

胶粉混凝土抗冲耐磨性能试验

李光宇 姚汝方 马少军

(西北农林科技大学水利与建筑工程学院 陕西 杨凌 712100)

摘要 研究不同胶粉颗粒粒径和掺量对混凝土抗冲耐磨性能的影响。选取 8 目、16 目胶粉分别掺入混凝土中进行抗冲耐磨试验,同时与基准混凝土、硅粉混凝土进行抗冲耐磨性能对比。试验发现,胶粉可大幅度提高混凝土的抗冲耐磨性能,在水泥用量相同的条件下,其抗冲耐磨强度比基准混凝土提高 3 倍,比硅粉混凝土提高 2 倍;在一定掺量范围内,胶粉颗粒粒径越大、掺量越多,抗冲耐磨性能越好,胶粉混凝土的抗冲耐磨强度与抗压强度不成正比。

关键词 胶粉 硅粉 混凝土 抗冲耐磨强度 抗压强度

中图分类号:TV431⁺.9

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2008)S1-0058-03

随着我国汽车产业的发展,废旧轮胎不断增加,作为可资源化的高分子材料,其循环及再生利用问题已引起高度关注。目前,我国废旧轮胎处理利用的主要方式是生产再生胶、轮胎翻新、生产胶粉。再生胶的生产能耗高,附加值低,生产过程中会产生大量的硫化物等有害物质,给环境造成严重的二次污染。现阶段轮胎翻新的利用率也较低。因此,胶粉的生产是回收利用废旧轮胎最有效的方式。废橡胶用于建筑工程是减少这种固体废弃物的一种非常好的方法。比较成熟的方法是将废橡胶粉碎,制成的胶粉与沥青共混得到改性沥青,将其用于公路建设。胶粉用于混凝土尚属科研研究阶段,但发展潜力巨大。

胶粉混凝土是以普通混凝土为基材,均匀掺入一定量的、一定粒径的橡胶粉或橡胶颗粒而制成的水泥基复合材料。作为再生资源回收利用的方式之一,将废旧轮胎胶粉用于混凝土,已引起了广大学者的关注和研究^[1-5]。已有的研究重点基本上都放在力学性能方面,文献同时表明,与普通混凝土相比,胶粉混凝土具有耐热性能、减震性能、抗冲击性能、抗爆裂性能、隔热和隔声性能好等特点。对水利水电工程来讲,过水建筑物的磨损是不可忽视的重要问题。水工泄水消能建筑物如大坝的溢洪道、消力池、泄洪洞以及通航建筑物的闸室底板、输水廊道、电站底部的排沙底孔等部位表面遭受高速含沙水流和碎石冲磨气蚀破坏的现象经常发生,不仅直接或

间接地影响工程的安全运行,而且维护修补费用巨大。据统计,在已建的大中型水电工程中有近 70% 存在冲磨空蚀破坏现象^[6]。要解决这一问题,除了科学地对建筑物表面体型特征进行抗磨蚀水力学和水工设计外,在混凝土中加入高性能的抗冲耐磨材料尤为必要。本文重点探讨胶粉混凝土的抗冲耐磨性能,即不同的胶粉颗粒粒径和掺量对混凝土抗冲耐磨性能的影响。

1 试验材料和试验方法

1.1 试验材料

试验材料如下:①水泥。盾石牌 P·O 42.5R 水泥,符合 GB 175—1999 要求。②集料。细集料——中砂,粗集料——二级配碎石。③外加剂。河北省混凝土外加剂厂生产的 $\text{DH}_{3\text{C}}$ 高强高效减水剂。④胶粉。西安市长乐维康再生胶厂生产的 8 目和 16 目胶粉。

1.2 试验设计

设计基准混凝土配合比如下:水灰比 0.40,砂率 35%,外加剂为水泥用量的 0.7%,单位用水量 160 kg。胶粉混凝土配合比如下:以基准混凝土为基础,胶粉按外掺法掺入,8 目胶粉分别按水泥用量的 9%、12%、15% 和 18% 掺入,16 目胶粉分别按水量用量的 6%、9% 和 12% 掺入。硅粉混凝土配合比如下:以基准混凝土为基础,掺入水泥质量 7% 的硅粉。对基准混凝土、胶粉混凝土以及硅粉混凝土进

行抗冲耐磨性能及抗压强度试验。

胶粉混凝土的编号为 $KCm-n$,其中 m 代表胶粉的目数 , n 代表掺量 ,如 C8-9 意为混凝土中 8 目的胶粉掺量为 9%。基准混凝土编号为 KCO ,表示不掺胶粉 ,硅粉混凝土编号为 KCSO。

1.3 试验方法

混凝土的抗冲磨试验 ,按照 DL/T 5150—2001《水工混凝土试验规程》中的水下钢球法进行 ,该方法是测定混凝土表面受水下高速流动介质磨损的相对抗力 ,用于评价混凝土表面的相对抗磨性能。由转速 1 200 r/min 的叶轮带动水和 70 个大小不等的钢球摩擦试件表面 72 h ,然后计算试件的抗冲磨强度及磨损率。

$$f_a = \frac{TA}{\Delta M}$$
$$L = \frac{M_0 - M_T}{M_0}$$

式中 : f_a 为抗冲耐磨强度 ,即单位面积上被磨损单位质量所需的时间 ,h/(kg/m²) ; T 为试验累计时间 ,h ; A 为试件受冲磨面积 ,m² ; ΔM 为经 T 时段冲磨后 ,试件损失的累计质量 ,kg ; L 为磨损率 ,% ; M_0 为试验前试件的质量 ,kg ; M_T 为试验后试件的质量 ,kg。

2 试验结果与分析

2.1 试验后试件的外观描述

众所周知 ,混凝土受挟沙水流冲磨破坏时是先把其组成材料中耐磨性能较差的部分磨掉。若粗骨料的抗冲耐磨性能较水泥和细骨料组成的水泥浆低 ,则粗骨料先被冲成凹坑 ,若粗骨料的抗冲耐磨性能优于水泥浆 ,则挟沙水流先把水泥浆冲掉 ,粗骨料逐渐裸露出来 ,随着冲磨时间的延续 ,粗骨料必将脱落。通常 ,低强度混凝土的水泥浆先被磨蚀掉 ,而高强、超高强混凝土的粗骨料先被磨蚀掉。

图 1 为试验后拍摄的部分抗冲磨试件照片。从图 1(a)可以看出 :基准混凝土和硅粉混凝土试件的表面部分浆体冲磨掉后 ,粗骨料被冲磨形成凹坑 ,硅

粉混凝土 KCSO 冲磨后试件表面比基准混凝土 KCO 有一定程度的改善。从图 1(b)和图 1(c)可以看出 :胶粉混凝土冲磨后 ,试件水泥浆面依然较为平整 ,胶粉均匀分布于浆体中 ,仅有少部分粗骨料受到冲磨破坏 ,与图 1(a)相比 ,胶粉混凝土显示出优异的表面抗冲磨性能 ,掺量为 9% 和 18% 的 8 目胶粉混凝土冲磨后表面的状况优于掺量为 6% 和 12% 的 16 目胶粉混凝土。

2.2 抗冲耐磨试验结果与分析

混凝土抗冲耐磨强度及抗压强度试验结果见表 1。由表 1 看出 :掺量为 9% ,12% ,15% 及 18% 的 8 目胶粉混凝土 ,其抗冲耐磨强度分别比基准混凝土提高 160% ,183% ,225% 和 333% ;掺量为 6% ,9% 及 12% 的 16 目胶粉混凝土 ,其抗冲耐磨强度分别比基准混凝土提高 171% ,306% 和 91%。硅粉混凝土的抗冲耐磨强度仅比基准混凝土提高 86%。该结果表明 ①胶粉的掺入可大幅度地提高混凝土的抗冲耐磨性能 ;②掺 8 目胶粉的混凝土随着掺量的增加其抗压强度递减 ,而抗冲耐磨强度却递增 ;掺 16 目胶粉的混凝土随着掺量的增加其抗压强度递减 ,抗冲耐磨强度出现波动 ,存在最佳掺量问题 ,当掺量为 9% 时抗冲耐磨强度最大。胶粉混凝土与传统意义上的抗冲磨混凝土不同 ,并不是抗压强度越高其抗冲磨强度也就越高 ,即胶粉混凝土的抗冲耐磨强度与抗压强度不成正比。

表 1 混凝土抗冲耐磨强度及抗压强度试验结果

混凝土 编号	抗冲磨强度/ (h · (kg · m ⁻²) ⁻¹)	抗冲磨强度 相对倍数	磨损率/ %	抗压强度 /MPa	
				7 d	28 d
KCO	7.83	1.00	3.65	41.8	48.8
KCSO	14.53	1.86	1.92	45.1	62.8
KC8-9	20.35	2.60	1.46	35.1	39.1
KC8-12	22.12	2.83	1.35	32.1	37.1
KC8-15	25.43	3.25	1.18	28.7	35.6
KC8-18	33.91	4.33	0.89	22.8	30.1
KC16-6	21.20	2.71	1.43	34.7	39.6
KC16-9	31.79	4.06	0.94	28.0	34.5
KC16-12	14.96	1.91	1.99	26.1	31.5



图 1 混凝土试件冲磨后的照片

混凝土是一种以胶凝材料、水、砂石骨料及掺合料、外加剂混合而形成的一个多相体。决定这种多相体抗冲耐磨性能的主要有 2 个方面,一个是组成材料本体的抗冲磨性,另一个是各种材料相互结合是否牢固的性能。混凝土中掺入硅粉、粉煤灰、聚丙烯纤维、矿渣、铁矿石是从配制高强高性能混凝土出发,改善水泥浆与骨料界面的黏结,使粗骨料在磨损作用时难以被破坏,从而提高混凝土的整体抗冲磨强度。胶粉的掺入是从提高组成材料本体方面改善混凝土的抗冲耐磨性能,但降低了水泥浆及其与骨料界面的黏结强度,使材料相互结合牢固的性能减弱,混凝土的强度随着胶粉掺量的增加而降低,但若仅从抗冲耐磨强度来看,胶粉混凝土与同水泥用量的硅粉混凝土和基准混凝土相比,其抗冲耐磨强度分别提高了 2 倍和 3 倍。这说明胶粉混凝土的抗冲耐磨性能非常优越,优于硅粉混凝土,更优于普通混凝土。由此,混凝土强度越高抗冲耐磨性能越强的理论不适用于胶粉混凝土,有关胶粉混凝土抗冲耐磨理论需进一步研究。

3 结 论

a. 胶粉混凝土的抗冲耐磨性能非常优越,与同水泥用量基准混凝土和硅粉混凝土相比,其抗冲耐

磨强度分别提高 3 倍和 2 倍。

b. 在一定的掺量范围内,胶粉颗粒粒径越大、掺量越多,抗冲耐磨性能越好。掺 8 目胶粉的混凝土随着掺量的增加,抗冲耐磨强度递增,掺 16 目胶粉的混凝土当掺量为 9% 时抗冲耐磨强度最大,掺 6% 时的抗冲耐磨强度大于掺 12% 时的抗冲耐磨强度。

c. 胶粉混凝土的抗冲耐磨强度与抗压强度不成正比。混凝土抗压强度越高其抗冲耐磨能力越强的理论不适用于胶粉混凝土,胶粉混凝土抗冲耐磨理论需进一步研究。

参考文献:

[1] 宋少民,刘娟红,金树新. 橡胶粉改性的高韧性混凝土研究[J]. 混凝土与水泥制品,1997(1):10-11.
[2] 曾玉珍,廖正环. 废旧轮胎在国外道路工程中的应用[J]. 国外公路,2000,20(1):39-42.
[3] 李锐,王玲. 橡胶集料混凝土研究进展综述[J]. 混凝土,2000(4):91-95.
[4] 董建伟,袁琳,朱涵. 橡胶集料混凝土的试验研究及工程应用[J]. 混凝土,2000(7):69-71.
[5] 潘东平,刘锋,李丽娟,等. 橡胶混凝土的应用与研究概况[J]. 橡胶工业,2007(2):182-185.
[6] DL/T5207—2005 水工建筑物抗冲磨防空蚀混凝土技术规范[S].

(收稿日期 2007-12-12 编辑 高建群)

(上接第 26 页)

[7] 吕映春,王飞儿,陈英旭,等. 千岛湖水体叶绿素 a 与相关环境因子的多元分析[J]. 应用生态学报,2003,14(8):1347-1350.
[8] 曾勇,杨志峰,刘静玲. 北京市北环水系富营养化因子分析[J]. 应用生态学报,2005,16(8):1513-1517.
[9] 卢亚芳,黄永春,黄世玉,等. 厦门杏林湾水库浮游植物密度与生态因子的灰关联分析[J]. 台湾海峡,2002,21(2):209-216.
[10] SARKAR R R, PETROVSKII S V, Biswas M, et al. An ecological study of a marine plankton community based on the field data collected from Bay of Bengal[J]. Ecological Modelling, 2006, 193: 589-601.
[11] BEAMUD S G, DIAZ M M, PEDROZO F L. Summer phytoplankton composition and nitrogen limitation of the deep, naturally-acidic (pH-2.2) Lake Caviahue, Patagonia, Argentina[J]. Limnologia, 2007, 37: 37-48.
[12] RANTAJÄRVI E, GRAN V, HÄLLFORS S, et al. Effects of environmental factors on the phytoplankton community in the Gulf of Finland - unattended high frequency measurements and multivariate analyses[J]. Hydrobiologia, 1998, 363: 127-139.
[13] ÁLVAREZ-GÓNGORA C, HERRERA-SILVEIRA J A.

Variations of phytoplankton community structure related to water quality trends in a tropical karstic coastal zone[J]. Marine Pollution Bulletin, 2006, 52: 48-60.
[14] NASELLI-FLORES L. Phytoplankton assemblages in twenty-one Sicilian reservoirs: relationships between species composition and environmental factors[J]. Hydrobiologia, 2000, 424: 1-11.
[15] KUDO I, MATSUNAGA K. Environmental factors affecting the occurrence and production of the spring phytoplankton bloom in Funka Bay, Japan[J]. Journal of Oceanography, 1999, 55(4): 505-513.
[16] ZHAO Liang, WEI Hao. The influence of physical factors on the variation of phytoplankton and nutrients in the Bohai Sea[J]. Journal of Oceanography, 2005, 61(4): 335-342.
[17] 张凤玲,刘静玲,杨志峰. 城市河湖生态系统健康评价——以北京市“六海”为例[J]. 生态学报,2005,25(11): 3019-3027.
[18] GB3838—2002 地表水环境质量标准[S].
[19] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
[20] 曾光明,杨春平,卓利著. 环境系统灰色理论与方法[J]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994.

(收稿日期 2007-09-07 编辑 高建群)