

2000-05-28

An Investigation on the Corrosion Potential Imaging at the Interface of Concrete/Reinforcing Bar in Corrosion Media

Rong-zong HU

Chang-jian LIN

Xiang ZHOU

Jian-guang TAN

Xiong-chao ZHAO

Recommended Citation

Rong-zong HU, Chang-jian LIN, Xiang ZHOU, Jian-guang TAN, Xiong-chao ZHAO. An Investigation on the Corrosion Potential Imaging at the Interface of Concrete/Reinforcing Bar in Corrosion Media[J]. *Journal of Electrochemistry*, 2000 , 6(2): 227-232.

DOI: 10.61558/2993-074X.1385

Available at: <https://jelectrochem.xmu.edu.cn/journal/vol6/iss2/12>

This Article is brought to you for free and open access by Journal of Electrochemistry. It has been accepted for inclusion in Journal of Electrochemistry by an authorized editor of Journal of Electrochemistry.

文章编号:1006-3471(2000)-02-0227-06

腐蚀介质中混凝土/钢筋界面电极 电位分布的立体分析

胡荣宗*,林昌健,周香,谭建光,赵雄超

(厦门大学化学系,固体表面物理化学国家重点实验室,物理化学研究所,福建 厦门 361005)

摘要: 由于混凝土的隔离和高绝缘性,常规的电化学技术、微探针扫描技术均难于获得在腐蚀介质的浸泡下混凝土/钢筋界面,特别是不同深处的混凝土/钢筋界面的电位分布.本文提出用阵列电极法并结合电子技术和微机控制技术,获得同一水平面上混凝土/钢筋界面以及不同深处的混凝土/钢筋界面的电位分布立体信息图.结果表明:在NaCl介质中经过一段时间的浸泡,混凝土中的钢筋腐蚀可发生并发展;而在Na₂SO₄介质中经过一段时间的浸泡,虽钢筋腐蚀一般不发生,但混凝土可能破坏.不同深处混凝土/钢筋界面腐蚀优先发生在混凝土覆盖较浅的部位.

关键词: 混凝土,钢筋,阵列电极

中图分类号: TG 174.3

文献标识码: A

研究在各种介质中混凝土覆盖层下钢筋的腐蚀行为、腐蚀机理,已引起广泛的兴趣和重视^[1].由于混凝土的隔离和高绝缘性,常规的电化学技术^[2]、微探针扫描技术^[3]均难于测量在腐蚀介质的浸泡下,混凝土覆盖层下混凝土/钢筋界面特别是不同深处的混凝土/钢筋界面电位分布.本文首次提出采用阵列电极法测量不同介质中混凝土覆盖层下混凝土/钢筋界面的电位分布图.采用分层电极法测量混凝土覆盖下不同深处混凝土/钢筋界面电位分布,为研究钢筋混凝土中钢筋的腐蚀行为提供一种新方法.

1 实验原理和方法

1.1 混凝土/钢筋界面电位分布的测量^[4,5]

取64根长0.7 mm的铁丝(模拟钢筋),经表面处理后涂上匀、薄的绝缘层按8×8方阵阵列竖立排列,阵列铁丝(电极)的一侧横截面用金相砂纸磨平、打亮,组成相互绝缘的64个点电极,另一侧与多路电子开关相连,开关闭合时64个点电极相互联通,模拟整体铁电极表面.测

收稿日期:1999-10-22

* 通讯联系人

基金项目:国家自然科学基金资助项目(59871043),福建省自然科学基金资助项目(D9910001)

量时开关瞬间(10 ms)断开,相当于将一个铁电极表面分割成 64 个点电极.电子开关的闭合或断开由微机控制,在微机控制下,于开关断开瞬间,系统快速扫描测量,采集 64 个点电极的电位,并通过软件对数据进行处理,获得铁电极表面的电位分布图.用有机玻璃制成直径 6 cm 的电解槽,将磨亮的阵列电极装入电解槽,电极表面覆盖上水泥 沙 水 = 2 3 1 的混凝土.待混凝土凝固后,置入不同的电解质,以铂为参比电极,定时测量不同电解质中混凝土/钢筋界面电位分布.测量原理如图 1 所示.

1.2 混凝土/钢筋界面不同深度电位分布的测量^[6]

取上述铁丝 16 根,按不同深度由上至下平行排列.铁丝一端的横切面用金相砂纸磨平、打亮,组成深度不同相互绝缘的 16 个点电极.另一端与多路电子开关相连,开关闭合时 16 个点电极连通,模拟整根铁电极表面.测量时开关瞬间(10 ms)断开,相当于将一根铁电极表面分割成 16 层深度不同的点电极.电子开关的闭合或断开由微机控制,在开关断开瞬间,扫描系统快速扫描,测量 16 个深度不同的点电极的电位,并通过软件对数据进行处理,获得不同深处混凝土/钢筋界面电位分布图.用有机玻璃组成一个一定深度的电解槽,电解槽的一个侧面是上述磨亮的深度不同纵向排列的阵列电极.将水泥 沙 水 = 2 3 1 的混凝土装入电解槽.混凝土覆盖阵列电极最上层的电极.待混凝土凝固后,电解槽内置入 0.25 mol/L 的 NaCl 溶液,以铂为参比电极,定期测量 NaCl 溶液不同深处混凝土/钢筋界面电极电位分布.测量原理示意图如图 2 所示.

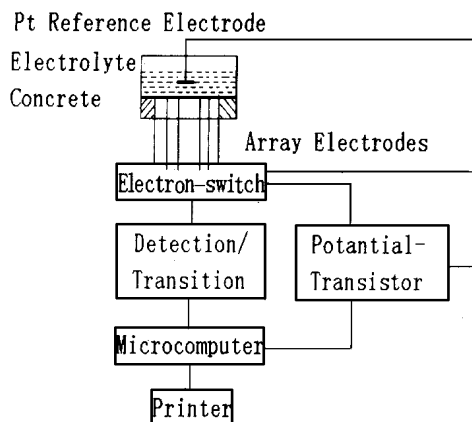


图 1 混凝土/钢筋界面电位分布的测量原理
Fig. 1 Block diagram for the measurement of corrosion potential distribution at the interface of concrete and iron array electrode

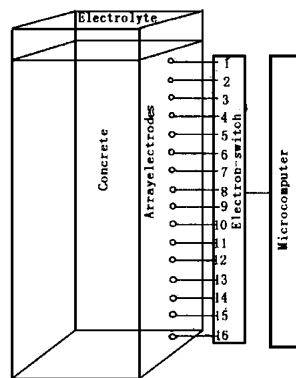


图 2 混凝土覆盖层下不同深处阵列铁电极电位分布测量原理图
Fig. 2 Block diagram for the measurement of corrosion potential distribution at the interface of concrete and iron array electrode in different depths

2 结果与讨论

2.1 在含 Cl^- 介质中混凝土/钢筋界面的腐蚀行为

普遍认为 Cl^- 对铁的腐蚀有很强促进作用. 研究在 Cl^- 介质中, 混凝土覆盖层下铁电极的腐蚀行为对分析钢筋混凝土的破坏因素十分重要. 实验表明裸露的即无混凝土覆盖层保护的阵列铁电极在 0.25 mol/L NaCl 溶液中浸泡后, 即刻发生腐蚀, 其相应的电位分布图很快出现电位峰, 而且随着时间的延长腐蚀不断发展, 电位峰不断升高, 腐蚀区不断伸展. 图 3 给出在 0.25 mol/L NaCl 溶液中浸泡 8 h 后的铁电极表面电位分布图, 可以看到, 电极表现出由光亮变成淡绿色, 灰色, 深灰色的点腐蚀产物. 8 h 后清除电极表面的锈层, 发现腐蚀区表面有明显的腐蚀坑. 对有混凝土覆盖层保护的阵列铁电极其在 0.25 mol/L NaCl 溶液中浸泡 7 h 后, 所测量的混凝土/钢筋界面电位分布(图)未见明显的电位峰. 但 14 h 后阵列铁电极的边缘开始出现电位峰, 同时峰电位随着时间的延长升高, 并向内部发展. 阵列铁电极的边缘是混凝土与铁电极结合较松散的位置. 随着浸泡时间的延长, Cl^- 从这里浸入, 导致边缘电极首先腐蚀. 随着 Cl^- 向内渗透、扩散, 腐蚀区域不断内扩展. 图 4 是在 0.25 mol/L NaCl 溶液中浸泡 24 h 后混凝土/钢筋界面电位分布图. 24 h 后停止实验, 轻轻去掉混凝土覆盖层, 发现阵列铁电极表面有腐蚀坑, 而且边缘较为明显. 以上结果表明, 在 Cl^- 介质中混凝土的覆盖虽在一定时间内能防止覆盖层下铁电极的腐蚀, 但随着浸泡时间的延长, 导致 Cl^- 从混凝土与铁电极结合薄弱地方的渗入, 混凝土下的铁电极的腐蚀仍然发生、发展.

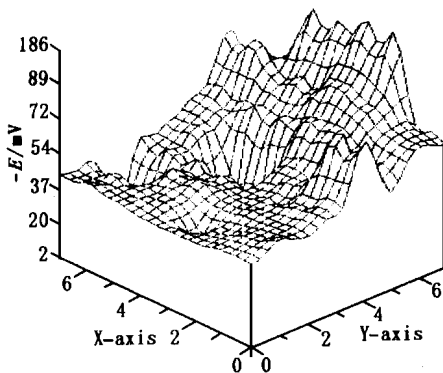


图3 在 0.25 mol/L NaCl 溶液中浸泡 8 h 裸露的阵列铁电极表面电位分布图

Fig. 3 The corrosion potential imaging at surface of iron array electrode immersed in 0.25 mol/L NaCl for 8 h

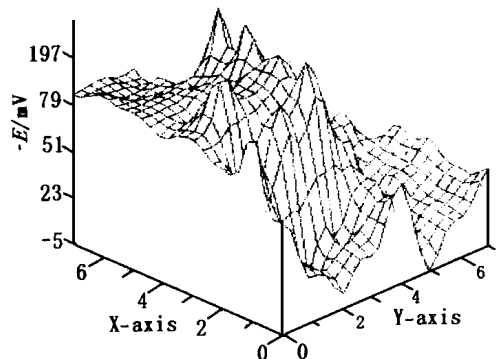


图4 在 0.25 mol/L NaCl 溶液中浸泡 24 h 混凝土/钢筋界面电位分布图

Fig. 4 The corrosion potential distribution at the interface of concrete and iron array electrode immersed in 0.25 mol/L NaCl for 24 h

2.2 在含 SO_4^{2-} 介质中混凝土/钢筋界面的腐蚀行为

SO_4^{2-} 对钢筋混凝土也有破坏作用^[7]. 但研究在含 SO_4^{2-} 介质中混凝土/钢筋界面的腐蚀行为还少见报导. 探明 SO_4^{2-} 对钢筋混凝土破坏的主要原因十分有意义. 测量无混凝土覆盖层的阵列电极在 0.25 mol/L Na_2SO_4 介质中浸泡 (0.5 ~ 24 h) 的电极电位分布图表明, 浸泡开始时电极的某些位置出现电位差异, 但这种差异很快就消失. 说明该铁电极在 Na_2SO_4 介质中基本上不腐蚀. 主要原因是在 Na_2SO_4 介质中, 铁电极表面形成了钝化膜, 保护铁电极免遭腐蚀. 图 5 示出经 0.25 mol/L Na_2SO_4 溶液浸泡 24 h 后的铁阵列电极表面电位分布图. 图 6 是有混凝土覆盖保护的阵列电极在 0.25 mol/L Na_2SO_4 介质中浸泡 60 h 后混凝土/钢筋界面电位分布图. 结果表明, 尽管长时间地浸泡在 SO_4^{2-} 介质中, 铁电极仍腐蚀甚微. 但 SO_4^{2-} 可能和混凝土中的 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO}$ 结合水化生成 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Ca}_2[\text{SO}_4(\text{OH})_2] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 导致混凝土结构破坏, 出现裂缝^[9], 这种破坏虽未导致混凝土覆盖层下的铁电极发生腐蚀. 但由于混凝土的破裂, 从而使介质中其他腐蚀性物种的快速渗入, 加速了混凝土中钢筋的腐蚀.

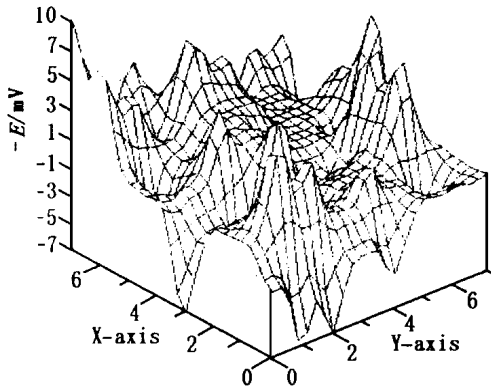


图 5 在 0.25 mol/L Na_2SO_4 溶液中浸泡 24 h 裸露的阵列铁电极表面电位分布图

Fig. 5 The corrosion potential imaging at surface of iron array electrode immersed in 0.25 mol/L Na_2SO_4 for 24 h

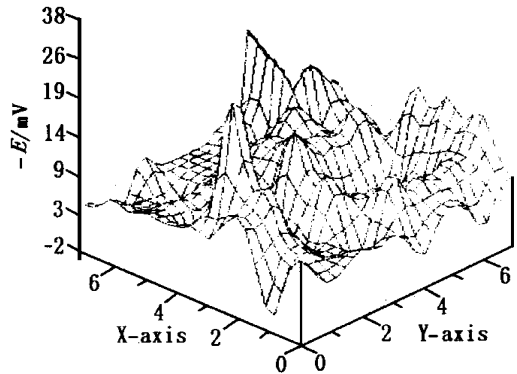


图 6 在 0.25 mol/L Na_2SO_4 溶液中浸泡 60 h 混凝土/钢筋界面电位分布图

Fig. 6 The corrosion potential distribution at the interface of concrete and iron array electrode immersed in 0.25 mol/L Na_2SO_4 for 60 h

2.3 在 0.25 mol/L NaCl 溶液中不同深处混凝土/钢筋界面腐蚀行为

图 7 是在 0.25 mol/L NaCl 溶液中浸泡 24 h 后不同深处混凝土/钢筋界面电位分布图. 从图中可以看出对不同深度的混凝土/钢筋界面, 腐蚀优先发生在混凝土覆盖较浅的上层. 这主要是因为铁电极上腐蚀的发生必须是电极与腐蚀介质接触. 由于混凝土的覆盖, 阻碍了 NaCl 溶液向铁电极表面的传输, 混凝土覆盖较浅的上层 NaCl 溶液最快渗透到达, 该位置的混凝土

/钢筋界面的化学环境首先发生变化,所以腐蚀最先发生在深度较浅的上层.而在较深的下层,由于铁电极表面受到较厚的混凝土覆盖层保护,NaCl 溶液难以渗透到达,故腐蚀较难发生.同时由于相互保护作用,上层铁电极的腐蚀也可能保护了下层铁电极免遭腐蚀.不同深处混凝土/钢筋界面腐蚀行为将进一步的深入研究.

4 结 论

1) 阵列电极电位分布测量法是研究在腐蚀介质浸泡下,混凝土/钢筋界面腐蚀行为的一种新颖、有效的研究方法.

2) 在含 Cl^- 介质中,混凝土的覆盖虽在一定时间内能防止覆盖层下铁的腐蚀,但随着浸泡时间的延长, Cl^- 从混凝土与铁电极结合较薄弱部位渗入,即可导致混凝土下的铁电极腐蚀发生并发展.

3) SO_4^{2-} 对钢筋混凝土的破坏主要是对混凝土的破坏,进而促使侵蚀性介质渗入,导致钢筋的腐蚀破坏.

4) 在含 Cl^- 介质中,混凝土覆盖较浅的部位铁电极腐蚀优先发生.

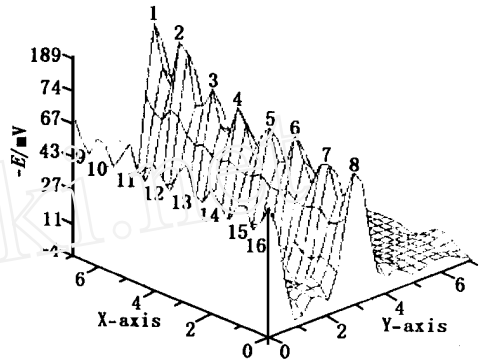


图 7 在 0.25 mol/L NaCl 溶液中浸泡 24 h 不同深处混凝土/钢筋界面电位分布图

Fig. 7 The corrosion potential distribution at the interface of concrete and iron array electrode in different deep immersed in 0.25 mol/L NaCl for 24 h

An Investigation on the Corrosion Potential Imaging at the Interface of Concrete/ Reinforcing Bar in Corrosion Media

HU Rong-zong, LIN Chang-jian, ZHOU Xiang, TAN Jian-guang, ZHAO Xiong-chao

(Dept. of Chem. State Key Lab. of Physical Chemistry for Solid Surface,

Inst. of Phys. Chem., Xiamen Univ., Xiamen 361005, China)

Abstract: The iron array electrode covered with concrete as a new electrochemical technique is applied to map the potential imaging and to investigate on the iron electrode corrosion process under concrete: In Cl^- solution the corrosion of the iron array electrode covered with concrete had been prevented for a short term since the concrete protection, but the corrosion still occurred and developed after immersed for a long time. In SO_4^{2-} solution although the sample had being im-

mersed for a long time and the concrete was possibly broken, the corrosion did not develop. In Cl^- solution the corrosion of the iron array electrode covered with concrete in different depths occurred first where the concrete covered was thin.

Key words: Array electrode, Concrete, Reinforcing bar, Iron electrode

References:

- [1] Liu Xiaomin, et al. A study survey of destruction caused by reinforcing steel in concrete[J]. Materials Protection(Cailiao Baohu), 1996, 29(6): 16~19.
- [2] Water G W. A critical review of d. c. electrochemical tests for painted metal[J]. Corrosion, Science, 1986, 26: 39~47.
- [3] Lin Changjian, Tian Zhaowu-wu. Scanning micro-reference electrode technique for measuring the potential distribution on micro areas of metal surface the potential distribution of some localized corrosion[J]. Journal of Chinese Society for Corrosion and Protection(Zhongguo Fushi yu Fanghu Xuebao), 1982, 2: 9~15.
- [4] Lin Chang-jian, Zhuo Xiang-dong, Chen Ji-dong, et al. Corrosion potential imaging at interface of polymeric coating metal by array electrode technique[J]. Journal of Chinese Society for Corrosion and Protection(Zhongguo Fushi yu Fanghu Xuebao), 1997, 17(1): 7~10.
- [5] Lin Chang-jian, et al. Corrosion potential imaging at the interface of coating/metal by a new electrochemical technique[J]. Electrochemistry(Chinese), 1996, 2(2): 144~148.
- [6] Hu Ron-zong. The method for measuring potential and current distribution of metal corrosion in steam[D]. Master Thesis, Xiamen: Xiamen University, 1981.
- [7] Deng Shun-yang. The simple stating about the corrosion and protection of concrete[J]. Corrosion and Protection(Fushi yu Fanghu), 1985(3): 40~41.