

doi:10.3963/j.issn.1001-487X.2022.01.019

先简支后连续钢筋混凝土大桥控制爆破拆除

张文锡

(中铁十四局集团 第四工程有限公司, 济南 250002)

摘要: 为拆除一座先简支后连续预应力钢筋混凝土大桥,根据桥梁自身结构特点及周围构(建)筑物距离,采用分幅分段原地塌落的爆破拆除施工方案。直径1.4 m的无系梁的短墩柱炸高3 m,间距30 cm,排距50 cm的参数布孔;针对直径1.8 m的有系梁的长墩柱在系梁上下方各爆破一段,下段炸高4 m,上段炸高3 m,间距40 cm,排距50 cm的参数布孔。孔内采用连续装药,数码电子雷管正向起爆,通过控制延期实现柔性塌落控制塌落触地振动。采用4层防护措施,严格控制飞石。爆破施工结果表明:爆破网路延期参数合理,实现了柔性塌落,减小了塌落振动,飞石在控制范围内。

关键词: 桥梁爆破拆除; 数码电子雷管; 分段塌落; 振动监测; 飞石控制

中图分类号: TU746.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-487X(2022)01-0130-04

Blasting Demolition of Simply Supported Continuous Reinforced Concrete Bridge

ZHANG Wen-xi

(China Railway 14th Bureau Group 4th Engineering Co., Ltd., Jinan 250002, China)

Abstract: To dismantle a simply supported and then continuously prestressed reinforced concrete bridge, we adopted the blasting demolition scheme of split section in-situ collapse, based on the structural characteristics of the bridge and its distance to the surrounding buildings (structures). The short pier without a tethered beam had a diameter of 1.4 m and a height of 3 m, and the spacing between holes and rows were 30 cm and 50 cm, respectively. Meanwhile, the long pier with a tethered beam had diameter of 1.8 m and it was blasted by two sections separately. The blasting height of the section above the tie beam was 3 m and that of the lower section was 4 m. The hole spacing was 40 cm, and the row spacing was 50 cm. Continuous charge was used in the hole, and electronic detonators were used for top detonation. The collapse-touch ground vibration was controlled by flexible collapse achieved by varying delay times. We adopted 4 layers of protective measures to strictly control flying stones. The blasting results showed that: the blasting network parameters were safe and reliable, and flexible collapse was achieved. The collapse vibration was reduced by controlling the flying stones so as to achieve a good blasting effect.

Key words: bridge demolition by blasting; digital electronic detonator; sublevel collapse; vibration monitoring; slungshot control

1 工程概况

大井堃大桥位于福建省浦城(闽浙界)至南平

高速公路,始建于2008年。大桥全长187 m,桥面净宽2 m×11.75 m,左右分两幅。主桥从浦城至南平有1~5号桥墩,采用C30混凝土浇筑,0#台采用柱式台,6#采用肋板台,共6跨,其中1~5号墩柱跨径为30 m。大桥上部采用预应力砼(后张)T梁,先简支后连续。桥高20 m,大桥重10 000 t,大桥东侧为市区,距离小区273.4 m,西侧为乡镇,最近距离

收稿日期:2021-09-28

作者简介:张文锡(1989-),男,山东曹县人,工程师、硕士,主要从事岩土爆破和拆除爆破方面的研究,(E-mail) crcc14zwx@163.com。

民房 71.9 m,其余西侧较近的民房距离大桥边缘直线为 84.9 ~ 128.1 m。因城市快速发展,需要将大桥拆除。大桥周边四邻环境如图 1、图 2 所示。

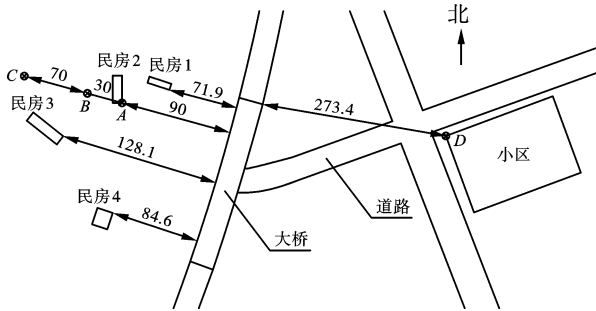


图 1 周边环境示意图(单位:m)

Fig. 1 Scheme of blasting surrounding(unit:m)



图 2 大桥结构照片

Fig. 2 Structural photo of the bridge

2 爆破方案

根据桥梁自身结构特点及周边环境条件综合考虑,可以选用整体单向倾倒或原地塌落爆破施工方案^[1],因为分段原地坍塌不需要爆破预处理立柱周围桥墩,通过逐跨延时爆破网路,减小一次塌落块体质量,能有效的降低塌落振动强度^[2],同时分段爆破有利于桥梁在空中解体,减少了爆破后机械二次破碎工程量,既改善了桥梁爆破效果,又减小了桥梁塌落时触地振动对周围构筑物的影响。现有的关于塌落振动将结构塌落过程简化为一个点源难以全面客观反映其他结构,尤其是多跨桥梁爆破倒塌的触地过程^[3],拟通过实测进行部分验证。

综合考虑,采用分段原地坍塌爆破拆除。总的方法是分段微差爆破左右线 1# ~ 5#墩台一定高度,使上部预应力结构失稳塌落在地面上。根据桥墩具体尺寸及结构,将桥墩分为两组,一组为墩柱中间无系梁的 1#和 5#桥墩,一组为桥墩中间位置存在系梁的 2# ~ 4#桥墩,因为 2# ~ 4#墩柱中间有系梁,将 2# ~ 4#桥墩立柱上爆破分为两段,下段距离地面 0.5 m 以上 4 m,上段 3 m 位于系梁上部立柱上,距离系梁 0.5 m,1、5 立柱无系梁,爆破位置距离地面 0.5 m 以上 3 m。

3 爆破设计

3.1 桥墩 1#、5#参数

3.1.1 炮孔布置

1#、5#桥墩直径 1.4 m,根据相关文献资料^[4-7],设计炮孔直径 $d = 40$ mm;炮孔间距 a 取 0.3 m,排距 b 取 0.5 m,从距离地面以上 0.5 m 的墩柱位置作为最下排孔钻孔位置,每排布置 3 孔,以上 3 m 为炸高段。布孔形式一致,每排中间孔深度 100 mm,两边孔深度 85 mm,上下排距离 0.5 m。1#、5#桥墩每根墩柱钻孔 21 个,其中孔钻孔深度 100 mm 的 7 个,钻孔深度 85 mm 的 14 个。具体炮孔布置示意图如图 3 所示。

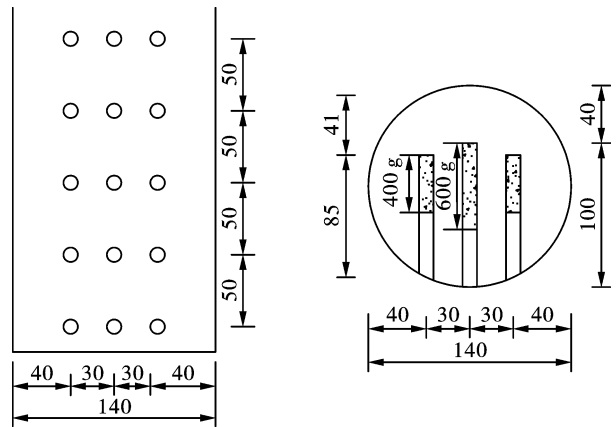


图 3 1#、5#桥墩炮孔布置图(单位:cm)

Fig. 3 Blast hole layout of pier 1# and pier 5#(unit:cm)

3.1.2 装药结构

每个炮孔从底部连续装药,1#、5#桥墩每排中间深孔装药 0.6 kg,每排边上两孔装药 0.4 kg,每个炮孔均采用数码电子雷管起爆,采用正向起爆法将数码电子雷管插入药卷中,每孔装药一发数码电子雷管。炮孔采用炮泥堵塞,保证填塞质量,填满炮孔为止,具体的装药结构如图 4 所示。

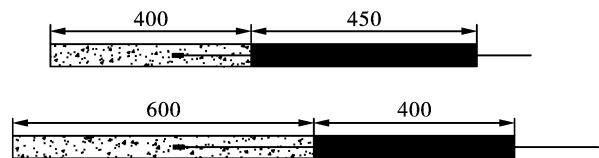


图 4 1#、5#桥墩装药结构图(单位:mm)

Fig. 4 Blasting hole charge structure of pier 1# and pier 5#(unit:mm)

3.2 桥墩 2 ~ 4 号参数

3.2.1 炮孔布置

2、3、4 号桥墩直径 1.8 m,地面以上墩柱存在一个系梁,按照总体方案,在系梁下部及上部分别布置

一截墩柱作为爆破段,下截炸高4 m,上截炸高3 m,炮孔直径 $d=40$ mm;炮孔间距 a 取0.4 m,排距 b 取0.5 m,从距离地面以上0.5 m的墩柱位置作为下截最下排孔钻孔位置,每排布置3孔,布孔形式一致。每排中间孔深度135 mm,两边孔深度115 mm,上下排距离0.5 m,上截以距离系梁顶面以上0.5 m的墩柱位置作为上截最下排孔钻孔位置。2#、3#、4#桥墩每根墩柱下截钻孔27个,其中孔钻孔深度135 mm的9个,钻孔深度115 mm的18个。具体炮孔布置示意图如图5所示。

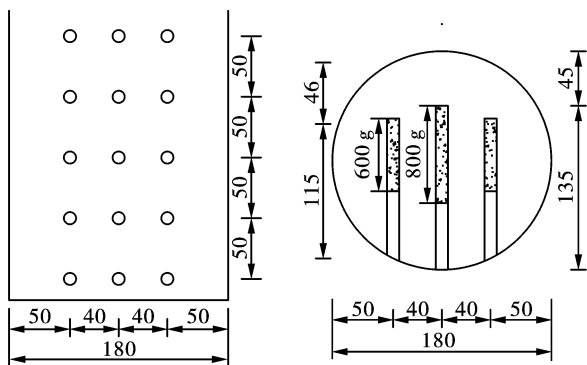


图5 2#~4#桥墩炮孔布置图(单位:cm)

Fig. 5 Blast hole layout of pier 2#~4#(unit:cm)

3.2.2 装药结构

按设计2#~4#桥墩炮孔装药结构形式与1#、5#桥墩炮孔装药结构形式一致,其中2#~4#桥墩每排中间深孔装药0.8 kg,边孔每孔装药0.6 kg,采用数码电子雷管置于每孔装药段中间位置正向起爆,炮孔采用炮泥进行堵塞,堵塞过程中保证堵塞质量。

3.3 起爆网路

大桥共钻孔744个,一次起爆药量462.4 kg,为了提高起爆网路的安全性,采用数码电子雷管起爆网路。因为合理的微差起爆时间能够起到很好的减震效果^[8],一定程度上可以降低爆破振动幅值,多孔微差爆破主要作用是将爆破振动信号在时间上分离开来,以达到降低爆破振动的目的^[9],因此各墩柱起爆时间采用微差起爆。

根据竣工图纸,桥梁采用先简支后连续的工艺施工而成,为了减小塌落触地振动,使得整个桥面柔性坍塌,设计先使后浇筑部位失稳产生应力集中被拉开,然后不同墩柱间的梁有时间差的塌落,减小单件下落构件的质量,从而减小塌落振动。

根据数码电子雷管及起爆器参数,每个起爆器单独起爆数量不超过200发数码电子雷管,因此需要四个起爆器共同组网,选择其中一个作为主起爆器,通过主起爆器连接其余三个继连起爆器来统一

设置起爆顺序及时间间隔,结合每个墩柱钻孔数目,具体网路连接及各墩柱延期时间如图6所示,根据炮孔药量及网路延期设计,最大单段起爆药量为64 kg。

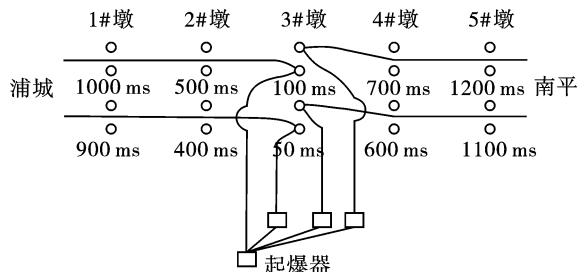


图6 爆破网路连接

Fig. 6 The blasting network

4 爆破安全验算

4.1 飞石控制措施

为满足当天装药当天起爆的时间要求,前期在验完孔以后,将墩柱不遮盖炮孔的位置防护上,仅留下炮孔位置等装药连线完成以后,再将剩余部位防护好。在墩柱炮孔范围及上下0.5 m范围内先包裹两层厚5 cm草帘,在草帘外侧包裹一层铁丝网,在铁丝网外侧包裹一层竹排,确保防护严密。

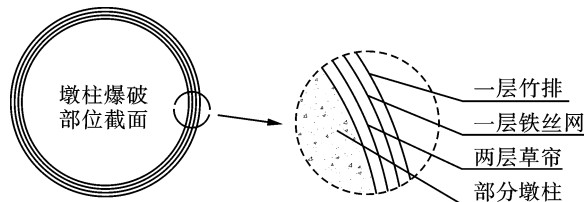


图7 防护措施

Fig. 7 Protective measures

4.2 振动监测

爆破拆除大桥,爆破振动以外,还会由于梁体塌落触地产生振动,为了更好的测得不同距离在桥梁爆破和塌落时的触地振动,因现场限制,只能尽可能将测点布置在垂直桥梁走向的同一直线上。因为村庄一侧构筑物距离桥体更近,因此在村庄一侧布置了三个测点,分别为测点A、B、C,距离桥体由近及远分别为90 m、120 m、190 m,D点布置在城市一侧,距离桥体273.4 m,具体位置如图1中所示。根据爆破拆除塌落振动计算公式及最大单段药量爆破振动公式及现场实测不同距离振速,统计得出图8。

从图中可以看出,按照理论计算,对于该桥如果整体塌落,触地振动要大于设计药量引起的爆破振

动,现场实测 $A、B、C、D$ 点 V_z 大于 V_x ,说明实测结果符合理论推测,该桥拆除振动以塌落触地振动为主,同时可以看出 V_z 和 V_x 数值均小于理论整体塌落振速,在距离桥较近点 $A、B$ 两点测得的振速小于理论塌落和爆破引起的振速,可以验证距离较近时,地面振动实测值小于经验公式计算值^[10]。距离桥较远测点 $C、D$ 点测得振速小于理论整体塌落振速,却与理论值较为接近,说明在距离构建筑较近时,当爆破拆除理论塌落振动大于理论爆破振动时,通过合理设置延期时间来分段塌落能较好的减小振动对周围构建筑物的影响。

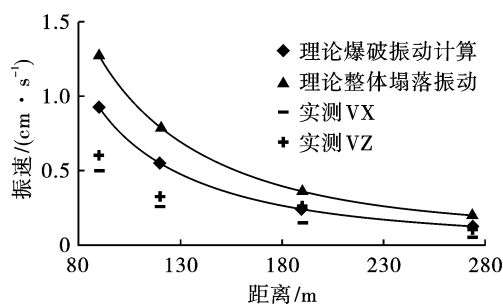


图8 爆破振动

Fig. 8 Blasting vibration

5 爆破效果及结论

(1)先简支后连续桥面断裂位置主要集中在后浇筑位置,如图9所示,连续桥梁分成了6~7段,增加了塌落振动时的触地点,实现了柔性塌落。



图9 爆破现场效果

Fig. 9 Field effect of blasting

(2)通过柔性塌落,减小了单一触地点的下落构件的质量,有效的减小了桥梁塌落触地振动,较好的保护了周围构建筑物。

(3)爆破参数及起爆网路设计合理,防护措施有效的控制了飞石,为类似工程提供了借鉴。

参考文献 (References)

[1] 赵明生,龙源,贾永胜,等. 预应力混凝土连续梁桥

控制爆破拆除[J]. 爆破,2015,32(4):103-109.

- [1] ZHAO Ming-sheng, LONG Yuan, JIA Yong-sheng, et al. Control blasting technology for bridge with prestressed continuous concrete beams [J]. *Blasting*, 2015, 32(4): 103-109. (in Chinese)
- [2] 王璞,周卫华,欧阳光,等. 紧邻既有桥梁的大型钢筋混凝土拱桥爆破拆除[J]. 爆破,2020,37(1):107-112.
- [2] WANG Pu, ZHOU Wei-hua, OU-YANG Guang, et al. Explosive demolition of large reinforced concrete arch bridge adjacent to existing bridges [J]. *Blasting*, 2020, 37(1): 107-112. (in Chinese)
- [3] 刘璇,杨永强,胡进军,等. 多跨桥爆破拆除触地振动衰减规律探究[J]. 建筑结构,2018,48(S2):978-981.
- [3] LIU Xuan, YANG Yong-qiang, HU Jin-jun, et al. Study on the attenuation law of ground vibration caused by blasting demolition of a multi span bridge [J]. *Building Structure*, 2018, 48(S2): 978-981. (in Chinese)
- [4] 国家安全生产监督管理总局. GB6722—2014 爆破安全规程[S]. 北京:中国标准出版社,2015.
- [5] 刘殿中,杨仕春. 工程爆破使用手册[M]. 北京:冶金工业出版社,2003:544-548.
- [6] 汪旭光. 爆破设计与施工[M]. 北京:冶金工业出版社,2015:224-229.
- [7] 汪旭光,郑炳旭. 爆破手册[M]. 北京:冶金工业出版社,2010:689-771.
- [8] 孙从煌,曲艳东,孔祥清,等. 岩石介质中双孔爆破效应的数值模拟研究[J]. 爆破,2017,34(3):37-45, 130.
- [8] SUN Cong-huang, QU Yan-dong, KONG Xiang-qing, et al. Numerical simulation of explosion effects of double-hole blasting in rock medium [J]. *Blasting*, 2017, 34(3): 37-45, 130. (in Chinese)
- [9] 张光雄,杨军,卢红卫. 毫秒延时爆破干扰降振作用研究[J]. 工程爆破,2009,15(3):17-21.
- [9] ZHANG Guang-xiong, YANG Jun, LU Hong-wei. Research on seismic wave interference effect of millisecond blasting [J]. *Engineering Blasting*, 2009, 15(3): 17-21. (in Chinese)
- [10] 杨永强,胡进军,谢礼立,等. 高架桥爆破拆除触地振动速度特征分析[J]. 振动与冲击,2016,35(11):151-154.
- [10] YANG Yong-qiang, HU Jin-jun, XIE Li-li, et al. Characteristics of ground vibration velocity in viaduct blasting demolition [J]. *Journal of Vibration Shock*, 2016, 35(11): 151-154. (in Chinese)

英文编辑:袁必和