

上海地区水淬渣桥梁的病害特征分析

张 澎 涛

(上海市市政工程研究院, 上海 200030)

摘 要:该文对水淬渣桥梁的病害进行了比较详细的调查和总结,并对病害产生的原因作了比较深入的分析研究,为该类型桥梁的病害整治以及养护管理指明了方向。

关键词:桥梁;水淬渣;碳化;钢筋锈蚀;上海市

中图分类号:U445.71 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2005)01-0047-04

1 概述

水淬渣是水淬碱性化铁炉渣的简称,是一种表面粗糙多孔,质地轻脆,容易破碎的粒状渣。试验证明:水淬化铁炉渣可以在掺加少量石膏或石灰类激发剂(化学活化)或通过湿碾或干磨(机械活化)条件下,生成水硬性的胶凝物质,从而产生强度,并能随龄期而增长。水淬渣可以用在工程中也就是利用了这个特性。桥梁中应用的是湿碾水渣混凝土——是将潮湿状态的水渣掺加一定量的激发剂,置于轮碾机中碾磨而成的一种混合料,通过轮碾机的破碎、摩擦、挤压及拌和等机械作用,形成具有一定级配的密致的胶凝材料。水淬渣主要用于上部结构,因此,这里所说的水淬渣桥梁均指上部结构为水淬渣梁的桥梁,这里叙述的桥梁病害特征是指水淬渣桥梁。

1967 年初,上海市下达了“钢渣制建筑材料”的

重点研究课题。到 1968 年底,不仅建造了全部采用水淬化铁炉渣湿碾混凝土厂房和市政工程的预制构件,而且建造了水淬渣混凝土的试验桥梁,为水淬渣在市政工程中的应用奠定了基础。之后,水淬渣混凝土桥梁陆续在全市的一些区县修建,图 1 为对全市的水淬渣桥梁进行统计的结果。当时建造的桥梁的结构形式共有五种结构形式,各种结构形式所占的比例见表 1。

表 1 各种结构形式所占的比例

结构形式	空心板梁	工字梁	矩形梁	箱形梁	槽形梁
所占比例	20%	57%	15%	7%	1%

由于水淬渣桥梁是当时特定历史条件下的产物,随着使用年限的到来,水淬渣桥梁的缺陷也逐渐显现出来,为此,作者对现在的一些水淬渣桥梁进行了调查,这次调查的桥梁均为预应力水淬渣混凝土简支梁,而且大部分是工字梁,本文就这类桥梁的病害特征作一介绍。

2 水淬渣桥梁的病害表现

2.1 水淬渣的分层剥离与主梁钢筋露筋锈蚀

明显的,具有加固、卸载及减小结构内力的作用,值得更广泛地推广应用。

(2)由于旧桥加固的许多不确定性,设计与施工应充分沟通,在体外束张拉时实施现场监控,确保结构受压区不出现拉应力,这一点非常必要,边张拉边监控的方法值得推广。

(3)从体外束设计到施工仍有若干问题值得研究:
a)关于体外束作为结构拉杆的设计应用以及其在挠度计算中的取值问题。

b)体外束分批张拉引起自身预应力损失以及原有预应力损失的问题。

c)在对结构各部位应力应变以及挠度进行监控过程中,温度变化的影响系数问题。

收稿日期:2004-10-10

作者简介:张澎涛(1964-),男,上海人,硕士,教授级高工,副院长,从事桥梁设计检测工作。

(2)动载试验结果:实测结构振动基频为 2.0508Hz,理论计算值为 1.9842 Hz,实测略大于理论值。

(3)结论:动静载试验结果表明,T 构箱梁加固后,结构整体性能、动态性能均能达到预期的目的,尤其是悬臂箱梁的挠度远小于《桥规》规定的 L/300 mm,说明加固后整体刚度有了大幅度的提高,达到了汽超-20,挂-120 的设计荷载等级。

6 结束语

(1)从紫泥大桥主跨 T 构的加固结构可知,用体外束加固 T 形刚构是非常有效的措施,体外束在给予箱梁预加应力的同时,其作为拉杆的作用也是

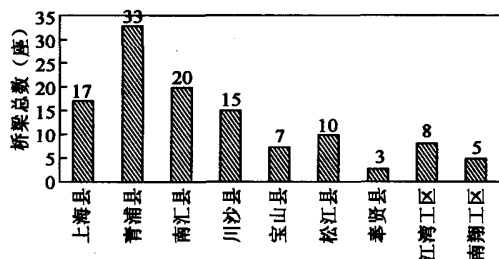


图1 水淬渣桥梁的分布情况图

对所调查的水淬渣混凝土桥梁,无一例外地都发现水淬渣的分层剥离与主梁钢筋露筋锈蚀现象。水淬渣的分层剥离是由于钢筋锈蚀,两者密切相关,由于钢锈蚀后产生铁锈的体积约为钢体积的 2.5 倍,因此包裹在钢筋外面的保护层由于钢筋体积(钢筋+锈的体积)的膨胀而开裂。图 2、图 3 分别为工字梁、空心板露筋情况。从现场调查发现无论是工字梁还是空心板梁,桥梁两侧边梁露筋现象都比较严重,不仅侧面露筋,而且梁底也露筋。有的纵向钢筋已经锈断,严重影响了结构的安全性能。从照片中可以看出不仅箍筋外露锈蚀,而且纵向预应力钢筋也外露锈蚀,经测试梁底主筋锈蚀面积最严重的已达 30%~40%。由于钢筋保护层的剥落,预应力钢筋锈蚀,这样预应力筋将失去与水淬渣的握固,这对预应力梁来讲,意味着这根预应力筋失效,或者预应力筋成为无粘结预应力筋,从而影响主梁的承载能力,造成主梁的承载能力下降和破坏形式的改变。若预应力筋的永存应力不变,由于预应力筋的锈蚀,预应力筋的实际面积缩小,预应力筋内的应力将增加,导致预应力钢筋崩断。

2.2 主梁竖向裂缝

根据对 6 座主梁为工字梁的水淬渣桥的调查发现,主梁的竖向裂缝主要发生在工字梁的上翼缘,裂缝由上缘向下沿腹板发展,见图 4。裂缝间距大部分在 20 cm 左右,大部分梁的裂缝主要分布在 1/4~3/4 跨范围,也有几座桥几乎全跨分布,裂缝宽度

大部分在 0.15 mm 左右,个别裂缝宽度达 0.32 mm。由于梁高不同,裂缝的长度也差别较大,最长的裂缝已达腹板与下缘翼板的交界处。这些裂缝的产生主要是由于预制工字梁是预应力构件,梁底预应力产生的预弯矩使得预制梁的上缘受拉,产生的拉应力超过了水淬渣的抗拉强度。

对 3 座主梁为空心板梁的水淬渣桥的调查发现,主梁的底面有贯穿梁底的裂缝,梁底有漏水,说明裂缝深度已贯穿底板。最大裂缝宽度达 0.26 mm,已超出规范规定的极限宽度。对预应力梁,按规范是不能出现裂缝的,这些主梁梁底出现裂缝,说明空心板梁的预应力严重不足,这会导致板梁工作状态的改变与耐久性的下降。

2.3 主梁水平裂缝

水平裂缝主要发生在工字梁腹板与上缘的交界处。水平裂缝长度 110~560 cm 不等,裂缝宽度在 0.09~1.25 mm 不等,大部分梁上缘水平裂缝分布在 1/4~3/4 跨范围之内。水平裂缝产生的原因主要是由于收缩引起。

2.4 水淬渣发酥

这次调查发现许多主梁的水淬渣有起酥现象,所谓起酥就是水淬渣变成粉末状,用手指可以抠下来,严重的只要用手抹一下水淬渣就掉下来。起酥现象在桥梁的两侧边梁特别严重,这与两侧边梁所处的环境比较恶劣有关。

2.5 主梁支点斜裂缝

斜裂缝主要发生在工字梁梁端。端部斜裂缝自腹板与下翼缘的交界处沿跨径方向斜向上延伸到工字梁上缘,约呈 40°~60°角。斜裂缝宽度约为 0.10~0.20 mm,斜裂缝的间距 10~35 cm 左右。很明显斜裂缝的产生是主梁抗主拉应力强度不足引起的。

3 病害产生的原因分析

3.1 水淬渣的碳化导致钢筋锈蚀与保护层剥离

引起钢筋锈蚀的一个主要原因是水淬渣的碳



(a) 工字梁侧面露筋



(b) 工字梁梁底露筋



(c) 工字梁下缘分层

图2 工字梁露筋与水淬渣分层

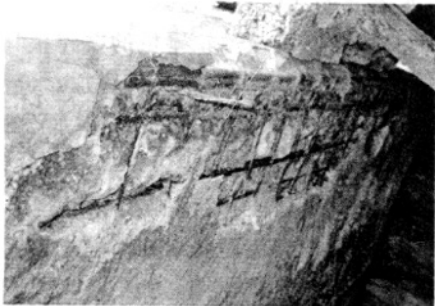


图3 空心板梁底露筋

化。通常情况下由于混凝土中的水泥呈弱碱性,在钢筋表面形成具有防锈作用的“钝化膜”,即所谓对钢筋的“碱性保护”,随着桥梁使用年代的增加,由于混凝土存在毛细孔和微孔隙,空气中的 CO_2 和水分由毛细孔和微孔隙渗透进入混凝土内部与混凝土中的碱性成份发生化学反应,混凝土逐渐失去碱性成份。这个过程称为混凝土的碳化。一旦碳化深度达到或超过钢筋的保护层厚度,钢筋表面就不能形成“钝化膜”,混凝土失去对钢筋的保护作用,当外界的水分和腐蚀性物质通过混凝土的毛细孔和微孔隙渗透进入混凝土内部到达钢筋表面时,与钢筋的主要成份铁发生化学反应生成铁锈,表现出来就是钢筋锈蚀。

同样,水淬渣桥梁也存在碳化,而且碳化也是发生钢筋锈蚀与分层剥离的主要原因。因此,碳化是影响桥梁耐久性的重要因素。为了研究水淬渣桥梁碳化严重的原因,对南汇区其中 6 座水淬渣桥梁进行钻心取样,每座桥梁分别对边梁和中梁进行取样,取样位置在工字梁的腹板处。

对所取芯样进行碳化深度测定,边梁和中梁碳化深度见表 2。从平均碳化深度可以看出六灶港桥的碳化深度最大达 47.5 mm。从桥梁碳化深度与使用年份的对应关系进行比较,看来两者的关系不是非常直接。从总体情况分析,边梁的碳化深度比中梁大,这与边梁直接承受风吹雨淋等恶劣气候有关。

水淬渣桥梁的碳化严重与水淬渣的抗渗性能较差有密切关系,为了证明这一点,我们对所取的芯样进行氯离子扩散测定,对每个样本分两边和当中 3 段进行测定,6 组样本的电量法氯离子扩散测定结果见表 3。

电量越大说明混凝土的抗渗性能越差,从测定的结果可以看出,六灶港桥、团东港桥、内港河桥等桥的抗渗性能较差,碳化深度的测定结果也说明这一点。同时,可以发现,同一芯样中段的抗渗性能比



图4 梁上缘竖向裂缝

两侧的好。若认为中段与两侧水淬渣混凝土的抗渗性能在建造时是一样的,那么,可以认为水淬渣混凝土的碳化使得混凝土的抗渗性能变差,抗渗性能的变差又加速水淬渣混凝土的碳化。

表 2 边梁和中梁碳化深度(mm)

桥 名	边梁			中梁			建造年份
	外侧	内侧	平均	外侧	内侧	平均	
焙灶港桥	10 (外侧剥落)	20	20	30	25	27.5	1977
五灶港桥	5 (外侧剥落)	31	31	33.5	32.5	33	1977
医院桥	30	25	27.5	24	18	21	1971
六灶港桥	46	45	45.5	50	5	47.5	1977
团东港桥	10 (外侧剥落)	41.5	41.5	36.5	39	37.8	1973
内港河桥	30	25	27.5	24	18	21	1977

表 3 电量法氯离子扩散测定结果

桥 名	边梁			中梁		
	内侧	中段	外侧	内侧	中段	外侧
焙灶港桥	3891	3180	3711	4012	3980	4113
五灶港桥	3972	3002	3801	3012	2352	3173
医院桥	2712	1956	3113	2673	1750	2010
六灶港桥	3873	2352	4012	4213	1986	4117
团东港桥	4112	3230	3986	3172	2873	3541
内港河桥	4051	3622	4102	3773	3231	4012

影响碳化深度的因素有多种,抗渗性能仅仅是一个方面,其它如大气成份、空气湿度、温度等都有关系。另外,这些桥梁的上部构造不当也加重了边梁的碳化,由于桥面没有设置泄水管和滴水沿,桥面雨水直接流向梁的侧面,两侧边梁直接遭受雨水的侵害,加剧了边梁病害的发生。

3.2 预应力损失引起板梁梁底裂缝

对水淬渣空心板梁底面贯穿的横向裂缝,是板梁受弯引起的,对全预应力梁是不应该出现裂缝的。裂缝的出现说明空心板梁的预应力度不足,这直接导致板梁工作状态的改变与耐久性的下降。空心板梁预应力不足与水淬渣的材料特性有关,水淬渣的收缩与徐变比普通混凝土大,图 5 为水淬渣混凝土与普通混凝土的徐变系数随龄期增长的曲线图。其

中普通混凝土徐变系数的计算方法按现行《公路桥涵设计规范》的公式,构件的尺寸与水淬渣混凝土的试件相同,养护条件及加载龄期也一样。从实测的结果与理论计算的比较可以发现,水淬渣混凝土的徐变系数比我们现在所用的普通混凝土徐变系数大。

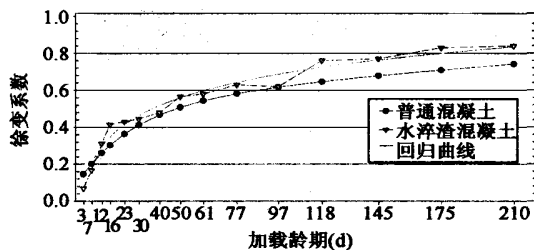


图 5 水淬渣混凝土与普通混凝土徐变系数曲线

由此而引起的预应力损失约为控制张拉应力的 19% 左右。比相同截面尺寸的普通混凝土预应力梁由收缩徐变所产生的预应力损失大约 28%。由此而引起的问题是,若水淬渣混凝土预应力结构按普通混凝土预应力构件设计,会导致预应力损失估计不足,使得结构的实际预应力比设计的小,或者说理论上全是预应力结构而实际上可能是部分预应力结构,这一点在许多水淬渣混凝土预应力梁所发现的横向裂缝中得到了印证。

3.3 抗主拉应力强度不足引起端部斜裂缝

工字梁端部斜裂缝很明显是抗主拉应力强度不足引起的。这与工字梁的设计不合理有关,查阅了有关的设计图,发现在梁的端部既没有弯起的预应力筋,也没有弯起的普通钢筋,预应力筋提供的纵向压应力,由于预应力损失较大在端部可以忽略不计,而在腹板处只有箍筋和 2 根纵向钢筋,主拉应力的承担全依赖数量不多的非预应力筋和水淬渣来承担。加上工字梁与桥面是组合结构,当与桥面结合不好时就成了叠合结构,降低了梁的抗剪性能。这样工字梁在端部出现较多的斜裂缝也就不足为奇了。

3.4 水淬渣的活性导致起酥

水渣和激发剂通过轮碾机的破碎、摩擦、挤压及拌和等机械作用,比表面积大大增加,水渣表面活化膜不断剥落,并生成新的活化膜,增加了胶凝物质;同时颗粒级配得到改善,在激发剂与水的作用下,水渣的活性得以充分发挥,形成具有一定级配的密致的胶凝材料。一旦包裹在水淬渣颗粒表面的活化膜遭到破坏就失去胶凝作用,这就使得原来的胶凝状态变为离散状态,即水淬渣的起酥现象,由于桥梁边梁遭受的环境比较恶劣,所以边梁起酥现象也比较严重。

4 结论

本文对水淬渣桥梁的病害特征和产生的原因作了比较深入的研究,水淬渣桥梁的病害很大程度上是由其内在因素所致。通过上述分析,水淬渣桥梁的病害特征可以归纳为以下几点:

(1) 水淬渣桥梁的碳化程度相当严重,碳化深度最深达 50 mm,所有桥梁的碳化深度均超过主筋保护层,严重影响了结构的耐久性。

(2) 水淬渣混凝土的抗渗性能差是水淬渣碳化严重的一个主要原因。

(3) 主梁的预应力筋锈蚀相当严重,尤其是桥梁两侧的边梁更加严重,水淬渣混凝土的碳化是导致预应力筋锈蚀的直接原因。预应力筋的锈蚀意味着主梁预应力的丧失,这会导致主梁承载能力的严重下降甚至完全丧失,从而发生突然塌桥事故。

(4) 构造设计的缺陷也加重了桥梁病害的发展。

通过上述分析,根据水淬渣桥梁目前的使用状况,为了避免桥梁安全事故的发生,应加强日常巡查,并根据病害的轻重缓急着手安排改造或新建计划。对内梁尚无重大损坏而仅仅边梁损坏严重的桥梁可更换边梁,若边梁仅有局部损坏,则进行修补养护可继续使用。

上海交通管理部门提出城市公交车辆发展目标

根据上海市城市交通白皮书提出的要求,至 2008 年,在公交车总量控制的前提下,针对公交车容车貌存在的问题,结合公交企业当前的实际状况,着眼于建立完善的长效管理机制:一是小车换大车,将中巴车全部置换成大客车;二是提高车辆档次,通过经济政策等手段,大力发展“大容量、高科技、低排放、舒适化”的新型公交车。今后几年将进一步加快发展高等级空调车,至 2007 年,外环线以内空调车所占比例达到 70%、全行业达到 50%,2010 年外环线以内空调车所占比例达到 100%、全行业达到 70%。