

# 预应力混凝土斜交板事故检测与处理

李新乐<sup>1</sup>, 窦慧娟<sup>1</sup>, 宁晓骏<sup>1</sup>, 李睿<sup>1</sup>

(1. 昆明理工大学 建筑工程学院, 云南 昆明 650051; 2. 石家庄铁道学院交通工程系 河北 石家庄 050043)

**摘要:** 对一座预应力混凝土斜交板桥施工事故的检测、分析及事故处理方案等全过程进行了总结, 分析了斜交板张拉破坏的主要原因, 以及工程事故教训, 对今后预应力混凝土斜交板的施工具有一定的指导意义。

**关键词:** 斜交板; 检测; 事故处理

**中图分类号:** U445.7

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-855X(2001)02-030-04

## 1 事故概况

某高速公路1孔20 m分离式立交桥与桥下地方公路斜交(斜交角度为 $120^\circ$ ), 为双向六车道, 本桥台采用重力式桥台, 橡胶支座, 后张法预应力混凝土空心板, 板高度90 cm, 中板宽度120 cm, 正八边形空心, 共计26块板. 混凝土强度等级C40级, 空心板两端预留抗震锚栓孔, 直径7.0 cm, 高度30 cm. 预应力钢筋采用七束钢绞线, 锚具为柳州建筑机械总厂生产的OVM15-6锚, 锚下螺旋筋自制( $\varnothing 16$ ), 螺旋管配套使用.

空心斜交板工程于1997年3月开工, 1997年11月22日开始进行预应力混凝土板钢筋的张拉工作, 此时预应力板施工完成已达28 d以上. 在张拉第一片空心板锐角下部钢绞线时, 张拉力达到796.3 kN(设计张拉力为1 126 kN)时, 锚垫板突然崩裂, 锚下混凝土被压碎, 锚垫板被压进板体3~5 cm. 为避免更大的损失, 在查明事故原因前, 张拉工作全部停止, 之后建设单位、质检单位会同施工单位对本工程的施工质量及设计的全过程进行了全面检测与分析.

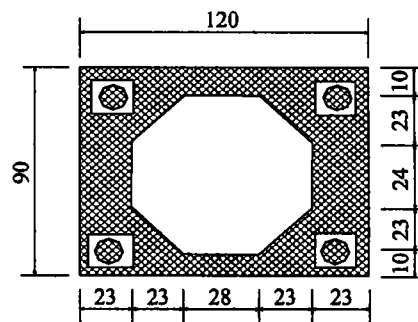


图1 中板支点横截面图(单位 cm)

## 2 事故检测与分析<sup>[2]</sup>

### 2.1 施工质量检测及分析

#### (1) 混凝土原料检测

首先对施工采用的砂、石子、水泥、钢材、锚具等原材料按要求进行批量抽检, 选择建设单位认可的检验单位进行试验, 并查验有关原材料出厂检验报告单, 均达到规范要求.

#### (2) 空心板施工过程原始记录检查

从破坏板的施工原始记录来看, 施工当天为晴天, 气温 $28^\circ\text{C}$ , 施工中技术人员和监理方人员在场, 并检查了混凝土的配合比及塌落度均符合规范要求. 从空心板外观来看虽有少量气泡存在, 但破坏部位混凝土密实情况良好, 混凝土与锚下间接筋结合较好.

(3) 为了解空心板混凝土的施工质量, 首先对全部26片板的施工原始记录和28d空心板试件强度检测表进行抽查, 试件的抗压强度均大于C40. 其次, 在施工、监理的共同参加下, 依据国家行业标准《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》(JGJ/T23-92), 用回弹法检测全部26片空心板的混凝土强度. 采用HT-

收稿日期: 2000-12-18.

第一作者简介: 李新乐(1973. 11~), 男, 硕士研究生; 主要研究方向: 桥梁抗震.

225回弹仪, 率定值经检验合格. 随机取样进行回弹检测, 抽查数量符合 JGJ/T23-92 规程规定的数量要求, 每块板布 4 个测区.

从检测结果可以看出全部检测点强度最小推定值  $\geq$  C40 的有 18 片, 有一个测区强度最小推定值  $<$  C40 的 8 片, 其中有 3 片板有 2 个测区强度推定值  $<$  C40, 但张拉破坏的 5 号板回弹最小推定值均大于 C40.

不合格空心板回弹检测结果见表 1.

(4) 为准确掌握预应力空心斜交板的施工质量, 对用回弹法检测不合格的板再进行取芯检测. 邀请建设单位认可的检测单位进行钻芯取样, 芯样长度为 15cm 以上, 经加工处理进行抗压试验检测准确检测施工完成后混凝土的强度, 取样顺序依次从回弹值最小的板开始, 即先取 10 号、22 号, 后取 26 号、21 号板, 每片板抽取 3 个芯样. 检测结果(表 2)反映出回弹值高的芯样抗压强度也高, 反之亦然. 说明回弹法检测结果是较为可信的, 取样结果其中 3 块板的混凝土强度等级低于 C40 级, 予以报废处理, 其余斜交板合格.

表 1 空心板回弹检测结果 (MPa)

板号	测区1	测区2	测区3	测区4
9	40.6	42.3	39.6	42.5
10	38.5	40.5	39.4	42.3
14	39.7	40.8	41.7	40.3
16	40.5	39.9	40.6	42.5
18	42.5	43.0	39.6	42.3
21	41.6	40.1	39.0	42.0
22	40.6	38.6	39.8	40.6
26	42.3	40.0	39.5	38.9

表 2 芯样混凝土强度检测结果 (MPa)

板号	芯样1	芯样2	芯样3
10	39.2	39.0	40.0
22	40.6	39.8	39.5
26	40.0	39.5	40.2
21	40.5	42.3	41.0

### 2.2 局部承压强度分析<sup>[1][4]</sup>

对预应力混凝土空心板的设计图按“公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁设计规范(JTJ 023-85)”<sup>[1]</sup>第 4.1.24 条作初步检算, 发现锚下局部承压对于交角较小的斜交桥(锐角部分), 若设置锚栓孔预留槽, 则锚下局部承压混凝土厚度不能满足规范要求, 从而使混凝土局部承压面积不够而导致强度不足的可能.

根据规范规定, 局部承压强度公式:

$$N_c = 0.6(\beta R_a + 2.0\mu_t \beta_{hc} R_g) A_c$$

而且据规范<sup>[4]</sup>4.1.24-1 b 图规定, 局部承压区混凝土最小厚度要求  $H \geq d$ .

根据 20 m 空心斜交板原设计图, 计算底面积应采用规范<sup>[1]</sup>中的第 4.1.24-2 中 f 图计.

计算底面积直径

$$d = d_k + 2a + 4a = 27.7 \text{ cm}$$

所以应有  $H \geq 27.7 \text{ cm}$ , 而 20 斜交板原设计图中从锚垫板至锚栓孔预留槽最小距离只有 2.15 cm, (见图 2). 这样按规范要求计算的锚下底面积有一部分就不存在, 即阴影部分(见图 3), 这样就导致张拉时混凝土

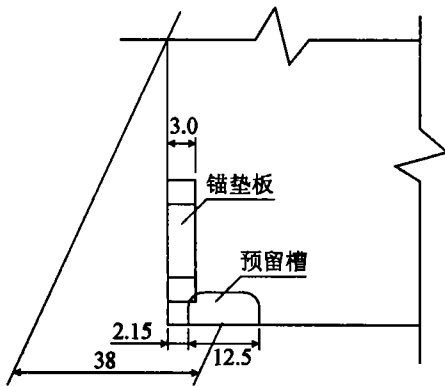


图 2 1/4 平面图 (单位 cm)

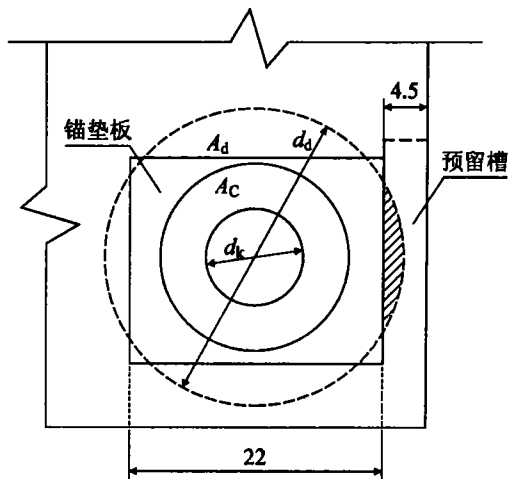


图 3 锚下局部承压区图 (单位 cm)

土局部承压面积减少, 并导致锚下混凝土偏心受压, 引起锚垫板破坏。

### 3 事故处理方案

根据斜交板受力的特点, 结合结构的局部承压强度的分析, 从经济、合理、缩短施工周期的角度, 由建设、监理、设计三方提出了两种较为可行的补救方案:

1) 第一方案为凿除锚下局部混凝土, 重新配制锚垫板和锚下间接钢筋予以加强, 并去掉抗震锚栓预留槽, 灌注环氧树脂混凝土。

2) 第二方案为凿除空心板端部混凝土一定长度, 钝角侧的长度为 60 cm, 锐角侧的长度为 68 cm。肋板和空心加腋范围内的顶板, 其凿除面应与空心板轴线垂直, 以确保凿除面垂直受力。凿除时, 不得切断纵向钢筋、斜向附加筋和有关的横向钢筋。然后重新配制锚垫板、锚下间接钢筋和必要的构造钢筋, 按空心重新灌注板端混凝土(混凝土强度等级要大于或等于 C40 级), 去掉抗震锚栓预留槽。

### 4 事故处理过程及结果<sup>[1]</sup>

#### 4.1 处理方法

鉴于第二方案具有安全可靠、易操作、易保证施工质量的优点, 因此确定第二方案为该桥空心板的补救处理措施。在处理过程中, 施工单位应注意作好以下几点:

1) 凿除过程中尽量把振捣不实部位清除, 特别是锚下的混凝土, 并避免破坏波纹管, 防止混凝土施工时砂浆漏到波纹管里面去。

2) 安放并绑扎钢筋, 特别注意锚具周围钢筋的间距符合改正后的配筋间距和位置要求。

3) 锚垫板与波纹管轴线要一致, 位置符合设计要求。

4) 支模、浇注混凝土的过程中要防止接缝处特别是锚具部位漏浆, 振捣时间要适宜。混凝土采用小粒径石子混凝土, 重做配合比试验确定配比。混凝土中可掺 10% 水泥重量的 UEA 微膨胀剂, 起到使新老混凝土结合严密的作用。

5) 加强混凝土养护: 由于当时气温较低, 为防止混凝土的冻害, 拆模时间应适当延长, 应加强养护管理防止混凝土冻害的发生。

6) 张拉钢筋束的施工要在混凝土强度达到 100% 后并严格按操作规程进行。

#### 4.2 处理效果

本桥已于 1998 年 6 月使用, 经过一年使用观察, 整个结构工程运营情况良好。

### 5 结论

本工程虽经过处理解决了空心斜交板的张拉、安装问题, 但桥梁的抗震能力明显削弱, 对今后运营留下隐患, 在地震作用下的反应有待研究。而且因返工延误工期达二个月, 使整个高速公路施工工期延长, 给投资方带来巨大损失。通过对本次工程事故的处理, 在斜交桥的设计中为避免此类问题的发生需要重点考虑以下几个方面:

1) 斜交板(梁)斜交角度大小的选择中, 应重点考虑板(梁)锐角侧的支撑长度是否满足规范要求。

2) 对有预留锚栓孔的预应力混凝土斜交板(梁), 重点分析锚下局部承压能力, 避免局部压应力过大、强度不足现象的发生。

3) 在斜交板(梁)的施工中, 因板(梁)配筋较密, 特别是板端部锚下钢筋数量更多, 在浇筑混凝土过程中选择适当的振捣方式, 保证锚下混凝土的施工质量。

4) 对有抗震设防要求的斜交桥可以选择其它抗震连接措施, 能够防止上述工程事故的发生, 同时能满足抗震规范的规定。

(下转第 35 页)

无极绳天线系统的最大吊重仅 7 t. 总的吊装费用仅 92 万元. 其经济效益明显优于其它方案.

## 6 结论

1) 本文所提出的施工方法, 施工工序按三条线平行作业, 最大限度地采用工厂化预制以减少工地及高空工作量, 大大加快施工进度, 节省了施工费用;

2) 本文所提出的吊装方法, 利用拱肋支撑吊装重量较大的横梁, 而无极绳天线系统仅需吊装空钢管, 极大地减轻了无极绳天线系统的吊重, 加上空钢管可以视具体情况任意分段, 因此非常适用于大跨度钢管混凝土拱桥的吊装. 采用本方法可以节省造价、加快施工进度、确保施工安全和质量、可以适用于任何地形, 是一种值得采用的方法.

### 参考文献:

- [1] 陈宝春. 钢管混凝土拱桥设计与施工[M]. 北京: 人民交通出版社, 1987. 75~80.
- [2] 汤国栋, 等. 拱式桥梁的新进展[J]. 成都科技大学学报, 1996, (2): 41~52.
- [3] 周汉东, 等. 大跨径钢管混凝土拱桥拱肋吊装施工控制[J]. 中国钢协钢协钢—混凝土组合结构协会第六次年会论文集. 哈尔滨建筑大学学报, 1997, (5): 105~109.

## New Construction Technology of Concrete Filled Steel Tube Arch

LI Rui, NING Xiao-jun, LI Xin-le

(The Faculty of Architectural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650051)

**Abstract:** In this paper, new construction plan of concrete filled steel tube is put forward. And the method of lift and assemble of concrete filled steel tube arch that hang steel tube with no-end cable and hang transverse girder with strut of arch rib is described detail. And it is proved through an example that if concrete filled steel tube arch hanged with this method, the weight of hanging will be reduced, and the fee of lift and assembly will be cut down.

**Key words:** concrete filled steel tube arch; construction plan; lift method; transverse girder between arch rib

~~~~~  
(上接第 32 页)

### 参考文献:

- [1] 交通部颁规范. 公路桥涵设计规范(合订本)[M]. 北京: 人民交通出版社, 1990. 60, 154~155.
- [2] 姚玲森. 桥梁工程(公路与城市道路工程专业用)[M]. 北京: 人民交通出版社, 1990. 53~54.
- [3] [美]C. R. 汉斯, R. A. 劳里. 现代混凝土桥设计[M]. 万国全等译. 北京: 人民交通出版社, 1990. 2~5.
- [4] 邵容光. 结构设计原理(公路与城市道路、桥梁工程专业用)[M]. 北京: 人民交通出版社, 1990. 246~255.

## Detection and Disposition of a Prestressed Concrete Hollow Slab's Accident

LI Xin-le<sup>1</sup>, DOU Hui-juan<sup>2</sup>, NING Xiao-jun<sup>1</sup>, LI Rui<sup>1</sup>

(1.The Faculty of Architectural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;

2.The Department of Communication Engineering, Shijiazhuang Railway Institute, Shijiazhuang 050043, China)

**Abstract:** The paper has a summary about the detection analysis and disposition of the prestressed concrete skew hollow slab's construction accident of bridge, analyses the main reasons about the pulling damage of the skew hollow slab, and the lesson of the engineering accident, at the same time, it has important instruction for the construction of the prestressed concrete skew hollow slab in future.

**Key words:** hollow slab; detection; disposition of accident