

隧道工程维修管理

要点集

关宝树 编著



人民交通出版社

China Communications Press

华北水利水电学院图书馆



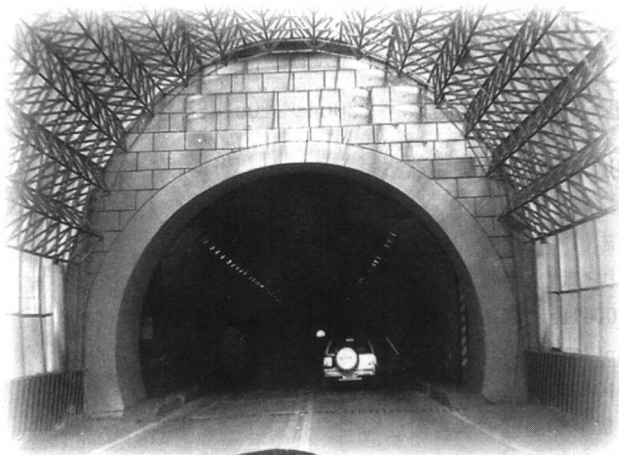
2010304265

U457
G541

隧道工程维修管理

· 要点集

关宝树 编著



2013 9/06

人民交通出版社

1030426

内 容 提 要

本书主要参考国外相关文献资料,理论联系实际,围绕隧道工程维修管理的要点展开论述。全书共分十二部分。第一、二部分为绪论和基本原则;第三至第九部分为主体,是关于隧道变异的内容,主要分析了各种变异产生的原因,并以实例的形式给出了相应的对策;此外,还包括基础及应用研究、隧道修补补强材料、沉管隧道维修管理等内容。

本书的读者对象主要为从事隧道工程维修管理的工程技术人员,也可作为隧道工程设计、施工人员及高等院校相关专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

隧道工程维修管理要点集/关宝树编著. —北京:人民交通出版社, 2004.7
ISBN 7-114-05081-X

I.隧... II.关... III.隧道维护-施工管理
IV. U457

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第051465号

书 名:隧道工程维修管理要点集

著 者:关宝树

责任编辑:陈志敏

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)85285656, 85285838, 85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:三河市海波印务有限公司 一宝日文龙印刷有限公司

开 本:787×980 1/16

印 张:31.25

字 数:516千

版 次:2004年9月第1版

印 次:2004年9月第1版第1次印刷

书 号:ISBN 7-114-05081-X

印 数:0001—4000册

定 价:42.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言

本书的问世,了却了我的一个心愿。在铁路隧道已进入高维修管理阶段、公路隧道正处于高速建设阶段的时代,在隧道工程中如何把维修管理纳入到设计、施工中来,已成为隧道建设中不可忽视的重要课题。在这种情况下,认识到维修管理在整个隧道工程中的地位、维修管理对提高结构耐久性的作用以及如何进行维修管理、在设计施工中如何考虑维修管理等问题,都已提到日程上来。写作本书的目的就是想让大家了解和认识这一点,并提出一些可供借鉴的方法。

有一点应该说明,本书提供的素材多数取自国外的文献资料,特别是日本同行的研究成果。其中有些内容可能不符合我国国情,但其成果对我们还是有一定的借鉴价值的,起码可以从中看出对于隧道工程别人是如何进行维修管理的,在维修管理中应该注意和研究哪些问题,而我们缺乏的恰恰就是这一点。

隧道工程维修管理的一个重要理念就是“对症下药”,因此,本书列举了许多事例作为参考。遗憾的是这些事例也多取自国外,因为国内还收集不到比较完整的“病例”,特别是能够说明问题的“病例”。这一遗憾只好等以后有机会再加以补充和完善了。

另外也要说明,隧道工程维修管理的另一个原则是“早期发现、及时维护”。这需要用一定的检测手段予以保证。有关检测方法和手段的问题,可参考《隧道工程施工要点集》第八部分“施工过程中的质量控制”。如何把维修管理的理念在隧道施工中体现,可参考《隧道工程设计要点集》中的第三部分设计要点十一“结构耐久性设计方法”。

《隧道工程施工要点集》、《隧道工程设计要点集》及《隧道工程维修管理要点集》是在人民交通出版社的大力支持下完成的,在此表示衷心的感谢。这也是我离休后对隧道工程界的一份心意。希望读者能够喜欢这几本书,在工作之余,看一看,也许会有些收获,并希望提出宝贵意见。

关宝树

2004年6月8日于成都

目 录

| | |
|---------------------------------|----|
| 第一部分 绪论 | 1 |
| 一、隧道工程维修管理的基本认识 | 1 |
| 二、隧道工程维修管理的现状和存在的问题 | 3 |
| 三、隧道工程维修管理的基本理念 | 5 |
| 第二部分 隧道工程维修管理的基本原则 | 7 |
| 要点一 维修管理等级的划分..... | 7 |
| 要点二 结构物要求的性能..... | 9 |
| 要点三 维修管理的步骤 | 15 |
| 要点四 变异对策的基本原则 | 17 |
| 第三部分 隧道变异的检查和调查 | 20 |
| 要点一 铁路隧道的变异检查 | 25 |
| 要点二 公路隧道的变异检查 | 38 |
| 第四部分 隧道变异现象及其分类 | 46 |
| 要点一 隧道变异现象、原因及特征..... | 46 |
| 要点二 松弛地压引起的隧道变异 | 57 |
| 要点三 偏压、坡面蠕动引起的隧道变异..... | 60 |
| 要点四 滑坡引起的隧道变异 | 63 |
| 要点五 膨胀性土压(侧压、底鼓)引起的隧道变异..... | 66 |
| 要点六 承载力不足引起的隧道变异 | 69 |
| 要点七 水压、冻胀力引起的隧道变异..... | 72 |
| 要点八 地层下沉引起的隧道变异 | 75 |
| 要点九 地震引起的隧道变异 | 76 |
| 要点十 外力引起的隧道洞门变异 | 78 |
| 要点十一 材质劣化引起的隧道变异 | 79 |
| 要点十二 与使用材料和施工方法有关的隧道变异 | 84 |
| 第五部分 隧道变异的判定及基准 | 86 |
| 要点一 日本铁路隧道的变异判定(总体检查) | 87 |

| | | |
|-------------|-----------------------------|------------|
| 要点二 | 日本铁路隧道的变异判定(个别检查) | 90 |
| 要点三 | 日本公路隧道的变异判定(检查阶段) | 96 |
| 要点四 | 日本公路隧道的变异判定(调查阶段) | 98 |
| 要点五 | 我国铁路隧道劣化评定标准(1997年) | 105 |
| 要点六 | 其他判定方法 | 108 |
| 第六部分 | 地压变异对策及事例 | 112 |
| 要点一 | 塑性地压 | 113 |
| 要点二 | 偏压、坡面蠕动 | 136 |
| 要点三 | 滑坡 | 143 |
| 要点四 | 围岩松弛引起垂直地压增加 | 151 |
| 要点五 | 水压及冻胀力 | 156 |
| 要点六 | 地层下沉引起隧道下沉 | 160 |
| 要点七 | 承载力不足造成的下沉 | 165 |
| 要点八 | 地震 | 168 |
| 要点九 | 洞门 | 177 |
| 要点十 | 近接施工 | 179 |
| 第七部分 | 衬砌劣化、剥落变异对策及事例 | 186 |
| 要点一 | 表面清扫、凿除、嵌缝及开裂压注 | 186 |
| 要点二 | 防护板 | 195 |
| 要点三 | 金属网 | 200 |
| 要点四 | 内衬 | 202 |
| 要点五 | 补强拱架 | 212 |
| 要点六 | 内表面补强 | 219 |
| 要点七 | 剥落变异对策 | 221 |
| 要点八 | 局部改建及改建 | 224 |
| 第八部分 | 衬砌漏水、冻害变异对策及事例 | 230 |
| 要点一 | 防止线状漏水的对策 | 232 |
| 要点二 | 防止面状漏水的对策 | 239 |
| 要点三 | 冻害变异对策 | 258 |
| 第九部分 | 变异对策设计 | 267 |
| 要点一 | 基本原则 | 267 |
| 要点二 | 类比设计 | 273 |
| 要点三 | 标准设计 | 274 |

| | | |
|--------------|------------------|------------|
| 要点四 | 解析设计 | 286 |
| 要点五 | 特殊设计 | 292 |
| 要点六 | 回填压注设计 | 295 |
| 要点七 | 锚杆补强设计 | 301 |
| 要点八 | 内衬补强设计 | 307 |
| 要点九 | 补强拱架设计 | 310 |
| 要点十 | 内表面补强设计 | 314 |
| 第十部分 | 沉管隧道维修管理 | 327 |
| 第十一部分 | 隧道补修、补强材料 | 339 |
| 第十二部分 | 基础及应用研究 | 356 |
| 要点一 | 开裂模式研究 | 356 |
| 要点二 | 衬砌厚度与背后空洞 | 372 |
| 要点三 | 开裂原因诊断专家系统 | 380 |
| 要点四 | 结构加载模型试验研究 | 389 |
| 要点五 | 对策效果的模型试验研究 | 406 |
| 要点六 | 对策设计解析方法的研究 | 430 |
| 要点七 | 衬砌混凝土剥落的研究 | 452 |
| 要点八 | 隧道变异诊断专家系统 | 465 |
| 要点九 | 引水隧洞整治工法选择系统 | 478 |
| 参考文献 | | 489 |

第一部分 绪 论

一、隧道工程维修管理的基本认识

维修管理是指混凝土结构物在使用期间,保持结构物性能在容许范围内的技术行为。

在合适的设计、施工和维修管理条件下,隧道结构物会具有良好的承载性、耐久性和满足耐久性要求的使用寿命。但如设计、施工不当或对某些潜在的因素考虑不周,或维修管理不善,就会出现劣化现象或加速劣化的发展,从而造成结构物耐久性的降低或使用寿命的缩短。维修管理的目的就是保证隧道良好的运营条件和结构物的使用功能,不断地延长结构物的使用寿命。世界各国对此都非常重视。

隧道工程维修管理工作的基本原则是确保隧道的功能和运营环境的质量,为此应对影响隧道结构物安全性、耐久性的变异进行检查及调查,并采取适当的对策和措施。

对隧道结构物的要求是由其特殊的性质所决定的。隧道结构物与一般工程结构物,在性质上有很大的不同,不了解这一点,就不可能真正地认识隧道。

从维修管理角度看,隧道结构物的性质,概括地说,有以下几点是需要我们关注的:

- 隐蔽性:地下结构与其他结构最大的不同就是它的隐蔽性。隐蔽性使我们无法迅速发现结构物的变异,增加了判断结构物变异的“隐蔽”原因的难度。

- 环境影响:隧道的运营环境,如列车运行振动引起的结构疲劳、电力的迷流等对结构物使用寿命的影响,是不可忽视的。地下结构物除受自然环境的影响外,还受到地下环境,如围岩和地下水条件变动的的影响。

- 可维修性:工程结构一般都是可维修的,只是有的易于维修,有的难于维修而已。隧道属于难于维修的一类,它的可维修性是比较差的。因此,在

隧道结构物的设计施工中建立“少维修”的概念是非常重要的。

·既有结构物的状态:既有结构物使用期间的长短、结构物变异状态和程度等,对维修管理的影响是巨大的。

正是由于隧道结构物的这种与众不同的性质,对隧道结构物的耐久性、可靠性及可维修性提出了不同的要求。

从现有的资料看,目前满足结构物功能要求的混凝土的耐久性可能只有 60 年左右。喷混凝土就更低些,只能满足 30 年不维修的要求。而一般混凝土结构物的使用寿命,都应该在 100 年以上。这样,提高混凝土的耐久性,就成为当务之急。

表 1-1 列出一些混凝土结构寿命平均值的调查数据。简易的混凝土制品约为 20 年,桥梁、隧道约为 50 年,大坝为 100 年以上。

混凝土结构寿命平均值的调查数据

表 1-1

| 结构名称 | 10 年 | 20 年 | 30 年 | 50 年 | 法定偿还期 | 100 年 | > 100 年 | 合计 |
|------|------|------|------|------|-------|-------|---------|-----|
| 大坝 | 0 | 0 | 2 | 28 | 2 | 82 | 88 | 202 |
| 桥梁 | 0 | 8 | 35 | 134 | 4 | 52 | 3 | 236 |
| 隧道 | 0 | 2 | 20 | 122 | 5 | 74 | 21 | 244 |
| 防波堤 | 3 | 24 | 51 | 84 | 8 | 17 | 12 | 199 |
| 公共建筑 | 0 | 4 | 17 | 94 | 101 | 25 | 16 | 257 |

最近,日本一些有识之士提出“2020 年的警钟”,即“日本将从土建大国变成修缮大国”。2020 年的结构物维护费和改建费,仅建设省就超过 2 兆亿日元,是今天的 3 倍,维护费用将成为国家财政的巨大负担。我国铁路隧道的修建已有近 100 年的历史,许多隧道都已经进入高维修管理阶段,维修管理费将大幅度地增长,这是不容忽视的。公路隧道正进入建设的高潮期,应该从一开始就重视引入“少维修”的概念,使结构物具有符合要求的耐久性。

因此,不管是新建还是既有结构物,都要消除“免维修或不能维修”的误解,而建立起“把劣化构件或构件的性能恢复到设计意图的使用水准以上的补修、补强”的概念。也就是说,要构筑一个把设计、施工、维修管理结合到一起的体系。这也是目前各国土建工程技术的重要发展趋势。

在山岭隧道中,即使结构的变异状态相同,结构物的安全性和耐久性也会有很大的差异,这是屡见不鲜的。例如,衬砌表面发生开裂的情况、衬砌

背后与围岩密贴和有空洞存在的情况、衬砌厚度充分和不充分的情况、开裂有无发展的情况等,对隧道使用功能的影响,对变异的评价是完全不同的。因此,在隧道的维修管理中,必须要掌握在隧道使用过程中,发生和可能发生各种变异(病害)现象,并推定变异发生的原因,评价结构物的损伤程度和研究是否采取相应的措施和对策,以延长结构物的寿命,提高结构物的服务功能。这就是隧道维修管理技术的重要使命。

在结构物中如何考虑维修管理的作用,目前大体上有三种观点:

①能完全防止劣化现象发生,不需进行维修管理的观点;

②容许某些劣化现象发生,同时采取有计划的维修管理保证结构物的使用年限的观点;

③以维修管理为前提,劣化现象发生时,进行补修、补强的观点。

目前大多数结构物基本上是按第②种观点进行设计与施工的。

结构物的维修管理技术,首先要了解和掌握结构物在使用过程中的劣化状态。从图 1-1 中可以清楚地看出维修管理工作的重要性。

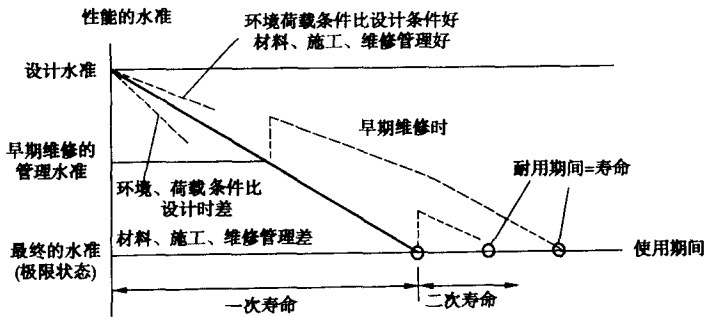


图 1-1 结构物劣化曲线

从隧道及地下工程使用过程中的经验看,各国采取的维修管理基本模式是:检查→发现变异→推定变异原因→明确变异后的结构物的健全度→制订相应的整治措施→整治。

也就是采用“早期发现—及时维护”或者说是“勤检查、早发现、少维修”的维修管理模式。这也是我们应该建立的隧道及地下工程维修管理模式。

二、隧道工程维修管理的现状和存在的问题

如何利用工程学的方法,有效地解决、防治和减轻灾害的破坏效应是当

前结构工程学的一个新的研究领域。为了解决这一问题,许多国家都把确立结构物的耐用期间(寿命)的研究作为基础性研究,而给予了极大的关注。

日本从 20 世纪 80 年代起,在铁路隧道、水工隧洞中引入健全度的概念,对结构物的剩余寿命进行评估,获得了实质性的进展。特别是将专家系统引入结构物健全度的评定,效果很好。美国则以结构损伤度的概念,进行结构物损伤的评估方法的研究,也取得了一定的进展。但从整体上看,对地下结构物耐用期间的研究,是相当不充分的。

例如,最近一段时期,日本的铁路隧道相继发生 3 次重大的混凝土掉块事故,引起了日本运输省的重视。1999 年 6 月 27 日,山阳新干线福岗隧道发生衬砌混凝土剥落,造成列车破损的重大事故;10 月 9 日,山阳新干线北九州隧道的边墙上端又发生混凝土剥落事故;11 月 28 日,室兰本线礼文滨隧道再次发生重达 2t 的拱部衬砌混凝土的剥落,造成货物列车脱轨事故。我国也曾发生拱部突然坍塌、拱后空洞无回填等事故。上述事故说明维修管理的重要性,也说明维修管理是世界各国关注的永恒的课题。例如,日本隧道界以日本隧道协会为中心,由铁路、公路、电力、地下铁路等行业组成隧道维修管理委员会,进行有关隧道维修管理技术的研究,引进和普及技术,提出建议,组织情报和技术交流等。

我国铁路、公路隧道的总里程已接近 5000km,是一笔巨大的社会财富。管好、用好这些财富,是维修管理的重要任务。因此,从设计、施工阶段就开始考虑今后的维修管理问题,为今后运营阶段的维修管理工作创造良好的条件是非常重要的。

日本是目前修建隧道工程最多的国家之一。日本隧道协会的维修管理研究委员会,在广泛调查研究的基础上,对隧道工程的维修管理提出了许多有价值的建议,其中许多建议和方法可以供我们参考。

从各国的现状看,研究主要集中在以下几个方面:

- 维修管理的基本模式;
- 隧道结构变异现象的分类及其标准化;
- 结构变异的原因、变异现象和变异原因的因果关系;
- 结构变异程度的分级及其判定;
- 结构变异的防治措施(整治、对策)等。

我国近 5000km 的铁路、公路隧道基本上是采用矿山法修筑的,目前在维修管理方面存在的主要问题有以下几点:

- (1)还没有真正地把维修管理的理论和方法运用到隧道的维修管理中,

在这方面与一些国家的差距十分明显。也就是说,在维修管理中要建立一个新的概念,即结构物在设计基准期内受到劣化外力作用(环境条件的变化等),以把劣化状态控制在容许水准以内为目标;同时,根据经济性来设定材料规格、设计基准和施工工艺,并确定相应的维修管理基准的概念。

(2)缺乏早期发现变异现象的检查和检测方法,特别是铁路隧道由于洞内的运营条件差(潮湿、阴暗等),很难早期发现变异的前兆和变异现象。因此,在日常检查中,充实、改进和完善检查和检测方法是当务之急。

(3)对既有隧道功能状态的判定和评价方法有待提高。

(4)目前,我国有近百年历史的铁路隧道已经进入“高维修”管理期。为了延长或提高隧道的使用寿命,必须改变“重工程、轻维护”、“重治理、轻检查”、“重晚期、忽视早期”等传统观念,建立“预防为主、早期发现、及时维护、对症下药”的基本观念。形成这种传统观念的原因是多方面的,有体制上的,有经济上的,也有技术上的。

(5)目前,我国铁路隧道变异的整治方法落后。不仅与国外隧道工程的变异整治方法相比是落后的,就是与国内其他工程的整治方法相比也是落后的。这当然与隧道工程自身的特点有关,但缺少对整治方法、材料及工艺的系统研究和整理也是很重要的一个原因。因此,将一些成熟的、有效的和先进的整治方法模式化是十分必要的。

三、隧道工程维修管理的基本理念

根据作者的体会,针对目前存在的问题,隧道维修管理的要点就是“预防为主”、“早期发现”、“及时维护”和“对症下药”。

预防为主:预防维修管理是最好的维修管理方法。也就是说,在劣化发现之前进行详细的检查,并采取必要对策不让劣化发生是最经济的维修管理方法。因此,建立一个完善的检查体系是十分重要的。

早期发现:隧道变异的发生一般都是有前兆的,早期发现这些前兆,并作出正确的判定,及时处理可能发生的变异,是当前各国进行隧道维修管理的基本前提。这一点对我们具有更重要的意义。早期发现、正确诊断、推定变异发生原因应该成为我们进行维修管理的重要内容。

及时维护:拖延处理发生的变异,只会使变异继续发展,最后可能导致隧道各种事故的发生。实践证明:出现了变异,就要及时处理,这样会收到

“事半功倍”的效果。隧道是修筑在地下的线状结构物,围岩动态及环境条件是十分复杂的。因此,即使进行了详细的调查,有时也很难充分掌握隧道的变异状态。在变异有发展趋势的情况下,在变异发生的初期阶段,只要采取一些简单的措施就可解决问题。但如在发展过程中,就必须采取强有力的措施了。

对症下药:隧道发生变异,就和人生病一样。因此,有人把隧道的维修管理认为是“隧道临床医学”。“对症下药”就是临床医学的重要原则。隧道的变异是各种各样的,整治的方法也是各种各样的。因此,必须了解变异和各种整治对策的相互对应关系,以期获得最好的治理效果。

归根结底一句话,就是要大力提高我国隧道工程的维修管理技术水平。

本要点集根据以上几方面存在的问题、维修管理的基本理念和作者的体会,分析存在问题的原因并提出解决问题的方法和途径,供有关技术人员参考。

第二部分 隧道工程维修管理的基本原则

要点一 维修管理等级的划分

前面已经指出,维修管理的定义是:在结构物使用期间内,维持结构物在要求性能水准以上的全部的技术行为。

这里有两点需要加以解释:一点是结构物使用期间的概念;一点是全部技术行为的概念。

结构物的使用期间与结构物的耐用期间是有区别的,两者的相互关系示于图 2-1。

图 2-1 中的预定使用期间是根据对未来结构物要求性能的种类和水准以及社会、经济方面考虑,配合设计耐用期间由设计决定的。

如图所示,目前一般都是按设计耐用期间比预定使用期间长进行设计的。设计耐用期间比预定耐用期间短时,就要采用补修、补强的方法进行维修管理。

耐用期间是受到劣化种类和劣化程度影响的。实际的耐用期间有的比设计耐用期间长,也有的比设计耐用期间短,是由劣化程度决定的。

全部技术行为包括设计、施工、初次检查、劣化预测、检查、评价及判定、对策等行为,也是维修管理的基本内容。

因其对社会和经济的重要程度、对第三者的影响度、预定使用期间等的不同,结构物或构件维修管理的必要性有很大不同,劣化预测、补修、补强等维修管理的难度也不相同。因此,作为维修管理的第一步,进行初次检查,收集结构物的情报,对维修管理进行合理地划分是必要的。

日本把维修管理划分为四级,即:

(1)预防维修管理(A级):以不引起结构物性能降低为目的而进行的维修管理,也称为预防保护。

此类维修管理一般多在重要度高、需要监控的结构物中进行。例如:

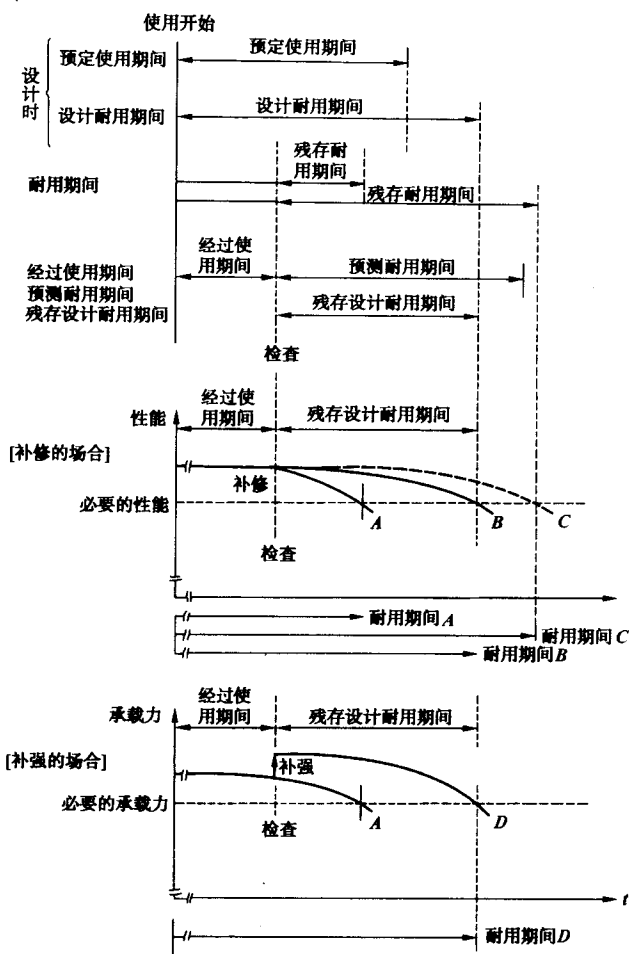


图 2-1 耐用期间及使用期间的关系

- 当劣化出现后,采取对策有困难的结构物;
- 劣化不在表面出现,而在内部发生的结构物;
- 设计耐用期间长的结构物。

(2)事后维修管理(B级):对应结构物性能降低而实施的维修管理,也称为事后保护。

一般在以下的场合中进行:

- 劣化表现在外表,可采取任何对策的场合;
- 劣化表现在外表,采取对策没有困难的场合。

(3)观察维修管理(C级):以目视观察的检查为主,对结构物不采取补修、补强等直接对策的维修管理。

此类维修管理一般在还可以继续使用的场合或能够确保第三者安全的场合进行。

(4)无检查维修管理(D级):不对结构物进行直接的检查,而根据围岩和周边结构物的变异检查进行的维修管理。此类维修管理一般在直接检查非常困难的场合,只能采用间接地检查进行评价及判定的对象中进行。

要点二 结构物要求的性能

在进行结构物维修管理时,应明确对象结构物要求的性能,这样才能对症下药。一般情况下,结构物要求的性能如图 2-2 所示,大体上分为安全性能、使用性能、对第三者影响的性能和美观、景观及耐久性。

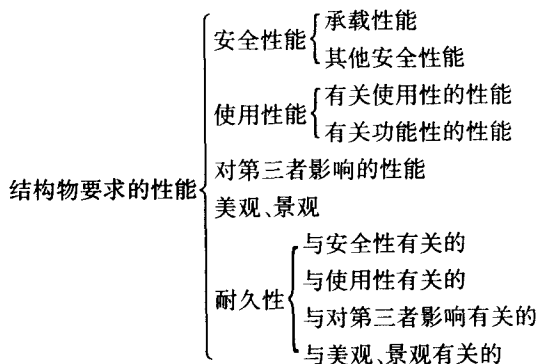


图 2-2 结构物要求的性能

安全性能一般是指包括抗震性能在内的承载性能及其他的安全性(结构物的倾倒和滑动等),也包括结构物崩塌的安全性。作为结构物使用的基本条件,就是要保证在整个结构物使用期间内结构自身的安全性,一般都是指结构物的承载性能。根据结构物承载性能的检查结果,计算构件的承载能力并作出评价。

结构物的使用性能是以结构物的使用性或功能性为对象的,其中包括变形、振动、防水性等,这些性能是随时间而变动的。

结构物耐久性是以安全、使用、对第三者影响、美观、景观四个性能的耐久性能为对象的。在维修管理中,耐久性是以维持结构物要求的性能在容许范围内的性能来定义的。

对第三者的影响是指结构物一部分(例如混凝土保护层)脱落对结构物下方的人造成危害的可能性。例如,隧道拱部掉块对列车或行人的危害,也可以说是一种安全性能,但因与结构物的承载力无关,检查方法也不同,因此作为对第三者的影响以示区别。

由于结构物的种类、设计条件、维修管理条件等,在使用期间内作为材料的混凝土和补强材即使产生劣化和质量降低,也要确保混凝土结构物的要求性能,不产生使用上的问题。因此要对混凝土的碳化、氯化物离子的腐蚀、冻融作用、化学腐蚀、碱性集料反应等的抵抗性以及结构物的防水性和耐火性等进行核查。核查的目的是确保结构物所要求的性能,而不是确保混凝土的性能。

影响混凝土结构物耐久性的因素,除单独作用的情况外,一般都是复合作用的。但评价多按主要因素独立作用的情况进行。目前考虑复合作用影响的核查技术还没有建立。这里提出的一些影响因素的性能核查方法,是日本目前采用的方法,可作为参考。但在受到复合作用的场合,与单独作用的情况比,结构物的劣化发展快,其影响显著时,应采用比较大的安全系数。

一、碳化核查

混凝土结构物的性能不能因混凝土碳化而损伤。

碳化核查应确认碳化深度的设计值 y_d 与钢材腐蚀发生深度 y_{lim} 之比乘以结构物系数 γ_i 在 1.0 以下,即

$$\gamma_i y_d / y_{lim} \leq 1.0 \quad (2-1)$$

式中: γ_i ——结构物系数;一般取 1.0,重要结构物取 1.1;

y_{lim} ——钢材腐蚀发生深度(mm),一般用式(2-2)求出;

$$y_{lim} = c - c_k \quad (2-2)$$

c ——保护层期待值(mm),一般取设计保护层;

c_k ——碳化残值(mm),在通常环境下取 10mm,盐分小环境下取 10 ~ 25mm;

y_d ——碳化深度的设计值,一般按式(2-3)计算:

$$y_d = \gamma_{cb} \alpha_d t \quad (2-3)$$

α_d ——碳化速度系数的设计值(mm/年),一般按式(2-4)计算:

$$\alpha_d = \alpha_k \beta_e \gamma_c \quad (2-4)$$

α_k ——碳化速度系数的特性值(mm/年);