

拉杆间距对渡槽槽身应力的影响

李俊宏, 何淑媛

(河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要 利用有限元法详细计算了不同 H/B 下无拉杆和不同拉杆间距简支梁式矩形渡槽槽身的应力, 根据计算应力, 以最大主应力作为控制标准, 分析了 H/B 以及拉杆间距对槽身横截面应力的影响, 提出了渡槽槽身应力与拉杆间距之间的关系。

关键词 渡槽; 有限元法; 拉杆间距; 最大主应力

中图分类号: U441

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2005)01-0034-03

Effect of distance between bridle rods on aqueduct stress // LI Jun-hong, HE Shu-yuan (College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract : The stresses of rectangular aqueducts with simply supported beams in the absence of bridle rods and with bridle rods of different distances were calculated under different values of H/B by the finite element method. Based on the stresses calculated, the maximal principal stress was taken as the control criterion of the effects of H/B and the distance between bridle rods on the stress of cross section of aqueducts, and the relationship between the aqueduct stress and the rod distance was derived.

Key words : aqueduct; finite element method; distance between bridle rods; maximal principal stress

渡槽是跨越河谷、渠道及交通道路等的架空输水建筑物, 除输水外还可供排洪、导流等之用。随着南水北调和西部大开发等国家大型工程的实施, 渡槽由于其固有的优点, 在这些大型工程中将被广泛采用。因此, 渡槽会越来越受到人们的重视, 研究其结构形式和受力特点, 将有重要的工程意义。

对于渡槽槽身, 矩形断面是常见形式, 又根据槽顶是否设置拉杆, 槽身可分为无拉杆矩形槽与有拉杆矩形槽, 前者由侧墙及底板组成, 后者沿槽顶每隔 1~2.5 m 加设一根拉杆, 以改善槽身横向受力条件。梁式渡槽在槽身纵向根据支点位置的不同, 可分为简支梁式、双悬臂梁式、单悬臂梁式及连续梁式等形式。而简支梁式是最基本的形式, 本文主要研究这类结构形式, 其结果可延伸到其他形式的渡槽。

在渡槽结构中最关键的结构尺寸是跨度^[1], 跨度大小取决于渡槽的结构形式、断面尺寸、地基以及施工能力等, 而渡槽横断面的造型取决于深宽比 (H/B) (见图 1), 这方面已有不少研究^[2,3]。对于有拉杆矩形槽的拉杆间距, 在实际设计中一般根据工程经验每隔 1~2.5 m 加设一根拉杆, 但拉杆间距对槽身应力的影响, 到目前为止尚未进行系统分析。

根据渡槽设计理论, 对于跨宽比大于 3~4 的有

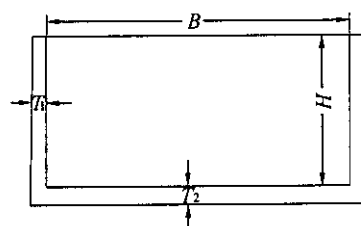


图 1 槽身断面示意图

拉杆矩形槽身, 可近似认为设拉杆处槽身的横向内力与不设拉杆处相差不多, 将拉杆均匀化, 沿槽长 1 m 按平面计算, 而拉杆的抗弯能力较小, 拉杆与槽壁的连接可作为铰接处理, 按一次超静定结构求解槽身横向内力。按此理论, 对于无拉杆槽身, 最危险截面为侧墙底部拐角处和底板跨中截面, 而对于有拉杆槽身, 控制截面分别为侧墙中部、侧墙底部、底板跨中截面。

1 计算结果分析

本文利用有限元通用程序 Sap96 详细计算了满槽水 + 槽身自重 (半槽水 + 槽身和自重下的最大主应力小于满槽水 + 槽身自重下的最大主应力) 下不同 H/B 无拉杆和不同拉杆间距简支梁式矩形槽身的应力, 计算模型如图 2 所示。以下根据计算应力 (规定拉应力为正, 压应力为负), 以最大主应力作为

控制标准,分析 H/B 以及拉杆间距对跨中槽身横截面的应力影响。

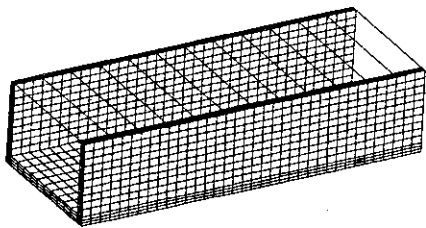


图2 计算模型示意图

为了便于分析不同状况下的最大主应力,将最大主应力转化为最大主应力比,其中在最大主应力比与拉杆间距和 H/B 的关系图(有拉杆)中,最大主应力比表示在不同的拉杆间距下计算所得的最大主应力和无拉杆时该处的最大主应力的差值与无拉杆时该处的最大主应力之比;在最大主应力比与 H/B 的关系图(无拉杆)中,最大主应力比为无拉杆下对应于不同 H/B 所得的最大主应力和无拉杆下 $H/B=0.5$ 时该处的最大主应力的差值与无拉杆下 $H/B=0.5$ 时该处的最大主应力之比。

a. 跨中侧墙外侧中心附近(图3)。无拉杆时,跨中侧墙外侧中心附近的最大主应力为正,随着 H/B 的增大,最大主应力减小。增设拉杆,最大主应力反而增大到无拉杆时最大主应力的3~4倍。当 H/B 一定时,随着拉杆间距增大,最大主应力减小;当拉杆间距一定时,随着 H/B 增大,最大主应力减小。

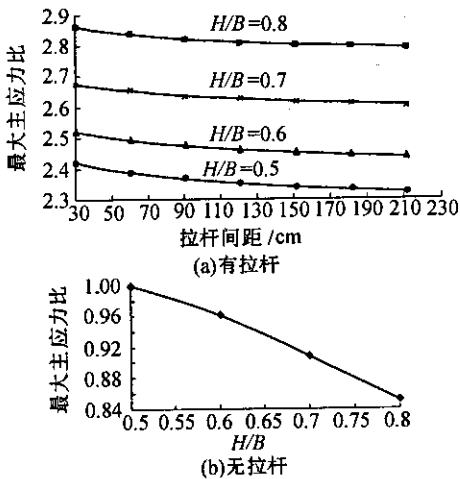


图3 跨中侧墙外侧中心附近计算结果

b. 跨中侧墙内侧中心附近(图4)。无拉杆时,跨中侧墙内侧中心附近的最大主应力为正,随着 H/B 的增大,最大主应力增大。增设拉杆,最大主应力由拉应力转为压应力,绝对值减小到无拉杆时最大主应力的15%~50%。当 H/B 一定时,随着拉杆间距的增大,最大主应力略减小;当拉杆间距一定时,随着 H/B 的增大,最大主应力略有增大。

c. 跨中侧墙内侧底拐角处(图5)。无拉杆时,跨

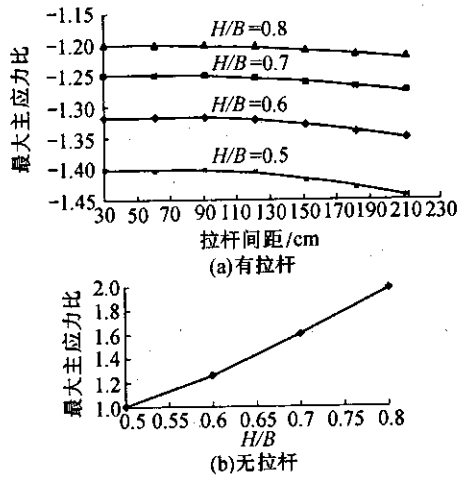


图4 跨中侧墙内侧中心附近计算结果

中侧墙内侧底拐角处的最大主应力为正,随着 H/B 的增大,最大主应力增大。增设拉杆,最大主应力减小到无拉杆时最大主应力的30%左右。当 H/B 一定时,随着拉杆间距的增大,最大主应力增大;当拉杆间距一定时,随着 H/B 的增大,最大主应力增大。

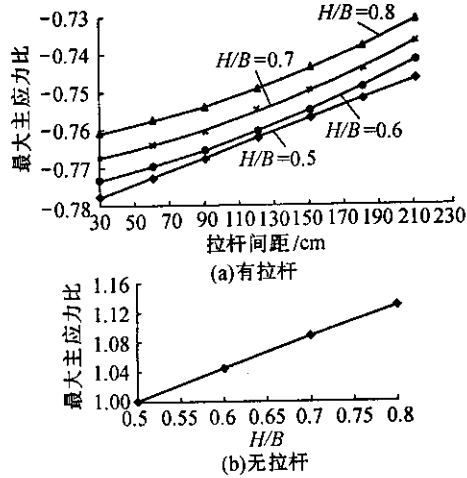


图5 跨中侧墙内侧底拐角处计算结果

d. 跨中侧墙外侧底角处(图6)。无拉杆时,跨中侧墙外侧底角处的最大主应力为正,随着 H/B 的

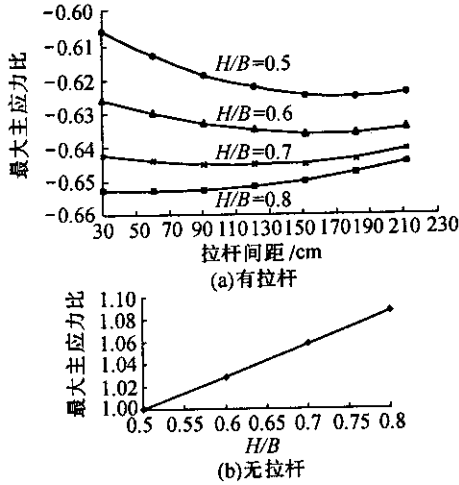


图6 跨中侧墙外侧底角处计算结果

增大,最大主应力增大.增设拉杆,最大主应力减小到无拉杆时最大主应力的 34% ~ 40%.当 $H/B = 0.5$ 0.6 时,拉杆间距在 30 ~ 170 cm 之间,随着拉杆间距增大,最大主应力略有减小,而 $H/B = 0.7$ 0.8 时,最大主应力略有增大;当拉杆间距一定时,随着 H/B 的增大,最大主应力略有减小.

e. 跨中底板上侧中心(图 7).无拉杆时,跨中底板上侧中心的最大主应力为正,随着 H/B 的增加,最大主应力增大.增设拉杆,最大主应力减小到无拉杆时最大主应力的 30% ~ 40%.当 H/B 一定时,随着拉杆间距的增大,最大主应力增大;当拉杆间距一定时,随着 H/B 的增加,最大主应力增大.

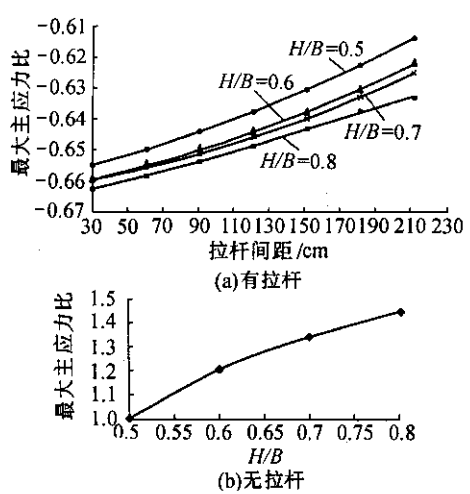


图 7 跨中底板上侧中心计算结果

f. 跨中底板下侧中心(图 8).无拉杆时,跨中底板下侧中心的最大主应力为压应力,随着 H/B 的增加,最大主应力减小.增设拉杆,最大主应力增大到无拉杆时最大主应力的 0.2 ~ 0.3 倍(压应力减小).当 H/B 一定时,随着拉杆间距增大,最大主应力略有减小;当拉杆间距一定时,随着 H/B 的增大,最大主应力略有减小.

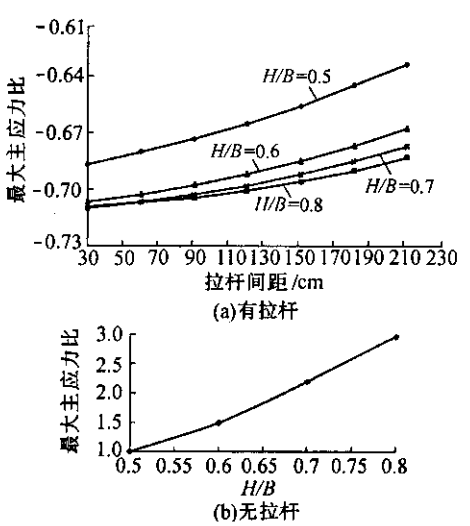


图 8 跨中底板下侧中心计算结果

2 结 论

通过上述分析,对于简支梁式矩形渡槽,无拉杆状态下最危险截面(控制截面)一般为侧墙内侧底拐角处和底板中心(图 9).对于无拉杆简支梁式矩形槽身增设拉杆可以有效地改善其应力状态(图 10),但拉杆间距的改变对最大主应力值影响较小,当 H/B 一定,侧墙内侧底拐角处、底板上侧中心和侧墙外侧中心附近最大主应力对拉杆间距的斜率一般为 0.0011 ~ 0.0027,即 $\sigma_{\max} = (0.0011 \sim 0.0027)L_g + C$,式中 $\sigma_{\max}$ 为各截面的最大主应力, L_g 为拉杆间距, C 为拉杆间距为零时对应于各截面的最大主应力.而拉杆在不考虑其断面面积变化时,其应力随着拉杆间距的增大而近似成直线增大,可用公式 $\sigma = (0.031 \sim 0.041)L_g + C$ 表示.

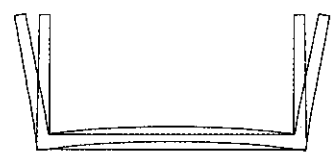


图 9 无拉杆状态下跨中截面变形示意图



图 10 有拉杆状态下跨中截面变形示意图

在有拉杆状态下最危险截面(控制截面)为侧墙外侧中心附近、侧墙外侧底拐角处、底板上侧中心,典型断面最大主应力等值线如图 11 所示.其中在侧墙外侧中心附近增设拉杆反而恶化了该截面的应力状态,但相对于无拉杆状态下侧墙内侧底拐角处的最大主应力,增设拉杆还是必要的.在有拉杆状态下,侧墙外侧中心附近的最大主应力随着拉杆间距的增大近似为反比,即 $\sigma_{\max} = (-0.002 \sim -0.004)L_g + C$.

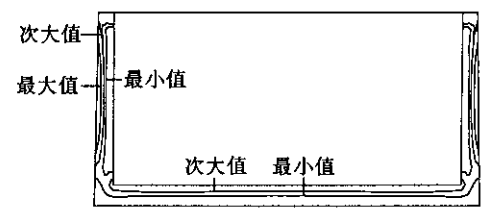


图 11 有拉杆状态下典型截面最大主应力等值线示意图

参考文献:

- [1] 赵文华. 水工建筑物[M]. 北京: 水利电力出版社, 1987.
- [2] 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.
- [3] 张发祥, 张旭明. 肋拱渡槽优化设计研究[J]. 水利水电科技进展, 1996, 16(1): 41—42.

(收稿日期 2004-02-16 编辑 熊水斌)