

碳化深度对水泥混凝土回弹强度的影响

胡彬

宁夏公路桥梁建设有限公司

[摘要]本文基于省道303汝箕沟口及白芨沟段改建公路施工过程中,经试验检测发现钢筋混凝土构造物在龄期内碳化深度值增长快慢,从而影响采用数显回弹仪最终测定水泥混凝土回弹强度推定值所进行的一项专题研究。本文通过分析该段公路所处地区的环境、气候、水文等多种因素对水泥混凝土碳化深度值的影响,其根本目的在于进一步探究碳化深度与水泥混凝土强度存在之间的关系。

[关键词]水泥混凝土;碳化深度;回弹强度;环境;气候

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2020.02.1424

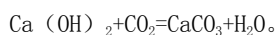
水泥混凝土是广泛应用于基础设施建设包括土木工程、公路工程、市政公用工程等基础性的建筑工程重要的结构材料,其水泥混凝土强度的高低决定了基础设施建设结构的安全性和耐久性。

在工程实际应用中,水泥混凝土的强度评定方法一般有两种:一种是无损检测技术;另一种是对混凝土结构物进行钻取混凝土芯样,通过抗压强度进行检测、分析、评定、总结。因回弹仪在检测过程中,不会对混凝土结构物产生破坏。因此,国内、外最常用的方法是回弹检测检验法。此方法主要在于,设备简单、操作方便、测试迅速,以及检测费用低廉,且不破坏混凝土的正常使用等优点,非常适宜于在实际工程中进行大范围、大批量、大面积的检测、检验、比较、分析。同时,回弹法在实际检测过程中也存在一些不足,首先,利用回弹法检测的结果,反映的是水泥混凝土结构物表面强度,不能较完全反映出其内部的质量,尤其是在混凝土均质性较差的情况下会存在很大的误差,从而使其准确性比抗压强度的偏差大,但由于工作量少,测试迅速方便,仍具有很大的实用价值。

省道303汝箕沟口至白芨沟段改建公路位于贺兰山南麓深处,常年受温带大陆性气候与强山涧风的影响,加之处于全国最优质无烟太西煤产区,外界CO₂含量相较普通地区高,常时间暴漏在空气中,造成水泥混凝土构造物龄期内表面碳化深度值较大。根据《公路路基路面现场测试规程》(JTG 3450—2019)进行的现场试验检测发现,水泥混凝土碳化深度值对回弹强度推定值影响较大,并且随着所测数据的标准差的变化,强度推定值呈现不同的变化趋势。

1、混凝土碳化深度介绍

混凝土碳化,是混凝土可能受到的一种化学性腐蚀,是混凝土中性化的一个过程。具体到微观结构,存在于空气中的CO₂气体通过硬化混凝土表面的微细孔隙渗透到其内部,与其混凝土中的碱性物质如氢氧化钙等起化学反应后生成碳酸盐、水,使混凝土的碱度降低过程理解为混凝土碳化,或称作中性化,其化学反应式为:



在水泥混凝土进行水化反应时会伴随有大量的氢氧化钙等物质的生成,使得存在于混凝土中的微细孔隙中充满了饱和氢氧化钙溶液,其产生的碱性物质对钢筋有着良好的保护作用,在混凝土结构中的钢筋表面生成一层很薄且很致密的Fe₂O₃和Fe₃O₄,称为钝化膜或碱性氧化膜,它能保护钢筋免受腐蚀(即生锈是由水

和氧气引起的)。钢筋表面覆盖着水泥浆,氢氧化钙又正好将水泥浆中的毛细孔隙填充密实,而氢氧化钙饱和溶液的pH=13,因而可以保护钢筋,避免钢筋锈蚀。然而,由于碳化,数年或几十年后,水泥混凝土中的氢氧化钙可能会全部转化为CaCO₃,使混凝土的碱度降低(pH值降至11以下),此时钢筋钝化膜存在条件就没有了。当碳化一旦超过混凝土结构的保护层时,水与空气总是存在的条件下,就会使包裹在钢筋周围的碱性物质失去对钢筋的保护作用,致使结构物内部钢筋会发生生锈现象。由此可以看出混凝土碳化作用一般不会直接引起其混凝土结构性能的劣化。对于素混凝土,碳化还有可能提高混凝土耐久性。但对于钢筋混凝土构件来说,碳化会使混凝土的原有碱度有所降低,并对混凝土结构物中的钢筋保护作用有所减弱。

碳化异常是指应用酚酞试剂法检测混凝土碳化深度时,测得的碳化深度值异常偏高的现象。在省道303汝箕沟口至白芨沟段公路新建工程临期越一个月的混凝土碳化深度可达3mm以上,这种现象的产生根源在于酚酞试剂法并不是通过测量碳化产物(碳酸钙)来判断碳化深度,而是通过测量混凝土中溶液碱度(氧化钙)来间接判断是否碳化,随着混凝土技术不断发展,粉煤灰、矿渣粉、硅粉等掺合料应用到混凝土中,这些掺合料与水泥熟料水化产物(氧化钙)反应,消耗了氧化钙,造成混凝土碱度降低,加之如果混凝土表面养护不好,水化反应不充分,产生氧化钙较少,酚酞是弱有机酸,其在PH值小于8.2的溶液环境中为无色的内酯式结构,呈无色状态,在PH值大于8.2时为红色的醌式结构,呈现出紫红色状态。因混凝土表面酸碱度就接近中性,遇到酚酞溶液就不会变色,采用酚酞试剂法测得的碳化深度值就是异常值。碳化异常现象降低了回弹法检测混凝土强度的准确性,也缩小了回弹法的使用范围。

2、基于回弹法对混凝土强度进行检测的基本原理

在使用HT-225T型数显回弹仪进行现场测试采集到的数据采用控制变量法和因素分析法来对试验结果进行分析、研究,在剖析、研习回弹法基本原理的基础上,对使用回弹法开展混凝土强度评价的主要影响因素进行分析,追溯其影响测量精度的各种原因,包括骨料种类、配合比及碳化深度的影响,以期在实际工程运用中通过严格控制和降低各类影响因素,从而提高混凝土回弹值的测量精度。

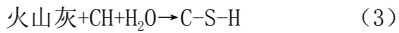
3、原材料对碳化深度产生的影响

水泥、硅灰、粉煤灰、火山灰掺量的影响

(1) 采用矿渣水泥、火山灰水泥配置的混凝土中,(包

括“一次”和“二次”)水化硅酸钙的生成量会更多,水泥浆基体更为密实,孔隙则更少,因而CO₂也不容易被掺入。

(2) 按照反应式:



氢氧化钙会和火山灰及矿渣发生反应,但仍有少量氢氧化钙等存在于混凝土的毛细孔中,它们足以维持氢氧化钙溶液的饱和性溶度;实际上,氢氧化钙在水中的溶解度,约1.5g/L。因此,只需少量氢氧化钙就能保证溶液达到饱和溶度。

(3) 水泥掺量的影响

暴露等级XC3与XC4的最小水灰比,分别为0.55和0.50。而它们最低的混凝土强度等级,却处于同一水平,即30~37MPa。这一矛盾可以解释为,水泥用量不同。XC3与XC4的最低水泥用量分别为280kg/m³、300kg/m³。但是,从混凝土科学与技术基本原理可得知,抗压强度主要取决于水灰比,而与水泥用量无直接关联。

通过对凝结后以及硬化期间的混凝土构件进行扫描电镜观察,会发现在混凝土内部存在一些微毛细孔,一般称这些毛细孔为“毛细管类孔隙”,毛细管类孔隙对材料的强度、耐久性,都会产生或多或少得不利影响:孔隙率越高,渗透性将越高,侵蚀介质就更容易渗入到胶凝体系核心。为了降低毛细管孔隙率,以提高强度和耐久性,在水泥用量总体不变的情况下降低用水量,或者在用水量不变的情况下来增加水泥用量,将都是行之有效的、可以使用的方法。从两种现状及结论来看:水灰比(W/C),都会减小;减小水泥颗粒间的距离,进而使得纤维的网状结构,更为致密。

4、风压对混凝土碳化的影响

本项目地贺兰山深处,宁夏平均海拔高度在1100米~1200米。而本项目所在地海拔高度,较基本海拔高度高出600米~800米,并且地处山大沟深,气温较低,使之所在地常年都存在3至6级风,这些风作用在路基防护工程部位混凝土表面,经过时间的推延、接触频率的累计,这些迎面风的存在既带有一定的风压,又加速了外界CO₂渗透到混凝土构件的深度和时间,从而最终加速混凝土碳化。(1)在大气环境下,不断变化的风压,可以在混凝土构件孔隙内部产生内压力;另外,不断变化的风压较容易形成漩涡,加速了混凝土内外部的气体交换。在结构表面受风的扰动时,在混凝土构件内外也会产生一定的涡旋气流,使得混凝土孔隙内的气体与大气环境交换加快,同时加速混凝土碳化;(2)对混凝土结构内部有壕沟的,受风压作用后,壕沟内必定有风压存在;当结构外部风压作用消失后,内部的风流场并不能马上消失。因此,不管混凝土结构尺寸的大小如何,其壕沟内部面混凝土碳化深度在交替风压下,会比结构外部其他面的碳化深度要大。(3)由风压引起的混凝土结构碳化、渗透作用下,使得后期高强度混凝土碳化深度往往比低强度混凝土要更加明显。

5、混凝土施工技术方面的影响

(一) 混凝土成型中的施工因素。第一,在施工过程中,混凝土若搅拌不均匀或浇筑振捣若不密实,就会导致混凝土内

外不匀质,密实性不足,出现内部空洞、麻面、蜂窝等现象,从而大大降低混凝土抗碳化能力,耐久性下降。第二,混凝土构件拆模过早,导致混凝土表面被拉伤,出现蜂窝麻面、成品损坏、拉裂撕裂,混凝土表面孔隙多了,从而严重影响混凝土抗碳化的能力。第三,浇筑成型后,养护也是一个非常关键的环节。养护方法不当或养护时间不足,尤其是同条件养生无法与标准条件养生相提并论,不仅使混凝土内部毛细孔洞相互连通增多,还使其内部毛细孔洞更粗大,严重时还会引起混凝土表面内部出现裂纹、甚至裂缝,使CO₂更容易渗入到混凝土构件内部,从而再次加速了混凝土的碳化,使得混凝土实体质量进一步恶化。

(二) 混凝土成型后的环境因素。第一,温度。随着温度变高,物质的化学活性将变强,同时CO₂运动渗透也会加快,为其碳化反应提供了更有利的条件,加速了其内部化学反应,提高了碳化恶化速度。第二,湿度。混凝土碳化是一次次液相反应的叠加与裂变。经有关研究表明:特别干燥的混凝土,在相对湿度低于25%时,基本上很难发生碳化反应。当混凝土结构物所处的环境相对湿度高于75%的空气中时,混凝土湿度增高,其混凝土中的孔隙中水也相应增加,CO₂很难渗入,也很难发生碳化反应。当湿度保持在50%~75%的空气中,若混凝土结构物存在不密实时,最容易产生碳化,伴随着风速加快,CO₂流动也更强,混凝土碳化速度自然加快。

6、结语

综上所述,混凝土碳化深度的产生、发展对混凝土强度的形成与影响是一个很复杂的系统过程,本文从最基本的原理与概念出发,剖析对产生的影响予以综述。根据上述各项分析及试验,可得出以下结论:

(1) 混凝土的碳化,是在成型混凝土构件的过程中,随着混凝土龄期增加,水化反应不断减弱,混凝土内部孔隙逐渐减少,气体向混凝土内部孔隙扩散减少,溶于混凝土的孔隙水转化成为碳酸,再与水泥水化产物等发生反应的复杂的物理化学过程。对混凝土碳化产生影响的因素常见有水泥种类、水化物含量、混凝土密实度、水灰比等内部因素和气体的浓度、环境、压力、湿度、试件含水率等外部因素。

(2) 气体的浓度越高,气体覆盖混凝土构件表面的压力将越大,碳化速度就越快。试件的含水率越大,碳化进展会越缓慢。

(3) 通过试验数据分析及查阅资料,一旦掌握了风对混凝土碳化的影响规律,不断完善风加速对混凝土结构物碳化相关理论,尽可能减少外界环境中各类有害物质对混凝土结构物的侵蚀,将使混凝土结构设计年限与使用年限更久,对实际工程具有重要的、一定的经济价值。

参考文献:

[1] 朱玉佼.回弹法检测非浇筑侧面泵送混凝土构件试验研究[D].河北工业大学,2017.

[2] 倪永强.混凝土检测中存在的影响因素及质量控制[J].商品与质量.2017,(5).