

基于地基现场横波波速测试评判建筑场地类别的研究

拾峰¹, 杨凤根¹, 高宗旗¹, 孙燕君²

(1. 河海大学地球科学与工程系, 江苏 南京 210098; 2. 江阴中泰工程勘测有限公司, 江苏 无锡 214400)

摘要:工程场地纵、横波波速测试是近年来在工程勘察中取得一定效果的原位测试方法之一。以工程实例为依据, 结合新型 XG-1 型悬挂式单孔波速测井仪测试结果, 说明了横波波速可以确定场地土类型、判定建筑场地类别、估算场地卓越周期、评价岩(土)体质量, 为场地工程地质评价和工程设计提供科学依据。

关键词:横波; 波速测试; 建筑场地类别评判

中图分类号: TQ473.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-3636(2010)01-0073-06

0 引言

近几年, 随着我国各项建设事业步伐的加快, 岩土工程勘察受到越来越广泛的重视和应用, 作为岩土原位测试技术之一的波速测试技术也得以应用和发展。波速测试测定各类岩(土)体的弹性波速度时, 因不需要破坏岩(土)体, 操作简单、使用方便, 近年来对其研究和应用范围不断扩大。目前已广泛应用于工业与民用建筑、水利水电工程、路桥工程、油气、码头等众多岩土工程勘察领域, 并取得了良好的应用效果。

地震波根据其波动形式可分为体波和面波, 其中体波根据其质点振动方向与波传播方向的不同又分为纵波(P波)和横波(S波)。而现场波速测试便是原位测定压缩波(P波)、剪切波(S波)在岩(土)体中的传播速度。笔者在简述新型单孔检层法工作原理及方法的基础上, 以工程实例——在地基现场测得的土层横波速度资料, 说明了横波波速可以确定场地土类型、判定建筑场地类别、估算场地卓越周期、评价岩(土)体质量等, 为场地工程地质评价和工程建筑设计提供科学依据。

1 仪器装置与工作原理

1.1 仪器设备

使用仪器为国产 XG-1 悬挂式波速测井仪, 仪

器接收信号的探头采用悬挂式井中检波器。主要技术指标: ① 水平检波器: 固有频率 40Hz, 灵敏度 $30\text{V}/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; ② 电磁式激振源指标: 直流供电电压 48V, 电流 $\leq 6\text{A}$ 。

1.2 工作原理

笔者介绍所采用的仪器方法有别于以往的单孔敲击测试法, 相比之下本方法更为简便、直接, 避免了敲击法人为造成的误差。

进行测试时, 将悬挂式探头放入孔中, 用孔中的泥浆液作为震源和检波器与井壁耦合介质。震源为水平激振(垂直井壁)激发产生的 P·S 波。地震波沿井壁地层传播, 由两个相距 1m 的检波器接收沿井壁传播的 P·S 波振动信号, 并把振动信号转换成电信号, 通过电缆传输到主机, 由主机进行记录、显示、存储等处理工作。主机对信号进行数据处理后采用两道互相关分析方法, 自动计算 S 波在两道检波器间传播的时间差, 从而计算出两道间的 S 波传播速度。测点深度间隔 1.0m, 自下而上进行测试(图 1)。

2 工程实例

2.1 工程场区概况

江阴市地处太湖平原北部, 是长江三角洲冲积平原的一部分, 地形以平原为主, 全境地势低平, 大部分地区在海拔 10m 以下, 中部、东部有零星分布

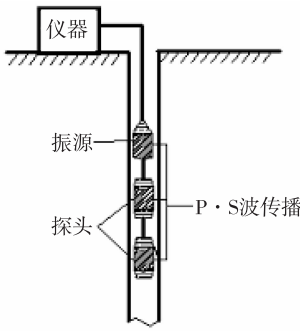


图 1 单孔检层法波速测试示意图

的低山丘陵,大致来说,全市的地势中部高,四周低。市境南部属古芙蓉湖(暨湖)的一部分,地势最为低平。

有关资料表明,江阴位于扬子断块区的江南断褶带内,由晚元古代的变质基底和震旦纪以后的沉积盖层组成。江阴位于常澄中断束的东北端,即称之为江阴断褶带,北西侧为申港中断凹陷,南东侧为青阳—锦丰中断凹陷,在构造形态上表现为断褶隆起,其边界受断裂所控制,常澄中断束带总体构造线

方向为北东—北东东向,以泥盆系茅山群及三叠系青龙群为核部,分别组成了区内的江阴复背斜三个构造带。江阴复背斜为一复背斜构造带,轴部在江阴香山、凤凰山、澄江镇一线,走向由 NE45°逐渐变为 NE65°,呈略向 NW 凸起的 NEE 向弧形展布。复式背斜两翼产状变化大,北西翼陡,倾角一般在 25°—60°;南东翼较缓,倾角 20°—40°。区内的第四纪沉积物受基岩构造、长江河道的变迁及海平面的升降控制,可分为长江冲海积平原和山前残积两大类,本场地的第四纪沉积物属长江冲海积平原。

扬子江国际服务外包产业园工程位于江阴市长山路西侧,东横河南侧,东盛路北侧。本工程场地大部份原为农田,现南部已用建筑垃圾整平,原有建筑现已基本拆除。工程场地地势稍有起伏,孔口标高 2.17m~5.22m,最大高差 3.05m,高程采用 1985 国家高程基准,高程基准点位于东盛路上的高程控制点, BM = 3.43m。该工程的岩土工程勘察工作 2008 年 7 月 20 日进行。拟建工程主要参数和特点如表 1。

表 1 拟建工程概况

建筑物	层数/层	幢数	勘察面积 /m ²	结构类型	工程重 要性等级	地基基 础设计等级	地下室	
							埋深/m	层数
办公楼 A	3~5	3	65 000	框架	三级	丙级	-	无
商业楼	6	1		框架	三级	丙级		
展厅	2	1		框架	三级	丙级	3.3~3.9	一层
办公楼 B	2~3	27		框架	三级	丙级		

注:甲方提供拟建工程室内地坪±0.00 相当于 1985 国家高程 4.20m

本次勘察采用 XG-I 型悬挂式单孔波速侧井仪实测波速,钻进方式主要为回旋螺纹钻探。开孔直径为 135mm,钻孔直径为 110mm。测试工作于 2008 年 7 月在现场进行。笔者选取工程中具有代表性的 44 号、171 号钻孔实测波速资料进行一些探讨与研究。

2.2 土层单孔法波速测试记录

表 2、表 3 分别为 44 号、171 号钻孔实测的不同深度的剪切波速度结果。所测深度均选择 1m~20m,测点深度间隔 1.0m。

表 2 44 号钻孔单孔法波速测试记录计算表

深度 H/m	时间 t/ms	速度 $v_{si}/(m/s)$	深度 H/m	时间 t/ms	速度 $v_{si}/(m/s)$
1	7.3	137	11	4.81	208
2	4.4	227	12	5.40	185
3	4.0	250	13	5.60	179
4	4.3	233	14	5.56	180
5	4.5	222	15	4.70	213
6	4.7	213	16	3.90	256
7	5.7	175	17	3.80	263
8	5.2	192	18	4.00	250
9	4.5	222	19	3.40	294
10	5.0	200	20	3.70	270

表3 171号钻孔单孔法波速测试记录计算表

深度 <i>H</i> /m	时间 <i>t</i> /ms	速度 <i>v_{si}</i> /(m/s)	深度 <i>H</i> /m	时间 <i>t</i> /ms	速度 <i>v_{si}</i> /(m/s)
1	7.7	130	11	9.2	109
2	11.9	84	12	5.5	182
3	8.8	114	13	5.3	189
4	11.1	90	14	5.6	179
5	10.8	93	15	5.1	196
6	10.4	96	16	4.2	238
7	8.4	119	17	3.9	256
8	9.6	104	18	3.8	263
9	8.9	112	19	3.5	286
10	12.4	81	20	3.8	263

2.3 土层波速测试成果

2.3.1 钻孔剪切波记录原始波形图 图2、图3分别为44号、171号钻孔记录的原始剪切波波形曲线和不同深度的剪切波速度。

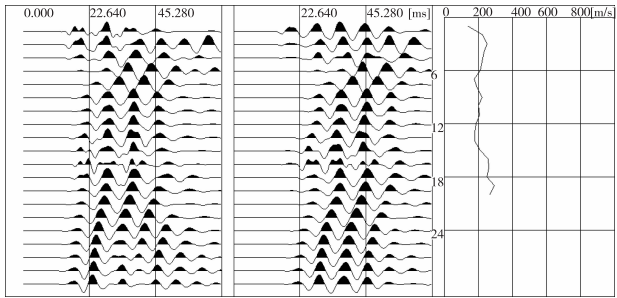


图2 44号孔原始波形图

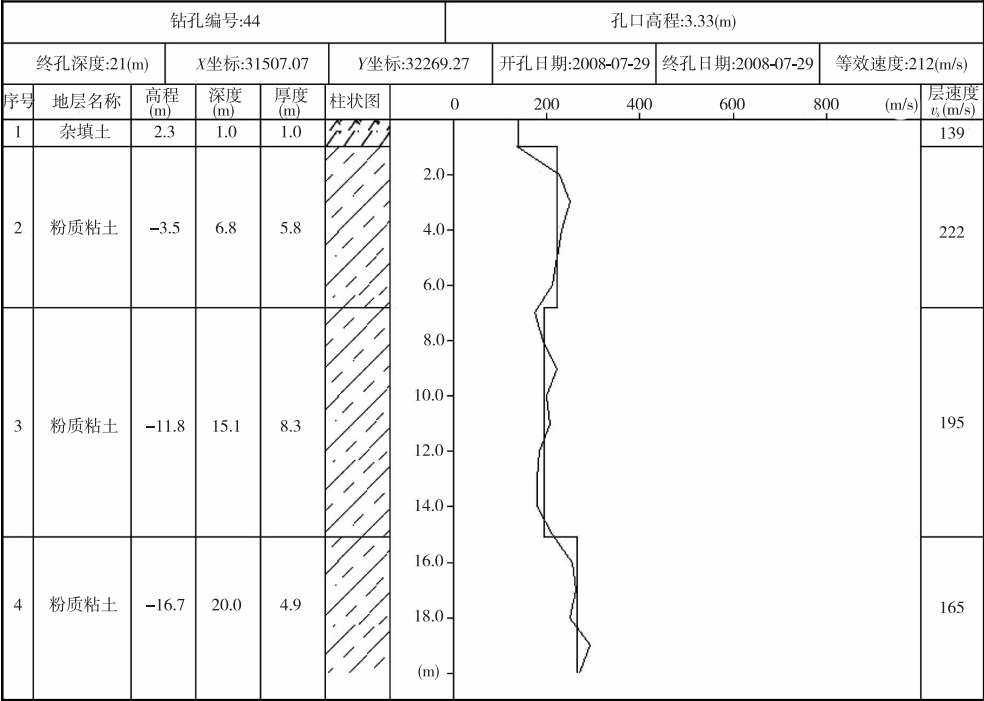


图4 44号钻孔单孔法波速测试柱状图

图2、图3中左侧为原始剪切波波形曲线,右侧为不同深度的剪切波速度,单位为m/s,其中纵向为孔深,横向为剪切波速。从图中可以看出,每一深度点上的剪切波初值清晰、起跳明显,这说明实测资料质量可靠。

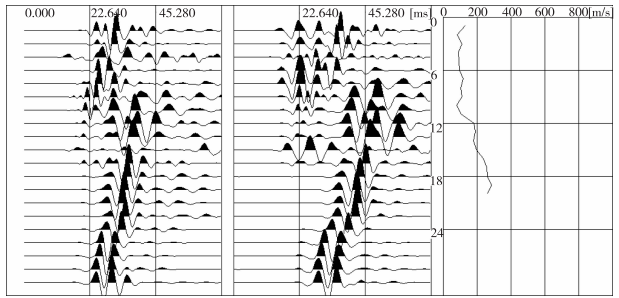


图3 171号孔原始波形图

2.3.2 钻孔的波速分层及柱状图 图4为44号钻孔的波速分层及柱状图。图中所述层速度为这一层内土层的平均剪切波速度,44号钻孔的终孔深度为21m,波速测试深度为20m,波速分层为4层,等效剪切波速为212m/s。据波速柱状图观察,随着钻孔深度的增加,地基土的工程性质提高,土层剪切波速值有明显的增大趋势。另通过计算得知,在相同的计算深度条件下,在整个深度范围内土层的平均剪切波速不小于等效剪切波速;在整个深度范围内土层的等效剪切波速不小于第一层深度范围内的平均剪切波速。

图 5 为 171 号钻孔的波速分层及柱状图。171 号钻孔的终孔深度为 26m,波速测试深度同样为 20m,波速分层为 5 层,求得等效剪切波速为133m/s。据图 5,随着钻孔深度的增加,地基土的工程性质提高,土层剪切波速值有明显的增

大趋势。另外通过计算得知,在相同的计算深度条件下,在整个深度范围内土层的平均剪切波速不小于等效剪切波速。在整个深度范围内土层的等效剪切波速不小于第一层深度范围内的平均剪切波速。

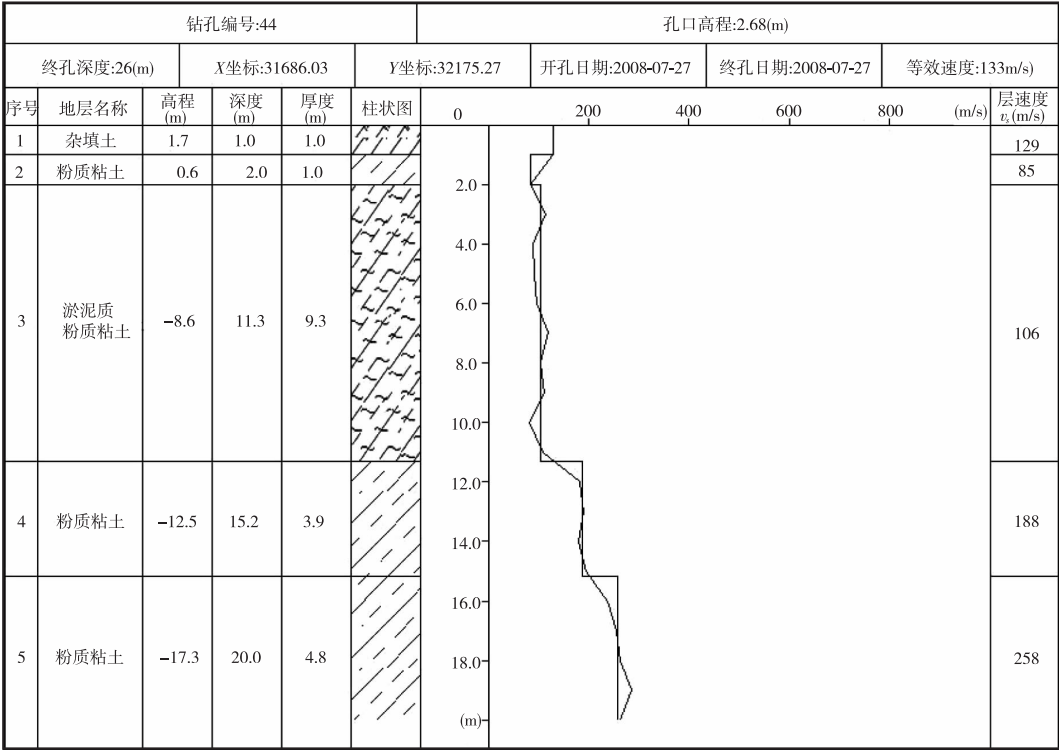


图 5 171 号钻孔单孔法波速测试柱状图

3 剪切波速的应用

3.1 建筑场地类别评判

场地类别的判定是岩土工程勘察中不可避免的问题,其目的是要考虑场地条件对设计反应谱的影响,以利于采取合理的设计参数和抗震结构。《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)规定,土层的等效剪切波速 v_{se} 按下列公式计算:

$$v_{se} = d_0/t$$

(1)

$$t = \sum_{i=1}^n (d_i/v_{si})$$

(2)

式(1)、(2)中, v_{se} 为土层等效剪切波速(m/s); d_0 为计算深度(m),取覆盖层厚度和 20m 二者的较小值; t 为剪切波在地面至计算深度之间的传播时间; d_i 为计算深度范围内第 i 土层的厚度(m); v_{si} 为计算深度范围内第 i 土层的剪切波速(m/s); n 为计算深度范围内土层的分层数。
据《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)中表 4.1.3 及表 4.1.6,可以确定此工程建筑场地类别,判定结果如表 4。

表 4 建筑场地类别成果表

钻孔编号	等效剪切波速 $v_{se}/(m/s)$	计算深度 d_0/m	覆盖层厚度/m	场地土类型	场地类别
44	212	20.0	>50	软弱场地土	Ⅲ
171	133	20.0	>80	软弱场地土	Ⅳ

小于等效剪切波速。在整个深度范围内土层的等效剪切波速不小于第一层深度范围内的平均剪切波速。③ 在所测钻孔中,随着钻孔深度的增加、地基土的工程性质的提高,土层剪切波速值有着明显增大的趋势。④ 剪切波速与岩土的质量及地层的沉积年代有着密切的关系,沉积年代越老,剪切波速越大,反之,剪切波速越小。利用新型 XG-1 型悬挂式单孔波速测井仪对地基现场土层的横波波速进行了研究与探讨,对于岩石中的波速性质有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 蔡力挺,韩玉庆. 波速测试在工程勘察中的应用效果[J]. 山东国土资源,2008,24(7/8):81-84.
- [2] 马林,王莉. 岩土工程勘察中有关场地类别判定的体会[J]. 海军工程技术,2005(1):47-78.
- [3] GB 50011—2001,建筑抗震设计规范[S].
- [4] 王俊茹. 波速测试在高层建筑地基勘察中的应用[J]. 物探与化探,2000,24(3):219-224.
- [5] 长士骠,张苏民,项勃,等. 工程地质手册[M]. 3 版. 北京:中国建筑工业出版社,1992.

Study on evaluation of construction site classification based on transverse wave velocity test

SHI Feng¹, YANG Feng-gen¹, GAO Zong-qi¹, SUN Yan-jun²

(1. Department of Earth Sciences and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Jiangyin Sino-Thai Engineering Investigation Company Limited, Wuxi 214400, Jiangsu)

Abstract: The wave velocity test of longitudinal and transverse waves in the construction site was one of the in-situ testing methods that was effective in engineering investigation in recent years. Based on the results of a new type of XG-1 wave velocity testing instrument, the authors depicted the transverse wave velocity testing technology was able to determine soil types, construction site types, estimation of predominant period of sites, evaluation of rock (soil) mass quality, and provide a scientific base for engineering geological evaluation of site engineering geology and engineering design.

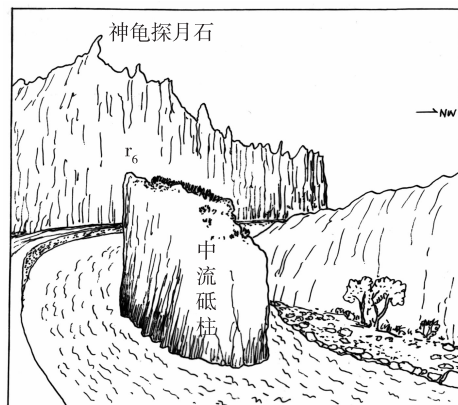
Keywords: Transverse wave; Wave velocity test; Evaluation of construction site

地质素描——西藏尼洋河“中流砥柱”石

西藏林芝地区尼洋河谷中,出露有喜山期花岗岩。花岗岩风化后在地貌上形成千姿百态的险峰、奇石。如“神龟探月”石和“八大金刚”石等。

有趣的是,在峡谷河流中间突然出现一块花岗岩巨石,高约 20 余 m。河水像万马奔腾在巨石两侧流过,形成一朵朵白色的浪花!而花岗岩巨石纹丝不动,是河中“中流砥柱”。

2002 年,福建在河边援建了一座观景亭,从此,该亭子成了到林芝旅游必经的景点。



西藏尼洋河中花岗岩“中流砥柱”石

(钟华邦)