第 9 卷◆第 4 期◆版本 1.0◆2025 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

矩形渡槽底板端部截面弯矩计算方法优化研究

沈桑桑[1] 张楠[2] 王睿[3] 汪彩云[4]
1 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司
2 湖北省鄂西水资源开发有限责任公司
3 深圳市水务规划设计院股份有限公司
4 中工武大设计集团有限公司
DOI:10.12238/hwr.v9i4.6299

[摘 要] 在矩形渡槽槽身结构计算中,目前有两种方法计算底板端部截面弯矩。以矩形渡槽底板端部截面弯矩计算为目标,选择应用较广泛的不带横杆的矩形断面渡槽为案例。基于截面弯矩计算规则及相关设计规范,以其力学性能、稳定功能、几何要求为约束条件,借助公式推导规律,推导比较和研究两种方法的计算公式并建立了新的矩形渡槽底板端部截面弯矩求解方法。通过算例计算比较结果表明,在满足矩形渡槽稳定,遵循结构计算基本规律和保持侧墙底部截面弯矩标准值不变的情况下,通过改变k值调整底板端部弯矩大小以建立最优化计算公式。该方法结合了两种方法的优点,避开了两种方法的缺点,达到了既安全方便又经济的作用,不仅满足了渡槽工程设计精度要求,计算方程的建立与求解也较文献[1]中的简单。
[关键词] 底板端部；截面弯矩；公式推导；安全方便；经济
中图分类号：TV221 文献标识码：A

Study on the Optimization Calculation Method of Rectangular Aqueduct Bottom Plate End Bending Moment

Sangsang Shen[1] Nan Zhang[2] Rui Wang[3] Caiyun Wang[4]
1 Power China Huadong Engineering Corporation Limited
2 Hubei E'xi Water Resources Development Co., Ltd
3 Shenzhen Water Planning and Design Institute Co., Ltd
4 CEWUD GROUP COMPANY LIMITED

[Abstract] At present, there are two methods to calculate the bending moment at the end of the bottom of the bottom plate of rectangular aqueduct. the widely used rectangular section without beam as a case was chosen to calculate the bending moment. Based on the rule for calculating bending moment of section and relevant design specification, under the constraint of mechanical properties, stable functions and geometrical requirements and with the help of formula derivation rules, calculation formula of two methods were compared and studied and then a new solving method was established. The result show that when meeting the stability of the rectangular aqueduct, adhering to the basic rule of structure calculation and keeping the standard value of bending moment invariant, the optimum calculation formula was established by changing the K value to adjust the bending moment of the bottom plate. This method achieves safety, convenience and economy, combining the advantages of two methods and avoiding the disadvantages of them, which not only meets the requirements of the aqueduct engineering design calculation precision, but whose establishment and solution is more simple than of which article[1].
[Key words] the end of the bottom; bending moment; formula derivation; safety and convenience; economy

引言

渡槽作为一种最常见的输水渠系建筑物,除在灌区用于输送渠水进行农田灌溉外,还用于输送城镇生活用水、工业用水,甚至大型渡槽具有通航等功能,渡槽的是否安全关乎人身和财产安全,因此对渡槽的稳定性研究是十分必要而且迫在眉睫[1][3]。矩形无拉杆渡槽在实际工程中应用广泛,槽身结构计算是渡槽设计中不可或缺的部分,槽身结构计算的安全经济性是整个渡槽设计及工程的基础和保障。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

国内外专家早已有很多关于矩形渡槽的研究：竺慧珠等[1]对渡槽进行了较为全面的论述，熊启均[2]主要以算例的形式详细介绍灌区主要建筑物的混凝土计算，李俊宏，竺慧珠等[3]利用复形法对矩形槽身进行优化设计，季日臣等针对简支梁式斜交矩形渡槽和大型多纵梁矩形渡槽分别对其进行了槽身结构受力分析[4]和槽身横向结构计算[5]及受力分析与结构形式的选择[6]。然而，对于渡槽槽身结构计算方法的论述和研究较少。前有两种方法计算底板端部截面弯矩，文献[1]中考虑底板厚度并以侧墙内沿截面为计算截面，考虑全面且符合实际工程情况，然而计算公式复杂繁琐，不利于实际工程计算；文献[2]中不考虑底板厚度并以侧墙中间截面为计算截面，计算过程简洁易懂，为目前大部分渡槽槽身结构计算所应用，然而该方法考虑因素与实际情况有偏离且对于实际施工也不经济。

本文以渡槽底板端部弯矩为对象，对这两种不同计算方法进行了分析比较和算例计算，通过对其公式的推导比较和研究，出于对渡槽工程稳定性和经济性的考虑，本文提出了一种新的计算方法。该方法结合了两种方法的优点，避开了两种方法的缺点，计算方程的建立与求解比文献[1]中的简单，计算结果比文献[2]中的更精确，达到了既安全方便又经济的作用，并且满足了渡槽工程设计精度要求。以期对渡槽的稳定性研究能有所借鉴。

1 两种计算方法的比较研究

在计算底板端部截面弯矩时，目前有两种计算方法。不带横杆的矩形断面槽身横向计算包括侧墙及底板两部分。侧墙按底部为固定端的悬臂板计算；底板按两端以竖向支承链杆支承于侧墙底部的板计算，除承受水荷载及自重作用外，两端还作用有侧墙传来的端弯矩及轴向拉力。在计算底板端部截面弯矩时，文献[1]中考虑了底板厚度对底板端部弯矩的影响，并且以侧墙内沿截面为计算截面，本文计为方法1，计算公式为：

$$M_{板端}=M_{墙}+\frac{N_{板}t_2}{2}-\frac{(\gamma_{自}t_2+\gamma_{水}h)x(B_0-x)}{2} \quad (1)$$

式中：$M_{板端}$ 为底板端部截面弯矩标准值；$M_{墙}$ 为侧墙底部截面弯矩标准值；$N_{板}$ 为底板轴向拉力值；t_2 为底板厚度；$\gamma_{自}$为混凝土容重；$\gamma_{水}$为水的容重；h为水深；B_0为底板的计算跨径；x为端部计算截面距墙底中心的距离。

而文献[2]中没有考虑底板厚度对底板端部弯矩的影响，以侧墙中间截面为计算截面，本文计为方法2，计算公式为

$$M_{板端}=M_{墙} \quad (2)$$

两种计算方法计算结果有些出入，接下来对公式(1)进行分析并对两个公式进行比较，最后得出一种既经济又安全的计算方法。矩形渡槽尺寸符号示意图和横向计算简图见图1和图2。

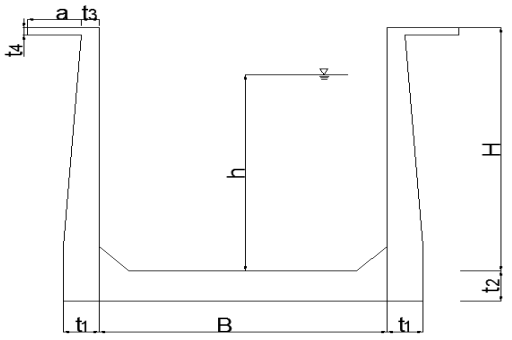

图1 矩形渡槽剖面示意图

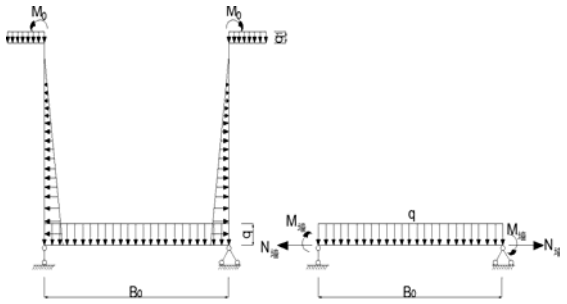

图2 矩形渡槽横向计算简图

观察和比较公式(1)和(2)可知，只要判断公式(1)中 $\frac{N_{板}t_2}{2}-\frac{(\gamma_{自}t_2+\gamma_{水}h)x(B_0-x)}{2}$ 项的正负性即可。这里设

$$K=\frac{N_{板}t_2}{2}-\frac{(\gamma_{自}t_2+\gamma_{水}h)x(B_0-x)}{2} \quad (3)$$

在公式(3)中，$N_{板}=\frac{\gamma_{水}h^2}{2}$，$B_0=B+t_1$，$B$ 为槽身净宽，$x=\frac{t_1}{2}$ 将三式代入公式(3)中，得

$$K=\frac{\gamma_{水}t_2h^2-\gamma_{水}t_1hB}{4}-\frac{\gamma_{自}t_2t_1(2B+t_1)+\gamma_{水}ht_1^2}{8} \quad (4)$$

文献[1]中提到侧墙底厚常大于15cm，底板厚6~20cm，所以可知一般情况下$t_2<t_1$。梁式渡槽矩形和箱形槽身的深宽比 H/B 宜采用0.6~0.8，H 为槽身净深，即为满槽水深，不兼作纵梁受力或因特殊要求而加宽的矩形渡槽不受此限制。由此可知 $h<B$。从而式(4)中 $\frac{\gamma_{水}t_2h^2-\gamma_{水}t_1hB}{4}<0$，又 $\frac{\gamma_{自}t_2t_1(2B+t_1)+\gamma_{水}ht_1^2}{8}>0$，所以 $K<0$。根据经验和常

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

理可知 $M_{墙}$ 为正值，因此公式(1)所算得的底板端部弯矩 $M_{板端}$ 小于公式(2)所算得的底板端部弯矩 $M_{板端}$。

结合方法1和方法2，本文提出一种既经济又方便计算的计算方法，设为方法3，即

$$M_{板端}=M_{墙}\pm(\frac{N_{板}t_2}{2}-\frac{\gamma_{水}t_1hB}{4}) \quad (5)$$

当 $\frac{N_{板}t_2}{2}-\frac{\gamma_{水}t_1hB}{4}<0$ 时，取“+”号，当 $\frac{N_{板}t_2}{2}-\frac{\gamma_{水}t_1hB}{4}>0$ 时，取“-”号。此方法相对方法1更安全和方便简洁计算，同时又相对方法2更经济。

2 算例分析

2.1原始资料

不带横杆的矩形断面渡槽净宽B=3.2m，侧墙净高H=3.3m，底板厚t_2=0.4m，侧墙底宽t_1=0.4m，顶宽t_3=0.2m，墙顶悬臂板长a=0.8m，悬臂板平均厚t4=0.125m(端部厚b=0.1m，根部厚c=0.15m)。槽内设计水深h=2.8m，满槽水深h=3.3m；计算跨径B_0=B+t_1=3.2+0.4=3.6m，端部计算截面距墙底中心的距离x=t_1/2=0.4/2=0.2m。槽身建筑物级别为3级。水的容重$\gamma_{水}$=10kN/m^3，混凝土容重$\gamma_{自}$=25kN/m^3。

2.2计算结果及分析

侧墙底部截面弯矩在满槽水深和设计水深两种情况下弯矩标准值 $M_{墙}$ 分别为 $61.855kN\cdot m$、$38.547kN\cdot m$，底板轴向拉力标准值 $N_{板}$ 分别为 $54.45kN$、$39.2kN$。

2.2.1方法1计算结果

根据以上计算结果和公式(1)可得在满槽水深和设计水深两种情况下底板端部弯矩 $M_{板端}$ 分别为 $58.125kN\cdot m$、$33.467kN\cdot m$。

2.2.2方法2计算结果

根据以上计算结果和公式(2)可得在满槽水深和设计水深两种情况下底板端部弯矩 $M_{板端}$ 分别为 $61.855kN\cdot m$、$38.547kN\cdot m$。

2.2.3方法3计算结果

根据以上计算结果和公式(5)可得在满槽水深和设计水深两种情况下底板端部弯矩 $M_{板端}$ 分别为 $61.525kN\cdot m$、$32.347kN\cdot m$。

以上计算结果见表1。

表1 计算结果表

弯矩和轴力水深h	方法	侧墙底部截面弯矩（$kN\cdot m$）	底板轴向拉力（kN）	底板端部截面弯矩（$kN\cdot m$）
满槽水深	1	61.855	54.45	58.125
	2	61.855	54.45	61.855
	3	61.855	54.45	61.525
设计水深	1	38.547	39.2	33.467
	2	38.547	39.2	38.547
	3	38.547	39.2	37.427

2.3计算结果分析

(1)算例中满槽水深大于槽身净宽，所以方法3中使用“+”，设计水深小于槽身净宽，使用“-”。(2)3种不同计算方法都不会影响侧墙底部截面弯矩和底板轴向拉力，只会影响底板端部截面弯矩大小和底板跨中截面弯矩大小(本文并没有计算列出)。(3)3种计算结果大小为：方法1<方法3<方法2。表明方法3较方法1安全且计算简便，较方法2合理经济。

3 结语

对于底板端部截面，作用于底板的均布荷载使弯矩值减小，即对结构起有利作用，所以方法1计算结果稍小于方法2计算结果，方法2相对方法1安全，但同时方法2不经济。本文提出的方法3结合了方法1和2的优点，避开了两种方法的缺点，达到了既安全方便又经济的作用，不仅满足了渡槽工程设计精度要求，计算方程的建立与求解也比方法1简单。为矩形渡槽底板端部截面弯矩计算提供了一种合理、方便的方法。

[参考文献]

[1]竺慧珠，陈德亮，管枫年.渡槽[M].中国水利水电出版社，2004:52,66-73.

[2]熊启均.灌区建筑物的混凝土结构计算[M].中国水利水电出版社，2011.2:134-139.

[3]李俊宏，竺慧珠，冯晓波.渡槽矩形槽身优化设计[J].武汉水利电力大学学报，1998,31(4),33-37.

[4]季日臣，李宇.简支梁式斜交矩形渡槽槽身结构受力分析[J].西北农林科技大学学报(自然科学版)，2005(6):117-120.

[5]季日臣，张永亮，王军玺，陈尧隆.大型多纵梁矩形渡槽槽身横向结构计算[J].兰州交通大学学报，2004,23(4):5-8.

[6]季日臣，陈尧隆，房振叶.大型多纵梁矩形渡槽受力分析与结构形式选择[J].水力发电学报，2007,26(3):49-53.

作者简介：

沈桑桑(1992--)，女，汉族，浙江德清人，硕士研究生，工程师，水利水电工程。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.