

刍议结构可靠度在水工结构设计中的应用

史作言 吴小林 唐骁 张帅

浙江缙云抽水蓄能有限公司

DOI:10.32629/hwr.v3i11.2482

[摘要] 随着社会经济及科技技术的快速发展,国家及有关部门对各类工程结构设计不稳定因素的评估及预防提出了更高要求,使得能够综合考虑各项因素的结构可靠度理论更加广泛地应用在工程设计、施工、管理等环节中。现阶段在结构可靠性计算期间,可利用概率统计理论知识来描述工程中的失效概率,如结构外部荷载情况、材料强度与实际承重力等系数。但由于水工结构设计相较于其他工程结构设计而言,具有复杂性、特殊性及不稳定性等特征,需相关工作人员将结构可靠理论与计算方式进行不断的优化及完善,为提升水工结构设计质量及可行性提供重要理论依据。本文就基于此,以水工可靠度设计研究情况与现状为切入点,对结构可靠度在水工结构设计中的计算模型与可靠度分析进行相关论述,以供参考。

[关键词] 水工结构; 可靠度; 设计方法

传统的水工结构设计方法是安全系数法。这种方法的材料特性和效果已为设计师所熟悉。然而,由于设计中没有考虑随机性的概率,因此安全系数法是确定性的设计预防措施,对于材料性质和行为组合的失效概率没有明确的规定。本文对其进行分析,以提高水工结构可靠性设计的整体水平。

1 水工结构可靠度设计的重要性

在水工结构设计过程中,需对工程结构的稳定性及安全性基于高度重视。具体而言,水工结构建设在工程总耗资中占据着重要地位,一旦结构设计出现误差,不仅会为建设方带来巨大经济损失,更会威胁到施工及使用人员的人身安全。因此,为更好地预测及评估水工结构设计中的不稳定因素,设计单位也开始着手于结构可靠度设计方式的开发及应用。从工程结构施工角度的分析,影响结构整体稳定性的原因包括荷载力、材料参数、结构尺寸、边界条件及计算模型等,需利用结构可靠度计算方式,将工程不稳定因素设为随机变量,以更好地计算出不同因素对工程整体质量的影响程度,并为工程结构设计方案的进一步完善及优化提供重要理论依据。

2 水工结构可靠度设计方法

2.1 水工结构可靠度理论

水工结构可靠性的理论基础是极限状态设计方法,它是在原有的安全系数设计方法的基础上进行的。目前的水工结构可靠度设计方法比较有限,表现出承受阻力的结构和参数的作用,通常被视为随机变量。在水工结构可靠性设计中,正常情况下,极限状态由极限状态方程的效应和阻力组成,

率的计算依据。需要注意的是,若是地下水位处于试验段以上,可将地下水位线作为压力起算零线,当孔口存在涌水段时,应将涌水压力水柱高计入到起算零线内。

2.2.3 固结灌浆

在本工程中,固结灌浆采用的是自下向上、孔内循环的灌浆工艺,以孔序和排序为依据进行分序灌注。为避免固结灌浆引起基岩或是混凝土抬动破坏,应在灌浆时,做好抬动变形观测。需要特别注意的是,单元灌浆区域内同时进行的钻孔冲洗、压水试验和灌浆的孔数最多不得超过3个。施工中,应当使灌浆压力尽快达到设计值,对于注入率较大的孔段,可以采用逐级分段的方法进行升压。在灌浆升压的过程中,必须严格按照规范允许的变形值对抬动进行控制,如果变形值接近允许值,则应停止升压,当升压灌浆后的变形值上升速度过快时,应及时恢复至升压前的压力进行灌注施工。对串通孔进行灌浆时,应当对灌注压力进行分别控制,并加强抬动监测。

3 结论

以此来描述极限状态方程为 $Z=g(R, S)=R-S$ 。然而,根据概率论,水工结构可靠性设计理论分为 I, II, III 三个层次。I 级是半概率半经验方法,结构安全性的影响因素主要包括材料的强度和载荷,根据实际设计经验引入经验系数。该方法无法进行可靠概率计算。水准 II 与概率设计方法相似。水工作用效应 S 和结构抗力 S 为随机变量。根据预先设定的概率分布来估计概率分布。然后使用标准差和均值统计参数或表达式来计算线性规划和处理。III 级全概率法,是一种基于所有随机变量联合分布的概率方法,可简化复杂问题,但在水工结构设计中很少使用。目前,在水工结构可靠度设计方法中,II 级概率的近似设计方法应用最为广泛。

2.2 分项系数极限状态表达式

目前的水工结构可靠性设计中,子系数极限状态表达方法得到了广泛的应用。在这种方法中,部分作用系数 r 和材料属性 y 的部分系数的物理概念应该是清楚的,以便可以有效地反映可能的不确定性。这两个子因素可能包含超载和退化等物理概念,但与结构安全的关系较小。根据只作用于变异性的子系数的作用,为了确定材料属性的子系数 y ,可以由材料试样的变异性来确定。在水工结构的可靠性设计中,系数 r 主要表示各种结构抗力的不确定性,以及材料性能的子因素,而不考虑其他因素。比如几何尺寸的不确定性,试样的电阻可以转换成元件的电阻不确定度。

3 水工结构可靠度设计方法应用中的障碍

3.1 变量不确定

总而言之,通过对灌浆技术的学习推广,能够使施工人员对灌浆过程的控制要点有所了解和掌握,从而提高灌浆质量,防止水利水电工程渗漏情况的发生。为最大限度地发挥出灌浆的防渗漏效果,要做好质量检查工作,只有这样,才能使灌浆质量得到有效保障。在未来一段时期,应当加大对灌浆施工技术的研究力度,除对现有的一些灌浆工艺进行改进和完善之外,还应开发一些新的灌浆技术,从而更好地为水利水电工程服务,这对于促进我国水利事业的发展具有重要的现实意义。

[参考文献]

- [1]高歌.解析在水利水电建筑工程中的基础灌浆施工技术[J].建材与装饰,2019(8):90-92.
- [2]魏崧,何海博.高原地区水利水电工程施工中高压喷射灌浆技术的应用[J].工程建设与设计,2018(11):165-170.
- [3]王建博,李寒,杨海鑫,等.探讨水利水电工程钻探与灌浆技术[J].建材与装饰,2018(38):57.

在可靠性分析中,阻力和效应和极限状态方程存在不确定性。不确定性是可靠性设计方法应用的头号障碍。阻力和作用的不确定性等因素,其主要特征是模糊的,随机的和无法识别的。另外,可靠性计算结果也受随机样本如材料性质和阻力的影响。可靠性设计中的许多基本问题尚未解决。例如,阻力和效应的统计特征仍然需要改进。

3.2 可靠度理论度量结构安全局限性问题

水工结构安全性评估,可靠性理论较为先进,但在应用上仍存在局限性。可靠性理论的一些问题尚未解决,如结构可靠性约束、阻力效应,随机过程作为随机变量的一个因素。随着认识的不断深入,这些制约因素受到质疑,大数据统计如使用概率论和可靠性理论,阻力与载荷统计等都存在很大的问题。然而,从最短的设计规则来看,负荷的变化导致了概率可靠性理论的简化,一定程度上忽略了社会因素和经济因素等理论因素。水工结构荷载与作用效应的耦合作用比荷载具有更大的不确定性,而荷载和荷载不确定性之和难以估算。

运用可靠性理论在安全评价中,包括作用效应和阻力因素两种效应,通过样本统计的方法得到可靠指标的联合概率。水工结构安全评估中的认知指标和模糊指标是非随机不确定性因素,不能用数学方法计算,应根据工程经验加以解决。目前,在许多复杂的结构中,阻力效应参数的价值主要受模糊性和非认知性因素的影响。因此,在水工结构设计中,不仅要考虑可靠指标 β 的不确定性和随机性,还要考虑安全系数不能代替不确定性。这个限制是可靠性设计方法应用的重要障碍。总之,在水工结构设计中,为了推广应用结构可靠度理论,可以采用极限状态设计方法的概率。

4 水工结构可靠度设计的具体实施

4.1 构建可靠度计算模型

4.1.1 分项系数极限状态表达式。在水工结构可靠度设计中,可利用分项系数极限状态表达式,反映出可能在结构中存在的因素。在使用此种方式时,应利用作用变异性明确水工结构可靠度分项系数 r 与材料性能等分项系数,以更好地对工程不稳定因素进行判断。

4.1.2 明确目标可靠指标。在水工结构可靠度计算模型构建的过程中,相关工作人员还应明确目标可靠指标。具体来说,工程目标可靠指标与维护成本、投资风险等有关,能够从根本上反映出水工结构可靠度设计的经济效益及安全效益。不仅如此,通过经验校准法、经济优化法及事故类比法能够联系原有水工结构设计规范,明确目标可靠指标。

4.1.3 计算水工结构可靠度。在水工结构可靠度设计中,可通过抽样法、一次二阶矩法、高次高阶矩、遗传算法等方式对系统功能系数进行计算。其中,水工结构可靠度设计遗传算法就是在水利工程种群个体中实施遗传操作,从而对种群个体结构进行调整,以更好地优化种群中存在的

稳定因素,并将结构可靠度接近最优解。

4.2 进行结构可靠度分析

由于水工结构设计的可靠度理论在分析方式、概率模型等方面依然存在一定不完善性,因此在工程钢闸门、土石坝及水电站厂房中尚未得到完全普及,较落后于采用水工结构设计的总体水平。对比之下,国内外学者针对水工结构可靠度设计结构抗力荷载效应进行了系统研究,并采用校核法及其他研究方式对结构进行可靠度设计,更好地提升了传统结构可靠度分析质量及效率。举例而言,部分学者对水工钢闸门结构可靠设计进行了深入分析及总结,并提出可用于钢闸门设计的可靠度指标,为钢闸门可靠度设计提供了有利的支持。

现阶段我国水利工程还缺乏水工结构设计规范,需依照结构可靠理论对水工结构设计进行修改及完善,为日后水工结构设计可靠度理论分析朝向极限状态设计法转型提供重要基础。同时,相关管理部门也应该有意识地收集水工结构随机变量资料,设置具有可满足水工结构可靠度设计需求的数据库及软件系统,进一步推动水工结构可靠度设计智能化发展进程。随着统计数据积累及深入研究,原有不具备统计资料的随机变量及分项系数有了更加完善的概念,所使用水工结构设计规范也得到了不断的完善。

由此可见,在未来水工结构设计中,结构可靠度理论具有更为广阔的应用前景,为更好满足社会对水工结构设计安全性、经济性及可靠性提出的要求做好了万全准备工作。

5 结语

现阶段结构可靠度理论在水工结构设计中依然存在着诸多局限性,如统计参数与函数运算结果存在偏差,失效概率受分布概率参数应用严重等,需相关工作人员能够针对非概率可靠度理论分析法中对不稳定信息要求低、实用性强等特征,对水工结构可靠度设计流程进行不断的细化,弥补原有结构可靠度的不足之处,切实发挥出结构可靠度在水工结构设计的积极作用。

[参考文献]

- [1]刘震宇,韩时琳.基于ANSYS的高桩框架码头可靠度分析[J].中国水运(下半月),2017,17(03):156-159.
- [2]郑衡,张志翠,韩广.基于可靠性理论应用的水工结构设计研究[J].黑龙江水利科技,2018,46(12):66-68+150.
- [3]于超.基于可靠度理论的水工结构设计方法探讨[J].现代国企研究,2016,(12):93.
- [4]罗志国,赵兴健,张瑞刚.基于可靠度理论的水工结构设计方法[J].水利科技与经济,2015,21(09):26-28.