

建材工程检测中混凝土钢筋腐蚀的检测技术研究

钟杨

广西壮族自治区建筑工程质量检测中心有限公司

摘要: 现如今, 建筑行业正在经济多元化和国际化发展的大环境下昼夜勃兴, 人们对建筑质量关注度不断提升, 建筑产品作为其中之一, 它的可靠性和安全性也令更多人所关注和重视。产品质量低劣, 直接关系到建筑是否存在质量问题。因此, 实践操作环节中混凝土钢筋稳固性的有效监测是关键。现如今, 对于钢筋材料而言, 我们市场上存在着极为严重的质量粗制滥造的情况, 施工时腐蚀情况时有发生, 对于这类本人问题进行治理, 有关部门要加强对它的监控, 提升监控水平, 确保整体建筑的品质。

关键词: 建材工程检测; 混凝土钢筋; 腐蚀; 检测技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.20.028

引言

钢筋混凝土是当今建筑业的重要建筑材料之一, 呈现出强度高, 成本低耐气候等优点, 目前在海工, 公路桥梁和基础建筑的建设过程中经常被设置。但是市场上, 所出售的钢筋存在着明显的质量差距, 在施工过程中使用的钢筋的质量没有达到规范的要求, 很容易造成钢筋腐蚀等问题。它极大的影响了混凝土结构的整体耐久性和稳定性, 不仅不利于建设行业和社会经济发展进步, 而且还会危及到人民的生活和财产。根据统计, 由于钢铁的侵蚀, 导致的经济损失在国家总产值中占有很大的比例, 这就需要在现实的施工过程中, 对钢铁的侵蚀进行追踪的检验, 同时还需要采用现代的检验手段, 来确保检验的效果, 为混凝土中的钢筋的维护提供了一个可以参考的资料, 从而保障了建设工程的整体稳定性。

一、混凝土钢筋结构中造成钢筋锈蚀的机理

(一) 化学锈蚀

化学腐蚀是影响混凝土腐蚀状态的重要因素, 一般情况下是指在非电解质溶液或某些干燥气体作用下发生化学锈蚀。反应过程中钢筋表面有氧化物存在。但当比较干燥时, 受高温作用可使非电解质溶液或干燥气体的反应速度显著增加, 如此要使钢筋腐蚀加速, 在此过程中还存在高温、湿度等因素, 如此也就为钢筋锈蚀推波助澜。

(二) 电化学腐蚀

如果在钢筋混凝土结构的地方, 如果是水作为其首要的媒介, 那么, 钢筋的锈蚀就会被认为是由电化学侵蚀引起的, 若此过程有氯盐介入, 则反应会发生一些改变。若它进入混凝土中, 则在钝化膜上起着十分明

显的吸附作用, 因而也使锈蚀位置pH酸碱度显著降低。有关试验研究证实: 局部酸化, 可将钢筋的pH值降低到7.0。若钝化膜在此过程中发生断裂或有微小缝隙, 则氯离子便会进入到内部, 从而也使钢筋表面腐蚀作用更加严重。如果这个过程当中还有一些氧气以及水分, 那么它们对于电化学反应进行的速度就会起到非常明显的促进作用。

二、钢筋锈蚀对混凝土结构造成的影响

混凝土中的钢筋锈蚀对整个结构都有很大的影响。第一, 受侵蚀处的钢筋与混凝土的结合面积会减少, 继而钢筋和混凝土之间黏合力将下降, 对混凝土的承载力也会产生不同程度的影响。二是钢筋锈蚀时体积发生变化且易扩展, 会使钢筋表面黏附混凝土产生变形甚至结构裂缝, 继而造成钢筋混凝土结构刚性下降, 从而影响其正常使用。在此基础上, 钢筋锈蚀将使混凝土结构承受双向或者三向应力而显著降低其延伸性。

三、钢筋腐蚀的主要原因

据研究测试, 钢筋混凝土原材料中主要含有大量的碳、铁等元素, 它们在钢筋混凝土中呈混合物的形式存在, 所以它们的表面层、晶界面等也都是锈蚀产生的因素。其中, 混凝土保护层损坏, 钢筋空间有氧有水等问题, 也极易造成上述结果。酸性气体对混凝土内部保护层具有损伤作用, 氧化膜的损伤极易于整体产生腐蚀。除此以外, 水与氧的影响也会给它们带来威胁, 所以在检测锈蚀反应时, 要采用物理方法与电化学方法相结合的有效手段加以防范, 为了强化钢筋混凝土结构质量, 确保人民群众房屋居住安全和推动我国建筑行业平稳繁荣。

(一) 混凝土不够坚实或存在间隙

混凝土密度不高, 结构中存在裂纹, 常常是引起钢筋腐蚀的主要因素。尤其是水泥用量小或水泥材料灌注混凝土时打结不牢, 漏筋, 蜂窝麻面及缝隙等现象发生后, 为水分与氧气这两种不同侵蚀性媒体渗入创造了条件, 从而进一步加快了钢筋腐蚀速度。所以, 如果混凝土处在不坚固状态, 它就会在水泥用量较少时形成间隙, 造成钢筋易锈蚀。再加上非电解质溶液中化学反应时会生成氧化物增加钢筋腐蚀程度。同时电化学腐蚀是一种易引起混凝土侵蚀现象, 局部酸化作用可引起酸碱值降低等响应, 而氯盐可引起机理改变, 增加钢筋混凝土表面腐蚀。

(二) 混凝土的碳化

空气中所含CO₂在外力作用下会渗入结构内部并与混凝土内部Ca(OH)₂发生化学反应而获得碳酸钙物质。

现阶段，工业行业得到了快速的发展，在产生巨大的经济利益的同时，它也对生态环境产生了巨大的危害，大量的有毒物质的过度释放导致了大气中碳物质的含量上升，使得 CaCO_3 的含量越来越高，严重地破坏了混凝土内的碱性环境：酸碱值小于11.5时会影响钢筋钝化膜的稳定性；如果酸碱值低于9.88时，混凝土将充分炭化，钢筋钝化膜将受到严重损害，暴露在空气之中，与空气中水等发生腐蚀反应。

（三）有害离子侵蚀

有害离子则以 Cl^- 为主。一般来说，为保证整个混凝土的性质，在混凝土的制备中，通常会加入一定量的包含氯离子的预拌料，例如沙石和早强剂。混凝土在成型或者长期使用过程中，表面很容易出现开裂现象，这时空气中 Cl^- 会沿着开裂处进入混凝土内部，不断地渗透和蔓延，最后黏附在钢筋表面。受 Cl^- 腐蚀处酸碱值将呈现明显的降低趋势，同时在局部酸化作用下，钢筋碱性环境发生变化，使该区钝化膜破坏严重，并且向活化态转化，在未完整钝化膜区域之间相互产生电位差。并在这里则以阳极的形式存在于氧气及水中进行着电化学腐蚀反应。在这段时间内，阳极端金属铁发生溶解，虽然侵蚀区域非常微小，但是它可以在混凝土中产生不良的效果，混凝土的侵蚀度是正常的十多次，因此不能保证混凝土的总体抗拉和屈服强度，致使钢筋本来所具有的力学性能受到破坏而发生极其严重的腐蚀。另外钢筋表面沉淀 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 等。它将和混凝土孔隙液所含氧气及水分反应产生 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ （铁锈）等物质，使钢筋表面产生一层松散多孔、海绵状的锈层，使钢筋的总体积增加到三倍左右。在腐蚀产物产生量逐渐增加的情况下，腐蚀区域内的钢筋对附近混凝土的稳定性产生了影响，并且随着腐蚀区域范围的扩大，很容易导致混凝土出现开裂和脱落现象，加速了钢筋的腐蚀，会给钢筋的整体承载能力带来严重的影响。

四、建材检测中混凝土钢筋锈蚀的检测方法

（一）物理检测法

1. 电阻探针检测

电阻探针的探测，其原理就是制造出符合钢筋材料的电阻探针并保持探针长度恒定，在钢筋截面积继续缩小的情况下电阻值将逐渐升高，这时只要检测和分析探针电阻的变化值就可以得到钢筋的腐蚀深度。在检测时需要严格按照要求在混凝土内埋入探针，依靠电桥原理对探针两端的电压数值进行合理的调整，并对探针的电阻值进行计算，进而得知钢筋的腐蚀情况。电阻探针检测能够确保检测结果精准性并且无需投入太多的检测成本，也可以针对不同种类混凝土中钢筋的腐蚀问题开展检测工作，所以该检测方法具有很高的使用频率。但是前期的准备工作比较多，在很大程度上影响了检测的效率，需要根据具体的检测要求来判断其应用与否^[1]。

此外，在钢筋锈蚀测试中，还广泛应用了电阻式探

针测试方法。20世纪初期，已在一些西方国家广为普及和应用，其检测原理与电阻探针法相似，都需要先把探头埋在混凝土内才能实现对钢筋腐蚀情况的检测。但是这种检测方法有一定的局限性，该方法仅能在混凝土中发现均匀锈蚀的钢筋，而在局部锈蚀的情况下，无法实现锈蚀速度的测量。对于同时反映钢筋锈蚀状况的腐蚀极化电流与混凝土电阻率，并未构建出明确的关系公式与关系曲线，所以只能对钢筋腐蚀速度进行定性检测。

2. 声波发射法

这种方式主要借助于混凝土内部钢筋锈蚀时产生内力使其周围混凝土发生扩张甚至裂缝，部分能量以声波形式释放出来，后又用声波探头综合探测发射位置及强度，但该方法有缺点，它在使用过程中会受多种因素影响，因此很难生成相关关联因此，在运用过程中必须根据实际情况进行有效运用。

3. 电阻探头法检测

二十世纪初期，电阻探头法得到了广泛的应用和推广，能够切实有效地检测出钢筋是否锈蚀，从而达到了检测需要。实际使用时，要求工作人员在混凝土浇筑前，先把相关探头投入混凝土内部，这样才能够有效地发现。

4. 光纤传感检测

光纤传感检测法是钢筋腐蚀检测的一种新技术，因为光纤自身具有超强的抗电磁干扰素力并且也呈现出耐高温，重量轻的特性，可以将其置于混凝土的内部结构之中，非常具有应用价值。伴随着科技的持续发展，以及人类对混凝土中钢筋锈蚀的检测要求的逐渐提升，研究人员已经研制出了一种具有强抗腐蚀性的光纤传感器，并建议用金属膜来取代光波导传感器，从而实现金属腐蚀全部参数的获取。

在这段时间内，若在钢筋上贴附若干个用于检测光纤钢筋锈蚀的传感器，然后通过光时域反射的方式，就可以在大范围混凝土材料结构上实现多点位钢筋锈蚀状况和特定分布的检测，从而在很大程度上得到了检测效率。该检测方法能够确保敏感膜在腐蚀前就能探测出光信号并对信号进行很好的总结和分析，完成光纤传感器，然后埋入混凝土内，实时采集敏感膜的腐蚀程度作为判断钢筋腐蚀程度的标准。经过大量的实践应用和创新研究表明：纤维传感器检测可以实现对混凝土的锈蚀进行在线、实时的监控，与常规的检测方式相比，它可以从根本上减少了检测设备的维修费用，同时也能够显著提高检测效率和确保检测结果精准性^[2]。

5. 涡流检测

涡流检测利用被测材料内部装有一种电磁波，与被测材料内部的两根钢筋进行“信号交流”，使其在被测材料内部形成一种可被测材料内部的磁场，从而使其在被测材料内部形成一种可被测材料内部的磁场。随着钢

筋的侵蚀的程度越来越明显，随着钢筋的截面面积越来越小时，在钢筋的四周，将会出现很大的变化。此时，凭借着在混凝土中的激发涡流和激磁电流之间所呈现出的相位关系，检测人员，可以对混凝土截面面积的损耗进行测量。涡流检测能够实现大面积的探测，并且检测过程简便，只要进行检测工作，则可以在知道混凝土整体结构内钢筋的腐蚀状况。

(二) 电化学方法

1. 恒电流实验检测

恒电流实验检测是指以相关刺激信号作为介质，得到有效衰减曲线，并通过分析衰减曲线来明确钢筋真实锈蚀状况，达到检测目的。实际检测时，由于这种检测方法本身性质所限，会出现一些不足之处，比如，会受到相关信号强度的影响，检测时间短，检测困难等等，但这种检测目前使用比较广泛，其优点是检测速度快，精度高。

2. 交流阻抗检测

交流阻抗是一种瞬态频谱分析技术，是指将不同频率和幅度的交流电 (<10 mV) 传递到钢筋中，然后紧接着电流、对电压的反应进行了分析以判断交流阻抗和频率之间有关联。这种检测技术能够借助等效电路，综合地对混凝土侵蚀的时候所发生的电化学反应阻抗信息进行分析，为确定混凝土的侵蚀速率奠定基础。当前，因为它的易用性和简便性，在现实的生产检测活动中被普遍使用，它不但可以直接显示出与混凝土锈蚀机理有关的信息，而且能够实现钢筋腐蚀速率量化检测。但是为了得到更精确的测量信息就需要保证广泛的检测范围，特别是在钢筋腐蚀速度检测中，要保证低频区域内数据信息的真实性。交流阻抗法在具体使用过程中，耗费检测时间长，需要多次计算，增加了检测工作量。同时，该检测技术实现需要依赖数量众多的测算仪器且成本高昂，所以为了避免不必要的仪器破坏，一般将其建立在特制的检测实验室内，并不能实现钢筋腐蚀现场测算。

此外，通过对混凝土进行电阻率测试，也可实现对钢筋锈蚀情况的监测。在此基础上，研究了混凝土中的抗力对阴阳极间的离子传输速度的影响。通常来说，钢筋锈蚀速度与混凝土的电阻率之间存在着一种倒比的关系。检测的原理是：把电极置于混凝土表面并把已知电流传递到其内，从而探测混凝土内电位的分布。电阻率检测法应用范围广，检测设备费用投入少，但容易受到环境的影响而造成监测数据的离散性大^[3]。

3. 线性极化检测

线性极化法也称极化电阻法，这类检测方法理论基础最早可以追溯到1938年，如今人们已经对其进行了优化和改进，是近几年来确定钢筋腐蚀速度使用频率最高的技术种类。其探测原理是：通过已知腐蚀率和自由腐

蚀电位下极化曲线斜率之间的相关关系，基于双电极或者三电极系统对材料和环境耦合精确腐蚀率进行探测，以达到探测钢筋腐蚀速率目的。线性极化检测技术在检测的便捷性和结果的精准性方面显示了优越性。如今英国已经开发了一种程式化的线性极化探测工具，它可以直接用于野外混凝土中钢筋腐蚀状况的探测工作，但是却不能达到探测钢筋电阻数值。另外，因钢筋电位低，相应极化电流很小，不能确保混凝土孔隙溶液中欧姆压降测试结果的精准性。这要求重视对检测仪器进行优化和改进，并对欧姆压降进行恰当的补偿以提高测量精度。另外，为了保证所得线性极化测试结果的真实性和可靠性，还需要对钢筋表面积进行了解，所以该测试技术一般用于新建工程中对已知区域预埋钢筋进行常规测试操作^[4]。

4. 钢筋腐蚀EIR评估综合法

钢筋腐蚀EIR综合评估方法与交流阻抗法相对，混凝土锈蚀破坏的 EIR综合评价法是一种在工程中易于在工程中应用的、可应用于工程实践的、具有工程应用价值的工程技术。这是一种使用了多元统计分析的分辨方法，需要对其构建一个数学模型，构建一个三元分辨函数，之后，再用得到的数值和准则来对其进行分类，最后使用统计计算出其数据的方法。EIR方法是通过腐蚀电位、腐蚀电流和混凝土电阻率等多个参数来评价混凝土中的锈蚀情况。它的优势是可以排除各种影响因素，从而使判断的结果更为精确。

结语

国家在现代化过程中对于建筑施工质量有着非常严格的要求，所以必须要提高原材料质量，施工水平和工作效率，确保建筑工程稳定进行，并且检测钢筋混凝土原材料锈蚀情况，防止安全风险发生。就检测管控而言，可以采用电化学与物理检测的方式来实现一种标准水平的检测，这样当钢筋混凝土内部材料中存在碱性物质的时候就可以得到及时的检测，有利于强化我国基础设施工程中的项目建设工作，对推动建筑领域健康长久发展起到推动作用。

参考文献

- [1] 李连刚. 浅议建材检测中之混凝土钢筋锈蚀检测要点[J]. 全文版: 工程技术, 2016, 000 (007): 47-47.
- [2] 赵茂帅. 建材检测中混凝土钢筋锈蚀检测要点研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2016, 000 (009): 1168-1168.
- [3] 林雪琼. 论述建材检测中之混凝土钢筋锈蚀检测要点[J]. 建筑·建材·装饰, 2015, 000 (003): 6-7.
- [4] 王晓丽, 袁金磊. 混凝土钢筋锈蚀检测要点[J]. 化学工程与装备, 2021, 000 (009): 233-234.