

呋喃树脂混凝土的力学性能及其应用

杨 锐¹, 晏石林², 张 炎², 余 波³

(1. 华中农业大学工程技术学院, 湖北 武汉 430070; 2. 武汉理工大学工程结构与力学系, 湖北 武汉 430070;
3. 黄石汇波防腐有限公司, 湖北 黄石 435002)



【摘 要】 采用劈裂抗拉强度试验分析了呋喃树脂混凝土的抗拉强度等力学性能, 并利用有限元方法对呋喃树脂混凝土在电解槽中的应用及受力情况进行了一定的研究分析。结果表明在电解槽结构中使用呋喃树脂混凝土替代普通混凝土不仅仅在力学性能上完全能够满足要求, 而且在防腐性和耐久性上也有较大的提高。

【关键词】 树脂混凝土; 抗拉强度; 呋喃树脂; 劈裂试验; 电解槽

【中图分类号】 TU528.572 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1002-3550(2005)02-0080-03

Mechanical properties and applications of furan resin concrete

杨 锐

YANG Rui¹, YAN Shi-lin², ZHANG Yan², YU Bo³

(1. School of Engineering Technology, HZAU, Wuhan 430070, Hubei, China;
2. Dept. of Engineering Structure and Mechanics, WHUT, Wuhan 430070, Hubei, China;
3. Huangshi Huibo Anti-corrosion, Huangshi 435002, Hubei, China)

Abstract: This paper presents a study on the mechanical properties and applications of furan resin concrete, in which both the crack test and the finite element analyzes are adopted to investigate the tensile strength and applications in electrobath of furan resin concrete. The conclusions indicate that furan resin concrete to replace concrete not only can be satisfied with the mechanical properties, but also have higher load support capability and resistance to corrosion.

Key words: resin concrete; tensile strength; furan resin; crack test; electrobath

0 前言

呋喃树脂混凝土作为一种理想的防腐材料被广泛的应用于工业上的各个领域, 由于其独特的物理性能和良好的力学性能, 它能够被用来制造各种防腐设施(如蓄槽、酸洗槽、排水函管等)和建筑构件(如排液管、盖板等), 特别是在近几十年间它得到了巨大的发展, 在冶金、轻工、石油等方面发挥了巨大的作用^[1]。本文主要讨论的就是在试验的条件下对呋喃树脂混凝土的力学性能进行分析和利用有限元软件对它在电解槽方面的应用进行研究。

1 呋喃树脂混凝土的基本特点

当钢筋混凝土结构存在于具有腐蚀性的环境中时, 钢混结构会很快受到腐蚀破坏, 例如钢筋混凝土电解槽的使用寿命较短, 容易发生电解液渗漏和钢筋腐蚀等现象。同样在许多其他的钢筋混凝土结构中也存在因腐蚀而影响结构耐久性的问题。因此若能找到一种具有优越防腐性能的混凝土材料来替代普通混凝土的话, 将能够取得巨大的经济效益。

而呋喃树脂具有粘度低, 防腐性能好和耐热性

能高等独特的物理性能, 可以在 180℃ 的高温下和酸碱交替的环境中长期使用, 具有其它普通混凝土所不能比拟的优点^[2]。另外, 这种混凝土也具有抗拉强度高或较好的力学性能。因此当处在一些具有腐蚀性的特殊工作环境下的时候, 我们可以使用这种呋喃树脂混凝土来很好的满足我们的要求。如使用呋喃树脂混凝土制造的电解槽就充分的利用了这些优点来满足它在工作状态中的各种要求。

2 试验

在对呋喃树脂混凝土进行整体研究之前我们必须先对样品试件的力学性能进行初步的分析。在本文中, 由于呋喃树脂混凝土在应用中主要处于拉伸状态, 因此我们着重于研究呋喃树脂混凝土的抗拉强度。为了达到这个目的, 我们可以采用劈裂抗拉强度试验的方法来研究混凝土的抗拉强度。试验过程包括分别选取三组 XLZ 和 YJ 呋喃树脂混凝土样品试件, 对它们进行测试得出破坏荷载的大小, 根据公式计算出它们各自的拉伸应力强度, 最后根据它们的拉伸应力强度进行比较^[3]。

首先, 我们选取三组 XLZ 呋喃树脂混凝土试件和

三组 YJ 呋喃树脂混凝土试件来进行试验。这些试件的尺寸大小我们可以采用骨料的最大粒径不大于 40mm 的 150mm×150mm×150mm 标准试件或骨料的粒径不大于 20mm 的 100mm×100mm×100mm 非标准试件,在本次试验中,我们采用 100mm×100mm×100mm 的非标准试件。

然后我们就开始对试件进行试验,所采用的试验设备包括万能试验机、垫条等。将试件擦洗干净,测量尺寸,检查外观,并在试件中部划线定出劈裂面的位置(应与试件成形时的顶面垂直)之后,将试件放在材料试验机下压板的中心位置上,在上、下压板与试件之间垫以圆弧形垫条及垫层各一条,垫条应与成形时的顶面垂直,见图 1。最后开动材料试验机直到呋喃树脂混凝土试件开裂破坏为止,记录下此时的破坏荷载的大小。

在试验中所记录尺寸大小,横截面面积和破坏荷载的大小我们记录在表 1 中,从中我们可以知道各种试验数据。

当测出了试件的破坏荷载之后,我们利用如下公式就可以求出呋喃树脂混凝土试件的劈裂抗拉强度了。最后计算的各个试件的劈裂抗拉强度以及两种呋喃树脂混凝土试件的平均劈裂抗拉强度如表 2 中所示。

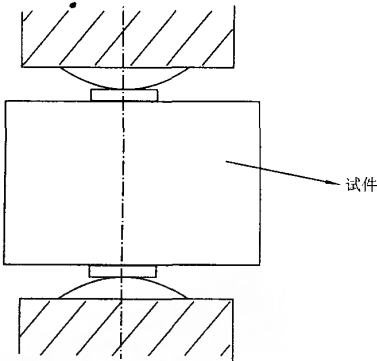


图 1 劈裂抗拉试验示意图

表 1 劈裂抗拉试验数据表

	试件尺寸/mm	横截面积/mm ²	破坏荷载大小/kN
XLZ 试件 1	100.90×101.10×101.06	A1=10200.99	P1=79
XLZ 试件 2	99.06×101.28×101.90	A2=10032.80	P2=99
XLZ 试件 3	100.46×101.12×99.86	A3=10158.52	P3=93
YJ 试件 1	100.04×101.28×100.66	A1=10132.05	P1=93
YJ 试件 2	100.38×99.46×99.92	A2=9983.79	P2=103
YJ 试件 3	101.32×99.86×101.04	A3=10117.82	P3=91

$$f_{ts} = \frac{2P}{\pi A} = 0.637 \frac{P}{A}$$

式中 f ——混凝土劈裂抗拉强度,MPa;
 P ——破坏荷载,N;
 A ——试件劈裂面面积,mm²。

表 2 劈裂抗拉强度

MPa

试件类型	XLZ 试件 1	XLZ 试件 2	XLZ 试件 3	YJ 试件 1	YJ 试件 2	YJ 试件 3
劈裂抗拉强度	$f_1 = 5.0323$	$f_2 = 6.3063$	$f_3 = 7.0389$	$f_1 = 5.9241$	$f_2 = 6.5611$	$f_3 = 5.7967$
平均劈裂抗拉强度	$f = 6.1258$			$f = 6.0940$		

由以上试验结果我们可以看出呋喃树脂混凝土具有较好的劈裂抗拉强度,从力学性能上来说能够较好的满足工业的要求。在以后的分析中我们将在此基础上研究呋喃树脂混凝土的极限荷载和它的整体工作性能。

3 有限元分析

在对呋喃树脂混凝土进行试验研究之后,我们开始对呋喃树脂混凝土进行整体研究。在本文中,我们着重研究了呋喃树脂混凝土在电解槽中的应用^[4,6,8]。也就是分析呋喃树脂混凝土电解槽处在工作状态的时候各处呋喃树脂混凝土所受到的应力状态。为了达到这个目的,我们利用 ALGOR 软件对呋喃树脂混凝土电解槽建立一个三维线形有限单元模型来模拟它的应力状态^[7],如图 2 所示。并且由于对称性的原则,我们可以只取电解槽的四分之一来进行分析,就可以清楚的知道电解槽的真实受力情况了^[5],如图 3 所示。

当电解槽的有限元模型建立好以后,就开始对电

解槽进行力学分析计算,我们取呋喃树脂混凝土为槽体,普通钢筋作为配筋的电解槽来进行计算,各材料的系数和荷载数据如下:

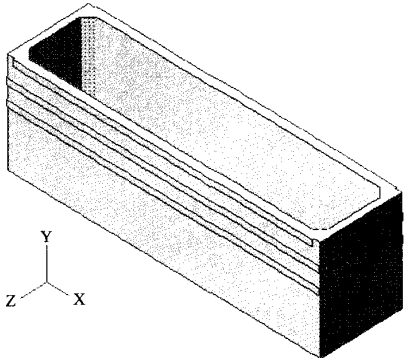


图 2 电解槽的整体模型

呋喃树脂混凝土:重力密度 $2.45 \times 10^{-5} \text{N/mm}^3$, 杨氏模量 $1.6 \times 10^4 \text{MPa}$,泊松比 0.2;钢筋:杨氏模量 $2 \times 10^5 \text{MPa}$,泊松比 0.3,直径 5 mm,剪切模量 17.42mm^2 ;电解液:ZnSO₄ 密度为 $1.5 \times 10^{-6} \text{kg/mm}^3$;阳极板:共 46 块,55 kg/块;阴极板:共 46 块,40kg/块。

脂混凝土中加入加强钢筋或纤维,如本篇论文中的电解槽就是加入了加强钢筋来提高它的力学性能的。因此,从力学性能上来说呋喃树脂混凝土是一种较为

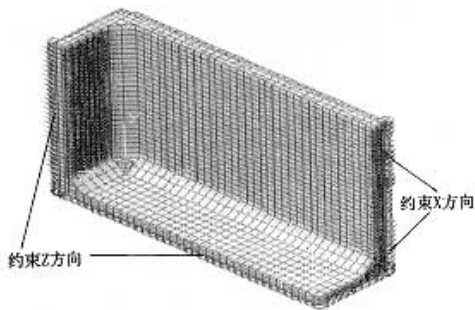


图3 电解槽的四分之一模型

因此我们可以得到电解槽的最大应力分布图、最小应力分布图以及位移分布图和钢筋受力分布图。

由上列各图中我们可知电解槽的各种应力和位移分布,其中最大主应力为 3.9MPa,位于壁板和底板相交的位置。最小主应力为 1.0MPa。最大位移为 0.35mm 以及最大位移的位置。钢筋的最大组合应力为 164MPa。这样我们就对呋喃树脂混凝土电解槽的各种受力状态有了一个大致的了解。

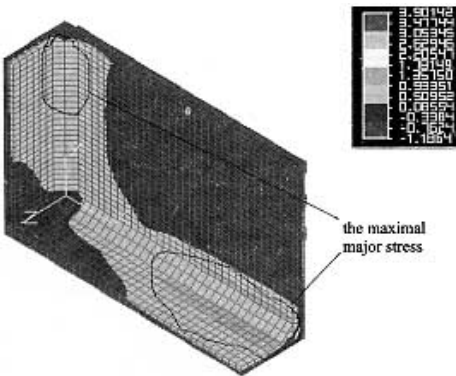


图4 最大主应力分布图

4 结论

在我们对呋喃树脂混凝土电解槽进行了试验研究和理论分析之后,对呋喃树脂混凝土的力学性能和应用情况有了一个大概了解。在理论上,钢筋加强呋喃树脂混凝土电解槽的最大主应力为 3.9MPa,而由试验得出的呋喃树脂混凝土的劈裂抗拉强度为 6.1MPa,所以我们可知呋喃树脂混凝土在强度上是完全能够满足要求的。而且在将呋喃树脂混凝土应用于实际时,为了加大它的力学性能,往往在呋喃树

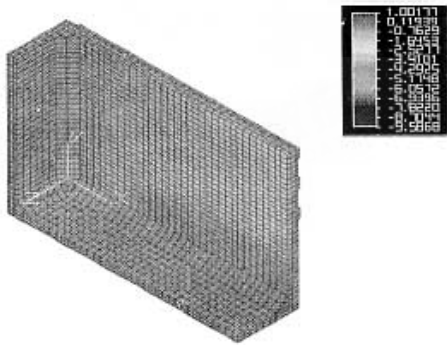


图5 最小主应力分布图

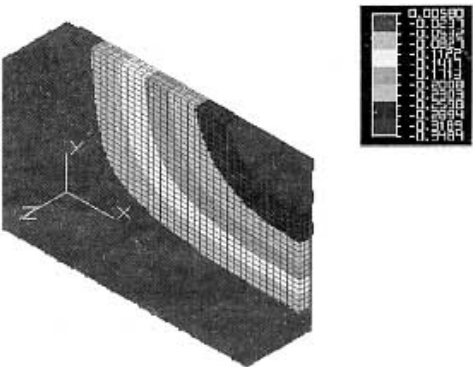


图6 位移分布图

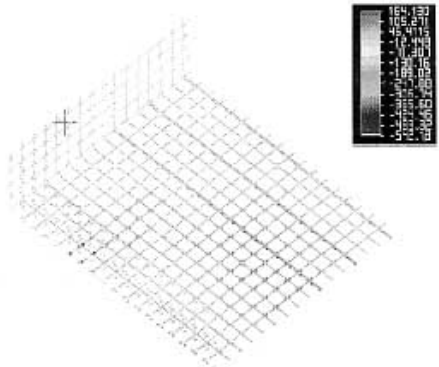


图7 钢筋受力分布图

井内灌水,当水头达到要求高度时,检查砖堵、管身、井身,有无漏水,如有严重渗漏应进行封堵。待浸泡24小时后,再观察渗水量,对渗水量的测定时间不应少于30分钟。

8.3 控制好闭水试验的水位

水位应为试验段上游管段内顶以上2m,如上游管内顶到检查井的高度不足2m,闭水试验的水位可到井口为止。

8.4 正确计算渗水量

由文献[3]中的渗水量计算公式改进后得:

Q = (pi * R^2 * n * H) / (L * t) * 24 * 1000

式中 Q——实际渗水量, m³/(km·d);
piR²——检查井上口面积(水面处), m²;
H——测检查井内水位下渗高度, m;
L——闭水管道长度, m;
n——试验段内检查井座数;
t——闭水时间, h。

当 Q 小于或等于允许渗水量时,即试验合格。

9 回填土的质量控制

9.1 对回填土土质的要求

回填土中不得含有碎砖、石块、混凝土碎块及大于10cm的硬土块;填土含水量以接近最佳含水量为

宜。还土前,应对所还土壤进行轻型标准击实试验,测出其最佳含水量和最大干密度;回填时槽内应无积水,不得回填淤泥、腐殖土、冻土及有机物。

9.2 控制每层回填土厚度

管沟回填应分层夯实,每层厚度不大于30cm,每层填土的密实度要按规范进行检测,合格才能继续回填;要求管道两侧同时进行填土,两侧高差不大于30cm。

9.3 回填土密实度的要求

管沟胸腔部位密实度不小于90%;管顶50cm范围内密实度应在85%~88%之间,以防压坏管材和盖板;管顶50cm以上密实度要求同路基密实度要求一样。

混凝土排水管道工程是隐蔽工程,只有加强施工过程中各个环节的质量控制,才能防止各种质量问题的发生,确保整体工程施工质量达到优良。

[参考文献]

[1]苏树铮.给排水管道设计和施工的几个问题[J].电力建设,2003(2).
[2]高武勤.明挖施工排水管道接口抹带质量控制[J].建筑技术,2002(11).
[3]余荣庄,等.市政工程质量通病及防治[M].北京:中国建筑出版社,1998.577-578.

[作者简介] 王树森,1972年出生,男,内蒙古化德人,讲师。
[单位地址] 江西省南昌市双港路华东交通大学基础科学学院(330013)
[联系电话] 0791-7046216(办);0791-6821450(宅);
13970918182;E-mail:ncwssen@163.com

·上接第79页·

[16]Ervin Poulsen. Chloride profiles: Analysis and interpretation of observations[R]. Denmark: AEC Laboratory.
[17]GB 50010-2002,混凝土结构设计规范[S].
[18]李学礼.水文地球化学[M].北京:原子能出版社,1988.
[19]俞震豫.浙江土壤[M].杭州:浙江科学技术出版社,1994.
[20]王绍东,黄煜煊,王智.水泥组分对混凝土固化氯离子能力的影响[J].硅酸盐学报,2000,28(6):570-574.
[21]Peter J. Tumidajski, G. W. chan. Durability of high performance concrete in magnesium brine[J]. Cement and Concrete Research, 1996, 26(4):557-565.
[22]P. W. Brown, Steven Badger. The distributions of bound sulfates and chlorides in concrete subjected to mixed NaCl, MgSO4, Na2SO4 attack[J]. Cement and Concrete Research, 2000, 30(10):1535-1542.
[23]S. Go? i, Ma. S. Hernández, A. Guerrero, Ma. P. Lorenzot. Effect of the temperature on the leaching performance of the cement-based im-

mobilization systems; sulfate and chloride behavior[J]. Cement and Concrete Research, 1997, 27(4):515-524.
[24]王凯熊.水化学[M].北京:化学工业出版社,2001.

[作者简介] 侯敬会,1979年生,男,浙江大学结构工程研究所硕士研究生;宋志刚,1974年生,男,云南楚雄人,工学博士;金伟良,1961年生,男,教授,博士生导师。
[单位地址] 浙江大学结构工程研究所;浙江大学玉泉校区31舍612室(310027)
[联系电话] 0571-87995244(宿舍);13185009474;E-mail: adial@zju.edu.cn

·上接第82页·

理想的混凝土材料。

另外,如前面概述所说呋喃树脂混凝土以其优良的防腐性能、绝缘性能和耐酸碱性能使得它在一些特殊的工作环境下能够长期稳定的使用,这也是它的一个突出的物理性能。本篇论文所说的呋喃树脂混凝土在电解槽方面的应用就是在充分考虑到呋喃树脂混凝土的物理性能的基础上来进行研究和设计的,因此这种材料在工业上的应用前景将会越来越广泛。

[参考文献]

[1]余波,徐济美,曾先锋.“汇波牌”XLZ型呋喃树脂的发展及应用[J].有色冶炼,2001(14).

[2]程艾琳.呋喃树脂性质的几点分析[J].玻璃钢/复合材料,1999(3).
[3]纪牛生,陈伟,张应立,等.常用建筑材料手册[J].中国建筑材料工业出版社.
[4]胡国曾.呋喃树脂混凝土铜电解槽[M].北京:中国腐蚀与防护学会建筑工程专业委员会会议论文选编.1994.
[5]丁浩江,何福保,许兴,等.弹性和塑性力学中的有限元问题[M].机械工业出版社,1989.
[6]胡国曾,李宏早.聚合物混凝土铜电解槽及其经济效益[C].北京:中国腐蚀与防护学会建筑工程专业委员会会议论文选编.1994.
[7]裴若娟. Super SAP应用与技巧[M].武汉:华中理工大学出版社,2000.
[8]黄石.黄石汇波防腐技术有限公司.汇波整体电解槽用户指南[J].

[作者简介] 杨锐,1978年生,女,助教。
[单位地址] 华中农业大学工程技术学院(430070)
[联系电话] 027-62748472

呋喃树脂混凝土的力学性能及其应用

作者: 杨锐, 晏石林, 张炎, 余波, YANG Rui, YAN Shi-lin, ZHANG Yan, YU Bo
作者单位: 杨锐, YANG Rui (华中农业大学工程技术学院, 湖北, 武汉, 430070), 晏石林, 张炎, YAN Shi-lin, ZHANG Yan (武汉理工大学工程结构与力学系, 湖北, 武汉, 430070), 余波, YU Bo (黄石汇波防腐有限公司, 湖北, 黄石, 435002)
刊名: 混凝土 
英文刊名: CONCRETE
年, 卷(期): 2005 (2)
被引用次数: 2次

参考文献(8条)

1. 余波;徐济美;曾先锋 汇波牌“XLZ型呋喃树脂的发展及应用[期刊论文]-有色冶炼 2001 (14)
2. 程艾琳 呋喃树脂性质的几点分析[期刊论文]-玻璃钢/复合材料 1999 (03)
3. 纪午生;陈伟;张应立 常用建筑材料手册
4. 胡国曾 呋喃树脂混凝土铜电解槽 1994
5. 丁浩江;何福保;许兴 弹性和塑性力学中的有限元问题 1989
6. 胡国曾;李宏早 聚合物混凝土铜电解槽及其经济效益 1994
7. 裴若娟 Super SAP应用与技巧 2000
8. 黄石 汇波整体电解槽用户指南

本文读者也读过(10条)

1. 晏石林, 余启明, YAN Shi-lin, YU Qi-ming FRP筋呋喃树脂混凝土梁蠕变性能试验研究[期刊论文]-武汉理工大学学报2006, 28(9)
2. 曾海燕 纤维增强呋喃树脂混凝土的力学性能研究[学位论文]2004
3. 郭玉玲, 白继昌, 张进凯, 郭秀楼 呋喃树脂自硬砂在纺织机械铸铁件上的应用[期刊论文]-纺织机械2009 (1)
4. 曾海燕, 晏石林 杜拉纤维增强呋喃树脂混凝土的力学性能研究[期刊论文]-混凝土2004 (5)
5. 方珠芳, 卢波, 段京虎, 翁泽宇, FANG Zhufang, LU Bo, DUAN Jinghu, WENG Zeyu 树脂混凝土构件动态特性的有限元模态分析[期刊论文]-制造技术与机床2009 (1)
6. 张小平, 余跃惠, 戴向东, 罗跃, 王正良 改性呋喃树脂在气井固砂中的应用[期刊论文]-石油钻探技术2000, 28 (2)
7. 吴隆 高速铣床树脂混凝土床身制造的研究[期刊论文]-现代制造工程2004 (2)
8. 董晓智, 孙丽群 树脂混凝土在工程上的应用[期刊论文]-中国科技博览2010 (17)
9. 刘敬福, 李赫亮, 牟新, LIU Jing-fu, LI He-liang, MU Xin 碳纤维增强聚合物树脂混凝土力学性能研究[期刊论文]-机械工程材料2005, 29 (8)
10. 周梅, 刘书贤 填料品种和用量对树脂混凝土强度的影响[期刊论文]-新型建筑材料2001 (3)

引证文献(2条)

1. 周梅, 朱涵, 王美丽, 李志国 固体废弃物制备树脂混凝土的试验研究及应用[期刊论文]-硅酸盐通报 2008 (3)
2. 段春华, 赵希娟, 王炜, 郑旗 呋喃树脂类防腐蚀材料研究应用进展[期刊论文]-粘接 2012 (2)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hnt200502022.aspx