

文章编号:0451-0712(2006)08-0249-03

中图分类号:U445.73

文献标识码:B

近海地区提高钢筋混凝土结构耐久性的技术途径和工程实例

王迎军, 林静慧

(广东虎门大桥有限公司 东莞市 523910)

摘要: 就近海地区钢筋混凝土结构锈蚀问题,进行了探讨。结合工程实例,介绍了提高结构耐久性的措施并提出了建议。

关键词: 钢筋混凝土结构; 近海地区; 耐久性

在自然界中桥梁承受着交通荷载,桥梁的钢结构和混凝土结构都会受到周围环境的腐蚀,包括日趋严重的大气污染(二氧化碳)和水污染,近海地区桥梁还会受到硫酸根离子、氯离子的侵蚀。在这种复杂的腐蚀环境中,为了防止钢筋混凝土结构的锈蚀,延长桥梁的使用寿命,就对提高钢筋混凝土结构的耐久性提出了新的要求。

1 钢筋混凝土耐久性问题

1.1 钢筋锈蚀的原理

由于受到潮湿大气、二氧化碳、氧气及氯离子的影响,钢筋的锈蚀是无法避免的。钢筋的锈蚀包括自然腐蚀和电化腐蚀。自然腐蚀是指钢铁在冶炼过程中吸收了大量的能量,而以后又会慢慢将贮存的能量释放出来,使金属从热力学不稳定的原子态转化成热力学稳定的离子态,在这个过程中必然存在自然腐蚀的趋势。桥梁钢筋绝大多数情况属于电化腐蚀。电化腐蚀是金属和介质发生电化反应而引起的腐蚀,在金属表面形成的原电池放电产生电化反应,在阳极进行的是氧化反应,而阴极是还原反应。在腐蚀过程中,有隔离的阴极区和阳极区,电流可以通过金属在一定的距离内流动。钢铁在大气环境中,表面会吸附氧气和水等,加上溶有其他的腐蚀介质(如 Cl^-),就会形成电解溶液加快电化腐蚀的进行。

1.2 混凝土桥梁的腐蚀特性

引起混凝土内的钢筋腐蚀,最为主要的原因是

混凝土的碳化和氯化物的渗透。

首先,钢筋混凝土中水泥的水化产物——氢氧化钙是一种高碱性物质(pH值在12.5以上),混凝土中的钢筋与该溶液接触,表面会形成氧化亚铁膜,它可以钝化钢筋,阻止氧接触钢筋,对钢筋起保护作用。但由于外来的酸性气体,如二氧化碳渗入混凝土与氢氧化钙发生化学反应,变成碳酸钙,整个反应就称为碳化作用。当大量的碳酸钙形成时,混凝土内部碱性环境受到破坏,氧和水分由表层开始通过毛细管和裂缝向内部发展,钢筋产生锈蚀,导致混凝土构件破坏。

其次,氯盐的腐蚀。这是近海混凝土桥梁锈蚀的重要原因之一,氯盐来自于外部的海水、海洋大气、消冰盐等。氯离子是一种穿透力极强的腐蚀介质,当接触到钢铁表面时,便迅速破坏钢铁表面的钝化层。即使在强碱性环境中,氯离子引起的点锈腐蚀依然会发生,同时由于无论是气态或是液态的水都不是纯净水,都是含有一些杂质的电解液,电化作用会导致锈蚀加快进行。而且氯离子会与混凝土中的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $3\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ 起反应,生成易溶的 CaCl_2 ,带有大量的结晶水,体积增大好几倍,易造成混凝土的膨胀破坏。

2 近海地区提高钢筋混凝土结构耐久性的措施

2.1 提高结构耐久性的措施

据研究,提高结构耐久性的根本性措施是发展

和应用密实混凝土、高性能混凝土,保证混凝土具有良好的耐候性。在严酷的环境下,附加防护措施是必要的。就防护原理而言,附加措施可分两类。一类是最大限度地防止环境中的有害物质进入混凝土内,这包括提高混凝土自身的防护能力和采用外涂覆层等;另一类是,当不能完全避免有害物质进入混凝土内时,在混凝土内部采取措施,包括采用钢筋阻锈剂、阴极保护、环氧涂层钢筋等。

2.2 采用外涂覆层来提高混凝土结构耐久性

(1) 水泥基覆层(砂浆)。

经常采用的有普通水泥砂浆层和聚合物改性水泥砂浆层两类。普通水泥砂浆层可用在很轻微的腐蚀环境中,在减缓混凝土碳化影响方面有一定作用,砂浆越密实效果越明显,而且经济方便。聚合物改性水泥砂浆层是将一定比例的聚合物乳液加入水泥砂浆中,大大提高了砂浆层的密实性和粘接力,可在潮湿基面上施工,施工较为简单,其耐久性可与基层混凝土保持一致。但聚合物改性水泥砂浆还毕竟是水泥基材料,基本上不耐酸,不适宜用在较强的酸性环境中。

(2) 渗透性涂料。

渗透性涂料的典型代表属有机硅类材料,如烷基烷氧基硅烷等。含有机硅树脂的稀溶液,具有很强的渗透性,它本身有很高的憎水性,能与混凝土组分起作用,可堵塞空隙和在孔壁形成憎水膜。能防水但允许气体交换,有“呼吸”功能。此类材料,多用于轻腐蚀环境下,防混凝土碳化、中性化等,对于氯盐环境有一定的防护效能。在结构建成早期应用效果较好,在混凝土出现碳化后,混凝土表面空隙减少,将影响其防护效果。

(3) 混凝土表面涂层。

混凝土表面涂层的材料很多,是种类最多、最普遍的防护涂层,大致分为:沥青、煤焦油类,大量用于地下工程;油漆类,可根据腐蚀环境、结构要求等选择使用种类和配套;防水涂料,水基、无溶剂类防水涂料可防止水、水汽进入混凝土中,起到减缓钢筋混凝土腐蚀的效果,但防护能力不强,耐久性不足;树脂类涂料,环氧树脂、已烯基树脂、丙烯酸树脂、聚胺酯等都可用于混凝土的表面涂料,有较好的防护性能和耐久性。涂层作为一种高聚物薄膜,能够不同程度地阻断水、氧和离子的透过,从而发挥防锈防腐的作用。

(4) 隔离层。

隔离层主要有玻璃鳞片覆层,玻璃纤维增强塑料(玻璃钢)隔离层,砖板、橡胶衬里层等。通过在混凝土表面形成隔离层,有效防止环境中的水和其他有害物质进入混凝土内,防护效果好,对施工控制要求严格。

2.3 阴极保护

电化学的阴极保护是使用钢铁成为阴极并极化,以减小、防止腐蚀。阴极保护可以分为牺牲阳极保护和外加电流保护两种形式。外加电流阴极保护是由直流电源的负极连接在混凝土的钢筋上,以迫使整个处于阴极状态,从而免受腐蚀。牺牲阳极保护法是采用一种比钢筋电位要负,即化学性质更为活泼的金属或合金与钢筋连接在一起,依靠该金属或合金不断的腐蚀,牺牲掉所产生的电流使钢筋获得阴极极化而受到保护。常见的牺牲阳极材料有镁、锌基合金和铝基合金等。

3 墩身的锈蚀实例

虎门大桥于1997年5月建成通车。在通车后3年,发现其西引桥(30 m跨)桥墩混凝土表面出现环状裂缝,部分箍筋锈蚀,混凝土胀裂,随后委托相关单位对西引桥进行了调查。在调查中,着重对西引桥墩身进行了保护层厚度测定、钻取芯样测混凝土碳化深度、钻粉取样进行混凝土氯离子含量分析等工作,发现西引桥墩柱普遍出现了箍筋锈胀外露,混凝土沿箍筋方向开裂剥落,规律较为明显,墩柱局部混凝土外观密实性较差。墩柱混凝土表面无破损处最小保护层厚度大于或等于29 mm,平均保护层厚度为38 mm;墩柱混凝土表面有破损处保护层厚度小于或等于24 mm,最小保护层厚度仅为6 mm,平均保护层厚度为17 mm,远达不到设计保护层厚度要求。在墩柱已锈蚀部位相对应面柱体保护层厚度大于40 mm,混凝土无破损,可见施工墩柱时钢筋笼明显偏位。墩柱表面混凝土碳化深度最大达7.5 mm,最小碳化深度3.5 mm,平均碳化深度5.5 mm。墩柱底部表层混凝土中氯离子含量均高于上部(5 m处),虽总的含量较小,但是在混凝土表面发生碳化、开裂后,氯离子浓度可以加速钢筋的锈蚀,加快混凝土的破坏程度。

综合分析调查结果,造成西引桥墩柱出现箍筋锈胀外露、混凝土剥落的主要原因是:(1)混凝土碳化;(2)施工墩柱时钢筋笼偏位,部分混凝土保护层厚度太薄;(3)墩柱混凝土水灰比偏大(0.54);(4)局

部混凝土密实性较差;(5)高温、高湿的海洋性气候和火力发电厂的不良环境影响。

4 用玻璃钢包裹墩身的方案

4.1 西引桥桥墩采取的处理方案

针对虎门大桥西引桥桥墩出现的问题,应防止、隔离有害物质再进入墩柱混凝土,并对混凝土表面起到增强作用,以达到长效防腐的目标。在对比了砂浆覆层、渗透型涂料、防水涂层、隔离层和阴极保护等几种提高结构耐久性的方法后,西引桥的处理采用了玻璃纤维增强塑料(玻璃钢)对墩柱进行包裹。玻璃钢隔离层采用了常温固化的一布一毡的构造方案。在墩柱表面处理的基础上,用乙烯基酯树脂衬布胶料满贴一层厚为 0.18 mm 的中碱玻璃纤维布,然后用乙烯基酯树脂衬布胶料满贴玻璃纤维面毡一层,最后满刷乙烯基酯树脂面层胶料一道,从而形成提高结构耐久性的隔离层。

4.2 玻璃钢包裹墩身的材料特性

该方案选用了强度高、浸润性好、耐候性好的环氧丙烯酸型乙烯基酯树脂(固化体系配套)作为主体材料。

采用中碱玻璃纤维布,其特点是耐化学性特别是耐酸性好,强度高,与树脂的浸润性好,施工成玻璃钢工艺简单,不用脱蜡。

玻璃钢制品通常需要形成富树脂层,这一般是用中碱玻璃表面毡来实现。玻璃纤维毡与玻璃纤维布采用同一厂家的产品,可吸收较多树脂形成富树脂层,提高了耐候性,还遮住了玻璃纤维增强材料(如方格布)的纹路,起到表面修饰作用。

4.3 玻璃钢隔离层现场施工工艺

4.3.1 表面处理

凿除墩柱表面松散混凝土,对生锈钢筋进行除锈、防腐处理。裂缝凿成 V 形槽,用手动砂轮机对混凝土表面进行清理后,用高压水全面清洁。对较大混凝土凹面、孔洞缺陷处,用乙烯基酯树脂腻子填补密实,其他缺陷用乙烯基酯树脂腻子批刮平顺。

4.3.2 玻璃纤维增强塑料隔离层的施工

对墩柱表面有砂眼、孔洞的部位,用乙烯基酯树脂腻子满批,其他部位用乙烯基酯树脂满批打底料一道。然后刷乙烯基酯树脂打底料一道,用乙烯基酯树脂衬布胶料贴厚为 0.18 mm 的中碱玻璃纤维布一层,贴实并赶尽气泡。检查修补合格后,再用乙烯基酯树脂衬布胶料贴玻璃纤维面毡一层,贴实并赶

尽气泡,贴布、毡的顺序按先上后下、先立面后平面的原则进行,同层布和毡的搭接宽度要大于 5 cm,上下层的接缝应错开 5 cm 以上。最后刷乙烯基酯树脂面层胶料一道。

玻璃纤维毡浸润性好,能大量吸收树脂,使玻璃钢表面的含胶量大大提高。同时玻璃纤维毡可使玻璃钢表面致密,进一步提高玻璃钢的耐候性和耐腐蚀性。每道胶料加入适当比例的颜料糊,颜色为中灰色,施工后视觉效果好。

施工前后状况见图 1、图 2 所示。

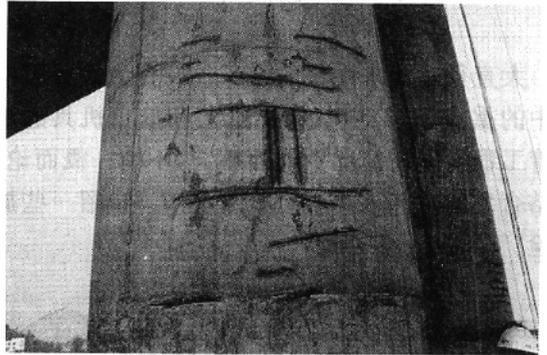


图 1 施工前混凝土病害状况

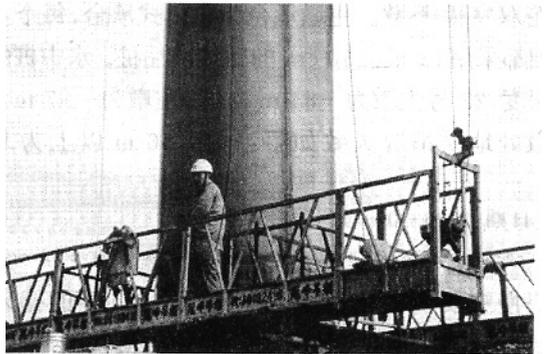


图 2 玻璃钢施工后外观效果

4.4 施工质量控制

(1) 从严把好原材料进库关。认真检查产品合格证、质量检验报告,按要求进行原材料抽检,不合格的产品不能使用。

(2) 严格进行混凝土表面处理。除对混凝土表面病害进行彻底处理外,局部混凝土凸面要打磨平顺,待混凝土表面干燥后(含水率低于 6%),才能进行玻璃钢隔离层的施工。

(3) 施工气候环境要求。气温在 15~30℃,相对湿度不大于 80% 时适宜施工。玻璃钢施工时,尽量避免太阳直射,同时也应避免在雷雨大风的天气施工。

(4) 严格进行配料控制。乙烯基酯树脂胶料的固

文章编号:0451-0712(2006)08-0252-03

中图分类号:U445.551

文献标识码:B

北江大桥大直径超深水中桩施工难点及对策

张荣光

(珠江三角洲环形高速公路西环段(南段)筹建处 广州市 510600)

摘要:结合北江大桥主墩水中桩的施工,介绍了大直径超深水中桩施工中常遇到的一些问题和处理方法。

关键词:大直径超深水中桩;施工难点;对策

大直径超深水中桩的施工往往是大跨径桥梁施工中的重点和难点,其施工工艺和施工机具的选择随着工程和地质情况不同而不同,不能一概而论。下面结合北江大桥主墩桩基础的施工,介绍一些施工经验。

1 工程概况

北江大桥主桥为75 m+136 m+75 m 预应力混凝土连续刚构桥,主梁采用单箱双室断面,主墩采用单箱双室薄壁墩。主墩承台为整体式承台,每个主墩基础都采用12根 $\phi 250$ cm的钻孔灌注桩。水中桩的设计深度,23号主墩为-84 m,24号主墩为-87 m。两主墩处地质情况大致如下:-19.50 m以上为北

江水道,-19.50~-26.35 m为细砂层,-26.35~-37.65 m为圆砾层,-37.65 m以下依次为强风化凝灰质角砾岩、弱风化凝灰质角砾岩和微风化凝灰质角砾岩。其中弱风化和微风化凝灰质角砾岩之间又交替夹有强、弱、微风化夹层。主墩均位于北江主航道(国家Ⅲ级航道)中。施工区域江面宽约530 m,墩位处水深约26 m,每日潮水两涨两落。本区施工受台风、雨季、洪水的影响较明显,最高洪水位可达9 m以上。

2 施工难点及对策

2.1 钢护筒的制作和下沉

北江大桥主墩处水较深,而且过往船只较多,对

收稿日期:2006-07-11

化快慢主要由固化系统来调节,固化剂等的掺入量主要根据施工温度、湿度及各部分材料性能来变化。固化时间是否合理直接影响到玻璃钢的质量,调配好的胶料一定要在规定的时间内用完,若有剩余,应废弃,不得再使用。

5 结语

我国正处在基础设施建设的高峰期,钢筋混凝土结构仍是主体。为避免一段时期后耗费大量的资金对混凝土结构进行维修加固,在设计、施工、维护的过程中,应充分考虑结构的耐久性和寿命保证的问题。

近海地区存在着广泛的腐蚀环境,应针对工程所处的自然环境,采取不同的防护措施,如提高混凝土的密实性、增加保护层厚度、防止裂缝的产生、添

加钢筋阻锈剂等,可有效提高混凝土结构的耐久性。

对已出现损害的混凝土结构,宜认真调查出现病害的原因。针对具体情况,对比各种防护措施的利弊和技术经济指标,选择较为适宜的处理措施,能较好地解决结构耐久性问题。

参考文献:

- [1] 王禹阶.有机无机玻璃钢技术问答[M].北京:化学工业出版社,2001.
- [2] 王媛俐,姚燕.重点工程耐久性的研究与工程应用[M].北京:中国建材工业出版社,2000.
- [3] 洪定海.混凝土中钢筋的腐蚀与保护[M].中国铁道出版社,1998.
- [4] 黄土元.混凝土耐久性设计要点[J].混凝土,1995,(3).
- [5] 庞启财.桥梁防腐蚀涂装和维修保养[M].北京:化学工业出版社,2003.