

环氧树脂涂层钢筋在钢筋混凝土结构中的应用

曹建中, 刘冠国

(河海大学 土木工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 由于氯离子侵入而导致钢筋锈蚀并最终引起钢筋混凝土耐久性的降低已经造成了巨大的经济损失, 寻求有效的防腐手段具有重大的研究意义。环氧树脂涂层钢筋是一种有效的防腐措施, 它能够有效的阻挡氯离子的进入, 延缓钢筋腐蚀的时间, 提高混凝土结构的使用寿命, 是迄今为止延缓或防止钢筋在氯盐环境下被腐蚀的最有效方法之一, 在我国工程实践中已经被广泛应用。

关键词: 钢筋混凝土; 耐久性; 钢筋锈蚀; 环氧树脂; 涂层钢筋

1 混凝土中钢筋的锈蚀

钢筋混凝土作为现代建筑的主流结构正在被广泛地使用着, 同时也暴露出越来越多的问题。其中最为重要的是钢筋腐蚀引起混凝土结构的过早破坏。尤其是在有氯离子存在的环境中。比如海洋环境、道路化冰盐、盐湖和盐碱地、工业环境等^[1]。

氯离子进入混凝土中通常有两种途径: 其一是“混入”, 如掺用含氯离子外加剂、使用海砂、施工用水含氯离子、在含盐环境中拌制浇注混凝土等; 其二是“掺入”, 环境中的氯离子通过混凝土的宏观、微观缺陷渗入到混凝土中, 并到达钢筋表面。进到钢筋表面的氯离子首先破坏钢筋表面的钝化膜, 使得裸露出来的铁基体和尚完好的钝化膜区域形成腐蚀电池, 同时又能与阳极反应产物 Fe^{2+} 反应, 加速电池作用, 强化了离子通路。环氧树脂涂层涂不与酸碱发生反应, 具有极高的化学稳定性, 同时还具有干缩小, 延性大的特点。与金属表面有极佳的粘结性。因而在金属表面制作防腐膜的理想材料。同时它能够有效的隔离钢筋表面, 切断氯离子通路。但是涂层的使用也会对钢筋与砼的粘结性能造成一定的不利影响。从研究表明, 采用涂层钢筋的构件早期刚度没有明显变化, 当接近极限荷载及箍筋较多时, 配涂层钢筋构件的刚度相对于配普通钢筋构件的刚度有所减小, 而且由于环氧表面光滑, 造成钢筋与混凝土粘结滑移略有降低, 但要求不会超过 20%, 也可以通过增加保护层厚度、适当延长锚固和绑扎长度等措施予以解决, 因此被环氧树脂涂层钢筋已经被广泛应用于钢筋混凝土结构中。

2 涂层钢筋防护技术

环氧树脂涂层钢筋就是在钢筋表面制作一层环氧树脂膜保护层, 涂层厚度一般在 0.15~0.30 mm。最早的开发使用源于 1970 年美国联邦公路行政局进行的一个改善桥梁使用年期的研究工作, 通过三年的大量实验, 从 56 种涂层中筛选出环氧树脂这一最理想的涂层有机物质。由于是当时的新兴材料, 并没有任何有关有机涂层钢筋的行业技术法规或标准, 纵使有部分涂层制作商可以提供“油松法”制成的涂层钢筋, 但是技术并不成熟。1973 年, 环氧涂层钢筋首次应用在宾夕法尼亚的桥面板上, 1976 年进入建筑市场, 随后环氧涂装焊接钢丝网于 1984 年亦进入市场。

我国环氧涂层钢筋的产品型号规定为: GHT·(环氧涂层钢筋的代号)·(原钢筋代号)-(钢筋直径)·(改型序号, 用 A、B、C…表示)。例如, 型号为“GHT·RL335-20B”的产品就是用直径 20 mm、强度级代号为 RL335 的热轧带肋钢筋制作的经过第二次变型更新的环氧涂层钢筋^[2]。

环氧材料有粉末环氧树脂和液体环氧树脂两种, 其主要原料包括环氧树脂、增塑剂、固化剂和耐碱材料等。根据具体的制作手法和工艺, 液体环氧树脂涂装方法有涂刷法、喷涂法和浸涂法; 粉末环氧树脂涂装方法有静电喷涂法、粉末浴法和静电粉末浴法。静电喷涂法是先加热钢筋, 然后将液态环氧树脂喷涂于钢筋表面, 环氧遇热融化塑性会增大很多, 并且冷却之后会很快固化, 在钢筋表面形成致密连续的涂层。粉末静电喷涂是基于高压静电感应原理在喷枪与工件之间形成静电场, 使粉末在静电和压缩空气的双重作

用下均匀地吸附到工件上。在余温下完成涂层的熔融固化。整个制作过程可以如下:

钢筋预热→喷砂处理→检查→预热→涂装→水冷→检查→出厂。

3 环氧树脂涂层钢筋的研究现状及国内外的应用状况

3.1. 涂层钢筋成品产业和行业标准

1) 国内第一家引进国外生产流水线的是香港宏利工业有限公司, 其环氧涂层钢筋加工厂设在广东海丰县境内, 于1994年正式投入生产。由于当时国内尚无相关的行业标准, 故该厂产品基本外销, 国内运用很少。该厂已取得美国国家防腐工程学会、美国钢筋学会、中国建筑科学院和建设部有关部门的认可, 并取得了专利权。另外, 广西柳州建筑机械总厂也引进了环氧涂层钢绞线的生产技术^[3]。

2) 编制了产品标准。根据建设部的要求, 由中国建筑科学研究院会同有关单位在199年共同编制完成了《环氧树脂涂层钢筋》JG3042-1997, 该标准是参考了美国 ASTM-A775M-95a、ASTM-A934M-95 和英国 BS7295:1992 等相关文献, 结合了我国国情编写的。根据交通部的要求, 《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》JTJ275 发布实施, 为水工结构工程提供设计依据^[4]。

3) 中国水运建设行业协会于2001年11月26日在上海主办了环氧树脂涂层钢筋应用研讨会。海丰县宏利钢材涂层有限公司、《公路》杂志社、中交企协水运勘察设计工作委员会于2000年4月23日在北京联合组织召开了环氧树脂涂层钢筋(E2POXY—COATED REBAR)应用技术研讨会。

3.2 环氧树脂涂层钢筋在工程中的使用

美国交通部对该项新技术进行研究总结后, 已发展成一套完整的产品标准, 严格的检验手段和设计、施工规范。因此, 在美国这项高新技术有约20年的工程应用经验, 并且在应用范围上不断的扩大。涂层钢筋在英国、日本、欧洲、中东和远东地区如: 新加坡、马来西亚等地亦逐渐普及使用。

1) 美国夏威夷珍珠港的一座钢筋混凝土浮桥, 全长1433m, 共耗用钢筋460万磅, 大部分的钢筋采用的是环氧树脂涂层^[5]。

2) 香港特别行政区已普及使用, 如香港的青马大桥、新机场、北大屿山高速公路、兰巴峡海湾大桥、北大屿山海底供水管道等混凝土结构中采用了环氧涂层钢筋。

3) 民用建筑及桥梁

应用于北京西客站南部广场地下通道顶部结构上的涂层钢筋已在1997年11月中旬铺装灌浆; 由天津市市政设计院负责设计的宁波大桥—浙江省东部甬江入海口外的亚洲第一大跨独塔斜拉桥的桥面板采用了环氧涂层钢筋^[6]。

同三国道主干线福鼎—宁德高速公路八尺门特大桥承台钢筋要受海水浸泡较长时间, 为避免海水对钢筋的侵蚀, 设计单位在2个承台中采用了环氧树脂涂层钢筋^[7]。

粤海铁路琼州海峡南岸铁路轮渡栈桥现场地下水位较高, 水质中存在着大量的 Mg^{2+} 、 Cl^{-} 等离子和盐类结晶物, 会对钢筋混凝土结构产生不同程度的侵蚀。因此粤海栈桥0号墩座板下第一节钢筋笼和墩身结构全部采用环氧树脂涂层对钢筋进行防护, 以便抑制环境水中的离子和盐类结晶物对钢筋的锈蚀^[8]。

广东汕头LPG码头、宁波大桥、厦门环岛路(海军码头—演武路段)的海上桥梁墩部以及梁部底层钢筋经过比较同样使用了环氧树脂涂层钢筋。

4) 码头工程

由上海铁山钢铁集团公司委托交通部第三航务工程勘察设计院设计的马迹山港25万吨级矿石码头^[9], 和由美国加德士合资公司委托交通部第四航务工程勘察设计院设计的汕头LPG石油天然气码头均设计采用环氧涂层钢筋^[10]。

3.3 环氧涂层钢筋性能研究

1) 薛伟辰^[11]对不同涂层厚度的环氧涂层钢筋与混凝土之间的粘结锚固性能进行试验研究, 认为①环氧涂层钢筋混凝土梁的正截面设计可按普通钢筋混凝土梁的设计方法进行。②环氧涂层钢筋混凝土梁的裂缝间距和最大裂缝宽度的计算方法为: 在相应规范设计公式的基础上引入增大系数 $\alpha=1.1$, 以考虑受拉钢筋为环氧涂层钢筋时裂缝间距较大、裂缝较宽的特点。③环氧涂层钢筋混凝土梁挠度的计算可按普通钢筋混

凝土梁挠度的计算方法进行。

2) 聂永明等^[12, 13]对 18 组共 36 根对比试验梁受弯性能进行试验研究, 得出结论: ①配涂层钢筋不影响结构承载力。②涂层钢筋的搭接锚固强度比普通钢筋小, 设计时应适当涂层钢筋的搭接长度, 以保证结构承载力的不降低。③构件刚度的实测值略大于按规范公式的设计值。④配涂层钢筋的构件开裂荷载稍有提前, 平均裂缝间距稍有增加。构件裂缝一般首先出现于纵向钢筋搭接接头位置处。

3) 郝超, 郑宪政^[14]对 34 个有拼接接头和传力钢筋的两类横截面的板试件进行了试验, 以估算有环氧树脂涂层钢筋并受循环荷载作用的混凝土桥面和板的特性。估算是通过比较循环荷载下和极限荷载条件下有涂层钢筋与同类无涂层钢筋试件的特性而进行的, 试验参数包括混凝土抗压强度、钢筋尺寸、变形模式、涂层厚度、拼接长度和施加的应力。

4) 张鹏、莫测先^[15]等通过分析国内外关于环氧树脂涂层钢筋黏结锚固性能的研究成果, 指出了我国行业标准 JG3042-1997 中的不足之处, 提出应重视环氧涂层光圆钢筋黏结锚固性能研究的观点。

5) 索丽生^[16]对环氧涂层钢筋的粘结锚固性能进行了较为系统的试验研究和分析, 并提出了相应的设计建议。

6) 许清风、蒋永生^[17]在其文章中分析了钢筋的直径、钢筋的外形、涂层的厚度、混凝土保护层的厚度以及有无箍筋约束等因素对环氧涂层钢筋粘结强度和锚固性能降低程度的影响, 以及减低这些影响的措施。

4 结 语

随着国内外混凝土结构中受钢筋锈蚀影响而导致耐久性降低的问题暴露的越来越多, 各种新兴的防腐技术成为人们研究的热点。环氧树脂涂层钢筋技术经过数十年的理论研究和试验, 以及具体工程项目的检验证明是一种防止钢筋腐蚀的十分有效的措施。现在涂层钢筋更多的应用于公路、桥梁、码头等结构中, 但是随着国家标准制定的完善、制作工艺的一再更新以及目前涂层钢筋存在问题的不断解决, 它必将在各个建筑领域中拥有更为广泛的使用空间, 有着广大的市场前景。

参考文献:

- 1 洪乃丰. 混凝土中钢筋腐蚀与防护技术 (3) — 氯盐与钢筋腐蚀破坏, 工业建筑, 1999, (10).
- 2 JG3042-1997, 环氧树脂涂层钢筋.
- 3 张 鹏, 黄任常, 史志华. 关于行业标准《环氧树脂涂层钢筋》. 广西工学院学报, 1997, 8(4):14-17.
- 4 Burke D F, Tsutahara M T, Use of new generation epoxy coated rebar in the admiral clarey bridge. NACE Western Area SSPC & Joint Military Corrosion Conference [C]. Honolulu, Hawaii:1996, 13-23.
- 5 包琦玮, 何直宇, 史志华. 环氧树脂涂层钢筋在北京西客站南广场工程中的应用. 水运工程, 1999.
- 6 徐 峰. 环氧树脂涂层钢筋在八尺门大桥工程中的应用. 公路, 2002, 9(9):81-82.
- 7 孙吉堂. 粤海栈桥环氧涂层钢筋施工技. 工程质量, 2001, (3):30-31.
- 8 张世昌. 环氧树脂涂层钢筋在马迹山港工程中的应用. 水运工程, 1999, (8):54-57.
- 9 卢永昌. 环氧树脂涂层钢筋在汕头LPG码头工程中的应用. 水运工程, 1999, (8):63-67.
- 10 薛伟辰. 环氧涂层钢筋混凝土结构的试验研究. 同济大学学报, 2001, 29(7):769-773.
- 11 聂永明. 环氧树脂涂层钢筋搭接长度及梁受弯性能试验研究. 水运工程, 1999, (8):25-32.
- 12 聂永明, 陶学康. 环氧涂层钢筋搭接长度及梁受弯性能试验研究. 建筑科学, 2002, 16(2):21-30.
- 13 郝 超, 郑宪政. 循环荷载作用下有环氧树脂涂层钢筋的混凝土桥面和板的特性. 国外桥梁, 1997, (2):41-45.
- 14 索丽生, 白明进. 环氧涂层钢筋粘结强度的试验研究. 工业建筑, 1999, 29(7):44-47.
- 15 张 鹏, 莫测先, 张俊等. 环氧树脂涂层钢筋的粘结锚固问题. 山东建材学院学报, 1998, 12(4):358-361.
- 16 许清风, 蒋永生. 影响环氧涂层钢筋粘结锚固性能的因素分析. 工业建筑, 1999, 29(6):45-48.