

预应力混凝土结构的耐久性研究综述

袁承斌¹, 梁正平²

(1. 扬州大学水利与建筑工程学院, 江苏 扬州 225009; 2. 河海大学土木工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要:论述预应力混凝土结构耐久性研究的意义及国内外研究现状, 分析预应力混凝土结构耐久性研究的特点, 提出进行预应力混凝土结构耐久性研究的基本思路和研究目标。

关键词:预应力; 混凝土结构; 耐久性; 综述

中图分类号: TU378

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2002)01-0059-03

近 20 年来, 预应力技术的应用有了迅猛的发展, 它已渗透到土木建筑、水利及交通工程的各个领域。预应力技术已成为建设大(大跨度、大空间结构)、高(高层、高耸结构)、重(重荷载结构)、特(特种结构如海洋平台、核电站、储液池等结构以及在钢结构、基础工程、路面、地下建筑、结构加固等中的特殊应用)工程不可缺少的重要技术。它不仅使结构性能更优越, 而且能充分发挥材料的潜能, 具有较高的经济效益。由于预应力混凝土结构用途广泛、数量巨大、地位特殊, 对其耐久性的要求越来越高, 加强预应力混凝土结构的耐久性研究已迫在眉睫。

1 预应力混凝土结构耐久性研究的意义

随着预应力混凝土结构在各种工程中的广泛应用, 在基础设施中的地位日趋突出。目前, 我国的基础设施建设规模宏大, 每年投资超过 2 万亿元, 其中预应力混凝土结构占有一定比重, 如果能确保和提高其耐久性, 将会给基本建设带来巨大的经济效益。预应力混凝土结构多处于非常关键的建设设施中, 如高层建筑、大型桥梁、特种工程等, 一旦失事, 会给人民的生命财产造成极大的损失, 且预应力混凝土结构破坏具有无预兆性和突发性, 更加剧了预应力混凝土结构破坏的危险, 因此加强预应力混凝土结构耐久性研究极为重要。

据统计, 建筑业消耗了全世界 40% 的能源和资源, 节约能源和资源是执行可持续发展战略方针的重要内涵。预应力混凝土结构作为我国土木、水利和交通工程中应用最为广泛和最具潜力的一种结构, 加强其耐久性研究, 对我国推行可持续发展战略将

有积极意义。

此外, 由于预应力混凝土结构多用于一些高层建筑、大型桥梁、海洋平台、核电站等特种工程, 如果由于耐久性不足, 过早对其进行维修加固, 一方面要花费大量财力, 造成极大浪费; 另一方面, 对此类工程进行维修, 将对人民的生活、交通运行及能源供应等众多方面产生不利影响, 给人民的工作和生活带来诸多不便。因此加强预应力混凝土结构耐久性研究对确保人民生活质量有着积极的作用。

国内外大量统计数据表明, 如果对预应力混凝土结构的耐久性考虑不周, 重视不够, 将会造成巨大损失, 而且还会带来高昂的维修和重建费用。过去的经验教训也使我们充分意识到加强预应力混凝土结构耐久性研究是非常必要的。

2 国内外预应力混凝土结构耐久性研究现状

从目前国内外研究资料看, 非预应力混凝土结构的耐久性研究已取得了一定的进展。诸如对普通混凝土的碳化、冻融、化学介质侵蚀及钢筋锈蚀等的研究, 在其机理、试验方法等方面有了较为统一的观点。混凝土的耐久性数学模型表达式虽不尽相同, 但在混凝土材料组成、水灰比、强度、掺合料、外加剂等对耐久性性能指标的影响上看法较为一致, 各种数学模型也具有一定的相关性。钢筋锈蚀与结构承载力的关系也有了较为明确的结论。非预应力混凝土结构的耐久性评估研究正在开展之中, 如通过建立评估模型和专家系统等。其修补方法也已得到一定的运用, 取得良好的成效。

然而, 预应力混凝土结构的耐久性研究, 与非预

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(59978008)

作者简介: 袁承斌(1968—), 男, 江苏南通人, 讲师, 主要从事建筑材料与工程施工研究。

应力混凝土结构的耐久性研究相比,存在不少差距。国内外可查的预应力混凝土结构耐久性研究资料不多,其部分结论也是根据普通混凝土的研究结果及预应力混凝土结构本身的特点推演而来,有关试验的详细报道也较少。预应力混凝土结构的耐久性研究任务还十分艰巨。

目前,有关预应力混凝土结构的耐久性试验主要有:①运用断裂力学应力强度因子的概念,通过高强钢丝应力腐蚀破裂试验,来比较不同品种高强钢丝的耐应力腐蚀破裂性能;研究高强钢丝应力腐蚀破裂的影响因素和防护措施^[1]。②将预切口的高强钢丝浇入砂浆中,采用不同浓度食盐水进行浸烘,交替循环,测其氯离子对钢筋锈蚀的影响^[2]。③通过热处理钢筋应力腐蚀试验,将钢筋浸入 NH_4NO_3 溶液中,并加温至 100°C ,测其预应力下的抗应力腐蚀性能^[2]。④通过对预应力构件喷洒浓缩腐蚀剂(硝酸盐、硫酸盐、氯化物等),并进行重复加荷测其抵抗腐蚀能力^[3]。有关预应力混凝土结构耐久性的主要结论有:①由于预应力推迟了混凝土裂缝形成的开始时间,减小了裂缝宽度,可以延长混凝土碳化及化学介质侵入混凝土使钢筋去钝化的时间,提高了工程耐久性。试验证明,部分预应力对限制裂缝的产生与减小裂缝宽度最为有利。②由于预应力筋应力高,较脆,特别是高强钢丝断面小,对应力腐蚀和应力腐蚀疲劳极为敏感。③因预应力筋应力高、断面细,一旦预应力筋发生腐蚀,很可能在混凝土表面无任何征兆情况下突然破坏,危害极大。

根据对上述研究现状的分析,不难发现目前预应力混凝土结构耐久性研究还存在以下问题:一是耐久性试验多针对预应力混凝土结构中的某一组成部分进行,如高强钢丝,这与预应力混凝土结构使用时,各组成部分共同作用的机理不完全一致;二是试验时,高强钢丝的周围环境多用模拟介质取代,与实际预应力结构的工作环境不太吻合,将对试验结果产生影响;三是现有的预应力混凝土结构耐久性结论多以定性为主,定量为辅,难以进一步推广应用,服务于工程。此外,传统的耐久性单因素侵蚀、无荷载作用的试验方法,导致试验结果存在一定的片面性^[4]。因此,在对预应力混凝土结构的耐久性进行研究时,应高度重视这些问题。

3 预应力混凝土结构耐久性研究的特点

a. 预应力混凝土结构品种繁多,按预应力程度可分为完全预应力与部分预应力,其中各预应力混凝土结构的预应力水平又不尽相同。按预应力钢筋与混凝土之间的粘结方式可分为粘结预应力钢筋混

凝土和无粘结预应力钢筋混凝土。高强预应力钢材又包括碳素钢丝、钢绞线、热处理钢筋和精轧螺纹钢等。此外,预应力混凝土结构中还有各种类型的锚具,这些都给预应力混凝土结构耐久性研究增加了不少难度。因此,在进行耐久性研究时一定要针对不同类型进行试验研究与理论分析,并应首先从有代表性的预应力混凝土结构着手。

b. 由于预应力可以防止或延缓混凝土开裂,或可以把裂缝宽度限制到无害的程度,从而提高耐久性。其原理是施加预应力后,对结构的混凝土施加了压应力,从而避免了因混凝土上存在拉应力而产生的裂缝。因此,在进行预应力混凝土结构的耐久性研究时,应着重探讨裂缝对其耐久性的影响,并合理选择预应力程度,使活荷载可能产生的裂缝在永久荷载的长期作用下重新自行闭合,这样可以大大提高预应力混凝土结构的耐久性水平。

c. 鉴于预应力筋应力高,较脆,特别是高强钢丝,断面小,即使腐蚀轻微,断面损失率也较大,并对应力腐蚀和应力腐蚀疲劳敏感。而且预应力钢丝发生锈蚀时,并不像非预应力混凝土结构中钢筋锈蚀会在表面产生锈斑,引起混凝土保护层的剥落、层裂等外在现象,而极有可能在无任何预兆的情况下导致结构的突然破坏。因此应着重研究预应力高强钢丝应力腐蚀的现象、影响因素、强度等,并采取有效措施,加强对预应力筋的监控,确保预应力筋不发生腐蚀。

d. 预应力混凝土结构由于有效利用了高强度的钢筋和混凝土,可以制成比普通钢筋混凝土跨度大而自重小的细长承重结构,因而对于预应力混凝土结构,应以无损检测为主。如进行有损检测,也应以不妨碍结构的安全使用为原则,破损的范围应尽可能小,并应是结构受力较小的部位,并且破损后应尽快修复,尤其要注意不应破损预应力筋。在进行预应力混凝土结构耐久性研究时,应注重开发和利用有关耐久性无损检测设备,提高检测效果。

e. 由于预应力混凝土结构即使为满足耐久性试验的需要,尽量制成尺寸很小的构件,也不可能像非预应力混凝土结构那样制成形状多样,尺寸较小的试验构件,更不可以随便对预应力试件进行切割、破损等,这给预应力混凝土结构的耐久性试验提出了新的要求。在进行这方面试验设计时,必须考虑到这些因素,建立一套适合于预应力混凝土结构耐久性的试验方法,以便为预应力混凝土结构的耐久性理论研究奠定良好的基础。

4 预应力混凝土结构耐久性研究的基本思路

非预应力混凝土结构的耐久性研究在国内外已

有一定成果,而预应力混凝土结构的耐久性研究只有少量报道.在进行预应力混凝土结构的耐久性研究时,应加强上述研究资料的收集和综合分析,找出进行预应力混凝土结构耐久性研究的关键,构思进行预应力混凝土结构耐久性研究的基本设想,以便为试验分析和理论计算做好准备工作.

试验分析是进行预应力混凝土结构耐久性理论分析的基础,进行预应力混凝土结构耐久性试验应注意借鉴非预应力混凝土结构耐久性试验的成果,结合预应力混凝土结构自身特点,加以必要的改进,建立一套适合预应力混凝土结构耐久性研究的试验方法和试验理论.

理论计算与分析是进行预应力混凝土结构耐久性研究的关键.通过对试验数据的计算与分析,建立各种耐久性数学模型,发现影响这些耐久性性能的主要因素及其内在关系,从而为耐久性设计、耐久性评估及提出改善耐久性的措施提供指南.

现场检测是验证所建耐久性模型的必备环节,所建模型的正确性和可靠性如何,必须要经过对已建工程的检测加以验证,只有那些既遵循预应力混凝土结构及耐久性基本理论,又能反映工程实际情况的数学模型才是正确可靠的.因此应采用合理的检测手段对已建工程的耐久性状况进行调查分析,以便于验证和修改耐久性数学模型.

工程实践是预应力混凝土结构耐久性研究的最终目的.通过上述研究,建立一系列完善的耐久性设计方法,科学地对预应力混凝土结构进行耐久性评估,提供一套改善预应力混凝土结构耐久性的措施,为预应力混凝土结构的发展和进一步推广应用提供理论依据,达到为工程服务的目的,为推进我国建筑业的迅速发展作出应有的贡献.

5 预应力混凝土结构耐久性研究的目标

预应力混凝土结构的耐久性研究目标,可归纳为以下几方面:①建立一套适合于预应力混凝土结构耐久性研究的试验方法;②建立预应力混凝土结构在特定使用环境下的耐久性数学模型;③提供预应力混凝土结构耐久性设计方法;④提出预应力混凝土结构耐久性的评估体系;⑤提出改善预应力混凝土结构耐久性的措施等.

预应力混凝土结构耐久性问题是一个多目标的系统工程,涉及材料、结构、力学、物理、化学、数学、计算机技术等诸多学科.在具体进行这方面研究时可充分借鉴非预应力混凝土结构耐久性研究的丰硕成果,结合预应力混凝土结构的特点,分层次分阶段逐步实施,以达到预期目标.

参考文献:

- [1] JTJ270-98.水运工程混凝土试验规程[S].
- [2] 杨宗放,方先和.现代预应力混凝土施工[M].北京:中国建筑工业出版社,1993.11~12
- [3] F·莱昂哈特.预应力混凝土[M].程积高译.北京:水利电力出版社,1989.58~59.
- [4] 蒲心诚.论混凝土工程的超耐久化[J].混凝土,2000(1):3~7.

(收稿日期:2000-05-31 编辑:熊水斌)

(上接第46页)

nD 值将由原来的 385 增加到 410.虽然在规范范围内,但鉴于原水泵间隙空蚀的存在, nD 增加后,间隙空蚀可能会比原水泵严重,因此需在模型试验时,注意对比观察,在模型泵的空蚀性能和水泵制造材料等方面采取一定措施,以解决这一问题.

3 结 语

淮安一站是南水北调东线工程中的骨干工程之一,在水泵选型方面应将工作做得细致一些.从目前国内几种可选的泵型来看,除 ZMB811-700 模型较好外,其余均不够理想,应该在模型研究方面增加投入.结合泵站更新改造适当增容,是各个泵站改造的努力方向,在不影响原泵站土建结构方面,可适当增加水泵直径,或适当提高水泵转速(提高 n_s),均可达到增容效果.增加直径和转速后,均会使水泵 nD 增加,对减轻间隙空蚀不利,需在模型特性和制泵材料方面采取相应措施,不能随意增加,以免对水泵运行不利.

参考文献:

- [1] 湖北省水利勘测设计院.大型电力排灌站[M].北京:水电出版社,1984.
- [2] 沈日迈.江都抽水站[M].北京:水利电力出版社,1979

(收稿日期:2000-08-30 编辑:熊水斌)

