

公路旧桥检测评定与加固技术丛书

混凝土旧桥 材质状况与耐久性 检测评定指南 及工程实例

张劲泉 宿 健 程寿山 何玉珊 等编著

Gonglu
Jiuqiao Jiance
Pingding yu
Jiagu Jishu
Congshu



人民交通出版社
China Communications Press

公路旧桥检测评定与加固技术丛书

Hunningtu Jiuqiao Caizhi Zhuangkuang Yu Naijiuxing

Jiance Pingding Zhinan Ji Gongcheng Shili

混凝土旧桥材质状况与耐久性 检测评定指南及工程实例

张劲泉 宿 健 程寿山 何玉珊 等编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为《公路旧桥检测评定与加固技术丛书》之一,是对混凝土旧桥材质状况及耐久性检测技术研究与应用推广这一专题研究成果的全面总结。全书共分为两篇,第一篇为公路混凝土旧桥的材质状况与耐久性检测评定提供了相对统一的检测项目、检测方法和评定标准。第二篇为示范工程实例,涵盖了第一篇中所有的检测与评定方法,两者相互补充,使本书的内容更加完整。

本书主要供从事桥梁检测工程技术人员使用,亦可供相关专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土旧桥材质状况与耐久性检测评定指南及工程实例/张劲泉,宿健,何玉珊等编著. —北京:人民交通出版社,2007.7

(公路旧桥检测评定与加固技术丛书)

ISBN 978-7-114-06624-5

I.混… II.①张…②宿…③何… III.钢筋混凝土桥-耐用性-检测 IV.U448.33

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第083731号

书 名: 公路旧桥检测评定与加固技术丛书
混凝土旧桥材质状况与耐久性检测评定指南及工程实例
著 作 者: 张劲泉 宿 健 程寿山 何玉珊 等
责任编辑: 沈鸿雁 曲 乐
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.ccpress.com.cn>
销售电话: (010)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: 北京凯通印刷厂
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 11.75
字 数: 280 千
版 次: 2007年7月 第1版
印 次: 2007年7月 第1次印刷
书 号: ISBN 978-7-114-06624-5
印 数: 0001—3500 册
定 价: 28.00 元
(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

公路旧桥检测评定与加固技术丛书

《混凝土旧桥材质状况与耐久性
检测评定指南及工程实例》

编审委员会

主 编：张劲泉 宿 健 程寿山 何玉珊

参 编：苏纪开 谢来发 沈仁忠 邱 波 郭留红

 朱建平 李 明 郑晓华 王国亮 马 晔

 王来永 陈万春 钱培舒 李传习 胡钊芳

 于天才 王泳道 高建明 温胜强 韩忠奎

 徐玉春 刘 京 王岐峰 张小江

主 审：李万恒 任红伟 国天遼

前 言

随着我国公路交通事业的迅速发展,公路交通量及车辆荷载快速增加,公路是否畅通已成为制约地方经济发展的命脉,而桥梁作为公路的瓶颈,其重要性更显突出,通过对桥梁材质状况的检测,准确评价其质量安全状况,从而及时有效地制订针对性的对策进行实施,是公路桥梁管理养护工作中一大亟需解决的问题。

目前,在公路旧桥材质状况与耐久性检测中,主要依据的是其他相关行业的有关检测技术规程或标准。由于这些规程或标准的行业特点较突出,应用于公路旧桥检测时存在明显的不相适应性。为此,交通部专门在两部交通建设科技项目“公路旧桥检测评定与加固技术研究及推广应用”中设立了“混凝土旧桥材质状况及耐久性检测技术的研究与旧桥检测技术的推广应用”的专题。这一专题主要针对我国公路上大量使用的混凝土桥梁,在总结“六五”至“九五”关于混凝土桥梁材质状况无损及半破损检测技术领域研究成果的基础上,参照中国工程建设标准化委员会的有关混凝土强度检测评定标准,以及国家自然科学基金资助项目有关混凝土结构耐久性检测的研究成果,结合国外有关的试验方法、技术标准,通过分区进行示范工程试验研究与实体工程试验测试验证的方法,研究制订出适用于我国公路混凝土旧桥的材质状况与耐久性检测指南。同时,通过举办技术培训班、研讨会、推广经验交流会以及结合各省需求进行技术咨询服务与指导等方式,完成对公路旧桥检测技术的推广应用。

本书即是对“混凝土旧桥材质状况及耐久性检测技术的研究与旧桥检测技术的推广应用”这一专题研究成果的全面总结。共分两篇,第一篇共十一章,内容涵盖了:公路混凝土旧桥材质状况及耐久性检测的基本规定、表观损伤检测方法及其损伤度评价指标、结构混凝土强度现场检测的方法与评定标准、钢筋锈蚀电位检测方法与结果判定标准、氯离子含量测定方法及其判定标准、混凝土中钢筋分布及保护检测方法与评定标准、混凝土碳化深度检测方法与评定标准、混凝土电阻率现场测试方法与结果判定标准、结构混凝土内部缺陷与表层损伤的超声法检测以及混凝土耐久性综合评价等十个方面。在指南的研究制订过程中,运用层次分析方法和基于专家经验的模糊数字分析评估方法,对所检测的结构各部(构)件材质状况指标和耐久性指标进行了“标度”(等级)评定,并通过“德尔菲”方法在广泛开展专家调查、两两比较分析的基础上,建立了材质状况检测指标与耐久性检测指标影响构件耐久性的权重,以及不同构件的耐久性能对结构整体耐久性影响的权重值,提出了基于材质状况与耐久性检测指标权重和“标度”(等级)评定的单一构件耐久性评价方法,以及计入组成结构构件权重影响的结构整体性耐久性评价方法,这在国内尚属首次。该指南的研究制订,解决了其他行业的规程或

规范不完全适用于公路混凝土桥梁的检测评定问题,填补了空白,使我国公路混凝土桥梁检测评定工作得以有章可循。第二篇为结合课题进行的“公路旧桥检测技术的推广应用”工作示范实例汇总。实例均是依据“公路混凝土旧桥材质状况与耐久性检测评定指南”的规定进行的检测评定,收集了西部以及沿海地区有代表性的9座公路旧桥的材质状况与耐久性检测评定实例,既具有普遍代表性,又注意到了特殊性,以便于推广应用。

个别公路旧桥的检测工作完成已久,考虑到重新实施检测的困难以及当时数据的不可复得性,对当时的数据按照“公路混凝土旧桥材质状况与耐久性检测评定指南”规定的方法进行了二次评定,和以前的结论进行对比分析,使对本指南的理解和推广应用更具意义。

“混凝土旧桥材质状况及耐久性检测示范工程实例”涵盖了“公路混凝土旧桥材质状况与耐久性检测评定指南”中的所有检测与评定方法,两部分相互补充、相得益彰,使得指南的内容更加完整。

在实施“公路旧桥检测技术推广应用”的研究工作中,结合各省的需求,就公路旧桥检测的项目要求、一般途径、恒载变异状况调查、旧桥几何形态参数测定、结构固有模态参数测定、索力测量、墩台与基础变位情况调查、地基与基础检验进行针对性研究,制定了旧桥恒载变异状况以及墩台与基础变位情况的调查方法,旧桥几何形态参数、结构固有模态参数以及索结构索力振动的测定方法,提出了公路旧桥检测的一般项目要求与工作流程以及地基与基础的检验方法与结果判定标准,并作附录列于检测指南之中,使检测指南的适用性进一步增强,并为行业储备了急需技术,可达到“研究直接面向并服务于工程”的目的。

尽管本检测指南的研究制订,是建立在以往的研究和工程实践的基础上,并借鉴了国外的试验方法和技术标准,但由于本检测指南在体系、方法和“量化”评价方面有所突破和创新,所以我们期待检测指南在广泛的工程实践应用与进一步研究中完善。

编 者

2006年12月于北京

目 录

第一篇 混凝土旧桥材质状况及耐久性检测评定指南

1 总则	3
2 桥梁概况与环境条件的调查	4
2.1 桥梁概况的调查	4
2.2 环境条件的调查	4
3 外观损伤的检测与评定	6
3.1 混凝土桥梁结构构件表观损伤分类	6
3.2 表征混凝土桥梁结构构件表观损伤的损伤度指标	6
3.3 混凝土桥梁结构构件表观损伤的检测	6
3.4 表观损伤的分级评定	7
4 结构混凝土强度的检测与评定	12
4.1 结构混凝土强度检测方法分类与要求	12
4.2 回弹法检测结构混凝土强度的方法	12
4.3 超声一回弹综合法检测结构混凝土强度的方法	18
4.4 回弹一取芯检测混凝土强度的方法	25
4.5 超声一回弹综合法结合取芯检测结构混凝土强度的方法	27
4.6 结构混凝土现场检测强度的评定标准	28
5 钢筋锈蚀电位的检测与判定	30
5.1 适用范围	30
5.2 应用	30
5.3 测试原理	30
5.4 测量装置	30
5.5 测试方法	31
5.6 影响测量准确度的因素及修正	32
5.7 钢筋锈蚀电位的判定标准	32
6 结构混凝土中氯离子含量的测定与评判	34
6.1 测定方法	34
6.2 取样	34
6.3 滴定条法	35
6.4 试验室化学分析法	35
6.5 氯离子含量的评判标准	38
7 混凝土中钢筋分布及保护层厚度的检测与评定	39
7.1 适用范围	39
7.2 应用	39

7.3	检测方法 & 原理	39
7.4	仪器	39
7.5	仪器的标定	40
7.6	操作程序	40
7.7	影响测量准确度的因素及修正	41
7.8	钢筋分布及保护层厚度的评定标准	42
8	结构混凝土碳化深度的检测与评定	44
8.1	检测方法	44
8.2	检测步骤	44
8.3	评定标准	44
9	混凝土电阻率的检测与评定	46
9.1	混凝土电阻率的检测方法	46
9.2	电阻率测试仪及技术要求	46
9.3	仪器的检查	46
9.4	混凝土电阻率的测量	47
9.5	混凝土电阻率的评定标准	47
10	结构混凝土内部缺陷与表层损伤的超声法检测	48
10.1	目的和适用范围	48
10.2	超声法检测混凝土缺陷的基本依据与方法	48
10.3	声学参数测量	50
10.4	混凝土不密实区和空洞的检测方法	52
10.5	混凝土结合面质量的检测	56
10.6	混凝土表面损伤层的检测	57
10.7	混凝土裂缝深度的检测	58
10.8	混凝土匀质性检验	64
11	混凝土桥梁结构耐久性综合评价	67
11.1	评价原则	67
11.2	单一构件评价方法	67
11.3	结构耐久性综合评价	68
附录 A	公路旧桥检测的项目要求与一般途径	69
A.1	公路旧桥检测的内容	69
A.2	桥梁调查	69
A.3	桥梁一般检查	69
A.4	桥梁详细检查	73
A.5	桥梁荷载试验	74
A.6	桥梁检测工作途径	75
附录 B	旧桥恒载变异状况调查与变异系数确定方法	76
B.1	旧桥恒载变异状况调查工作	76
B.2	调查内容	76
B.3	计算变异系数	76

附录 C 旧桥梁几何形态参数测定方法与结果判定应用	77
附录 D 桥梁结构固有模态参数的测定与结果判定应用	78
附录 E 索力测量技术	79
E.1 概述	79
E.2 索力的测试原理与方法	80
E.3 其他方法简述	89
附录 F 索结构索力的振动测量法与结果应用	90
F.1 检测目的	90
F.2 检测方式	90
F.3 检测原理	90
F.4 测量系统和技术要求	90
F.5 测量与记录	90
F.6 索力(T)的计算	91
F.7 影响因素及结果的修正	91
F.8 索力计算	91
F.9 结果分析	92
附录 G 旧桥墩台与基础变位情况调查方法与结果评定应用	93
附录 H 地基与基础的检验方法与结果评定应用	94
参考文献	95

第二篇 工程实例

实例 1 某 13m 钢筋混凝土连续梁板桥	99
1.1 工程概况	99
1.2 检测的需求说明	99
1.3 检测项目与方法	99
1.4 检测结果与评定	101
1.5 混凝土桥梁结构耐久性综合评价	107
实例 2 某钢筋混凝土箱型拱桥	111
2.1 工程概况及检测的需求	111
2.2 检测结果与评定	111
2.3 基于检测结果的耐久性综合评定	113
实例 3 某钢筋混凝土三肋上承式组合体系两铰拱桥	118
3.1 工程概况	118
3.2 检测结果与评定	118
3.3 主拱圈的耐久性综合评定	121
实例 4 某钢筋混凝土 T 型梁桥	126
4.1 工程概况	126
4.2 结构材质状况检测	126
4.3 基于检测结果的耐久性综合评定	128
实例 5 某钢筋混凝土双悬臂挂梁桥	132

5.1	桥梁概况	132
5.2	检测结果与评定	132
5.3	混凝土桥梁结构耐久性综合评价	138
实例 6	某无铰双曲拱桥	140
6.1	工程概况	140
6.2	检测的需求说明	140
6.3	检测项目	140
6.4	检测结果与评定	141
6.5	混凝土桥梁结构耐久性综合评价	146
实例 7	某净跨 10m 的整体式现浇钢筋混凝土空心板拱桥	152
7.1	工程概况	152
7.2	检测的需要说明	152
7.3	检测结果与评定	153
7.4	混凝土桥梁结构耐久性综合评价	156
实例 8	某 11.4m 装配式钢筋混凝土连续板梁桥	159
8.1	工程概况及需求说明	159
8.2	检测项目	159
8.3	检测结果与评定	159
8.4	混凝土桥梁结构耐久性综合评价	161
实例 9	某连续刚构桥	163
9.1	桥梁概况	163
9.2	检测结果与评定	163
9.3	混凝土桥梁结构耐久性综合评价	172
参考文献		174

第一篇

混凝土旧桥材质状况及耐久性 检测评定指南

1 总 则

1.0.1 编制本指南的目的主要是为公路混凝土旧桥的材质状况与耐久性检测评定提供相对统一的检测项目、检测方法和评定标准。

1.0.2 公路混凝土桥梁结构耐久性评定以组成结构的构件耐久性评定值为基础,综合考虑各类构件的重要性系数、损伤程度及其所处的环境条件后得出结构的耐久性等级。

1.0.3 本指南适用于一般环境条件下的、公路上常见的、正在使用的钢筋混凝土、预应力混凝土和混凝土圬工结构,对于遭受大灾、处于严重污染的水环境以及海水浪溅区等特殊侵蚀介质中的公路混凝土桥梁,除应遵守本指南的规定外,尚应遵照现行的有关规范及标准要求。

1.0.4 本指南的施行必须与国家及交通部颁布的各种现行公路混凝土桥梁设计规范、标准、规程(包括抗震设计规范),材料和施工的质量验收规范,以及材料、构件的试验规范配套使用。

1.0.5 公路混凝土旧桥材质状况与耐久性检测,包括:表观损伤检测、混凝土强度现场检测、钢筋锈蚀电位检测、氯离子含量测定、混凝土中钢筋分布及保护层厚度检测、混凝土碳化深度检测、混凝土电阻率现场测试和混凝土内部缺陷与表层损伤检测等内容。

1.0.6 材质状况与耐久性检测,主要是通过对结构或构件的材质状况与耐久性各项指标进行检测,根据结构或构件所处环境及设计使用年限等条件,综合分析检测结果,给出结构或构件的耐久性恶化系数,从而确定结构或构件的耐久性等级,其检测的一般途径如图 1-1-1 所示。

1.0.7 在材质状况与耐久性检测前,可通过对被检对象进行一般检查,确定有代表性的结构或构件进行检测评定。确定的检测项目应具有代表性,若单一项指标不能得出肯定结论时,应结合其他指标进行综合判定。

1.0.8 检测应结合环境条件及结构自身特点,对影响其耐久性的主要影响因素进行重点检测,必要时可适当增加其权重。

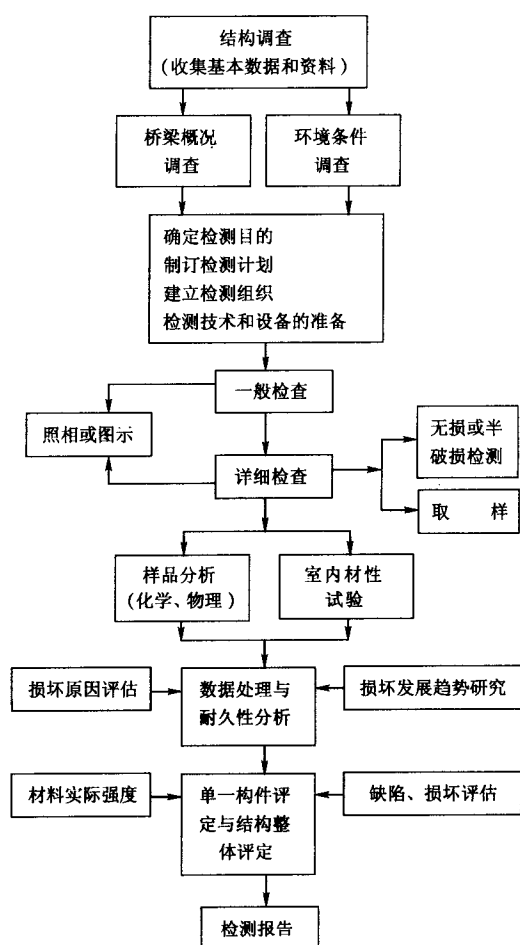


图 1-1-1 公路混凝土桥梁材质状况与耐久性检测评定的一般途径

2 桥梁概况与环境条件的调查

2.1 桥梁概况的调查

2.1.1 桥梁概况调查包括原始资料的调查和桥梁的实地考察两部分。原始资料的调查主要是针对桥梁的设计、施工情况(包括施工工艺和施工原始资料)及使用、养护、维修、加固与管理情况进行的;桥梁的实地考察主要是初步了解桥梁的技术状况和主要存在问题,并向相关人员调查了解桥梁病害史、使用中的特别事件、限重限速原因、交通状况、今后改扩建计划、水文、气候及环境等方面情况。

2.1.2 设计情况调查的主要内容为:桥位地质钻探资料及水文勘测资料、设计计算书及有关图纸、变更设计计算书及有关图纸等。

2.1.3 施工情况调查的主要内容为:材料试验资料、施工记录、重大施工质量事故记录、监理资料、施工监控资料、地基与基础试验资料、竣工图纸及其说明、交工验收资料、交工验收荷载试验报告及竣工验收有关资料等。

2.1.4 使用、养护、维修、加固与管理情况调查的主要内容为:桥梁检查与检测、历次危害情况、荷载试验资料,历次桥梁维修、加固资料及历次特别事件记载资料等。

2.2 环境条件的调查

2.2.1 环境条件调查包括桥梁所处地区的气象条件调查和桥梁的工作条件调查两部分。

2.2.2 气象条件调查的主要内容为:平均温度、湿度;年最高温度、年最低温度、湿度;历史最高温度、最低温度、湿度;年最大降雨量、最小降雨量、平均降雨量;桥址处风环境等。调查方法主要参考当地气象部门的资料,必要时进行现场测定。

2.2.3 工作条件调查的主要内容为:交通状况、桥梁是否处于风口处、构件是否易受雨水侵蚀、潮沟与泡溅情况、构件工作环境的温、湿度,干湿交替情况、周围 CO_2 浓度、有无有害气体、酸碱度及冻融情况等,调查方法以查询桥梁养护管理人员为主,必要时可进行现场测定。

2.2.4 推荐桥梁所处环境条件影响的分级评定标准见表 1-2-1。

推荐桥梁所处环境条件影响的分级评定标准

表 1-2-1

环境类别	环境条件		环境影响系数
I 可忽略	非寒冷或寒冷地区的大气环境,水或土壤 无侵蚀性;干燥环境;风环境	内陆干旱地区	1.0
II 轻微	严寒地区的大气环境; 潮湿	不直接受日晒、雨淋或风蚀的构件; 水下构件	1.1
III 中度	内陆潮湿气候; 干湿交替	一般环境,受日晒、雨淋或风蚀的构 件;靠近地表受地下水影响的构件	1.2

续上表

环境类别	环境条件		环境影响系数
IV 严重	酸雨或沿海环境； 接触除冰盐构件	沿海盐雾地区； 酸雨或盐碱环境	1.3
V 恶劣	干湿交替,有侵蚀性水、气体或土壤； 高度水饱和并受冻融循环	海水浪溅、潮差区	1.4

3 外观损伤的检测与评定

3.1 混凝土桥梁结构构件外观损伤分类

混凝土桥梁结构构件的外观损伤总体上可分为如下三类：一是裂缝，包括非结构受力裂缝和结构受力裂缝；二是层离、剥落或露筋及掉棱或缺角；三是蜂窝麻面、表面侵蚀及表面沉积等。

3.2 表征混凝土桥梁结构构件外观损伤的损伤度指标

表征混凝土桥梁结构构件外观损伤的损伤度指标如表 1-3-1 所列。

公路混凝土桥梁结构构件外观损伤的损伤度指标体系

表 1-3-1

外观损伤类型		损伤度指标
裂 缝	非结构受力裂缝	①裂缝最大宽度； ②开裂区域面积 A_i 占其所在构件表面面积 A_{pi} 的比值 V ，即 $V = A_i / A_{pi}$
	结构受力裂缝	①裂缝长度或高度； ②受力钢筋处的裂缝宽度； ③裂缝的最小与平均间距
层离、剥落或露筋、掉棱或缺角		累计损伤面积 $\sum A_i$ 占构件外露表面积 (A_B) 的比值 α ，即 $\alpha = \frac{\sum A_i}{A_B}$ ； 由于损伤引起的构件截面最大损失率 δ ， $\delta = 1 - \frac{A_{pmin}}{A}$ ； 式中： A_{pmin} ——扣除损伤影响后的构件最小有效截面面积； A ——构件初始截面面积
蜂窝麻面、表面侵蚀、表面沉积		累计损伤面积 $\sum A_i$ 占构件外露表面积 (A_B) 的比值 α ，即 $\alpha = \frac{\sum A_i}{A_B}$

3.3 混凝土桥梁结构构件外观损伤的检测

3.3.1 裂缝检测的主要内容为：裂缝的形态；裂缝分布情况；裂缝周围有无锈迹、锈蚀产物和凝胶泌出物；裂缝的宽度、长度和间距等。检测方法以目力检查为主，辅以刻度放大镜（最小分辨率不得大于 0.05mm）量测。用钢卷尺（最小分辨率不得大于 1.0mm）测量裂缝的

长度和间距。

3.3.2 在进行裂缝检测时,应注意查明裂缝发生的时间和原因,并判断裂缝是否趋于稳定,对尚未稳定的裂缝可用千分表、引伸仪等监测裂缝宽度和长度的发展情况,监测时间以6~12个月为宜。

3.3.3 对层离、剥落或露筋、掉棱或缺角、蜂窝麻面、表面侵蚀及表面沉积等表观损伤的检测,主要检测面积和深度,检测方法为人力目测、辅助钢尺测量和锤击检查。

3.3.4 在进行表观损伤检测时,应检查宽度超过0.05mm的裂缝以及大小超过20mm的其他表观损伤。

3.3.5 裂缝检测结果的描述应注意如实反映裂缝的形态、分布情况和裂缝周边混凝土表面状况,尽可能采用图形和照相进行表观损伤的描述,对所有的表观损伤均应有详尽的文字描述。

3.4 表观损伤的分级评定

3.4.1 对混凝土桥梁结构构件的表观损伤,可根据表观损伤程度(大小、多少或轻重)、表观损伤对结构使用功能的影响程度(无、小、大)和表观损伤发展变化状况(趋向稳定、发展缓慢、发展较快)等三个方面,以累加评分的方法作出等级评定。具体评定方法见表1-3-2。

混凝土桥梁结构构件表观损伤的分级评定方法表 表1-3-2

表观损伤程度及标度		组合评定标度				
		程度	小——→大 少——→多 轻度——→严重			
		标度	0	1	2	
表观损伤对结构使用功能的影响程度	无、不重要	0	0	1	2	
	小、次要	+1	1	2	3	
	大、重要	+2	2	3	4	
以上两项评定组合标度			0	1	2	3 4
表观损伤发展变化状况的修正	趋向稳定	-1	0	1	2	3
	发展缓慢	0	1	2	3	4
	发展较快	+1	1	2	3	4 5
最终评定结果			1	2	3	4 5
结构构件表观技术状况			良	较	较	差 很
			好	好	差	的 差

3.4.2 混凝土桥梁结构构件表观损伤的分级评定标准。

3.4.2.1 钢筋混凝土构件非结构受力裂缝按表1-3-3 分级标准进行评定。