

文章编号: 1008-844X(2009)03-0080-02

运用强夯法处治采空区地基的工程实践

刘 超

(湖南省高速百通建设投资有限公司, 湖南 长沙 410001)

摘 要: 结合常吉高速公路采空区地基处理工程实践, 介绍了强夯采空区地基试验, 强夯法施工工艺及注意事项, 夯击效果试验分析表明, 强夯法是一种经济、有效的浅层采空区地基处理方法, 可在公路浅层采空区地基处治中值得推广应用。

关键词: 高速公路; 强夯法; 浅层采空区; 地基处理

中图分类号: U419

文献标识码: B

常吉高速公路 $197+290 \sim 197+580$ 段经过沅陵县官庄镇的荔枝溪, 位于河道 I、II 级阶地上, 地面标高 $200 \sim 206$ m 路基设计填土高度 $0 \sim 3$ m 地质情况为上层亚粘土, 厚约 $3.5 \sim 8$ m 下层为泥卵石, 厚约 $0.6 \sim 5$ m。由于该路段当地群众多年采金挖洞, 处于泥卵石层处形成了其洞体、坑道大小不一、分布零乱的采金洞区即地下采空区。在该采空区地段修建公路路基及构造物, 必须对其采空区地基进行处理, 确保地基稳定。

1 确定地基处理方案

根据该工程地质条件和设计方案, 进行了多个方案比较:

1) 采用碎石桩和土工格栅处理: 不仅耗费大量工程材料, 而且施工工艺多, 工期长, 工程造价高, 施工质量很难保证。

2) 挖孔填充: 考虑到该地基亚粘土层厚度只有 $3.5 \sim 8$ m 采用人工挖孔填充。因洞、坑零乱很难保证质量, 又施工不安全, 增加了造价, 工期长, 这方案不可取。

3) 强夯法: 使用设备简单, 施工方便, 速度快, 加固效果好, 成本少, 既可夯实填实采空区保稳定, 又能提高地基的承载力。

经上述方案对比后, 确定采用强夯法对该地基加固处理。

2 强夯采空区地基试验

1) 为了制定行之有效的强夯施工方案, 先组织人员在 $197+290 \sim 197+580$ 段地基中选做了两个

强夯试验点, 通过试验获取路基挖方区和填方区中夯击次数与夯沉量的关系, 得出了合理的强夯设计参数。

2) 参数试验。

强夯加固影响深度一般根据经验公式 $D=(0.4 \sim 0.6)(MH/10)^{1/2}$ 进行估算。0.4~0.6 为系数, 与土质、层厚有关。根据常吉高速公路 $197+290 \sim 197+580$ 段路基的设计资料、现场实际情况及结合以往强夯工程取得的经验数据, 系数取值为 0.4。

3) 强夯设备: 采用 15 吨带式吊车带撑杆作为提升机具。夯锤重 120 kN 以 20 mm 厚的钢板为底, 夯锤底面直径为 2 m 落距 10 m 对土层进行夯击试验, 本工程最佳夯击能取 $1200 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。内设多层锚固钢筋并满浇混凝土, 锤底到锤面埋有 5 根 $\phi 100$ mm 的通气管, 以降低夯击的气垫作用, 锤顶采刚性吊环, 使用吊钩得以迅速而方便的挂上。自动脱钩装置由船用脱钩装置改变而来, 开钩拉绳一端系在脱钩装置的把柄上, 另一端穿过焊在吊车大钩侧板上的转向滑轮, 然后固定在吊车起重臂底部的轴上, 当夯锤起吊到预定高度时, 开钩拉绳即张紧而拉开脱钩装置的锁卡, 使夯锤脱钩下落。

4) 对于路基挖方区, 为了切实减小采空区对路基运营后造成潜在的危害, 采用 $1200 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 的夯击能量对该区段进行单点 5 次夯击, 夯点间距为 $3.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$ 夯击方式采用隔点、不隔行的跳夯方式, 收锤标准为最后 2 击平均夯沉量要小于 5 mm 否则要继续夯击, 直至满足这一要求为止。主夯点完工后, 先用推土机整平场地, 再用压路机把地表松动层压实。

5)对于路基填方区,采用 $1\ 200\ \text{kN}\cdot\text{m}$ 的夯击能量对该区段进行 2 遍夯击,第 1 遍单点 4 次夯击,夯点间距为 $3.0\ \text{m}\times 3.0\ \text{m}$ 夯击方式采用隔点不隔行的跳夯方式;第 1 遍主夯点完工后,整平场地,进行第 2 遍单点 3 次夯击,夯点间距为 $3.0\ \text{m}\times 3.0\ \text{m}$ 与第 1 遍位置错开,夯击方式采用隔点不隔行的跳夯方式,收锤标准均为最后 2 击平均夯沉量要小于 $5\ \text{mm}$,否则要继续夯击,直至满足这一要求为止;第 2 遍主夯点完工后,先推土机整平场地,再用压路机压实地表松动层。

6)鉴于采金采空区上覆粘土含水量大,为了提高该段路基土的压实度和降低其含水量,并能将下伏采空区中的松散颗粒土进行有效压实,在夯坑中采用抛填片石的方法对路基进行强夯挤压加固。夯坑中抛填的片石要求粒径不大于 $30\ \text{mm}$,片石级配良好,含泥量不大于 5% ,施工时要求三锤一填。

3 强夯法施工工艺概述

1)夯击参数和夯点布置:依照试验所得数据,确定施工中每个夯击点夯击 $5\sim 7$ 次,夯击 2 遍,夯击点间距为 $3\ \text{m}$ 后一遍落距为 $3\ \text{m}$ 每点夯击 4 次进行“搭夯”。

2)准备并布置夯点。根据本工程的设计资料、现场实际情况(采金洞的大小、分布情况及地形地质等)确定将 $\text{K}97+290\sim\text{K}97+530$ 段路基强夯施工平台设在标高 $203.84\ \text{m}$ 处, $\text{K}97+530\sim\text{K}97+580$ 段路基强夯施工平台设在标高 $197.84\ \text{m}$ 处,准确标出夯点的位置。对于填方区施工场地的压实度,要求夯击前亚粘土填土路基的压实度达到规范要求,否则,夯击能量很难对采空区进行有效的压实。设置了 4 个水准点,以便施工中测量夯击沉降量,拟定夯击施工顺序。

3)施工操作:施工按拟定的夯击顺序逐点进行。每点夯击程序为:起重机就位→夯锤对准夯点位置→测量夯前锤顶高程,将夯锤起吊至预定高度→拉开脱钩装置锁卡夯锤自由落下,测量锤顶高程,再用级配片石将夯坑填平(之后便为每个夯点夯 3 次用级配片石填满夯坑 1 次)。这样循环多次,直至完成夯击次数,夯击时注意保持落锤平稳,夯位准确,当夯锤气孔被土堵塞时,及时进行清理,以免影响夯击效果。

4)质量与效果检验。施工中现场监测人员着重检测夯点位置、锤重、落距夯击数、每击沉降量等关键项目,并详细记录每点的夯击情况。夯击完

成后,对地表面的下沉量作了测定,并进行静力触探,旁压试验,标准贯入试验,确定处理后的地基承载力。

4 强夯施工注意事项

1)检测控制。

对强夯的整个夯击过程设有专人负责夯前、夯中、夯后各个阶段的质量检测控制工作,并注意以下要点:

① 夯锤的落距不得小于设计落距,以满足强夯加固深度。

② 按要求检查每个夯点的夯击次数和每击的夯沉量并详细记录。

③ 如果在夯击过程中出现了夯沉量突然增大的迹象或者夯坑周围出现明显的刺入式破坏迹象以及有明显的裂缝出现,说明采空区上方固结土层可能被击穿,应及时向监理汇报,调整方案,采用抛填片石进行夯击,直到夯沉量达到要求为止。

④ 强夯结束 $7\ \text{d}$ 后,在夯击处理范围内垂直取样,每隔 $1\ \text{m}$ 的深度范围取样,分别进行物理力学性能的分析;强夯施工结束后间隔 $2\sim 4$ 周便可对地基质量进行检验。

⑤ 质量检验的数量,根据地基处理的面积确定,其检验点数量不小于 3 处 $/1\ 000\ \text{m}^2$,检验深度不小于设计处理的深度。

2)强夯施工前,应查明场地范围内的地下构筑物和各种地下管线的位置及标高等,并采取必要的措施,以免因强夯施工而造成损坏。

3)为避免强夯振动对周边设施的影响,施工前必须对附近建筑物进行调查,必要时采取相应防振或隔振措施,影响范围约 $10\sim 15\ \text{m}$ 。施工时应由临近建筑物开始夯击逐渐向远处移动。

4)当施工平台表层较湿或含水量较大时,在夯击前应在该段铺垫 $10\sim 20\ \text{cm}$ 厚的碎石,然后进行夯击;夯击时如表土过干则应采取加水等相应措施,增加含水量。

5)注意吊车、夯锤附近人员的安全,为防止强夯时土块、飞石伤人,吊车驾驶室应加防护网,起锤后,人员应在 $10\ \text{m}$ 以外并戴安全帽,严禁在吊臂前站立。

5 结语

强夯法已广泛应用于建筑地基处治工程中,但

(下转第 92 页)

标采用综合评估法。

首先在资格预审文件中规定如果通过符合性检查并满足全部强制性资格条件的申请人不超过 12 家,则上述申请人均视为通过资格预审;如果通过符合性检查并满足全部强制性资格条件的申请人超过 12 家,则资格预审评审委员会将对其进行资格评分。按照资格评分由高到低排列顺序,资格预审评审委员会将选择前 12 名资格预审申请人通过资格预审。

综合评分内容和权重如下:

① 类似工程施工经验: 40 分; ② 财务能力: 10 分; ③ 信誉和履约情况: 20 分; ④ 技术能力: 30 分。

其中类似工程施工经验的总分数 40 分,充分说明招标人对申请人以往类似工程施工经验的重视,资格预审文件规定满足强制性资格条件要求得 24 分。即: 申请人近 5 年内完成高速公路路基、桥梁、隧道工程累计合同金额在人民币 2 亿元以上,且近 5 年内完成的桥梁工程项目中,至少有一项在一座桥梁中完成的桥梁长度不少于 1 000 m,至少有一座单跨跨径不小于 100 m 连续刚构桥梁,至少有一座桥墩(塔)高度不小于 60 m 的桥梁,得 24 分;然后根据资格预审申请人在溶岩地区桩基处理经验、单跨跨径不小于 100 m 连续刚构桥梁经验,桥墩(塔)高度不小于 60 m 的桥梁经验(如连续梁桥单联连续长度 300 m 以上,采用悬臂法施工的连续刚构桥梁单跨 100 m 以上,桥墩(塔)高度在 100 m 以上等)进行加分,最多可加 16 分。

第三批进行资格预审和招标的 B4、B5 合同段评标采用双信封形式的综合评估法,综合评估法是综合考虑投标人的报价、业绩、资信、技术管理能力,并分别赋予一定权重的分数,按综合得分由高低进行排序,推荐综合得分最高的投标人为中标候选人

的评标方法。

B4、B5 合同段所采用的综合评估法中投标报价得分 70 分,技术标书评审打分满分 30 分,打分的主要内容和分值范围如下: 财务能力 2 分、技术能力 10 分、管理水平 12 分、业绩与信誉 6 分。

在计算投标报价得分时,采用投标人投标报价等于评标基准价时得满分,每高出评标基准价 1 个百分点扣 0.35 分,每低于评标基准价 1 个百分点扣 0.35 分,中间值按比例内插,扣完为止。

用公式表示如下:

$$F_1 = F \frac{|D_1 - D|}{D} \times 100 \times E$$

式中: F_1 为投标报价得分; $F=70$; D_1 为投标人的投标报价; D 为评标基准价; $E=0.35$ 。

在以上公式中,招标人根据本项目的特点和实际需要将 E 值设定为一个定值,说明了招标人在运用综合评估法时,并不把低价作为投标人中标的主要评价因素,招标人更加侧重投标人的技术能力和管理水平。因为对于招标人来说,这才是评判投标人是否有能力承担 B4、B5 合同段工程最重要的因素。

4 结语

清连项目目前通车在即,招标人根据各土建施工合同段的特点,采用了不同的资格预审评审办法和评标方法为本项目选择了最合适的中标人承担本项目的土建施工工程。通过对清连项目土建施工招标 12 个合同段共 3 个批次所采用的资格预审办法和评标方法中好的实践的介绍,可以看出资格预审办法和评标方法的选用,是一个全面考虑利弊权衡的综合过程,任何一种资格预审办法和评标方法都有其利与弊,招标人应根据项目的具体特点选择合适的资格预审办法和评标方法。

(上接第 81 页)

在高速公路上处治采空区地基在我省为首例。通过对常吉高速公路 197+290~197+580 段采空区地基的强夯处治工程实践,强夯后地基平均下沉,夯击点周围没有隆起现象,在夯击截面 2 m 范围内,标高都有下降。通过现场测试,地基承载力提高 1.5~2 倍,有效影响深度达 4~9 m 左右。经有关试验检测表明,其表层夯间和夯点的综合承载力特征值为 270 kPa,远远大于设计要求 200 kPa 的要求,原地

下坑、洞等采空区均已夯填密实,达到了设计要求。经初步分析,仅 290 m 路段采用强夯法处理地基,比原设计采用碎石桩加土工格栅处理方案节省工程造价 32%。并通过近半年的沉降观测其强夯处理后的采空区地基稳定,由此可见,采用强夯法处理公路浅层采空区地基是经济和有效的,而且具有工期短,效果显著,设备简单,施工方便,质量可靠和节省材料等优点,可以根据现场的地质条件和工程使用要求,在公路浅层采空区地基处治上加以推广应用。