

文章编号 :1007 - 649X(2000)03 - 0057 - 03

酸性环境下结构受弯构件的加速腐蚀试验

赵 卓¹, 张 玲², 赵 磊³

(1. 郑州工业大学土木建筑工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州市电信局, 河南 郑州 450052; 3. 河南水利电力对外公司, 河南 郑州 450003)

摘 要: 酸性环境对钢筋混凝土结构具有较强的腐蚀作用, 长期作用下, 结构的安全性将由于结构的腐蚀损伤而降低. 针对酸性环境下钢筋砼受弯构件进行了整体加速腐蚀试验研究, 验证了已有钢筋混凝土结构的基本腐蚀理论, 分析了不同类型、不同浓度酸性介质对结构的腐蚀作用及结构的基本腐蚀损伤过程, 确立了结构中钢筋腐蚀电流密度随结构服役时间的变化性, 为建立结构的腐蚀速率模型提供了基本的数据, 并为进一步分析受腐蚀结构的耐久性提供依据.

关键词: 酸性环境; 受弯构件; 腐蚀试验

中图分类号: TU 31 **文献标识码:** A

0 引言

钢筋混凝土一直被认为是一种省能、经济、用途极为广泛的人工耐久性材料. 但是, 近来却发现甚多的钢筋混凝土结构, 尤其是处于化学腐蚀性介质或其他特殊环境下的结构, 由于设计、施工或使用不当, 少则几年, 多则十几年就会出现因钢筋锈蚀而引起砼结构开裂破损, 甚至崩溃.

我国在建国初期投建的大批化工企业, 由于当时存在的设计、施工、材料、技术等方面水平较低, 人为地强调结构设计低标准、结构施工高速度以及偷工减料、维修管理不善等因素, 给这些结构的正常使用留下了隐患和先天不足. 另外, 由于化工行业的特殊性, 在化工生产环境中, 存在着大量的腐蚀性介质, 对在役结构造成了不同程度的损伤. 这些损伤显然会引起结构构件及结构整体抗力的降低, 在预期荷载不变的情况下, 结构的可靠度就会降低, 并可能会使所设计的结构在未达到设计使用期就已经破坏.

针对钢筋砼结构的腐蚀, 实际进行的试验研究工作并不多见, 而且主要集中于对单一材料进行的力学性能方面的试验, 未有针对结构构件综合考虑钢筋及砼协同工作及材料力学性能随时间变化情况的试验. 根据这一实际情况, 我们在英国

利物浦大学土木系首次进行了结构受弯构件的加速腐蚀试验, 以达到以下目的:

(1) 研究检验已有的钢筋砼结构的结构材料腐蚀机理;

(2) 在酸性环境及一定荷载作用下, 结构中钢筋的腐蚀程度与其材料力学性能改变之间的关系, 建立钢筋砼结构在酸性腐蚀环境下, 其结构材料的力学性能及结构整体工作性能随时间变化的函数关系模型;

(3) 研究检验已有商业检测设备的可靠性.

1 加速腐蚀试验^[1~3]

1.1 试验设计

(1) 试验梁混凝土采用波特兰水泥及轻骨料.

(2) 试验梁中受弯钢筋采用 2Φ12 的光面钢筋, 箍筋大小及间距为 Φ6@100, 受压及架立钢筋采用 2Φ6 的光面钢筋, 钢筋的抗拉强度设计值 $f_y = 250 \text{ N/mm}^2$.

(3) 所有试验梁的截面为 120 mm × 180 mm, 长度为 1500 mm, 采用两端简支的形式.

(4) 每根试验梁跨中受拉区预埋一根长 100 mm 的 Φ12 的光面钢筋, 并预留导电端头于梁外, 预埋短钢筋与整个钢筋笼隔离. 预埋短钢筋是

收稿日期: 2000 - 04 - 08; 修订日期: 2000 - 05 - 25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(59278354) 英国皇家学会联合资助项目

作者简介: 赵 卓 (1970 -) 男, 河南省郑州市人, 郑州工业大学讲师, 博士, 主要从事结构耐久性方面的研究.

为了在采用 LPR 法检测钢筋腐蚀速率时,已知受外加电流影响的钢筋面积.

(5) 每根试验梁钢筋笼端部焊接一钢杆,与钢筋笼保持良好的电接触性,并预留导电端头于梁外,以便于钢筋腐蚀电位的监测.

1.2 试验因素水平的正交设计

在加速试验中,主要考虑 3 个因素的影响作用,如表 1 所示.

表 1 短期试验影响因素等级表

因素的等级划分	因素类型		
	酸	酸浓度/%	混凝土等级
1	HCl	0	C 20
2	H ₂ SO ₄	10	C 30

另外,在试验中,各梁的保护层厚度为 25 mm,且均不考虑加载.根据正交试验设计方法,可以得到各试验梁的设计情况,如表 2 所示.

表 2 短期试验各梁设计表

试验梁编号	因素类型		
	酸类型	酸浓度/%	混凝土等级
1	HCl	0	C 20
2	HCl	10	C 30
3	H ₂ SO ₄	0	C 30
4	H ₂ SO ₄	10	C 20

1.3 检测技术

本次试验中,采用了 A. C. M. Instruments 公司生产的线性极化电阻检测设备,设备检测原理如图 1 所示.其工作原理源于由 Stern 和 Geary 提出的线性极化理论,基于该理论就可以通过量测得到的腐蚀电流密度来求得钢筋的平均腐蚀速率^[1].

为保证检测设备的精确性,在图 1 所示的原理模型上,对 A. C. M. 检测设备的精度进行了检验,检测结果满足精度要求^[1].

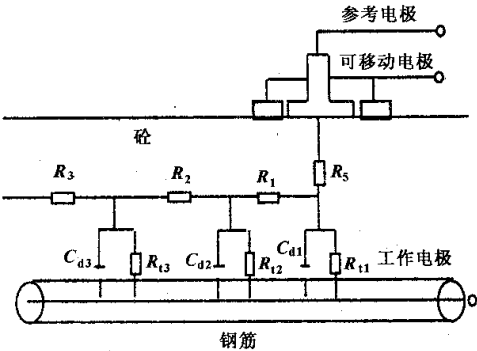


图 1 线性极化电阻检测设备原理图
万方数据

在每次检测时,可以得到在该检测时刻的钢筋电位、线性极化电阻以及砼的 R_s 电阻值.该检测设备的一个优点在于能够对钢筋的锈蚀情况进行连续的观测,这样,从理论上就可以获得钢筋腐蚀速率的变化趋势,有利于对钢筋的未来腐蚀变化趋势作出预测.

通过检测得到的腐蚀电流密度与钢筋腐蚀速率之间的关系如表 3 所示.

表 3 腐蚀速率与钢筋腐蚀电流密度相关关系

腐蚀速率	钢筋腐蚀电流密度/($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)
高	10 ~ 100
中等	1 ~ 10
慢	0.1 ~ 1
钝化	< 0.1

1.4 试验过程

试验持续时间为 10 周,各梁浇筑后第 8 天分别进行劈裂加载,并在梁跨中形成一条竖向微裂缝,以加速钢筋锈蚀的进程.在整个试验过程中,采用不同类型、不同浓度的酸性溶液对各试验梁表面进行周期性刷涂,刷涂后用塑料布进行覆盖以阻止酸液的挥发,并在砼表面干燥后进行检测.

梁 4 在试验开始后的第 3 周左右,砼表面开始有松软的现象,并伴随有灰白色的分泌物.这是由于硫酸与砼内部氢氧化钙反应所产生的硫酸钙渗出的结果.梁 2 砼表面颜色发生改变,呈微灰黑色,有较浅的细小孔洞,这应是盐酸中氢离子与砼中碱性成分中和的结果.

在试验的最后一周,对梁 1 及梁 3 分别进行了破坏实验,并分别从梁 2 及梁 4 中取出两根钢筋试件进行拉伸实验^[1].

梁 2 和梁 4 在整个试验过程其主受力钢筋腐蚀电流密度的变化情况如图 2、3 所示.

两根梁主受力钢筋平均锈蚀电流密度变化情况的比较如图 4 所示.

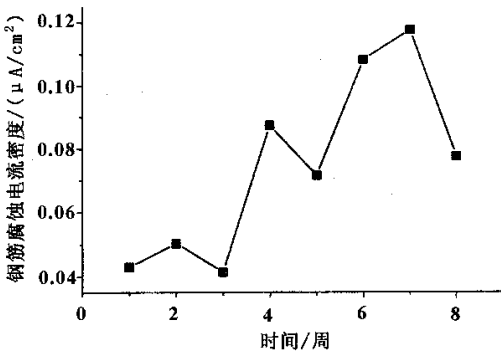


图 2 梁 2 主受力钢筋腐蚀电流密度变化图

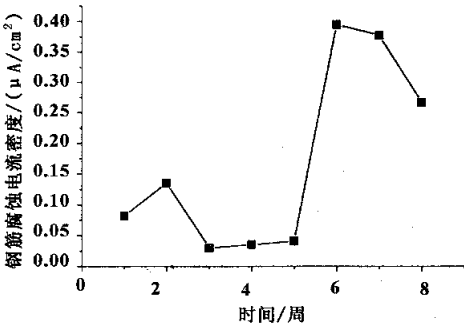


图3 梁4主受力钢筋腐蚀电流密度变化图

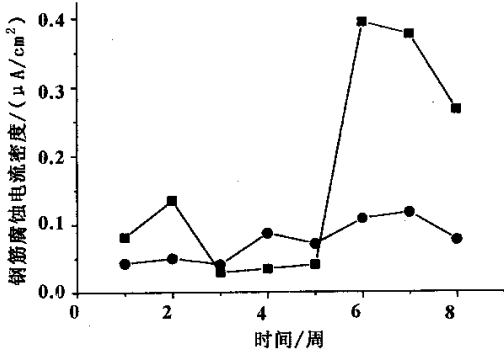


图4 梁2A主受力钢筋腐蚀电流密度比较图

2 结论

在以往的试验工作中,针对受腐蚀结构构件在一段时期内腐蚀破坏速度的检测及构件整体工作性能的试验研究较少,本次试验系在这一方面的首次尝试,并得到了以下几个主要结论:

(1) 研究验证了钢筋砼结构中钢筋与结构砼

的基本腐蚀机理,分析确认了各种腐蚀性介质对结构砼与钢筋的侵蚀作用及不同类型、不同浓度的酸性溶液对结构砼、结构中钢筋的不同腐蚀影响作用。

(2) 研究验证了所使用检测设备的可靠性。通过检测所得结果数据对钢筋锈蚀情况的预测与最终取出钢筋试件的腐蚀情况非常吻合。

(3) 研究分析了钢筋砼结构的基本腐蚀过程,首先是一个初始化阶段,即结构砼保护层的中性化以及有害介质离子(如氯离子)通过砼表面到达钢筋表面并累积到极限浓度的阶段。另外,在排除了设备的不稳定性以及人为等干扰因素的前提下,可以认为钢筋的腐蚀电流密度在腐蚀发展阶段随时间呈正增长趋势。

由于结构腐蚀问题的复杂性,进一步的试验工作与理论研究仍需进行。在本次试验的基础上,建议在以后的研究工作中应注意试验的长期性以及实际化工腐蚀性环境的模拟等方面的问题。

参考文献:

- [1] 赵 卓.受腐蚀钢筋砼结构的可靠性检测诊断与控制维修决策[D].哈尔滨:哈尔滨建筑大学,1998.
- [2] 蔡正永.正交设计在混凝土中的应用[M].北京:中国建筑工业出版社,1985.
- [3] GOWERS K R, MILLARD S G. Eurometer Manual——For Use with the A. C. M. Eurometer in Carrying out Measurements of Linear Polarization Resistance, Electrochemical Potential and Galvanic Current Flow[M]. Liverpool: University of Liverpool, 1996.

The Accelerated Corrosion Test of Structural Bending Members under Acidic Environment

ZHAO Zhuo¹, ZHANG Ling², ZHAO Lei³

(1. College of Civil & Building Engineering Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450052, China; 2. Zhengzhou Telecommunication Bureau Zhengzhou 4500522, China; 3. Henan International Water & Electricity Co. Ltd., Zhengzhou 450003, China)

Abstract For the service structures under acidic environment, the structural safety will decline due to the corrosion damage by the corrosive agents in the environment. In this paper, research of the accelerated corrosion test of structural bending members under acidic environment is done. Based on the test result, the basic corrosion mechanism of the structures is proved, the corrosion effects by different acidic agents and the basic corrosion damage procedures of the corroded structures are analysed, the variability of the reinforcement corrosion current density is estimated. And basic dates for the establishment of the corrosion rate model are given, which is important for further structural durability analysis of the corroded structures.

Key words 酸性环境; bending members; corrosion test