

剪切波速测试在工程中的应用

杜伟

四川省蜀通岩土工程公司

DOI:10.32629/btr.v2i4.2079

[摘要] 本文阐述了岩土层剪切波速测试的工作原理、现场测试方法及资料解释方法,通过在工程实践中的应用,与钻孔资料进行对比,在对应层段划分上基本一致,从而进一步说明剪切波速测试在建筑场地化分的可靠性。

[关键词] 剪切波; 建筑场地; 化分

引言

剪切波速测试值是确定与波速有关的岩土参数,进行场地类别化分,为场地地震反应分析和动力机器基础进行动力分析提供地基土动力参数,检验地基处理效果等方面的一个重要参数。自20世纪80年代以来广泛用于重大工程、高层建筑等一级建筑及有特殊要求的二级建筑之中。随着国家经济建设的迅速发展,城市建设的重要建筑工程勘察中,除进行常规室内外测试工作外,还需进行现场剪切波波速测试工作。本文拟结合剪切波波速测量在成都某建筑场地地基勘察中的应用,分析剪切波在建筑场地类型及地震小区域划分中的应用前景。

1 工作原理及方法

弹性波在介质中的传播,可分为体波和面波。体波又可分为压缩波(P波)和剪切波(S波)。剪切波的垂直分量为SV波,水平分量为SH波。在地层表面传播的面波可分为Rayleigh波(R波)和Love波(L波)。它们在地层介质中传播的特征和速度各不相同,由此,可以再时域波形中加以区别。

但由于场地土层的松散性和地下水位的影响,压缩波比较难以测到,因此很多时候波速测试主要是测试剪切波。目前主要有三种测试方法:单孔法、跨孔法、瑞雷波法,其特点如表1。单孔法使用最为简单和实用,应用也最多,本文使用的就是单孔法。

表1 波速测试方法比较

测试方法	钻孔数量	测试深度	激振形式	测试仪器	波速精确度	工作效率	测试成本
单孔法	1	深	地面孔内	较简单	平均值	较高	低
跨孔法	2	深	孔内	复杂	高	低	高
瑞雷波法	—	较浅	地面	复杂	较高	高	低

2 测试方法

岩土层剪切波速的实测设备通常由激振板和记录仪器组成。当地面震源激发振动讯号时,(振动讯号产生的时间被记录),仪器波便从震源发出穿过地层介质,到达井下三分量探头,探头中的检波器经过机电转换,把地震的振动信号转换成电信号,通过电缆传送到波速测试仪,由测试仪器记录并显示地震波形。

测试方法多采用击板法,将激振板置于测试钻孔孔口1-3米处,其上部放置整体性较好的重物,用铁锤分别水平敲击激振板两端,产生剪切波,记录仪器由井内的三分量拾振器将某一深度岩土层的振动历程输入仪器,读取各测点纵波、横波(剪切波)的初至旅行时间,按下式进行校正:

$$t' = t \times \frac{h}{\sqrt{h^2 + x^2}}$$

t.....实测纵、横波旅行时间;

t'.....校正后时间(弹性波自孔口传播到检测点的旅行时间);

h.....检测点深度;

x.....震源中心距孔口的距离。

利用校正后的各测点时间,按下式计算:

$$V_{i+1} = \frac{h_{i+1} - h_i}{t'_{i+1} - t'_i}$$

即得第i测点与第i+1测点间的速度。测试系统如图1所示。

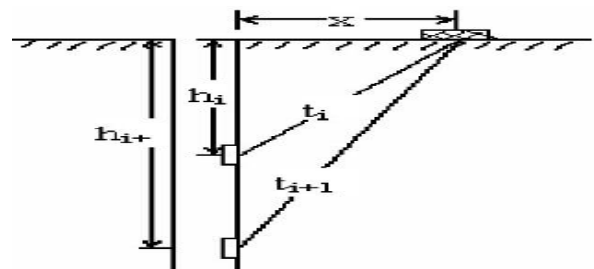


图1 测试系统图

3 动力学参数

场地各地层的动力学参数,按下式计算:

$$E_d = \frac{\rho \cdot V_s^2 \cdot (3V_p^2 - 4V_s^2)}{V_p^2 - V_s^2}$$

E_d.....动弹性模量;

$$G_d = \rho \cdot V_s^2$$

G_d.....动剪切模量;

$$\gamma_d = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2 \cdot (V_p^2 - V_s^2)}$$

γ_d.....动泊松比;

ρ.....密度;

V_p纵波波速;

V_s横波波速。

4 场地地微动卓越周期

按下式计算场地的地微动卓越周期:

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{4 \cdot h_i}{V_{s_i}} \quad T \dots\dots\dots \text{卓越周期}$$

n地层层数

h_i第 i 层地层层厚度

V_{s_i}第 i 层地层层横波波速

5 场地土层的等效剪切波速

按下式计算场地土层的等效剪切波速:

$$v_{se} = d_0 / t \quad v_{se} \dots\dots\dots \text{土层等效剪切波速 (m/s);}$$

$$t = \sum_{i=1}^n (d_i / v_{si}) \quad d_0 \dots\dots\dots \text{计算深度 (m), 取覆盖层厚度和 20m 二者的较小值;}$$

t剪切波在地面至计算深度之间的传播时间;

d_i计算深度范围内第 i 土层的厚度 (m);

v_{si}计算深度范围内第 i 土层的剪切波速 (m/s);

n计算深度范围内土层的分层数。

6 工程实例

成都某商业住房拟建高层住宅 4 幢, 共布设岩土层剪切波速测试钻孔 5 个, 地基岩土层的剪切波速测试结果见表 2。

表 2 各地层波速及动力学参数表

地层名称	V_s (m/s)	V_p (m/s)	动剪切模量 Gd (MPa)	动弹性模量 Ed (MPa)	动泊松比 ν_d
杂填土	166	351	46.8	126.9	0.356
素填土	169	363	51.1	139.2	0.362
中砂	191	404	88.7	240.3	0.355
松散卵石	277	571	159.0	428.1	0.346
稍密卵石	305	631	213.3	574.4	0.347
中密卵石	359	743	286.2	771.1	0.348
密实卵石	409	837	355.7	955.9	0.344
强风化泥岩	469	964	627.3	1687.3	0.345
中风化泥岩	570	1166	904.3	2429.1	0.343
中风化含方解石泥岩	634	1294	1249.3	3352.8	0.342

该场地卓越周期 T_c 及土层等效剪切波速 v_{se} 见表 3

表 3 卓越周期 T_c 及土层等效剪切波速 v_{se} 表

孔号	T_c (秒)	v_{se} (m/s)	覆盖层厚度 (m)	场地土类 型	场地类别
ZK4	0.3156	254	20.0	中硬土	II
ZK19	0.2243	280	15.7		
ZK44	0.2401	268	16.1		
ZK62	0.2111	252	13.3		

7 结束语

(1) 通过现场数据采集和资料分析整理, 本场地等效剪切波速平均值为 264.2m/s, 为中硬场地土, 平均卓越周期为 0.2647s; 据地质钻孔揭露, 本次所测孔覆盖层厚度大于 5m, 依据中华人民共和国国家标准《建筑抗震设计规范》(附条文说明)(2016 年版)中规定, 该建筑场地类别属于 II 类, 这与该场地施工的钻孔资料所揭露的情况在对应层段化分上是基本一致的。

(2) 剪切波在岩土层中的传播速度是反应岩土体的动力特性的一项重要参数, 能为场地类别化分, 为场地地震反应分析和动力机器基础进行动力分析提供地基土动力参数。剪切波测井不仅简单快速, 更是一种准确的原位测试方法, 可为建筑场地化分提供可靠依据。

[参考文献]

[1]冯彦东.地震剪切波测井在建筑场地勘察中的应用[J].工程地球物理学报,2014,11(04):498-501.
[2]张国强,杜立志.波速测试在岩土工程中的应用[J].世界地质,2018,37(03):952-957.
[3]黄志芳,邓晓斌.声波测试及场地剪切波速测试方法及其应用[J].低碳世界,2016,(33):115-116.
[4]王凤江.地层剪切波速在场地评价中的应用[J].勘察科学技术,1995,(05):62-64+59.
[5]朱术云,刘健,姜振泉.剪切波在建筑场地化分中的应用[J].安徽建筑,2005,(5):57.
[6]邢宝恩.剪切波测井技术的工程应用[J].建筑工程技术与设计,2014,(12):69.