

地下工程中钢筋锈蚀的影响因素分析

孙亚飞, 徐秀平

(盐城工学院 基建工程处, 江苏 盐城 224051; 江苏中厦集团有限公司, 江苏 盐城 224001)

摘要:从有害化学物质的侵蚀、有害气体的侵蚀等方面,阐述了地下工程混凝土中钢筋发生锈蚀的原因,并为提高结构的耐久性和安全性,确保建筑工程质量和性能,提出了钢筋锈蚀应采取的预防措施。

关键词:地下工程;钢筋锈蚀;混凝土裂缝;pH值;离子

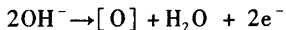
中图分类号:TU511.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2008)03-0050-04

钢桩、各种灌注桩、预应力管桩等地下工程中的钢管、钢筋、钢帽(一般碳钢)等若干年后都有不同程度的腐蚀,使其结构抗力降低、耐久性等级下降。导致钢筋锈蚀的影响因素有两类:(1)内因,混凝土保护层的密实度、厚度、完好性及混凝土的液相组成等因素。(2)外因,地下水、土、气等介质,周期性的冷热、干、湿、冻融循环作用等。所以搞清楚各种环境中对钢筋锈蚀的影响因素,以采取不同的对策,提高钢筋的耐久性很重要。

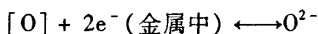
1 混凝土中钢筋受到保护的原因

在正常情况下,混凝土呈碱性。混凝土中含有大量可溶性的钙、钠、钾等碱金属及其氧化物,这些物质与混凝土微孔中的水溶液发生反应生成碱性很强的氢氧化物,从而为混凝土中钢筋营造了一个强碱性的环境。混凝土中钢筋如果能被长期保存在这种强碱性的环境中,钢筋锈蚀将会被阻止,具体原因如下^[1-2]:

(1)溶液中的氢氧根离子失去电子,发生氧化反应,生成活性氧原子和水:

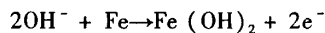


(2)反应生成的活性氧原子被钢筋表面化学吸附,并从钢筋中夺得电子形成氧离子,从而在钢筋表面产生高电压的双电层:



(3)在双电层电场力的作用下,氧离子把钢筋表面的金属离子拉出来,与其形成金属氢氧化物;

或者挤入钢筋的金属离子晶体之中,与其形成金属氧化物:



通过上述反应,混凝土中钢筋表面形成一层分子和离子难以穿越的、致密的金属氢氧化物和金属氧化物晶格薄膜,简称“钝化膜”。“钝化膜”能使混凝土中钢筋受到保护。

2 混凝土中钢筋发生锈蚀的原因

2.1 内因

混凝土的保护作用体:一是混凝土的高碱性在钢筋表面形成钝化膜;二是保护层对外界腐蚀介质如氧气和水分等的渗入起阻止作用。保护层的密实度越小,氧在混凝土中的扩散系数和透氧量就越大,钢筋的锈蚀就越严重。水灰比及养护条件对混凝土的密实度也有很大影响。水灰比越大、养护越差,混凝土的密实度就越小,对钢筋的保护作用就越小,钢筋就越易锈蚀。根据实验结果分析,混凝土保护层厚度对钢筋锈蚀的影响系数为:

$$\psi_a = 1.48 - 0.25a \quad (1)$$

式中: ψ_a 为钢筋锈蚀厚度影响系数; a 为混凝土的保护层厚度 mm。

从式(1)中可见,保护层对钢筋锈蚀的影响呈线性关系。保护层越厚可延长钢筋开始锈蚀的时间,也可增强保护层抵抗钢筋锈蚀膨胀及开裂

收稿日期:2008-04-27

作者简介:孙亚飞(1972-),男,江苏滨海人,工程师,主要研究方向为建筑设计与施工管理。

的能力。

混凝土裂缝对钢筋锈蚀也有很大的影响,如果工程的设计、施工达不到质量要求,会造成混凝土开裂,使得混凝土开裂处钢筋表面的“钝化膜”被破坏,开裂处的钢筋直接裸露在空气中,并使混凝土开裂处成为腐蚀电池的阳极,混凝土未开裂处成为腐蚀电池的阴极,形成促进混凝土中钢筋“坑蚀”和“钝化膜”进一步被破坏的腐蚀电池。

裂缝宽度不同其影响程度不同,日本曾就钢筋混凝土裂缝宽度对锈蚀程度的影响进行过试验,通过20年观察发现,小于0.1 mm的裂缝,1~2年内裂缝宽度对锈蚀发展有影响,后期则无影响;大于0.25 mm的裂缝10年内对锈蚀发展有非常明显的影响,10年后则影响才变得很小。总之,有裂缝时,外界的腐蚀物就可锈蚀钢筋,从而起不到保护作用。

我国建筑研究院混凝土研究所的研究工作证明,钢筋的锈蚀与混凝土抗碳化能力有明显的函数关系。以快速碳化试验法对200组不同水泥用量不同水灰比的普通混凝土及轻骨料混凝土进行试验,测得了钢筋锈蚀失重量(A)与混凝土碳化深度(D)的函数关系。经回归分析得出,保护层厚度为20 mm时的钢筋失重量(%)与混凝土28 d碳化深度的函数关系式为:
 $A = 0.003\ 69D^{1.34}$ 或 $A = 0.016\ 8D - 0.104$ (2)
式中: A 为混凝土保护层厚度为20 mm时的钢筋锈蚀失重率,%;

D 为龄期28 d的混凝土碳化深度,mm。
由此可见混凝土抗碳化能力影响钢筋的锈蚀。

3.2 外因

外因主要有水土的电阻率、盐分、pH值、细菌、含水量、氧气、二氧化硫气体、硫化氢气体等。各种因素与水、土的腐蚀性关系见图1。

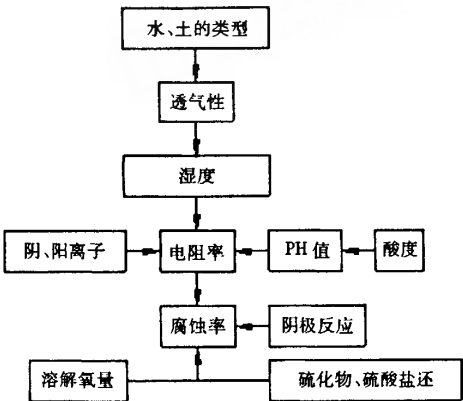


图1 各种因素与水、土的腐蚀性关系图
Fig.1 The relationship between various factors and corrosion of water and soil

3.2.1 水、土的电阻率

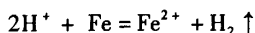
在大部分情况下,水、土的腐蚀性可以用水、土的电阻率来衡量。水、土的电阻率主要与水、土含盐量、组成、温度等因素有关。含盐量高,细粘粒土,温度升高等使水、土的电阻率减小,导致腐蚀速度增大。

表1 水、土电阻率与腐蚀性关系
Table 1 The relationship between soil resistance and corrosion

水、土电阻率($\Omega \cdot \text{cm}$)	水、土腐蚀性	钢筋平均腐蚀速度(mm/year)
0~500	很高	>1
500~2 000	高	0.2~1
2 000~10 000	中等	0.05~0.2
>10 000	低	<0.05

由表1可知,水、土电阻率在数 $\text{k}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上时,对钢筋的腐蚀性较轻微,而在海水渗透的低洼地和盐碱地,电阻率一般在 $100 \sim 300 \Omega \cdot \text{cm}$,其腐蚀性很强,按 $1 \text{ mm}/\text{年}$ 平均速度,20 mm的钢筋20年就可腐蚀完。对于无保护层的钢桩和预应力管桩的接桩钢将严重腐蚀,从而对建筑物造成

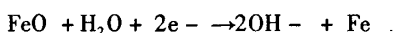
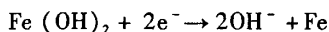
严重不安全后果。
3.2.2 水、土的PH值
低碳钢在 $\text{pH} < 11.8$ 时,钢筋的钝化膜已不稳定并逐步破坏,使钢筋开始锈蚀。低碳钢在酸性较强的水、土中耐腐蚀性较弱,在 $\text{pH} < 4$ 时易产生以下化学反应、产生析氢腐蚀。



大部分水、土的 pH 值为 6.0 ~ 8.0 之间,呈中性,腐蚀性较小,但也有 pH 值在 3.0 ~ 6.0 的酸性水、土,如广东南部地区,有的水、土 pH < 4.0,钢筋在这样的水、土中将很快被严重腐蚀,造成不堪设想的隐患。因有的土对 H^+ 有吸附作用,使土的总酸度增强,也会使土有较强的腐蚀作用。

3.2.3 水、土中阴、阳离子

水、土中的阴、阳离子除了起导电作用外,还参与化学反应,如水、土的 Cl^- 对钢筋的钝性破坏很大,氯化物侵入混凝土后, Cl^- 和 OH^- 等阴离子共存于混凝土微孔的水溶液中,并且被混凝土中钢筋表面竞相吸附。由于 Cl^- 具有被优先吸附的趋势,这样使得钢筋表面的 OH^- 的浓度将会大大低于混凝土微孔水溶液中的 OH^- 的浓度;当钢筋表面的 OH^- 的浓度降低到一定程度时,覆盖在钢筋表面的金属氢氧化物和金属氧化物开始分解,即受到氯化物污染和侵蚀处的“钝化膜”开始被破坏:

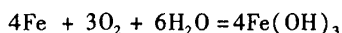


Cl^- 促进水、土腐蚀的阳极过程,并能穿过钝化层,与钢铁反应,生成可溶性腐蚀产物,所以水、土中 Cl^- 含量越高,水、土腐蚀性越强。例如珠三角地区水土的检测结果,海滨盐渍土区以氯化物、盐碱土为主,含氯离子很高。在某些地区埋置的管道,8个月到一年就发生穿孔。

3.2.4 水、土中的含气量、硫酸盐还原菌

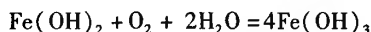
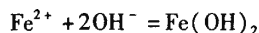
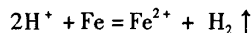
当水、土中含有 O_2 、 H_2S 、 SO_2 、 CO_2 等气体时会产生以下化学反应:

有 O_2 时产生吸氧腐蚀,反应式为:



最终生成铁锈 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

当 H_2S 、 SO_2 、 CO_2 溶于钢铁表面的水膜时,使水膜成酸性,产生析氢腐蚀,主要反应式为:



从以上化学反应可知, O_2 、 H_2S 、 SO_2 、 CO_2 等气体对钢筋也有腐蚀作用。除此之外,硫酸盐还原菌也会腐蚀钢筋。

4 结论

从以上分析可知,要想让地下工程的钢筋不被严重腐蚀,要做到以下几点:

(1) 做好现场水、土的腐蚀性项目的分析,如 pH 值、氯离子、硫酸根、电阻率等。从而对水、土的腐蚀性作出评价,确定是否有对钢筋产生严重腐蚀的外因。

(2) 保证钢筋混凝土中混凝土质量,混凝土保护层的厚度要足够厚,以防外部因素对钢筋的腐蚀。掺入引气剂和减水剂,使用钢筋阻锈剂(如 RI—1 型钢筋阻锈剂),从而提高钢筋的抗锈能力。水、土对混凝土的腐蚀性也应重视。当水、土对混凝土有腐蚀性时,应使用抗腐蚀性混凝土。

(3) 对无混凝土保护层的钢筋如钢桩、管桩的接桩钢板,在腐蚀性环境中应做好防腐措施。在严重腐蚀环境中则应采用不锈钢。总之,由于地下工程是隐性工程,如果钢筋受到严重腐蚀将给工程留下严重的质量隐患。因此应按规定做好防腐措施。

参考文献:

- [1] 左景伊,左禹. 腐蚀数据与选材手册[M]. 北京:化学工业出版社,1995.
- [2] Allen R T L, Edwards S C. 混凝土建筑物修补[M]. 范沈抚、李金玉,译. 北京:水利电力出版社,1992.
- [3] 张承忠. 金属的腐蚀与保护[M]. 北京:冶金工业出版社,1985.
- [4] 洪定海. 混凝土中钢筋的腐蚀与保护[M]. 北京:中国铁道出版社,1988.
- [5] 周长兰. 混凝土中钢筋锈蚀原因分析[J]. 山东电大学报,2005(2):64-65.
- [6] 贾红梅,阎贵平,闫光杰. 混凝土中钢筋锈蚀的研究[J]. 中国安全科学学报,2005,15(5):56-59.

Analyse on Corrosion of Reinforcement in Underground Engineering

SUN Ya-fei, XU Xiu-ping

(Department of Constrecton Engineering of Yancheng Institute of Technology ,Jiangsu Yancheng 224003 ,China ;
(Jiangsu Zhongsha Group Co. ,LTD ,Jiangsu Yancheng 224001 ,China)

Abstract: As regards the reinforcing steel corrosions in underground engineering from several aspects such as chemical erosion and gas erosion their causing reasons are elaborated; at the same time preventive measures for reinforcement corrosion are proposed so as to enhance durability and safety of the structure are proposed to ensure the engineering quality and service performances of buildings.

Keywords: underground engineering; reinforcing steel corrosion; concrete crack; pH value; Ion

(上接第44页)

Simulation of Behavior for Sliding Bearings in Continuous Girder Bridge

ZHONG Dong-qing¹, WU Fa-hong²

(1. School of materials engineering, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China;)
(2. School of Civil engineering, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China)

Abstract: This paper analysing a software by the aid of SAP2000 finite element method, adopt 3 kinds nonlinearity link element in common use to carry out a simulation to the sliding bearings on continuous girder bridge (teflon bearing): Level nonlinearity spring element, Wen plasticity element and sliding board element. Firstly, the property of 3 kinds elements is introduced simply. Secondly, by taking a four-span continuous girder bridge in some area as an example, the sliding bearing adopts the above 3 kinds link element to carry out nonlinearity time history analysis respectively, contrast on its analytical result, the bridge bearing analysis provides a reference to the days to come.

Keywords: continuous girder bridges, sliding bearing, teflon bearing, nonlinear time history analysis