

高密度电阻率法在基岩面探测中的应用

杨学义¹, 蔡光桃², 王惠兵², 王 淦¹

(1. 四川省建筑设计院, 四川成都 610017; 2. 中国矿业大学, 江苏徐州 221000)

【摘 要】以某大厦的勘察为例, 介绍了高密度电阻率法在基岩面探测中的实际应用。

【关键词】高密度电阻率法; 基岩面; 探测

【中图分类号】TU412

【文献标识码】B

徐州市为四周环山的城市, 市中心基岩埋深约为 25 m 左右, 上覆土层为黄泛冲积、堆积的粉土及老城杂填土, 内夹有大量块石, 成分较杂。基岩岩性以石灰岩为主, 岩面表层溶蚀较发育, 一般基岩上部 2~3 m 的岩体裂隙极其发育, 岩石较破碎, 岩体极不完整, 且夹有大量孤石。徐州市不同地段稳定的基岩面埋深变化较大, 无分布规律可循。随着城市建设的步伐加快, 高层建筑大量涌现, 大部分高层建筑均采用嵌岩桩。为了确保嵌岩桩的成桩质量, 如何快捷而又节省地准确判断完整的基岩面就显得至关重要。

现有的判断基岩面的方法有以下三种: 工程地质钻探、人工开挖探视和地球物理勘探。前两种方法均不能满足快捷、准确等诸要求, 而且人工开挖探视费力又浪费资金; 工程地质钻探具有局部性、破坏性, 且具不确定性; 高密度电阻率法是近几年发展起来的一种勘探方法, 其理论根据是利用不同介质的视电阻率的不同来确定不同介质的界面, 在水利工程上利用它探测堤防的隐患应用比较普遍。由于完整的基岩与破碎的风化基岩的导电性存在差异, 使得利用高密度电阻率探测稳定完整的岩面成为了可能。实践表明, 与其他物探方法 (如探地雷达、微波遥感探测) 相比, 在基岩面探测时利用高密度电阻率法能取得较好的效果。

1 高密度电阻率法概述

高密度电阻率法是 20 世纪 80 年代提出的一种电阻率法勘探新技术。其基本原理与常规的电阻率法完全相同, 所不同的是高密度电阻率法在观测中设置了较高密度的测点, 现场测量, 只需将全部电极布置在一定间隔的测点上, 然后进行探测。在设计和技术实施上, 高密度电测系统采用先进的自动控制理论和大规模集成电路, 使用的电极数量多, 而且电极之间可自由组合, 这样就可以提取更多的地电信息。图 1 为高密度电阻率法工作系统示意。与常规电阻率法相比, 高密度电阻率法具有以下优点: 电极布设一次性完成, 减少了因电极设置引起的干扰和由此带来的测量误差; 能有效地进行多种电极排列方式的测量, 从而可以获得较丰富的关于地电结构状态的地质信息; 数据的采集和收录全部实现了自动化 (或半自动化), 不仅采集速度快, 而且避免了由于人工操作所出现的误差和错误; 可以实现资料的现场实时处理和脱机处理, 根据需要自动绘制和打印各种成果图

件, 大大提高了电阻率法的智能化程度。可见, 高密度电阻率法是一种成本低、效率高、信息丰富、解释方便且勘探能力显著提高的电法勘探新方法^[1]。

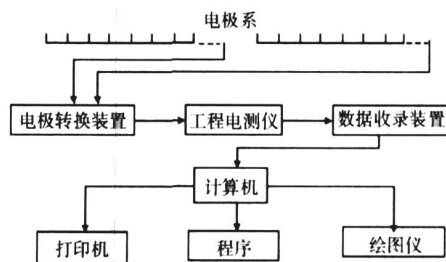


图 1 高密度电法工作系统示意

2 实例^[2]

2.1 地质及任务概况

徐州朝阳贵邦财富大厦场地位于徐州市文亭街北侧, 中山南路西侧, 北临成功大厦, 场地属市中心黄金地段, 地理位置优越。地貌类型为黄河冲洪积平原地貌单元, 地表海拔高程 33.4 m 左右, 区域内第四系覆盖层 15.9 m 左右, 上部 10 m 为全新统冲积物, 主要成分为杂填土、淤泥质黏土、淤泥质粉质黏土; 往下至基岩为晚更新统, 厚度为 5.9 m, 主要为黏土、粉砂, 含有少量的钙质结核; 基岩为寒武系石灰岩, 厚度大于 10 m, 地层呈北东 - 西南走向, 倾向东南 (走向 15°, 倾向 105°, 岩层倾角 60°~80°)。为保证建成后的安全, 同时为桩基的嵌岩深度提供准确的依据, 受建设单位的委托, 中国矿业大学对该地基进行电法勘探, 以查明该址下方是否有裂隙溶洞及完整基岩连续分布情况。

2.2 探测的基本原理

电阻率法勘探是以岩、矿石的导电性为基础, 通过观测分析电场分布变化规律来解决地质问题的一种地球物理勘探方法。本次探测所采用的是高密度电阻率法, 其基本原理是将供电 B 置于无穷远, 仅通过加大 AO 的极距来达到测深的目的, 装置形式如图 2。

【收稿日期】2007 - 04 - 13

【作者简介】杨学义 (1971~), 男, 大学本科, 工程师, 主要从事岩土工程勘察、设计和施工工作。

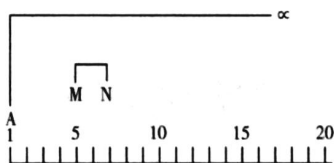


图 2 高密度电法三极装置电极位置示意

2.3 外业施工

2.3.1 采用仪器

本次勘探工作采用的是吉林大学生产的 E60BN 型电法仪,能够完成二极装置、单边三极装置、温纳装置、偶极装置和施伦堡等 5 种装置形式的高密度电阻率以及双频激发极化法数据采集、显示工作。与其对应的软件为 SAMPDF、EXE、BASEDLL、DLL 和 BASSALL、DLL 三个软件组成,该软件具有数据采集、数据文件存盘、数据文件的回放调用等功能。

2.3.2 技术参数设置

根据任务对勘探深度的要求,本次高密度电阻率法采用的是 4.0m 的电极距;采用的装置形式为 Pole - Dipole,供电时间为 1s,恒压供电。

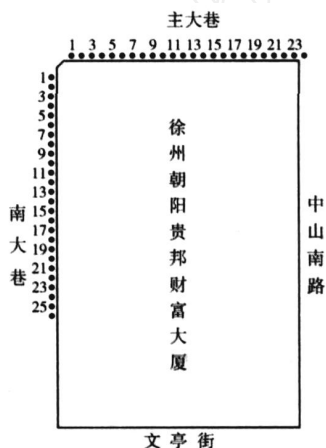


图 3 高密度电阻率法勘探测点布置

2.3.3 测线布置

由于现场的条件限制和勘探任务的要求,我们共布置了 2 条测线。每条测线的长度根据现场具体的情况有所不同。第一条测线布置了 24 个电极,设置层数为 11 层;第二条测线布置了 26 个电极,设置层数为 13 层;具体施工情况详见图 3。

2.3.4 技术保障

(1)数据采集严格按照《煤炭电法勘探规范》及设计规定的技术质量要求。

(2)采用方波比较读数法,最大限度减小电极接地电阻,并在测量过程中保持电极的接地条件不变。

(3)现场观测视电阻率曲线,对采集到的数据实时监控,严格保证数据的准确性。

2.4 资料解释与成果

野外施工结束后,对实测资料进行整理后采用 RES2D INV 进行处理,对测线 1、2 进行了定量解释,解释结果如图 4、图 5 所示。

图 4 是测线 1 三极测深视电阻率断面成像。从断面图上看,沿测线方向 10 m ~ 30 m、73 m ~ 94 m,深度在 4 m 以上出现一高阻异常,推测可能是杂填土层中的碎砖、块石和碎石等造成的。沿测线方向 11 m ~ 20 m 处,深度 5 m ~ 10 m 出现一低阻异常体,推测是由于黏土层含水量大的影响。在沿测线方向 38 m ~ 55 m 和 85 m 的正下方出现两处相对较低的异常情况,前者呈带状形,略有倾斜,后者是圆形。这两处异常深度在 10 m ~ 14 m 范围内,可能是由于第 4 层黏土

层的影响。深度 19 m 以下就是完整的基岩,两端较高,中间较低,起伏不大。

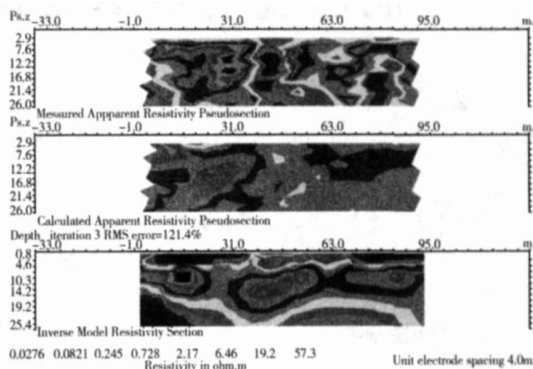


图 4 测线 1 三极测深视电阻率断面成像

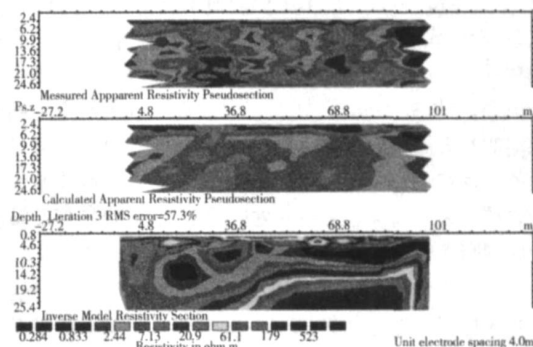
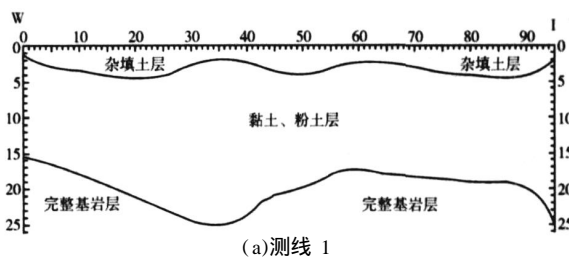
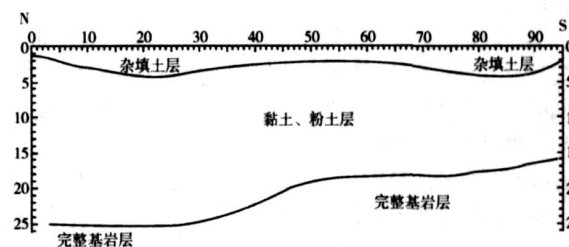


图 5 测线 2 三极测深视电阻率断面成像



(a)测线 1



(b)测线 2

图 6 测线地质解释

图 5 是测线 2 三极测深视电阻率断面成像。从断面图上看,浅部 3 m 左右部分区域出现高阻异常,可能是杂填土层中的碎砖、块石和碎石等造成。沿测线方向 15 m ~ 23 m,深度在 8 m ~ 14 m 以上出现一低阻异常,推测是由于黏土层含水量大的影响。沿测线方向 65 m ~ 98 m 处,深度 5 m ~ 8.5 m 出现一低阻异常体,异常体 (下转第 90 页)

是界面单元部分还没有达到屈服,而相邻的土体已经被破坏。

表 3 土工格栅的界面特性及力学性质

土工格栅 类型	试验 围压 (kPa)	最大 拉力 (kN)	残余 拉力 (kN)	最大 位移 (mm)	最大 应变 (%)	界面 视摩擦角 (°)	残余界面 视摩擦角 (°)
TGDG35	27.7	15.0	13.2	38	1.234	31.0	27.9
TGDG25	27.7	14.0	13.4	33	1.030	29.3	28.2

Collios^[2]针对加筋材的界面特性提出了接触效率 (CE) 的概念:

$$CE = \frac{tg}{tg}$$

式中, 为周围土体的内摩擦角。

Miyamori^[3]曾研究了土工织物与砂土的界面视摩擦角, 并得出土工织物与砂土的界面视摩擦角与砂土的尖峰摩擦角的比值约为 0.72~0.87 之间。陈荣河等人^[8]研究结果显示砂土与土工网格的 CE 值在 0.7~1.0 之间。

通过表 3 的计算结果可以看出:本次试验的土样与塑料土工格栅的界面接触效率为 0.88~1.04,大大高出 Miyamori 得出的土工织物的界面视摩擦角的比值,和陈荣河得出的接触效率较为接近(略高)。塑料土工格栅接触效率高的原因在于他们的表面结构特性。土体与塑料土工格栅之间的相互作用所形成的摩擦力可分为两个部分,如图 3 所示。第一是土颗粒与筋材之间的摩擦剪力;第二是土颗粒之间的咬合力(包括土颗粒与土工格栅的横向格棒之间的承端力和土工格栅孔内的土颗粒与土工格栅孔外的土颗粒之间的摩擦力)。其中土颗粒与筋材之间的摩擦剪力是塑料土工格栅加筋材料与其它加筋材料相同的地方,而土颗粒与筋材之间的镶嵌咬合力却是塑料土工格栅所特有的,它加强了周围土体与筋材之间的相互作用,从而能够抵抗更大的剪力,这是塑料土工格栅优越性的表现。由拉出试验的结果和上述分析可以看出加筋材料对界面视摩擦角有着很大的影响。另外,土体种类对界面参数起着决定性的影响,如果土样级配良好,一些大粒径的颗粒可能会嵌锁在栅孔内,此时界面视摩擦角或接触效率就较大,加筋效果就较为明显。

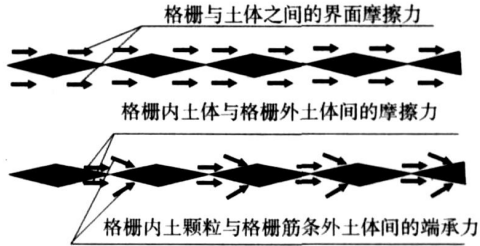


图 3 塑料格栅与土体间的作用力

4 结 论

具有网状表面结构的塑料土工格栅和土体之间的相互作用除了与其它加筋材料一样存在着表面摩擦之外,还存在镶嵌咬合作用,这两种作用共同影响的结果是增强了格栅和土体之间的相互联系,提高了加筋材料与土体之间的接触效率,从而使整个结构的力学性能比其它加筋材料更为优越。

参 考 文 献

[1] 赵川. 聚合物土工格栅加筋土在土木工程中的应用[J]. 云南建筑, 1997(2): 64 - 68.
[2] Collios, A, Delmas, P, Giroud, JP. Experiments on Soil Reinforcement Designed Against Pull - out[C] The use of Geotextiles for Soil Improvement Oregon: ASCE National Convention Portland, 1980: 75 - 87.
[3] Miyamori, T, Iwai, S, and Makiuchi, K. Friction Characteristics of Non - Woven Fabrics[C] Third International Conference on Geotextiles Vol 3. Vienna, Austria: 1986: 701 - 705.
[4] 喻泽红, 张起森. 土工网与土相互作用机理的有限元分析[J]. 岩土工程学报, 1997, 19(3): 76 - 82.
[5] 孙钧, 迟景魁, 曹正康, 等. 新型土工材料与工程整治[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
[6] 赵川. 塑料土工格栅加筋碎石土强度及其应力应变特性的试验研究[D]. 昆明: 云南工业大学硕士学位论文, 1998.
[7] 马存明. 土工格栅加筋土筋材拉出特性的试验研究及有限元分析[D]. 昆明: 昆明理工大学硕士学位论文, 2001.

(上接第 88 页) 呈长条带状形,推测是由于黏土层含水量大的影响。深度 19 m 以下就是完整基岩,后半部分基岩出露在 17m 左右,前半部分没有见到基岩,完整基岩的埋深变化较大。

2.5 测试结论

综合上述可以得出以下结论。

- (1)测线 1 出现 3 处低阻异常,测线 2 出现 2 处低阻异常,但埋深较浅,在工程的开挖深度内,对工程的影响不大;
- (2)测线 1 基岩面完整,略有起伏,中间底,两端高(详见图 6a 测线 1 地质解释);
- (3)测线 2 完整基岩面前端较深,测线 35 m 后基岩面完整性较好(详见图 6b 测线 1 地质解释)。

3 钻探验证

对高密度电阻率法的解释成果,我们在两条测线上均采

用钻探方法进行了验证,通过钻探揭露,在推测的完整基岩面以下,钻探揭露均为完整石灰岩,局部的完整岩面能提高约 20 cm 左右。

4 结 论

实践证明,高密度电阻率法是探测完整基岩面的有效物探方法之一,与其它电阻率方法相比,它具有成本低、效率高、地电信息丰富且探测精度高等优点。

同其它物探方法一样,必要时高密度电阻率探测完整基岩面也应辅以其它方法验证后可推广使用。

参 考 文 献

[1] 王兴泰. 高密度电阻率法及其应用技术研究[J]. 长春地质学院学报, 1991(3): 341 - 344.
[2] 岳建华. 徐州朝阳贵邦财富大厦地电勘探报告[R]. 2006.