桩端灰岩溶洞探测

葛祖焕,胡纯清,向慧敏,丰勇,章松

(中国冶金工业集团 武汉勘察研究总院,湖北 武汉 430080)

摘要:在基桩施工过程中,判明桩端3倍桩径深度范围内,灰岩岩体内是否隐伏溶洞等不良地质情况,进而决定是 否终孔、浇灌基桩,具有重要的现实意义。作者以地震反射波法为理论基础,以单发单收地震勘探和基桩检测技术 作为现场作业方法的基础,并吸取两者对勘探资料的解释经验,扼要介绍了运用该方法对湖南涟钢某工程人工挖 孔嵌岩桩的桩端灰岩的检测结果及验证情况。

关键词:地震反射波法;基桩探测;桩端灰岩;溶洞;裂隙

中图分类号: P631.4 文献标识码: A 文章编号: 1000 - 8918(2004)01 - 0085 - 03

在灰岩地区,尽管场地进行过详细勘察,但由于 灰岩起伏面变化大,溶洞、裂隙发育程度不一,进入 桩基施工阶段,落实到具体的某根桩,工程技术人员 仍不免担心桩端是否座落于有一定厚度规模的稳定 灰岩之上;换一句话说,桩端之下是否隐伏溶洞,常 常困扰着工程技术人员。为此在基桩浇灌前,对每 根人工挖孔嵌岩桩的桩端进行现场检测,以判定桩 端之下灰岩是否隐伏溶洞等不良地质情况,进而决 定是否终孔、浇灌基桩,具有重要的现实意义。

进入桩基施工阶段,对桩端下卧基岩的溶洞探 测在勘探的范围、要求的精度上与详勘阶段有很大 的不同;同时桩基施工阶段,由于场地狭小,地表人 工成孔较多,现场遍布的电缆、水管等铁器机具干扰 源,使得对桩端灰岩溶洞的探测可选用的工程物探 方法很少。针对基桩施工阶段桩端勘探的范围小, 要求精度高,场地人为障碍多,人工干扰源多的特 点,我们以地震波反射波法为理论基础,以单发单收 浅层地震勘探技术和基桩检测技术作为现场作业方 法的基础,并吸取两者对勘探资料的解释经验,对湖 南涟钢某工程人工挖孔嵌岩桩的桩端灰岩进行检 测,取得了令人较为满意的结果[●]。

1 仪器设备的选择

(1)震源 选用材质不同的小铁锤和橡皮锤作 为震源,前者可用于激励高频信号(0~1500 Hz),以 探查浅部溶洞、裂隙发育情况等;后者可激励中频

● 葛祖焕. 溶洞检测报告[R]. 中冶集团武汉岩土工程检测中心,2002. 收稿日期:2003 -01 -23

(0~800 Hz)信号,以探查中深部溶洞等。另外便于 对2种震源产生的信号进行对比、分析。

(2)传感器 选用加速度传感器和 38 Hz 地震 检波器或高阻尼速度检波器。加速度传感器,频带 可达 0~5 000 Hz,用其配合小铁锤震源采集信号; 38 Hz 地震检波器或高阻尼速度计其有效带通可达 0~1 000 Hz;以其配合橡皮锤震源采集信号。

(3)主机 选用基桩动测仪,要求仪器具有信
号贮存功能,测试带宽一般设置为0~2 000 Hz,采
样间隔可根据具体情况选用15、20 或 30μs。

2 现场检测方法

要求抽干桩坑内积水,平整桩坑内基岩面,清除 基岩面的岩屑、泥土,使桩端裸露鲜基岩面。

粘结传感器、选择锤击位置如图 1,各交叉点皆 可布设传感器或作为激振的锤击位置。检测时,先 把传感器粘结于 1 点处,分别选择 1 点、2、3 点处作 为激振点,进行信号采样,比较每个信号,选取合适 的"偏移距",沿线逐点依次采样。



3 溶洞、裂隙的反射信号的特征

若桩端灰岩完整,则理论上不存在反射信号,其 入射波只经历自然衰减,表现为入射波呈指数衰减 状态。

若桩端灰岩中隐伏着溶洞,则溶洞可看作有别于完 整灰岩的另类地层,设桩端完整灰岩的密度为 ρ_1 ,纵波 传波速度为 v_1 ,溶洞的密度为 ρ_2 ,纵波传播速度为 v_3 , 则根据地震波在平面垂直入射的振速反射系数公式β = $(\rho_1 v_1 - \rho_2 v_2)/(\rho_1 v_1 + \rho_2 v_2)$ 可知,① 当桩端灰岩内存 在未充填的空洞,即 $\rho_2 = 0, \rho_2 v_2 = 0, 反射为正, 且 \beta$ 值 最大。可见入射波被完全反射回来,表现为反射波呈 一组一组的同相反射波束:② 当桩端灰岩内存在充填 之空洞时, $\rho_2 v_2 < \rho_1 v_1$, β 反射系数为正,溶洞的反射信 号与入射波具有同相特征。另外由于溶洞充填物的密 度 ρ_2 和传播速度 v_2 较完整灰岩密度 ρ_1 和传播速度 v_1 低得多,入射波的高频成份、能量被充填物吸收而急剧 衰减,因此反射波表现为视频率降低,振幅降低。

当桩端不存在溶洞,只发育有裂隙时,由于裂隙 面并不能严格分层,裂隙引起的复杂的反射波与入

RS 1616K a

射波叠加使其波形复杂化,因而调制出一组复杂的 反射波图。

4 实例

图 2a 是 1 号桩桩端灰岩的时域曲线,其形态呈 指数衰减,振幅衰减均匀:1号桩桩端灰岩的频谱曲 线(图 2b)表明:该桩端的频率单一,主频为 659 Hz。 因此我们认为1号桩端灰岩岩体完整,无溶洞反映。

图 3a 是 29 号桩端灰岩的时域曲线,其形态接近 指数衰减,但振幅衰减很快,曲线次峰振幅值仅为首 峰值的一半。其频谱曲线(图 3b)表明,该桩端频谱 结构复杂,854 Hz 峰值突出(若此处灰岩弹性波速取 3500 m/s),则可推测 2 m 深度范围内裂隙发育。

图 4a 是 11 号桩端灰岩的时域曲线,其入射波 在后半部分产生畸变,负相及此后波段,频率明显降 低。其频谱曲线(图 4b)表明:其频谱呈双峰状态, 由此推测该桩端灰岩界面之下 0.63 m 附近存在充 填的小规模溶洞,后经开挖证实。运用此分析方法, 对涟钢某工地 18 根人工挖孔灌注桩桩端灰岩作检 测.结果均被证实。

659 Hz



图 4 11 号桩端灰岩时域曲线 a 及频谱曲线 b

5 结束语

这种以地震波反射波法为理论基础的孔中浅层 地震勘探技术,在实际中能够解决桩端灰岩是否下 卧溶洞的勘探问题,至于这种方法能否取得良好的 检测效果,很大程度上取决于桩端岩面的清理、平整 工作是否到位。

参考文献: 赵鸿儒,等.工程多波地震勘探[M].北京:地震出版社,1996.

THE EXPLORATION OF LIMESTONE KARST CAVE AT THE END OF PILE

GE Zu-huan, HU Chun-qing, XIANG Hui-min, FENG Yong, ZHANG Song

(Wuhan surveying-geotechnical research institute of china metallurgical construction group, Wuhan 430080, China)

Abstract: During the foundation pile construction, the detection of concealed karst caves and other harmful geological conditions in the limestone body within an area of three times the pile diameter at the pile end is of important practical significance in deciding the ending of the drilling and pouring the foundation pile. With the seismic reflection wave method as the theoretical basis and the single transmitting and single receiving seismic exploration and foundation pile test technique as the in-situ working means, the authors, incorporating the interpretation experience of exploration data, deal in brief with the application of the above technology to the exploration of pile end limestone in a certain construction site and its verification result. The achievements made by the authors provide a valuable method and technique for solving similar problems in future.

Key words: limestone at the pile end; karst cave; fissure; detection

作者简介: 葛祖焕(1963 –),男,福建省建瓯市人,高级工程师,1984 年毕业于桂林工学院地球物理勘探专业,现任中冶集团 武汉勘察研究总院岩土工程检测中心副总工程师,多年来一直从事岩土工程检测和工程物探研究工作,发表论文数篇。

上接 81 页

[5] 朱思才,吴家齐,刘和发. GIS 技术在区域矿产资源勘查评价中的应用[J]. 有色金属矿产与勘查,1999,8(6).

- [6] 李景洲,李华. 基于 Intranet 的 MIS[J]. 计算机应用,1999,6.
- [7] 罗周全,古德生. 基于 Intranet 的新型矿山 MIS[J]. 中南工业

大学学报,1999,30(5).

[8] 施晓兰,刘仲英. 建立面向过程的 MIS 若干问题研究[J]. 计 算机应用研究,1999,1.

THE DEVELOPMENTAL TECTICS OF THE NETWORK INFORMATION SYSTEM FOR MINERAL RESOURCE EXPLORATION

KANG Ming^{1,2}, DAI Xin-guo³, LUO Zhou-quan³

(1. Faculty of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Guilin Institute of Technology, Guilin 541004, China; 3. Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Based on network management information system of enterprise in combination with an analysis of research actuality in forecast system of mineral resource evaluation and problems encountered in geological exploration, this paper presents the network information system for mineral resource exploration. With the social and industrial development tendency in mind, the authors deal with factors of management and business demands as well as the necessity and urgency of the construction of the network information system. Considering the defects of the traditional MIS and the merits of the Intranet MIS, this paper has determined the basic framework and working method on the basis of Intranet MIS. In addition, the structure and function of the network system have been designed.

Key words: serving mineral resource exploration; network information system; Intranet; MIS

作者简介:康明(1965-),男,工程师。2001年获中南大学硕士学位,现为中国地质大学(北京)地球化学专业在读博士。发 表论文4篇。