

建筑结构的寿命及其广义耐久性^{*}

蒋晓东 赵卓霍达
(郑州工业大学土建系)

摘 要 由于种种原因,许多建筑物在其设计寿命来临之前,就已经不能满足设计时所要求的各项预定功能。其中,不仅有建筑物结构本身的原因,也有如社会、经济的发展等原因所造成的影响。本文提出了广义耐久性的思想,对这一问题进行了系统的分析。

关键词 建筑结构;设计寿命;广义耐久性

中图分类号 TU31

0 引言

一个结构的建立,其目的在于使相应建筑物在预定的使用期内,在设计预定的使用条件下,完成人类所要求的各项功能。然而,由于如社会的变革、经济的发展、生产技术的提高、外界环境对结构所造成的损伤(如火灾、水灾、地震、冻融循环、侵蚀性化学腐蚀、磨损、钢筋锈蚀等)等种种原因的影响,常常在结构设计寿命来临之前,就需要对建筑结构进行大量的维护、维修、改建,或拆除重建。这一现象,被称之为建筑结构的耐久性问题。

国外对建筑结构耐久性问题的研究始于四十年代,近十余年发展较快,而我国则从六十年代才开始了对砼结构碳化和钢筋锈蚀等耐久性问题的研究。所作的大部分工作,主要是针对结构性损伤影响结构安全性的结构耐久性分析,而并没有综合考虑非结构性因素的影响。事实上,随着设计、施工、生产技术及材料性能的提高,经济及社会的发展,单纯根据结构性损伤来定义或分析不同使用功能建筑结构的耐久性,是片面、不合理的。

归纳起来,可以将引起建筑结构耐久性问题的因素简要地分为如下两类:结构性损伤因素和非结构性因素。

1 基本概念

建筑结构的寿命,在不同的时间,对不同的人具有不同的含义,因此首先需对以下几个基本概念有一个清楚的认识。

(1)设计寿命:建筑结构设计时的预期使用年限,即设计基准期。在我国,一般为 50 年。

(2)剩余寿命:建筑结构在正常使用一段时期后,能够继续满足各项功能要求的服役年限。

^{*} 河南省自然科学基金资助项目(964040500)

收稿日期:1997-11-11

第一作者 男 1964 年生 学士学位 讲师

(3)经济偿还寿命:对某些特定功能的建筑(如商业建筑等),指通过正常盈利还清投资贷款所需使用的年限。

(4)结构寿命:一般指结构在实际工作条件下,能够持续满足各项结构功能要求的实际服役年限。

(5)建筑功能寿命:指建筑物使用功能不符合现代的实际使用要求,而必须进行改建或停止继续使用的年限。

(6)社会寿命:虽然建筑物在结构、经济偿还和功能的寿命未终,却由于城市建设发展的需要改建道路或重新开发整个地区,或为了公害的原因而被迫拆除的年限。

王光远院士在文献[1]中,对采用结构可靠度作为控制指标进行结构设计方案的优选时给出了如下的定义:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{求 } \bar{x}, \text{使 } W(\bar{x}) \rightarrow \min \\ \text{并满足: } P_f \leq P_f^a \\ \text{其中, 目标函数 } W(\bar{x}) = C(\bar{x}) + L(x) \end{array} \right. \quad (1)$$

在上式中,如果考虑到结构耐久性的要求,则可表示为:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{求 } \bar{x}, \text{使 } W(\bar{x}) \rightarrow \min \\ \text{并满足: } P_f(T) \leq P_f^a(T) \\ \text{其中, 目标函数 } W(\bar{x}) = C(x) + L(x) \end{array} \right. \quad (2)$$

然而,如前所述,在设计规划时,仅仅考虑由结构性损伤因素所引起的结构耐久性问题是远远不够的,还应考虑到非结构性因素的影响。因此,我们在分析建筑结构的耐久性时,应由结构性损伤因素和非结构性因素所引起的建筑结构耐久性问题进行综合考虑。为与单纯由结构性损伤所引起的结构耐久性问题相区别,我们可以称之为建筑结构的广义耐久性问题,它包括结构的耐久性和非结构耐久性两个方面的问题。

2 结构的耐久性

由结构性损伤因素所引起的耐久性问题称之为结构耐久性问题。导致结构耐久性问题的原因多种多样,如:火灾、水灾、地震、冻融循环、侵蚀性化学腐蚀、磨损、钢筋锈蚀等等。结构的耐久性一般可作如下定义:

结构在预定的使用期内,在预定的使用条件下,能够持续满足安全性及适用性要求的特性。

在设计时所要考虑的结构耐久性要求,实际上就是要求结构寿命大于或等于设计寿命。我国目前规范所依据的结构可靠度的定义,虽然提出可靠性包含安全性、适用性及耐久性,但并未对耐久性作出更多的说明,只是反映了“结构安全”这一事件的随机性。而事实上结构是否安全这一界限必然是模糊的,王光远院士在文献[1]中提出了结构的广义可靠度理论,并对此进行了充分的阐述。根据结构耐久性的定义,“结构安全”的模糊性必然导致“结构耐久”的模糊性,因此,结构的耐久性也是一个模糊随机的概念。

若分别设 Ω_1 、 Ω_2 、 Ω_3 为结构满足安全性、适用性及耐久性要求的模糊随机事件,当将结构耐久性能作为结构可靠性设计的主要指标时,则结构的广义可靠性指标可以表示为:

$$P(\Omega) = P(\Omega_3)P(\Omega_1 \mid \Omega_3)P(\Omega_2 \mid \Omega_3\Omega_1)$$

(3)

由于设计、施工及使用条件等的不确定性,结构的耐久性要求有时很难得到满足。对于在役结构,当需预测其剩余寿命时,从理论上说,结构的部分抗力特征可以通过一定的检测得到,并可根据其已使用期内的服役情况对后续时间内的外界环境条件及荷载情况做出预测,对其可靠度进行评估,以达到预测结构剩余寿命的目的^[1,2],如下式所示:

$$\Psi(t_1, T_1) = P(\Omega_1)$$

(4)

其中, t_1 指结构役龄, T_1 指结构预定的后续使用期, $t_1 + T_1 = T$ 。 Ω_1 代表该结构在未来 T_1 年中在预期的工作条件下能正常工作的随机事件。

然而,在实际工作中,进一步的研究仍存在许多困难。例如:钢筋锈蚀所造成的结构性损伤所引起的耐久性问题。一般认为,钢筋锈蚀对结构所造成的损伤过程,从理论上,可以用图 1 来表示。

因此造成的构件(受弯)可靠度指标的减低,可由图 2 来表示^[2]。

西方市场已经开发出一些现场检测设备^[4],可在某一时间点,如 t_1 点,现场检测钢筋的锈蚀情况,并以此来推断构件抗力的降低。然而,由于种种原因,如:

(1) 检测仪器本身并不完善^[2]。

仪器(如 LPR、AC IMPEDANCE 等方法)所能量测的,仅是某一时间点的腐蚀情况,由此来推断结构过去的腐蚀过程或预测将来的腐蚀发展,仍存在一定困难。另外,其检测精度仍需进一步的完善。

(2) 系统可靠度理论的发展仍不完善。现存的理论仅能给出结构体系可靠度的上下限,且差距较大,还不能有效地用来评估结构体系的可靠度。

因此,为达到预测在役结构剩余寿命的目的,并最终指导建筑结构的设计,仍有一系列的问题需要解决^[2]。

3 非结构耐久性

非结构性因素指如社会经济的发展、生产技术的提高以及一些结构次要构件的损伤等不影响结构安全性的因素,而由这些因素所引起的耐久性问题称之为非结构耐久性问题。一般情况下,主要考虑建筑结构的经济偿还寿命、建筑功能寿命、社会寿命和工业设备的寿命。

依据使用功能的不同,一般可对建筑进行如下分类,商业建筑、民用建筑、一般工业建

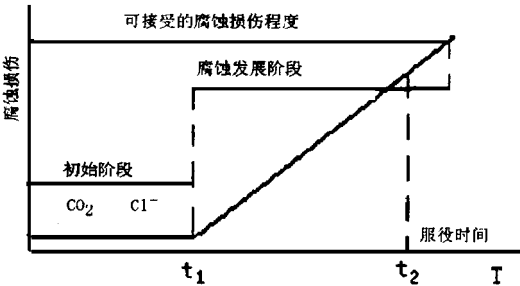


图 1 结构损伤示意图

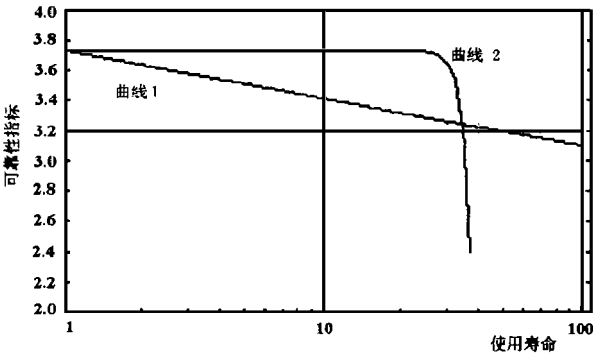


图 2 构件可靠度变化示意图

筑、特种工业建筑以及特种建筑等。对于不同使用功能的建筑物而言,这些因素对其耐久性的影响各不相同。

例如,对商业建筑而言,其经济寿命和设计寿命紧密地依赖于其建设资金来源、地理位置以及建筑物的设计使用功能。从理论上讲,当建筑结构完成其经济寿命后,在剩余的使用期内,将会开始给业主以经济回报。而事实上,由于种种不确定性因素,如经济的发展、经济的不景气或城市的拓展等种种原因,建筑物常常在其结构寿命到达之前,其服务功能就已经不能满足社会的要求。这时,依据经济的要求,就需要对建筑物进行必要的改建、扩建或拆除重建,导致不必要的资金浪费。

对其它使用功能的建筑物,如一般工业建筑等,由于生产工艺流程的改进、设备的更新换代等原因,也会引起类似的问题。国外一些学者建议采用“建筑结构跟踪全寿命经济分析”的方法^[3]来解决这一问题,然而,由于种种影响因素的复杂性和不确定性,迄今为止,这还仅仅是一种思想,进一步的分析仍存在着许多困难。

4 结语

建筑结构的耐久性是一个很复杂的问题,在进行分析时,单纯考虑任一方面的影响都是片面的、不合理的。只有将结构性损伤因素和非结构性因素综合考虑,即将“软”、“硬”指标有效地结合在一起,才能正确分析并最终解决建筑结构的广义耐久性问题。

参考文献

- 1 王光远. 结构软设计理论. 北京: 科学出版社, 1992. 1. 239~264
- 2 赵卓. 化工环境下在役结构的可靠性评估. 工学硕士学位论文. 郑州: 郑州工业大学, 1995. 1
- 3 G·Somerville, The Design Life of Structures, London, U·K·, Blackie and Son Ltd. 1992. 85~154
- 4 J·A·Gonzalez, S·Feliu, etc., Some Question on the Corrosion of Steel in Concrete Part II: Corrosion Mechanism and Monitoring, Service Life Prediction and Protection Methods, Materials and Structures, Madrid, Spain, Vol. 29, March 1996, 97~104

The Design Life and General Durability of Building Structures

Jiang Xiaodong Zhao Zhuo Huo Da
(Zhengzhou University of Technology)

Abstract Owing to all kinds of reasons, many buildings can't satisfy the desired functional requirements in design before they reach their design life expectancy. This trouble comes from the building structures themselves, as well as the influences from society, economics, etc. In this paper, the idea of general durability is presented, also, a systematic analysis about this problem is made.

Keywords building structures; design life; general durability