

桥梁结构耐久性的影响因素及优化设计

夏昶宇

广州市市政集团设计院有限公司

[摘要]在现代社会经济蓬勃发展过程中，交通事业取得了很大成绩。桥梁是公路、铁路建设领域的重要组成部分，提高桥梁建设品质有助于推动交通运输事业的发展，给社会经济发展提供坚实的基础。但桥梁所处环境复杂，随着使用时间的延长，桥梁结构易发生老化，严重威胁结构的耐久性，埋下安全隐患。为此，必须从源头上予以防控，首先需明确桥梁结构耐久性影响因素，再进一步做好优化设计工作，提高桥梁的耐久性，对于提高工程整体质量与安全十分重要。

[关键词]桥梁结构耐久性；影响因素；优化设计

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.11.1813

引言

桥梁作为交通运输的重要组成部分，其在施工和运营中受到外部荷载环境等影响，不可避免地会出现和发生各种各样的病害，其路用性能遭到损害，导致其耐久性指标受到影响而下降。为提升桥梁使用的安全性，保障其预期使用寿命，需要针对其病害展开调查预评价并采取适当的措施予以修复，最大化地发挥其预期效用。

一、桥梁结构耐久性重要意义

在桥梁的应用过程当中对其安全性和耐久性提出了较高的要求：必须要能够满足不同类型、载重车辆的反复碾压；抵抗地下水系和河流对梁体结构的冲刷；符合桥梁建设的相关标准。在桥梁的应用过程当中，其整体结构和内部零件都会存在着实际荷载不断上升的情况，其结构稳定性会随着环境和使用年限而发生老化，一旦超出桥梁结构的极限形变状态就会产生开裂现象，这不仅会影响桥梁本身的使用寿命，还会对其行驶的车辆造成较大的安全威胁，必须要引起行业重视，并从设计、施工与养护等不同的阶段予以关注，更好地提升我国桥梁的建设水平和使用寿命。

二、桥梁结构耐久性的影响因素

(一) 施工材料劣化

1. 混凝土碳化

大气中含CO₂，其与水接触后发生反应生成碳酸，然后与桥梁结构的碱性物质接触，酸碱中和后使混凝土的pH值降低，即发生碳化反应，产生的CaCO₃溶解性较差，有膨大的变化趋势（体积增大约17%），此时碳化物可能填入混凝土凝胶孔隙内，随着反应的持续发生，混凝土孔隙比降低。此外，碳化反应会加重混凝土脆性。可见，碳化反应对混凝土耐久性的影响具有多重性，其中最显著的为pH值降低。在该异常的pH值环境中，钢筋有锈蚀和钝化的现象。归结来看，桥梁结构碳化主要受材料特性和外界环境两部分的影响，具体又可细分为多类影响因素，各自有其特定的影响机制。

2. 钢筋锈蚀

正常状态下，混凝土呈碱性，钢筋表面有一层钝化膜，起防护作用，可避免钢筋受腐蚀。但电化学反应的发生，原本存在于钢筋表面的钝化膜受损，防护作用减弱，钢筋表面生锈；由于防护功能的缺失，氯离子逐步渗入混凝土内部，随着游离状氯离子含量的增加，待其超过临界浓度时，钢筋在短时间内快速锈蚀，威胁到混凝土结构的稳定性。

(二) 冻融破坏

冻融破坏需要具备如下条件：①混凝土存在渗入水，且为高饱和状态；②存在温度正负交替。冻融存在于北方寒冷环境

且长期与水接触的混凝土结构中，是桥梁结构产生病害的主要原因。所谓耐久性，就是抵抗自身和环境破坏的能力，桥梁混凝土结构耐久性会受到使用条件、外界施压等因素影响。为了避免桥梁病害，需进一步加强对桥梁构件耐久性的研究。

(三) 设计、施工层面

1. 设计层面原因

现阶段，诸如《公路桥涵设计通用规范》（JTGD60—2015）等相关规范为桥梁设计提供了重要的引导，但就桥梁结构长期耐久性方面而言，缺乏系统性的规定，导致耐久性设计存在粗放化的问题。在设计中，设计单位通常从工程实际条件出发，选取类似的工程作为参考，但各桥梁的实际建设环境、使用环境不同，因此存在方法适用性不足的局限性。除此之外，设计中往往存在过于强调混凝土的强度、刚度等指标而对耐久性而言重视不足的问题。

2. 施工层面原因

除了生成完善的设计方案外，还需将方案中的工作内容落到实处，保证桥梁的耐久性。但在桥梁施工中，部分参建单位为赶工期而随意更改作业方法，例如在混凝土制备时掺入过量的早强剂、缩减混凝土养护时间，此时混凝土的耐久性会大打折扣。

三、桥梁结构耐久性的优化设计

(一) 明确设计原则

桥梁设计与建设的过程中要秉持基本设计原则的相关要求，从耐久、安全、适用、环保等多个角度出发，做好综合化的设计统筹，确保桥梁的建设项目能够更好地服务于民众。特大、大跨度的桥梁由于建设难度大、投入成本高，在各级公路的设计过程中都必须要按照100年的建设年限予以规划，中规模的桥梁在高速和一级桥梁中的寿命要求为100年，二、三、四级公路的寿命年限为50年，小规模桥梁和涵洞等设计寿命一般以30~50年为主。在明确了桥梁的设计要求后开展对应的工作会更具参考性和方向性，有效促进设计方案的桥梁质量保障性。在桥梁结构设计与分析的过程中，还需要考虑到建材和气候的影响性，如对于一些气候潮湿的区域，在选择混凝土材料时要具有更强的防水抗渗能力，确保能够和桥梁的结构稳定性之间形成更好地适配，满足50、100年的寿命要求。

(二) 配合比设计

分析混凝土含气量等参数是否满足设计要求，优化参数和对强度进行复核后可以设计出更为合理的配合比。选用P·O 42.5、密度为2.4g/cm³、吸水量为90%的粉煤灰、粒径为5~31.5mm的粗集料、细度模数为2.8的细集料、减水率≥25%的聚羧酸系高性能减水剂、含气量为5.6%的引气剂、不含氯

的自来水。分别设计出C30、C40和C50三种强度等级混凝土配合比，其对含气量、抗渗性、抗冻性能均有不同的要求，粉煤灰、减水剂和引气剂作为外加剂，根据相关技术规范要求的最大水胶比及最小水泥用量，再参考以往施工经验，确定出初步配合比。C30强度混凝土水胶比为0.39、砂率38%、胶凝材料413kg/cm³，C40强度混凝土水胶比为0.35、砂率38%、胶凝材料443kg/cm³，C50强度混凝土水胶比为0.33、砂率38%、胶凝材料463kg/cm³，每个强度等级混凝土水胶比以±0.05进行试配（见表1）。拌和后再进行含气量及工作性能试验，配合比对应着不同的数据与试验结论，高标号混凝土水化反应要更为强烈，低用水量含气较大，表明含气量与水胶比有着直接关系。从混凝土抗冻试验来看，粉煤灰掺加增加则坍落度、抗渗等级都会相应增加，但强度并不随之增长，强度与粉煤灰掺量无线性关系，表明粉煤灰具有微集料效应，对改善强度起到重要作用。掺加引气剂有助于提升抗渗等级，随着掺加量的变大则坍落度、抗渗等级也越大，强度与引气剂掺量并不存在线性关系，表明引气剂可以改善混凝土工作性和提升抗渗等级。

标号	水胶比	水泥 / (kg/m ³)	粉煤灰 / %	中砂 / (kg/m ³)	碎石 / (kg/m ³)	减水剂 / %	引气剂 / %	水 / (kg/m ³)
C50	0.32	420	10	707	1154	1.0	0.05	147
C40	0.35	396	12	701	1145	0.8	0.032	157
C30	0.39	365	13	712	1162	0.8	0.032	159

表1 混凝土设计配合比

（三）完善规章制度，强化协同设计

想要能够更好达到桥梁设计上的要求，就应该有具体的规则制度来为其提供帮助，推动桥梁建设更好向前发展。我国相关部门要能够根据桥梁建设发展情况来制定相应制度，确保桥梁工程建设能够顺利完成，能够严格按照相关规定和章程来执行，这样能够很好提高桥梁和施工质量，减少安全事故的发生。在桥梁设计过程中，针对各个环节也需要充分管理，严格按照设计方案来完成施工。在施工过程中所用到的材料也要满足施工要求，更好的控制施工质量，确保桥梁质量能够达到标准。桥梁的耐久性就是指桥梁的寿命，在施工过程中所需要用的材料和施工技术都会直接影响到耐久性。在具体设计过程中，应强化协同设计，不仅要能够重视整体结构，更加需要重视细节，通过对桥梁细节的重视，才能够延长桥梁使用寿命。设计人员在设计时需要能够充分考虑，加强对施工和维修的研究，以此来更好提高桥梁耐久性，重视安全、耐久等，保证满足相应要求。与此同时，还应该能够重视在施工过程中对相应技术的应用，研究不同工程结构周围情况和可能会受到的影响，以此来更好提高桥梁耐久性。

（四）优化荷载设计

在对桥梁的荷载设计进行优化的过程中，需要明确不同的荷载类型和影响因素，确保设计方案更具综合性、全面性，充分满足安全耐久的应用需求。首先，桥梁的恒载是指梁体本身的重力作用，包括了梁体、栏杆和其中的管线等；活载是指桥梁在使用过程中产生的外界压力；材料荷载是指构成梁体结构的混凝土材料在长时间应用过程中出现的收缩

徐变、老化情况；另外还包含了环境因素带来的影响，如风荷载、沉降荷载等。

（五）加强研究疲劳损伤问题

在桥梁设计过程中，疲劳损伤一直都是重要问题。因为钢筋结构出现疲劳，就会导致钢筋出现开裂问题，进而影响桥梁的稳定。当前，我国针对桥梁的疲劳损伤正在加以深入研究，并得到一定程度的进步和发展。所以，不断加强混凝土技术，也就能够很好控制桥梁的损伤问题。但是，在钢筋混凝土结构施工过程中可能会受到环境和人为因素的影响，那么就需要相关技术人员能够加强研究，迎合时代发展来合理应用新技术，有效的解决损伤问题。

（六）结构加固处理

优化桥梁钢筋混凝土结构的配筋和选材可以实现对桥梁的耐久性的有效提升，其在使用的过程中能够形成一个较为稳定的包裹状态，通过提升结构抗力的方式来保证桥梁的实际使用寿命。桥梁模型的耐久度与钢筋混凝土材料的碳化水平、结构安全系数、使用年限之间存在着一定的数量关系，在进行计算的过程中能够帮助设计人员掌握参数的范围限定，确保应力计算的精确度。

（七）重视桥梁结构耐久性评估

根据桥梁结构耐久性评估标准，以上部承重构件、下部承重构件和其他部件三部分作为耐久性影响因素，其评价指标分为多个层次，总目标层为桥梁结构耐久性评估；一级指标层分为：上部承重构件、下部承重构件、其他部件；上部承重构件的指标层中钢筋锈蚀、混凝土裂缝、碳化深度、混凝土破损、保护层厚度、混凝土质量评估分数分别为94.7、93.75、95.65、100、100、100；下部承重构件评估分数分别为57.6、80、95.03、100、100、100；其他部件的指标层中桥面铺装状况、上部一般构件、支座状况、排水状况、伸缩缝状况评估分数分别为91.7、98.2、49.7、95、91.3。根据评估得分可见，桥梁结构耐久性评估方法能够细化到影响桥梁耐久性的各个因素，按照相应标准计算，具有很强的适应性和可行性。借助这一评估方法，管理人员能够对桥梁的耐久性做到量化把控，清晰、准确地掌握桥梁运营中存在的各个问题，以指导后续的养护工作。

结语

综上所述，耐久性是桥梁设计中需要重点考虑的内容，作为工程设计人员，首先要准确识别桥梁结构耐久性影响因素，结合工程实际情况，合理设计，有效规避各类因素的影响，通过多重途径保证桥梁结构拥有足够的耐久性。

参考文献：

[1] 姜洋, 徐武辉. 桥梁结构耐久性的影响因素及优化设计研究[J]. 交通世界, 2021(24): 60-61, 75.
 [2] 李增江. 基于耐久性的混凝土桥梁结构设计研究[J]. 工程建设与设计, 2020(18): 111-112.
 [3] 柯春光, 祝飞. 城市桥梁结构安全性、耐久性的影响因素及设计要点[J]. 工程技术研究, 2020, 5(12): 215-216.
 [4] 吕振强. 桥梁结构耐久性的影响因素及优化设计[J]. 交通世界, 2019(8): 125-126.