

文章编号 :1007 - 649X(2001)01 - 0030 - 03

砼结构基于碳化腐蚀的优化维修策略

郭院成¹, 张妍超², 曾 力¹

(1. 郑州工业大学土木建筑工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 平顶山市建设工程质量监督站, 河南 平顶山 467000)

摘 要:《工业建筑防腐蚀设计规范》规定了砼结构中受力钢筋的最小保护层厚度,认为对接触弱腐蚀性介质的钢筋砼结构,随着钢筋保护层的减小,结构耐久性能也随之降低.依此设计要求,提出一种基于砼碳化腐蚀的耐久性准则,定义了相应的耐久度系数概念,并据此建立了以“修旧如新”为维修准则的砼结构优化维修策略.

关键词:弱腐蚀性;碳化腐蚀;优化维修

中图分类号:X 825 文献标识码:A

0 引言

《建筑结构设计统一标准》规定:结构在正常使用时必须具有良好的工作性能;在正常维护下具有足够的耐久性能等.工业建筑在投入使用若干年后,由于使用环境的影响,必然使结构自身受到不同程度的损伤,从而导致结构的安全性、适用性及耐久性的降低,缩短结构的有效使用寿命.因此,对受腐蚀的在役结构进行及时、合理的维修加固,适当提高其安全性,维护其适用性,延长其耐久性,不仅可保证在役结构在其后续服役期内具有最优的可靠度水平,还可延长结构的使用寿命.

建筑结构的维修可分为预防性维修和灾后加固性维修两种.对正常使用要求的预防性维修来说,一般情况下,维修是在不改变建筑结构形式的基础上进行的,其主要目的是为了维持或提高结构的抗灾能力和结构的使用年限.如对一受腐蚀钢筋砼结构,由于受外部腐蚀环境的影响,在结构投入使用若干年后,结构构件(如梁或柱)会受到腐蚀性介质的侵蚀作用,导致保护层砼碳化,出现裂缝甚至剥落,受力钢筋或箍筋锈蚀,导致结构构件的强度和刚度发生程度不同的衰减,结构的综合抗灾能力和延性也随之降低,这不仅使结构的整体失效概率有所增加,而且对结构的耐久性能

也有较大的影响^[1,2],若不进行及时的维修加固,则结构在超过某一界限后的短短数年内将迅速达到其使用极限寿命.而若及时对结构进行预防性维修,则可使结构的使用寿命有明显的延长.因此,对可维修结构进行及时有效的预防性维修常常是必不可少的.

1 基于砼碳化腐蚀的耐久性能

当钢筋砼结构使用环境中腐蚀性介质以 CO₂ 或其他弱腐蚀性介质为主时,其对结构本身的影响主要表现在表层砼材料的碳化.随着砼碳化深度的加大,结构受力钢筋可能发生锈蚀,结构构件承载力衰减,导致结构耐久性能减弱.若结构服役时间为 t_1 时,结构表层砼的实际碳化深度记为 $D(t_1)$,则引入耐久性系数 $\beta_d(t_1)$ 来定义基于砼碳化深度的在役钢筋砼结构动态耐久性能时,动态耐久度系数^[3]可取为

$$\beta_d(t_1) = \begin{cases} 1; & (t_1 \leq t_0), \\ \sin\left\{\frac{[D_T] - D(t_1)}{[D_{T_1}]} \cdot \frac{\pi}{2}\right\}; & (t_0 < t_1 \leq T_0), \\ 0; & (t_1 > T_0), \end{cases} \quad (1)$$

式中 $[D_{T_1}]$ 为对应于结构后续使用期 T_1 的表层砼安全碳化深度限值,一般可根据规范规定的 50

收稿日期:2000-09-10;修订日期:2000-12-16

基金项目:河南省科技攻关项目(991090337);河南省教育委员会科技攻关项目(1999560002)

作者简介:郭院成(1965-)男,河南省辉县人,郑州工业大学副教授,博士,主要从事工业建筑结构可靠性评估及维修决策方面的研究.

年基准使用期所对应的砼安全碳化深度限值 $[D]$ 按线性内插方法计算而得 t_0 为对应于受力钢筋保护层厚度等于后续使用期要求的砼安全碳化深度限值时结构的使用时间:即 $[D_T] - D(t_0) = [D_T]$ 。

若根据实测数据及结构使用环境情况可确定钢筋砼结构的动态耐久度系数最低限值为 $[\beta_d]$, 即 $\beta_d(t_1^*) \geq [\beta_d]$ 则此时基于正常使用极限状态的维修加固时机 $t^* \leq t_1^*(\beta_d(t_1^*) = [\beta_d])$, 维修原则是“修旧如新”。

2 实例分析

某处于潮湿环境中工作的室外普通钢筋砼结构, 环境中 CO_2 浓度为 0.005, 砼设计强度为 C 30 级, 纵向受力钢筋直径为 25 mm, 设计基准期为 50 年。在结构投入使用 10 年时, 实测得结构表层砼的碳化深度为 $D = 18$ mm, 依据建筑物的使用功能、服役情况及工艺要求, 结构基于砼碳化深度限值的动态耐久度系数最低限值为 $[\beta_d] = 0.3$, 且假定在结构后续使用期内保持其使用功能不变。试确定结构第一次维修时的维修时机 t_1^* ; 若假定结构维修原则是“修旧如新”, 试规划结构 50 年基准使用期内的优化维修策略。

(1) 计算结构第一次维修时机 t_1^* 。根据已知条件, 知室外潮湿环境中工作的钢筋砼结构, 50 年设计基准使用期的砼安全碳化深度限值为 $[D_T] = 25$ mm。由砼碳化深度的多系数方程^[4]及已知条件, 可计算预测该结构砼碳化发展至其安全碳化深度限值时所需的结构使用年限 t_0 为

$$t_0 = t_1 \cdot \left\{ \frac{[D_T]}{D(t_1)} \right\}^2 = 19.3 \text{ 年}。$$

$t_1 = 10$ 年时, $T_1 = 40$ 年, 对应于此后续使用时间的砼安全碳化深度值为

$$[D_{40}] = [D_T] \cdot \sqrt{\frac{T_1}{T}} = 22.4 \text{ mm} ,$$

故结构服役时间为 $t_1 = 10$ 年时, 基于砼碳化深度的动态耐久度系数为

$$\beta_d(10) = \sin \left\{ \frac{25 - 18}{22.4} \cdot \frac{\pi}{2} \right\} = 0.47 ,$$

显然, $\beta_d(10) > [\beta_d] = 0.3$ 。

$$\text{令 } \beta_d(t_1^*) = \sin \left\{ \frac{[D_T] - D(t_1^*)}{[D_{T_1^*}]} \cdot \frac{\pi}{2} \right\} = 0.3 ,$$

可求得结构第一次维修的维修时机为 $t_1^* = 13.5$ 年。

(2) 计算 50 年设计基准使用期内的最少维

修次数。按“修旧如新”维修原则, 且假定结构维修时间较短, 与结构服役时间相比可忽略不计, 则第一次维修后结构的后续剩余使用时间为 $T_1^* = 36.5$ 年, 与此相对应的砼安全碳化深度限值为

$$[D_{36.5}] = [D_T] \cdot \sqrt{\frac{T_1^*}{T}} = 21.4 \text{ mm}。$$

令 $[D_T] - D(t_{01}) = [D_{T_1^*}]$, 即可得 $D(t_{01}) = 25 - 21.4 = 3.6$ mm。

由砼多系数碳化方程^[4]可计算得

$$t_{01} = t_1 \left\{ \frac{D(t_{01})}{D(t_1)} \right\}^2 = 0.4 \text{ 年} ,$$

显然, $T_1^* = 36.5 \text{ 年} > t_{01} = 0.4 \text{ 年}$ 。

$$\text{令 } \beta_d(t_2^*) = \sin \left\{ \frac{[D_T] - D(t_2^*)}{[D_{T_2^*}]} \cdot \frac{\pi}{2} \right\} = 0.3 ,$$

可求得结构第二次维修的维修时机为 $t_2^* = 28$ 年。

第二次维修后结构的后续剩余使用时间为: $T_2^* = 22$ 年, 与此相对应的砼安全碳化深度限值为

$$[D_{22}] = [D_T] \cdot \sqrt{\frac{T_2^*}{T}} = 16.6 \text{ mm}。$$

令 $[D_T] - D(t_{02}) = [D_{T_2^*}]$, 即可得 $D(t_{02}) = 25 - 16.6 = 8.4$ mm。

由砼多系数碳化方程^[4]可计算得

$$t_{02} = t_1 \cdot \left\{ \frac{D(t_{02})}{D(t_1)} \right\}^2 = 2.1 \text{ 年} ,$$

显然, $T_2^* = 22 \text{ 年} > t_{02} = 2.1 \text{ 年}$ 。

$$\text{令 } \beta_d(t_3^*) = \sin \left\{ \frac{[D_T] - D(t_3^*)}{[D_{T_3^*}]} \cdot \frac{\pi}{2} \right\} = 0.3 ,$$

可求得结构第三次维修的维修时机为 $t_3^* = 43.9$ 年。

第三次维修后结构的后续剩余使用时间为 $T_3^* = 6.1$ 年, 与此相对应的砼安全碳化深度限值为

$$[D_{6.1}] = [D_T] \cdot \sqrt{\frac{T_3^*}{T}} = 8.7 \text{ mm} ,$$

令 $[D_T] - D(t_{03}) = [D_{T_3^*}]$,

即可得 $D(t_{03}) = 25 - 8.7 = 16.3$ mm。

由砼多系数碳化方程^[4]可计算得

$$t_{03} = t_1 \cdot \left\{ \frac{D(t_{03})}{D(t_1)} \right\}^2 = 8.2 \text{ 年} ,$$

显然, $T_3^* = 6.1 \text{ 年} < t_{03} = 8.2 \text{ 年}$ 。

因此, 该结构按设计基准期 $T = 50$ 年计算时, 基于砼碳化深度的动态耐久度约束而进行的

预防性维修,最少必需进行 3 次,其维修时机分别是 $t_1^* = 13.5$ 年; $t_2^* = 28$ 年; $t_3^* = 43.9$ 年。

3 结束语

当使用环境中含有弱腐蚀性介质时,根据环境温湿度条件,适当加大受力钢筋保护层厚度,并在其使用过程中针对环境介质对砼结构的碳化腐蚀特点及时进行预防性维修,是工程实际中处理碳化腐蚀问题的一种经济有效的方法。本文研究定义了基于砼碳化腐蚀的耐久性系数,建立了正

常工作条件下预防性维修的优化决策方法。

参考文献:

- [1] 郭院成,霍 达.在役结构的最佳维修决策[J].基建优化,1996,1(2):9-12.
- [2] 郭院成,霍 达,王云昌.砼碳化深度模糊预测[J].河南科学,1998,1(4):437-441.
- [3] 郭院成.化工钢筋砼结构可靠性评估与维修决策[D].哈尔滨:哈尔滨建筑大学,1997.
- [4] 龚洛书,苏曼青,王洪琳.混凝土多系数碳化方程的试验研究[J].建筑科学,1985(5):21-26.

The Optimum Maintenance Strategy of Concrete Structure Based on the Concrete Carbonation

GUO Yuan - cheng¹, ZHANG Yan - chao², Zeng Li¹

(1. College of Civil & Building Engineering, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China; 2. Quality Supervision Department of Constructional Engineering of Pingdingshan, Pingdingshan 467000, China)

Abstract: The minimum cover thickness of steel bars for concrete structure is stipulated in the "Code for anticorrosion design of industrial constructions", and it is thought that because of rein - forced concrete structure exposure to weak erosive medium, the structural durability will decrease with the reduction of reinforcement cover. Based on this design requirement, a durability rule based on concrete carbonization corrosion is studied and suggested in this paper. Also, the corresponding durability coefficient concept is defined, and accordingly, an optimization maintenance strategy for concrete structure is established taking "maintenance as newly built" as the maintenance rule.

Key words: 耐久性数据; corrosive; carbonization corrosion; optimization maintenance