

文章编号:1671-2579(2004)02-0058-03

# 桥位采空区的探测方法与处治技术

颜向群, 刘建华

(长沙理工大学, 湖南 长沙 410076)

**摘 要:** 结合某桥基底采空区的处理实践, 阐述了物探技术在采空区探测中的应用, 浅析了采空区桥基稳定性评价, 总结了灌浆法处理采空区的施工工艺及注意事项。

**关键词:** 桥基; 采空区; 物探; 灌浆法

\*

地下矿层采空后, 其上方覆盖的岩层失去支撑, 使上方岩层产生移动变形, 有可能导致各类建筑物(包括线路、桥涵等)变形破坏, 甚至倒塌。在公路选线时, 对大型采空区多采取避让, 而对于小型的煤窑采空区, 如采取避让方式通过, 则有可能增加线路里程及工程造价, 这就需要对小煤窑采空区进行稳定性评价及处治, 综合比较, 确定线路方案。如果在桥基下存在采空区, 危险性更大, 必须采用综合勘探手段(如物探), 查明采空区的规模、分布、填充情况, 并对采空区做出科学的稳定性评价。

## 1 工程地质概况

某公路高架桥设计为  $5 \times 40$  m 预应力混凝土简支 T 梁桥, 桥宽 13 m, 基础采用桩基。桥位地处 U 型沟谷, 地形起伏较大。地质上覆新生代第四系土层, 主要为河谷沉积和残坡积物。下伏古生代二叠系中-薄层煤系地层岩石, 主要岩性为砂岩、炭质页岩、泥岩、泥质砂岩, 呈互层分布, 中夹三层煤: 煤、煤、煤。煤层的产状和其围岩产状基本一致, 在浅层以  $40^\circ$  倾角向西(沿  $5^\circ$  台方向)延伸, 深部产状趋缓。

桥位及其附近区域的采空区有两类: 一类为小煤窑开采形成的采煤巷道, 分布浅, 多为废弃的矿井, 属个体开采的巷道。这类巷道分布没有资料记载, 巷道支护简单或没有支护, 矿井多已垮塌, 被充填或部分充填。桥位下的采空区即为该类型。另一类为国有大矿井开采的采空巷道, 巷道分布有详尽的资料记载, 桥位下没有该类采空。

## 2 探测方法

因第一类采空区的无规律性, 拟定采用物探技术, 快速、准确地诊断采空区的位置、规模, 为地基稳定分析及治理采空区提供科学依据。

该桥位采用高密度电法与浅层地震法对采空区进行综合勘察, 通过两者的结果相互验证, 基本探明了采空区位置与规模。

### 2.1 测区地质地球物理条件

根据测区地层岩性分析, 页岩和泥质砂岩电阻率比较接近, 一般为  $n \times 10^{-1} \sim n \times 10^{-2} \Omega \cdot m$ , 砂岩电阻率一般比页岩和泥质砂岩高, 在  $n \times 10^{-2} \Omega \cdot m$  以上, 煤层和炭质页岩电阻率一般为  $n \times 10^{-1} \Omega \cdot m$  左右。如巷道或采空区为空洞, 则空洞与非采空区完整地层的电性有较大差异, 表现为相对高阻异常。因此, 具备在区内开展高密度电法工作的前提条件。同时, 区内不同地层存在波阻抗差, 砂岩波速值较高, 页岩、煤层波速值较低, 采空区(充填或未充填)边界是强反射界面, 测区开展浅层地震勘探的物性前提条件较充分。

### 2.2 测线布置

根据勘察目的和测区地层分布情况, 测线平行桥轴线布置。中间 5 条线按 10 m 线距布置, 两侧两条线间距为 20 m, 点距为 5 m。地震施测中间 3 条测线, 点距 2 m; 为了与高密度电法对比, 在 K31+942 ~ K31+990 之间, 以大桥中轴线为中心线, 布置了间隔 6.5 m 的 2 条 1 m 点距浅剖面线和 1 条 1 m 点距的联络线。工作区存在不同地表障碍, 如河床宽 10 余 m, 采用浅

收稿日期: 2003-11-20(修改稿)

作者简介: 颜向群, 男, 大学本科, 工程师。



计算扩散半径  $r_0 = 4.1$  m, 实测扩散半径  $r = 3.8 \sim 5.1$  m, 现场在 3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup> 墩底按  $r = 4$  m, 以桩基为中心按三角形布孔。未充填或半充填采空区的浆液扩散半径从理论上无法确定, 现场根据煤层走向, 纵桥向孔距按 20 m 布置, 横桥向按 5 ~ 10 m 布置。钻孔布置见图 2。灌浆孔径采用  $\phi 91$  mm。

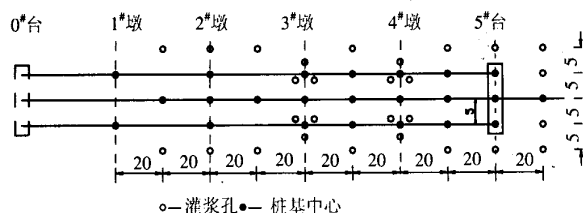


图 2 钻孔布置图(单位:m)

#### 4.2 灌浆材料的选择

本桥位基础下的灌浆结石体必须具有一定的强度, 同时兼顾经济性原则, 浆液材料设计采用水泥 + 粉煤灰作为充填固结材料。依据试验段压水试验成果, 水固比采用 1:1.1 ~ 1:1.5 能满足要求。一般情况下, 浆液应具有良好的流动性和流动性维持能力, 以便在不太高的灌浆压力下获得尽可能大的扩散距离, 但由于巷道的连通性, 为避免浆液扩散至不必要的位置, 对于外围钻孔, 水固比宜取高值, 必要时, 可加早凝剂。

#### 4.3 灌浆注意事项

灌浆采用自下而上分段灌注法, 灌浆段长控制为 4 m。在成孔后灌浆前必须对灌浆孔进行洗孔清渣工作, 以使浆液渗透顺畅。每灌浆段开始时, 宜先采用水灰比为 1:1.5 的水泥浆液试灌, 当吸浆量大时, 再采用水泥、粉煤灰浆液灌注。灌浆孔施工次序应按先深后浅、先外部后中心的原则进行。外围孔灌浆完成后, 对中心孔灌浆能起到帷幕作用。

灌浆压力对灌浆效果影响很大, 一般情况下, 灌浆压力越大, 可使浆液流得越远, 更好地压入细小的裂隙和孔洞中, 且有利于浆液凝结密实, 提高结石强度。但压力太大, 可能会使原来的地质条件恶化, 产生新的裂隙, 特别是外围钻孔, 过大的压力将会造成浆液灌到需要灌注的范围以外, 造成浪费。灌浆压力可按经验公式估算。

因巷道地质的特殊性, 在经验公式估算的基础上, 应在试验段灌浆时予以验证。该桥根据试验资料, 当

压力达到 1 500 kPa, 灌浆段单位吸浆量小于 0.05 L/min·m 时, 延续 30 min 可终灌, 采空区充填可达到满意的程度。施工灌浆压力应根据吸浆量的大小采用逐级升压的方法, 升级压力可采用 300、500、1 000、1 500 kPa 四级进行。

采空区灌浆时, 经常出现孔口无压力的情况, 吸浆量比较大。一般地, 在灌浆量达到设计量的 60% 时, 孔口仍无压力, 可停灌 12 ~ 24 h, 再注稠浆或小流量注入, 当孔口有压力后, 根据压力的上升程度, 调整泵量及浆液配合比。

特别要注意的是, 因巷道的连通性, 灌浆过程中要注意观察毗邻钻孔的孔深、水位情况, 发现两孔或多孔串浆时, 应采取多孔同时灌注或交替灌注, 防止个别钻孔被堵。

#### 4.4 灌浆效果

灌浆施工结束后, 在灌浆体内进行钻孔检验, 采用注水、压水试验测定灌浆段的渗透系数, 未超过  $10^{-4}$  cm/s 时, 则密实充填程度满足质量要求。从所取岩芯可见, 巷道、裂隙已被浆液充填, 达到了加固目的。

## 5 结语

采空区的加固处理是一个新课题, 从该桥位采空区处理来看, 由于桥位区域是稳定的, 对采空区的处理主要是保证桥基附加应力对采空区的影响, 在横桥向灌浆孔位置离桩基中心只有 5 m, 加上扩散半径, 处理范围约 10 m。桥位处理范围需要多大, 尚有待于进一步研究。

总之, 在工程建设中要尽可能避让采空区, 当必须穿过采空区时, 宜采用物探手段探明采空区的位置、规模, 并对采空区的稳定性做出科学的评价, 如需处理, 采用灌浆法是行之有效的方法之一。

#### 参考文献:

- [1] 地基处理手册编写委员会. 地基处理手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994.
- [2] 林宗元, 主编. 岩土工程勘察设计手册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1996.
- [3] 何继善. 防灾减灾工程理论与实践[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2001.