



海安双线船闸施工监测与分析

富 坤, 王其标, 卓 杨

(中交上海港湾工程设计研究院有限公司, 上海 200032)

摘要: 通过对海安双线船闸闸首施工过程中结构受力敏感部位和关键点的控制指标进行监测, 保证施工的安全性, 检查施工过程的合理性。监测结果表明: 双线施工及底板分块施工对该块影响较大, 对其他施工块的影响很小, 底板下地基应力、底板沉降和结构应力随时间总体变化趋势相似。施工过程中, 结构应力维持在较小范围内, 满足规范和施工要求。

关键词: 双线船闸; 施工顺序; 监测; 控制指标

中图分类号: U 641.6⁺2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)03-0172-05

Monitor and analysis of double-line ship lock project in Hai'an

FU Kun, WANG Qi-biao, ZHUO Yang

(Shanghai Harbor Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: To assure the safety and reasonability of double-line ship lock project construction process in Hai'an, we monitor several control indices of sensitive parts and key location of the lock head. The results show that the blocked construction has a greater impact on the constructing block and less on others. Control indices including the structure settlement, soil pressure and structure stress have similar variation tendency. The structure stress fluctuates within a small scope, which satisfies the requirement of the construction code.

Keywords: double-line ship lock; construction sequence; monitor; control index

1 工程概述

新建的海安船闸位于南通市海安县境内, 是沟通长江和淮河水系的交通要道, 为江海联动开发提供便捷的集疏运通道。海安船闸采用双线 230 m × 23 m × 4.0 m (闸室长 × 口门宽 × 门槛水深), 两线船闸中心距为 60 m, 闸首之间净距 6.0 m。航道全线按三级标准双线航道整治, 为Ⅲ级通航建筑物。

海安船闸上、下闸首采用整体刚度大、抗震性能好的钢筋混凝土坞式结构。上、下闸首宽度为 53.8 m, 长度为 28.5 m, 底板厚 2.6 m。输水廊道进口断面尺寸为 3.5 m × 3.0 m, 出口段 2.5 m × 3.0 m, 构造见图 1。根据行业规范规定^[1], 沿船闸长度方向设沉降-伸缩缝, 间距(15 + 10 × 20 + 15)m。

2 监测点布置

为保证船闸施工的安全性和检查施工过程的合理性, 往往需要对船闸关键部位的沉降、地基应力、结构应力等控制指标进行监测^[2-6], 及时分析整理观测数据, 处理异常情况, 指导船闸顺利施工。特别是双线船闸施工是一个非常复杂的过程, 施工工艺和施工顺序都会影响周围土体和船闸结构的受力状态和变形。为减少地基产生不均匀沉降及边墩后回填土对结构物的影响, 海安船闸分块浇筑并预留施工宽缝, 采用分层、分块施工工艺。施工过程中对上闸首沉降、地基应力和结构应力进行监测。为了方便表述, 将两施工宽缝之间部分记为中板, 宽缝东、西两侧靠近船闸中心线部分记为东 1、西 1, 另一侧记为东 2、西 2(图 2)。

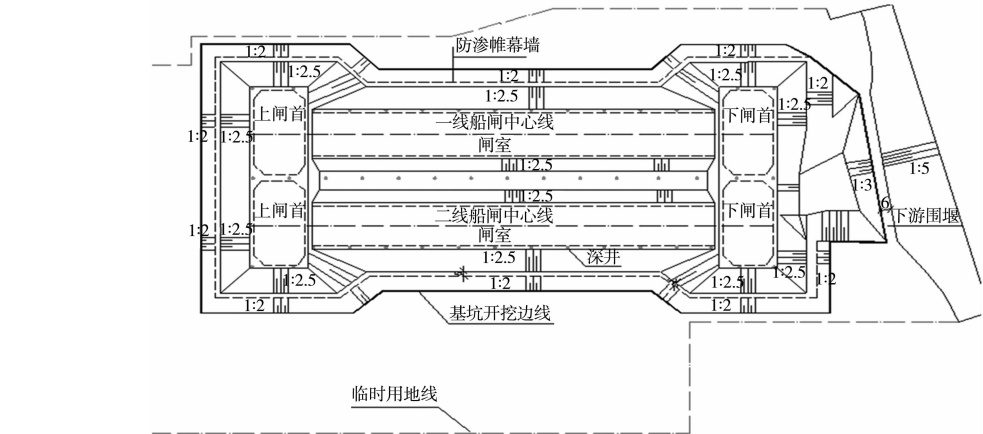


图 1 海安双线船闸平面图



图 2 闸首底板测点布置

2.1 沉降监测点布置

沉降观测采用水准仪观测，基准点选择在坑外不动处，精度按照国家二等水准测量要求进行。

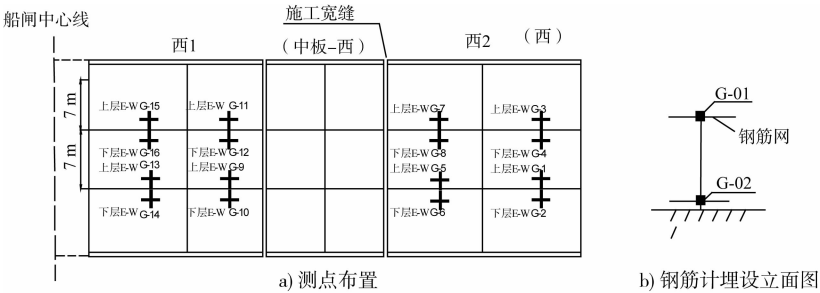
闸首结构底板的沉降监测点以闸首侧壁为基准沿长度方向 15 m 左右布设 1 个，宽度方向 8 m 左右布设 1 个，见图 2a)。图中是双线船闸的西线部分，东线沉降观测点自船闸中心线向东 2 依次标记为 CJ11 ~ CJ20。

2.2 地基应力监测点布置

地基应力监测采用弦式土压力计，监测点与沉降监测点基本相同，分别沿闸首长度和宽度方向分别布置，沿闸首长度、宽度方向均 8 m 左右布设 1 个，见图 2b)。东线地基应力观测点自船闸中心线向东 2 依次标记为 Y21 ~ Y40。

2.3 结构应力监测点布置

为确定监测点，监测前对船闸闸首结构进行仿真分析。结果显示：由于闸首边板廊道与空箱结构较复杂，其应力分布也较为复杂，中板则应力分布均匀，因此在闸首应力监测点布置上，中板不设置监测点，边板则在应力集中处设置监测点。同时在东 2 底板两个方向上均设置监测点，以便对比分析(图 3)。



注：1. 上层代表底板上层钢筋网，距离底板表面10 cm左右；2. 下层代表底板下层钢筋网，距离垫层10 cm左右；3. N-S代表钢筋计南北走向；4. E-W代表钢筋计东西走向；5. G代表钢筋计编号。

图 3 船闸闸首底板应力测点布置

3 监测数据分析

闸首结构的施工顺序为中板-东浇筑, 2 d 后浇筑中板-西, 中板-西浇筑完成 5 d 后同时施工东 1、西 1, 3 d 后浇筑西 2, 5 d 后东 2 浇筑完成, 149 d 后浇筑完成东 1、西 1 边墩上层结构, 8 d 后东 2、西 2 边墩上层结构浇筑完成。

3.1 闸首沉降监测结果

闸首底板沉降监测曲线如图 4 所示。从图 4 中可以看出: 闸首底板浇筑过程中, 该浇筑块沉降明显, 其他相邻块或相邻闸线施工对沉降的影响较小。沉降整体随时间呈增大趋势, 因土体的沉降固结是有时效性的, 需要在较长的时间才能完成, 因此后期仍有小幅增长; 沿船闸中心线方向同一断面上沉降规律基本相同。从东西两线闸首总体沉降来看, 东侧闸首沉降稍大于西侧闸首, 可能是由于东侧船闸下地基中存在软弱土层。船闸施工过程中最大沉降为 -25.40 mm, 出现在 CJ15 测点位置(即东 1 中部), 发生在东 2 浇筑结束后 15 d。

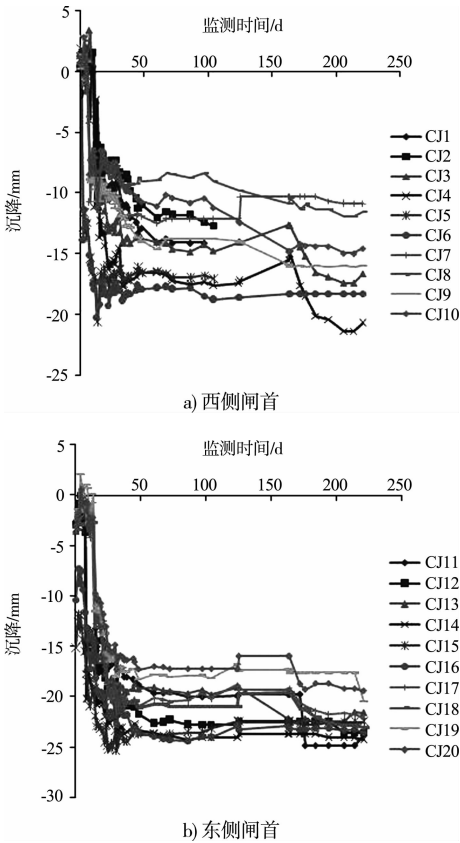
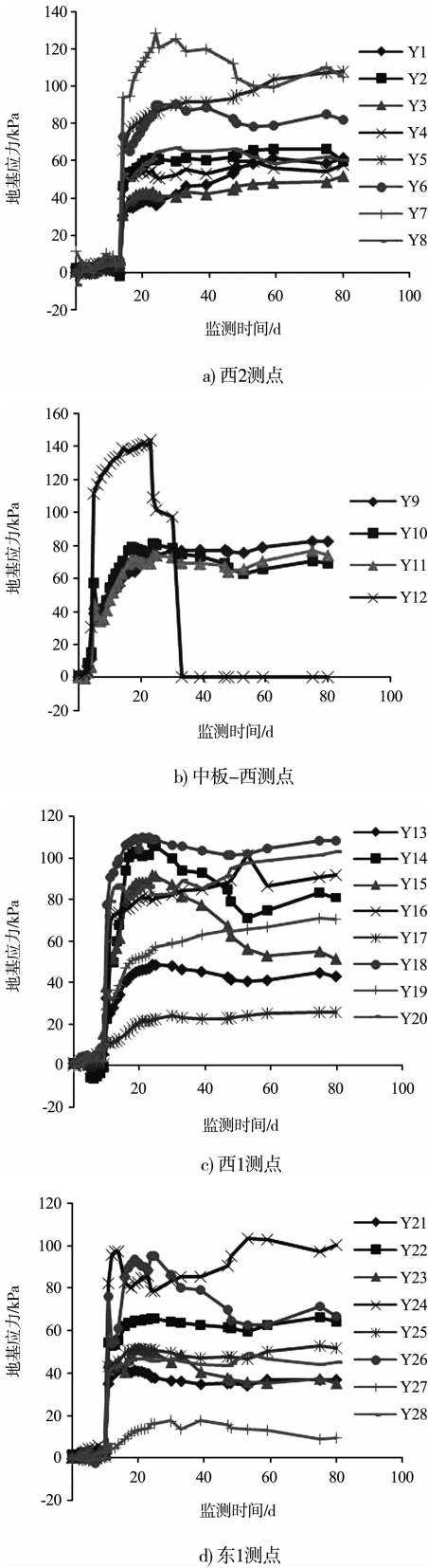


图 4 闸首沉降监测曲线

3.2 地基应力监测结果分析

闸首地基应力监测曲线如图 5 所示。由于施

工期闸首边墩支模阶段地基应力无法监测, 并且一些土压力传感器因支模损坏造成后期不能继续监测, 因此在检测后期只有部分地基应力监测数据。



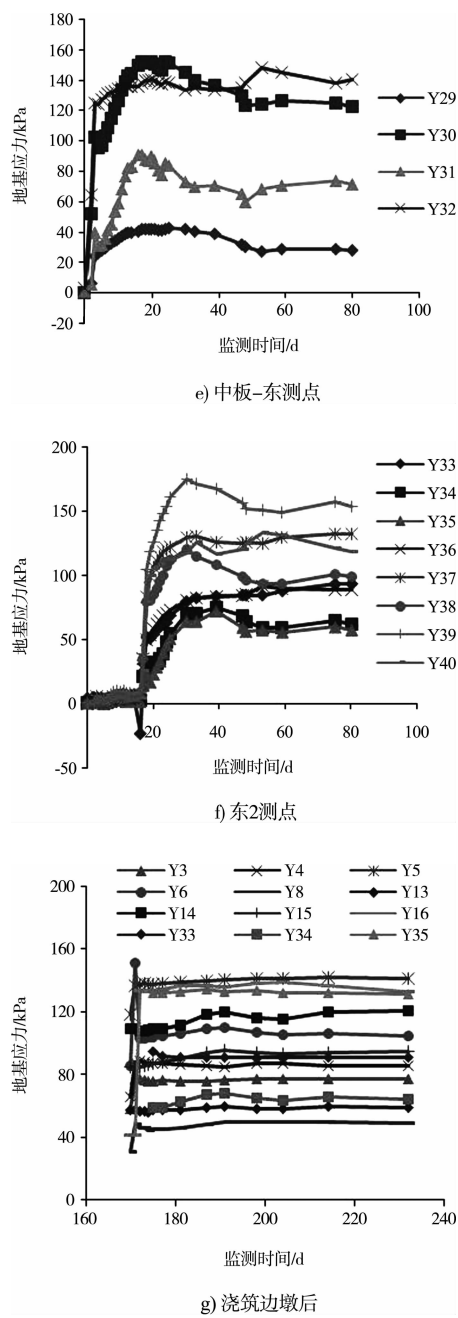


图 5 闸首地基应力监测

从图 5 可以看出，Y12 监测结果出现明显的偏差，土压力传感器自监测开始已损坏。从地基应力增长起始时间来看：底板浇筑过程中，浇筑块下地基应力在本施工块混凝土浇筑前后变化明显，其他施工块或相邻线闸首底板施工时对本施工块底板底地基应力影响较小；到施工后期，扰动后土体经过一段时间，地基应力趋于稳定，基本保持不变。因施工监测过程中环境和受力条件

复杂，以及闸首两侧不对称工况（闸首一侧为闸室，一侧为边坡）的影响，同一断面内土压力计监测地基应力大小有所差异，但其变化规律总体较为吻合。

3.3 结构应力监测结果分析

西线闸首结构应力监测数据和曲线如图 6 所示。

图 6 中单数点为距离底板表面 10 cm 的上层钢筋应力，双数为距离垫层 10 cm 的下层钢筋应力。从图中可以看出：底板施工块混凝土浇筑时，本施工块钢筋计值变化明显，对其他施工块结构应力的影响较小；沿闸首中心线方向，同一断面内的底板结构应力变化规律一致，此结果与地基应力和沉降监测结果一致。

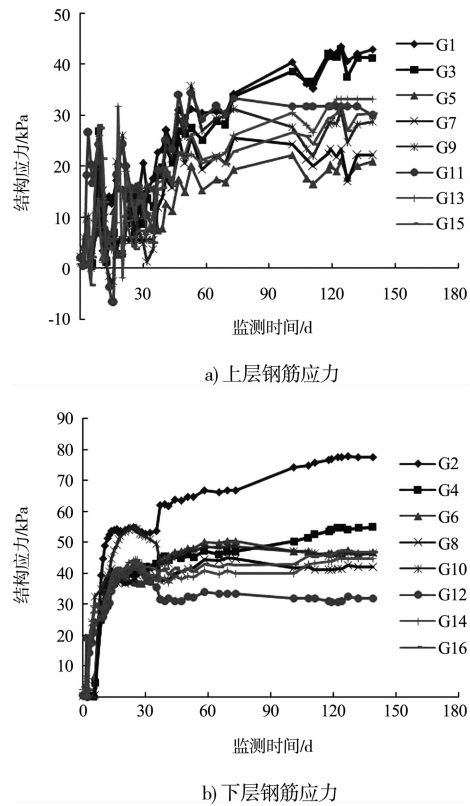


图 6 西线闸首底板应力曲线

4 施工模拟分析

作为一种极为有效的数值分析方法，目前有限元已经广泛地应用于施工过程模拟^[7-9]。为验证海安船闸施工监测结果的准确性，同时为后续土方回填作预测分析，本文采用三维有限元对海安

双线船闸施工过程中的沉降及结构应力进行计算。有限元计算中,施工顺序采用实际施工过程,计算模型见图 7。闸首结构采用分层、分块施工工艺,施工顺序为中板-东→中板-西→东 1 西 1 底板→西 2 底板→东 2 底板→东 1 西 1 边墩→东 2 西 2 边墩。取沉降监测点数值计算与现场监测数据,结果对比见表 1。

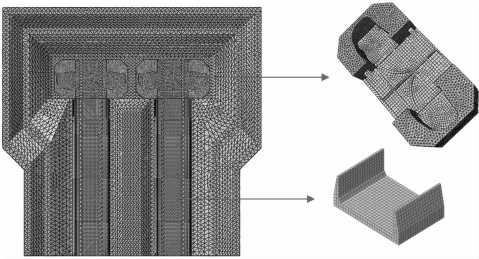


图 7 海安船闸有限元计算模型

表 1 沉降值对比					
			mm		
编号	实测值	模拟值	编号	实测值	模拟值
1		-16.15	11	-23.77	-22.83
2		-17.26	12	-23.63	-20.65
3	-16.63	-18.33	13	-21.60	-21.66
4	-20.69	-16.34	14	-24.24	-19.49
5		-17.13	15	-22.50	-27.38
6	-18.35	-25.73	16	-23.55	-25.06
7	-10.92	-21.68	17	-22.13	-18.32
8	-11.57	-19.57	18	-23.09	-22.06
9	-16.02	-22.81	19	-20.46	-16.72
10	-14.52	-20.75	20	-19.38	-14.54

有限元计算中忽略了地层分布不均,双线船闸下土体分布一致,两线闸首沉降呈对称分布。从表 1 对比结果来看,有限元计算的沉降与东侧闸首实测沉降基本吻合,说明模型及参数的选取是合理的,可以在此基础上进一步开展回填等工况计算,为选择合理后续施工方法和监控提供依据。

5 结语

为保证海安双线船闸施工的安全性和合理性,根据其结构特点,对闸首关键部位的沉降、地基应力和结构应力进行监测,其中沉降及地基应力

以结构自重大的部位为主,选取断面进行监测;而边板廊道与空箱结构较复杂,相应的应力情况也较为复杂,因此闸首结构应力监测以边板为主,在应力集中处(结构复杂处)设置监测点。监测结果表明:双线施工及底板分块施工对其他施工块的影响较小;底板结构刚度较大,底板下地基应力、底板沉降和结构应力变化规律基本一致,结构应力维持在较小的范围内,满足规范和施工要求,海安船闸施工过程数值模拟与监测结果基本吻合,将为后续回填施工控制提供依据。

双线船闸施工过程中结构受力复杂,应选择合适的施工工艺和施工顺序,以减少地基不均匀沉降及边墩后回填土对结构物的影响,对此,可采用分层、分块施工,在施工工序安排上宜做到“平衡、对称施工”,为减小船闸结构应力,施工过程中可预留施工宽缝。

参考文献:

[1] JTJ 307—2001 船闸水工建筑物设计规范[S].
[2] 陈绪春,胡新民,冯兴常,等.三峡双向五级船闸施工和运行监测成果分析[J].水利电力,2009,35(12):43-45.
[3] 徐涛,蒋一波.船闸施工期间工程观测技术控制[J].中国水运,2013,13(2):224-225.
[4] 岳丽敏,白国艳.船闸大体积混凝土裂缝的控制与预防[J].国防交通工程与技术,2007(1):77-79.
[5] 任威威,苏超.闸首底板热学参数反演分析与温度场预测[J].科学技术与工程,2013,13(9):2 586-2 590.
[6] 裴灼炎,赵全麟,朱丽如.三峡永久船闸高边坡变形监测设计及成果分析[J].人民长江,2001,32(11):1-4.
[7] 王开云,何江达,梁照江,等.有限元法建立船闸闸室墙计算模型[J].水运工程,2004,23(4):9-13.
[8] 吕洪根.坞式闸首底板计算方法的分析[J].重庆交通大学学报,1989,28(1):81-89.
[9] 苏超,崔潇潇,李炳华.三维有限单元法在某分离式大型船闸闸室结构分析中的应用[J].南水北调与水利科技,2013,11(2):133-137.

(本文编辑 郭雪珍)