



钢筋升级对水运工程配筋设计的影响

沈建霞¹, 单海春², 钱祖宾²

(1. 江苏省交通科学研究院股份有限公司, 江苏 南京 210017;

2. 江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225009)

摘要: 以水运工程中的常见结构物船闸及码头为例, 探讨钢筋升级后对水工结构物配筋设计可能产生的影响及应对措施, 以达到减少钢筋用量、节能环保的目的。

关键词: 水运工程; 钢筋升级; 配筋; 裂缝控制

中图分类号: TU 511.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)08-0053-03

Influence of reinforcement upgrading on port and waterway engineering works

SHEN Jian-xia¹, SHAN Hai-chun², QIAN Zu-bin²

(1. Jiangsu Transportation Research Institute, Nanjing 210017, China;

2. Jiangsu Water Investigation, Design and Research Institute, Yangzhou 225009, China)

Abstract: Taking a navigation lock and a quay engineering for example, this paper analyzes the influence of reinforcement upgrading on the reinforcement design of port and water engineering works. The possible resolving methods are also given, which can satisfy the requirements of reinforcement reducing, energy saving and environmental protection.

Key words: port and waterway engineering; reinforcement upgrading; reinforcement design; crack controlling

近年来, 国内混凝土结构用钢筋、钢丝、钢绞线的品种和性能有了进一步发展。为减少钢筋用量、节能环保、促进钢铁工业和建筑业转变发展方式, 从而更好地适应经济发展的需要, 国家各部委自2012年开始要求在水利、交通、铁路等建设工程中逐步淘汰HPB235、HRP335钢筋, 优先使用HRP400及以上钢筋, 规定自2013年5月1日起停止生产HPB235及HRB335钢筋。

HPB (Hot-rolled Plain Steel Bar), 即热轧光圆钢筋, 属低碳钢, 强度较低; HPB235为一级光圆钢筋, 俗称盘条, 直径以6~12 mm的最常见, 常用于制作箍筋、板的分布筋、拉筋等。HRB (Hot-rolled Ribbed Bar) 即热轧带肋钢筋, 属低合金钢; HRB335为二级螺纹钢, 直径以12~

25 mm的最为常见, 以往主要用于梁、柱等钢筋混凝土的受力部位; HRB400称为三级螺纹钢, 直径与二级钢筋类似, 强度较二级钢要高。

基于国家各部委要求, 2012年1月1日起施行的JTS 151—2011《水运工程混凝土结构设计规范》^[1]规定: 对水运工程, 普通混凝土钢筋宜采用HRB400级、HRB500级钢筋, 也可采用HPB300级钢筋。因此, 在以后的水运工程设计中, 对于一级钢筋, 原来的HPB235应被HPB300代替, HRB335应逐步被HRP400及以上级别的钢筋代替。

1 钢筋升级对水运工程设计的影响

钢筋升级意味着钢筋强度增加, 在以受力为主的构件中, 可以减少用钢量, 从而降低工程造

收稿日期: 2013-12-28

作者简介: 沈建霞 (1971—), 女, 博士, 高级工程师, 从事水工工程设计工作。

价，并可缓解因钢筋密集所增加的施工振捣难度。

对水运工程结构物来说，其配筋设计主要受2个指标控制：截面弯矩及裂缝宽度要求。水运工程钢筋混凝土结构主要有面板及梁两大体系。现就这两大体系，分别通过一个简单算例来分析钢筋升级对钢筋使用量及工程造价的影响。

2 面板体系

面板体系广泛应用于船闸底板及空箱、沉箱、岸壁墙、船坞坞室墙及底板、高桩墩台、高桩梁板码头的面板等部位。其中船闸是水运工程中常见的水工结构物，目前船闸的常见结构形式为闸首式，即船闸的主体结构由上下闸首及闸室组成，其配筋设计的关键部位是闸首或闸室底板。

现以某一船闸设计为例，讨论钢筋升级对配筋设计的影响。该船闸闸首口门宽度18 m，地基为粉质黏土，其承载力特征值约180 kPa，闸首底板混凝土强度等级为C25，厚度为2.5 m（图1）。

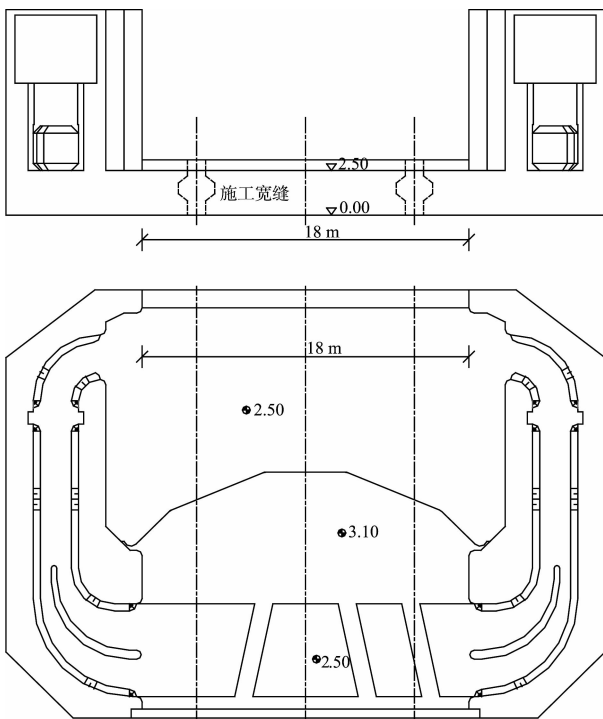


图1 闸首立面、平面图

采用施工宽缝及控制墙后回填土的回填时间及速率等施工措施后，经计算，闸首面层跨中弯矩标准值为2 750 kN·m，设计值为3 575 kN·m。现就本

闸首底板的抗弯及裂缝开展宽度要求计算如下：

1) 弯矩配筋。

按照 JTS 151^[1]，闸首底板按正截面受弯构件进行计算，钢筋采用 HRB335 或 HRB400 时，需要的配筋面积分别为 49.31 cm² 及 41.29 cm²。即三级钢相对二级钢节约钢筋约 16.3%，投资节约约 15.9%。

2) 裂缝开展宽度配筋。

按照 JTS 151^[1]，闸首底板处于淡水水下区，裂缝控制等级为三级，最大裂缝宽度限值为 0.4 mm。按照第 6.4.2 条，对钢筋混凝土矩形、T 形、倒 T 形、I 形和圆形截面受拉、受弯和偏心受压构件，其最大裂缝宽度可按下式计算：

$$W_{max} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \frac{\sigma_s}{E_s} \left(\frac{c+d}{0.30+1.4\rho_{te}} \right) \quad (1)$$

式中： α_1 为构件受力特征系数； α_2 为考虑钢筋表面形状的影响系数； α_3 为考虑作用的准永久组合或重复荷载影响的系数； E_s 为钢筋弹性模量； c 为最外排纵向受拉钢筋的保护层厚度； d 为钢筋直径； ρ_{te} 为纵向受拉钢筋的有效配筋率； σ_s 为钢筋混凝土构件纵向受拉钢筋的应力。

对于矩形受弯构件：

$$\sigma_s = \frac{M_q}{0.87A_s h_0} \quad (2)$$

式中： M_q 为按荷载准永久组合计算的弯矩值； A_s 为受拉区纵向钢筋截面面积； h_0 为截面有效高度。

闸首底板面层按照配筋面积分别为 49.31 cm² 及 41.29 cm² 进行配筋时，配筋分别为每米 10 根、8.4 根直径 25 的二级或者三级钢，裂缝开展宽度分别为 0.35 mm，0.43 mm。上述计算结果说明：按照结构受力来进行配筋时，钢筋升级后钢筋强度提高，配筋量虽然下降了，但裂缝开展宽度不能满足规范要求。

对于三级钢，如果按照等面积代换，配筋调整为每米 10.9 根直径 22 mm 的三级钢或者每米 13.2 根直径 20 mm 的三级钢时，裂缝开展宽度计算值分别为 0.41 mm，0.39 mm。上述计算说明：在裂缝开展宽度不能满足要求的情况下，适当减小钢筋直径、增加钢筋根数可以减小裂缝开展宽度，

但此种处理方法效果不太明显,因此仅适用于裂缝计算宽度处于临界状态的情况。过度减小钢筋直径、增加钢筋根数可能会给施工带来一定困难。

上述算例如采用 SL 191—2008《水工混凝土结构设计规范》^[2]进行计算,其结果相近,不再赘述。

3 梁体系

梁体系广泛应用于高桩梁板码头的纵、横梁、轨道梁等结构。以某一高桩梁板码头为例,该码头设计停靠30万吨级舢装船,排架间距7m,门机梁采用钢筋混凝土结构,梁高(含面板)2.3m。经计算,该梁最大弯矩标准值为2300kN,弯矩设计值为2990kN。按正截面受弯构件进行计算,钢筋采用HRB335或HRB400时,需要的配筋面积分别为45.68cm²及38.26cm²。

按照上述配筋面积,需配直径25mm的二级及三级钢分别为9.3根、7.8根。对应的裂缝开展宽度分别为0.28mm及0.34mm。按照JTS 151^[1],门机梁处于水位变动区,裂缝控制等级为三级,最大裂缝宽度限值为0.25mm。因此上述按照结构受力配置的钢筋均不能满足裂缝开展宽度要求,即本梁配筋受裂缝开展宽度限值控制,而非弯矩控制。

由于在裂缝开展宽度计算的影响因素中,对于钢筋,其仅与钢筋的表面形状、钢筋的弹性模量及纵向受拉钢筋的实际应力有关,而与钢筋本身的强度无关,对于HRB335、HRB400及HRB500,钢筋的弹性模量是相同的,因此对于由裂缝开展宽度控制的配筋结构,提高钢筋强度并不能减小钢筋用量。

对于本算例,当配筋量调整为10根直径25mm的钢筋时,裂缝宽度减小为0.25mm,满足规范要求。此时无论配HRB335还是配HRB400的钢筋,只要钢筋根数及直径相同,其裂缝开展宽度就是相同的。

4 配筋

由式(1)可以看出,对钢筋混凝土结构,在弯

矩、截面高度及宽度等几何参数相同的情况下,对于带肋钢筋,裂缝开展宽度仅与钢筋直径及根数有关,与钢筋强度无关。对水运工程结构,在配筋不受最小配筋率控制的前提下,其配筋量往往受结构内力及裂缝开展宽度双重限制,尤其对于海港结构,其裂缝开展宽度限值较为严格。在这种情况下,配筋量往往由裂缝开展宽度来控制。因此,提高钢筋级别不能降低用钢量,反而会增加工程投资。

鉴于国家现在逐步淘汰HPB235及HRB335钢筋,因此对于水运工程钢筋混凝土结构物,在可以应用预应力结构的情况下,可优先选择预应力结构(比如高桩梁板体系中的预制纵梁),通过预压应力减小纵向受拉钢筋的等效应力 σ_s ,来达到控制裂缝开展、配筋量由钢筋强度控制的条件下,从而节约钢筋用量。但对于船坞、船闸等以现浇为主的面板体系,配筋时不宜过度强调钢筋强度。

5 结语

1) 对大部分水运工程结构,钢筋级别提高后其配筋量往往受裂缝开展宽度控制,由于裂缝开展宽度仅与钢筋直径及根数有关,与钢筋强度无关,因此钢筋升级不能达到节约钢材的目的,在该种情况下不宜过分强调钢筋强度。

2) 对由弯矩控制的截面配筋,钢筋升级后可节省钢筋量及投资约16%左右。

3) 对由裂缝开展宽度控制的配筋构件,在配筋面积不变的情况下,可采用减小钢筋直径、增加钢筋根数的方式来减小裂缝开展宽度,但此种处理方法效果不太明显,因此仅适用于裂缝计算宽度处于临界状态的情况,过度减小钢筋直径、增加钢筋根数可能会给施工带来一定困难。

4) 对预制构件,可优先采用预应力结构来控制裂缝开展,以达到节约钢筋的目的。

参考文献:

- [1] JTS 151—2011 水运工程混凝土结构设计规范[S].
- [2] SL 191—2008 水工混凝土结构设计规范[S].