

钢筋混凝土中钢筋腐蚀原理的研究

陈爱英¹, 陈旭庆²

(1. 东南大学交通学院, 江苏南京 210000; 2. 无锡市交通设计研究院有限公司, 江苏无锡 214000)

摘 要:在混凝土中,最能影响其耐久性的因素莫过于钢筋的腐蚀,由于钢筋的腐蚀而引起的混凝土耐久性的降低在混凝土中占有相当的比重。该文从钢筋腐蚀的原因出发,根据电化腐蚀理论,讨论了氯盐及碳化对钢筋产生腐蚀的机理,为有效保护钢筋提供了更为清晰的理论依据。

关键词:钢筋混凝土;钢筋腐蚀;电化腐蚀;氯盐;碳化

中图分类号:TU511.32 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2005)01-0090-02

1 钢筋腐蚀的种类

金属表面与周围介质发生化学变化及电化作用而遭到的破坏,叫做金属的腐蚀。如果这个破坏是发生在钢筋上的,便是钢筋的腐蚀。这种腐蚀有两大类,分别是化学腐蚀和电化腐蚀。

1.1 化学腐蚀

钢筋表面与气体或电解质溶液接触发生化学作用而引起的腐蚀,称为化学腐蚀。这种腐蚀其腐蚀过程没有电子的流动,只是腐蚀现象的一小部分。

1.2 电化腐蚀

1.2.1 概念

钢筋表面与介质如湿空气,电解质溶液等发生电化作用而引起的腐蚀,叫做电化腐蚀。在这种腐蚀的过程中有电子的流动,绝大部分腐蚀属于化学腐蚀。

1.2.2 电化腐蚀的原理

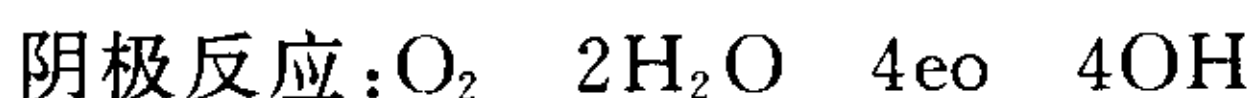
当金属与电解质溶液接触时,由于金属与杂质的电位不同,在金属表面形成许多微小的原电池。金属在腐蚀是金属作为阳极的自溶解过程,它必然要有共轭的阴极相配合,无论金属如何活泼,如果没有共轭的阴极存在,金属的腐蚀也不会发生。金属铁所遇到的共轭阴极有以下几种情况:

(1)析氢腐蚀:铁浸在无氧的酸性介质中受到腐蚀。铁作为阳极发生溶解,对应的共轭阴极反应是 H^+ 离子放电,其反应式为:

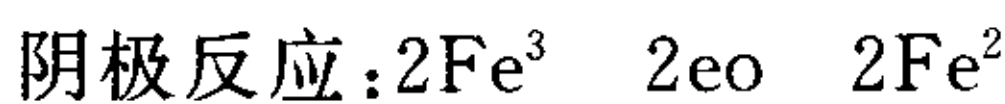


此腐蚀有氢气析出,故称为析氢腐蚀。

(2)日常遇到的大量的腐蚀现象往往是有氧存在, pH 值接近中性的条件下发生的腐蚀。这是铁腐蚀的共轭阴极,是氧化还原反应。反应式如下:



(3)介质中的氧化还原反应:介质中存在电位较高的氧化剂,氧化剂的还原反应成为金属溶解的共轭阴极反应,使铁溶解。如:



1.2.3 钢筋的腐蚀过程

钢筋的腐蚀过程有两种,一种是电极反应交换电流引起的腐蚀。钢铁在酸性溶液中的溶解属于此类。另外一种扩散速度控制的腐蚀过程。混凝土中钢筋的腐蚀大多数属于这种腐蚀。在中性和碱性的介质中, H^+ 离子的浓度很小,溶解过程的共轭阴极反应往往不是氢的析出反应,而是溶解在溶液中的氧的还原反应。在这种情况下,铁的自溶解速度完全受氧的极限扩散速度控制,因此在同一介质中,不同的金属几乎有相同的自溶解速度。不同种类的构件在海水中的腐蚀速度大致相同,其原因就在这里。它们都是受氧的极限扩散速度所控制。搅拌能减少扩散层的厚度,加快氧的供应,提高氧的极限电流,因此钢铁在流动的含氧介质中腐蚀速度较快。

另外,一般较长的钢筋处在含氧量不同的介质中所引起的腐蚀,成为充气不均所引起的腐蚀。这种腐蚀的结果使含氧量较多的介质中腐蚀的速度减慢,含氧量小的介质中腐蚀速度增加,所以铁在充气小的部分会产生较大的腐蚀。

2 钢筋的钝化保护

关于钝化的机理有两种理论:成相膜理论与吸

收稿日期:2004-06-07

作者简介:陈爱英(1974-),女,黑龙江庆安人,在读研究生,研究方向:交通信息控制与管理。

附理论,这两种理论尽管不同,但在本质上都是在金属的表层形成一层氧层。这是因为铁离子 Fe^{2+} 与溶液中的 O^{2-} 离子结合,形成一层致密的氧化物保护膜,使腐蚀过程减慢或完全停止,从而使钢筋得到了保护。在碱性溶液中, O^{2-} 离子的含量较多,因而容易形成氧化物保护膜。

影响钢筋钝化的因素有,温度和溶液的组成。降低温度,钝化容易出现。另外,溶液的 pH 值,中性盐的种类及浓度等对钝态的建立过程有重要的影响。

在稀溶液和中性溶液中,钢筋一般比较容易钝化,而卤素离子的存在则能延缓或完全防止钝态的出现。这是因为卤素离子能明显加速金属的阳极溶解过程,它属于一种活化作用。这种对金属电极反应的活化机理是:卤素阴离子在金属阳极过程中,首先被选择性吸附,并在金属表面形成表面络合物,然后表面络合物直接参加电极反应而进行离解,降低了金属电极过程的活化能,因而加速了技术阳极的溶解。

3 氯盐的侵蚀及碳化

3.1 氯盐的侵蚀

混凝土中氯盐的侵入有两种途径,一是在混凝土拌合时为了改善混凝土的某些性质如工作性、早强性等作为外加剂加入的。另外一种是在混凝土硬化以后,外界的氯离子通过渗透的作用从混凝土的毛细孔中进入的。当混凝土开裂时,氯盐顺着裂缝进入的量会增加。一般认为在混凝土拌合时加入的氯盐,其氯离子被 C-S-H 胶体吸附,对钢筋的腐蚀没有多大的影响。但是后来进入的氯离子,等它到达钢筋表面时,尽管它一般不改变钢筋周围的碱性环境,但是它降低了钢筋作为阳极反应的活化能,使钢筋容易发生腐蚀。

3.2 碳化

所谓碳化是指混凝土中的氢氧化钙与空气中的二氧化碳反应,生成碳酸钙的过程。混凝土中的氢氧化钙使混凝土保持碱性,有利于钢筋的钝化。但当碳化锋面到达钢筋时,钢筋周围的碱性环境也就消失了,同时碳化使被 C-S-H 胶体粘结的氯离子成

为自由活动的氯离子,使钢筋容易发生腐蚀。

碳化有时候对混凝土也是有利的。在密实的混凝土中,当碳化深度较小时,碳化形成的硅、铝、氧化铁骨架被生成的碳酸钙填充。使碳化后的强度比原始的混凝土的强度更高,而且具有更低的渗透性。应该注意的是,对于疏松多孔的混凝土,碳化的这种加强作用是不明显的,碳化永远不能使这种混凝土成为质量较好的混凝土。

4 结论

钢筋的腐蚀都是在潮湿的环境中或在电解质溶液中发生的。如果混凝土结构所处的环境很干燥,那么钢筋的腐蚀就不会发生。从以上的分析可以看出,大部分钢筋的腐蚀都是溶解在水中的氧气获得电子成为钢筋腐蚀的共轭阴极。因此,腐蚀的速度及程度都是由氧气的极限扩散速度限制的。在常温下,氧气在水中的溶解度是极其有限的。因此,当混凝土毛细孔中有水,但是溶解在里面的氧气消耗完后,外面的氧气如不能继续溶解,那么腐蚀也是有限度的。当混凝土结构处于干湿交替频繁的区域,混凝土中毛细孔吸水、失水交替进行,将会大大增加氧气的扩散速度,使钢筋的腐蚀速度加快,腐蚀的程度加深。在这种情况下,它比始终处于潮湿状态下的混凝土结构腐蚀要严重一些。

根据以上的分析,为了提高混凝土结构的耐久性,可以采用以下措施:

- (1)减少混凝土拌合时的水灰比,以减少混凝土的孔隙率,使混凝土的吸水率降低,从而降低氧气的摄入量;
- (2)在混凝土浇注过程中加强振捣,减少混凝土空隙,减少氯离子、二氧化碳、氧气等进入的途径。同时需要振捣均匀,使混凝土成为均质的物质,防止钢筋因处于不均匀的介质中而发生局部腐蚀严重的情况;
- (3)在钢筋表面做一层涂层,防止孔隙溶液与钢筋接触;
- (4)对钢筋要留有足够的混凝土净保护层,或在混凝土外面做一层罩面,阻塞混凝土的表面的毛细孔,减少各种有害物质的侵入。

上海将有 5 条越江隧道规划待建

上海除了在建的翔殷路隧道、上中路隧道及崇明越江通道南港隧道外,将有 5 条越江隧道规划待建,它们是军工路隧道、长江西路隧道、新建路隧道、人民路隧道、龙耀路隧道。