

混凝土工程中钢筋腐蚀检测技术与评价

吴旭 石建光

(厦门大学建筑与土木工程学院 厦门 361005)

摘要: 钢筋腐蚀是公认影响混凝土耐久性的最主要因素¹。钢筋腐蚀检测和腐蚀状况判定可为钢筋混凝土结构的剩余载荷和结构耐久性提供基础数据。同时,混凝土中钢筋锈蚀的及时发现和准确诊断,是结构耐久性评定、剩余使用寿命预测的重要前提。本文简单介绍钢筋在结构中的腐蚀原理后,详细介绍了钢筋混凝土结构中钢筋锈蚀检测的几种检测方法,最后提出钢筋腐蚀检测方法的发展趋势。

关键词: 混凝土 钢筋腐蚀 检测 评价

中图分类号: TU528

文献标识码: A

文章编号: 1004- 6135(2007)05- 0052- 03

Steel bar corrosion monitor technology and appraisal outline In the concrete project

WuXu ShiJianGuang

(College of Architecture and Civil Engineering Xiamen University Xiamen 361005)

Abstract The corrosion of reinforcing steels in concrete is the main reason for the deterioration of durability¹. The examination of the steel bar corrosion and the determination of the corrosion condition may provides the foundation data of the reinforced concrete structure residuary load and the structure durability. At the same time, the prompt discovery and the accurate diagnosis of the steel bar rust eclipses in the concrete is the premise of the structure durability evaluation and the residual life forecasting. This article introduced the principle of the corrosion of reinforcing steels, then introduced several examinations methods when the steel bar rust in the reinforced concrete structure in detail. Finally proposed the development tendency of the corrosion of reinforcing steels in particular.

Key words Concrete Corrosion monitor appraisal

0 前言

第二届混凝土耐久性国际会议 Mehta 教授作题为“5 混凝土耐久性) 五十年进展”的报告¹以来,钢筋腐蚀已成为混凝土耐久性研究的一个热点问题。

钢筋锈蚀的及早发现和诊断是钢筋混凝土结构耐久性评定、剩余使用寿命预测和维修方案选择,最终形成耐久性综合评判系统的重要前提。发展准确可靠的钢筋锈蚀现场检测技术已经成为国内外学者的研究重点。

1 钢筋腐蚀的原理

影响混凝土耐久性的因素主要有钢筋腐蚀、化学腐蚀、冻融循环和碱)集料反应。

1.1 钝化膜破坏原理

两个因素可导致钢筋钝化膜破坏:混凝土中性化或足够浓度的游离氯离子扩散到钢筋表面。

1.2 混凝土中钢筋锈蚀的电化学原理

脱钝后的钢筋腐蚀是一个电化学过程。它的发生需三个条件:钢筋表面存在电位差;钢筋表面钝化膜遭到破坏;钢筋表面有电化学反应和离子扩散所需要的水和氧气。

2 影响钢筋腐蚀原因

影响阴极反应的主要原因是钢筋所在位置的水溶液中氧的含量;影响阳极反应的主要原因有: pH 值、温度、氯离子浓度、混凝土的电阻抗、孔隙水饱和度和水灰比、保护层厚度等²。

3 钢筋腐蚀无损检测方法

3.1 综合分析法:

根据现场实测钢筋直径、保护层厚度等数据,综合考虑构件所处环境情况推断钢筋腐蚀程度。它是一种快速、经济的方法,但该方法只是一种定性测量方法,同时缺乏灵敏度,还带有较大主观性。

3.2 物理检测法:

通过测定钢筋引起电阻、电磁等物理量变化来反映钢筋腐蚀情况。用于混凝土中钢筋锈蚀检测的物理方法有电阻棒法、涡流探测法、射线法、红外热像法及声发射探测法等。本文主要讨论电阻探针法。

3.3 电化学方法:

混凝土中钢筋腐蚀是一个电化学过程,电化学方法是反映其本质过程的有力手段。主要方法有半电池电位法、线性极化电阻法、交流阻抗谱法等。

4 钢筋腐蚀的物理检测方法) 电阻探针法

电阻探针法测量因钢筋锈蚀使钢筋截面积和表面状态发生变化引起的电阻值变化,利用导电原理间接推算钢筋的剩余面积。金属试样的电阻变化与其腐蚀量的关系为:

$$(R_1 - R_0) / R_1 = (S_0 - S_1) / S_0 = (X_0 - X_1) / X_0$$

目前这种方法还没有表征钢筋锈蚀的电阻变化与钢筋腐蚀的明确的关系方程和关系曲线⁴。

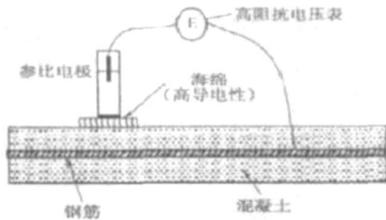
该法只能提供环境锈蚀活动的估测,而且只能测试探头

安装的特殊位置的锈蚀率。

5 钢筋腐蚀的电化学检测方法

5.1.1 半电池电位法

钢筋腐蚀时在钢筋表面形成阳极区和阴极区,这些具有不同电位的区域间将钢筋表面上某一点的电位可通过和参比电极电位作比较来确定出腐蚀情况。该方法可用图一⁵来表示。



图一 铜)硫酸铜半电池

根据美国5混凝土中钢筋的半电池电位试验标准6及我国冶金部、中国建科院等单位的研究成果,应用半电池电位法时混凝土中钢筋腐蚀状态判别标准见表一⁶。

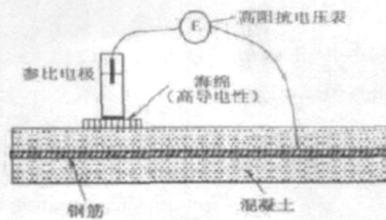
表一 半电池电位法判断钢筋腐蚀标准

标准名称	电位 /mV	判别标准
美国	> - 200	9% 腐蚀概率
ASIMC876	- 200 ~ - 350	50% 腐蚀概率
	< - 350	99% 腐蚀概率
中国冶金部	> - 250	不腐蚀
	- 250 ~ - 400	可能腐蚀
标准	< - 400	腐蚀

该方法在混凝土表面有电阻层以及在阴极保护系统中混凝土表面经常出现沥青防护层时,难用这种方法进行监测。

5.1.2 线性极化电阻法:

Stem和 Geary于 1957年按此关系推导出检测腐蚀速度的一个简单、快速、无损的技术)))线性极化法。该测量方法如图二所示⁶。



图二 线性极化法测量系统图

表二给出了给出了线性极化法测量值与钢筋腐蚀状态关系。

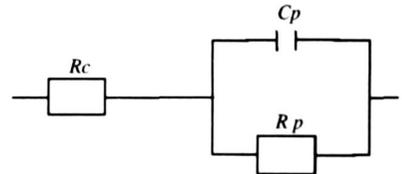
表二 线性极化法测定钢筋腐蚀速度特征值

极化电阻 /(8 /cm ²)	腐蚀电流密度 /(LA /cm ²)	金属损失率 /(mm /年)	腐蚀速度
21.5~ 0125	10~ 100	011~ 1	很高
25~ 215	1~ 10	0101~ 011	高
250~ 25	011~ 1	01001~ 0101	中等,低
> 250	< 011	< 01001	不腐蚀

但此方法只适用于电解质溶液,当电极表面除金属腐蚀以外还伴有其他电化学腐蚀反应时,由于无法将它们区分而导致误差,也只能用于均匀腐蚀的情况,需要其他方法对其IR补偿。

5.1.3 交流阻抗法

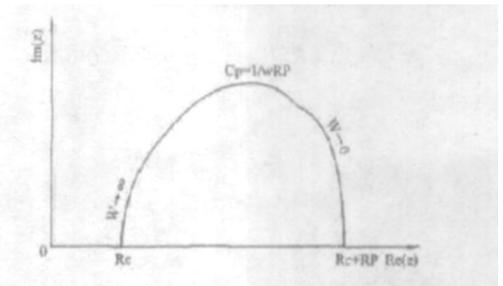
该法采用小幅值的交流信号对体系进行扰动,得到 Niquist图、Bode图,对这些图谱进行解析,可以得到与腐蚀过程相关的电化学参数,从而确定钢筋的腐蚀状态和腐蚀速率。如图三所示:



图三 钢筋腐蚀体系的简化等效电路图

$$Z = \left[R_c + \frac{R_p}{1 + X^2 C_p^2 R_p^2} \right] - j \frac{X C_p R_p^2}{1 + X^2 C_p^2 R_p^2}$$

以上式的实部为 x轴,虚部为 y轴作图,得到图四所示电路的阻抗谱图。



图四 等效电路的阻抗图

该方法可定量测定腐蚀速率,且同时得到其他相关信息:在高频段得到混凝土的介电性质,在低频段得到钢筋表面钝化膜的性质。

除上述电化学方法可用于钢筋腐蚀检测外,此外还有电化学噪声法、场图象技术、恒电量技术、光电化学法等。

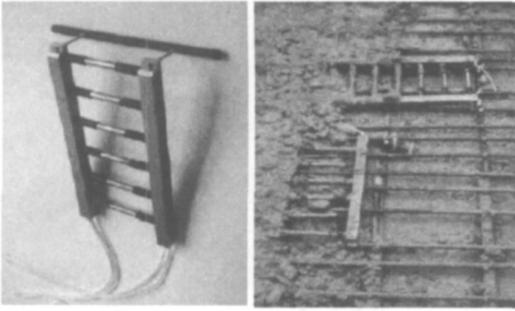
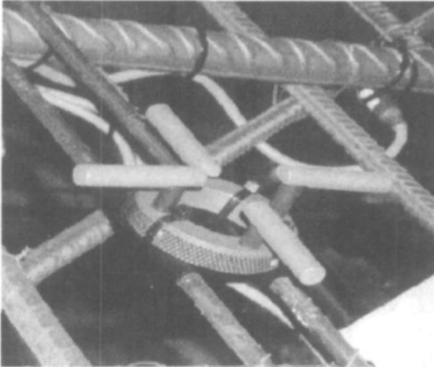
6 钢筋腐蚀检测的发展趋势

目前,许多专家学者都致力于发展在线实时监测系统。该系统可在不损伤混凝土表面的前提下,通过对埋入混凝土内部不同深度的钢筋传感器,准确测量引起钢筋的腐蚀情况,可长期地测量混凝土中钢筋锈蚀的程度及深度。

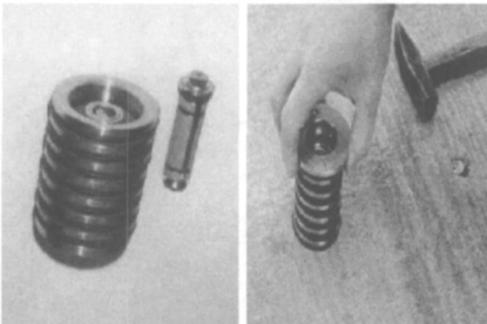
80年代末,德国亚琛工业大学土木工程研究所 PI Schiel, MI Raupach, WI Breit等发明了梯形阳极混凝土结构预埋式耐久性无损监测传感系统⁷。如图五示。

相同原理的监测系统还有丹麦 FORCE公司稍晚开发的 Nagel-System图六示等。

对于已建成的重要基础设施工程,为了跟踪混凝土结构的耐久性情况,德国亚琛工业大学还研发了后装环形阳极监测系统图七示。该系统由阳极环和阴极棒组成,通过在结构上钻孔安装就位。

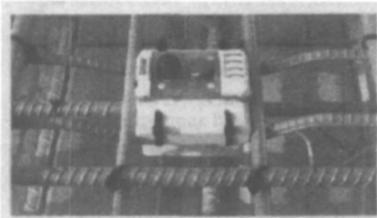
图五 预埋式耐久性无损监测传感系统⁸

图六 丹麦的 Nagel - System 监测系统



图七 后装环形阳极监测系统

为了测量更多的参数,美国生产了如图八示的 ECI-1型嵌入型钢筋腐蚀测量装置。但由于其体积太大,影响钢筋周围的腐蚀环境,其数据真实性有待商榷。

图八 ECI-1型嵌入型钢筋腐蚀测量装置¹⁰

以上这些措施在国内外和我国台湾地区工程中已经开始应用,在我国新建的杭州湾大桥采用了类似的传感器装置。但它们售价较贵,对于普通工程仍不能得以推广使用。

发展混凝土结构无损检测数据处理系统、原位无损检测

技术、钢筋腐蚀监测传感器¹²以及把腐蚀检测与计算机综合运用将成为以后钢筋腐蚀检测的一个大的趋势。

8 结论

钢筋混凝土结构中钢筋腐蚀检测具有重要意义。本文总结了目前国内外钢筋混凝土结构中钢筋腐蚀检测方法。这些方法各有特点,但是距工程实用的要求还有一定的差距。目前还没有找到一种简单有效的方法可以既能判断腐蚀的位置,又能准确判断出锈蚀量的多少的方法。文中提及的方法可成为钢筋锈蚀检测新思路的基础,为以后的研究作出有益的探索,最后提出了腐蚀检测在以后的发展趋势。

参考文献:

- [1] 洪定海,混凝土中钢筋的腐蚀与保护。北京:中国铁道出版社,1998
- [2] 中国工程院土木水利与建筑学部工程结构安全性与耐久性研究咨询项目组,混凝土结构耐久性设计与施工指南。北京:中国建筑工业出版社,2004
- [3] 曹楚南,腐蚀电化学原理(第二版)。北京:化学工业出版社,2004
- [4] 王巧平,吴胜兴,无损检测技术在锈蚀混凝土结构中的应用探讨。混凝土 2003年第6期(总第164期)23-25
- [5] 吴建华,赵永韬,钢筋混凝土的腐蚀监测/检测。腐蚀与防护 2003年10月第24卷第10期 421-427
- [6] 耿欧,李果,袁迎曙,电化学检测技术在混凝土内钢筋腐蚀研究中的应用现状与展望。混凝土 2005年第2期(总第184期)20-23
- [7] 干伟忠, M1 Raupach, 欧洲钢筋混凝土结构腐蚀无损监测系统的研究与应用。
- [8] M1 RAUPACH, PI SCHIEL, macrocell sensor systems for monitoring of the corrosion risk of the reinforcement in concrete structures
- [9] CorroWatch Multiprobe & ERE 20 Reference Electrode, An Early Warning System for Initial Stages of Corrosion FORCE TECHNOLOGY
- [10] Embedded Corrosion Instrument (ECI-1) Product Manual Virginia Technologies Inc
- [11] Srinivasan Muralidharan, Tae-Hyun Ha, Jeong-Hyo Bae, Yoon-Cheol Ha, Hyun-Goo Lee, Kyung-Wha Park, Dae-Kyeong Kim, Electrochemical studies on the solid embeddable reference sensors for corrosion monitoring in concrete structure, Materials Letters 60 (2006) 651-655
- [12] MIAI Pech-Canu, PI Castro Corrosion measurements of steel reinforcement in concrete exposed to a tropical marine atmosphere, Cement and Concrete Research 32 (2002) 491-498

作者简介

吴旭:1982年12月出生,在读研究生

石建光:教授、硕导