A₁B₁C₃,优组合为A₁C₃B₁。粉煤灰掺量对轻骨料混凝土的早期强度影响最大,为主要因素,即随着粉煤灰掺量的加大轻骨料混凝土的早期强度逐渐降低。由于粉煤

灰早期胶凝活性低,掺量过大会造成混凝土力学性能下降,粉煤灰在混凝土硬化早期主要发挥的是微集料填充效应。由于粉煤灰是由大小不等的球状玻璃体组成,在混凝土中起到滚珠的作用,新拌混凝土中粉煤灰的掺入可有效分散水泥颗粒,释放出更多的水泥浆体来润滑骨料^[3]。同时高效减水剂的加入使混凝土中的水灰比降低,能减少混凝土的泌水和离析,使混凝土具有良好的工作性。由表7的试验结果表明随着粉煤灰掺量的加大混凝土的坍落度和扩展度逐渐增大。从图1中可以看出,砂率对轻骨料混凝土抗压强度有一定影响。砂率较低时,混凝土内存在较多空隙,结构不密实。随着砂率的提高混凝土空隙率变小,结构密实程度提高,抗压强度不断提高。砂率的提高,细集料用量相对增大,且细集料表面光滑,减小了混凝土拌合物内摩擦力,增加了混凝土拌合物的流动性。

3.2 各因素对高性能轻骨料混凝土28天强度

度的影响

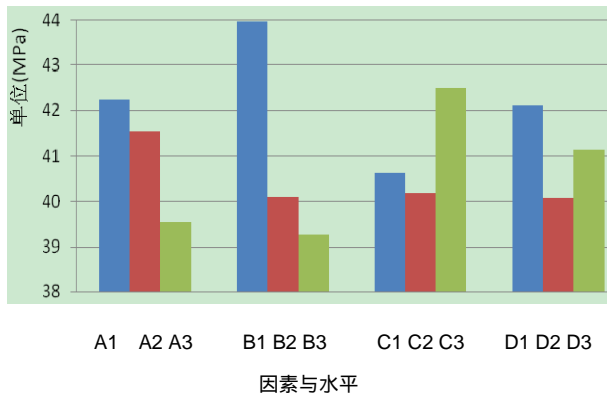


图 2 各因素对 28 天抗压强度的影响

由表 8 和图 2 可以看出各因素对 28 天抗压强度影响的主次顺序为：B > A > C > 误差，各因素比较好的水平为 A₁B₁C₃，优组合为 B₁A₁C₃。矿粉的掺量对混凝土的 28 天强度影响较大，因为所采用的包头宏伟矿粉活性较低，随着矿粉掺量的加大混凝土的强度逐渐降低，掺量超过 15% 强度降低较明显，矿粉掺量为 25% 比掺量 15% 的混凝土强度降低了 10.7%。而粉煤灰的 28 天活性指数相对较高，并且粉煤灰的掺量相对较少，因此粉煤灰对混凝土 28 天强度的影响没有矿粉的明显。另外复掺粉煤灰与矿渣和水泥颗粒之间可以形成良好的相互填充作用，能有效改善混凝土的力学性能，提高了混凝土的耐久性能^[4-5]。

3.3 各因素对高性能轻骨料混凝土表观密度的影响

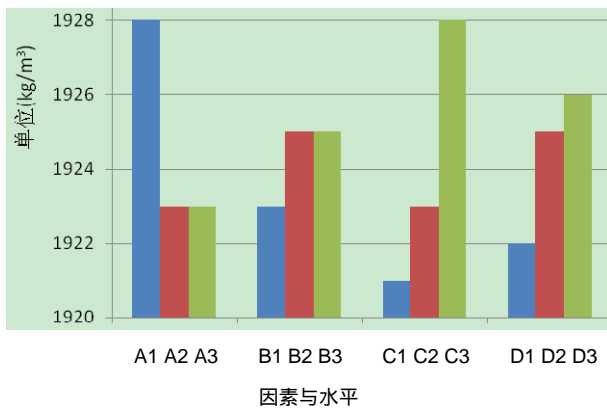


图 3 各因素对表观密度的影响

由图 3 可以看出砂率对高性能轻骨料混凝土的表观密度影响较大，即砂率越大轻骨料混凝土的表观密度就越大。砂率由 42% 提高到 44%，混凝土的表观密度

显著增大。由于本试验所采用的粉煤灰陶粒堆积密度大、粒型单一，要获得和易性较好的混凝土就要加大胶凝材料和砂子的用量。在体积一定的情况下，由于砂子的表观密度和堆积密度远远要比轻骨料的大。砂率提高使混凝土中砂子比例加大，混凝土内部空隙率减小，密实度提高，混凝土的表观密度就会加大。因此要配制轻质高强的高性能轻骨料混凝土就应选择连续级配、粒径小的轻骨料并通过合理配比和加入高效减水剂来改善其工作性能。由表 7 和图 3 可知粉煤灰的掺量对轻骨料混凝土的表观密度也有一定的影响。由于粉煤灰的密度远小于水泥的密度，同样灰浆体积，粉煤灰掺量越大混凝土的表观密度就越小。而且足量的浆体增加了拌合物的粘聚性，改善了混凝土的和易性，加上细小的粉煤灰颗粒可以填充未水化水泥颗粒空隙，形成更加密实的结构，有利于提高混凝土的强度。矿粉的密度稍小于水泥的密度，因此对轻骨料混凝土的表观密度的影响不是很显著。由表 8 和图 3 可以看出各因素对轻骨料混凝土表观密度影响的主次顺序为：C > A > 误差 > B，各因素比较好的水平为 A₃B₂C₁，优组合为 C₁A₃B₂。

综合考虑强度、表观密度及工程上对塌落度的需求，优选配合比的因素取值为 A₃B₂C₁。即 C : F : K : S : G : W : GL-JB = 273 : 83 : 63 : 540 : 720 : 160 : 2.94。按以上配比生产出的高性能轻骨料混凝土的出机状态（见图 4）可以看出混凝土的和易性好，没有离析和泌水现象。测得塌落度均值 255 mm，3d 抗压强度均值 21 MPa，28 d 抗压强度均值 41 MPa，56d 强度均值 47.8MPa。



图 4 骨料混凝土出机状态

4 结语

本文主要从矿物掺合料及砂率等方面对轻骨料混

混凝土工作性和力学性能的影响进行了探讨,得到如下结论:

(1) 粉煤灰掺量和砂率是影响高性能轻骨料混凝土的3天强度主要因素;矿粉掺量是影响轻骨料混凝土28天强度的主要因素;砂率是影响轻骨料混凝土表观密度的主要因素。

(2) 利用堆积密度大(堆积密度为 980 kg/m^3)粒型单一的粉煤灰陶粒和本地的矿物掺合料(活性较低)研制出表观密度在 1900 kg/m^3 左右的LC40高性能轻骨料混凝土。

(3) 利用本地原材料研制出成本低,经济性好的高性能轻骨料混凝土,所研制的轻骨料混凝土工作性能好,强度较高,实现了工业废物的再利用,节约能源,

保护环境,实现可持续发展。

参考文献:

- [1] 刘数华,阎培渝.高性能轻骨料混凝土在桥梁工程中的应用的研究进展[J].公路,2006,(8):176-180.
- [2] 龚洛书.高强陶粒和高性能混凝土[J].混凝土,2002,2:7-11.
- [3] 钱觉时.粉煤灰特性与粉煤灰混凝土[M].科学出版社,2002.
- [4] 吴寅,王大国,黄稀巍.掺矿渣和粉煤灰高强混凝土的泵送性能试验[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2009.6(3):341-344.
- [5] 刘军.磨细矿粉和粉煤灰复合配制混凝土的应用研究[J].山西建筑,2009.8(22):176-178.

信息速读:

西部建设率先收购整合,打造具有国际竞争力的产业链

为彻底解决与中建股份在商品混凝土业务上的同业竞争问题,6月15日,西部建设发布重组预案,拟向中建股份及其7家全资子公司非公开发行约1.55亿股份,收购中建股份旗下五家从事商品混凝土生产、销售的企业。收购完成后,中建股份将持有公司71.7%的股权,公司将成为中建股份唯一的商品混凝土业务平台。

“这其实只是中建整合旗下资产,打造具有国际竞争力的产业链的第一步。”中建股份内部人士表示,作为中国资本市场上为数不多的混凝土上市企业,中建旗下的西部建设具备了打造国内最大的商品混凝土生产、销售企业的条件。随后,中建还会陆续梳理整合其旗下的安装、设计等企业资产,分步实现其成为国内最大的建筑施工企业的蓝图。

经过连续多年快速扩张,我国水泥混凝土产业已经出现了地区发展不平衡,部分产能过剩的迹象。“要实现长远的可持续的发展,混凝土企业最好的发展途径就是实施企业兼并重组。”业内人士表示,当前的实情是,混凝土行业集中度低、秩序混乱、技术含量低、资金周转时间长、企业管理水平普遍不高、原材料质量良莠不齐等问题,这些都不同程度地制约了行业整体的发展。延伸产业链、进行企业间整合重组,不仅是中国水泥工业“十二五”规划的发展重点,更是促进中国水泥企业升级转型的必由之路。

西部建设本次通过定增收购中建股份旗下五家从事商品混凝土生产、销售的企业,恰是我国混凝土行业在经历了大发展之后全行业所面临问题的一个缩影。

“这五家企业均从事商品混凝土的生产及销售,并同时为中建股份提供优质混凝土产品。但由于各自为政,一方面存在严重的资源浪费和同业竞争问题,另一方面,由此而引发的缺乏统一规划和产品创新等问题,也制约着企业的发展后劲。”上述中建人士说,经过此次大整合,将彻底消除西部建设与中建股份在商品混凝土业务的同业竞争问题,理顺了中建旗下企业间的业务关系,有利于中建布局全国。

作为西部建设实际控制人,中国建筑(3.33,0.00,0.00%)本次是以西部建设为平台,将下属从事商品混凝土的生产及销售及预拌混凝土业务的企业进行整合,使西部建设由新疆区域性企业一跃成为一家全国性的商品混凝土企业,公司的市场范围将新增湖北、湖南、天津、贵州、四川、山东等地区,经营规模将实现快速扩大。

近年来,国家对发展预拌混凝土高度重视,出台了一系列强有力的政策法规,为预拌混凝土产业的快速健康发展提供了有力的保障。去年9月,商务部发布的《商务部关于“十二五”期间加快散装水泥发展的指导意见》中提出,到2015年,全国预拌混凝土使用量达到22亿立方米,比2011年增加5.8亿立方米,这是一个巨大的量的跨越。

“尤其是随着国家对新疆的基建投资、经济发展扶持力度不断加大,西部建设体量的增大将为公司未来发展赢得更多的市场机遇。”业内人士表示,重组完成后,随着西部建设企业规模的提升,以及其商混领域技术优势的凸显,公司在国内混凝土行业的龙头地位将随之确立。

预拌混凝土双掺抗裂纤维和膨胀剂的试配探讨

郭焱辉, 顾惠忠

(无锡惠泰混凝土制品有限公司, 无锡 214117)

摘要: 本文主要论述了抗裂纤维及膨胀剂在预拌混凝土中的防裂抗渗的作用和机理, 通过试配确定抗裂纤维、^[1]膨胀剂的合理掺量, 并且在工程实例进行应用, 效果良好。

关键词: 抗裂纤维; 膨胀剂; 试配实验; 效果检验

Ready mixed concrete admixed with polypropylene fibers and expansive agent on trial

GUO Yanhui, GU Huizhong

(Wuxi HuiTai Concrete Products Company Limited Wuxi 214117)

Abstract: This paper mainly discusses the crack fiber and expansive agent in ready mixed concrete in crack seepage resistance effect and mechanism, through the trial to determine crack fiber, expansive agent reasonable amount, and in the practical engineering application, the effect of good.

Key Words: Cracking fiber; Expansive agent; Trial and experiment; Effect test

1 引言

混凝土因为其凝结前优异的可塑性、终凝后的坚硬性、原材料来源的广泛性, 人们在生活中已经越来越离不开它, 但是任何一个先进的材料都有其缺陷性, 混凝土也不例外, 如影响其耐久性、防水抗渗性的最大因素就是裂缝。裂缝产生的主要原因有: (1) 混凝土结构产生的主要应力和次应力造成的受力裂缝, (2) 温度应力产生的裂缝, 混凝土在浇筑初期由于化学反应水泥产生大量水化热, 结构内部温度急剧上升而外部温度低, 形成温差引起裂缝, 其他有地基沉降, 粗细骨料的质量等均能引起混凝土结构的裂缝。裂缝在混凝土结构中是不可避免的,^[2] 但怎样克服裂缝的产生是从事混凝土生产人员所要努力的目标。因为膨胀剂掺加到水泥中, 一碰到拌和水后生成大量的膨胀性结晶水化物--水化硫铝酸钙即钙矾石, 使混凝土产生微膨胀, 在钢筋的约束下能产生 0.2-0.8MPa 左右的预压应力,^{[3] [4]} 它能消减一部分混凝土结构产生的收缩拉压力而纤维的

加入在混凝土中能与水泥浆形成致密及乱向分布的网状增强效果, 有利于控制微裂缝的生成和发展, 这是由于纤维表面特殊的工艺处理使纤维更能与水泥基料紧密结合, 保证了混凝土的整体在受到冲击力的作用同时, 减少应力作用, 阻碍了裂缝的进一步发展,^[5] 由此可见如果膨胀剂和纤维在混凝土中复掺应该能改善孔结构和孔级配, 就能避免裂缝, 提高混凝土的抗渗能力。^[6] 我们公司实验室基于此目的, 进行了大量的实验, 确定了抗裂纤维与膨胀剂双掺复合利用数据及合理的配合比, 为工程的实际应用提供了关键依据。

2 试配材料

2.1 胶凝材料

2.1.1 普通硅酸盐

P.O42.5 苏鲸水泥, 标准稠度用水量 27.1% 江苏宜兴

2.1.2 粉煤灰

作者简介: 郭焱辉 (1970--) 男, 助理工程师, 主要从事水泥, 外加剂, 矿物掺合料等混凝土应用原材料的检测分析。

地址: 无锡市新区工业园区 (214117)

1 级东莱华宇, 筛余 9.4% 江苏张家港

2.1.3 矿粉

S95 级昌达流动都 比 96% 江苏江阴

2.2 粗细骨料指标

2.2.1 碎石

5—25 级配良好浙江湖州

2.2.2 中砂

细度模数 2.4 级配良好江西赣江

(以上骨料均符合 GB/T14684--2001, GB/T14685—2001 要求)

2.3 外加剂

高效减水剂规格 ZWL—A--III 减水率 20% 浙江五龙

2.4 膨胀剂指标

规格 EA—AC—1 限制膨胀率 7d \geq 0.025% 28d \geq 0.10% 武汉三源

2.5 抗裂纤维指标

聚丙烯材料, 规格 SY—A, 19mm, 相对密度 0.9,

拉伸强度 578.3MPa

2.6 拌合用水指标

规格河水符合 GB/T5749 标准

3 实验

3.1 实验仪器

所有实验仪器均符合 JG/T3019, JG/T3020, GB/T3722, GB/T2611 的技术要求。

3.2 实验目标

因为抗渗, 抗裂混凝土的要求比较高, 所以我们选择了 C35P6 标号的混凝土进行试验。

3.3 配合比的设计

水灰比 W/C=0.43, 坍落度=120mm

3.4 基准混凝土配合比 (kg/m³)

表 1 基准混凝土配合比

水泥	碎石	砂	水	矿粉	粉煤灰	减水剂
332	1075	735	170	30	45	5.4

3.5 实验混凝土配合比 (kg/m³)

表 2 实验混凝土配合比

编号	水泥	碎石	砂	水	减水剂	矿粉	粉煤灰	纤维	膨胀剂
1	332	1075	735	170	5.4	30	45	0.4	15.6
2	332	1075	735	170	5.4	30	45	0.6	19.6
3	332	1075	735	170	5.4	30	45	0.8	29
4	332	1075	735	170	5.4	30	45	1.2	50.9

3.6 试配实验

采用强制式 25L 搅拌机, 将所有原料一次性加入搅拌, 基准混凝土和试验混凝土均做两组 150 × 150 × 150mm 试块, 限制膨胀及抗折试块各做一组, 终凝拆模后进行标准养护。

3.7 试验检测结果

依据 GB/T50081—2002 混凝土力学性能检验方法标准。

表 3 试验检测结果

编号	抗压强度 MPa		抗折强度 MPa		膨胀限制率	强度增长率
	7d	28d	7d	28d	28d	28d
基准	34.6	45.1	4.5	6.8	\leq 0.1%	23.3%
试验 1	34.3	45.6	5.2	7.1	\leq 0.092%	24.8%
试验 2	34.1	46.2	5.8	7.6	\leq 0.087%	26.2%
试验 3	33.6	48.7	6.5	8.2	\leq 0.072%	30.72%
试验 4	35.7	43.4	5.0	6.5	\leq 0.095%	17.6%

由上表可以看出当膨胀剂的用量渐渐地增大时, 试验混凝土的抗压、抗折强度也渐渐增大, 但当膨胀剂掺量超过 10% 以上时, 试验混凝土后期强度增长并不明

显, 抗压强度反而小于基准混凝土, 抗折强度不因纤维用量而增大, 所以我们实验室选择了实验 3 为最佳设计配合比, 在实际工程“美新多层”的地下室顶板建设中,

我们公司使用了该配合比,工程结束后验收,各项性能指标都达到设计要求,建设单位也给予了高度赞誉。

4 结束语

混凝土结构的抗裂防渗一直是建筑行业追求的梦想,实验证明,只要在预拌混凝土中合理地膨胀剂,抗裂纤维进行复掺,使混凝土的密实度增加、建立自应力,补偿混凝土在硬化工程中的体积等原因造成的收缩,就将能达到抗裂防渗的理想效果。

参考文献:

[1] 施惠生等,混凝土外加剂应用技术[M]北京:中国

建材工业出版社,2008:363

[2] 吕文良,混凝土[J]哈尔滨:混凝土杂志编辑部,2011-10,136

[3] 田培等,混凝土外加剂应用指南(GB8076—2008)[J]北京:中国标准出版社2009:4

[4] 同[1]276

[5] 同[1]355

[6] 王玲玲等,混凝土[J]哈尔滨:混凝土编辑部,2011—12,113

信息速读:

港珠澳大桥隧道显雏形

近日记者从港珠澳大桥岛隧工程项目了解到,港珠澳大桥沉管预制工厂按照计划在5月投产,第一个沉管管段已经开始预制,目前正在进行首个管节钢筋绑扎的第二步——腹板绑扎。

据悉,总长5.664公里的港珠澳大桥海底沉管隧道由33段沉管组成,典型管节长180米,分成8节22.5米的节段来预制。沉管预制是建设沉管隧道的关键步骤。

每隔68米留置一个逃生门

记者在沉管预制工厂看到,沉管预制工厂已经按断面1:1的比例制作了一个长为11.6米的沉管试验品。从这个试验品可以看出,未来的隧道是双向六车道的设计,车道中间隔墙上方设置了排烟孔,下方设置了防火通道(宽3米)和电缆沟,每隔68米会留置一个逃生门。

中交联合体港珠澳大桥岛隧工程项目工区二分区项目总工程师陈伟彬为记者详细讲述了沉管的生产过程:沉管预制厂有两条预制生产线,整个预制过程分为底板钢筋绑扎、侧墙及中隔墙钢筋绑扎、顶板钢筋绑扎、模板安装和混凝土浇筑6道工序。

每经历一次这6道工序,已预制的沉管就会向前顶推22.5米,进行下一个节段的流水浇筑,直至完成整个管节180米的浇筑。这时,整个管节将被顶推至浅坞区,随后关闭浅坞钢闸门和深坞浮坞门进行蓄水,沉管将起浮、并通过绞缆系统横移至深坞。在深浅坞内,沉管还要进行舾装的工作。

待一切就绪后,打开深坞通往大海的闸门,便可用拖轮牵引沉管出坞,运到安装地点等待安装。这个深坞闸门高29.2米,宽59米,重达13000多吨,是世界上最大的沉箱式坞门。

据陈伟彬介绍,预计生产1节22.5米的节段需要7至10天。两条生产线每两个月可生产2段180米长的沉管。

这种流水线式生产沉管的方式,在国内属于首例,在世界上属于第二例。

沉管预制上了流水线

为何在工业生产中运用的非常成熟的流水作业,在生产沉管中却如此少见呢?据港珠澳大桥岛隧工程项目副总工程师尹海卿介绍,沉管隧道的管节一般都采用“干坞法”预制沉管管节,即钢筋、模板、混凝土、舾装和浮运出坞,均在同一个干坞内进行。当管节出坞时,关闭坞门进行整个干坞灌水,除沉管管节浮运外其他工作均需要全部停止下来,整个生产工作不能连续不间断进行,使得工期受限。

港珠澳大桥所需的沉管每节管节长22.5米、宽37.95米、高11.4米,管壁最厚达1.5米,重逾9000吨。如果按照传统的“干坞法”方法,将需要非常大的预制场所,而且工期长耗费大,简直是不可能完成的任务。因此,港珠澳大桥因地制宜,创新采用了深浅坞结构,沉管的预制、浮运相互独立,消除了工序之间的干扰,流水生产得以形成。

据现场一位工程师介绍,尽管沉管预制厂是为港珠澳大桥所建,但设计时已考虑到后期的使用,港珠澳沉管隧道工程结束后,预制厂经过改造还可以进行类似预制构件或船舶的生产,继续发挥功效。

酯醚混合型超早强聚羧酸高性能减水剂的研究

蒋国宝¹, 杨芸¹, 吴文田¹, 张勤¹, 孙振平², 王以明³

(1. 上海固佳化工科技有限公司, 上海 200072; 2. 上海同济大学, 上海 200092;

3. 太仓同高混凝土公司, 江苏 苏州 215436)

摘要: 解决不封路的高速公路抢修, 研发应用于应急工程的酯醚混合型超早强聚羧酸高性能减水剂的新产品, 使用普通硅酸盐水泥 Po42.5 拌和的混凝土 8 小时后的抗压强度达到 30MPa, 具有独特的超早强的功能。

关键词: 超早强减水剂; 普通硅酸盐水泥; 出机 8 小时; 抗压强度 30MPa

The research of ester ether mixture super early strength poly carboxylic acid high performance water reducing agent

JIANG Guobao¹, YANG Yun¹, WU Wentian¹, ZHANG Qin¹, SUN Zhenping², WANG Yiming³

(1. Shanghai Gujia chemical science and technology limited company, Shanghai 200072; 2. Tongji University Shanghai, Shanghai

200092; 3. Taicang Tonggao concrete company, Jiangsu Suzhou 215436)

Abstract: Solving no road closures-expressway repair, researching and developing ester ether mixture super early strength poly carboxylic acid high performance water reducing agent new product which is applied to emergency project, the compressive strength of concrete which mixed with ordinary portland cement Po42.5 8 hours after achieve over 30MPa, this kind of concrete has distinctive super early strength function.

Key Words: Super early strength water reducing agent; Ordinary portland cement; Out-of-machine 8 hours; Compressive strength 30MPa

1 技术背景

目前混凝土是建筑、水利、港口、码头、公路、铁道、航空、电站及军事工程中使用十分广泛的结构材料, 不同工程对混凝土提出了各项技术指标和要求; 如其级配, 强度等级, 耐久性能, 可施工性和防渗防冻等, 其中强度是一个很重要的指标, 由于强度不达标而产生的事故, 会造成重大经济损失和严重的安全事故。

在混凝土施工中都加入一种称为外加剂的材料, 在加入到混凝土中后将会对混凝土的各种性能产生很大的影响, 在众多的外加剂中, 减水剂占到了将近 70% 左右, 由于加入了减水剂后, 混凝土流动性得到很大的改善, 可以将混凝土用泵送到百米的高度, 加入后可以控制它的凝结时间, 可以减少混凝土的收缩性、防渗漏,

冬季防冻, 可以增加混凝土各龄期的强度, 所以广大的科技研发人员投入了大量的精力和物力来加强研发, 和推广应用。

我国从 21 世纪初开始开发和生产聚羧酸系高性能减水剂, 它的各种性能较以往第一代木质素磺酸盐减水剂和第二代以萘磺酸甲醛缩合物为代表的减水剂都有了极大的提高和改进, 也得到用户很大的支持和欢迎, 但由于起步时间短, 深入的研究不够, 与国外产品尚有差距。实际应用中还有一些要求得不到满足。例如对掺加聚羧酸高性能减水剂混凝土的早期抗压强度, 特别是新拌混凝土分时段龄期的强度, 缺少研究。如目前, 工程抢修中, 新浇混凝土抗压强度需在 6~8 小时达到 30MPa 以上的要求还没有解决, 因为既没有研究试验数

据,也无实际使用的先例。作者在广东某工地,遇到了公路的不间断抢修,8小时之内从开挖到浇注混凝土及养护硬化后,混凝土的抗压强度要达到30MPa以上,让载重车辆可以通行。对此课题我们认为值得研究人员进行试验和研究。

在混凝土减水剂的品种中,经过试验和实际应用的结果表明,掺加了聚羧酸高性能减水剂的混凝土具有很明显的增强效果,抗压强度得到了迅速的提高,尤其是早期强度,是其它品种减水剂所不能相比的,为此,作者选择以聚羧酸高性能减水剂作为研究对象,从聚羧酸高性能减水剂的制备着手,通过调整它的原料结构,反应的物料配比和改进工艺条件,研制出通过化学反应来制备酯醚混合型早强性能稳定的减水剂品种,使此类减水剂兼顾酯类和醚类的特点,又能互相补短,特别是它能增加早期强度,这点是我们所需要的。另外我们在选择早强复配剂时,使用了加快水泥水化过程的早强助剂,及具有增强化学粘结力的助剂和促使硅酸盐水泥能加速固化的助剂,一旦此类复配剂加入混凝土后,形成混凝土早强的叠加作用,可以达到超早强的效果。

在实验室试验和高速公路现场实际应用中,使用普通硅酸盐水泥 Po42.5,新拌浇注的混凝土8小时后,它的抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$,验证了作者研发预定的设计要求。

2 酯醚混合型聚羧酸高性能减水剂的合成

2.1 合成试验

2.1.1 原料

甲氧基聚乙二醇甲基丙烯酸酯(单体1),烯丙基聚氧乙烯醚(单体2),不饱和有机酸及酯(单体3),双氧水,Vc,巯基丙酸,助剂JX(自制),MAS,NaOH等。都采用工业级。

2.1.2 合成工艺

将纯净水,(单体2)和MAS按一定配比加入装有回流冷凝器的三口烧瓶,搅拌升温至物料溶解,一次性加入双氧水,经一定时间后,在一定温度下,开始滴加由(单体1)和(单体3)组成的A料和由Vc及巯基丙酸,水组成的B料,滴加A料和B料结束,经保温反应后,检测双键基本消失,冷却中和至 $\text{PH}=7\sim 7.5$,

得到固含量为40%的产品。

2.1.3 试验步骤

(1)其中双氧水采用分段二次引发,配合温度促使聚合反应的完善,巯基丙酸作链转移剂,Vc作为引发促进剂,整个反应过程约为6小时。

(2)对主要单体(1)和单体(2)进行组合和反复调整配比,二组份质量比为7:3的性价比为最佳。

(3)为了使本减水剂既能达到各项均质性指标要求,又在实际应用中符合施工性能的要求,合成反应中加入了自制助剂Jx进行调整。

(4)经重复试验,该产品性能稳定。

2.2 酯醚混合型聚羧酸高性能减水剂的性能

2.2.1 主要均质性指标的检测

a.检测依据:GB8076—2008 混凝土外加剂

b.含固量实测:19.7%

c.掺量:1%

d.减水率:31%

e.检验水泥:基准水泥

f.检验碎石:5~20mm

2.2.2 GJ—ZM20*强度比指标

表1 GJ—ZM20母液各龄期抗压强度比 %

龄期	1d	3d	7d	28d
外加剂				
GJ—ZM20	220	212	209	179

*GJ-ZM20含固量为20%,酯醚混合型聚羧酸高性能减水剂的牌号

以上二项数据转摘自专门检测机构的检测报告。

经检测后这几组试验数据使我们认定,只要将聚羧酸高性能减水剂进行复配,对早强剂进行调整,添加硅酸盐水泥的促凝剂固化剂,在满足一定养护工艺条件下混凝土出机后8小时抗压强度30MPa是完全可能的。

3 超早强复配剂的筛选试验

3.1 无机盐类早强组份

(1)对无机类早强复配组份我们从硫酸盐,硝酸盐,碳酸盐等组份对比外,我们重复复配试验了氟硅酸盐和硫氰酸盐的增强性能和加入的比例,得出了早强增强效果的顺序:氟硅酸盐>硫氰酸盐>硫酸盐>碳酸盐

> 亚硝酸盐。

(2) 选二种不同的无机类早强剂复合使用, 效果较单一组份的增强效果要好。

我们最终选择了氟硅酸盐 + 硫氰酸盐 + 少许亚硝酸盐复合型复配剂。

3.2 有机类的早强剂和早强促凝剂和固化剂

我们选用了: 三乙醇胺, 二甲基甲酰胺, 乙二胺及三乙酸甘油酯及过氧化苯甲酰, 此类对硅酸盐水泥含固化和促凝组份加强了化学凝固的作用。而且也是将二种及二种以上进行复合使用, 能取得了更好效果。

3.3 配置成分确定

我们确定了酯醚混合型早强聚羧酸高性能减水剂为母液体, 具体复配加入了无机盐早强剂, 有机类促凝剂和固化剂为主要组份来配制超早强型减水剂。

4 超早强聚羧酸高性能减水剂的配制及试验

4.1 GJ—JHPC*配比及质量组份

酯醚混合型聚羧酸高性能减水剂组份	30 ~ 60%
复合无机盐早强剂组份	0.1 ~ 5%
复合(氟)硅酸盐组份	10 ~ 40%
复合有机类促凝剂, 固化剂组份	0 ~ 0.5%

按顺序进行配制, 搅拌时间约 2 小时

GJ-JHPC*超早强聚羧酸高性能减水剂牌号

4.2 实验室试验数据

GJ-JHPC1 是母液含固量为 20%配制的

GJ-JHPC2 是母液含固量为 25%配制的

(1) 普通硅酸盐水泥 Po42.5 混凝土强度等级 C60, 普通蒸汽蒸养 60 ~ 65

混凝土级配:

C	S	G	W	外加剂 1.1%	W/C	坍落度
500	570	1270	125	5.5	0.25	6—8cm

表 2 混凝土抗压强度 单位 MPa

外加剂	龄期			
	1d	8d	14d	28d
GJ—HPC1	54.9	71.9	72.4	75.4
GJ—HPC2	59.2	73	75.2	77.6

(2) 普通硅酸盐水泥 Po42.5 混凝土强度等级 C60,

电加热养护 60 ~ 70

混凝土级配:

C	S	G	W	外加剂 0.9%	W/C	坍落度
480	579	1289	125	4.32	0.26	5—6cm

表 3 混凝土抗压强度 单位 MPa

外加剂	龄期			
	1d	8d	14d	28d
GJ—JHPC1	48.7	64.1	67.8	72.3
GJ—JHPC2	52.8	68.9	72.8	73.8

(3) 相同条件下, GJ-JHPC 和萘系减水剂进行对比试验。

普通硅酸盐水泥 Po42.5, 混凝土强度等级 C60, 普通蒸汽养护, 60 ~ 65

混凝土级配:

C	F	S	G	W	W/C
350	120	704	1060	160	0.26

表 4 混凝土 1 天的抗压强度 MPa

外加剂	掺量%	数量 kg	强度
	0.9	4.23	48
GJ—JHPC2	1	4.7	55
	1.1	5.17	58
FND(萘系)33%	3.75	17.625	46

4.3 工程应用的检测数据

(1) 外加剂为酯醚混合型聚羧酸高性能减水剂 GJ—ZM25, 母液含固量为 25%, 经不同早强组份调整复配后的 GJ—JHPC3, 静停和养护比较:

普通硅酸盐水泥 Po42.5, 混凝土强度等级 C60

混凝土级配

C	S	G	W	外加剂掺量 1.2%
480	630	1230	125	5.76

表 5 混凝土抗压强度的试验数据 MPa

养护方式	时间		
	2 小时	6 小时	8 小时
自然养护 15	自然养护	18.84	20.66
普通蒸汽养护 60-65	复盖塑料薄膜	31	34.4
电加热养护 60	自然养护	31	36.5

(2) 工程路面应用

水泥为普通硅酸盐水泥 Po42.5, 混凝土强度等级 C60

C S G W 外加剂 1.2% 坍落度
480 630 1130 135 5.76 12cm

养护条件：前 2 小时自然养护复盖塑料薄膜，气温 15 。

后 6 小时采取 60—65 加热养护。

地点：南方高速公路某工程项目部。

检测结果：混凝土搅拌机出机后 8 小时，抗压强度为 31MPa。

5 讨论

(1) 超早强聚羧酸高性能减水剂的母液，应选用由酯醚二类单体经聚合反应后合成的产品，性能上能互补，不但早强性能好，综合施工性能也好。

(2) 对减水剂母液，加入早强组份，均选用二组

或二组以上无机类早强复配剂和有机类早强复配剂，以达到叠加增强效果。

(3) 在普通硅酸盐水泥组成的混凝土，除了水化作用促使混凝土硬结外还可开发促使硅酸盐水泥组份进行化学反应促使混凝土加速固化硬结的化学促凝剂和固化剂。

(4) 对复合早强剂和硅酸盐水泥的化学促凝剂，固化剂，进一步进行筛选和优化，在自然养护下，使新拌混凝土出机后 8 小时抗压强度达到 30 MPa 以上，有进一步开发的可能。

(5) 工程应用中，应注意新拌混凝土出机浇注二小时内的静停养护，使用单位采用覆盖塑料薄膜，静停湿养护，可防止产生细小裂纹。

信息速读：

大西客专五标段工程施工取得重大进展

日前，从中国铁建中铁十五局集团大西铁路客运专线指挥部获悉，近期，由该指挥部负责组织施工的大同至西安铁路客运专线五标段工程捷报频传，一个个重难点工程相继突破，施工生产纪录再创新高，整个工程施工取得重大进展。

中铁十五局集团承建的大同至西安铁路客运专线战前施工 5 标段位于山西省晋中市境内，工程正线总长 49.582 公里，其中路基工程合计总长 17.870Km，正线桥梁 21 座（特大桥 8 座、大桥 9 座、中桥 4 座），合计 27.835 公里，双线隧道 4 座，总延长 3858.8m，，新建车站 3 座，工程总造价 35.1 亿元。

前期，由于受国家宏观调控政策及征地拆迁、三电迁改等因素的制约，该项目工程的施工曾一度受阻。为加快施工进度，追回延误的时间，该项目重点采取以下举措给力施工生产：一、确定施工重点，明确任务目标，编制详尽的施工进度计划，并在每周的工程例会上与实际进度逐一比对，分析原因，商讨确定下一步的工作方案；二、实行主要领导分区负责制，明确权责关系，大力推进重难点项目工程建设；三、搞好企业文化建设，加大征地拆迁协调力度，构建团结和谐的内外外部关系，为施工生产创造良好的条件；四、拿出大额资金，大力开展以“保安全创高产、保质量创精品、保工期创信誉、保成本创效益、保稳定创和谐”为内容的“五保五创”劳动竞赛和创先争优活动，调动全体参建者的积极性、创造性等。

“系杆拱系梁浇筑提前 10 天完工，青阡洼隧道顺利贯通，箱梁预制月生产突破历史记录，128 连续梁完成节点目标任务，平遥特大桥梁体架设突破 200 孔……重难点工程都不同程度地取得了较大突破，整体情况呈现良好的发展势头”在中铁十五局大西客专指挥部的周工程例会上，全国劳模、指挥部党委书记谢金康满脸喜悦地向大家通报着近期的施工进展情况。

大同至西安铁路客运专线是国家《中长期铁路网规划》的中西部重要组成部分，线路北起山西大同，途经两省九市，到达陕西西安，线路全长 859 公里，设计行车速度 250 公里/小时，工程投资预估算总额 963.3 亿元人民币。建成后可实现大同至西安铁路通道客货分线运输，大幅提高通道运输能力和质量，促进地方区域经济可持续发展，大同至西安旅客列车运行时间将由 16 个多小时压缩至 3 个多小时。

醚类聚羧酸高效减水剂的实验研究

鞠栋岳¹, 管洪海²

(1.辽宁省建设科学研究院, 辽宁 沈阳 110005; 2.沈阳市建设工程质量检测中心, 辽宁 沈阳 110016)

摘要: 本文按照分子设计和正交实验的方法, 采用甲基烯丙基聚醚单体, 与其他小分子单体进行自由基聚合, 合成具有不同分子结构的醚类聚羧酸高性能减水剂。研究结果表明, 最佳聚合工艺参数为: 丙烯酸与甲基烯丙基聚醚的摩尔比为 3.5, 引发剂用量为 0.5%, 温度为 70。我们使用合成的样品进行了水泥净浆、水泥砂浆和混凝土实验。

关键词: 醚类聚羧酸高性能减水剂; 分子设计; 自由基聚合; 甲基烯丙基聚醚

The research and application of ether carboxylic acid of high performance water-reducing agent

JU Dongyue¹, GUAN Honghai²

(1.The Building Science Research Institute of Liaoning Province, Liaoning Shenyang 110005;

2. Shenyang construction quality testing center, Liaoning Shenyang 110016)

Abstract: According to the method of the molecular design and orthogonal experiment, using methyl allylic polyether monomer and other small molecules to radical polymerization monomer synthesis, obtain ether carboxylic acid of high performance cluster water-reducing agent with different molecular structure. Research results show that the optimum polymerization process parameters is mole ratio of acrylic acid to methyl allylic polyether of 3.5, the initiator of 0.5%, the temperature of 70 degrees. We use the the synthesized samples to perform experiment on of cement paste, cement mortar and concrete.

Key Words: Ether carboxylic acid of high-performance water-reducing agent; Molecular design; Radical polymerization; Methyl allylic polyether

1 前言

传统减水剂(如木质素磺酸盐和萘系减水剂)存在减水率不高,新拌混凝土坍落度损失过快等问题,难以满足高性能混凝土发展的要求,聚羧酸高性能减水剂具有掺量低、减水率高、混凝土坍落度损失小等优点,逐渐成为国内外混凝土减水剂领域的研究热点^[1-6]。

本文采用一步法合成工艺,由甲基烯丙基聚醚单体、丙烯酸等进行自由基聚合,合成醚类聚羧酸高性能聚羧酸减水剂。

2 实验部分

2.1 原材料

丙烯酸(AA),化学纯;甲基烯丙基聚醚(J20),

工业品;过硫酸钾(APS),分析纯;去离子水,工业品;氢氧化钠,分析纯。

2.2 主要仪器及设备

2.2.1 玻璃仪器

四口烧瓶、温度计、回流冷凝管、玻璃棒、烧杯、容量瓶、锥形瓶、吸管、滴液漏斗等。

2.2.2 主要设备

DF-101S 集热式磁力搅拌器,巩义市予华仪器有限责任公司;JJ-1 型电动搅拌器,江苏省金坛市医疗仪器厂;分析天平,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;水泥净浆搅拌机,沧州智晟试验仪器厂;行星式水泥胶砂搅拌机,沈阳市建工仪器厂;101-2 电热鼓风干燥箱,北京中克试验仪器厂;HJW-30 型砼搅拌机,上海力盾

电气有限公司。

2.3 实验步骤

2.3.1 醚类聚羧酸高性能减水剂的合成

往四口烧瓶中加入计量的去离子水,甲基烯丙基聚醚,加热到一定温度,同时滴加丙烯酸水溶液和过硫酸钾水溶液,滴加完后保温 2-3 小时。反应结束,将反应好的聚合物降温至 50 以下,边搅拌边加入定量的 30% 碱液,调节 PH 值=7-8,得到一系列醚类聚羧酸高性能减水剂。

2.3.2 产品性能测试

按 GB/T 8077—2000《混凝土外加剂匀质性试验方法》中规定的方法分别测定水泥净浆流动度和水泥砂浆减水率;按 GB 8076—1997《混凝土外加剂》中规定的试验方法分别测定混凝土坍落度和混凝土抗压强度。

3 结果与讨论

3.1 醚类聚羧酸高性能减水剂的合成

选用甲基烯丙基聚醚(下简称 J20)、丙烯酸等小分子单体,选择 AA/J20(丙烯酸与 J20 的摩尔比)、APS%(引发剂用量)、T(温度)为因素,保持浓度、投料方式不变,选取 L9(34)正交表进行实验,见表 3.1,根

据实验结果评价各因素对减水剂性能的影响,确定最佳配合比。采用小野田 P.O42.5, W/C=0.27,聚羧酸减水剂掺量为水泥质量分数的 0.24%(以固含量计)

由表 3.1 极差分析结果可以看出,APS%(引发剂用量)对醚类聚羧酸减水剂的分散性能影响最大,其次是 T(反应温度),AA/J20(丙烯酸与 J20 的摩尔比)对醚类聚羧酸减水剂的分散性能影响最小。从正交实验结果初步确定 M8 为最佳组合,即丙烯酸与 J20 的摩尔比为 3.5,引发剂用量为 0.5%,温度为 70。

3.2 聚羧酸高性能减水剂的应用研究

我们使用合成的 M8 样品进行了大量水泥净浆、胶砂、混凝土实验,结果如下:

3.2.1 聚羧酸减水剂对水泥净浆的影响

采用 4 种 P.O42.5 水泥, W/C=0.27,聚羧酸减水剂 M8 的掺量为水泥质量分数的 0.24%(以固体计),试验结果见表 3.2。从表 3.2 可以看出, M8 对 4 种水泥都有较好的适应性。

3.2.2 聚羧酸减水剂对水泥砂浆的影响

由表 3.3 可以看出,随着掺量的增加, M8 在水泥砂浆中的减水率也逐渐提高,当掺量为 0.5%时,减水率达到 36.6%。

表 3.1 各因素对聚羧酸减水剂聚合工艺的影响

编号	AA/J20	APS%	T/	净浆流动度 (mm)
M1	3	0.5	90	257
M2	3	1	80	255
M3	3	2	70	240
M4	4	1	70	245
M5	4	2	90	125
M6	4	0.5	80	255
M7	3.5	2	80	217
M8	3.5	0.5	70	285
M9	3.5	1	90	220
均值 1	251	266	201	
均值 2	208	240	242	
均值 3	241	194	257	
极差	43	72	56	

表 3.2 掺聚羧酸减水剂的水泥净浆试验

样品	水泥品种	净浆 (0h)	净浆 (1h)
		/mm	/mm
M8	小野田 42.5	280	280
	老虎 42.5	300	300
	天瑞 42.5	290	290
	山水 42.5	305	300

表 3.3 掺聚羧酸减水剂的胶砂试验

名称	掺量%	减水率%
空白样	0	0
	0.1	10.9
	0.2	28.3
	0.3	34.4
	0.4	35.7
M8	0.5	36.6

3.2.3 聚羧酸减水剂对混凝土的影响

由表 3.4 可以看出,随着 M8 掺量的增加,混凝土的用水量逐渐减少,当 M8 掺量为 0.25%以上时,混凝土坍落度 1h 无损失,而且掺 M8 混凝土抗压强度较空白有很大提高,3 天抗压强度可提高 200%,28 天抗压强度可提高 100%。

表 3.4 掺聚羧酸减水剂的混凝土试验

名称	掺量%	用水量 Kg/m ³	坍落度 mm	抗压强度 MPa	
				3d	28d
空白	0	240	230	11.9	33.2
	0.15	195	235	25.9	49.7
M8	0.25	165	250	37.4	59.8
	0.35	155	260	24.1	69.9

注:每方混凝土材料用量为:水泥 380 Kg,粉煤灰 80 Kg,砂 740 Kg,石 1000 Kg。

3.3 中试生产

基于以上研究结果,我们使用 5000L 反应釜对 M8 样品进行工业放大生产,生产情况如表 3.5。表 3.5 数据说明,工业生产的产品与实验室小试样品基本一致,生产工艺稳定。

表 3.5 聚羧酸减水剂生产情况

生产批次	水泥净浆流动度 (mm)
第一批	255
第二批	260
第三批	265
第四批	262
第五批	270
第六批	265
第七批	260
第八批	268
小试样品	260

4 结论

(1) 选用甲基烯丙基聚醚 (J20)、丙烯酸等小分子单体合成醚类聚羧酸高性能减水剂,确定最佳聚合工艺参数为:丙烯酸与 J20 的摩尔比为 3.5、引发剂用量为 0.5%,温度为 70。

(2) 通过水泥净浆、胶砂和混凝土实验,表明试验室研制的醚类聚羧酸高性能减水剂 (M8) 具有低掺量、减水率高、水泥适应性广、保坍性好、增强效果好等突出优点。

(3) 经中试放大合成的产品具有稳定性好、生产工艺简单、生产过程环保等突出优点,在应用过程中可以满足高性能混凝土生产的要求。

参考文献:

- [1] 马保国,谭洪波,潘伟,等.聚羧酸混凝土减水剂合成工艺及性能研究[J].新型建筑材料,2007(6):48-50.
- [2] 李崇智,冯乃谦,王栋民等.梳状聚羧酸减水剂的制备、表征及其作用机理[J].硅酸盐学报,2005,33(1):87-92
- [3] 寿崇琦,康杰分,宋南京,等.含不饱和聚醚的新型羧酸类减水剂的合成与应用[J].混凝土,2007(1):59-63.
- [4] 姜玉,庞浩,廖兵.聚醚侧链聚羧酸类减水剂的结构及应用性能[J].化工进展,2008,27(5):733-735.
- [5] 沈军,傅乐峰,冯中军,等.聚醚基超塑化剂的合成及性能研究[J].混凝土,2005(6):61-64.
- [6] 万朝均等,超高强高性能混凝土研究与应用现状,重庆建筑大学学报,1999,21(1):49-51

矿物掺合料和抗裂剂对混凝土抗氯离子渗透性能的影响

薛 龙, 李秋义, 孟 红
(青岛理工大学 土木工程学院, 青岛 266033)

摘 要: 混凝土工程因氯离子渗透导致的钢筋锈蚀破坏问题十分突出, 引起的混凝土耐久性问题非常严重。本文利用 RCM 法进行不同掺合料体系混凝土渗透性能的研究, 分析矿物掺合料和抗裂剂对混凝土抗氯离子渗透性能的影响。结果表明: 当掺合料体系确定时, 随着胶凝材料用量的增加, 混凝土的抗氯离子渗透能力逐步增强; 抗裂剂能有效地促进粉煤灰和矿粉颗粒活性的发挥, 增强混凝土的抗氯离子渗透性能。

关键词: 混凝土; 粉煤灰; 矿粉; 抗裂剂; 渗透性能

Research on the influences of mineral admixture and anti-cracking agent on performance of concrete resistance to chloride ion penetration

XUE Long, LI Qiuyi, MENG Hong

(School of Civil Engineering, Qingdao Technological University, Qingdao 266033, China)

Abstract: The penetration of chloride ions causes a prominent problem of steel bar in the concrete structures and serious problem on the durability of concrete. In this paper, the RCM method is used to research on permeability of concrete with different mineral admixtures system and to analysis the influence of mineral admixture and anti-cracking agent on the performance of chloride ion penetration resistance. The results shows that when the admixture system is determined, with the increasing of cementitious materials, the resistance ability of chloride ion penetration gradually increases; anti-cracking agents are effectively promoting the active of fly ash and slag particles and reinforcing the resistance to chloride ion permeability.

Key Words: Concrete; Fly ash; slag; Anti-cracking agent; Permeability

0 引言

混凝土结构耐久性已是当今工程界关注的重大问题。抗裂防渗是地下工程设计和施工控制的重点, 结构一旦产生裂缝, 环境中的腐蚀性介质就会趁机侵入结构内部^[1], 逐渐加速劣化, 严重影响钢筋混凝土结构的耐久性, 导致钢筋锈蚀和混凝土抗渗性减弱, 进而加剧了环境介质的腐蚀及其它不良作用, 从而大大降低构筑物的安全性能, 缩短建筑物的使用寿命^[2]。为了有效地解决混凝土的抗裂防渗问题, 作者采用矿物掺合料和抗裂剂复掺的方法研究混凝土的各项耐久性性能指标, 本文主要介绍矿物掺合料和抗裂剂对混凝土抗氯离子渗透性能的影响, 以期有效解决混凝土的渗透问题。

1 试验原材料

1.1 水泥

山水水泥厂生产的 P·I 52.5 硅酸盐水泥。

1.2 矿粉

青岛地区 S95 级矿粉。

1.3 粉煤灰

青岛四方电厂生产的 II 级粉煤灰。

1.4 抗裂剂

自制。

1.5 粗骨料

崂山产 5-25mm 连续级配的花岗岩碎石, 符合《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ52-2006) 的要求。

1.6 细骨料

天然砂是符合《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ52-2006) 要求的细度模数为 2.4 的中

粗河砂,含泥量 1.6%。

1.7 外加剂

聚羧酸高效减水剂,减水率 30%。

1.8 水

自来水。

2 试验方案

根据《普通混凝土长期性能和耐久性试验方法标准》(GB/T50082-2009),利用RCM法测定各掺合料体系混凝土的抗氯离子渗透性能。

试验将混凝土掺合料体系分为水泥(基准)、水泥+粉煤灰(FA)、水泥+S95矿粉(S95)、水泥+粉煤灰+S95矿粉(FA+S95)、水泥+粉煤灰+抗裂剂(FA+K)、水泥+S95矿粉+抗裂剂(S95+K)和水泥+粉煤灰+S95矿粉+抗裂剂(FA+S95+K)七种,矿物掺合料和抗裂剂总掺量为胶凝材料总量的50%,其中抗裂剂掺量为胶凝材料总量的10%,减水剂掺量为胶凝材料总量的1.5%,用水量根据混凝土搅拌时的坍落度(控制在160mm-200mm之间)调节。试验配合比见表1。

表1 试验配合比(单位:kg/m³)

掺合料体系	胶凝材料	水泥	矿物掺合料		砂	石	抗裂剂
			FA	S95			
基准	350	350	-	-	778	1167	-
	390	390	-	-	761	1142	-
	430	430	-	-	744	1116	-
	470	470	-	-	727	1091	-
FA	350	175	175	-	762	1143	-
	390	195	195	-	745	1118	-
FA	430	215	215	-	728	1092	-
	470	235	235	-	711	1067	-
S95	350	175	-	175	762	1143	-
	390	195	-	195	745	1118	-
	430	215	-	215	728	1092	-
FA+S95	470	235	-	235	711	1067	-
	350	175	87.5	87.5	762	1143	-
	390	195	97.5	97.5	745	1118	-
FA+K	430	215	107.5	107.5	728	1092	-
	470	235	117.5	117.5	711	1067	-
	350	175	140	-	762	1143	35
S95+K	390	195	156	-	745	1118	39
	430	215	172	-	728	1092	43
	470	235	188	-	711	1067	47
FA+S95+K	350	175	-	140	762	1143	35
	390	195	-	156	745	1118	39
	430	215	-	172	728	1092	43
	470	235	-	188	711	1067	47
	350	175	70	70	762	1143	35
	390	195	78	78	745	1118	39
	430	215	86	86	728	1092	43
	470	235	94	94	711	1067	47

3 试验结果与分析

果见下表 2。

不同掺合料体系混凝土的 28d 氯离子扩散系数结

表 2 氯离子扩散系数 ($\times 10^{-12}$)

胶凝材料	掺合料体系						
	基准	FA	S95	FA+S95	FA+K	S95+K	FA+S95+K
350	9.00	19.11	8.08	11.50	7.20	2.73	5.96
390	8.31	18.60	6.32	8.21	6.46	2.20	5.13
430	5.44	16.93	4.85	6.44	6.12	2.12	4.96
470	5.08	14.30	3.25	6.13	5.79	1.98	4.73

3.1 掺合料体系与混凝土抗氯离子渗透性能关系

图 1 为各掺合料体系混凝土 28d 氯离子扩散系数对比图。

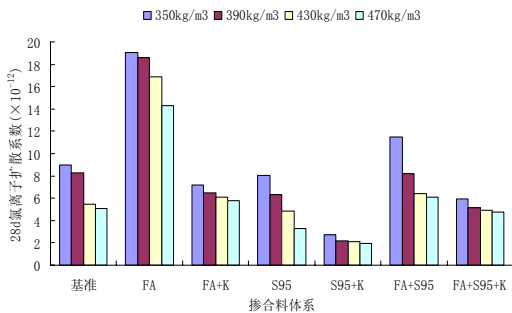


图 1 各掺合料体系混凝土 28d 氯离子扩散系数

结果表明：

(1) 胶凝材料用量相同时 (以胶凝材料用量为 $350\text{kg}/\text{m}^3$ 为例), S95 系列混凝土的抗氯离子渗透性能要远远优于 FA 系列混凝土, 约是 FA 系列混凝土的 2.36 倍, FA+S95 系列混凝土的抗氯离子渗透性能介于 FA 和 S95 系列混凝土之间, 是 FA 系列混凝土的 1.66 倍。当混凝土中掺加粉煤灰时, 浆体中水化产物的总量减少, 混凝土孔隙率变大, 粉煤灰活性得不到完全发挥, 因此也就无法充分与水泥的水化产物 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 发生反应, 这就导致没有足够的水化硅酸钙和水化铝酸钙生成, 混凝土的骨料界面结构和孔结构无法得到改善, 进而不能有效地提高混凝土的密实度和改善其内部孔结构, 所以 FA 系列混凝土的早期抗氯离子渗透性能比较差^[3]。而矿粉中所含 CaO 以及 MgO 所含比例较粉煤灰高很多, 这两类化合物具有一定的黏聚性, 所以矿粉能较好地改善混凝土的内部孔结构以及提高混凝土的抗氯离子渗透性能^[4]。

(2) 当粉煤灰和矿粉分别复掺抗裂剂时 (以胶凝材料用量为 $350\text{kg}/\text{m}^3$ 为例), FA+K 系列混凝土的抗氯离子渗透性能约是 FA 系列混凝土的 2.7 倍, S95+K 系列混凝土的抗氯离子渗透性能约是 S95 系列混凝土的将近 3 倍, S95+K 系列混凝土的抗氯离子渗透性能要远远优于 FA+K 系列混凝土, 是 FA+K 系列混凝土的 2.64 倍。

(3) 当粉煤灰、矿粉和抗裂剂复掺时 (FA+S95+K 系列), 结果显示其抗氯离子渗透性能是 FA+S95 系列混凝土的 1.93 倍。

试验结果表明, 掺加抗裂剂后能明显增强混凝土的抗渗透性, 抗裂剂中特有组分能很好地促进粉煤灰和矿粉活性的发挥进而与水泥的水化产物充分发生反应, 改善混凝土密实度, 提高抗氯离子渗透性能^[5]。

总之, 当胶凝材料用量一定时, 抗氯离子渗透性能由强到弱的混凝土系列依次是: S95+K > S95 > FA+S95+K > 基准 > FA+K > FA+S95 > FA。

3.2 胶凝材料用量与混凝土抗氯离子渗透性能关系

图 2 为胶凝材料用量不同时各掺合料体系混凝土 28d 氯离子扩散系数对比图。

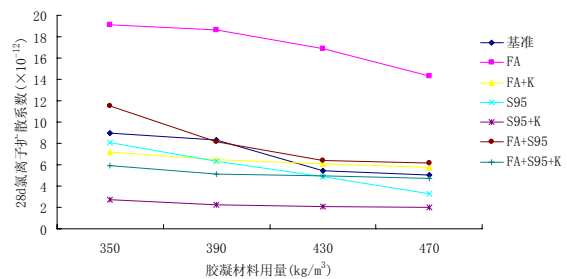


图 2 胶凝材料用量不同时混凝土 28d 氯离子扩散系数

由图2可知:当掺合料体系确定时,随着胶凝材料用量的增加,混凝土的28d氯离子扩散系数逐渐减小。以S95系列混凝土为例,当胶凝材料用量分别为 $390\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $430\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $470\text{kg}/\text{m}^3$ 时,其28d氯离子扩散系数分别是胶凝材料用量为 $350\text{kg}/\text{m}^3$ 时的78.2%、60.0%、40.2%。

氯离子扩散系数越小,说明混凝土的抗氯离子渗透能力越强。混凝土的抗氯离子渗透能力与混凝土内部结构的密实程度有非常密切的关系,在一定范围内,不断增加胶凝材料用量,混凝土结构中浆体越多,越能填充内部骨料之间的间隙,毛细孔隙数量减少,使得制备的混凝土内部结构更加密实^[6];另外,随着胶凝材料用量的增加,混凝土结构的碱性也随之增大,而在碱性的环境中,粉煤灰及矿粉的火山灰效应能更加充分的被激发,有利于促进矿物掺合料活性的充分发挥,进而提高混凝土的抗氯离子渗透性能^[7]。

4 结论

(1) 当掺合料体系确定时,随着胶凝材料用量的增加,混凝土的抗氯离子渗透能力也逐步增强。

(2) 抗氯离子渗透能力由强到弱的混凝土掺合料

体系依次是: $S95+K > S95 > FA+S95+K > \text{基准} > FA+K > FA+S95 > FA$ 。

(3) 抗裂剂能很好地促进粉煤灰和矿粉颗粒活性的发挥,改善混凝土的密实度,增强混凝土的抗氯离子渗透性能。

参考文献:

- [1] 杨华全等.混凝土抗裂性的分析、评价与研究展望[J].混凝土,2007,(10):46-50.
- [2] 王惊隆.双掺矿粉、粉煤灰预拌混凝土早期抗裂性能研究[J].企业技术开发,2009,(5):71-75.
- [3] 冯仲伟等.混凝土电通量和氯离子扩散系数的若干问题研究[J].混凝土,2007,(10):7-11.
- [4] 王稷良等.粉煤灰和矿粉对高强混凝土耐久性的影响[J].粉煤灰综合利用,2007,(2):31-33.
- [5] 王惠荣等.UEA 无缝施工技术工程中的应用[J].山西建筑,2007,(23):133-134.
- [6] 丁士卫.水泥石热变形性能试验研究[D].东南大学,2006.
- [7] 王坤.青岛地铁高性能衬砌混凝土试验研究[D].青岛理工大学,2010.

信息速读:

美国混凝土总部移至尤勒斯市

美国混凝土公司是一家制造预拌混凝土和预制混凝土产品的生产商。近日,政府官员称,公司将会把总部从休斯敦市搬至尤勒斯市,同时,美国混凝土公司将会成为东北太伦郡唯一一个上市公司。

根据消息,美国混凝土公司在 Main 大街 331 号拥有一家名为 Redi-Mix 的子公司,将会成为这座城市的区域总部,为此,公司雇佣了 250 名工人。不仅如此,公司还打算增加 45 名专业人士投入建设。预计搬迁工作将在 7 月 1 日前完成。尤勒斯市市政经理 Gray McKamie 说道:“Redi-Mix 公司多年以来,在业务上一直是我们的关键合作伙伴,我们很高兴能够看到他们慢慢扩大起来。”

美国混凝土公司的 CEO, Bill Sandbrook 表示公司在休斯敦市已经没有业务项目,同时将总部员工移动到 Redi-Mix 分公司,从而帮助员工成为一个能够更加了解客户需求以及权衡公司利益的人才。不仅如此, Sandbrook 还提到了一些将公司设在尤勒斯市的几个主要因素。例如,设施的可用空间、城市的金融奖励制度,甚至靠近达拉斯/沃斯堡机场等。

据悉,尤勒斯市在 Redi-Mix 公司扩大规模前就提出了一个慷慨的激励政策。如果公司在尤勒斯市建立地区总部,将会在 2.2 英亩的土地上购买一个 2.76 万平方英尺的建筑,这将花费 490 万美元。但是,只要 Redi-Mix 能够达到一定程度的销售税收收入,就可以免去公司占据大楼的租金。并且,到了下个 25 年的合同,将会把区域具体销售的部分营业税退还给公司。

城市发言人 Betsy Deck 称尤勒斯市为了吸引美国混凝土公司总部的到来,已经承诺将会投资 15 万美元帮助公司区域总部的建设。同时,还协助公司开设了 45 个月薪为 2000 美元的职位。

浅谈粉煤灰在混凝土中的基本效应与所起作用

陆总兵, 陆 健

(南通新华建筑集团有限公司, 北京 100022)

摘要: 在工程建设混凝土配比中掺入一定量的粉煤灰, 以改善混凝土的性能。文章介绍了粉煤灰在混凝土中的作用和基本效应, 供大家参考。

关键词: 粉煤灰混凝土; 基本效应; 作用

The discussion of the basic effect and influence of fly ash in concrete

LU Zongbing, LU Jian

(Xinhua Nantong Construction Group Limited company Beijing 100022)

Abstract: In construction of concrete mix, we incorporate a certain amount of fly ash to improve the performance of concrete. This paper introduces the effect and influence of fly ash in concrete, for your reference.

Key Words: Fly ash concrete; Basic effect; Influence

0 引言

粉煤灰是燃煤电厂采用静电除尘的方法从煤炉烟气中收集到的废弃物。它具有一定的活性, 是一种常用的混凝土外掺料。配制混凝土掺用粉煤灰不仅可以取代部分水泥、减少水泥用量、降低成本, 而且可以改善混凝土拌和物的和易性、可泵性等, 还可以改善混凝土的一些力学性能、耐久性等。正确选择、使用粉煤灰。需要对粉煤灰的基本效应和粉煤灰在混凝土中的作用机理深入了解。

1 粉煤灰的基本效应与水泥相互作用

1.1 形态效应

粉煤灰的主要矿物组成是海绵状玻璃体, 铝硅酸盐玻璃微珠, 这些球状玻璃体表面光滑、粒度细, 质地致密, 内比表面积小, 不仅使水泥浆需水量小, 而且它们往往填充水泥浆体孔隙中, 使混凝土密实性大大提高, 或者在相同用水量的情况下, 可增大流动性, 改善和易性和可泵性。粉煤灰粉料由其颗粒的外观形貌、内部结构、表面性质、颗粒级配等物理性状所产生的效应。在高温燃烧过程中形成的粉煤灰颗粒, 绝大多数为玻璃微珠, 是外表比较光滑的类球形颗粒, 由硅铝玻璃体组成, 尺寸在几微米到几十微米。由于球形颗粒表面光滑, 故掺入混凝土后能起滚球润滑作用, 能不增加或减少混凝土的拌和用水量, 起减水作用。但是粉煤灰在形貌上

作者简介: 陆总兵 1962.1 男 江苏南通 大学本科, 中国民族建筑研究会专家委员, 中国安装协会项目管理专家, 中国商品混凝土行业专家委员会委员, 中国高新技术企业期刊社学术顾问委员, 高级工程师、高级经济师、国家注册一级建造师、国家注册监理工程师。现主要从事建筑工程技术与项目管理研究。

通讯地址: 北京市朝阳区百子湾南二路 78 号院 5 号楼

邮 编: 100022

电子邮箱: LZBNTXH@126.com

的另一特点是它的不均匀性,如果内含较粗的、多孔的、形状不规则的颗粒占优势,则不但丧失所有物理效应的优越性,而且还会损害混凝土原来的结构和性能,所得到的负效应。粉煤灰的这种形态效应还经常会影响到其它效应的发挥。

1.2 活性效应

粉煤灰的活性效应也称火山灰效应,粉煤灰中的活性成份 SiO_2 和 Al_2O_3 与水泥和石灰的水化产物在水溶液中发生反应,生成水化硅酸钙和水化铝酸钙,继而与石膏反应生成水化硫铝酸钙。上述这些反应几乎都是在水泥浆孔隙中进行的,大大降低了混凝土内部的孔隙率,改变了孔结构,提高了混凝土的密实度。在常温下,由于粉煤灰的水化反应比水泥慢,被粉煤灰取代的那部分水泥的早期强度得不到补偿,所以混凝土早期强度随粉煤灰掺量的增加而降低。随着时间的推移,粉煤灰中活性部分 SiO_2 和 Al_2O_3 与水泥水化生成的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 发生反应,生成大量水化硅酸凝胶。粉煤灰外部的一些水化产物在成长过程中也会象树根一样伸入颗粒空隙中,填充空隙,破坏界面区 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的择优取向排列,大大改善了界面区,促进了混凝土后期强度的增长。

1.3 微集料效应

粉煤灰中的微细颗粒均匀分布在水泥颗粒之中,阻止了水泥颗粒的相互粘聚,而处于分散状态有利于水化反应的进行,同时减少了用水量,硬化后混凝土孔隙率降低,使密实度得以提高。

粉煤灰中的微细颗粒均匀分布在水泥浆内,填充孔隙和毛细孔,改善混凝土孔结构和增大密实度的特性。粉煤灰微集料的优越性能体现在如下几点:(1)玻璃微珠本身强度很高。(2)微集料效应明显地增强了硬化浆体的结构强度。在粉煤灰和水泥浆体界面处形成的粉煤灰水化凝胶的显微硬度大于水泥凝胶的显微硬度。这就说明粉煤灰对混凝土中浆体与集料间界面这个最薄弱的联结部位有增强作用,(3)粉煤灰微粒在水泥浆体中分散状态良好,它有助于混凝土中孔隙和毛细孔的填充和“细化”。

1.4 相互作用

水泥、粉煤灰、外加剂等不同粉料间会产生物理、化学的相互作用。例如,水泥水化生成的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$

是粉煤灰的活性激发剂,而被激发了的粉煤灰一旦水解,降低液相碱度,又会进一步促进未水化水泥水化。又如混凝土坍落度损失的原因之一是随着水化反应的进行,高效减水剂的浓度降低,通过SEM观察,发现超细粉末的粉煤灰颗粒存在大量比表面积相当大的微珠以及一定量的多孔海绵状的不规则小块,可吸附外加剂,是外加剂的理想载体由于粉煤灰水化反应缓慢,吸附在其上的高效减水剂在短时间内不会起作用,之后才随粉煤灰的水化得以逐渐释放,因此新拌粉煤灰混凝土的坍落度损失小。另外,目前生产的水泥含碱量不断提高,粉煤灰的使用大大节约水泥熟料,抑制碱—骨料反应;水泥中 C_3A 含量少,水化产生的热量少,减少了混凝土构件由于内外温差过大而引起其表面开裂的危险;粉煤灰水化消耗大量 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,混凝土不耐蚀成分减少,因而耐化学侵蚀性比普通混凝土强得多。同时徐变、干缩等变形性能也优于普通混凝土综上所述,大掺量粉煤灰高性能混凝土具有令人满意的工作性、耐久性,力学性能也能达到设计要求,尽管早期强度低,但后期强度高,强度储备大。

2 粉煤灰在混凝土中的主要作用

2.1 改善混凝土的和易性

影响混凝土和易性的主要因素包括:水泥浆的体积多少、集料的级配情况、集料的自身颗粒形状以及混合料的孔隙率等。在混凝土中掺加一定比例的粉煤灰其最明显的特点就是增大了浆体的体积。使得集料间的空隙得到充分的填充,集料也得到了充分的包裹和润滑,对混凝土的黏聚性和可塑性得到较大的改善。也就是说,在混凝土中掺加粉煤灰可以有效地改善混凝土的和易性。

2.2 抑制混凝土的泌水

在一般混凝土中,砂浆基体具有连续性较强的泌水渠道,由于粉煤灰的掺入,补偿了集料细屑的不足,使砂浆中的泌水渠道被中断,加之粉煤灰的加入降低了水泥的用量,即使稠度不变,而用水量也会降低,对防止混凝土的泌水是十分有利的。

2.3 提高混凝土的后期强度

在混凝土中掺加粉煤灰对混凝土的强度有三个方

面的影响：一是可以减少用水量，二是增大混凝土的黏聚性，三是提高混凝土的强度。由于粉煤灰本身具备火山灰的效应，所以在混凝土中掺加粉煤灰可以使混凝土的强度增长。其增长原理是，在水泥浆中掺入粉煤灰后，其颗粒Ca(OH)₂覆盖，这时，粉煤灰的火山灰反应便开始发生。但由于钙离子要通过水解层与粉煤灰的活性组分发生反应，反应产物在水解层内有一个逐级聚集的过程。在火山灰反应物没有充满水解层时，混凝土的强度不会有较大的增长。而随着钙离子通过水解层与粉煤灰的活性组分的进一步发生反应，火山灰反应物逐渐将水解层充满到一定的程度，粉煤灰颗粒和水泥水化产物之间逐步形成牢固联系，从而导致混凝土强度、不透水性和耐磨性的增长，这就是掺粉煤灰混凝土早期强度较低、后期强度增长较高的主要原因。

2.4 降低混凝土水化热

在日常施工中，我们发现混凝土在凝固过程中可以释放较多的热量，这主要是水泥在水化过程中的放热反应。而在混凝土中掺入粉煤灰减少了水泥的用量，其水化热便会明显降低。试验结果表明，当因掺加粉煤灰而使水泥的用量减少30%时，其水化热可降低15%左右。在大体积混凝土施工中，由于其断面尺寸较大，设计强

度等级较高，所使用的水泥的标号高，且单位用量大，这些因素同时存在加剧了混凝土在硬化过程温度的骤升，且温峰也相应升高，导致混凝土结构物的早期裂缝的产生。而粉煤灰的掺入减少了水泥的用量，使混凝土的水化热减少，混凝土结构早期裂缝问题也相应解决。

2.5 改善混凝土的耐久性

由于目前所使用的水泥多为高碱水泥，这种水泥与某些活性集料发生碱集料反应，极易引起混凝土产生膨胀、开裂，甚至导致构筑物结构的破坏，随着时间的推移，其破坏性会得以延续，当前，防止碱集料反应最有效的措施就是在混凝土中掺加一定比例的粉煤灰，这样既可减少水泥的用量，又可提高混凝土的耐久性。

3 结束语

粉煤灰作为煤电厂的排放物，如果处理不当会造成环境污染，而将其用于混凝土当中不仅可以降低水泥的用量，符合低碳的要求，而且还可以改善混凝土的和易性，抑制混凝土的泌水，提高混凝土的后期强度，降低混凝土水化热反应，提高混凝土的耐久性，变废为宝，变害为利，对提高经济效益、社会效益具有积极的作用。

信息速读：

日本 21 米长混凝土船坞被冲上美国海岸

据《今日日本》6月7日报道，美国俄勒冈州官员证实称，一段长达21.3米的混凝土船坞日前被冲上俄勒冈州一处海滩。这段船坞是2011年日本发生海啸时被冲垮的，在太平洋上漂流数千公里到达美国。

俄勒冈州公园与娱乐部发言人克里斯·哈文（Chris Haven）说，日本驻波特兰市领事馆已经证实，这段船坞产自日本，船坞上还发现有日本本土的海星附着在上面。相关当局对这段船坞进行放射性检测发现其呈阴性，意味着它可能是核事故发生前被海浪冲垮的。

这段船坞最初是当地时间4日被发现，当时人们误以为其是一艘驳船。它在5日被冲上海滩，由钢筋混凝土铸造，长达21.3米，宽5.8米，高2.13米。船坞上的制造日期为2008年6月份，可能来自日本青森县三泽港（Misawa）。

据悉，许多日本海啸碎片已经到达北美洲沿岸，包括被冲上阿拉斯加州海滩的足球，在加拿大不列颠哥伦比亚省海滩发现的哈雷摩托等。大部分碎片可能会在今年冬季到达北美洲海岸。

C40P12 大体积混凝土配合比设计及应用

祖丽菲娅, 张 平

(新疆西部建设股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830006)

摘 要: 本文主要介绍 C40P12 大体积混凝土的配合比设计及应用情况。应用双掺矿物掺合料、减水剂、UEA 膨胀剂和缓凝剂技术, 解决了 C40P12 大体积混凝土施工中水化热高、易裂缝、抗渗等难题, 严格施工过程的管理和控制, 确保施工的顺利进行和工程质量。

关键词: 大体积; 抗渗; 泵送混凝土; 配合比设计; 质量控制

The design and application of of C40P12 mass concrete mixture ratio

ZU Li firyal , ZHANG Ping

(Western Xinjiang Construction Company Limited , Xinjiang Urumqi 830006)

Abstract : This paper mainly introduce the design and application of of C40P12 mass concrete mixture ratio.The application of double doped mineral admixtures , water reducing agent , UEA expansion agent and retarder technology solved the difficult problem in the construction of C40P12 mass concrete such as high hydration heat , easy to crack , seepage resistance etc , stricted the management and control of construction process , ensured the smoothly conduct of construction and engineering quality.

Key Words : Mass ; Impermeability ; Pumping concrete ; Mix design ; Quality control

1 引言

大体积混凝土指的是最小断面尺寸大于 1m 以上的混凝土结构,其尺寸已经大到必须采用相应的技术措施妥善处理温度差值,合理解决温度应力并控制裂缝开展的混凝土结构。凡属大体积混凝土都有一些共同的特征:结构厚实,混凝土量大,工程条件复杂,技术施工要求高;水泥水化热使结构产生温度和收缩变形;应采取相应的措施,尽可能减少温度变形引起的开裂。因此,大体积混凝土经常出现的问题,不是力学上的结构强度,而是以控制混凝土温度变形裂缝,从而提高混凝土的抗渗、抗裂性能,以提高结构的耐久性。

2 工程概况和特点

新疆大学综合实验楼槽式试验台混凝土台座结构尺寸为 18.1m × 15.7m × 3.6m,该试验台用于房屋建筑抗荷载试验,对混凝土施工要求很高,混凝土强度等级为 C40,抗渗要求达到 P12,总量为 1100m³,必须一次浇注完毕,不能有丝毫裂缝,混凝土结构尺寸误差要求精度高。

3 原材料

3.1 水泥的性能

本次试验采用的是新疆青松水泥厂生产的普通硅

酸盐水泥 (P.O42.5R)。

表 1 水泥的主要性能

项目	标准稠度 用水量	初凝 时间	终凝 时间	细度	安定性 (沸煮法)	抗折强度 (MPa)		抗压强度 (MPa)	
						3d	28d	3d	28d
结果	27%	185min	294min	1.4%	合格	5.1	7.6	25.7	47.8

3.2 粉煤灰各项物理化学指标

灰。其化学成分如表 2,粉煤灰的主要物理性能见表 3。

本次试验所采用的粉煤灰是红二电厂的 级粉煤

表 2 粉煤灰化学成分

化学成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Fe ₂ O ₃	烧失量
含量 (%)	53.34	32.10	1.90	1.48	1.42	4.24	7.81

表 3 粉煤灰的主要物理性能

细度 (45 μm 筛余量, %)	需水量比 (%)	含水率 (%)	表观密度 (g/cm ³)	堆积密度 (g/cm ³)
21.3	98	0.3	2.2	0.73

3.3 磨细矿渣性能指标

表 4 磨细矿渣的主要性能

比表面积 (m ² /kg)	SO ₃ (%)	烧失量 (%)	CL ⁻ (%)	含水率 (%)	需水量比 (%)	MgO (%)	活性指数 (%)		
							3d	7d	28d
420	1.1	1.3	0.01	0.3	92	5.1	57	80	102

3.4 天然砂、卵石的性能 (表 5、表 6)

20~40mm。

砂:细度模数为 2.8 的中砂; 卵石:5~20mm,

表 5 天然砂子材料性能

项目	含水率 (%)	表观密度 (kg/m ³)	紧密堆积密度 (kg/m ³)	松散堆积密度 (kg/m ³)
结果	2.0	2550	1740	1650

表 6 天然卵石材料性能

项目	含水率 (%)	表观密度 (kg/m ³)	紧堆积密度 (kg/m ³)	松堆积密度 (kg/m ³)	压碎指标 (%)
结果	0.7	2660	1530	1410	5.4

3.5 外加剂

本试验采用了萘系高效减水剂,减水率为 18%; UEA 膨胀剂;缓凝剂。

4 配合比设计及试验结果

4.1 配合比设计

对于抗渗大体积要求的混凝土配合比设计,就是在普通混凝土配合比设计基础上,把抗渗及水泥水化热考

虑进去。在我国目前的有关标准、规定中,抗渗大体积混凝土在满足其他普通混凝土设计的基础上,还必须满足以下要求: 抗渗混凝土要添加膨胀剂,膨胀剂主要补偿温度收缩和干燥收缩,提高混凝土抗渗性作用,起到防水和抗裂的作用; 在混凝土配合比设计时,掺入适量的矿物掺合料及相应的外加剂来调整混凝土的凝结时间,降低混凝土早期水化热。

表7 基准配合比与调整配合比

参数 编号	水胶比	水 (kg/m ³)	外加剂 (%)			砂率 (%)
			减水剂	缓凝剂	膨胀剂	
X-1	0.30	165	1.0	0.04	8	36
X-2	0.35	165	1.0	0.04	8	37
X-3	0.40	165	1.0	0.04	8	38

选择这三个配合比,通过对混凝土拌合物和易性、坍落度、凝结时间和混凝土强度及抗抗渗性进行试验,最后确定满足设计要求的最佳配合比。

4.2 试验结果及分析

表8 配合比试验结果分析表

编号	坍落度 (mm)	凝结 时间	和易性	抗压强度 (MPa)				结果分析
				3d	7d	28d	60d	
X-1	210	合格	好	23.1	32.8	52.4	58.3	和易性好,强度高,抗渗等级合格,经济性不好。
X-2	220	合格	好	22.0	30.7	46.7	53.4	和易性好,坍落度、强度和抗渗性均满足要求。
X-3	220	合格	较好、稍泌水	18.3	27.3	43.1	50.2	和易性稍差,抗渗性合格,强度偏低。

由表8可以看出,“X-2”为最佳配合比,因此选取“X-2”作为最佳施工配合比。

5 实施效果

根据该工程特点进行了混凝土配合比试验并制定了混凝土技术施工方案,加强原材料的检验、试验工作,采用编号为“X-2”的大掺量掺合料配合比降低混凝土水化热,并在混凝土生产浇注过程中严格按技术施工方案执行;混凝土施工期间可通入冷却循环水,以便加快承台内部热量的散发,可有效降低混凝土的温升值,且可大大缩短养护周期,对于超厚大体积混凝土施工尤其适用;该试验台座混凝土浇注完毕后,加强混凝土的测温工作,在承台内埋设若干个测温点,采用L形布置,每个测温点埋设测温管,管底埋置于承台混凝土的中心位置,测量混凝土中心的最高温升,第1~5d每2h测温1次,第6d后每4h测温1次,测至温度稳定为止。工程验收后其各项技术指标均满足设计要求,实施效果良

好。

6 结论

配制抗渗大体积混凝土最有效的方法是除了掺加减水剂外,必须掺加膨胀剂,并且掺入适量的矿物掺合料和相应的缓凝剂来调整混凝土凝结时间,以满足混凝土抗渗及早期水化热低的要求,并注意避免中消泡作用的工艺施工方法(如振捣和静停时间过长等)以保证发挥引气剂的作用。由于选取的配合比比一般普通混凝土试验周期长,最好提前做好试验,以保证开工时得到正确的配合比,严格施工过程的管理和控制,从而保证工程质量。

参考文献:

- [1] 《大体积混凝土温度应力于温度控制》朱伯芳中国电力出版社
- [2] 《建筑物的裂缝控制》王铁梦上海科学技术出版社
- [3] GB50164 混凝土质量控制标准

超长结构防裂低收缩混凝土的研制和在其世博主题馆 地下室民防工程中的应用

盛莉蓉

(上海建工材料工程有限公司, 上海 200002)

摘要: 本文介绍了超长结构防裂低收缩混凝土的研制和在其世博主题馆地下室民防工程中的应用, 对同行业的从业人员有一定的指导意义。

关键词: 超长结构防裂低收缩混凝土; 配合比设计; 工程应用; 性能

The development of low shrinkage concrete in super-long structure crack-control and its application in Civil Engineering of The Theme Pavilion basement

SHENG Lirong

(Shanghai construction materials Engineering Company Limited, Shanghai 200002)

Abstract: This paper introduce the development of low shrinkage concrete in super-long structure crack-control and its application in Civil Engineering of The Theme Pavilion basement, which has a certain guiding significance to the same industry practitioners.

Key Words: Low shrinkage concrete in super-long structure crack-control; Mix design; Engineering application; Performance

1 前言

混凝土材料以其抗压强度高、耐火性好、使用灵活、施工方便等优点成为当今世界上用途最广、用量最大的建筑材料之一, 发挥着其它材料无法替代的作用和功能。但是, 混凝土材料脆性大、易腐蚀, 当它受到体积收缩、施工工艺、不均匀沉降、结构应力集中现象等因素的影响, 都有可能产生开裂现象。裂缝的危害程度是众所周知的, 它不但会影响混凝土的防水性, 而且由于水的渗入造成钢筋锈蚀, 会严重降低钢筋混凝土结构的寿命, 混凝土材料的性能会不断降低, 当裂缝的长度和宽度扩展到一定的程度后, 还会影响结构的安全性, 轻者会影响结构的正常使用或缩短结构的使用寿命, 重者会产生灾难性的事故, 给国民经济和人民的生命安全带

来巨大的损失。所以减少混凝土收缩, 控制裂缝的产生, 是现在工程应用中一直努力要解决的问题。

世博主题馆地块北部(B07-01)平站结合民防工程, 工程总建筑面积约为28856平方米, 工程共地下二层, 地下一层平时为行人通道及附属设施, 战时为人防物资库和人员隐蔽部。地下二层平时为车库, 战时为防空专业队工程。民防工程分东西二区进行施工, 1~14轴为西区, 14~45轴为东区。西区长约100米, 宽约45米; 东区长约250米, 宽约45米。

由于工程属于地下室超长结构民防工程, 对混凝土浇筑完成后的裂缝控制有着较高的要求。因此, 为了保证工程质量, 有效地控制混凝土裂缝, 工程对混凝土的设计提出了以下四点要求:

(1) 混凝土墙板结构上不得出现垂直墙面宽度 \geq

作者简介: 盛莉蓉, 女, 1970年5月出生, 工程师。通讯员: 陈建大, 男, 1982年11月, 工程师。上海建工材料工程有限公司, 上海市江西中路406号四楼(200002) Email: chenjd602@126.com

0.15mm 的贯穿裂缝。

- (2) 混凝土要易于浇筑和密实成型。
- (3) 严格控制混凝土拌合物坍落度 (150 ~ 160) mm, 经时坍落度损失小 (1h 损失 \leq 20mm)。
- (4) 严格控制混凝土内外温差 \leq 20 ;

2 主题馆民防工程超长结构防裂低收缩混凝土配合比设计

针对以上工程特点和要求, 需要通过一些技术措施, 使混凝土达到以下各项的性能和要求;

- (1) 在保证混凝土强度的条件下, 改善混凝土工作性;
- (2) 在给定工作性条件下, 降低水灰比, 提高混凝土的强度和耐久性;
- (3) 在保证混凝土浇注性能和强度的条件下, 减少水和水泥用量, 减少徐变、干缩、水泥水化热等引起的混凝土初始缺陷的因素;
- (4) 坍落度保持性能好, 经时坍落度损失小;
- (5) 对环境无污染。

2.1 超长结构混凝土的防裂措施

针对工程特点和对混凝土的性能要求, 采取相应的措施, 对于超长结构低收缩防裂混凝土的研制应用提出了以下四条技术路线和原则:

- (1) 在混凝土中掺加一定量粉煤灰、矿粉等矿物掺合料来改善混凝土的泵送性能, 充分利用矿粉、粉煤灰掺和料的物理效应和填充效应, 减少水泥用量, 增加混凝土的密实性, 提高混凝土的耐久性, 并且有利于减少混凝土水化热, 降低绝热温升, 有助于混凝土裂缝控制。
- (2) 摒弃使用普通或中效减水剂配制混凝土的常规模式, 使用新型聚羧酸系高效减水剂配制混凝土。
- (3) 延长混凝土龄期, 降低水泥用量, 降低水化热;
- (4) 对于防裂混凝土的配制, 应遵循骨料体积含量最大的原则, 增强混凝土的抗裂能力, 同时减少混凝土的收缩, 增强混凝土的耐久性能。

2.2 原材料选用

2.2.1 水泥

水泥选用与外加剂相容性好的中低热的普通硅酸盐水泥, 降低水化热, 有利于减少混凝土的收缩, 控制裂缝的产生。水泥是混凝土胶凝体系中最主要的材料, 并且是影响混凝土中温升的最主要因素之一。由于混凝土的导热率低, 水泥水化时放出的热量不易散失, 容易使混凝土内部很高。由于混凝土外表面冷却较快, 就使混凝土内外温差达几十度。混凝土外部冷却产生收缩, 而内部尚未冷却, 就产生内应力, 容易产生微裂缝, 致使混凝土耐水性降低。采用低放热量和低放热速率的水泥就可降低混凝土的内部温升。因此, 主要是采用高性能水泥, 降低水泥的水化热和放热速率是极其重要的。

选用中国建材南方水泥有限公司生产的岷荣水泥, 强度等级为 42.5 级普通硅酸盐水泥, 技术指标符合现行的国家标准 GB175-2007《通用硅酸盐水泥》。

表 1 水泥的水化热情况

品种	强度等级	水化热 (kJ/kg)	
		3d	7d
岷荣水泥	42.5	220	289
中热水泥	42.5	251	293
低热水泥	42.5	230	260

由表可知, 我们选择的岷荣水泥是中低热水泥, 因为该水泥 3d 的水化热在低于中热水泥, 7d 的水化热在中热水泥和低热水泥之间。并且岷荣水泥的水化放热速率和水化热放热量与水化时间的变化曲线也是较为复合我们工程的实际要求, 既满足工程的水化热要求, 同时水化热又不是太慢来满足工程强度性能要求。

2.2.2 矿物掺合料

活性矿物掺合料是超长结构防裂混凝土不可缺少的组分之一, 选用常用的 II 级粉煤灰、S95 级矿粉等。利用它们的物理效应、填充效应和火山灰效应, 不但可以大幅度降低新拌混凝土的内部屈服剪应力, 改善流变性能, 可以改善自密实混凝土结构的孔结构和力学性能, 同时还可以较大幅度地降低水化热。

2.2.3 骨料

细骨料选择细度模数在 2.3 ~ 2.6 之间, 含泥量 \leq 1.0%, 泥块含量 \leq 0.5% 的中砂; 粗骨料选择产自滁州海天的 5-25mm 碎石, 含泥量 $<$ 1%, 泥块含量 $<$ 0.5%。对含泥量和泥块含量的严格控制, 以及黄砂细度模数的合理区间的把握, 可以使混凝土得到良好的和易性能,

因为含泥量、泥块含量过高,会加大用水量和外加剂的用量,加大混凝土的收缩,降低混凝土的强度和耐久性。

在保证混凝土和易性的前提下,要尽量的减少浆体体积,提高骨料体积即减小浆骨比,对减少混凝土收缩有重大意义。长期以来,混合骨料的研究在混凝土界一直

未得到足够的重视。我们将细度模数分别为 2.3、2.6、2.9 的中砂与粒径为 5~15mm、10~25mm 的粗骨料混合,对混合骨料的性能做了较为深入的研究,按照不同的砂率分别测试混合骨料的松散空隙率与紧密空隙率如下表所示。

表 2 混合骨料的松散空隙率与紧密空隙率

砂率	黄砂细度模数					
	2.3		2.6		2.9	
	松散空隙率	紧密空隙率	松散空隙率	紧密空隙率	松散空隙率	紧密空隙率
0	49%	44%	49%	44%	49%	44%
38%	35%	29%	34%	26%	34%	27%
42%	33%	25%	32%	24%	33%	26%
44%	32%	24%	31%	24%	33%	25%
46%	31%	24%	30%	23%	32%	24%
50%	30%	23%	28%	21%	32%	24%

注:砂率为 0 表示测试的是石子。

从表可以看出,随着砂率的增大,无论是松散空隙率还是紧密空隙率都将依次减小。相对于 340kg 的胶凝材料总量,砂率控制在 44% 比较适宜,使得固体材料达到最紧密堆积即密实度最大。针对所选粗骨料,三种细度模数的中砂相比,2.6 的中砂与粗骨料混合后的空隙率最小,本工程优先采用 2.6 的中砂。对于 C30 混凝土来说,不同细度模数的砂对混凝土的和易性影响较大,若细度模数在 2.4 或者 2.5 的砂,则对应的砂率也可稍微降低一些,就可以较好满足最大堆积密实度原理。通过混合骨料技术,减小了浆体用量,降低了浆骨比,对抑制收缩起到非常重要的作用。

2.2.4 外加剂

2.2.4.1 聚羧酸减水剂的匀质性指标

外加剂选用聚羧酸系减水剂。聚羧酸系减水剂由于其独特的作用机理,可以在保证混凝土浇注性能和强度的条件下,改善混凝土工作性能,减少水灰比,减少水和水泥用量,降低水化热,减少徐变和收缩,有利于提高混凝土强度和耐久性能。

在保证混凝土强度的前提下,进一步降低单方水泥用量,以减少水泥水化过程中产生的水化热,有效控制混凝土的裂缝的产生。在满足混凝土施工要求的条件下进一步降低单位用水量,以减少混凝土中游离水的数量。

表 3 RP325 聚羧酸减水剂匀质性指标

项目	密度 (20 °C)	含固量 (%)	氯离子含量 (%)	PH 值	砂浆减水率 (%)
技术要求	1.05 ± 0.02	22.03 ± 1.32	≤ 0.20	7.0 ± 1.0	≥ 20

2.3 超长结构防裂低收缩 C30P8R60 混凝土配合比

通过大量的试验,获得了超长结构防裂 C30P8R60 混凝土的初步配合比,具体如下:

2.3.1 初步配合比

表 4 超长结构防裂低收缩 C30 混凝土配合比

强度等级	材料名称	水泥	粉煤灰	矿粉	水	砂	碎石	外加剂
	品种规格	P.O42.5	级灰	S95	自来水	中砂	5-25mm	RP325
C30	单方用量	200	70	70	170	820	1035	2.00

表 5 超长结构防裂低收缩 C30 混凝土的工作性

等级	出机坍落度 (mm)	1h 坍落度 (mm)	和易性
C30	180	160	好

表 6 超长结构防裂低收缩 C30 混凝土的收缩和强度值

龄期	3d	7d	14d	28d	60d	90d	180d
收缩值 (*10 ⁻⁶)	30	55	110	290	380	402	500
强度值 (MPa)	8	20.8	26.8	39.6	40.3	44.6	47.7

通过试验,RP325 聚羧酸减水剂配制的混凝土的性能测试数据可以看出,配制的 C30R28 混凝土不仅工作性能良好,强度性能符合设计要求,而且通过与木钙、萘系减水剂对混凝土收缩值对比,掺 RP325 聚羧酸减水剂的混凝土收缩值均低于其他减水剂的混凝土和基准混凝土,早期混凝土收缩较少,后期混凝土的收缩也较其他减水剂的混凝土约低 30%~40%。

然而,上述配合比的 C30 混凝土对应的 180d 收缩值还是较大,需要采取措施进行配合比优化,进一步的减少混凝土的收缩。

2.3.2 配合比改进措施

为进一步的降低的混凝土的收缩,提高强度保证率,可以对上述的配合比进行一些改进。

(1) 掺聚羧酸类减水剂在常规的掺量范围内不仅起到减水增强的效果,而且混凝土的收缩值也均低于掺其他外加剂混凝土的收缩值,对于降低混凝土的收缩是有利的。

(2) 在保证混凝土和易性,有利于泵送的前提下,遵循骨料体积含量最大的原则进行混凝土配合比的进一步优化,降低配合比中的砂率,目标值为 43%。

(3) 满足混凝土施工要求的条件下进一步降低单位用水量,以减少混凝土中游离水的数量,单位用水量目标值为 155kg/m³。

(4) 保证混凝土强度的前提下,进一步调整混凝土的胶凝材料体系,以减少水泥水化过程中产生的水化热,有效控制混凝土的裂缝的产生。

2.3.3 确认配合比

根据上述配合比改进措施,再进行大量的试验对比研究,根据试验结果,用于超长结构 C30 防裂混凝土配比变为:单位用水量降到 155kg,提高粉煤灰每方用量到 90kg,降低矿粉每方用量到 50 kg,中砂每方用量降到 800 kg,碎石增至 1060 kg,RP325 每方用量增至 2.72kg。改进配比的超长结构防开裂低收缩 C30 混凝土各项性能测试结果见表 7。

表 7 超长结构防裂 C30P8R60 混凝土的配合比

强度等级	材料名称	水泥	粉煤灰	矿粉	水	砂	碎石	外加剂
C30	品种规格	P.O42.5	级灰	S95	自来水	中砂	5-25mm	RP325
C30	单方用量	200	90	50	155	800	1060	2.72

备注:坍落度 140mm ± 30mm,单位:kg/m³; 混凝土的拌合物性能和力学性能见下表所示:

上述配比对应的超长结构防裂 C30P8R60 混凝土的

表 8 超长结构防裂低收缩混凝土拌合性能和力学性能

坍落度 (mm)		扩展度 (mm)		和易性	含气量 %	凝结时间 (h:min)		抗压强度 MPa		
初始	1 小时	初始	1 小时	性能	%	初凝	终凝	7d	28d	60d
160	160	420*430	400*390	良好	2.5	11h30min	14h45min	27.3	39.2	49.7

表 9 超长结构防裂低收缩混凝土的收缩性能

龄期	3d	7d	14d	28d	45d	60d	90d	120d	150d	180d
混凝土收缩值	52	91	136	227	265	285	311	317	330	337

通过对上表的数据可知,通过超长结构防裂低收缩 C30 混凝土配合比的优化,降低砂率,提高 RP325 聚羧

酸减水剂掺量,大幅度的降低单位用水量,并且进一步的调整掺合料的组合比例,使混凝土的工作良好,含气

量合理,在强度上符合设计要求,在混凝土的收缩方面又幅度地降低,进一步的提高了混凝土的抗裂能力。

3 超长结构防裂低收缩混凝土在主题馆民防工程中的应用

根据上述混凝土配合比的设计,在主题馆民防工程超长结构中的应用,充分考虑原材料、配比设计、浇筑、

表 10 超长结构防裂 C30P8R60 混凝土配合比

强度等级	材料名称	水泥	粉煤灰	矿粉	水	砂	碎石	外加剂
	品种规格	42.5	级灰	S95	自来水	中砂	5-25mm	RP325
C30	单方用量	200	90	50	155	800	1065	3.0

备注:坍落度:140±30mm,单位:kg/m³;

3.2 超长结构防裂低收缩 C30P8R60 混凝土的性能

表 11 混凝土拌合物性能

坍落度 (mm)		流动度 (mm)		和易性能	含气量 (%)
初始	60min	初始	60min		
170	150	450*460	420*430	良好	2.3

从上表可知,上述配合比的混凝土大生产状态与小试确定的配合比的状态、含气量等参数都基本一致,具有良好的重复性和实现性。

3.2.2 超长结构防裂低收缩混凝土力学强度

主题馆民防工程中共计应用超长结构防裂低收缩

表 12 超长结构防裂混凝土强度统计评定

强度等级	强度平均值 (MPa)	强度最大值 (MPa)	强度最小值 (MPa)	标准差 (MPa)
C30	43.7	51.3	36.3	3.42

从上表可知,多次分块浇筑进行的混凝土制备,其对应的混凝土的强度标准差为 3.42MPa,说明混凝土在多次分块浇筑,混凝土质量具有控制较好,质量稳定性较好。

3.2.3 超长结构防裂低收缩混凝土的抗渗性能

表 13 超长结构防裂混凝土抗渗试验值

强度等级	试件尺寸	28d 抗渗等级	60d 抗渗等级	合格判断
C30	175*185*150mm	P8	P10	合格

3.2.4 超长结构防裂低收缩混凝土的收缩性能

为了较好的跟踪和控制好浇筑施工的混凝土质量,特别是对混凝土的抗裂性能有较大影响的收缩性能,因

养护对混凝土收缩裂缝的影响,并加强过程监控。

3.1 超长结构防裂低收缩 C30P8R60 混凝土配合比

考虑到混凝土大生产原材料存在的波动性,以及现场混凝土浇筑时间较长,适当的提高外加剂掺量,使混凝土拌合物的流动性更好的符合工程要求。

3.2.1 超长结构防裂低收缩混凝土的拌合物性能

在超长结构防裂低收缩混凝土的大生产,进行随机取样,并进行混凝土拌合物性能的测试,具体见下表所示。

C30P8R60 混凝土总共浇筑了 2 万立方米,根据每次浇筑按规范成型标准试块,并到龄期后进行试压破碎,其中对 60d 龄期的混凝土强度进行统计,具体的评定结果见下表所示。

根据设计和规范要求,成型相应的抗渗标准试件,并到龄期后进行抗渗试验,具体的抗渗试验结果见下表所示。从混凝土抗渗的测试数据可知,该工程混凝土抗渗满足设计要求。

此按规范成型相应的收缩试件,并做好测试,具体的测试结果见下表所示。

表 14 超长结构防裂低收缩 C30 混凝土的收缩性能

龄期	3d	7d	14d	28d	45d	60d	90d	120d	150d	180d	210d	240d	270d	360d
收缩 (10^{-6})	53	90	133	193	230	257	283	293	303	313	320	333	336	350

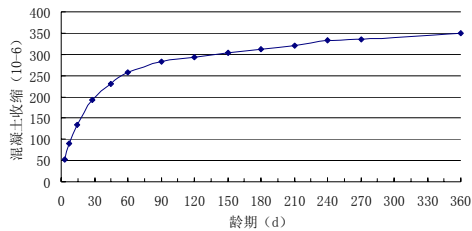


图 1 超长结构低收缩 C30P8R60 混凝土的收缩性能

从上述的混凝土收缩数据可知,工程用混凝土的收缩值与小试最后的确定的收缩值基本一致,也是在控制范围之内。

3.3 混凝土浇筑养护

鉴于施工过程中的气候、季节和外界气温条件的变化大,对混凝土养护,特别是保温、保湿养护尤为重要,据此:

(1) 混凝土浇筑结束,待其初凝开始,即盖一层塑料薄膜,上面再盖一层麻袋养护,起保温保湿作用。在塑料薄膜,麻袋覆盖条件下,保温保湿可充分发挥混凝土徐变特性,降低温度应力,减少混凝土降温梯度,控制有害裂缝的出现;

(2) 保温保湿养护时间超过 14 天;

(3) 在测温数据指导下,即温度达到最大峰值后,呈回落趋势,当内部与大气温度差小于 20°C ,方可部分撤去麻袋。

(4) 全部麻袋不可在同一天全部撤去或成片撤去,应分两天进行,第一天只能采用间隔夹花方式撤去 1/2 左右,使温度通过有限的空间逐步散去,避免急剧降温,余下部分的麻袋应在第二天中午撤去。

3.4 小结

(1) 世博主题馆地下室超长结构民防工程 C30P8R60 混凝土在工程中的应用体现出了良好的和易性能,出机坍落度基本控制在 170mm,1h 的坍落度的损失也在 20mm 左右,满足低坍落度损失的要求。

(2) 含气量较小,混凝土体现出了较好的密实性。

(3) 强度性能完全符合工程设计的要求,且质量

控制水平较好,同时混凝土收缩 360d 控制在 350×10^{-6} 。

(4) 现场结构拆模后,表面光洁,无肉眼可见裂缝,表面极少有气泡。



图 2 超长结构混凝土表面部分情况

4 结论

(1) 选择的岷荣水泥是中低热水泥,其 3d 的水化热在低于中热水泥,7d 的水化热在中热水泥和低热水泥之间。水化放热速率和水化热放热量与水化时间的变化曲线也是较为复合我们工程的实际要求,既满足工程的水化热要求,同时水化热又不是太慢来满足工程强度要求的特性。

(2) 世博主题馆地下室民防工程超长结构防裂低收缩 C30P8R60 混凝土在工程中的应用体现出了良好的和易性能,出机坍落度基本控制在 170mm,1h 的坍落度的损失也在 20mm 左右,满足低坍落度损失的要求。

(3) 强度性能完全符合工程设计的要求,且质量控制水平较好,同时混凝土收缩 360d 控制在 350×10^{-6} 。

(4) 现场结构拆模后,表面光洁,无肉眼可见裂缝,表面极少有气泡。

大体积低水化热混凝土在上海虹桥综合交通枢纽工程中的研究和应用

嵇晓华

(上海建工材料工程有限公司, 上海 200002)

摘要: 本文介绍了大体积低水化热混凝土在上海虹桥综合交通枢纽工程中的研究和应用, 通过运用外加剂技术、外掺料双掺技术可降低混凝土的水化热, 是有效控制大体积混凝土裂缝的关键。

关键词: 混凝土; 裂缝; 配合比设计; 水化热

The research and application of mass low hydration heat concrete in Shanghai Hongqiao comprehensive traffic hub project

Ji Xiaohua

(Shanghai construction materials Engineering Company Limited, Shanghai 200002)

Abstract: This paper introduces the research and application of mass low hydration heat concrete in Shanghai Hongqiao comprehensive traffic hub project, through the use of admixture technology, admixture double admixing technology, we can do the reduction of concrete hydration heat, which is the key to the efficient controlling of mass concrete.

Key Words: Concrete; Crack; Mix design; Hydration heat

1 前言

混凝土是当代土木工程中应用最广泛的大宗材料。对于这种多相、非均质的人造复合材料来说, 随着其使用性能的提高和组成材料的复杂化, 钢筋混凝土结构开裂日益增多。钢筋混凝土结构裂缝直接影响到结构的整体性、耐久性和防水性, 裂缝问题受到工程技术人员的高度重视。造成钢筋混凝土结构产生裂缝的原因有多种: (1) 因结构设计及荷载原因引起钢筋混凝土产生结构裂缝; (2) 因使用及环境条件原因引起的钢筋混凝土产生结构裂缝; (3) 因施工原因引起的钢筋混凝土产生结构裂缝; (4) 因原材料和配合比原因引起的钢筋混凝土产生结构裂缝。这是引起钢筋混凝土产生结构裂缝的主要原因, 其中如何从混凝土配合比设计来控制混凝土

干燥收缩裂缝, 是减少或解决混凝土结构裂缝问题的关键之一。降低混凝土的水化热是有效的控制大体积混凝土裂缝的关键, 进而减少由温度梯度引起的温度应力裂缝。

大体积混凝土的配制和施工最早出现于水利工程, 因为最早的大体积混凝土结构是水坝码头带。建筑工程中最早出现在大型设备基础中, 以后大型公共建筑的出现大体积混凝土的施工问题逐渐引起了人们的重视。必须注意的是虽然都是大体积混凝土, 但具体条件不完全相同。如水利工程的特点是体积特大, 体形不规整, 配筋率低; 而大型设备基础其体积相对较小, 深度大但平面尺寸不大, 体形规整; 而大型公共建筑其基础底板具有平面尺寸大体形规整, 配筋率高, 呈板或板梁组合的结构, 因此对这种底板型的大体积混凝土如何防止裂缝

作者简介: 嵇晓华, 男, 1972年8月出生, 工程师。通讯员: 陈建大, 男, 1982年11月, 工程师。上海建工材料工程有限公司, 上海市江西中路406号四楼(200002), Email: chenjd602@126.com

是当前混凝土工程中的一大难题。

大体积混凝土在施工过程中由于水泥水化发热使得混凝土温度上升。升温时又由于内外散热速度不同造成巨大温差而生成内应力,最终导致混凝土开裂。为了避免裂缝的出现在以前的研究中多采取粉煤灰、矿粉的双掺技术降低水泥用量或者采用膨胀剂、低收缩的高性能外加剂进一步减少大体积混凝土的收缩变形。大体积混凝土的温升与裂缝是表面现象,其内部的物理力学过程必须通过进一步的研究分析才能解决。

2 大体积低水化热混凝土的配制研究

根据上海交通枢纽工程高耐久性大体积混凝土实际工程情况,C35P10R60 混凝土选用原材料:1)普通硅酸盐水泥 P.O42.5;2)S95 矿粉;3)II 级粉煤灰;4)碎石,粒径 5~25mm;5)中砂;6)缓凝型减水剂;7)自来水。

2.1 配制的技术路线

强度等级为 C35P10R60 的大体积混凝土,要达到水化热低,进而减少收缩和温度应力引起的裂缝的目的,将通过以下几种技术来达到:其一,通过减水剂技术,尽可能的降低胶凝材料总量,降低水化热;其二,在保证强度的情况下,大幅度的提高外掺料掺量,降低胶凝材料中水泥的用量,间接的减少水泥活性矿物组分 C₃A 的含量,进一步的降低水化热;其三,选择缓凝型减水剂以及合适的掺量,结合矿粉与粉煤灰双掺技术,来延长大体积混凝土的凝结时间,有利于大体积混凝土

的施工,避免出现混凝土施工冷缝,同时严格控制混凝土的水胶比(W/B 小于 0.5),来满足强度、抗渗等的要求。

2.2 配合比设计

2.2.1 水泥

通过大量工程试验,C35P10R60 大体积混凝土一般水泥宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。在选择水泥时,应选用铝酸三钙含量较低,水化游离氧化钙、氧化镁和二氧化硫尽可能低的低收缩水泥;宜应用低、中热水泥;水泥的碱含量应小于 0.6%,本工程水泥选用 P.O42.5 普通硅酸盐水泥。微观上水泥本身的颗粒级配好,宏观上水泥强度发展好,需水量小,与外加剂的适应性好,配制的混凝土粘性小。

2.2.2 胶凝材料体系比例的确定

C35P10R60 的大体积混凝土在水泥水化时不可避免地会在内部形成细微的毛细孔。在配比中,进行矿粉和粉煤灰双掺,使其在水泥浆微细空隙中进行二次水化,减少和填充毛细孔,达到增密及增加后期强度作用。其胶凝材料体系符合最紧密堆积理论,一方面可以充分发挥微集料的密实填充效应,使混凝土的密实度最大,空隙率最小;另一方面体系在达到相同的流动度时,需水量最小,有助于改善混凝土细观结构,减少干燥收缩。

水泥、矿粉、粉煤灰分别以不同的质量分数复合组成胶凝体系,掺加相同量的减水剂,进行净浆流动度试验比较,结果见表 2-1。

表 2-1 大体积混凝土不同胶凝体系与减水剂的适应性

不同比例 胶凝体系	水泥	粉煤灰	矿粉	减水剂	净浆流动度 (mm)	1h 净浆流动度 (mm)
组合 1	0.70	0.15	0.15	1.2%B	178 × 180	175 × 175
组合 2	0.65	0.15	0.20	1.2%B	180 × 188	178 × 180
组合 3	0.60	0.20	0.20	1.2%B	190 × 192	182 × 186
组合 4	0.55	0.20	0.25	1.2%B	208 × 206	200 × 202
组合 5	0.50	0.25	0.25	1.2%B	188 × 190	178 × 178

注: B 表示胶凝材料总量。

由表 2-1 可知,组合 4 的胶凝体系在外加剂掺量相同的情况下,初始净浆流动度最大,而且 1h 后仍保持在 200mm × 202mm 的扩展度,同其他组分相比具有工作性的优势,这是由于水泥、粉煤灰和矿粉三组分在

0.55:0.20:0.25 的比例下达到较好的紧密堆积,以至在相同减水剂掺量和用水量的情况下,达到最佳流动性。

2.2.3 减水剂掺量与用水量的确定

大体积混凝土由于浇注体量大、时间长,在施工过

程当中可能遇到车辆供应不连续,分层浇注时间间隔过长等容易造成种种工程质量问题,所以在配比设计上,采用一定掺量的缓凝型减水剂来延长对混凝土的初凝时间,从普通混凝土的约 6h 提高到 10h 以上,以此来

尽可能的避免出现施工冷缝等问题。在表 2-1 中组合 4 的胶凝体系基础上,选择了四种减水剂掺量,分别测试对应混凝土的凝结时间,具体见表 2-2。

表 2-2 大体积混凝土凝结时间与减水剂掺量的关系

	减水剂掺量 (kg/m ³)	初凝时间 (h : min)	延长时间 (h : min)
基准混凝土	0	7 : 55	
配合比 1	2.8	8 : 45	0 : 50
配合比 2	3.5	10 : 05	2 : 10
配合比 3	4.2	12 : 35	4 : 40

由表 2-2 可知,当减水剂掺量为 4.2 kg/m³时,该配合比 3 对应的初凝时间为 12 小时 35 分钟,已达到预期要求。同时此时的用水量为 175kg/m³,不仅新拌混凝土比较松,易于施工,而且硬化后混凝土的强度也有一定的保证。

2.2.4 配合比的确定

根据虹桥综合交通枢纽工程大体积混凝土的实际工程情况,在 C35R60P10 大体积混凝土流动性 (140 ± 30mm)、保坍性和强度等性能指标的基础上,确定了大体积低水化热混凝土的配合比,具体见表 2-3。

表 2-3 C35R60P10 大体积混凝土的配合比

原材料	自来水	PO42.5	中砂	5-25mm	级	S95	缓凝型减水剂
掺量 (kg/m ³)	175	210	786	1045	80	100	4.20

表 2-4 C35R60P10 大体积混凝土的多龄期强度数据

龄期 (天)	3d	7d	15d	28d	60d
抗压强度 (MPa)	14.6	25.0	29.6	34.8	43.2
抗拉强度 (MPa)	0.94	1.36	1.76	1.83	1.90

由表 2-3 确定的 C35R60P10 大体积混凝土配合比,达到相应的混凝土新拌合物各参数性能指标要求(见表

2-5)和硬化后各性能指标(见表 2-6),来满足实际工程的应用要求。

表 2-5 C35R60P10 大体积混凝土新拌合物各参数性能

混凝土新拌性能	坍落度 (mm)	初凝时间	终凝时间
	140~170	12 小时 35 分	15 小时 50 分

表 2-6 C35R60P10 大体积混凝土硬化后各性能指标

混凝土性能	抗渗等级	60d 抗压强度 (MPa)	静力弹性模量 (MPa)	60d 收缩 (10 ⁻⁶)
6.0~7.5	P12	≥40.2	2.5~2.98 × 10 ⁴	340~397

3 工程应用

大体积低水化热混凝土在上海虹桥综合交通枢纽工程中得到大范围的使用,主要应用在东郊广场、磁悬浮虹桥站和西郊广场等工程部位底板。

东郊广场结构超长、底板较厚。整个磁浮虹桥站与东交通中心广场下部结构连成一体,整体长度达 419 米,在结构设计中不设置永久性的伸缩缝,只采用后浇带的形式控制温度应力。而西郊广场站房主体轨道层结构东西长 411.3m,南北宽 199.6m,东西方向设五道伸

缩缝(满足抗震缝的要求),南北方向设两道伸缩缝,轨道层主要承受列车动力荷载及与钢管混凝土相连的框架梁采用型钢混凝土梁,主要承受列车动力荷载的柱采用矩形钢管混凝土柱或钢混凝土柱。

基础底板大体积混凝土分多次浇筑,总浇筑方量达 15000 方左右,C35P10R60 的平均强度达 40.2MPa,为设计强度的 115%。

基础底板大体积低水化混凝土在该工程中应用中,主要进行了以下一些控制:

(1) 坍落度控制

在实际浇筑混凝土时，混凝土坍落度值控制在 160 ± 20cm。

(2) 浇筑方式设计

混凝土的布料方式采用斜面分层法。分层厚度控制在 60cm 左右，上下皮之间布料间隔时间不应大于 2.5 小时，严禁产生任何操作施工冷缝。

(3) 混凝土温度控制

实施现场布点测温，实现信息化施工，确实掌握大体积低水化热混凝土在养护期内温度变化情况，做好保温措施，保证工程质量。如对工程部位的中心位置进行的温度跟踪测试数据，具体见表 3-1 所示。

表 3-1 大体积低水化混凝土浇筑部位中心位置的温度测量值

浇筑时间为 4/19 完成		混凝土绝热温升计算值为 65 入模温度为 25		
时间 4/21	-1.5m 中心温度	薄膜温度	温度差	备注
4/24	63	49	14	表面湿润
4/25	66	50	16	表面湿润
4/26	64	47	17	麻袋撒水
4/27	62	48	14	表面湿润
4/28	61	46	15	表面湿润
4/29	59	43	16	表面散热
4/30	59	42	17	表面散热
5/1	59	40	19	表面撒水
5/2	59	39	20	麻袋撒水
5/3	59	41	18	表面湿润、散热
5/4	57	40	17	表面湿润、散热
5/5	54	38	16	表面湿润
5/6	48	35	13	表面湿润

根据和原材料水化热情况和浇筑时的气温情况，结合表 3-1 的温度值，可以计算出大体积混凝土中可能出现的最大温度应力，其值为 1.5MPa。混凝土龄期 15 天的抗拉强度 Rt 为 1.76MPa，则 $Rt/1.15=1.76/1.15=1.53 > 1.5MPa$ ，从理论计算结果来看，目前应用的大体积低水化混凝土配合比是可行的温控配合比。

(4) 养护

在混凝土浇筑后约 4~5 小时应在混凝土表面覆盖保温层，以及适当控制保温层覆盖后对保温层的浇水工作，以使保温层底部保持湿润状态为原则；同时对雨后坑内积水应迅速排除，以免混凝土表面大量导热而引起裂缝产生。

从表 3-1 可知利用水泥水化放热计算的混凝土的绝热温升值与实测的混凝土中心温度比较接近，说明可以利用该方法进行温度预测，从而指导施工单位按照温升规律及时采取相应养护等措施，确保温差控制不大于 25，避免由于温度应力产生贯穿裂缝，对大体积混凝土的施工具有一定指导意义。同时，实际大体积混凝土

浇筑，只有一些不影响工程质量的微裂缝，无明显危害的裂缝。

4 结语

混凝土作为较古老的建筑材料，其发展经过了一个较漫长的历史，其间也发生了几次根本的革命。每一次混凝土技术的革命都使整个建筑业的面貌为之一新，进而促进了整个社会文明的进步。随着国家经济发展，基础建设还在不断完善，超高层大厦以及重大工程也将不断涌现，大体积低水化热混凝土的应用将无处不在。

通过运用外加剂技术、外掺料双掺技术可降低混凝土的水化热，是有效控制大体积混凝土裂缝的关键，进而减少由温度梯度引起的温度应力裂缝；目前，大体积低水化热混凝土配制技术已得到一定程度的改进，在上海虹桥综合交通枢纽工程中已得到广泛的应用，取得了良好的应用成果。然而，关于大体积低水化热混凝土的许多理论和应用问题尚待今后进一步研究、完善和推广。

山西地区矿物掺合料特性及其工程应用研究

蒲智明¹, 裴选红¹, 韩超², 杨凯飞², 蒋正武²

(1.山西路桥第二工程有限公司, 山西 临汾 041000 ;

2.同济大学先进土木工程材料教育部重点实验室, 上海 200092)

摘要: 本文测试了山西省不同地区典型的粉煤灰、矿渣粉两类矿物掺合料矿物组成、基本物理力学性能, 试验研究了不同掺量的矿物掺合料对净浆流动度和力学性能的影响。根据其特性, 提出了山西地区复掺粉煤灰、矿渣粉矿物掺合料在混凝土中应用的技术条件, 并将粉煤灰、矿渣粉双掺混凝土在高速公路工程中成功应用。

关键词: 山西地区; 粉煤灰; 矿渣粉; 双掺; 工程应用

Study on Characteristics and Project Application of Mineral Admixtures in Shanxi Province

PU Zhiming¹, PEI Xuanhong¹, HAN Chao², YANG Kaifei², JIANG Zhengwu²

(1. Shanxi Road & Bridge the 2nd Engineering Co., Ltd., Shanxi Linfen 041000 ;

2. Key Laboratory of Advanced Civil Engineering Materials of Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 200092)

Abstract: In this paper, the mineral composition, basic physical and mechanical properties of several typical mineral admixtures of fly ash and blast furnace slag in different areas of Shanxi province were tested. The influence of different replacement with mineral admixtures on fluidity of cement paste and mechanical properties was studied. On the basis of their characteristics, application technical standards of fly ash and slag powder mineral admixtures with double addition in concrete in Shanxi province was proposed. Concrete incorporated with fly ash and blast furnace slag was applied to expressway project successfully.

Key Words: Shanxi province; Fly ash; Blast furnace slag; Double addition; Project application

1 前言

矿物掺合料已成为高性能混凝土生产和实际应用不可缺少的组分之一^[1]。粉煤灰、矿渣、硅灰等矿物掺合料因在改善混凝土工作性、力学性能与耐久性方面具有显著的作用而得到广泛的工程应用^[2]。如何利用各地工业废弃物制备优质矿物掺合料。不仅减少环境污染, 节能减碳。改善混凝土性能, 也是混凝土科学重点研究热点之一。

然而, 不同地区的粉煤灰、矿渣粉等矿物掺合料因

其来源不同, 其化学、矿物组成不同, 导致其活性及对混凝土性能的影响也不同。因此, 研究不同地区的不同矿物掺合料的特性, 对在混凝土中高效利用当地的矿物掺合料具有重大科学与实际意义。

2 试验原材料与方法

2.1 试验原材料

试验中采用的掺合料选取山西省不同地区的典型的粉煤灰与磨细矿渣粉, 包括: 朔州粉煤灰来自山西神

作者简介: 蒲智明 (1968-), 男, 高工, 学士。主要从事建筑施工及管理工作。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (51078269); 国家科技支撑计划项目 (2011BAE14B06)

头电力粉煤灰开发公司;离石粉煤灰来自山西离石大土公司;曲沃矿渣粉来自山西曲沃县旭东建材有限公司。
河热电公司;闻喜矿渣粉来自山西闻喜县彤洋建材有限公司。其主要化学组成分析见表1。

表1 矿物掺合料的化学组分

原材料	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃
朔州粉煤灰	50.9	40.9	2.78	2.53	0.43	0.52	-	0.24
离石粉煤灰	52.7	34.8	3.06	2.50	0.43	0.99	-	0.22
闻喜矿渣	32.8	16.0	0.29	37.5	9.67	0.51	-	1.96
曲沃 S105 矿渣	37.2	12.1	0.89	33.5	8.50	1.10	0.48	2.11
曲沃 S95 矿渣	30.2	12.2	0.71	34.2	8.04	0.81	0.48	2.24

表1的化学成分分析显示,粉煤灰中钙质组分较小,属于低钙粉煤灰(低于10%)。矿粉的活性可用碱度来评定: $b = (CaO + MgO + Al_2O_3) / SiO_2$, 闻喜、曲沃S105、S95矿渣碱度分别为:1.93、1.45、1.80,当 $b > 1.4$ 时,矿渣粉的活性较高,所以三种矿渣的化学成分属高活性范围^[3]。

其它原材料,如外加剂为山西路桥二公司自制的粉末状萘系减水剂,水泥为山西中条山新型建材有限公司

生产的PO42.5、PO52.5水泥。

2.2 试验方法

矿物掺合料性能测试方法及其对混凝土性能影响测试方法均参照国家相关标准执行。

3 结果与讨论

3.1 矿物掺合料的基本物理性能

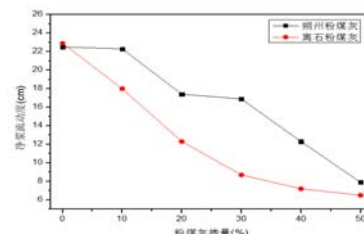
表2 山西地区粉煤灰、矿渣粉矿物掺合料的基本性能指标

原材料	45 μm方孔筛筛余/%	烧失量/%	流动度比/%	SO ₃ /%	含水量/%	活性指数
朔州粉煤灰	1.12	1.40	102	0.58	0.03	87
离石粉煤灰	9.10	5.12	104	3.58	0.20	121
曲沃 S95 矿渣粉	4.33	0.90	96	3.43	0.28	109
曲沃 S105 矿渣粉	1.34	1.23	101	1.92	0.46	115
闻喜矿渣粉	5.04	0.00	98	3.12	0.57	100

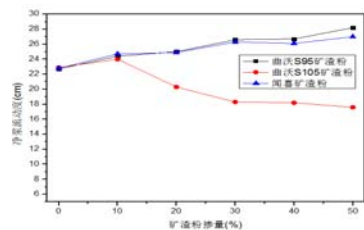
表2给出了山西地区粉煤灰矿渣粉矿物掺合料的基本物理性能指标,从中可以看出,两种粉煤灰需水量都比较大,且离石级粉煤灰比朔州级粉煤灰需水量更大。从指标来看,朔州粉煤灰为级粉煤灰,而离石粉煤灰为级粉煤灰。从活性指数大小依次为:离石粉煤灰 > 曲沃 S105 矿渣 > 曲沃 S95 矿渣 > 闻喜矿渣 > 国华粉煤灰 > 朔州粉煤灰。其中离石粉煤灰和曲沃 S105 矿渣活性指数较大,远远满足国标的相应要求。

3.2 矿物掺合料对水泥净浆流动度的影响

采用的配合比:水胶比为0.3,自制萘系减水剂掺量为1.5%(质量分数)。矿物掺合料分别以0%、10%、20%、30%、40%、50%的掺量替代水泥。



a 粉煤灰



b 矿渣粉

图1 不同掺量粉煤灰和矿渣粉对水泥净浆流动度的影响

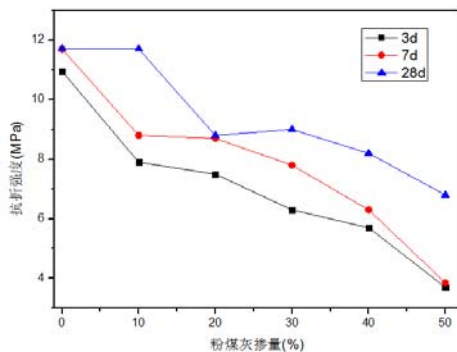
从图 1-a 中可以看出,随着粉煤灰掺量的增大,水泥净浆的流动度下降。离石粉煤灰比朔州粉煤灰各掺量净浆流动度下降的更快。从表 2 的流动度比也可以验证这个结论,流动度比越大,粉煤灰对水泥净浆流动度的影响越大。

图 1-b 中曲沃 S95 矿渣和闻喜矿渣掺量越大,水泥净浆流动度越大,且上升幅度相当,而曲沃 S105 矿渣掺量为 10%时流动度增大,掺量大于 10%后,随着掺量的增加,水泥净浆流动度变小。从表 2 可以看出,曲沃 S95 矿渣和闻喜矿渣流动度比小于 100,所以随着掺量的增加,水泥净浆流动度增大,而曲沃 S105 矿渣粉流动度比大于 100,所以随着掺量的增加,水泥净浆流动度降低。

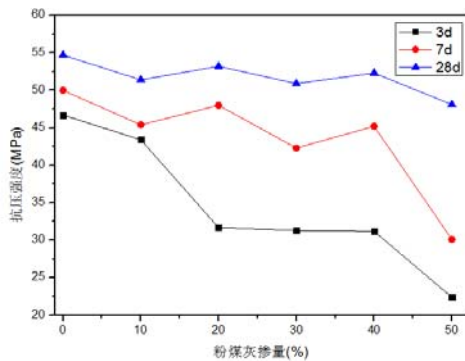
3.3 矿物掺合料对水泥净浆力学性能的影响

采用的配合比为水胶比 0.3,自制萘系减水剂掺量为 1.2% (质量分数)。矿物掺合料分别以 0%、10%、20%、30%、40%、50%的掺量替代水泥。

3.3.1 朔州粉煤灰



a 抗折强度

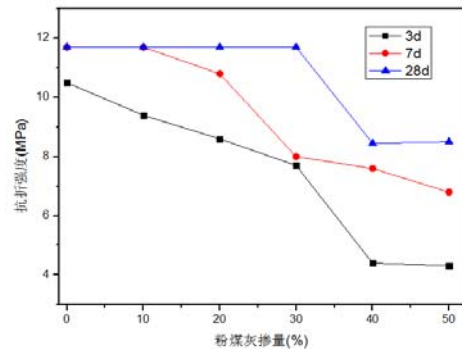


b 抗压强度

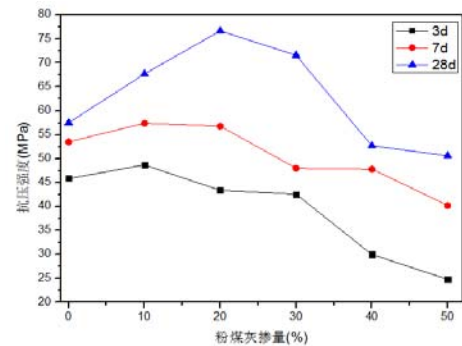
图2 不同掺量朔州粉煤灰对水泥净浆各龄期抗折抗压强度的影响
从图中可以看出朔州粉煤灰掺量越大,各龄期净浆

抗折、抗压强度均呈下降趋势,这是因为粉煤灰在28天前火山灰效应未得到充分发挥。在掺粉煤灰的试样中,掺量为20%的7d、28d抗压强度最大。

3.3.2 离石粉煤灰



a 抗折强度

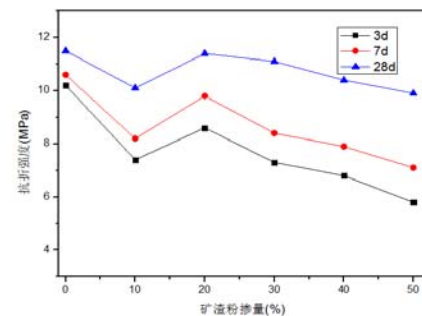


b 抗压强度

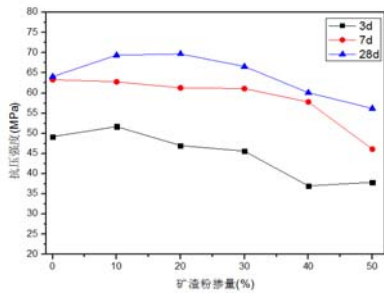
图3 不同掺量离石粉煤灰对水泥净浆各龄期抗折抗压强度的影响

由粉煤灰的活性指数可以知道,离石粉煤灰的活性指数大,因而反应活性大。图中离石粉煤灰在掺量小于30%时,7d、28d的抗压强度大于不掺粉煤灰的情况。掺量较大时,由于水泥的量少,其水化产物Ca(OH)₂的量也少,矿渣火山灰效应也会降低,故而强度会有所下降。抗折强度随掺量的增大而下降。

3.3.3 曲沃 S95 矿渣粉



a 抗折强度

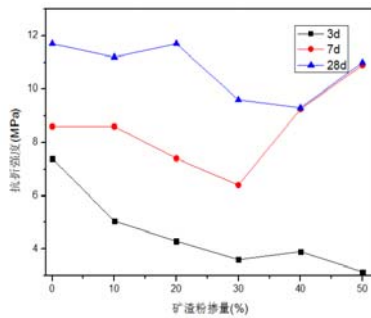


b 抗压强度

图4 不同掺量曲沃S95矿渣粉对水泥净浆各龄期抗折抗压强度的影响

曲沃 S95 矿渣的活性指数也较高,其掺量小于 30% 的抗压强度比不掺矿渣的情况高。掺量较大强度有所下降。抗折强度呈下降趋势。

3.3.4 闻喜矿渣粉



a 抗折强度

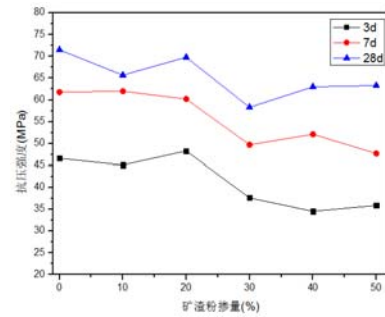
表 3 粉煤灰、矿渣粉矿物掺合料在高性能混凝土中应用技术条件

高性能混凝土强度等级	矿物掺合料总掺量	矿物掺合料技术指标
低强 (<C30)	40%~50%	二级粉煤灰、S95 矿渣粉
普通 (≧C30, <C50)	20%~40%	一级粉煤灰、也可选用二级粉煤灰,但二级粉煤灰需水量、细度、烧失量三项技术指标中应只有一项达不到一级指标要求。S105 矿渣粉,也可选用 S95 矿渣粉,但 S95 矿渣粉需水量、细度、烧失量三项技术指标中应只有一项达不到一级指标要求。
高强 (≧C50)	10%~20%	一级粉煤灰、S105 矿渣粉

4 工程应用

4.1 工程应用背景

闻合高速公路是运城闻喜至陕西合阳的一条高速公路,是运城市乃至山西省又一条出境通道。工程总投资 34.33 亿元,全长 75.98 公里。闻合高速公路全程采用 4 车道高速公路建设标准,设计时速 100 公里/小时,路基宽度 26 米。其中,LA6 合同段是全线的控制性工程,路基全长 3.25 公里,路面全长 17.416 公里。山西路桥第二工程有限公司将研究过的粉煤灰和矿渣双掺



b 抗压强度

图5 不同掺量闻喜矿渣粉对水泥净浆各龄期抗折抗压强度的影响
闻喜矿渣的活性指数一般,在掺量小于20%时,3d、7d、28d的抗压强度,基本与不掺矿渣的情况相当。掺量较大时,抗压、抗折强度呈下降趋势。

3.4 山西地区矿物掺合料在高性能混凝土中应用技术条件

大掺量粉煤灰、矿渣粉矿物掺合料在高性能混凝土中应用掺量与技术条件应从其对高性能混凝土的工作性能(防止泌水、增强保水性和匀质性等)、强度、耐久性(减少早期收缩开裂、降低水化热等)、经济性等方面的考虑。因此,基于对山西地区典型粉煤灰、矿渣粉的技术特性分析,建议山西地区粉煤灰、矿渣粉矿物掺合料复掺在高性能混凝土中应满足下列应用技术条件,见表 3。

技术应用于该段的 C55 高性能混凝土中。

4.2 配合比优化设计

高性能混凝土的制备关键在于配合比的设计,须要综合考虑抗压强度、工作性、耐久性等指标。粉煤灰选用离石粉煤灰,矿渣粉选用曲沃县旭东建材有限公司 S95 级。本项目在优选原材料的基础上对不同水胶比,粉煤灰和矿渣粉掺量为 28% 时的高性能混凝土配合比进行了设计,并经试配调整,,确定 C55 高性能混凝土最优配合比为:水泥:砂:碎石:矿渣粉:粉煤灰:水:

减水剂=383 : 666 : 1087 : 106 : 43 : 165 : 6.92 (kg/m³), 所得试验结果表 4。

表 4 C55 粉煤灰、矿渣粉双掺混凝土的基本性能

水胶比	坍落度 mm	表观密度 kg/m ³	抗压强度 (MPa)	
			7d	28d
0.31	150	2470	57.5	68.3

配制的粉煤灰、矿渣粉双掺混凝土工作性、物理力学性能完全满足混凝土工程设计要求,并在工程中成功应用。

5 结论

(1) 山西地区粉煤灰属低钙粉煤灰,总体品质不高,需水量比较大,但烧失量较低,活性指数较高。

(2) 矿渣粉的品质相对较好,需水量比较小,且

活性指数较高。不同厂家的粉煤灰、矿渣粉性能略有差异。

(3) 通过合理的混凝土配合比设计,配制出性能良好的 C55 粉煤灰、矿渣粉双掺混凝土,并在高速公路工程中成功应用。

参考文献:

- [1] 蒋正武,孙振平,王培铭.高性能混凝土自身相对湿度变化的研究.[J] 硅酸盐学报, 2003.8, 31(8): 770-773;
- [2] 孙振平,蒋正武.矿渣粉大量替代水泥对高效减水剂的影响.[J] 建筑材料学报, 2003.9, (3): 231-236;
- [3] 杨华全,董维佳,王仲华.掺矿渣粉及粉煤灰混凝土微观性能试验研究.[J].长江科学院报.2005, 22(1): 46-49.

信息速读:

巴西混凝土外加剂发展逢良机

受城镇化进程提速、大型比赛场馆集中建设刺激,巴西混凝土外加剂市场最近几年一直保持增长态势。美国咨询公司弗若斯特沙利文刚刚发表的研究报告指出,2011 年巴西混凝土外加剂市场收入达 3.674 亿美元,预计未来几年市场收入将以 9.2%的复合年增长率提升,2016 年达到 5.693 亿美元。

在巴西市场上,塑化和超增塑性混凝土外加剂最具代表性,独占了 63.5%的市场总量和 69.3%的销售收入;缓凝混凝土外加剂次之,加速混凝土外加剂位居第三,二者分别占市场总量的 15.6%和 10.5%;其他混凝土外加剂包括引气剂、防水剂和缓蚀剂,占巴西混凝土外加剂市场总量的 10.4%。

弗若斯特沙利文认为,未来巴西的混凝土外加剂市场的主要推动力有以下几个方面:

首先,建筑业的兴旺发展将驱动所有混凝土外加剂的需求增长。2014 年 FIFA 世界杯、2016 年奥运会、政府的建屋项目以及基建项目的强劲需求都预示了混凝土外加剂市场的高复合年均增长率。预计巴西将投入 25 亿美元以确保世界杯配套基础设施的建设,同时约有 3.1 亿美元将投资于新的体育场馆和酒店的建设及整修。除了这些直接投资,比赛将带来额外的 70.5 亿美元的直接和间接收入,提振巴西建筑业。

预计到 2014 年,政府将投资 70 亿雷亚尔建设 200 万所新房。巴西目前的城市化率约为 82%,预计 2050 年将增加至 93%,届时对住房建设和对建筑材料的需求巨大。此外,在大城市中,交通拥堵十分严重,使用缓凝混凝土外加剂来避免运输途中混凝土发生凝固很必要。

其次,混凝土外加剂越来越被广大消费者所接受。巴西人已经逐渐意识到,正确使用混凝土外加剂可以提高生产效率,改善建筑物质量。再次,科技和产品创新增大了混凝土外加剂的使用量。例如,传统上被用作减水剂的木质素磺酸盐,正慢慢被聚羧酸类化合物所取代。

不过,巴西混凝土外加剂市场也面临一些挑战:第一,生产总成本日益增长,并且由于全球市场竞争激烈,生产商无法将其转移到价格上。最大的压力在于日益增加的劳动力成本。第二,在混凝土中添加外加剂,需要特殊的工序和流程以确定其用量。随机或者低效的使用混凝土外加剂,有可能导致产品出现问题,混凝土外加剂的使用可能因此受到负面影响。第三,人们越来越注重环境保护,同时水泥产品短缺,工业灰渣等混凝土替代品不断涌现,将使混凝土使用量减少,从而降低混凝土外加剂的需求。此外,巴西当地货币的升值减少了行业的出口机会并且增强了进口竞争。从 2003 年至今,里亚尔升值超过 100%。

混凝土外加剂可以用在不同的混凝土中,例如预拌混凝土、预制混凝土、预应力混凝土和自密实混凝土。外加剂能大大提高混凝土强度、耐久性和耐化学品的能力,还有助于减少劳动力和原材料成本。巴西混凝土外加剂市场的化学品制造商有巴斯夫、Otto Baumgart、W.R.Grace 有限公司、西卡公司、Rheoset 和 MC Bauchemie 等。有些公司与预拌混凝土厂商紧密合作,直接为客户提供产品,而其他公司更集中地使用零售商店的分销渠道。潜在的混凝土外加剂用户主要有:预拌混凝土生产商、预制混凝土制造商以及自己生产混凝土的民用建筑代理商。

浅析水泥的物理性能对混凝土的影响

李 勇, 杜建军, 韩汝理

(枣庄市建筑材料科学研究所, 山东 枣庄 277101)

摘 要: 本文主要分析了水泥的物理性能可能对混凝土早期硬化过程所带来的一些影响, 旨在使水泥和混凝土生产者重新对各自的产品有一个关联性认识, 并希望从对方的优势出发, 能采取积极措施来消除这些影响, 使水泥在作为混凝土主要组份中能更加发挥作用, 并在解决相关混凝土缺陷的问题上有所突破。

关键词: 水泥; 混凝土; 性能; 影响

The analysis of influence of physical properties of cement to concrete

LI Yong, DU Jianjun, HAN Ruli

(Zaozhuang City Building Material Science Research Institute Shandong Zaozhuang 277101)

Abstract: This paper mainly analysis the probable influence of physical properties of cement to the early hardening process of concrete, designed to let the producer of cement and concrete making an association between awareness to their products again, and hope they take positive measures to eliminate these effects from the other side of the base of the advantage, letting the cement play a greater role as the main component of concrete, and take a breakthrough on solving the problem of related concrete defect.

Key Words: Cement; Concrete; Performance; Influence

1 前言

通常所说的混凝土大都是指由水泥、水、砂、石子以及必要时掺入的化学外加剂和矿物掺合料,按一定的比例配合,通过搅拌过程成为塑性或流动性状态的拌合物。而拌合物在一定的条件下,随着时间的增长逐渐硬化成具有强度和其它性能的人造石材,称作硬化混凝土。而在此中起决定性硬化和凝结作用的水硬性材料,便是水泥。因此,混凝土质量的优劣在一定程度上同水泥有着千丝万缕的联系。下面主要对水泥的一些物理性能对混凝土的影响谈些理解。

水泥的主要物理性能包括:密度、细度、需水量、凝结时间、安定性、强度、水化热和硬化时的体积变化。

2 水泥的密度对混凝土的影响

普通硅酸盐水泥的容重一般分为疏松容重和紧密容重。疏松容重一般在(1000~1300) kg/m³之间;紧密容重为(1500~2000) kg/m³,表观密度一般为(3000~3150) kg/m³,在进行混凝土配合比设计时,采用体积法计算时,水泥的表观密度值是水泥体积量的一个重要参数,其高低偏差可达10L左右,几乎达到不加入引气剂时混凝土本身含气量的体积,可造成在浇筑时的实际混凝土用量的差异,引起供需双方的争议或在计量时产生误差。

3 水泥的细度对混凝土的影响

作者简介:李勇,山东省枣庄市振兴南路79号

邮 编:277101

邮 箱:13062098838@163.com

水泥细度是表示水泥磨细的程度和水泥分散度的指标。测定水泥细度的方法目前有：筛分法、测定比表面积法。水泥的细度对混凝土的拌合物性能有着较大影响：(1) 水泥细，意味着在混凝土中水泥的表面积大，需要的水量也较多，对配制低水胶比的混凝土来说，由于用水量的增加，其水泥量也同样需要增加，相同的外加剂减水率小，达不到低水胶比的要求，增加经济成本；(2) 过细的水泥，容易产生塑性收缩裂缝。由于用水量的增加，制备施工性能相同的混凝土，需要采用更大的水灰比（水胶比），将导致骨料体积含量的降低，另一方面，水胶比不变时，细度大的水泥水化度也大，水化相 C-S-H 增多，未水化的胶凝材料对水化相的收缩约束力减小，而水化相的孔隙分别也进一步细化，失水时体积变形更大，呈现出增大收缩的趋势。一旦产生应力集中，即小裂缝，便会在塑性阶段延长并加深，对混凝土的表观质量和耐久性能产生不利影响；(3) 水泥细度过细，其水化反应加快，水泥的水化热的峰值来的较早，在内外温差过大的情况下，使大体积混凝土中的热量难以散发，混凝土的早期强度不足以抵抗较大的温差变形，导致混凝土结构的开裂。

4 需水量（标准稠度用水量）对混凝土的影响

水泥的需水量是水泥为获得一定稠度时的用水量，即水泥浆达到国家标准规定的标准稠度时的所需拌合水量。由于水泥内加水的多少，对水泥的若干性能影响较大，而混凝土是以水泥为主要胶凝材料的人造石材。因此，用水量的多少，在一定程度上也对混凝土拌合物的状态产生影响。1、在达到相同坍落度时，需水量低的水泥，所需的拌合水相应较少，在相同水胶比的前提下，便能够降低水泥用量，可减小水化热带来的不利因素，节约成本；2、需水量低的水泥在一定程度上减少坍落度的损失，笔者在这一方面做过一些试验，分别使用标准稠度用水量的水泥，强度等级 P·O42.5 普通硅酸盐水泥 A P=25% B P=27% C P=29% 其 30min, 60min 坍落度变化如图 1

在掺加相同高效减水剂的条件下(排除混合材料对坍损的影响)需水量低的 A 水泥坍落度的损失要比 B、C 水泥要低。而影响需水量的主要因素有：(1) 水泥的

细度。水泥越细，则包裹水泥表面的水较多，因而需水量大；(2) 水泥的矿物组成，如铝酸三钙的需水量大，硅酸二钙的需水量最小。

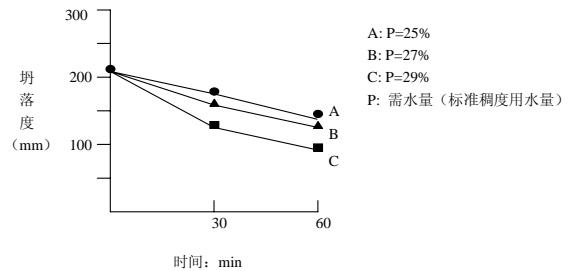


图 1

5 安定性对混凝土的影响

安定性是指水泥在硬化过程中体积变化是否均匀的性质，是评定水泥质量的一个重要指标。安定性不合格的水泥是不允许出厂和使用。混凝土对水泥的基本要求是它一旦发生凝结，它的体积不能发生很大变化，特别是不能有明显的膨胀，因为这种膨胀在约束条件下，会造成硬化后混凝土的开裂，严重影响混凝土结构的安全性能和使用性能(附图片)。而安定性不合格的水泥，有很大的比例可以发生上述的危害。另外，安定性不合格的水泥，也可以造成混凝土在终凝后的一段时间，由于混凝土的膨胀破坏导致强度极低，浇筑后的混凝土出现脱落、起砂、裂缝等表现。因此，一旦使用了安定性不良水泥的混凝土，发现后应及时予以鉴定、清除，返工，以免造成更大的损失。



6 凝结时间对混凝土的影响

水泥加水拌合后，会逐渐失去其流动性，由流体状态转变成固体状态，这一过程称为水泥的凝结，而这一过程所用的时间即凝结时间。水泥的凝结时间与其说对

混凝土的影响,不如说是对施工和运输的影响,特别是对施工来说有重大的意义。水泥的初凝不宜过快,否则在浇筑混凝土时容易造成施工和振捣困难,产生混凝土表面缺陷,影响混凝土的耐久性能,水泥的终凝时间也不宜过迟,过缓的终凝时间,造成混凝土的早期强度在要求的条件下,达不到应有的强度,造成拖延施工工期,形成人力、物力的浪费,在这里要重点说明的是,混凝土的凝结时间和混凝土的强度,即凝结硬化速度,也就是强度的增长是完全独立的。例如:尽管使用普通和快硬水泥的混凝土以不同的速度硬化,但水泥规定的凝结时间在标准中没有什么差别。所以调节混凝土的凝结时间,应以调凝剂为主,而不应该采用早强类水泥(快硬类水泥除外)。

7 水泥的强度同混凝土的关系

强度是确定水泥等级的主要指标,也是混凝土选用水泥的主要依据,水泥的强度同混凝土之间的关系是密不可分的。检测水泥强度实验方法(强度法)的本身就说明了一切。如图2就是水泥胶砂强度和混凝土强度间的关系。

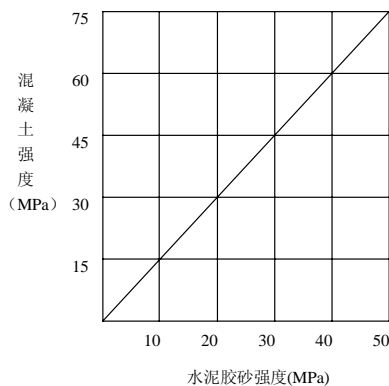


图2

由图2可以看出,随着胶砂强度的增加,相同水胶比的混凝土强度也相应增加,两者呈现线性关系。因此配置强度高的混凝土宜选用强度等级高的水泥。但是随着现代混凝土技术的发展,特别是化学外加剂的使用,低水胶比混凝土强度已大大超过水泥胶砂的强度,C100、C150混凝土的使用已经屡见不鲜。因此,应用现代混凝土的技术理论,使用第七、第八组份,利用低强度等级的水泥,配制高强、高性能混凝土,是时代发

展的趋势。

8 水化热对混凝土的影响

水泥发生水化作用时放出的热量称为水化热。水化热主要是在水泥硬化初期放出,以后逐渐减小。水化热大的水泥,能加速凝结硬化过程,在其混凝土的内部可以积蓄热量,造成混凝土内部温度上升过高,而混凝土对热的传导性较低,类似于热绝缘体,致使混凝土产生温差应力造成开裂或破坏。但是对于冬季施工的混凝土,水泥的水化热可以减缓部分温度降低的速度(前提一定是达到冬季施工混凝土的最低入模温度,并且采用相应的保温措施),因而有利于水泥混凝土的硬化。对于大体积混凝土,为了避免因水化热造成混凝土的缺陷(包括表面),了解使用中的水泥水化热量值或采取低热水泥及掺合料等措施,通过控制混凝土的出机温度和浇筑温度,加强养护,降低内外温度差,是完全可以降低水化热导致混凝土的缺陷。

9 水泥硬化时体积变化对混凝土的影响

普通水泥在空气中硬化时会产生体积收缩,即通常所说的干缩湿胀,也就是说,在水泥的水化过程中水泥浆的体积并不是一成不变。水泥浆体的水化硬化过程足以代表混凝土的水化硬化过程中体积变化。1、流动阶段:在混凝土的初期拌合物时,是为了满足混凝土的输送和浇筑的需要,由于混凝土有流动性,没有约束的存在,水泥浆体的体积变化不会对混凝土的体积产生影响。2、塑性阶段:混凝土拌合物在流动性逐渐降低时,进入塑性阶段,这一阶段水泥浆体基本丧失流动性,强度较低,几近于没有,因此,在产生约束的条件下,水泥水化引起的体积变形极容易引起混凝土初期的塑性收缩裂缝,特别是当裂缝长、宽较大时,将会永久的留在混凝土的表面上。但是在一些养护及施工措施的满足下,例如,采用二次抹压技术,封闭由于塑性阶段产生的裂缝,对已形成的裂缝有一定的修补作用。3、在硬化阶段,水泥浆完全失去流动性,混凝土已产生早期强度,此时水泥浆体的收缩必然在混凝土中产生拉应力,当混凝土中水泥的抵抗能力大于拉应力时,混凝土不会产生开裂,反之亦然。因此,无论是混凝土在何阶段,

加强养护,特别是湿养护,可以避免因水泥浆的体积收缩而引起硬化过程中混凝土的开裂问题。

10 水泥的温度对新拌混凝土的影响

通常所说的新鲜水泥,大都是指刚出厂并带有较高温度的水泥,这一类水泥由于水泥所特有的生产工艺,加上在仓中存放的时间短,才导致自身具有较高的温度。现在的商品混凝土公司,由于在水泥料仓的储备量上较低,在大批量生产时,常需要使用新鲜水泥,这就容易造成混凝土拌合物的以下缺陷:1、坍落度损失快:新鲜水泥自身温度较高,常在75~90之间,在加入拌合水及化学外加剂后,温度高的水泥较早的增大水化反应程度,使化学外加剂的吸附层厚度变小,水泥颗粒间的空间斥力降低,从而减小混凝土拌合物的流动性,造成坍落度损失过大。水泥的温度愈高,这种现象愈发明显,带来的假象就是外加剂同水泥的适应性变差。2、增大混凝土塑性阶段产生裂缝的几率:在春、夏两季,由于温度高,风力大,混凝土在塑性阶段极易形成表面失水,而过高温度的水泥将使混凝土的整体温度升高,拌合物凝结时间变短,表面更容易产生硬壳现象。由于内外的约束张力不同,使混凝土早期在表面产生拉应

力,造成混凝土表面裂缝的产生。因此,通过水泥生产方和水泥使用方共同控制,对于大于60的水泥不出厂、不使用,避免因水泥温度高而带来的危害。

11 结束语

综上所述,水泥的物理性能对混凝土的性能产生的影响是不容小看的,大可以引起混凝土从表观到耐久性能的完全丧失,并可能产生非结构性开裂。从混凝土的要求来选择水泥,水泥的物理性能一定是首先要考虑的因素:一是强度,二是用水量,三是水泥同外加剂的适应性。因此,生产什么样的水泥,对混凝土有好的作用,包括结构安全性,耐久和长期性问题,是现今水泥生产企业一定要考虑的问题。现在,为了提升水泥企业的终极利润,许多水泥企业加入到混凝土的生产空间,在此条件下,水泥所带来对混凝土的影响,是摆在每个水泥质量控制人员面前的现实,解决好这些问题,笔者认为应该从水泥的细度、矿物组成和混合材的品种入手,把水泥同混凝土作为上下游,密不可分的关联产品。在推进混凝土的技术进步的同时,加快水泥适应混凝土在长期性、环保性的要求,为可持续性循环利用的发展而努力。以上观点,望同仁给予指正。

信息速读:

国电工成功签约泰国垃圾焚烧和水泥窑余热电站项目 EPC 合同

日前,中国电工成功签署了泰国 TPI PP 60MW 垃圾焚烧和 30MW 水泥窑余热电站项目 EPC 总承包合同,合同金额为 1.02 亿美元,项目业主为泰国 TPI PL 公司。

据悉,该项目位于泰国首都东北 160 公里的 Saraburi 府 TPI PL 水泥厂内,主要由分捡垃圾(Refused-Derived Fuel,简称 RDF)焚烧发电和水泥窑余热(WHR)发电两部分组成:垃圾焚烧发电配置 2 台 130t/h 循环流化床锅炉和 1 台 60MW 汽轮发电机,水泥窑余热发电配置 2 台余热锅炉和 1 台 30MW 汽轮发电机。据介绍,该项目将减少当地垃圾填埋占用土地,实现垃圾燃烧灰渣在水泥生产中综合利用,充分回收利用水泥生产工艺中产生的废热,对泰国当地的节能环保产生深远的意义,同时也将给业主 TPI PL 公司创造可观的经济价值和社会价值。

据了解,该项目为世界上首座垃圾焚烧与水泥窑余热相结合的节能环保发电站,是单机出力最大的垃圾焚烧电站和水泥窑余热电站,也是中国电工在垃圾焚烧和水泥窑余热发电领域的第一个 EPC 项目,也为中国电工进一步开拓泰国市场奠定了良好的基础。该项目在技术上将实现多个突破:首台 130t/h 燃烧分拣垃圾和废旧轮胎的循环流化床锅炉;首次将垃圾焚烧锅炉和水泥窑余热锅炉的系统结合,实现单条 10000t/d 水泥窑的余热发电出力达到 30MW。

泰国 TPI PP 60MW 垃圾电站和 30MW 水泥窑余热发电项目合同的成功签约,是中国电工滚动开发战略的又一成功典范,也是中国电工与 TPI PL 公司互信互利、深入合作的证明。中国电工负责人表示,一定会秉承“做一个项目,树一座丰碑”的理念,以优异的工程质量和服务,顺利完成该项目。

影响水泥与混凝土外加剂适应性的因素浅析

常建民

(内蒙古 015000)

摘要:本文分析了影响水泥与混凝土外加剂适应性的因素,并提出了提高其适应性的方法。

关键词:外加剂; 适应性; 熟料; 温度

The analysis of the factors which influence the admixture adaptability of cement and concrete

CHANG Jianmin

(Inner Mongolia 015000)

Abstract :This paper analysis the factors which influence the admixture adaptability of cement and concrete ,and put forward the methods of improving its adaptability.

Key Words : Admixture ; Adaptability ; Clinker ; Temperature

0 引言

随着预拌混凝土技术的发展,外加剂已成为混凝土不可缺少的重要组成部分,也有人称之为混凝土的第五组分。然而在实际应用过程中,并不是所有的水泥与外加剂都具有好的适应性,主要问题表现在:外加剂按规定的剂量掺入混凝土中,不能产生应有的作用或效果,使混凝土流动度降低或流动度经时损失加大:外加剂掺量过多时,虽然混凝土流动性变好,但又出现离析,泌水,板结等不正常现象,不仅使混凝土均质性得不到保证,严重时还会导致硬化混凝土出现塑性收缩裂纹等工程质量问题。本文着重从水泥熟料矿物组成、烧成温度和冷却制度,混合材种类和品质,水泥中碱含量、石膏的种类和存在形式,水泥比表面积和颗粒分布,水泥新鲜度、温度等方面对水泥与减水剂间适应性问题进行浅析,并提出改善水泥与外加剂间适应性的一些方法。

1 水泥熟料矿物组成及工艺制度的影响

1.1 熟料四种主要矿物含量的影响

水泥熟料中四种矿物对减水剂吸附量由大到小的顺序为 $C_3A > C_4AF > C_3S > C_2S$ 。尤其 C_3A 的吸附量远远大于其他三种熟料矿物。这是因为减水剂主要吸附在水化产物上,吸附量与其水化产物的数量和表面性质有关,凡水化快,水化产物比表面积大的熟料矿物,吸附

量就大,而使溶液中的减水剂大大减少。 C_3A 的水化速度最快, C_4AF , C_3S 次之, C_2S 最慢, C_3A 的水化产物比表面积大,所以含 C_3A 多的水泥,减水剂的适应性差。

1.2 熟料烧成温度的影响

高温烧成的熟料与低温烧成的熟料表现出的性能不同,高温快烧的熟料,硅酸盐矿物固熔物较多,这增加了硅酸盐矿物的含量及性能,提高了水化活性,并使 C_3A 与 C_4AF 含量减少。其固熔量随温度的升高及烧成速度的加快而增大,故高温快烧的熟料, A 矿发育良好,尺寸适中,边棱清晰,水泥强度较高,与外加剂适应性好。低温锻烧慢冷的熟料,硅酸盐矿物活性较差,水泥强度较低,并且由于 C_3S 固熔 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 减少,熟料矿物中析晶出来 C_3A 与 C_4AF 较多,水泥标准稠度用水量,与外加剂适应性差。

1.3 冷却制度的影响

熟料在较高温度范围(1450 ~ 1200)的快速冷却,有利于 A 矿保持良好的晶型,减少 C_2S 粉化,硅酸盐矿物活性较高;溶剂矿物多以玻璃体存在,减少了 C_3A 与 C_4AF 的析晶,因而对于快冷熟料,即使 C_3A 与 C_4AF 计算含量较高,但由于大部分以玻璃体存在,所磨制的水泥仍与外加剂适应性好,凝结时间正常,水泥强度较高。慢速冷却时,熟料中 C_2S 转变为 C_3S ,矿物活性降低, C_3A 与 C_4AF 大量析晶,水泥与外加剂适应性差。

2 混合材种类和品质的影响

混合材的种类,掺量及其细度等对减水剂的适应性有影响。作为水泥混合材的吸附量由大到小,一般为煤矸石>粉煤灰>矿渣。掺矿渣的水泥适应性优于掺煤矸石的。一般来说火山灰质混合材具有较大的内比表面积,故吸附量大。不同品质的粉煤灰适应性差异很大。优质的粉煤灰、超细粉煤灰中含有球状玻璃体,对减水剂的吸附量小,适应性好;粗粉煤灰、含碳量大,吸附量大,适应性差。

矿粉由于具有“微填充效应”,可以填充水泥颗粒间的空隙,使水泥颗粒间水分得到释放,提高了混凝土的流动性。当粉煤灰和矿粉以一定比例掺加到混凝土中时,二者的作用可互相促进,其与外加剂的适应性最好。

3 水泥中碱含量的影响

水泥的碱含量主要是指水泥中 Na_2O 和 K_2O 的含量。它主要来源于生产所用的原材料。碱含量对水泥与减水剂的适应性会产生很大的影响。碱的存在使水泥标准稠度用水量增大,使水泥水化速度加快,减水剂的塑化效果变差,含碱量高,水泥与减水剂的适应性就差,还将导致混凝土的坍落度经时损失增大。目前国内最普遍使用的是萘系高效减水剂,而碱含量是控制萘系减水剂与水泥适应性良好的关键因素之一;

4 作为水泥调凝剂,石膏品种和掺加量的影响

4.1 石膏的种类

石膏的种类对其与减水剂适应性的影响也很大,因为不同种类石膏的溶解速度和溶解度差别较大,他们对水泥的缓凝作用不同,而对水泥与减水剂适应性影响也不同。天然二水石膏与高效减水剂适应性好,硬石膏有不利的影响,应限制。工业副产品石膏中的某些微量成分可能使水泥与高效减水剂的适应性变差。

4.2 水泥中 SO_3 含量及石膏的形态

水泥中 SO_3 含量及石膏的形态影响与外加剂的适应性。在水泥凝结时间可以接受的范围内,适当提高水泥中 SO_3 含量有利于改善水泥与高效减水剂的适应性,适宜的石膏掺入量应根据水泥中 C_3A 、碱含量和水泥比表面积来确定。

5 水泥比表面积和颗粒分布的影响

水泥颗粒对减水剂分子的吸附与水泥的比表面积有关,在掺加减水剂的水泥浆体中,水泥颗粒越细,意

味着其比表面积越大,减水剂在相同掺量情况下,对于细度大的水泥,其塑化效果要差一些;同时,比表面积越高时,水泥与水接触的面积越大,水泥颗粒表面形成水膜所需水量就大,相同水灰比条件下,颗粒之间的自由水相应减少,水泥浆体流动性变差,水泥与减水剂适应性不好;另外,水泥比表面积越大,意味着水泥细颗粒多。水泥与水早期反应速度加快,水化产物絮状结构形成快,水泥浆体流动性差,水泥与减水剂适应性差。

水泥的颗粒分布对水泥与减水剂的适应性影响包括两方面。一方面,水泥均匀性系数大时,颗粒分布范围窄,其堆积空隙率大,需要更多水来填充这些空隙,自由水相应减少,外加剂掺量大,水泥与外加剂适应性差。均匀性系数小时,情况正好相反。另一方面,水泥颗粒平均粒径小时,水泥中细粉较多,比表面积较大;水泥与外加剂适应性不好。

6 水泥新鲜度的影响

水泥的新鲜度是一个与水泥储存时间、环境的温度、湿度有关的概念。储存时间长、储存环境的温度、湿度高,水泥与高效减水剂的适应性提高。这是因为新鲜水泥干燥度高,正电性较强,对减水剂吸附大,降低了减水剂对其的塑化效果,使水泥浆体流动性大大降低。这一点对配制高强度等级混凝土尤其明显。

7 水泥温度的影响

水泥粉磨温度高,二水石膏脱水成半水石膏和硬石膏,而半水石膏和硬石膏较二水石膏溶解度下降,不能有效阻止水泥快速水化生成絮凝结构,减水剂对其的塑化作用差,混凝土坍落度损失也快,水泥与高效减水剂适应性差。控制粉磨温度为 $110\sim 120^\circ\text{C}$ 为宜;出厂水泥温度高,水泥水化反应速度快,水泥与减水剂适应性差。

8 结论

预拌混凝土工艺有其特殊的技术要求,因此须采取以下方法提高水泥与混凝土外加剂的适应性。

- (1) 合理选择熟料矿物组成。提高烧成温度和速度,熟料采用急冷;
- (2) 选择品质好的水泥混合材和石膏;
- (3) 在满足早期强度要求下,降低水泥比表面积,选择合理的颗粒分布;
- (4) 降低水泥碱含量;
- (5) 延长水泥储存时间,降低水泥新鲜度;
- (6) 降低水泥粉磨和出厂(使用)时的温度。

混凝土应用聚羧酸减水剂时滞后泌水问题的解决办法研究

逢鲁峰^{1,2}, 王兴昌^{1,2}, 林荣峰^{1,2}, 黄 恺², 李宁宁¹

(1.山东华迪建筑科技有限公司, 山东 济南 264200; 2.山东建筑大学, 山东 济南 250101)

摘 要:现在聚羧酸减水剂得到了越来越广泛的应用,但是其缓释功能会造成混凝土的泌水离析,影响泵送、施工以及拆模后混凝土的外观、强度和耐久性。本文结合实际工程,从商品混凝土、施工和外加剂各个方面对这个问题作了详细的分析,总结了一套行之有效的解决办法。

关键词:聚羧酸减水剂; 滞后泌水问题; 解决办法; 外加剂

The research of the solution of concrete delayed bleeding problem when applying poly carboxylic acid water reducing agent

PANG Lufeng^{1,2}, WANG Xingchang^{1,2}, LIN Rongfeng^{1,2}, HUANG Kai², LI Ningning¹

(1.Shandong construction science and technology limited company Shandong Ji'nan 264200;

2.Shandong Jianzhu University Shandong Ji'nan 250101)

Abstract: Nowadays, Poly carboxylic acid water reducing agent get more and more extensive application, but its slow release function will cause the bleeding segregation of concrete, influencing pumping, construction and the appearance, strength and durability of after stripping concrete. Combined with practical engineering, this paper make a detailed analysis on this problem from various aspects as commodity concrete, construction and admixture, and summary a set of effective solutions

Key Words: Poly carboxylic acid water reducing agent; Delayed bleeding problem; Solution; Admixture

1 前言

随着社会的发展,作为第三代高性能减水剂的聚羧酸减水剂,正在受到越来越广泛的应用。聚羧酸减水剂具有高减水率及保塑性能好、收缩性低等特点^[1],在提高混凝土力学性能的同时,也推动了施工技术的进步。值得注意的是聚羧酸减水剂的缓释功能,这建立在延缓C₃A对外加剂吸附的基础之上^[2],可以有效的减轻混凝土的经时损失。但是如果缓释功能过于严重的话,就会使得混凝土滞后泌水,产生离析现象,给泵送和施工带来困难;在混凝土成型拆模以后,也会影响其外观、强度和耐久性。

2 出现的问题

2.1 商品混凝土方面

混凝土在初始塌落度很小的情况下,到达工地以后泌水离析严重,难以达到泵送要求;由于罐车轮换、工人交接班、泵车场地转换等原因,泵送往往不能长时间连续进行,一旦泵送停止,混凝土就会在泵车料斗之内离析分层,再次泵送十分容易堵泵和爆管。

商品混凝土公司的生产操作人员责任心不强,不能长时间的严格控制初始塌落度,随着时间的推移,会不自觉的慢慢放大初始塌落度,导致达到工地以后,混凝土的泌水离析现象更加严重。

商品混凝土公司的实验人员在检验聚羧酸减水剂时,混凝土初始泌水,实验人员按照经验认为减水组分已经达标,只要适当降低掺量就能达到生产要求,所以

作者简介:王兴昌,山东华迪建筑科技有限公司复配实验室主任,山东建筑大学硕士

通信地址:山东省济南市济阳县青宁工业园山东华迪建筑科技有限公司,邮编:251419

邮 箱: wxchang338@163.com

就收下了。但是生产的时候才发现混凝土滞后泌水现象严重,此时所有原材料都已备齐,聚羧酸减水剂的存储罐都已被占满。现场调整外加剂不现实,重新进货没有时间,工程施工开始之后又不能停止,结果只能是商品混凝土公司通过调整原材料和配合比,尽量的减轻聚羧酸减水剂的缓释作用,提高混凝土的和易性,保证泵送和施工的正常进行。

2.2 施工方面

由于施工场地有限,部分施工部位不在泵送范围之内,只能利用塔吊。塔吊一方面施工时间较长,聚羧酸减水剂的缓释作用会有充足的时间导致混凝土的滞后泌水;另一方面卸料之后无法搅拌,放料之后的静置和塔吊期间的颠簸,都会加重混凝土的泌水离析(如图 2.1 所示)。

施工现场很多模板的搭接不符合要求,部分模板搭接不够密实,拼接之处缝隙较大,振捣混凝土的时候会加剧水泥浆体的流出。

施工过程中有的工人没有按照规定施工,在浇筑振捣剪力墙的过程中,为了自己方便而不愿挪动泵管,让泵管停在一个部位打料,靠混凝土的重力流动和捣棒的振捣来浇满模板,加剧了混凝土不均匀现象的产生,使得部分浇筑部位水泥浆体泌出严重。



图 2.1

3 解决的办法

3.1 商品混凝土方面

3.1.1 原材料方面

(1) 用石粉取代约 10-20% 的黄砂。与黄砂相比,石粉具有颗粒更细,比表面积更大的特点,会更多的吸附游离水,使得混凝土的泌水现象减轻。

(2) 合理选用粒径相对较小的石子。现场石子均为 5-25mm 连续粒级,但是由于厂家不同,石子的具体粒径大小还是有一定差别。实验人员经过比较,选用了相对较小的石子,实验分析为接近 5-20mm 连续粒级。

3.1.2 配合比方面

商品混凝土公司本着认真负责的态度,对混凝土配合比在第一时间作出了调整,以提高混凝土的和易性,特别是粘聚性和保水性,减轻聚羧酸减水剂的缓释作用所带来的不利影响。

(1) 在降低外加剂掺量的同时降低水的用量,减小混凝土出机时候的初始塌落度。众所周知,如果混凝土泌水离析,降低外加剂的掺量是最为简单有效的办法。但是如果掺量过低,混凝土的和易性又会变差,而且势必导致加入过量的拌合水降低混凝土的强度。工作人员结合实际,合理降低了外加剂的掺量和混凝土的用水量,减小了混凝土的初始塌落度。

(2) 合理增加胶凝材料的总量,提高水泥用量和粉煤灰用量,降低矿粉用量。在混凝土体系中胶凝材料具有很高的比表面积,吸附水的能力十分显著,能够大大减轻混凝土的泌水现象。矿粉颗粒内部结构致密,掺量偏多会加剧混凝土的泌水现象。

(3) 合理增加砂率。增加砂率即提高骨料当中细集料的比例,提高集料的比表面积,增加保水性,从而提高混凝土的和易性和施工性能。

3.1.3 生产方面

(1) 以混凝土配合比为基础,以不堵罐车落料口为原则,尽量减小混凝土的初始塌落度,实际控制在 160mm 左右。

(2) 合理延长混凝土的搅拌时间,在原来的基础上延长 1/3 左右。

(3) 加强生产操作人员的生产意识,同时派专员监督操作人员的生产,防止操作人员不自觉的不断放大初始塌落度,保证产品质量的稳定。

(4) 罐车达到施工现场之后,适当增加放料之前的快速搅拌时间,从 1 分钟增加到 1.5 分钟左右。

3.2 施工方面

(1) 泵车上尽可能的连接泵管,以扩大可以泵送的施工范围,尽量少的使用塔吊作业,一方面提高了工作效率,另一方面避免了塔吊作业对混凝土和易性的各种副作用。

(2) 提高模板的拼接质量,尽量减小拼接处的裂

缝,提高密封性。同时在施工过程中加大检查力度,一旦发现问题,马上采取应急措施,如用木条封堵裂缝等等,提高施工的质量。

(3) 规范施工操作,加大监理人员和技术人员的监督力度,保证工人按照相关要求施工,杜绝一切不符合标准的施工循序和方法。

3.3 外加剂方面

3.3.1 聚羧酸减水剂与萘系减水剂或者无机硫酸盐复配

聚羧酸减水剂与萘系减水剂或者无机硫酸盐按照一定比例复配之后,相比于空白聚羧酸减水剂,混凝土初始塌落度变小,5分钟以后塌落度有一定的损失;但是30分钟以后聚羧酸减水剂的缓释作用开始显现,混凝土出现泌浆泌水的情况,和空白聚羧酸减水剂的混凝土相比基本没有变化。总的说来就是萘系减水剂和无机硫酸盐延缓了聚羧酸减水剂的缓释作用,但是并没有减轻或者消除这种缓释作用。具体如表 3.1 所示。

表 3.1

减水剂种类	初始塌落度 (mm)	5min 塌落度 (mm)	30min 塌落度 (mm)	60min 塌落度 (mm)
聚羧酸减水剂	200	220, 泌浆	245, 泌浆	250, 泌浆
聚羧酸+萘系减水剂	185	170, 没有泌浆	230, 泌浆	240, 泌浆
聚羧酸+无机硫酸盐	180	210, 轻微泌浆	240, 泌浆	240, 泌浆
聚羧酸减水剂+增稠剂	160	170, 没有泌浆	210, 没有泌浆	215, 没有泌浆
最新合成聚羧酸减水剂	240	240, 没有泌浆	220, 没有泌浆	205, 没有泌浆

3.3.2 聚羧酸减水剂与增稠剂复配

聚羧酸减水剂与增稠剂按照一定的比例复配之后,与空白聚羧酸减水剂相比,混凝土初始塌落度有大幅的减小,30分钟和60分钟之后也出现较为明显的缓释作用,混凝土出现塌落度增大的情况,但是不泌浆不泌水。总得来说就是增稠剂虽然不能延缓或者减轻聚羧酸减水剂的缓释作用,但是自身的增稠功能可以阻止混凝土的泌水泌浆,能够满足施工方面的要求。具体如表 3.1 所示。

3.3.3 聚羧酸减水剂合成方面的调整

无数实验证明,想单纯依靠复配技术来解决聚羧酸减水剂的缓释问题是比较困难的,最本质的办法是从聚羧酸减水剂的分子结构入手,应用分子设计原理,通过不饱和单体合成^[3],改变分子结构,调整分子量大小等等,提高聚羧酸减水剂与水泥的适应性。

外加剂厂家提供了最新合成的聚羧酸减水剂样品,通过实验,拌制的混凝土初始状态良好,1小时之后坍落度仍保持在200mm以上,经时损失很小。中间也没有出现泌浆泌水的情况,相比于原来的聚羧酸减水剂,缓释的问题已经得到有效的解决。具体如表 3.1 所示。

4 结论

聚羧酸减水剂具有缓释现象,混凝土采用聚羧酸减水剂之后,可能会出现较为严重的滞后泌水问题,影响

泵送、施工和混凝土质量。文章首先介绍了聚羧酸减水剂缓释作用在混凝土方面和施工方面导致的各种问题,又重点讨论了不同方面的解决办法。商品混凝土公司从混凝土原材料、混凝土配合比、生产控制等方面入手;施工单位从扩大泵送范围、提高模板拼接质量、规范工人施工流程等方面入手;外加剂企业从聚羧酸减水剂的复配和合成等方面入手;这些都会延缓或者减轻聚羧酸减水剂的缓释问题,从一定程度上提高混凝土的施工质量。文章最后提出了解决问题的根本办法,就是合成新的聚羧酸减水剂,利用分子设计原理,提高聚羧酸减水剂和水泥的适应性,改善混凝土的和易性,从而满足施工要求。

参考文献:

- [1] 张波,潘荣国.复合型聚羧酸高效减水剂在客运专线高性能混凝土中的应用 陕西建筑 2010(6) 总第 180 期
- [2] 梁文泉,何真,李北星.N-2000 高效减水保塑剂抑制混凝土坍落度损失的研究 工业建筑 2001 第 31 卷第 4 期
- [3] 庄建坤,陈世民,黄仕阶.聚羧酸系 KS-JS 高性能减水剂的主要性能与萘系等高效减水剂的对比试验研究 中国混凝土技术交流会

混凝土裂缝的预防和处理

王仲秋¹, 林发荣²

(1.沈阳大千建筑工程有限公司, 沈阳 110041; 2.江苏省苏中建设集团股份有限公司, 江苏 南通 226600)

摘要: 本文对混凝土工程施工中常见的一些裂缝问题进行了探讨分析, 并针对具体情况提出了一些预防、处理措施。

关键词: 混凝土; 裂缝; 预防; 处理

The prevention and treatment of concrete crack

WANG Zhongqiu¹, LIN Farong²

(1.Shenyang Daqian Architectural Engineering Limited company Shenyang 110041;

2.Jiangsu province Su construction group Jiangsu Limited by Share Ltd Jiangsu Nantong 226600)

Abstract: This paper has carried on the discussion and analysis on some common crack problem in construction of concrete engineering, put forwards some prevention and treatment measures in the light of specific situation.

Key Words: Concrete; Crack; Prevention; Treatment

1 前言

目前,混凝土已广泛应用于各类土木建筑工程及水利建设中,但施工中混凝土的裂缝问题,常常影响到工程质量。混凝土是一种由砂石骨料、水泥、水及其他外加材料混合而形成的非均质脆性材料。由于混凝土施工和本身变形、约束等一系列问题,硬化成型的混凝土中存在着众多的微孔隙、气穴和微裂缝,正是由于这些初混凝土建筑和构件通常都是带缝工作的,由于裂缝的存在和发展通常会使内部的钢筋等材料产生腐蚀,降低钢筋混凝土材料的承载能力、耐久性及抗渗能力,影响建筑物的外观、使用寿命,甚至是结构质量。混凝土裂缝产生的原因很多,水灰比过大、混凝土成型初期其表面游离水受外界条件影响急剧蒸发、细小裂缝拆模后因日照温差及季节温差混凝土受主拉温度应力影响裂缝日趋加重等等。在实际工程中要区别对待,根据实际情况解决问题。

2 混凝土工程中的常见裂缝及预防

2.1 干缩裂缝及预防

2.1.1 干缩裂缝

干缩裂缝多出现在混凝土养护结束后的一段时间或是混凝土浇筑完毕后的一周左右。水泥浆中水分的蒸发会产生干缩,且这种收缩是不可逆的。干缩裂缝的产生主要是由于混凝土内外水分蒸发程度不同而导致变形不同的结果:混凝土受外部条件的影响,表面水分损失过快,变形较大,内部湿度变化较小变形较小,较大的表面干缩变形受到混凝土内部约束,产生较大拉应力而产生裂缝。相对湿度越低,水泥浆体干缩越大,干缩裂缝越易产生。干缩裂缝多为表面性的平行线状或网状浅细裂缝,宽度多在0.05~0.2mm之间,大体积混凝土中平面部位多见,较薄的梁板中多沿其短向分布。干缩裂缝通常会影响到混凝土的抗渗性,引起钢筋的锈蚀影响混凝土的耐久性,在水压力的作用下会产生水力劈裂影响混凝土的承载力等等。混凝土干缩主要和混凝土的水灰比、水泥的成分、水泥的用量、集料的性质和用量、外加剂的用量等有关。

2.1.2 主要预防措施

(1) 选用收缩量较小的水泥,一般采用中低热水泥和粉煤灰水泥,降低水泥的用量。

(2) 混凝土的干缩受水灰比的影响较大,水灰比越大,干缩越大,因此在混凝土配合比设计中应尽量控制好水灰比的选用,同时掺加合适的减水剂。

(3) 严格控制混凝土搅拌和施工中的配合比,混凝土的用水量绝对不能大于配合比设计所给定的用水量。

(4) 加强混凝土的早期养护,并适当延长混凝土的养护时间。冬季施工时要适当延长混凝土保温覆盖时间,并涂刷养护剂养护。

(5) 在混凝土结构中设置合适的收缩缝。

2.2 塑性收缩裂缝及预防

2.2.1 塑性收缩

塑性收缩是指混凝土在凝结之前,表面因失水较快而产生的收缩。塑性收缩裂缝一般在干热或大风天气出现,裂缝多呈中间宽、两端细且长短不一,互不连贯状态。较短的裂缝一般长20~30cm,较长的裂缝可达2~3m,宽1~5mm。其产生的主要原因为:混凝土在终凝前几乎没有强度或强度很小,或者混凝土刚刚终凝而强度很小时,受高温或较大风力的影响,混凝土表面失水过快,造成毛细管中产生较大的负压而使混凝土体积急剧收缩,而此时混凝土的强度又无法抵抗其本身收缩,因此产生龟裂。影响混凝土塑性收缩开裂的主要因素有水灰比、混凝土的凝结时间、环境温度、风速、相对湿度等等。

2.2.2 主要预防措施

(1) 是选用干缩值较小早期强度较高的硅酸盐或普通硅酸盐水泥。

(2) 严格控制水灰比,掺加高效减水剂来增加混凝土的坍落度和和易性,减少水泥及水的用量。

(3) 浇筑混凝土之前,将基层和模板浇水均匀湿润。四是及时覆盖塑料薄膜或者潮湿的草垫、麻片等,保持混凝土终凝前表面湿润,或者在混凝土表面喷洒养护剂等进行养护。五是在高温和大风天气要设置遮阳和挡风设施,及时养护。

2.3 沉陷裂缝及预防

2.3.1 沉陷裂缝

沉陷裂缝的产生是由于结构地基土质不匀、松软,或回填土不实或浸水而造成不均匀沉降所致;或者因为

模板刚度不足,模板支撑间距过大或支撑底部松动等导致,特别是在冬季,模板支撑在冻土上,冻土化冻后产生不均匀沉降,致使混凝土结构产生裂缝。此类裂缝多为深进或贯穿性裂缝,其走向与沉陷情况有关,一般沿与地面垂直或呈 30° ~ 45° 角方向发展,较大的沉陷裂缝,往往有一定的错位,裂缝宽度往往与沉降量成正比关系。裂缝宽度受温度变化的影响较小。地基变形稳定之后,沉陷裂缝也基本趋于稳定。

2.3.2 主要预防措施

(1) 对松软土、填土地基在上部结构施工前应进行必要的夯实和加固。

(2) 保证模板有足够的强度和刚度,且支撑牢固,并使地基受力均匀。

(3) 防止混凝土浇灌过程中地基被水浸泡。

(4) 是模板拆除的时间不能太早,且要注意拆模的先后次序。五是在冻土上搭设模板时要注意采取一定的预防措施。

2.4 温度裂缝及预防

2.4.1 温度裂缝

温度裂缝多发生在大体积混凝土表面或温差变化较大地区的混凝土结构中。混凝土浇筑后,在硬化过程中,水泥水化产生大量的水化热。由于混凝土的体积较大,大量的水化热聚积在混凝土内部而不易散发,导致内部温度急剧上升,而混凝土表面散热较快,这样就形成内外的较大温差,较大的温差造成内部与外部热胀冷缩的程度不同,使混凝土表面产生一定的拉应力(实践证明当混凝土本身温差达到 $25\sim 26$ 时,混凝土内便会产生大致在 10MPa 左右的拉应力)。当拉应力超过混凝土的抗拉强度极限时,混凝土表面就会产生裂缝,这种裂缝多发生在混凝土施工中后期。在混凝土的施工中当温差变化较大,或者是混凝土受到寒潮的袭击等,会导致混凝土表面温度急剧下降,而产生收缩,表面收缩的混凝土受内部混凝土的约束,将产生很大的拉应力而产生裂缝,这种裂缝通常只在混凝土表面较浅的范围内产生。

温度裂缝的走向通常无一定规律,大面积结构裂缝常纵横交错;梁板类长度尺寸较大的结构,裂缝多平行于短边;深入和贯穿性的温度裂缝一般与短边方向平行

或接近平行,裂缝沿着长边分段出现,中间较密。裂缝宽度大小不一,受温度变化影响较为明显,冬季较宽,夏季较窄。高温膨胀引起的混凝土温度裂缝是通常中间粗两端细,而冷缩裂缝的粗细变化不太明显。此种裂缝的出现会引起钢筋的锈蚀,混凝土的碳化,降低混凝土的抗冻融、抗疲劳及抗渗能力等。

2.4.2 主要预防措施

(1) 尽量选用低热或中热水泥,如矿渣水泥、粉煤灰水泥等。

(2) 减少水泥用量,将水泥用量尽量控制在450kg/m³以下。

(3) 降低水灰比,一般混凝土的水灰比控制在0.6以下。

(4) 改善骨料级配,掺加粉煤灰或高效减水剂等来减少水泥用量,降低水化热。

(5) 改善混凝土的搅拌加工工艺,在传统的"三冷技术"的基础上采用"二次风冷"新工艺,降低混凝土的浇筑温度。

(6) 在混凝土中掺加一定量的具有减水、增塑、缓凝等作用的外加剂,改善混凝土拌合物的流动性、保水性,降低水化热,推迟热峰的出现时间。

(7) 高温季节浇筑时可以采用搭设遮阳板等辅助措施控制混凝土的温升,降低浇筑混凝土的温度。

(8) 大体积混凝土的温度应力与结构尺寸相关,混凝土结构尺寸越大,温度应力越大,因此要合理安排施工工序,分层、分块浇筑,以利于散热,减小约束。

(9) 在大体积混凝土内部设置冷却管道,通冷水或者冷气冷却,减小混凝土的内外温差。

(10) 加强混凝土温度的监控,及时采取冷却、保护措施。

(11) 预留温度收缩缝。

(12) 减小约束,浇筑混凝土前宜在基岩和老混凝土上铺设5mm左右的砂垫层或使用沥青等材料涂刷。

(13) 加强混凝土养护,混凝土浇筑后,及时用湿润的草帘、麻片等覆盖,并注意洒水养护,适当延长养护时间,保证混凝土表面缓慢冷却。在寒冷季节,混凝土表面应设置保温措施,以防止寒潮袭击。

(14) 混凝土中配置少量的钢筋或者掺入纤维材料将混凝土的温度裂缝控制在一定的范围之内。

2.5 化学反应引起的裂缝及预防

2.5.1 化学反应引起的裂缝

碱骨料反应裂缝和钢筋锈蚀引起的裂缝是钢筋混凝土结构中最常见的由于化学反应而引起的裂缝。混凝土拌和后会产生一些碱性离子,这些离子与某些活性骨料产生化学反应并吸收周围环境中的水而体积增大,造成混凝土酥松、膨胀开裂。这种裂缝一般出现中混凝土结构使用期间,一旦出现很难补救,因此应在施工中采取有效措施进行预防。

2.5.2 主要的预防措施

(1) 选用碱活性小的砂石骨料。

(2) 选用低碱水泥和低碱或无碱的外加剂。

(3) 选用合适的掺和料抑制碱骨料反应。由于混凝土浇筑、振捣不良或者是钢筋保护层较薄,有害物质进入混凝土使钢筋产生锈蚀,锈蚀的钢筋体积膨胀,导致混凝土胀裂,此种类型的裂缝多为纵向裂缝,沿钢筋的位置出现。

3 裂缝处理

裂缝的出现不但会影响结构的整体性和刚度,还会引起钢筋的锈蚀、加速混凝土的碳化、降低混凝土的耐久性和抗疲劳、抗渗能力。因此根据裂缝的性质和具体情况我们要区别对待、及时处理,以保证建筑物的混凝土裂缝的修补措施主要有以下一些方法:表面修补法,灌浆、嵌缝封堵法,结构加固法,混凝土置换法。

进一步观察,并继续采用浇水的方法进行养护,减少和防止裂缝开展,并可使部分宽度小的裂缝达到自愈合。

在楼地面工程结束后,对仍然存在的裂缝进行处理,具体有以下几种方法:

3.1 表面修补法

表面修补法是一种简单、常见的修补方法,它主要适用于稳定和对结构承载能力没有影响的表面裂缝以及深进裂缝的处理。通常的处理措施是在裂缝的表面涂抹水泥浆、环氧胶泥或在混凝土表面涂刷油漆、沥青等防腐材料,在防护的同时为了防止混凝土受各种作用的影响继续开裂,通常可以采用在裂缝的表面粘贴玻璃纤维布等措施。

3.2 灌浆、嵌缝封堵法

对于宽度小于 0.3mm 的裂缝建议采用 AB 型灌缝胶将裂缝灌实；如无法实施灌缝处理，可于板底涂刷 AB 型灌缝胶进行封闭。对宽度大于 0.3mm 的裂缝应先采用 AB 型灌缝胶将裂缝灌实；板底裂缝宽度大于 0.3mm 的裂缝采用 100mm × 0.167mm 碳纤维复合材布条，条带垂直于裂缝方向在裂缝长度范围内转帖一层，条带两端超出裂缝各 200mm，条带中心间距 500mm。如板底裂缝较密，且裂缝宽度达 0.3mm，可采用 100mm × 0.167mm 碳纤维复合材布条网格粘贴，网格条带中心间距 500mm。

3.3 结构加固法

当裂缝影响到混凝土结构的性能时，就要考虑采取加固法对混凝土结构进行处理。结构加固中常用的主要有以下几种方法：加大混凝土结构的截面面积，在构件的角部外包型钢、采用预应力法加固、粘贴钢板加固、增设支点加固以及喷射混凝土补强加固。

3.4 混凝土置换法

混凝土置换法是处理严重损坏混凝土的一种有效方法，此方法是先将损坏的混凝土剔除，然后再置换入

新的混凝土或其他材料。常用的置换材料有：普通混凝土或水泥砂浆、聚合物或改性聚合物混凝土或砂浆。

4 结论

裂缝是混凝土结构中普遍存在的一种现象，它的出现不仅会降低建筑物的抗渗能力，影响建筑物的使用功能，而且会引起钢筋的锈蚀，混凝土的碳化，降低材料的耐久性，影响建筑物的承载能力，因此要对混凝土裂缝进行认真研究、区别对待，采用合理的方法进行处理，并在施工中采取各种有效的预防措施来预防裂缝的出现和发展，保证建筑物和构件安全、稳定地工作。

参考文献：

- [1] 钢筋混凝土结构设计规范. 中国建筑工业出版社，1999.2.
- [2] 鞠丽艳. 混凝土裂缝抑制措施的研究进展. 混凝土，2002. 5.
- [3] 郭仕万，肖欣，赵和平. 混凝土施工中的裂缝控制. 山西水利科技，2000.11.
- [4] 鞠丽艳，张雄. 混凝土裂缝防治的两种新方法. 施工技术，2002. 7.

信息速读：

亚洲第一个绿色混凝土住宅项目推出

Amerald 推出了其生态型的公寓项目，名为盖亚。这是一幢完全由绿色混凝土构造而成的，并符合建设和建设局（BCA）绿色标志的铂金标准。

5月18日推出时，Amerald 说，他们广泛咨询了 BCA 项目的各个方面，从绿色标志评估的角度，以提高工程生产率和可持续的施工方法或材料的方法。

此外，“绿色混凝土”项目的负责人 Tamilselvan 博士，是新加坡国立大学土木工程系的一名高级研究员，这幢绿色混凝土建筑正是借助于他的专长和丰富的经验。

目前，绿色混凝土正被日益认识到其优势，可以更好的保护环境、减少浪费和对原材料的过度依赖。

“绿色混凝土”住宅盖亚预计可以使每户每年节约能源 1222 新币（约 960.61 美元），节约用电 3995 千瓦时，节约用水 246 新币（约 193.38 美元），相当于节约了 83000 公升水量。

“通过提高对可持续生活的主流社会之间的认识，Amerald 的目的是影响其他精品开发和房屋发展局（HDB），让他们也能按照此观念建立更加可持续的、生态的住宅项目。”该项目的主管发表了自己的看法。

浅谈自动张拉控制系统在大西线箱梁预制中的应用

刘学宏

(中铁十九局集团第五工程有限公司, 辽宁 大连 116100)

摘要:通过对自动张拉控制系统在运城临猗牛肚梁场中的应用,阐述了系统原理及组成,总结了箱梁自动张拉控制系统的施工工艺及特点,并结合实际应用提出改进建议。

关键词:自动控制;箱梁预制;预应力张拉;施工方案

A Automatic Control System Used in Tensing the Precast Box Girder of DA XI High Speed Railway

LIU Xuehong

(China Railway 19th Bureau Co.Ltd. Liaoning Dalian 116100)

Abstract: According to the automatic prestress tensing control system used in Yun Cheng Lin Yi Niu Du Beam Field, the paper elaborated the system principle and composition, summed up the construction process and its characteristics, put forward the improved suggestion on this system.

Key Words: Automatic control; Box girder precast; Prestress; Construction scheme

1 概述

我国建设的高速铁路和客运专线以及城际轨道交通工程大多是采用无砟轨道这一新型轨道形式,无砟轨道相对于以前传统的有砟轨道的最大特点就是提高了轨道的稳定性和平顺性,因此要求轨道的基础必须坚实、稳定、不变形或者变形量非常小在规定的范围内。对于客运专线或高铁线路的桥梁而言,就是要严格准确控制桥梁的工后沉降和箱梁的徐变上供,而箱梁的徐变上供主要就是靠预应力的准确施加来控制。可以毫不夸张地说,预应力是箱梁的核心技术,决定箱梁的使用寿命,铁路桥梁行车的安全,最终取决于梁体预应力的施工。

传统的后张法箱梁预应力施工为4台穿心式千斤顶,对应4台液压泵站,他们每一个是独立的施加预应力系统。张拉过程中是通过几个工人看压力表读数来控制张拉力,工人用钢板尺测量张拉钢绞线的伸长量。在这种张拉施工过程中由于全部是人为的操作,不同的人为误差太多,测量精度很低,而且4台泵站、4台千斤

顶各自独立运行,张拉的同步性很难控制,难以保证箱梁预应力的质量。为了保证铁路箱梁的质量,能准确控制梁体的徐变上供,我们临猗牛肚梁场联合河北石家庄益通科技开发有限公司联合研制开发铁路箱梁预应力数控张拉系统,在梁场成功使用。

2 工程概况

中铁十九局第五工程有限公司临猗牛肚制梁场位于大西铁路战前10标,承担572榀预应力混凝土简支箱梁的预制任务,其中32m箱梁553榀,24m箱梁19榀,合同工期28个月。主要负责本标段南姚村特大桥307榀、大张村特大桥265榀的架设任务。这段里程坐落在山西省南部,地处湿陷性黄土的地质上,所以对桥梁的工后沉降和梁的徐变上供提出了更高的要求。

3 张拉自动控制系统构成及原理

张拉自动控制系统包括2台自动控制柜,其中一台为主控制柜,一台为从控制柜,4台液压泵站、4台千斤顶、8个压力传感器、4个位移传感器、PLC控制器

等组成。箱梁张拉作业时，两台控制柜放置梁的两端，他们之间通过一根信号线连接，来实现自动控制 4 台液压泵站和 4 台千斤顶的同步张拉作业。与传统的张拉设备相比，张拉自动控制系统采用德国进口电磁阀，并且在阀组的出口安装了高精度的压力传感器，在千斤顶的缸体端安装了红外线位移传感器，来测量油缸的伸长量。电动控制柜主要由工业显示屏、微电脑运动控制器、信号采集模块、信号无线接收模块、数据分析处理模块、数据存储模块等。控制系统和梁场办公室服务器采用无线连接，从而保证了数据可以实时上传。

自动控制张拉系统采用红外线位移传感器测量伸长量，压力传感器测量张拉力，传感器实时采集张拉油缸的伸长量和压力的数据给控制器，控制器通过事先设定的 PID 调节模块，达到自动控制调节千斤顶的伸长量和压力。即主控制柜实时通过读取 4 台千斤顶的压力传感器的信号和位移传感器信号，经过运算处理与设定的张拉力和伸长量对比实时调整每台千斤顶的压力和伸长量，从而保证张拉的同步性和伸长量同步均衡增长。

其系统原理框图如下：

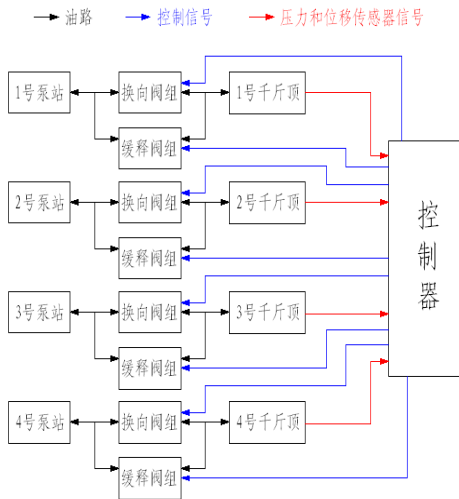


图 1

4 系统参数

测力系统精度	1%F.S
位移测量精度	0.2mm
双顶对拉不平衡度	20KN
控制系统工作电压	220V ± 10%
最大油压	50MPa

流量	2L/min
电机功率	3KW
使用电压	380V ± 10%
公称张拉力	2000 ~ 5000KN
张拉行程	200mm
行程允许偏差	± 2mm

5 施工工艺

5.1 现场设备就位连接与检查

(1) 连接液压设备，确保设备安装准确可靠，无漏油。

(2) 主控制柜与从控制柜连接完成，接通电源，确保信号可远程传输。

(3) 检查触摸屏与 PLC 有无故障，检查压力传感器和位移传感器数据是否正常。

5.2 操作过程

(1) 点击【设置】按钮，进入系统登录界面，如图 2 所示：



图 2

(2) 点“账号：”后的“#####”区域，输入“1”，点【Enter】，相同的步骤在“密码：”后输入“xxxx”，点【Enter】。然后点【登录】界面回到图 2，保持不变，但右侧区域的几项均可进入。

(3) 点击图 2 右侧区域的【系统参数设置】，界面到达图 3 如下：



图 3

在“系统参数设置”项中，对相应参数可进行一一输入，方法：点击“蓝色数字区”之后在弹出的数字键上点击输入需要使用的数据，在点击数字键盘上的“ENTER”键，输入完成后，点“修改”存储，完毕之后点击“返回”键，返回到主界面图2。

(4) 主界面点击【系统调试参数】进入调试参数界面，如图4所示。

张拉力分度值(kn)	1	伸长量分度值(mm)	0.1
伸长量平衡值(mm)	5	张拉力平衡值(kn)	20
张拉速度切换点(kn)	60	持荷补压控制值(kn)	10
持荷巡检周期(s)	10	关闭瞬间损失力值(kn)	15
最小补压时间(ms)	150	最大补压时间(ms)	300
回原位张拉力值(kn)	-300	回原位位伸长度(mm)	1

yy/mm/dd 星期日 HH:MM:SS 修改 返回

图4

图4中所示的为张拉过程中所需要的基本参数，参数的设置按图4显示的数据进行修改，修改方法同“系统参数修改”。只需在蓝色区域点击，使用弹出键盘输入对应数据，最后在“调试参数”界面点击“修改”数据便会存储，完毕后点击“返回”。

(5) 点【预张】进入操作界面，如图5所示。

钢束编号	设计张拉力(kn)	计算伸长度(mm)	启动任务
N6	1172	139.3	<input checked="" type="checkbox"/>
N2a	1172	144.3	<input type="checkbox"/>
N1b	1172	142.1	<input type="checkbox"/>

图5

“任务参数表”界面中，是电脑通过无线通讯直接传输到系统中，从而显示到界面上，分别有梁号、梁型、台座编号、以及对应钢束编号和对应所需张拉力，点击启动任务栏下的绿色区域选择需要张拉的钢束编号，确认参数无误后点击“确定”。

(6) 单击“张拉数据”菜单，可以查看实际张拉

过程中采集的具体数据，这里是和曲线图相对应的。

阶段	A端千斤顶	B端千斤顶	设计张拉力	设计伸长度	A端张拉力	A端伸长量	B端张拉力	B端伸长量
早期-张拉控	1	3	100	30	55	0	25	0
早期-张拉控	1	3	100	30	100	0	70	0
早期-张拉控	1	3	100	30	110	0	105	0
早期-张拉控	1	3	100	30	110	0	110	0
早期-张拉控	1	3	100	30	110	0	110	0
早期-张拉控	1	3	100	30	110	0	110	0
早期-张拉控	1	3	100	30	20	0	0	0
早期-张拉控	1	3	100	30	45	0	30	0
早期-张拉控	1	3	100	30	75	0	55	0
早期-张拉控	1	3	100	30	100	0	85	0
早期-张拉控	1	3	100	30	115	0	105	0
早期-张拉控	1	3	100	30	115	0	115	0
早期-张拉控	1	3	100	30	115	0	115	0
早期-张拉控	1	3	100	30	105	0	105	0
早期-张拉控	1	3	200	62	125	0	125	0
早期-张拉控	1	3	200	62	155	0	150	0
早期-张拉控	1	3	200	62	180	0	185	0
早期-张拉控	1	3	200	62	210	0	205	0
早期-张拉控	1	3	200	62	215	0	215	0
早期-张拉控	1	3	200	62	215	0	215	0
早期-张拉控	1	3	200	62	205	0	205	0
早期-张拉控	1	3	200	62	215	0	215	0
早期-张拉	1	3	700	87	0	0	715	0

图6

(7) 单击“张拉结果”菜单，出现张拉报表面，如下图所示，双击左右梁号或直接输入梁号然后回车，则在右边出现对应梁的整体张拉结果。

梁号	张拉日期	张拉时间	张拉位置	张拉阶段	张拉力(kn)	伸长量(mm)	张拉速度(mm/s)	张拉位移(mm)	张拉温度(℃)	张拉湿度(%)	张拉风速(m/s)	张拉风向
1												
2												
3												
4												
5												
6												

图7

在右边的表格中双击某束钢筋，则出现此钢束的张拉数据和曲线界面，如下图所示，左键按住鼠标拖动曲线图中的垂直线，则在图上部会出现相应节点的时间和张拉力值、张拉位移，或拉力、位移，且随着垂直线的移动发生变化。通过钢束端位选择也可以只看其中一端的曲线图。

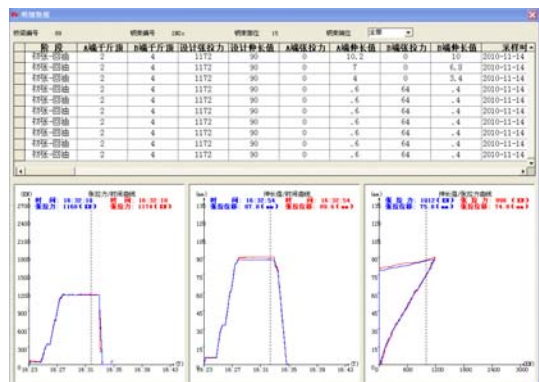


图8

(8) 点击数据读取, 将该孔道张拉数据全部提取检查, 并自动计算伸长量、回缩量、伸长量偏差率、不同步率, 如有异常及时查询曲线图进行分析, 最后点击数据保存。

(9) 一个孔道张拉过程全部结束, 继续下一个孔道同样的张拉操作。

6 应用效果

我梁场在与益通公司的研发过程中多次对系统进行改进和完善, 经过反复试验与调整更新, 目前已经达到设计指标。现在使用的数控张拉系统是预制箱梁预应力张拉领域新的科研项目, 具有操作简便、控制精准、高效、稳定等特点, 实现了预期的箱梁预应力张拉自动化控制目标。

(1) 箱梁张拉的同步率对后期预应力的二次分布影响较大, 按照目前箱梁预应力施工的要求, 不同步率不得大于 10%, 而该系统在张拉过程中张拉力和伸长值均实现同步控制, 有效地解决了不同步率控制的问题。

(2) 现场测量伸长值由红外线传感器自动测量, 其精度达到 0.1mm, 此项技术的应用消除了人为量测误差, 测量精准度大大提高, 解放了工人。

(3) 数控张拉系统采用传感器与传感器之间的标定, 并直接进入控制系统, 减少了回归方程标定和人工计算误差, 提高张拉过程中张拉力控制的准确性。

(4) 实现了张拉数据的自动读取, 避免了人为油表读数误差, 提高了张拉力的控制精度。

(5) 设置的数据自动量测、计算及生成结果表格的系统, 减少了人为计算的工作量, 避免了人为计算可能出现的错误, 数据准确性大大提高。

(6) 实现了无线数据传输, 在终端电脑中可以有效的监控张拉过程及结果, 并通过自动生成的力与伸长值曲线、力与时间曲线、伸长值与时间曲线, 可以有效地分析张拉过程的数据, 为张拉过程的数据分析和结果

判定, 提供了直接、有效的判定依据。同时, 无线数据传输在终端电脑中可以实时监控张拉过程及结果。

(7) 该系统增加的在卸荷至 100KN 力时锚固回缩值测量, 可以有效的解决回缩值的测试问题, 并在测量精度上超过原先压力表读数控制。

7 结论

通过 200 多榀箱梁张拉作业的验证, 该系统可以实现以下功能: 伸长量和力值测量准确、数据自动采集存储、两端张拉同步率高、操作简单、安全措施完善, 数据实现远程传输。但在使用过程中出现一些小问题需要进一步改进和完善。

(1) 该系统的液压管接头拆卸频率较高, 应提高接头的质量, 防止漏油影响张拉精度。

(2) 系统的泵站、千斤顶、控制柜等组成, 应对系统进行结构优化组合, 建议配备车载式以方便移动。

(3) 张拉自动控制系统目前已臻于完善, 技术上的难题已基本解决, 通过改用进口阀组大大提高了传感器的稳定性, 下一步需要提高数据无线传输的稳定性。

(4) 目前的数控张拉系统, 对传统张拉控制理念是一种冲击, 在中国高铁即将走向国外市场的前期, 对提高竞争力, 创建知名的高铁建设企业, 具有重要的意义。

参考文献:

- [1] TZ 210—2005 客运专线铁路混凝土工程施工技术指南
- [2] TZ 213—2005 客运专线铁路桥涵工程施工技术指南
- [3] TB 10303—2009 铁路桥涵工程施工安全技术规程 [S]
- [4] GB/T 5224—2003 预应力混凝土用钢绞线
- [5] TB/T 3193—2008 铁路工程预应力筋用夹片式锚具、夹具和连接器

浅谈在干燥多风地区预应力箱梁混凝土裂纹控制措施

刘学宏

(中铁十九局集团第五工程有限公司, 大连 116100)

摘要: 大西铁路地处晋陕两省的黄土高原, 针对该地区干旱严重, 而且全年多风、日照强烈、昼夜温差比较大等自然环境的特点, 施工中混凝土的裂纹等通病极易产生, 预防措施主要从混凝土配合比优化、混凝土入模温度监控量测、混凝土养护采用自动喷淋等措施进行研究和探讨。

关键词: 干旱多风; 混凝土裂纹; 自动喷淋; 控制措施

On the Control Measures in the Dry and Windy Prestressed Concrete Box Girder Crack

LIU Xuehong

(China Railway 19th Bureau Group Co., Ltd. Dalian 116100)

Abstract: The DAXI Railway is located in Shanxi, Shaanxi provinces, and severe drought for the region, but throughout the year and windy, strong sunshine, day and night temperature difference between the natural environment is characterized by the construction of concrete cracks, the common problem can easily produce, prevention measures from the concrete mix proportion optimized concrete into the mold temperature monitoring measurements, concrete curing sprinkler and other measures to study and explore.

Key Words: Arid windy; Concrete crack; Sprinkler; Control measures

1 概述

大西铁路 10 标段位于山西南部, 临猗牛杜梁场承担南姚村特大桥、大张村特大桥共 572 榀双线箱梁的预制任务。该地区的环境特征是: 夏季最高温度 42.5℃, 日照强烈, 冬季最低气温零下 17℃, 昼夜温差比较大, 全年比较干旱少雨, 年平均降雨不到 450mm, 而且集中在 7、8 月份, 年平均蒸发量超过 1765mm, 年平均相对湿度较低, 当地主要靠黄河水灌溉农业, 风大而且风期较长。高性能混凝土在这种环境下用传统的养护方法很难保证其质量, 迫切需要探讨能从根本上控制混凝土裂纹产生的有效措施和方法。

2 大体积预应力箱梁混凝土的质量通病

通过以前大体积混凝土预制箱梁的施工调查, 发现箱梁混凝土容易出现以下质量通病:

(1) 箱梁表面龟裂或无规则的树枝状裂纹。主要集中在箱梁的上表面和箱梁内腔的表面。

(2) 箱梁的隐形裂纹。主要集中在箱梁的上下倒角处, 裂纹小于 0.5mm 隐藏在内部, 有些用肉眼不可见。

3 裂纹产生的原因分析

温度和湿度的变化是引起混凝土裂纹的首要原因, 混凝土在硬化时水泥会释放大量的水化热, 内部温度不断上升, 在混凝土表面形成拉应力。同时温度降低或者环境风速较大, 也会在混凝土表面形成拉应力。当这些拉应力超过混凝土的抗裂能力时, 混凝土就产生裂纹。具研究当环境温度、湿度相同时, 风速每增加 10km/h, 混凝土表面水分蒸发速率就增加 1 倍。在环境温度、风速相同时, 空气湿度每降低 50%, 混凝土表面的水分蒸发速率增加 1 倍。因此箱梁在脱模后水分散失过快, 结

构筑物内混凝土内温度与环境温度和混凝土表面温度差过大，就容易产生裂纹。

其次，混凝土是一种脆性材料，抗拉强度是抗压强度的 1/10 左右，短期加荷的极限拉伸变形只有 $(0.6—1.0) \times 10^{-4}$ ，长期加荷的极限拉伸变形只有 $(1.2—1.4) \times 10^{-4}$ 。由于原材料的不均匀，水灰比的不稳定，及运输和浇筑过程中的离析现象，在同一块混凝土中的抗拉应力是不一样的，存在抗拉应力很低，容易产生裂纹的薄弱部位。

4 控制裂纹的研究思路

4.1 选择合格的材料

施工中严格把握混凝土原材料的质量，尤其控制河砂的含泥量，碎石全部水洗，并控制其中的针片状的含量。

4.2 优化配合比

在满足设计要求的情况下，降低胶凝材料用量和砂率，以降低混凝土的水化热。

4.3 形成完整的施工工艺

从混凝土的拌和、运输、浇筑、振捣等方面形成完

整的施工工艺，并培训到位，以提高施工人员的操作水平。

4.4 采取适宜的早期养护措施

冬季覆盖保温棚罩，采用蒸汽养护，其他时期覆盖土工布，并接通自动喷淋装置，保证混凝土不失水，以提高混凝土表面早期强度。

4.5 时刻关注混凝土的早期强度

当混凝土的强度达到预张拉时，马上进行箱梁的预张拉作业，预张拉是防止混凝土早期裂纹的最有效的措施。

5 裂纹控制主要措施

5.1 原材料的优选及处理

5.1.1 细骨料

选用 240km 以外产自西安灞河的优质中粗河砂，严格保证细度模数在 2.7—3.0 之间，能达到配制高性能混凝土的最佳值。含泥量和泥块含量不超过规范要求的 2.0%和 0.5%，细骨料主要指标见下表。

表 1 细骨料主要指标

实验项目	云母含量 /%	含泥量 /%	泥块含量 /%	轻物质含量 /%	氯离子含量 /%	有机物含量	细度模数	筛分情况
标准规定值	0.5	2.0	0.5	0.5	0.02			
实测值	0.0	1.2	0.15	0.1	0.014		2.8	

5.1.2 粗骨料

粗骨料采用本地石灰质碎石，为满足高性能混凝土的要求，我梁场使用两级配，其中 5-10mm 与 10-20mm

碎石按 35%与 65%的比例复配，通过试验各项指标都能满足高性能混凝土的相关要求。粗骨料主要指标见下表。

表 2 粗骨料主要指标

实验项目	吸水率 /%	含泥量 /%	泥块含量 /%	堆积密度 / (km.m ³)	表观密度 / (km.m ³)	紧密空隙率 /%	氯离子含量 /%	针片状含量 /%
标准规定值	2.0	0.5	0.25				0.02	8
实测值	1.0	0.3	0.15	1652	2520	37	0.01	4

5.1.3 水泥

为确保混凝土的长期耐久性，我们选用冀东海天水泥有限公司的低碱普通硅酸盐水泥，C3A 的含量较低，为 7.90%，且 SO₃、MgO 和 CaO 等有害物质的含量都控

制在标准之内。该水泥的水化热比较小，这样在大体积混凝土中可以降低热升温，避免混凝土内外温差过大而引起裂纹。P.O42.5 水泥的性能见下表。

表 3 水泥主要技术指标

实验项目	比表面积/ ($\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	安定性	三氧化硫 /%	氯化镁/%	碱含量/%	氯离子含 量/%	28d 抗折强度 /MPa	28d 抗压强度 /MPa
标准规定值	300, 350	合格	3.5	5.0	0.6	0.06	6.5	42.5
实测值	325	合格	2.2	1.12	0.58	0.023	8.2	44.7

5.1.4 粉煤灰和矿渣粉

粉煤灰、矿渣粉具有较大的比表面积，实践证明，对高性能混凝土单靠使用水泥已很难达到理想的强度、和易性和耐久性能，因此，矿物掺合料是配置高性能混凝土必不可少的组成材料。我们场采用应用最广、技术

最成熟的粉煤灰和矿渣粉作为主要掺和料。其中粉煤灰采用 I 级粉煤灰和矿渣粉，施工中重点控制粉煤灰的细度和烧失量进行严格控制。I 级粉煤灰和矿渣粉主要指标见下表。

表 4 I 级粉煤灰主要技术指标

实验项目	细度/%	烧失量/%	需水量比/%	三氧化硫/%	游离氧化钙 /%	碱含量/%	氯离子含量 /%
标准规定值	12	3.0	100	3	1.0		0.02
实测值	11.2	2.9	95	1.24	0.27	0.95	0.014

表 5 矿渣粉的主要技术指标

实验项目	比表面面积/ ($\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	烧失量 /%	需水量比 /%	三氧化硫 /%	游离氧化 钙/%	碱含量 /%	氯离子含 量/%	活性指数 (28d) /%
标准规定值	350 ~ 500	3	100	4	14		0.02	95
实测值	458	2.23	96	0.32	8.34	0.74	0.012	103

5.1.5 减水剂

我们选用山西康特尔的 KTESP-I 型聚羧酸高效减水剂，它具有较好的分散性，低掺量高减水率，坍落度经时损失小，具有一定引气功能，可使用更多粉煤灰取代水泥，完全满足高性能混凝土外加剂的技术要求。经

过反复试验，掺量为 1.0% 时就能满足混凝土的各项技术指标，同时又节约成本，外加剂的存储必须做到夏季遮阳，严禁暴晒，冬季保温，防止结晶。减水剂的主要技术指标见下面表。

表 6 减水剂的主要技术指标

实验项目	减水率 /%	泌水率比/%	含气量/%	收缩率比/%	碱含量/%	氯离子含量 /%	抗压强度比 (28d) /%
标准规定值	20	90	4.5	135	10.0	0.2	120
实测值	23.5	32	5.8	120	0.3	0.06	132

5.1.6 拌和用水

梁场用深井地下水，经检验各项技术指标都满足高性能混凝土的要求。冬季严格采用蒸汽锅炉加热，夏季

采用冷却水装置，施工中严格控制拌和水的温度，确保混凝土入模温度符合标准要求。拌和水的指标见下表。

表 7 拌和水的主要技术指标

试验项目	pH 值	不溶物/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	可溶物/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	氯化物/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	碱含量/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	硫酸盐/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
标准规定值	> 4.5	< 2000	< 2000	< 500	< 1500	< 600
实测值	5.5	560	435	56.5	67	55

5.2 混凝土配合比设计优化

在满足设计和施工要求的前提下，为避免开裂风险尽量降低混凝土胶凝材料用量、砂率和坍落度。考虑气

候的改变，我们准备了冬期和夏季两套配合比。

- (1) 按大体积混凝土理念进行配合比设计。
- (2) 采用低水胶比、低用水量、低水泥用量的原

则。掺用优质的Ⅰ级粉煤灰和矿渣粉,在满足泵送条件下,坍落度控制在120~140mm,砂率小于40%,碎石用量不少于1050kg/m³。

(3)施工过程中,原材料在合格的基础上发生波动时,对外加剂掺量、砂率进行适当调整。

表8 混凝土配合比主要技术指标

序号	水泥	粉煤灰	矿粉	中砂	碎石(5-10mm)	碎石(10-20mm)	减水剂	水
冬期	360	72	48	732	385	714	4.8	139
夏期	350	100	50	684	375	696	5.0	145

5.3 箱梁混凝土施工过程控制

5.3.1 混凝土拌和

梁场拌和站每月定期对计量秤进行校正,试验室每月定期进行混凝土匀质性试验,保证混凝土的拌和质量。

5.3.2 混凝土入模坍落度

在满足泵送工艺要求的前提下,尽量控制混凝土的坍落度。

5.3.3 混凝土浇筑振捣

浇筑前以技术交底的形式明确箱梁的浇筑顺序,为克服混凝土表面“冷缝”的问题,浇筑严格按照“小循环”施工工艺进行,总体原则是“纵向小循环分段,水平底腹顶分层”。分区、分段定人定岗。钢筋密集的部位采用 $\phi 30$ 振动棒,在每层混凝土振捣时应掌握将振捣棒穿过本层,插入下层混凝土5-10cm,破坏新老混凝土界面,可有效消除“冷缝”。

5.3.4 混凝土的拆模

梁体浇筑前,在梁的不同部位预埋了多点的测温探头,通过自动温控系统,实时获得梁体内部的温度,拆模时,必须保证混凝土内部、混凝土表面及环境的温差小于15℃和混凝土的强度达到设计的60%两个条件才能拆模,如遇大风也要推迟拆模,通过这些措施有效控制了混凝土的温差裂纹。

5.3.5 混凝土的养护

梁体强度达到预初张强度后,马上进行张拉作业。梁体移出制梁台座进入存梁区后使用自动喷淋养护系统进行洒水养护。传统的梁体养护是采用人工洒水,洒水面积、洒水频率、湿润程度均难有效控制,且浪费水严重。我们梁场配备了箱梁养护自动喷淋系统,确保了梁体顶板、腹板及内腔的全方位的喷淋覆盖,通过时间继电器的控制,保证了梁体表面的湿润,控制了梁体表面的干缩裂纹的出现。

(4)混凝土配合比考虑冬期施工和夏期施工的气候因素,冬期施工应增加磨细矿渣粉以保证早期强度,夏期施工应增加粉煤灰的用量以降低混凝土的水化热。混凝土的配合比见下表

6 结论——几点体会

(1)箱梁这样的大体积混凝土预制在比较干燥的环境下,只要采取有效地控制措施是完全可以避免产生温度裂纹和干缩裂纹。

(2)选择优质的原材料。通过对地材特别是对碎石的水洗,减少了石粉、泥土的含量,减少拌和用水,增加混凝土的和易性。

(3)混凝土配合比优化工作至关重要。在保证混凝土强度和耐久性的前提下,加大优质粉煤灰和矿渣粉的掺量,不仅提高混凝土的可泵送性,降低水泥用量,还可以降低大体积混凝土水化热,延缓混凝土放热高峰,避免混凝土表面和内部裂纹的产生。

(4)做好对大体积混凝土的温度监控量测。通过使用自动温控监测系统实时掌握混凝土内部不同部位的温度,掌握准确的拆模时间,有效避免了温差应力引起的裂纹产生。

(5)高度重视干旱地区混凝土的养护工作。施工中我们采取了养护自动喷淋系统,非常有效的保证梁体的养护质量,而且节约了用水量,减轻了工人的劳动强度,值得在混凝土施工中的大量推广使用。

参考文献:

- [1] 张志春.混凝土裂缝产生原因及其防治[J].魅力中国,2008(27):82.
- [2] 吴文锋.浅谈商品混凝土裂缝原因及控制措施[J].福建建筑,2008(11):122-123.
- [3] 郭巍.浅谈混凝土温度裂缝产生原因及防裂措施[J].中国新技术新产品,2008(18):66.
- [4] 王丽媛,王明飞.混凝土裂缝原因分析及处理[J].中国科技博览,2010(4):96.
- [5] 赵钱槐.浅谈大体积混凝土裂缝控制[J].科技经济市场,2008(7):34-35.

神宁集团基础框架梁和承台混凝土裂缝问题原因分析

朱效荣¹, 马建平²

(1.北京城建混凝土有限公司, 北京 100049; 2.银川华盛混凝土业有限公司, 宁夏 银川 750002)

摘要: 本文分析了神宁集团基础框架梁和承台混凝土裂缝问题产生的原因, 为同类工程施工预防裂缝提供了借鉴。

关键词: 基础框架梁; 承台; 裂缝

Analysis of The Cause of the Problem of Beams of Basement and the Framework and Concrete Slab Cracks of Shenhua Ningxia Coal Group

ZHU Xiaorong¹, MA Jianping²

(1.Beijing urban construction concrete limited company Beijing 100049;

2.Yinchuan Huasheng concrete industry limited company Ningxia Yinchuan 750002)

Abstract : This paper analyzes the the cause of the problem of beams of basement and the framework and Concrete slab cracks of Shenhua Ningxia Coal Group , to provide reference for the cracks preventionof construction of similar engineering.

Key Words : Beams of basement and the framework ; Slab ; Crack

0 项目简介

神华宁夏煤业集团公司涉及煤炭开采及洗选、煤炭深加工、煤化工、电力、房地产开发等。是宁东能源化工基地是宁夏的“一号工程”, 神华宁夏煤业集团公司是宁东能源化工基地建设的主力军, 承担着建设宁东能源化工基地和宁夏实现小康社会目标的重任。以打造煤炭、煤化工、煤炭深加工及综合利用、铁路为四大支柱产业的现代化、可持续发展的大型能源企业集团为目标, 确定了建设符合科学发展观要求的国际一流的能源化工基地和建成亿吨煤炭基地的战略目标。经过 8 年多的大规模开发建设, 一大批煤矿、煤化工、电力、铁路、煤炭深加工项目相继开工建设。年初, 针对神宁集团基础框架梁和承台混凝土裂缝问题, 监理单位组织了由业主单位、施工单位、混凝土供应单位组成的技术人员在施工现场进行了考察, 细致观察了裂缝存在的位置、长度、宽度、走向, 本人认为裂缝产生的原因总结如下。

1 设计不合理引起的裂缝

在基础框架梁现场, 我们看到400mm × 1000mm梁的侧面存在垂直裂缝, 一直延伸到混凝土四周, 每隔

1000mm一道, 用肉眼靠近梁的表面仔细观察, 每隔200mm—300mm, 侧面还有一些较短的裂缝, 长度大小均不同, 但所有出现裂缝的位置均在箍筋绑扎的对应部位, 本人认为钢筋混凝土梁保护层太薄是混凝土裂缝形成的一个重要原因。形成裂缝的具体原因是由于结构设计时没有考虑箍筋的尺寸, 在主钢筋为的箍筋与模板之间的距离太近, 导致混凝土在浇筑过程中石子和砂子不能进入这些部位, 使箍筋和模板之间填充了收缩较大的胶凝材料浆体, 在拆模前由于水泥浆体饱水, 收缩不明显, 拆除侧模后, 由于缺少砂石的浆体失水收缩较快, 导致靠近箍筋的位置由于保护层较薄且收缩严重引起混凝土裂缝。

2 施工引起的裂缝

在混凝土承台现场, 我们看到混凝土承台的侧面存在垂直贯通裂缝, 一直延伸到混凝土内部, 在120米的长度范围内, 共有7--10条, 用肉眼靠近承台表面仔细观察, 裂缝的长度大小均相近, 但所有出现裂缝的位置均相距12m—20m, 本人认为浇筑过程中预拌混凝土没有连续浇筑出现施工冷缝是混凝土承台裂缝形成的一个重要原因。具体原因是由于宁东属于干燥多风的地

区,在混凝土施工过程中由于挪泵,导致混凝土的浇筑暂时停止,使暂停施工的混凝土部位水分快速蒸发,界面的混凝土凝固,同时由于挪泵和车辆的移动使现场的粉尘较多,落到暂停施工的混凝土表面,当继续进行施工时,新施工的混凝土与挪泵前浇筑的混凝土不能结合在一起,拆模后由于混凝土收缩,在落有尘土以及表面干燥的接茬部位形成肉眼看不见的裂缝,拆除侧模后,由于混凝土浆体快速失水,收缩较快,导致混凝土沿界面分别向施工连续的一侧混凝土靠近,最终形成贯穿型混凝土裂缝。施工过程没有实现连续浇筑是造成这种裂缝的根本原因。

3 后期养护不及时引起的裂缝

在基础框架梁和承台现场,除了彩条布搭设防寒棚

之外,我们看到混凝土均没有进行养护,由于混凝土均存在一些用肉眼看不见的微观裂缝,当养护及时时,这些裂缝会随着水泥的水化而愈合,当养护水不能满足水化所需的量时,这些微裂缝就会扩展延伸,由肉眼看不见发展的看得见,最后形成对混凝土有害的大裂缝,按照钢筋混凝土结构施工验收规范的规定,掺有矿渣粉和粉煤灰的混凝土应该饱水养护14天以上,本人认为现场基础框架梁和承台混凝土均处于干燥环境中,混凝土制品中矿渣粉和粉煤灰由于缺水没有完全水化就会引起体积收缩,使原来存在不可见裂缝的部位形成可见的裂缝。因此混凝土浇筑后没有进行必要的保温和饱水养护是形成基础框架梁和承台混凝土裂缝的另一个重要原因。

信息速读:

中联重科混凝土机械石家庄保障中心开业

2012年6月17日,中联重科混凝土机械公司石家庄保障中心(以下简称“石家庄保障中心”)隆重开业。河北省藁城市市长高玉柱、副市长于胜永、经济开发区主任李华强、中联重科混凝土机械分公司总经理陈晓非及近400名行业客户出席会议。

据悉,石家庄保障中心占地面积16亩,分为室内展示厅、办公楼、维修厂房、中心库房、员工宿舍等功能区,享有包括整机销售、售后服务-大修、配件供应、培训、二手设备管理、信息反馈等功能;保障中心现常驻办公人员36人,配有专业维修工8名,能一次新容纳5台泵车大修,配件库存量达1500余万元,能全天24小时为客户提供专业高效的售后服务以及经济、高质的原装配件。同时,石家庄保障中心室内展示厅、客户洽谈区等营销功能区域,方便与客户的及时沟通与交流。

行业领跑 辐射华北大区

中联重科混凝土机械分公司营销公司总经理王永祥在致辞中强调,作为中联重科混凝土机械公司在全国的第23家保障中心,石家庄保障中心位于石家庄经济开发区内,北靠北京保障中心,西邻天津保障中心,三家保障中心相互呼应,形成了华北大区系统、高效的营销服务网络。作为行业内首家在石家庄落户的保障中心,此次石家庄保障中心的开业是中联重科全球化战略的重要一步。中联重科石家庄保障中心将全力为客户提供“快速、高效、增值”的服务网络和营销后备保障,最大程度地实现与客户同发展,共成长。

开业现场,前来参加此次盛会的中联重科用户表示:石家庄保障中心的开业对用户来说是一件大喜事,不仅使得当地用户维修保养更加方便高效了,还强化了他们同中联重科的交流合作。从而实现中联重科混凝土机械产品服务的提升和质量的提高,最终达到更好地为客户服务。

20年,蓝色保障关爱护航

2011年,中联重科在行业内首推“蓝色关爱”服务品牌,以“快速、高效、增值”为核心,率先将设备服务从“被动式维修”带入了“主动式关怀”。2012年,中联重科对用户的关怀持续升级,正式推出“蓝色关爱,全诚保障”,并在行业内首次将产品质保期由一年提升为两年,继续为用户提供一站式整体服务解决方案。同时,中联重科向客户作出“三全、十免、五快”的315服务承诺,全天候为用户提供最迅捷的服务,以实际行动回馈客户长久以来的支持。

在客户对产品服务要求不断提升的呼应下,在中联重科对自身服务体系不断完善的鞭策下,在京津冀地区不断膨胀的市场环境要求下,中联重科石家庄保障中心顺势而出。石家庄保障中心的盛大开业,彰显了中联重科在历经20年风雨历程后意气风发的盎然雄姿,也展现了中联重科全面“为客户创造价值”。

《混凝土技术》读者调查表

亲爱的读者：

为进一步帮助我们提高刊物的质量，更好地满足您的需要和推动行业的技术进步，请您在百忙之中花几分钟填好这份调查表，以邮寄、传真或电子邮件等形式回复本刊，如获确认，您将获赠本刊 2012 年全年杂志一份。谢谢！

1.《混凝土技术》要突出以下特点，你最希望加强的是：

专业指导性 学术知识性 资料保存性 内容可读性 产业实用性

3.您对本期《混凝土技术》的总体印象：

非常好 较好 好 一般 差

7.您最希望《混凝土技术》提供哪些平台及相关服务与支持：

学术研讨会 市场分析数据 技术咨询服务 国外相关技术资讯 其他

8.《混凝土技术》杂志吸引您的原因是：

文章内容 版式设计 选题新颖 资讯提供

9.您获得专业信息的主要来源：

10.您最希望《混凝土技术》增加哪些栏目或内容：

11.您对《混凝土技术》各栏目版式、色彩的意见和建议是：

13.2011 年，《混凝土技术》将致力打造“技术论坛”和“企业论坛”栏目，围绕行业及企业关注的热点焦点问题展开深层次探讨，您最感兴趣的话题是：

14.您的其他意见和建议是：

个人资料

姓名 _____ 性别 _____ 电话 _____ 手机 _____ E-mail _____

单位 _____ 地址 _____ 邮 编 _____

年龄： 20-30 岁 31-40 岁 41-50 岁 51-60 岁 60 岁以上

学历： 大专以下 大 专 本 科 硕 士 硕士以上

职业： 专家学者 政府行政人士 商混企业 外加剂企业 水泥企业

机械制造 施工企业 会议会展 院校学生 其他

反馈方式

邮 寄：北京市海淀区学院南路 82 号院 4 号楼 306 室

邮 编：100081

电 话：010-62165787 63019673

E-mail：hnt_jishu@126.com