



预应力混凝土箱型结构防裂分析

杨景瑜

(湖南省交通规划勘察设计院, 湖南长沙 410008)

摘要: 针对预应力混凝土箱型结构的受力特点, 采用 MIDAS 进行实体单元模型分析, 找出腹板裂缝产生的主要原因, 提出改善腹板受力的措施, 为同类型结构设计提供参考。

关键词: 预应力混凝土箱梁; 0号块; 腹板; 裂缝

中图分类号: TU 378

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)08-0172-04

Anti-crack analysis for prestressed concrete box structure

YANG Jing-yu

(Hunan Provincial Communications Planning, Survey and Design Institute, Changsha 410008, China)

Abstract: In view of the mechanical characteristics of the structure of prestressed concrete box-type, this paper analyzes the entity unit model by MIDAS, investigates the main reason for the web of cracks, and provides some measures to improve the force applied on the web, which may serve as reference for the similar bridge design.

Key words: prestressed concrete box girder; No. 0th block; web; crack

1 研究对象

本研究对象是汝城至郴州高速公路上的一座特大桥的主跨箱梁 0 号块——全桥受力最为复杂以及最关键的部位。桥梁位于汝城县两江口。单幅桥宽 12 m; 跨径布置为 105 m + 200 m + 105 m; 单箱单室箱形截面。箱梁梁高、底板厚度均按

1.8 次抛物线变化。主跨 T 箱梁根部梁高为 1 200 cm; 跨中梁高为 350 cm; 箱梁顶板全宽为 1 200 cm, 厚度为 30 cm; 底板宽度为 650 cm, 厚度为 120 ~ 32 cm; 腹板厚度分别为 90 cm、75 cm、60 cm、50 cm。箱梁在双肢薄壁墩墩顶处设 4 个 90 cm 厚的横隔板。桥型总体布置见图 1。

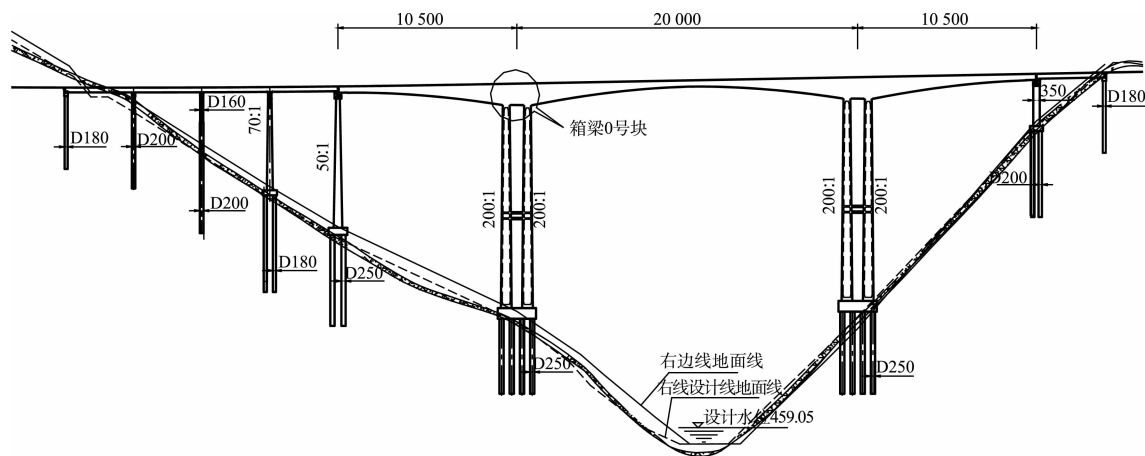


图 1 桥型总体布置 (单位: cm)

收稿日期: 2014-01-03

作者简介: 杨景瑜 (1980—), 男, 工程师, 主要从事公路桥梁设计。

2 预应力混凝土箱梁 0 号块腹板裂缝影响因素

通过整体模型的计算分析及悬臂法施工的桥梁受力特点^[1]，发现在进行裂缝研究时对 0 号块进行局部分析是很有必要的。本文为了能够对腹板斜裂缝进行分析，采用 MIDAS 建立 0 号块局部模型，模型纵桥向长度为 24 m；取主墩的一部分下端固定；局部分析时取距离墩柱顶 5 m 的截面作为局部边界。其计算模型如图 2 所示。

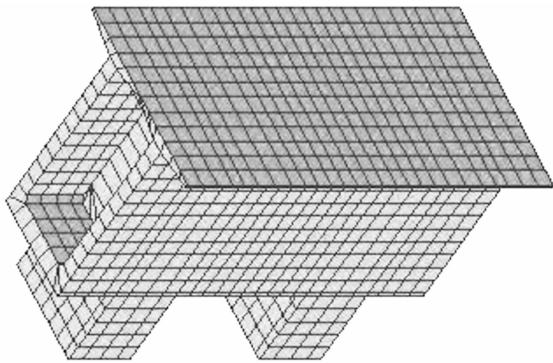


图 2 0 号块模型

2.1 竖向预应力筋的影响

合理的纵向预应力钢束布置可以使主拉应力减小，能够在一定程度上减小斜裂缝出现的几率。但施加纵向预应力对主拉应力改善非常有限，因此需要设置竖向预应力筋对箱梁主拉应力加以限制，从而使腹板内的主拉应力状况得到根本性的改善^[2]。

然而在施工过程中竖向预应力筋的预应力损失很难控制，主要表现在以下几点：

1) 箱梁的高度有限，竖向预应力筋的长度较短，张拉时预应力筋伸长量小，而锚固时回缩难以避免，回缩量极难控制，这部分的预应力损失极大。

2) 灌浆材料本身的抗剪强度非常差；同时在孔道压浆过程中，砂浆水灰比未控制好造成的多孔隙或者压浆不饱满而留下的空间导致预应力钢筋与混凝土粘结效率不高，造成预应力在结构中传递困难，也会使预应力损失过大。

为研究竖向预应力对主拉应力的实际作用，按照竖向预应力损失为 0%、20%、50% 共 3 种情况分别对竖向预应力钢筋预应力效应进行模

拟，并列表进行比较（表 1、图 3）。表格中如无特别说明，拉应力用负值表示，压应力用正值表示，Z 坐标表示在顺桥向距桥 0 号块中心线的距离。

表 1 0 号块主拉应力

截面 Z 坐标/m	节点	各工况下腹板主拉应力/MPa		
		无损失	损失 20%	损失 50%
3.75	867	0.81	0.67	0.22
4.65	1 003	0.63	0.52	-0.12
5.75	1 227	0.66	0.12	-0.48
6.85	1 324	0.50	-0.27	-0.63
7.75	1 158	0.47	-0.32	-0.83
9.45	1 896	0.56	-0.28	-0.78
11.15	1 923	0.49	-0.36	-1.02

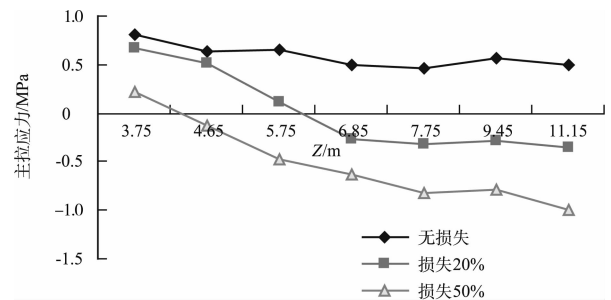


图 3 0 号块在各预应力损失工况下腹板主拉应力对比

从以上计算结果对比可知，竖向预应力在发挥 0%、20%、50% 各不同比例的作用时，在不同的腹板位置、不同的工况作用下，主拉应力值存在较大差异。说明计算时准确考虑预应力的损失比例以及布置位置；施工时尽量减少人工操作引起的预应力损失，对控制腹板裂缝的控制起着至关重要的作用。

2.2 箱梁腹板厚度的影响

在箱梁实际设计过程中，有时采用较薄或等厚度的腹板亦或采用较低的箱梁高度等要素，以满足施工的方便以及美观上的要求。在主拉应力不足时，不是加厚腹板而是通过增加钢筋的办法来满足截面抗剪强度的要求，从而忽略了截面尺寸验算。但如果截面抗剪验算不能通过，增加抗剪钢筋不能弥补截面过小的先天缺陷，构件的破坏将有可能以斜压破坏为主^[3]。

为研究0号块主拉应力对应腹板厚度的变化情况,本节计算仅改变原结构腹板的厚度,其它一切边界条件相同,结果对比如表2,图4、5中所示。

表2 0号块主拉应力

截面		腹板厚度变化时腹板主拉应力/MPa		
Z坐标/m	节点	90 cm	80 cm	70 cm
3.75	902	0.92	0.65	0.21
4.65	1 103	0.67	0.42	-0.16
5.75	1 345	0.83	0.57	-0.50
6.85	1 467	0.46	-0.16	-1.03
7.75	1 328	0.27	-0.23	-0.86
9.45	1 956	0.64	0.23	-0.71
11.15	1 870	0.38	-0.35	-0.96

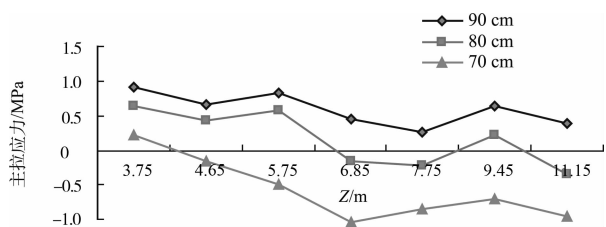


图4 不同腹板厚度下腹板主拉应力对比

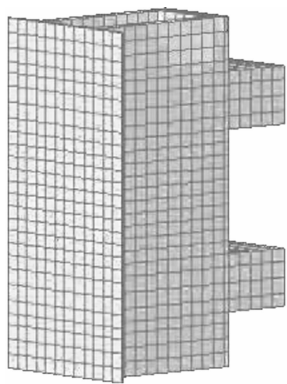


图5 腹板厚度90 cm 应力图

从不同腹板厚度下腹板主拉应力比较表和主拉应力对比图中可以看出,随着腹板的变薄其主拉应力出现并逐渐增大。可见,适当增大腹板的厚度可以降低腹板的主拉应力。但增加腹板截面大小会增加结构的自重,所以在具体操作时一定要慎重选择。

2.3 纵向预应力布置方式的影响

关于纵向腹板下弯钢束对腹板应力产生的影

响有多种看法。为了探讨预应力布置方式对主拉应力的影响,取消了腹板下弯预应力的竖弯,将所有纵向预应力钢筋全部拉直布置^[2]。其各截面主拉应力的对比结果如表3,图6所示。

表3 不同预应力布置方式下0号块各节点主拉应力对比

截面		腹板主拉应力/MPa	
Z坐标/m	节点	有下弯束	无下弯束
3.75	918	0.91	0.21
4.65	1 146	0.67	-0.23
5.75	1 230	0.58	-0.12
6.85	1 589	0.36	0.01
7.75	1 379	0.46	-0.14
9.45	1 866	0.77	0.23
11.15	1 890	0.56	-0.29

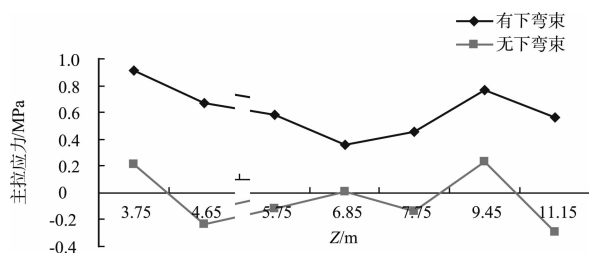


图6 不同预应力布置形式下腹板主拉应力对比

由表3以及图6可以看出,纵向预应力适当的下弯可以有效降低腹板的主拉应力值,建立起足够的纵向有效预应力和下弯束提供的竖向预应力,有效减少或消除主拉应力,从而达到减少或消除腹板裂缝的目的。

2.4 主梁施工水化热分析

混凝土浇注以后,水泥的水化热将使混凝土内部温度逐渐上升,由于混凝土的导热性能差,水泥的水化热将不能被及时释放出来,会使混凝土块体产生内高外低的温差,混凝土表面拉应力大于抗拉设计强度时就可能导致裂缝的产生^[4]。国际预应力协会规定:凡是混凝土一次浇筑最小尺寸大于0.6 m,特别是水泥用量大于400 kg/m³时,应考虑采用水化放热慢的水泥或是采取其他降温散热措施。我国港口、桥梁工程经验也说明对于体积较大的混凝土结构如不采取适当的温控措施,水化热会导致混凝土开裂。

3 改善预应力混凝土箱梁0号块腹板受力措施

3.1 控制竖向预应力钢筋

为了减少预应力损失，改善竖向预应力筋的作用，可以采取如下一些措施：

1) 采用无粘结预应力筋。

2) 缓粘结预应力筋法：在预应力钢束或钢筋上包裹一层缓凝结砂浆，这种包裹砂浆将在安装25 d后才逐渐硬化。为了确保包裹砂浆的缓凝效果，需要较高的包裹层工艺。

3) 真空压浆工艺：真空压浆施工方法要求压浆过程采用又压又吸的工艺，对管道密封性要求高，压浆效果良好，但费用较高。

4) 采用整体锚垫板：在箱梁腹板顶上、下预埋整体的锚垫板，这样腹板就夹在上下锚垫板之间，通过垫板，预应力可实行多点连续传递，腹板纵向整体性以及抗剪能力得到提高。

5) 竖向预应力以采用钢绞线，采用此种措施可减小预应力损失，增大有效预应力，从而达到降低腹板的主拉应力的目的。

3.2 增大腹板厚度和箱梁高度

箱梁高度和腹板厚度的变化直接影响到结构整体的刚度，从而会引起结构内部应力大小和分布的变化。适当增加梁高，腹板主拉应力将会有所下降。

3.3 优化纵向预应力筋的布置形式减少预应力损失

纵向预应力钢筋适当的竖弯有利于改善大跨径梁的主拉应力，因此建议适当布置一些预应力

钢束的下弯钢束，使结构的抗剪预加力在腹板内连续分布，以提供有效的竖向预应力，从而达到降低或抵消主拉应力的目的。

4 结论

1) 竖向预应力在发挥不同比例的作用时，腹板主拉应力值存在较大差异。施工时尽量减少人工操作引起的预应力损失，对控制腹板裂缝的控制起着至关重要的作用。

2) 适当增加梁高及腹板厚度，腹板主拉应力将会有所下降。

3) 纵向预应力钢筋适当的竖弯有利于改善大跨径梁的主拉应力，避免腹板产生裂缝。

4) 在施工期间，加强养护，采取必要的手段如掺冰搅拌混凝土埋设降温管道等以降低混凝土的水化热，减小混凝土内外部温差，从而减小裂缝产生几率。

参考文献：

- [1] 戴公连, 李德建. 桥梁结构空间分析设计方法与应用[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [2] 马保林. 高墩大跨连续刚构桥[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [3] 邵容光, 夏淦. 混凝土弯梁桥[M]. 北京: 人民交通出版社, 1994.
- [4] 雷俊卿. 桥梁悬臂施工与设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 2000.

(本文编辑 郭雪珍)

