

连续箱梁临时固结支墩爆破拆除技术

王军辉, 杨威, 李程远

(中国人民武装警察部队水电第五支队, 江苏 常州 213135)

摘要:杭长客运专线跨上瑞高速特大桥连续箱梁临时固结支墩因采用大范围人工凿除的方案, 作业时间长, 拆除时耗时费力, 且属高空作业, 非常困难, 不利于工期要求, 经研究采用爆破施工方案。根据施工场地情况和爆破特点, 为了严格控制爆炸能量和爆破规模, 采用毫秒微差爆破。在精密计算爆孔装药量的基础上, 经过3次爆孔试验确定爆破参数, 并严格采取防护措施。施工结果表明, 爆破效果良好, 连续箱梁临时固结支墩爆破拆除方法具有破碎效果好, 拆除速度快的特点。

关键词:连续箱梁; 临时固结支墩; 爆破拆除; 上瑞高速特大桥; 杭长客运专线

中图分类号:TV542 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-7647(2014)S1-0029-04

1 工程概况

杭长客运专线跨上瑞高速特大桥位于江西省分宜县境内, 横跨上瑞高速公路。主桥为三跨连续箱梁, 主跨100 m, 采用挂篮悬臂施工。临时固结根据设计图纸要求由4根混凝土支墩在墩梁间四周连接组成, 支墩平面尺寸为1.5 m×1.5 m, 标号为C50, 高度比永久性支座高5 mm, 锚固钢筋采用 $\varnothing 28$ 螺纹钢, 临时墩钢筋布置为 $\varnothing 28 \times 10$ cm, 共设50根钢筋, 锚固钢筋通长设置, 埋入承台1.2 m, 梁体内各1 m, 如图1所示。每根临时支墩待桥梁合龙前拆除, 拆除时采用人工凿除临时支墩顶部10 cm高范围混凝土, 然后用气割割断各锚固钢筋的方法。但是根据施工

经验采用此方法作业时间长, 拆除时耗时费力, 且属高空作业, 非常困难, 不利于工期要求, 有时甚至会因为拆除临时支墩不同步而造成箱梁的标高偏差。

因此, 施工中取消了大范围人工凿除的方案, 而采用爆破方案。爆破方案安全快捷, 一次性爆解除体效果良好, 节省了人力物力, 保证了跨上瑞高速特大桥按计划日期合拢。

2 爆破设计方案

2.1 爆破特点

- a. 钢筋比较密集, 并且采用的是 $\varnothing 28$ 的粗钢筋。
- b. 混凝土标号高, 混凝土实际强度已达60 MPa。

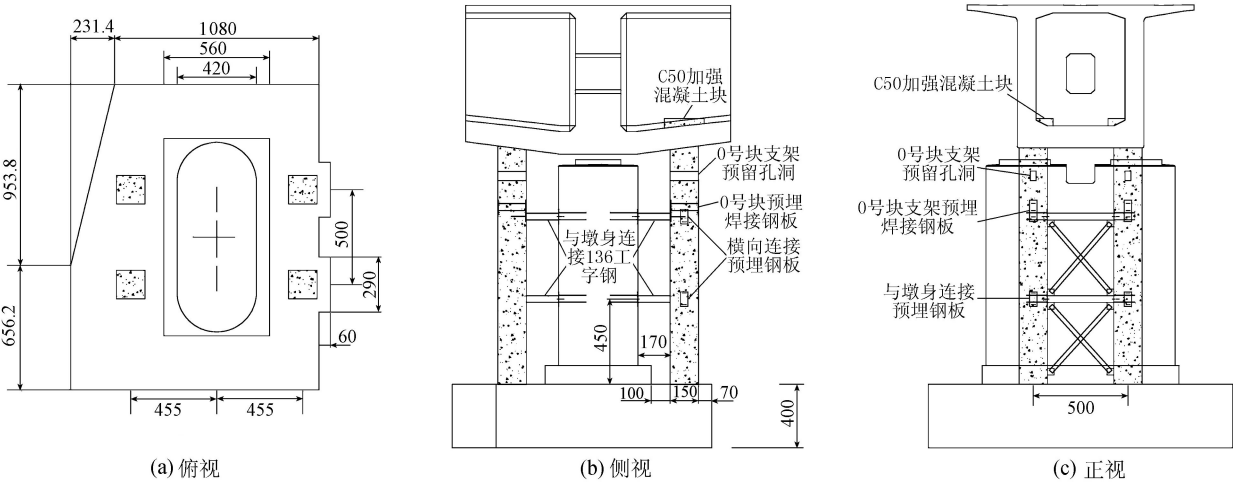


图1 跨上瑞高速特大桥临时支墩布置示意图(单位:cm)

c. 跨上瑞高速特大桥 8 号、9 号墩位于上瑞高速公路两侧,公路为双向四车道,车辆来往频繁,公路两侧有架立电线和电缆线,爆破环境复杂。因此对爆破方法的安全性和可靠性要求较高。

2.2 设计原则

- a. 确保箱梁与临时支墩连接处不过度损坏。
- b. 确保周围建筑、管线和人员安全。
- c. 确保高速公路通行安全。

2.3 爆破方法

为了严格控制爆炸能量和爆破规模,使爆破的声响、振动、破坏区域,以及破碎物的散落范围,控制在规定限度以内,采用毫秒微差爆破。通过采用低威力、低爆速的炸药,选择或制造较多的临空面,多钻孔,少装药,选取最佳的微差间隔时间和起爆顺序,达到“破散不抛”、“就近坍落”的效果^[1-2]。

2.4 炸药

选用 SB 型乳化炸药,爆速 4 150 m/s,殉爆距离 9 cm,临界直径 13 cm。SB 型乳化炸药爆炸性能好,爆轰感度高而机械感度低,成本低廉^[3]。

2.5 药量计算

- a. 爆破不耦合系数计算公式为

$$D = d_k / d_l = \sqrt{(1 - \alpha) (\rho_0 / \sigma_c)^{1/r} + \alpha}$$

式中: D 为不偶合系数; d_k 为炮眼直径,cm; d_l 为炸药直径,cm; α 为爆生气体分子余容系数,为 0.395; ρ_0 为爆生气体的初始压力; σ_c 为支墩混凝土的三轴抗压强度,为 51 MPa; r 为绝热指数,为 1.2。由上式可计算得 $D=2.39$,炮眼直径 $d_k=4.2$ cm,故炸药直径 $d_l=d_k/D=4.2$ cm/ $2.39=1.8$ cm。

- b. 爆破周边炮眼间距 E 计算公式为

$$E = 54.2976 K_F d_l$$

式中 K_F 为支墩混凝土抗破坏屈服系数,取 0.53。因此可计算得 $E=52$ cm。

- c. 爆破抵抗线的计算。理论和实践均证明爆破炮眼间距 E 与最小抵抗线 w 之比取 0.8 为好,即 $E/w=0.8$,这样得到 $w=1.25E=1.25 \times 52$ cm=65 cm。

- d. 爆破炮眼装填系数的计算公式为

$$\beta = (Ew\tau + \sigma_c EL) / (\sigma_c d_k + \sigma_c E)L$$

式中: β 为爆破炮眼装填系数; τ 为支墩混凝土抗剪强度,为 3.57 MPa; σ_c 为支墩混凝土抗拉强度,3.57 MPa; L 为炮眼深度, $L=115$ cm。可计算得 $\beta=0.726$ 。

- e. 爆破单孔装药量初始值计算公式为

$$Q_k = \pi d_l^2 \beta L \rho_0 / 4$$

式中: Q_k 为单孔装药量,g; ρ_0 为炸药的密度,为 1 g/cm³。可计算得 $Q_k=212$ g。

2.6 爆破试验

结合施工生产进行爆破试验,每次爆破使用一

排钻孔,试验完成后在该支墩上进行第二排爆破孔的钻孔,进行第二次试验,直至试验完成。

- a. 第一次爆破试验。按照计算装药量对第一个背靠高速公路的墩子进行钻孔与爆破,爆破结果显示,仅能将混凝土炸松,无法形成抛掷效果,钢筋仅发生变形,并未脱离支墩。试验结果表明,爆破参数不合理,主要原因是在计算过程中,未考虑钢筋对混凝土的影响,解决方案为增加装药量或减少钻孔间距。由于此处临近高速公路,为了防止爆破飞石,决定采用减少钻孔间距的方法,再次进行试验。

- b. 第二次爆破试验。将钻孔间距由理论计算的 65 cm 调整为 40 cm,装药量不变,爆破结果显示,临时支墩混凝土已经全部碎裂,钢筋向外弯曲 10°~15°,但同样未形成抛掷效果。试验结果表明,临时支墩的钢筋布置过密(10~12 cm),直径过粗(主筋 28 mm,箍筋 16 mm),导致其对混凝土的包裹作用远大于混凝土本身的抗爆作用。调整爆破钻孔间距至 20 cm,再次进行爆破试验。

- c. 第三次爆破试验。按照钻孔间距 20 cm,单孔装药量 210 g 进行爆破,爆破结果较为理想,钢筋弯曲 15°~30°,支墩形成完整爆破漏斗,爆破抛掷作用明显,飞石距离 30~60 m。

- d. 爆破参数最终确定为:钻孔间距 20 cm,孔排距按照爆破试验结果,应该为 16 cm,但考虑到安全因素,采用弱抛掷爆破,将孔排距调整为 20 cm;由于单根乳化炸药的质量为 200 g,若采用 210 g 的单孔装药,药量很难控制,调整为 200 g,分 4 节,每节 50 g,平均布置在单孔内。

2.7 炮孔布置

每根临时支墩炮孔成三角形对称布置(图 2),分 5 排,每排间距 10 cm,最上一排距离墩顶 25 cm,孔距 20 cm,孔径 3.8 cm,孔深 1.15 m。炮孔采用 YT20 手风钻凿孔,当遇到钢筋时,稍微调整,整体距离不足时,可以减少一排钻孔,即减少一个 5 号钻孔。

2.8 实际装药量

如图 2 所示,采用乳化炸药,每个炮孔内装药 200 g,将炸药平均分成四部分绑在细木条上放入。由此每根临时支墩实际装药量为: $Q=200$ g $\times 12=2400$ g。

2.9 起爆网络

采用普通毫秒延期电雷管起爆,为减少地震波对桥墩和箱梁的影响,根据孔位不同分别帮上 1 段、3 段、5 段毫秒雷管以控制起爆顺序。同一个墩的 4 根临时支墩同时爆破,段位成对称布置,每根临时支墩采用先两侧后中间的顺序,各段延期时间如下:

梁底面至爆破区域以下 3 m 的范围。

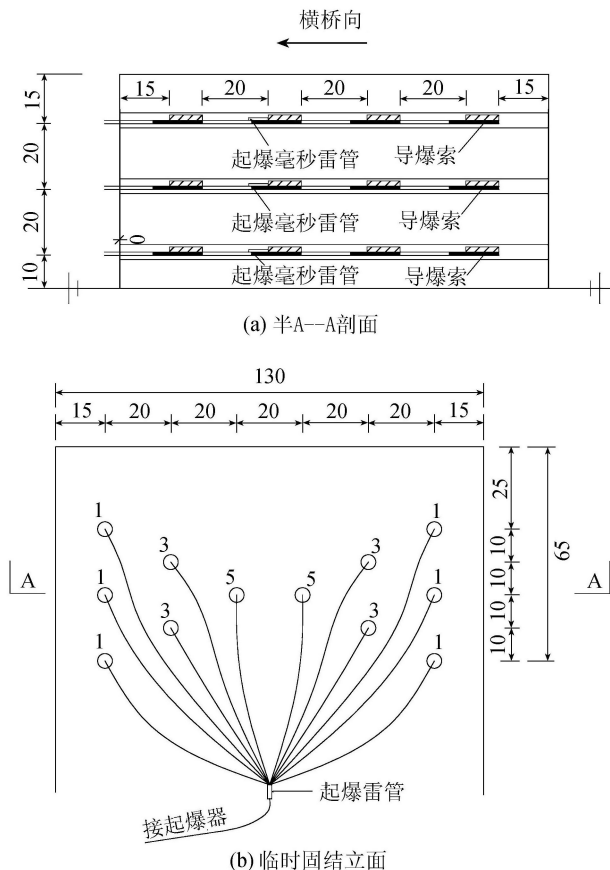


图2 炮孔布置示意图(单位:cm)

1 段小于 13 s, 3 段 50 s, 5 段 110 s。爆破网路采用串联网路, 起爆电源使用专业 MFB-200 型起爆器。

3 安全检算与安全防护

3.1 爆破震速检算

a. 质点垂直振动速度计算公式为

$$v = K ((\sqrt[3]{Q})/R)^{\alpha}$$

式中: v 为建筑物质点垂直振动速度, mm/s; K 为与混凝土强度、爆破方法、爆破条件相关的系数; Q 为最大一段装药量, kg; R 为自爆源到被保护建筑物的距离, m; α 为爆破地震波随距离的衰减指数。

b. 对于本爆破工程, $K = 90$, $Q = 0.564$ kg, $R = 2$ m, $\alpha = 1.4$, 可计算得 $v = 26$ mm/s < 40 mm/s。根据规程, 坚固的混凝土构筑物的振速临界值是 40 mm/s, 因此本爆破工程不会对周围箱梁、墩身和其建筑物造成损坏。

3.2 安全防护措施

a. 正面防护。面对高速公路方向, 距离高速公路仅 20 ~ 30 m, 为重点防护对象, 采用双层柔性防护措施, 如图 3 所示。柔性防护材料为塑料雨布外包密目铁丝网制作而成, 分别悬挂在距离临时支墩 2 m、5 m 的位置, 形成二重防护体系, 防护高度为箱



(a) 侧视



(b) 正视

图3 双层柔性防护措施

b. 侧面防护。侧面距离高速公路较远 (40 ~ 60 m), 采用单层柔性防护措施, 柔性防护材料、防护范围与正面防护相同。

c. 公路防护棚架上的防护。由于悬臂施工在高速公路路上搭设了防护棚架, 这项措施使得可以在防护棚架上采取措施, 增加防护的效果。在距离路面 1.5 m 范围内, 采用刚性防护, 防护材料为木模板, 其作用是防止碎石滚入公路区域。在距路面 1.5 m 以上至防护棚架顶, 采用单层柔性防护网, 柔性防护材料与正面防护相同。

d. 其他控制措施。精心设计爆破方案, 控制一次起爆总药量和单孔药量, 确保箱梁和临时支墩连接处不过度损坏; 各级人员必须持证上岗; 做好对爆破器材的存、运、用等工作; 确保装药、堵塞、连线关键工作的施工质量。

4 爆破效果

跨上瑞高速特大桥共 2 座主墩, 8 根临时固结支墩, 分两次爆破。爆破时混凝土约 1/2 粉碎飞出, 无遮挡下飞石范围在 20 m 以内, 无大块飞石, 幕帘遮挡范围无飞石穿透; 剩余混凝土约 1/4 就地坍塌, 约 1/4 破碎松动, 锤击即可敲落。爆破后对周围箱梁、墩身、盆式支座均无损坏。爆破效果良好。图 4 为爆破防护效果。



(a)起爆刚发生时



(b)起爆过程中



(c)起爆结束

图4 爆破防护效果

5 结 语

杭长客运专线跨上瑞高速特大桥连续箱梁临时固结支墩采用爆破方案拆除,取得了很好的效果。临时固结支墩爆破方法的关键在于根据具体情况,调整相应的布孔方式、装药量和起爆网路,以确保在安全的前提下,达到最佳的爆破效果。

临时固结支墩爆破拆除方法具有破碎效果好、拆除速度快的特点,可以节省人力物力,缩短工期,保证体系转换的质量,值得推广应用。

参考文献:

- [1] 陈绍珍. 连续箱梁临时支座预留孔爆破拆除方法[J]. 工程爆破, 2004(4): 53-55.
- [2] 金勇. 箱梁临时支座拆除技术[J]. 煤矿爆破, 2012(3): 33-35.
- [3] 张立岩. 连续箱梁临时支座爆破拆除技术[J]. 中国科技信息, 2008(1): 41-42.
- [4] GB6722—2011 爆破安全规程[S].
- [5] 刘殿中, 杨仕春. 工程爆破实用手册[M]. 2版. 北京: 冶金工业出版社, 2003.

(收稿日期: 2014-07-04 编辑: 熊水斌)

· 简讯 ·

2014 年高面板堆石坝安全性研究及软岩筑坝技术进展研讨会在南京召开

为总结和交换高面板堆石坝安全性研究最新成果及软岩筑坝技术最新进展,由中国水力发电工程学会混凝土面板堆石坝专业委员会主办、河海大学承办的 2014 年高面板堆石坝安全性研究及软岩筑坝技术进展研讨会于 2014 年 9 月 25 日在江苏南京召开。全国水利水电工程设计、施工、建设、监理以及相关高校和科研等 45 家单位的约 110 名专家和学者参加了会议,中国工程院马洪琪院士和国际大坝委员会荣誉主席、中国大坝协会秘书长贾金生出席会议。

会上,马洪琪院士作了特邀报告“高面板堆石坝安全性研究技术进展”,总结了国内 200 m 级高面板堆石坝建设经验与存在问题,探讨了 250 ~ 300 m 级超高面板堆石坝安全建设面临的主要技术问题,介绍了最新研究进展。贾金生作了特邀报告“胶结颗粒料坝研究进展”,对近年面板坝出现的问题进行了总结,提出了改进方向,介绍了胶结颗粒料筑坝技术的特点及其在大坝中的应用。中国水利水电建设工程咨询有限公司总工、专委会副主任委员兼秘书长杨泽艳等 8 位专家、学者作了混凝土面板坝软岩筑坝技术进展、现代碾压堆石坝基础理论探讨与思考、300 m 高面板堆石坝安全性及关键技术研究课题介绍、高面板堆石坝安全评价方法、古水和茨哈峡等高坝安全控制指标和工程措施、筑坝材料试验研究、面板坝坝体应力变形特性、面板坝动力分析方法、安全监测技术研究与探索等专题报告。

(本刊编辑部供稿)