利用低应变测桩法研究边坡滑动

吴　江　胡建宁　孙小军　　王翠英
（南京市建安工程质检中心，南京，210018）（南京市建工设计研究院，南京，210018）

提　要　边坡滑动是一危害较大的环境工程地质与工程地基灾害，小到城市地貌环境的整治、地下空间的利用，大到山地区域及江河流域环境的整治、工程环境的整治与建设，所遭遇到的边坡滑动比比皆是，而且危害较大[1]，往往会触不及防，补救较难。本文所介绍的是利用低应变测桩法[2][3]监测预防土坡滑动，该法直接性强，方便易行。通过检测位于或者设置于可能发生边坡滑动体内的不同抗力柔度的桩体及抗滑桩的完整性，进而分析、研究桩身中的裂缝开展程度及部位，以便确定土坡滑动的程度与范围，最终能便于土坡滑动的动态分析、及时预报，能较易地符合动态设计、及时处理的现代治理设计的要求。

一　前　言

1.低应变测桩中的反射波法是国内外检测桩身完整性应用最为广泛、成熟的一种方法。目前该法仅用于对工程桩基结构的质量检测。其原理是在桩头施加一应力波，在桩身中传播，并靠安装在桩头的传感器接收、记录应力波，依据应力波在桩中传播的动力学和运动学原理所确定的一些特征性反应，结合施工工艺、地基土层及大量的桩身检测经验对桩身浅部及深部的断裂、裂缝开展、缩径、扩径、空洞、疏松等异常信号进行判别。

2.边坡滑动是指在一定范围内的岩土坡体沿某一或多个滑动面向下及向外移动变形而丧失其稳定性。边坡滑动失稳往往是在外界应力及环境条件改变等不利因素影响下触发和加剧的，一般有以下几种原因：

(1)边坡作用力发生变化，改变了原来的平衡状态；

(2)土体抗剪强度的降低，例如雨水或地面水流入土及坡顶的竖向裂缝中，降低抗滑区带中土体的抗剪强度，增加滑动区中土体的重量；

(3)静水力及渗水动压力的作用等。

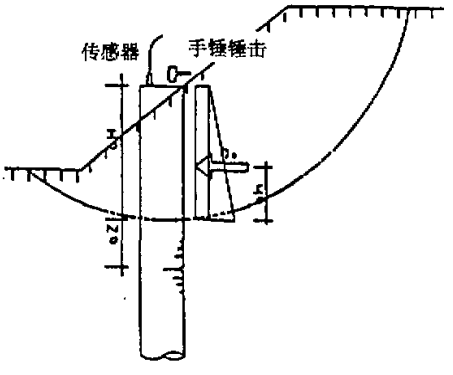


图 1　低应变检测法示意图

目前研究边坡滑动的监测方法较多(本文不予介绍)，而且多属监测边坡滑动的间接法，对监测系统的要求较高，数据多而较为繁琐，不利监测条件及影响因素也较多，一定程度上难以发挥监测系统的预报作用。

3.利用日益成熟可靠的低应变测桩中的反射波法，监测土坡中的桩身断裂性来研究、监测土坡滑动，该方法是直接性强，方便易行，目前在国内外还没有文献介绍。下面将就作者在位于滑坡区内的某工程桩基检测中得到的桩身断裂性检测成果以及利用该结果分析研究土坡滑动的情况予以介绍，其监测方法详见图 1 所示。

二 工程、地质概况

1. 工程概况

该工程占地 300×120m²，基础工程采用 800 多根，桩长 20~60m，桩径 800、1000、1200mm 不等的钻孔嵌岩灌注桩。A 基坑未采用帷幕桩围护，基坑大面深 9.1 米，坡脚局部深 11.7m。坑周坡面原设计采用两级放坡，其放坡坡度分别为 1、1.5，平台宽 1.5m，挖深为 9.0m 时的坡面稳定安全系数为 1.29，坡脚局部超深开挖稳定未验算；开挖期间恰逢梅雨季节，基坑坡面多侧发生滑塌，检测出桩身断裂后，随即修改边坡设计实施三级放坡，从坡顶到坡脚的坡度变化为 1.0、1.5、2.2，其间的平台宽度均为 1.5m，基坑才基本稳定。

2. 地质概况

边坡地质土层及稳定计算参数见下表：

土层名称	土层描述	抗剪强度		渗透系数
		C(kPa)	φ(度)	K_V/K_H 10^{-6}(cm/s)
①-2 素填土	灰黄-褐灰色,软-可塑	23	19.5	50/50
②-1 粉质粘土	灰黄-褐色,可塑,局部软塑	18.1	19.7	1.23/2.71
②-2b 粉土	灰黄-灰色,稍密	13.0	28.7	30.4/28.5
②-3 粉质粘土-淤泥质粉质粘土	灰色,流塑,部分软塑	13.7	20.2	17.3/5.66
②-4 粉质粘土	灰色,软塑,部分可塑	13.7	21.9	2.17/0.75
③-1 粉质粘土	绿灰-褐黄色,可-硬塑	35.8	17.5	-/-

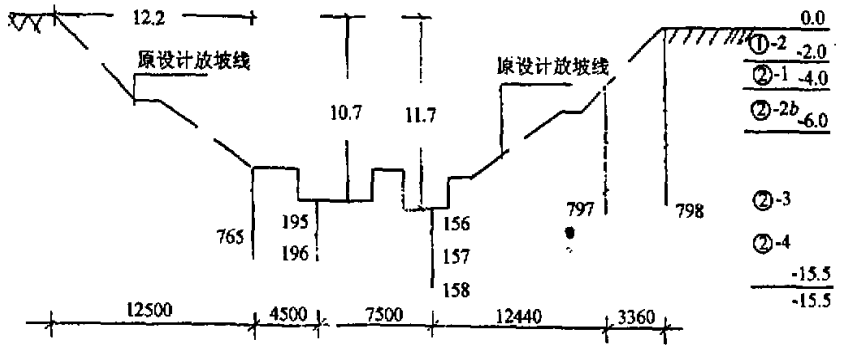


图 2 A 基坑滑坡桩位剖面及土层分布

3. 现场桩位、剖面图

本文选取的断裂桩处于滑动边坡区，1-1 剖面内的 765、195、196 号桩位于工程⑤轴线西部，2-2 剖面内的 156~158、797、798 号桩位于工程④轴线 A 坑南部，其土层埋深变化不大。具体的剖面及土层分布、埋深详见图 2 所示，初次检测的桩顶基本处于图 2 所示的两级放坡的坡面位置。

三 检测结果

1. A 基坑 1-1 坡面边坡桩

桩 号		765#	195#	196#
开挖前	缺陷部位（m）	6m 处	3m 处	3m 处
	缺陷程度	严重缩颈	严重缩颈	严重缩颈
开挖后	缺陷部位（m）	6m 处裂断	3m 处钢筋断	3m 处钢筋断
	缺陷程度	极严重	极严重	极严重

2. A 基坑 2-2 坡面边坡桩

桩 号		798#	797#	156#	157#
开挖前	缺陷部位（m）	6m 处	6.0m 处	3m 处	3m 处
	缺陷程度	严重缩颈	严重缩颈	严重缩颈	严重缩颈
开挖后	缺陷部位（m）	6m 钢筋断	6m 处钢筋断	3m 处钢筋断	3m 处钢筋断
	缺陷程度	极严重	极严重	极严重	极严重

四 反推桩侧土的滑动面位置

1. 工程桩断裂的原因

工程桩位于土坡顶至坡脚的滑坡体内，受到来自坡顶滑动土体及滑面下被动土体的作用，在滑坡面以下桩身一定范围段形成弯矩分布，当弯矩值达到桩的抗裂弯矩时即产生裂缝，甚至会产生裂缝群，直至滑动土对桩形成的剪力或最大弯矩达到该截面的极限抗剪或弯矩时，该截面裂断失去抗弯能力，进而土体产生大滑移，开始影响下一排桩或更大范围的滑动影响裂断部位以下桩体的平衡，其裂、断破坏性状与上类似，直至坡脚处的桩。

2. 由检测结果反推滑动面

结合有关文献[5][9]介绍桩的断裂破坏有极限抗弯型、剪切型两种可能，但坡体滑动面位置略高于或基本同桩的断裂位置。根据低应变检测断裂的深度再结合桩侧土综合判断：该坡体滑动面大致如下：1-1 坡面 765#桩位于滑动面的最深处，约到达淤泥质土②-3 层的层底深为 15.5m，195#、196#桩位于滑动面的次深度处为 14.3m；2-2 坡面 156#、157#桩位于该滑动面的最深处，约接近淤泥质土②-3 层的层底深为 15.0m，797#桩位于滑动面的中等深度处深为 9.3m；798#桩位于滑动面的浅深度处深为 4.0m。边坡滑动土体范围如图 3 所示。

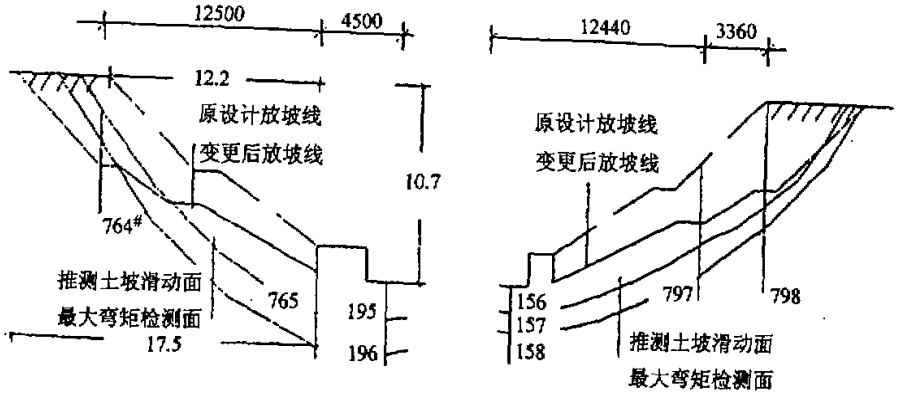


图3 1-1、2-2剖面的边坡滑动土体范围示意

五 结 语

1.低应变测桩法是一较为准确地判别桩身裂缝位置的很好方法。

2.边坡土体滑动机理的问题很复杂，通过低应变测桩法能较明确地判别边坡滑动土体的位置。

3.通过桩身缺陷的发展即完整—裂缝—断裂这一过程，可以对边坡滑动进行动态监测和预报，有利于边坡滑动土体的坡度设计及施工，减少防坡的的盲目性。

4.利用低应变测桩法能进一步研究水平受力桩的破坏机理及计算方法，推动边坡滑动理论及计算、水平受力桩的“m”法计算理论的提高。

最后感谢在检测工作及本文编写中提供帮助的南京大地集团公司项目部的工程技术人员，感谢在现场进行检测的各位同仁，感谢在本文编写中提供指导的南京市质监站高乔明高工、河海大学施逸忠教授、南京大学姜永基教授、东南大学岩土所刘松玉等教授。

参考文献

[1] 《中国土木工程学会第八届土力学及岩土工程学术会议论文集中的综合报告（三）》，北京，万国学术出版社，1999.11。

[2] 《基桩低应变动力检测规程》（JGJ/T 93-95），中国建筑工业出版社，1995。

[3] 高峰等：《桩基工程动测技术与方法》，武汉，中国地质大学出版社，1997.5。

[4] 《边坡变形监测信息分析系统》，见《土木工程学会第八届土力学及岩土工程学术会议论文集》北京，万国学术出版社，1999.11。

[5] 吴江，王翠英编：《圆形桩的抗弯性能研究》，见《南京市建安工程见证人员地基基础检测培训讲义》，1999.7。

[6] 《地基及基础》（第一版），中国建筑工业出版社，1991。

[7] 吴江编著：《桩的阻抗发挥特性研究》，成都，西南交通大学硕士学位论文，1991。

[8] 吴江，王翠英，胡建宁：《低应变在南京等工程的应用》，见《江苏工程质量期刊》，2000年第4期。

[9] 吴江，王翠英：《桩的横向承载力研究及工程应用应注意的问题》，载《东南大学学报》。