

新洋港闸混凝土结构安全检测与分析

蒋林华 刘大智 戴连元 肖玉明

(河海大学土木工程学院 南京 210098)

摘要 按照国家有关规程对新洋港闸混凝土结构进行了安全检测,检测分普测和重点检测二步进行,先测混凝土的裂缝和外观缺陷情况,在此基础上,再选择两孔,重点检测混凝土的强度、碳化深度、氯离子含量、钢筋锈蚀率和裂缝分布情况,检测结果表明,强度接近设计标号,碳化深度较大,顺筋裂缝较多,需要进行处理,文章还提出了病害处理的建议。

关键词 闸;混凝土结构;安全检测

港闸

新洋港闸建成于 1957 年 5 月,共 17 孔,其中 1 孔为通航孔,宽 11.84 m;其余 16 孔为挡潮孔,每孔净宽 10.0 m,闸墩上设 4.9 m 宽工作桥,7.0 m 宽公路桥和 1.5 m 宽插板便桥,闸门门顶接做胸墙至▽8.0 m。两岸岸墙及上下游翼墙均采用空箱式结构,闸底板、闸墩、胸墙等主要部位的混凝土标号为 140 级,主要使用了硅酸盐水泥和火山灰水泥,部分混凝土掺用了混合材料凝灰岩。

该闸已运行了 40 年,工程老化现象严重,闸身混凝土结构普遍存有碳化、氯离子侵蚀等病害,局部露筋锈蚀,虽然其间进行了局部修补处理,但修补效果并不理想,补处和未补处又陆续产生了顺筋裂缝。为做好该闸除险加固工作,受盐城市水利局工程管理处委托,我们于 1997 年 4 月 25 日至 5 月 2 日对该工程进行了安全检测。

1 检测方案与测试依据

1.1 检测方案

新洋港闸的混凝土结构安全检测工作分两步进行,先对混凝土结构进行普测,再根据普测结果,选择破坏较严重的两孔进行重点检测,普测范围为 17 孔,部位有工作桥、公路桥、闸墩、胸墙、工作便桥以及空箱岸、翼墙。普测内容为混凝土裂缝和外观缺陷,重点检测两孔的部位有胸墙、工作桥、公路桥、闸墩和工作便桥,检测内容有混凝土强度、碳化深度、氯离子含量、钢筋锈蚀率、裂缝分布和裂缝的长度、宽度及深度。

1.2 资料和检测依据

检测工作主要按照以下的标准和资料进行:

- ① DB32/P(JG)002—92《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》;
- ② SD 105—82《水工混凝土试验规程》;
- ③ GB 50204—92《混凝土结构工程施工及验收规范》;
- ④ SD 207—82《水工混凝土施工规范》。

检测前还查阅了新洋港闸的竣工图纸和有关资料。

2 检测结果

2.1 普测结果

2.1.1 工作桥

新洋港闸工作桥大梁每孔净跨 10 m,高 0.7 m,其裂缝多为竖向缝及靠近梁底的顺筋缝,其中竖向缝绝大部分为宽度小于 0.3 mm 的表层裂缝,对钢筋锈蚀无影响,顺筋缝一般为钢筋锈胀引起的裂缝,长度在 30~700 cm,宽度在 0.5~7.0 mm,每孔裂缝的数量不等。

2.1.2 公路桥

新洋港闸公路桥大梁每孔净跨 10 m,高 1.1 m,其裂缝情况与工作桥相似,局部有胀鼓和剥蚀露筋现象。

2.1.3 便桥

新洋港闸的工作便桥为插板式便桥,大梁高 0.6 m,宽 0.3 m,绝大部分梁病害相当严重,存在较多的顺筋裂缝,不少裂缝的宽度在 5 mm 以上,特别是下游梁的下游一侧,胀鼓剥落严重,不少地方露筋锈蚀。

2.1.4 胸墙

胸墙的裂缝主要发生在胸墙顶、胸墙上部以及上游的上、中、下梁,绝大部分为顺筋裂缝,有的经修补后又开裂,其中 4 号孔等 3 孔的顺筋裂缝长达 8 m

以上,最大裂缝宽度达 10 mm,部分孔下游侧下部发生局部露筋甚至钢筋锈断。

2.1.5 闸墩

闸墩外观基本完好,但部分闸墩在弧形门支座附近有裂缝或混凝土胀鼓现象,在门槽附近有长 1 m 左右的顺槽裂缝。

2.1.6 空箱岸、翼墙

空箱岸、翼墙有许多竖向裂缝,长度在 0.3 ~ 2.0 m 不等,宽度一般在 1 ~ 5 mm,这些裂缝的水下延伸情况因条件限制没有检查。

2.2 重点检测结果

根据普测结果,我们选择 12 号和 16 号两孔进行重点检测,对 12 号和 16 号孔的公路桥大梁等采用回弹仪进行无损检测并钻取了芯样,结果见表 1。

表 1 混凝土强度测试结果

结构部位	测区数	m_{fcu}^c /MPa	s_{fcu}^c /MPa	$f_{cu,1}$ /MPa	$f_{cu,2}$ /MPa	$f_{cu,3}$ /MPa ^①	试块强度 /MPa ^②
两孔公路桥纵梁	10	21.3	1.362	21.7	22.0	21.7	12.8~23.9
两孔便桥大梁	10	22.3	2.183	21.3	21.1	21.1	—
12 号孔胸墙	20	25.1	4.220	20.7	23.1	20.7	17.4~22.4
12 号孔闸墩	12	24.1	3.376	21.1	22.8	21.1	11.5~31.7
12 号孔工作桥纵梁	10	22.1	1.575	22.2	22.0	22.0	13.2~23.4
16 号孔胸墙	20	23.6	2.328	22.5	23.4	22.5	17.4~22.4
16 号孔闸墩	12	21.6	2.505	19.9	19.8	19.8	11.5~31.7

注:①强度推定值;②28~90 d 龄期。

两孔闸身各部位混凝土碳化深度、钢筋锈蚀率、混凝土中总氯离子含量检测结果分别见表 2~4。

表 2 混凝土碳化深度 mm

结构部位	设计保护层厚度	碳化深度		
		平均值	最大值	最小值
两孔公路桥纵梁	30	59.0	63.0	55.0
两孔便桥大梁	—	40.0	47.0	35.0
12 号孔胸墙	50	38.8	61.0	18.0
12 号孔闸墩	60	37.0	50.0	21.0
12 号孔工作桥纵梁	35	52.8	59.0	43.0
16 号孔胸墙	50	43.8	52.0	35.0
16 号孔闸墩	60	57.3	72.0	40.0

表 3 钢筋锈蚀率

结构部位	钢筋锈蚀情况		
	原直径/mm	除锈后直径/mm	断面锈蚀率/%
公路桥纵梁	25	22.0	22.6
	10	9.0	19.0
便桥大梁	12	5.0	82.6
	8	7.5	12.1
胸 墙	32	31.5	3.1
	10	9.3	13.5
工作桥纵梁	32	28.5	21.0
	12	11.0	16.0

3 结果分析^[1,2]

水工钢筋混凝土结构中,钢筋腐蚀的原因主要

表 4 混凝土中氯离子含量

结构部位	氯离子含量/(%占水泥重量)
公路桥大梁	0.21
工作桥大梁	0.16
工作便桥大梁	0.40
胸 墙	0.23
闸 墩	0.15

有两方面:①由于混凝土遭受空气中 CO₂ 的侵蚀,使混凝土中碱度降低形成碳化,当混凝土的碳化深度达到保护层的厚度时,就会使钢筋表面原有的钝化膜破坏,这时钢筋在水和氧的作用下,产生电化学腐蚀,从而造成钢筋锈蚀;②由于水工钢筋混凝土建筑物受到海水、海风、盐雾中氯离子的侵入,或者是钢筋混凝土结构中掺入了带有氯离子的外加剂等原因,氯离子是钢筋锈蚀的强烈活化剂,当混凝土中氯离子含量达到水泥重量的 0.4% 时,钢筋即开始锈蚀。钢筋混凝土结构中钢筋发生锈蚀后会产生体积膨胀,膨胀量约为 2~4 倍,此时混凝土中将产生很大的膨胀应力,从而将钢筋外面的混凝土保护层胀裂,形成沿钢筋长度方向的顺筋裂缝,裂缝的出现又使空气中 CO₂, O₂, H₂O 更易进入混凝土内部,这会加速混凝土的碳化和钢筋的锈蚀。从检测结果来看,新洋港闸混凝土结构中钢筋锈蚀的原因两方面兼而有之,但主要原因是碳化深度达到混凝土保护层引起的,因为大部分混凝土中氯离子含量低于 0.4%。

混凝土的碳化是伴随着 CO₂ 气体向混凝土内部扩散,溶解于混凝土孔隙内的水,再与各水化产物发生碳化反应的一个复杂的物理化学过程。CO₂ 气体的扩散速度与混凝土的碳化反应能力和本身的密实性有关。修建新洋港闸时,受到各种客观条件的限制,水泥主要采用了 400# 火山灰水泥和 500# 硅酸盐水泥,大部分混凝土中掺用了 10% 以上的凝灰岩混合材料,混凝土的水灰比一般为 0.65 和 0.70。由于火山灰水泥的抗碳化性能差,混凝土的水灰比较大,再加上掺用了 10% 以上的混合材料及混凝土在冬季施工,因此混凝土的碳化速度较快。

工作便桥的最大钢筋锈蚀率达到 80% 以上,是因为便桥处在靠海的最下游,所用的混凝土与其它部位的混凝土不同。本次检测结果表明,便桥混凝土不但碳化深度大,而且混凝土中氯离子含量也高,达到 0.40%。因此,便桥混凝土中的钢筋锈蚀比较严重。

从本次检测结果来看,混凝土的实测强度在 15 ~ 24 MPa,达到了设计标号。

4 结论及病害处理建议

4.1 结论

a. 新洋港闸工作桥和公路桥的混凝土碳化严重,平均碳化深度已超过混凝土保护层甚多,两桥大梁存在因钢筋锈胀而引起的顺筋裂缝,胀裂处钢筋的断面锈蚀率在 11.7%~22.6%。两桥的混凝土强度接近设计标号,混凝土中氯离子含量为 0.16%~0.21%。

b. 新洋港闸工作便桥混凝土碳化深度较大,氯离子含量也较高,尽管大梁未裂处的混凝土强度仍接近于混凝土设计标号,但顺筋裂缝较多,混凝土胀鼓、剥落、露筋现象严重,钢筋的最大断面锈蚀率达到 82.6%。

c. 胸墙的裂缝主要发生在胸墙顶、上部以及上游的上、中、下梁,绝大部分为顺筋裂缝,混凝土强度接近设计标号,碳化深度已接近保护层厚度,个别地方已超过保护层厚度。局部地方因施工引起的保护层厚度不足,出现了露筋甚至钢筋锈断现象。

d. 闸墩虽然碳化深度较大,氯离子含量也较高,但混凝土保护层大,外观基本完好,强度也接近设计标号。

4.2 建议^[2,3]

a. 对锈蚀严重的部位及顺筋裂缝处,应除去混凝土保护层,钢筋彻底除锈,采用喷射混凝土或聚合物水泥砂浆、聚合物水泥混凝土进行修补加固,加固时应核算承载力以决定要否补筋。

b. 修补加固后进行整体密封防护。

c. 小型构件如启闭机座、盖板及病害严重且更换方便的构件如工作便桥可采取全部更换的措施。

d. 闸墩等外观基本完好,强度接近设计标号,但碳化深度已接近混凝土保护层的构件或部位,应进行整体密封处理,局部进行修补加固。

e. 空箱岸、翼墙建议在清除空箱内淤泥后,作进一步检测,以便提出全面合理的处理方案。

参考文献

- 1 蒋林华. 第三届全国水工混凝土学术讨论会综述. 河海大学科技情报, 1990, 10(2): 90~95
- 2 吴中伟. 混凝土耐久性综合症及其防治. 混凝土, 1991(4): 4~7
- 3 Alexander M V. Some durability considerations for evaluating and repairing concrete structures. Concrete International, 1993, 15(3): 29~35

(收稿日期: 1997-10-24 编辑: 熊水斌)

·新书推荐·

《现代个人无线通信系统》翻译出版

《现代个人无线通信系统》的主要编著为英国斯旺西威尔士大学的 R·C·马卡里奥教授, 于 1996 年由(英国)迈克尔·法拉弟出版社出版。本书经英国电气工程师协会授权翻译出版, 该书系河海大学常州分校桑晓峰副教授翻译, 杨学泉副研究馆员审校。河海大学出版社于 1998 年 7 月独家翻译出版, 全书共 29.2 万字。

《现代个人无线通信系统》是在《个人和移动通信系统》教科书的基础上, 由世界上多位从事现代个人通信系统技术与策略研究的知名学者合作编著而成, 是一本通俗易懂的新型教科书。本译著分为 13 章, 从现代个人无线通信系统的基本要求和服 务出发, 对无线覆盖的预测、调制与抗多径衰落、专用无线通信系统、蜂窝无线规划等作了较为详细的介绍, 特别是结合 GSM 系统着重阐述了蜂窝结构和信令、网络管理与对策、微蜂窝网以及补充业务, 并对 CDMA 及卫星移动通信网的发展作了扼要介绍。该书内容新颖翔实, 论述简洁, 要领清晰, 实用性强, 为个人无线电话技术的主要方面提供了理论基础。本书不但可作为高等院校通信及信息工程专业的教材, 而且对从事通信技术教学、研究、开发及运行管理的科技人员亦具有较高的参考价值。

(杨学泉供稿)

·简讯·

国际水力学研究协会第 28 届大会

国际水力学研究协会(IAHR)属国际技术协会联合会(UITA), 每两年召开一次大会, 第 28 届大会将于 1999 年 8 月 22~27 日在奥地利格拉兹市召开, 主题是“跨世纪水资源可持续性管理的水利工程”。在大会期间同时召开纪念杰出水利学家 Philipp Forchheimer(1852~1933)和 Armin Schoklitsch(1888~1968)学术讨论会。著名的捷克水利学家 Armin Schoklitsch 教授的巨著《水利工程学》曾于 1951 年 2 月由汪胡桢教授等译成中文, 分五大册出版, 呈献给李仪祉先生作为纪念。《水利工程学》原书为德文版, 中文转译自 L.G. Straub 和 S. Shulits 教授的英译版。

IAHR 等 28 届大会的论题有: ①地表浅层水力学和工程; ②水工建筑物; ③水资源模拟和管理中的信息技术; ④易受破坏环境中水利与生态的相互作用; ⑤水流系统——过程、功能和管理。

(图书馆 许平供稿)