

文章编号: 1002-0268(2006)04-0022-04

适用于公路桥梁结构的混凝土强度 检测评定方法研究

宿健¹, 王建², 王歧峰¹, 张宗麟¹

(1. 交通部公路科学研究院, 北京 100088; 2. 天津市公路管理局, 天津 300170)

摘要: 通过对现有的检测混凝土强度技术规程在检测与评定桥梁构件强度时存在的不适应性进行分析, 建立适用于桥梁结构或构件及局部的混凝土强度检测方法 with 评定标准。

关键词: 混凝土; 强度; 检测; 评定

中图分类号: U466

文献标识码: A

Research on Assessment Method of Concrete Intensity Detection Applied to Highway Bridge Structure

SU Jian¹, WANG Jina², WANG Qi-feng¹, ZHANG Zong-lin¹

(1. Research Institute of Highway, MOC., Beijing 100088, China;

(2. Tianjin Highway Bureau, Tianjin 300170, China)

Abstract: As the existing directive rules on concrete intensity haven't been adaptive to the requirements, the concrete intensity detecting method and evaluation criterion applied to bridge structure or bridge structural member are set up.

Keywords: concrete; intensity; detection; evaluation

0 前言

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为突出, 应用于公路旧桥的检测存在着明显的不相适应性。本文主要针对我国公路上大量使用的混凝土桥梁, 总结了“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的一些研究成果, 并参照建设部与中国工程建设标准化协会的有关混凝土强度检测评定的标准及规程, 通过具体的工程试验检测进行验证, 研究制订出适用于我国公路混凝土旧桥的混凝土强度检测评定方法。由于篇幅有限, 本文仅以超声回弹综合法及其结合取芯检测混凝土

强度为例做详细介绍。

1 结构混凝土强度检测方法分类与要求

结构混凝土强度的检测方法可分为无损检测、半破损检测和破损检测。目前常用的有回弹法、超声-回弹综合法、回弹结合取芯法、超声-回弹综合法结合取芯法等测定混凝土强度的方法。

为了突出混凝土桥梁结构的行业特殊性, 混凝土强度检测评定分为结构或构件的强度检测评定与承重构件的主要受力部位的强度检测评定。如主梁, 根据具体检测目的和检测要求, 选择合适的方法进行检测时, 可对主梁整个(批)构件进行检测评定, 也可对主梁跨中部位进行混凝土强度的检测评定, 但测区布置必须满足一定的要求。

收稿日期: 2005-12-12

作者简介: 宿建(1972-), 男, 山西忻州人, 副研究员, 从事桥梁结构检测评定、加固与承载能力鉴定方面的研究。

原则上对结构不采取破损检测,但在其他方法不能准确评定结构(构件)或承重构件主要受力部位的混凝土强度时,应采用取芯法结合其他方法综合评定。在结构上钻、截取试件时,应尽量选择在承重构件的次要部位或次要承重构件上,并应采取有效措施,确保结构安全。钻、截取试件后,应及时进行修复或加固处理。

2 超声-回弹综合法检测结构混凝土强度的方法

2.1 适用条件

对在用混凝土桥梁结构或构件,当有2个可测面时,宜采用超声-回弹综合法检测其结构混凝土强度。所使用的回弹仪、超声波检测仪应在检定有效期内并满足检测的相关要求。

在下列情况下,不宜应用超声-回弹综合法检测结构混凝土强度:(1)遭受冻害、化学腐蚀、火灾、高温损伤的混凝土;(2)被测构件厚度小于10 cm;(3)结构表面温度低于-4 或高于60 。

2.2 检测步骤

(1) 确定检测方式。桥梁结构或构件混凝土强度可采用的检测方式有如下2种: 构件检测:适用于单个结构或构件的检测; 部位检测:适用于对结构或构件关键控制部位的检测。

(2) 测区布置应满足下列要求:

测区尺寸为200 mm×200 mm;

测区应均匀布置在构件混凝土浇筑方向的侧面,测区在两个相对应的侧面上应对称布置;

按构件检测方式检测时,每一结构或构件的测区数不应少于10个,相邻两测区的间距不宜大于2 m,测区应布置在结构或构件的重要部位及薄弱部位;

按部位检测方式检测时,每一部位的测区数不应少于6个,相邻两测区的间距应控制在0.4 m以内;

测区避开钢筋密集区和预埋件;

测区离构件端部或施工缝边缘的间距不宜大于0.4 m,也不宜小于0.2 m;

测区应清洁、平整、干燥,不应有接缝、饰面层、浮浆和油垢,并避开蜂窝、麻面部位,必要时可用砂轮片清除杂物和磨平不平整处,并擦净残留粉尘;

测区应注明编号,并记录测区位置和外观质量情况。

还应注意结构或构件或关键控制部位的每一测区内,宜先进行回弹测试,后进行超声测试。在计算测区混凝土换算强度值时,非同一测区内的回弹

值及超声声速值不得混用。

(3) 回弹值的测量与计算

用回弹仪测试时,宜使仪器处于水平状态,测试混凝土浇筑方向的侧面。如不能满足这一要求,也可非水平状态测试,或测试混凝土浇筑方向的顶面或底面;

按要求对构件上或关键控制部位的每一测区的2个相对测试面各弹击8点,每一测点的回弹值测读精确至1.0;

测点在测区范围内宜均匀分布,但不得布置在气孔或外露石子上。相邻两测点的间距一般不小于30 mm;测点距构件边缘或外露钢筋、铁件的距离不小于50 mm,且同一测点只允许弹击1次;

计算测区平均回弹值时,应从该测区2个相对测试面的16个回弹值中,剔除3个最大值和最小值,然后将余下的10个回弹值计算测区平均回弹值,精确至0.1;

如回弹仪处于非水平状态,同时混凝土检测面又不是混凝土的浇筑侧面,则应对测得的测区平均回弹值,先进行角度修正,再进行不同浇筑面的修正。

(4) 超声声速值的测量与计算

超声测点应布置在回弹测试的同一测区内。应保证换能器与混凝土耦合良好;

测区的声时值应精确至0.1 μs,声速值应精确至0.01 km/s。超声测距的测量误差不应大于±10%;

每个测区内的相对测试面上,应布置3个测点,且发射和接收换能器的轴线应在同一轴线上;

测区声速应按下式计算

$$v_i = l/t_m \quad (1)$$

$$t_m = (t_1 + t_2 + t_3)/3 \quad (2)$$

式中, v_i 为测区声速值,km/s; l 为超声测距,mm; t_m 为测区平均声时值,μs; t_1 、 t_2 、 t_3 分别为测区中3个测点的声时值。

当在混凝土浇注的顶面与底面测试时,测区声速应按下式进行修正

$$v_d = 1.034v_i \quad (3)$$

式中, v_d 为修正后的测区声速值,km/s。

2.3 混凝土强度的推定

(1) 第*i*个测区的混凝土换算强度值 $f_{cu,i}^c$,应根据修正后的测区回弹值 R_d 和修正后的测区声速值 v_d ,优先采用专用或地区测强曲线推定。当无专用或地区测强曲线时,经验证后可按下列公式表示的统一

测强曲线进行计算。

粗骨料为卵石时

$$f_{cu,i}^c = 0.0056 \cdot (v_d)^{1.439} \cdot (R_d)^{1.769} \quad (4)$$

粗骨料为碎石时

$$f_{cu,i}^c = 0.0162 \cdot (v_d)^{1.656} \cdot (R_d)^{1.410} \quad (5)$$

式中, $f_{cu,i}^c$ 为第 i 个测区换算强度值, 精确至 0.1 MPa; v_d 为第 i 个测区修正后的声速值, 精确至 0.01 km/s; R_d 为第 i 个测区修正后的回弹值, 精确至 0.1。

(2) 结构、构件或关键控制部位的混凝土强度推定值 f_{cu}^c 可按下述方法确定。

结构、构件或关键控制部位的测区混凝土强度平均值, 可根据各测区的混凝土换算强度值计算。当测区数为 10 个及以上时, 应计算强度标准差。平均值及标准差按下列公式计算。

$$m_{cu}^c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}^c \quad (6)$$

$$S_{cu}^c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^c)^2 - n(m_{cu}^c)^2}{n-1}} \quad (7)$$

式中, n 为结构、构件或关键控制部位的测区数; m_{cu}^c 为结构、构件或关键控制部位测区混凝土换算强度值的平均值; S_{cu}^c 为结构或构件或关键控制部位测区混凝土换算强度值的标准差, 精确至 0.01 MPa; 其他符号意义同前。

当结构、构件或关键控制部位的测区数少于 10 个时, 则其混凝土强度推定值 $f_{cu,t}^c$ 按下列公式计算

$$f_{cu,t}^c = f_{cu,min}^c \quad (8)$$

式中: $f_{cu,min}^c$ 为 n 个测区中最小的测区混凝土换算强度值, MPa;

当结构、构件或关键控制部位的测区数大于 10 个时, 则其混凝土强度推定值 $f_{cu,t}^c$ 按下列公式计算

$$f_{cu,t}^c = m_{cu}^c - 1.645 S_{cu}^c \quad (9)$$

当结构、构件或关键控制部位的测区数大于 10 个时, 但测区混凝土强度换算值标准差过大时 (当混凝土强度等级低于 C25 时, $S_{cu}^c > 4.5$ MPa; 或当混凝土强度等级介于 C25 与 C50 时, $S_{cu}^c > 5.5$ MPa; 或当混凝土强度等级大于 C50 时, $S_{cu}^c > 6.5$ MPa), 则其混凝土强度推定值 $f_{cu,t}^c$ 可按下列公式计算

$$f_{cu,t}^c = f_{cu,min}^c \quad (10)$$

当测区混凝土换算强度值出现小于 10.0 MPa

时, 取 $f_{cu,t}^c$ 小于 10 MPa。

混凝土强度推定值是指相应于强度换算值总体分布保证率不低于 95% 的结构、构件或关键控制部位的混凝土抗压强度值。

3 超声 - 回弹综合法结合取芯检测结构混凝土强度的方法

3.1 适用条件

对已使用多年 (> 2 000 d) 的混凝土桥梁结构, 需要取得混凝土实际强度值时, 可从结构或构件测区钻取部分混凝土芯样, 作芯样抗压强度试验, 修正超声回弹综合法测强结果;

当桥梁结构或构件所用材料与制订的测强曲线所用材料有较大差异时, 可从结构或构件测区钻取部分混凝土芯样, 作芯样抗压强度试验, 修正超声回弹综合法测强结果。

3.2 检测步骤

(1) 应先按前述的要求, 在结构、构件或关键控制部位布置测区, 用超声回弹综合法检测各测区的混凝土换算强度值。然后, 根据测区混凝土换算强度值的标准差, 确定需要钻取芯样数量。

(2) 钻取的芯样数量应符合下列规定:

a 在按构件检测进行检测时, 钻取芯样的数量不应少于 6 个;

b 在按部位检测进行检测时, 钻取芯样的数量不应少于 3 个。

c 芯样钻取、芯样的抗压试验及芯样混凝土换算强度值的计算可参照《钻芯法检测混凝土强度技术规程》(CECS 03) 的各项要求。如果用在桥梁结构次要构件上钻取芯样进行代替时, 应对拟钻芯部位布置测区, 用超声回弹综合法测定其测区混凝土换算强度值。

3.3 混凝土强度的推定

(1) 根据芯样混凝土换算强度值, 可按下列公式计算测区混凝土强度的修正系数

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{f_{cor,i}}{f_{cu,i}^c} \quad (11)$$

式中, η 为修正系数, 精确至 0.01; $f_{cor,i}$ 为第 i 个芯样混凝土换算强度值, 精确至 0.1 MPa; $f_{cu,i}^c$ 为对应于第 i 个芯样部位用回弹法测得的测区混凝土换算强

度值，精确至 0.1 MPa；n 为芯样的个数。

(2) 用修正系数 η 将测区混凝土换算强度进行修正后，即可根据前述超声回弹综合法的有关规定，确定结构、构件或关键控制部位的混凝土强度推定值。

4 结构混凝土现场检测强度的评定标准

结构混凝土强度，应在结构承重构件或其主要受力部位布置测区，选择合适的方法进行测定。

对混凝土桥梁结构，应根据每一承重构件或其主要受力部位的实测强度推定值和测区平均换算强度值，按下式计算其推定强度匀质系数 K_{bt} 和平均强度匀质系数 K_{bm} ，并可按结构混凝土现场检测强度评定标准表对其强度状态做出评定（如表 1 所示）。

(1) 推定强度匀质系数

$$K_{bt} = \frac{R_{it}}{R}$$

(12)

式中， R_{it} 为承重构件或其主要受力部位混凝土的实测强度推定值； R 为承重构件混凝土极限抗压强度设计值。

(2) 平均强度匀质系数

$$K_{bm} = \frac{R_{im}}{R}$$

(13)

式中， R_{im} 为承重构件或其主要受力部位测区平均换算强度值。

(上接第 5 页)

解决大型特殊桥梁的检测评定与加固技术。

(2) 鉴于旧桥养护管理工作是一个永恒的主题，先进的技术支撑是实现旧桥养护管理工作高效、及时和与时俱进的根本。随着我国公路旧桥养护管理工作的加强和深入，新问题、新情况和新要求将会不断涌现，日新月异的科技进步又会给我们提供更好的新材料和新技术。因此，建议在立题全面、深入推广本项目研究成果的同时，采用经本项目证明是行之有效的“采取理论探索与实体工程应用相结合、在研究中推广和在推广应用总结研究”的研究方法，开展公路旧桥检测、评定与加固技术的滚动研究，以实现公路旧桥养护管理工作的不断创新与进步。

(3) 建议立题开展：预应力钢束管道压浆状况、预应力钢筋锈蚀、永存预应力状况检测评估技术，斜拉桥拉索、悬索桥主缆和吊杆、拱桥吊索的锈蚀

表 1 结构混凝土现场检测强度评定标准表
Tab.1 Criteria for concrete intensity evaluation of structure detect

K_{bt}	K_{bm}	强度状态	评定标度值
≥ 0.95	≥ 1.00	良好	1
$0.95 > K_{bt} \geq 0.90$	≥ 0.95	较好	2
$0.90 > K_{bt} \geq 0.80$	≥ 0.90	较差	3
$0.80 > K_{bt} \geq 0.70$	≥ 0.85	差	4
< 0.70	< 0.85	很差	5

5 结论

本文详细介绍了超声-回弹综合法及其结合取芯检测混凝土强度的方法与评定标准，并使之量化，与常用的混凝土旧桥表观损伤、钢筋锈蚀电位、氯离子含量、钢筋分布及保护层厚度、混凝土碳化深度、电阻率、内部缺陷和表层损伤等的检测方法关联，可用于结构或构件的耐久性综合评定，从而进一步进行结构检算与承载能力分析。

参考文献：

[1] 张劲泉. 公路旧桥检测评定与加固技术研究及推广应用 [Z]. 北京: 交通部公路科学研究所.

[2] CECS 03 : 88, 钻芯法检测混凝土强度技术规程[S].

[3] CECS 02 : 2005, 超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程[S].

[4] JGJ/T23- 2001, 回弹法检测混凝土抗压强度技术规程[S].

[5] BS 1881, Methods of testing concrete Part 4 [S].

[6] BS 4408, Recommendations for non- destructive methods of test for concrete [S].

状况检测与安全评估技术等研究。

(4) 深入开展在用桥梁检测评价新技术和桥梁养护新技术的研究，结合我国公路数据库的建设，研究建立桥梁缺陷、病害、损伤图例库，统一桥梁检查评判标准，制定操作性更强、病害评价更量化、易于技术人员掌握的公路桥梁养护质量评定标准。

(5) 研究克服预应力混凝土桥梁开裂与下挠的设计和施工改进技术，加强大桥、特大桥维修加固技术的研究。开展在不中断交通条件下桥梁维修加固关键技术的研究，制订桥梁维修与加固工程质量检评标准和工程交（竣）工验收办法。

(6) 大力开展混凝土桥梁耐久性设计方法、在用旧桥安全可靠度评估与剩余寿命预测评价、混凝土连续梁与连续刚构桥抗剪设计方法、长大混凝土桥混凝土徐变收缩特性等的研究。