

文章编号: 1001-1412(2000)04-0377-05

瑞利波在地基勘探中的应用

王玉玲, 陈 燕

(冶金部第三地质勘查局 地球物理勘查研究院, 山西 临汾 041000)

摘要: 根据波速与岩土密实程度的关系, 结合工程实例, 通过工勘结果与瑞利波勘探结果的对比, 阐明用瑞利波这一方法来解决地基勘探的一些问题(如承载力)。

关键词: 瑞利波法; 波速; 密实度; 承载力; 地基

中图分类号: P631; P642

文献标识码: A

瑞利波勘探近几年来在工程领域里的应用有了很大的发展, 它作为物探的新方法, 应用范围越来越广, 如在地质分层及各地层中的物理力学参数计算和密实情况判断、寻找地下空洞、探测地下目标物体、检测灰土及强夯地基密实情况、公路路基及硬化路面检测、滑坡调查等方面。在地基勘察中, 常常是采用岩土工程勘察来对地基进行评价, 用物探方法来评价地基及承载力是一个新课题。我们在具备了多个钻孔资料的某市一住宅区内, 做了全面的瑞利波勘探试验, 经与钻探资料对比, 效果较好。通过实际检验, 该方法具有可靠性较高、经济、省时且勘探全面等优点, 在工程中越来越受到重视。

1 方法原理

1.1 瑞利波特点

瑞利波是在弹性介质界面附近传播的一种面波, 它作为一种谐波, 具有如下特点:

1.1.1 在层状介质中传播的频散特性 在层状介质中瑞利波随着波长或频率变化而变化, 即在层状介质条件下将导致瑞利波的频散, 该特性是瑞利波勘探的理论基础。

1.1.2 瑞利波速度与横波速度之间的相关性 通常瑞利波波速(v_R)与横波波速(v_S)之间是与岩土的泊松比 μ 有关系的, 即有:

$$v_R = \frac{0.87 + 1.12\mu}{1 + \mu} v_S$$

计算得泊松比 μ 与 v_R , v_S 之间关系(表1)。

收稿日期: 2000-05-22; 修订日期: 2000-09-13

第一作者简介: 王玉玲(1964-), 女, 山西永济人, 工程师, 学士, 1988年毕业于长春地质学院应用地球物理专业, 近年从事地基基础测试及工程物探的施工与研究。

利用其相关性即可得到地层的横波速度 v_S 。

1.1.3 瑞利波穿透深度与波长的关系

穿透深度 (Z) 与波长 (λ_R), 当 $Z/\lambda_R > 1$ 时, 瑞利波水平与垂直方向的振动都迅速地衰减, 而在 $Z/\lambda_R < 1$ 的范围内是瑞利波的能量主要集中区域, 因此, 可以

认为瑞利波的穿透深度约为一个波长。由 $\lambda_R = v_R/f$ (f : 振动频率) 这一瑞利波长与弹性波的频率的关系, 通过探测不同频率下介质的弹性波速度, 即可得到 $v_R - \lambda_R$ 曲线, 称频散曲线。频散曲线的特性及其变化规律与地质条件密切相关, 通过频散曲线进行反演计算, 可以得到地下某一深度范围内的地质构造情况和不同深度的瑞利波传播速度 v_R 值。可以用不同波长的瑞利波来勘探不同的地质体。

1.2 波速与岩土密实度的关系

岩土工程勘察是通过钻孔取样、土工试验、标贯、动探、静载等方法得出场地的分层及分层土力学参数。工程地震是利用地震波测量地下不同深度地层介质的波速值以及其他物理力学参数进行工程地质评价。决定地震波波速大小的因素主要是由介质的密实度决定的, 同时也与介质的矿物成分、结构、空隙及空隙中流体物理性质和饱和度等有着密切的关系。波速值的大小反映地质地层密实程度, 而地质地层密实度的大小是决定承载力大小的主要因素。在瑞利波勘探中, 我们把测试工作中得到的各种参数与岩土工程勘察得到的结果进行比较后, 得到各自相对应的关系, 然后再对整个场地的工程地质情况进行评价, 这就是利用波速来划分地层及确定各层承载力的基础。

在地震勘探中用纵横波波速、泊松比、弹性模量等参数进行工程地质评价, 如表 2。

1.3 瑞利波勘探的野外方法技术

工作中, 我们引进 SWS-IG 型多功能面波仪。在勘探过程中, 根据工程要求, 采用 5 m 偏移距, 2 m 检波距, 道间距为 4 m, 4 Hz 的检波器, 采集通道为 12 道。共布测线 12 条。振源由 18 kg 大锤锤击获得, 有效勘探深度 16 m, 这一深度完全满足该小区 6 层的建筑地基勘察要求。

表 1 泊松比 μ 与 v_R, v_S 关系

Table 1 Relation between poisson ratio (μ) and v_R/v_S

泊松比 μ	0.25	0.38	0.40	0.50
v_R/v_S	0.920	0.939	0.943	0.955

表 2 建筑场地土类型与 v_R, v_S 关系

Table 2 Relation between earth types of constructions and v_R, v_S

场地土类型	横波速度		瑞利波速度	
坚硬场地	$v_S > 500$		$v_R > 460$	
中坚硬场地	500	$v_S > 270$	460	$v_R > 246$
中软场地	270	$v_S > 140$	246	$v_R > 129$
软弱场地	140	v_S	129	v_R

2 瑞利波与工程地质资料的比较

在该小区内, 我们在进行了岩土工程勘察的基础上又进行瑞利波的地基勘察, 其中工勘进行了钻孔取样、土工试验、标准贯入、动探等方法。结论是该场地地表水较丰富(主要是大气降水), 在钻探深度内未见地下水。根据试验得出该场地临荷载 P_{cr} 为 180 kPa, 由

$$P_{cr} = \frac{\pi(\gamma_0 d + c \cdot \cot \varphi)}{\cot \varphi + \varphi - \pi/2} + \gamma_0 d$$

计算得出该基础埋置深度为 2.18 m, 按设计取埋深 $d = 2$ m, 经计算 $f = f_k + \eta_b \gamma (b - 3) + \eta_d \gamma_0 (d - 0.5)$ 得出承载力基本值为 266 kPa, 满足该建筑承载力。

上两式中: γ_0 — 基底以上土的加权平均重度;

b, d — 基础的宽度与埋置深度;

c — 基底以下土的粘聚力;

φ — 基底以下土的内摩擦角;

f_k — 地基土承载力标准值;

η_b, η_d — 基础宽度和埋深的地基承载力修正系数;

γ — 基础底面以下土的重度。

图 1 和表 3 为实测 ZKa 钻孔剖面与瑞利波勘探结果对比; 图 2 和表 4 为实测 ZKb 钻孔剖面与瑞利波勘探结果对比。

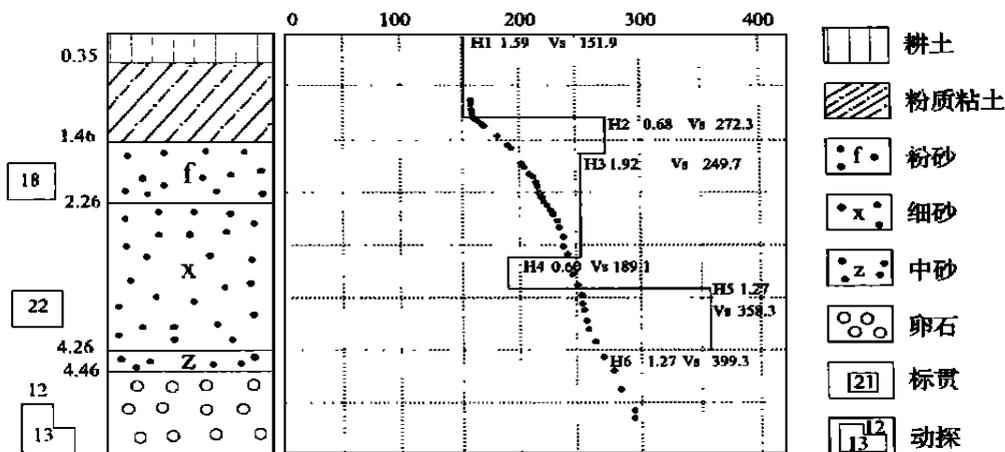


图 1 实测工勘剖面(ZKa)与瑞利波勘探结果对比图

Fig. 1 Comparison of drilling and Rayleigh wave survey in hole ZKa

表 3 (ZKa) 孔瑞利波勘探结果与工勘结果对比表

Table 3 Showing results of drilling and Rayleigh wave survey in hole ZKa

面波分析			钻孔分析					
层	层厚(m)	波速(m/s)	层	层厚(m)	岩性	标贯	动探	承载力(kPa)
—	—	—	—	0.35	杂填土	6	3	120
一	1.59	151	二	1.46	粉土	13	4	195
二	2.27	272.3	三	2.26	粉砂	21	7	276
三	4.19	249.7	四	4.26	细砂	22	7	280
四	4.79	189.1	五	4.46	中砂	31	9	380
五	—	358.3	六	—	卵石	—	13	500

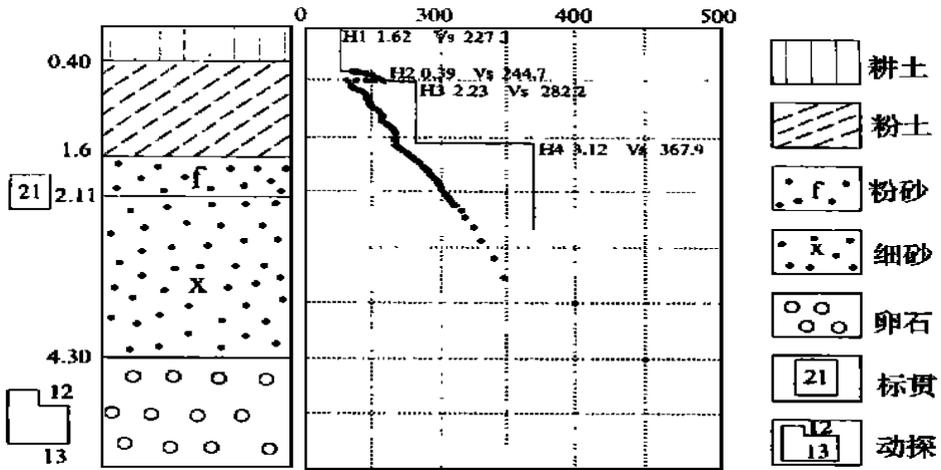


图2 实测工勘剖面(ZKb)与瑞利波勘探结果对比图

Fig.1 Comparison of drilling and Rayleigh wave survey of hole ZKb

表4 (ZKb)孔瑞利波勘探结果与工勘结果对比表

Table 4 Showing results of drilling and Rayleigh wave survey in hole ZKb

面波分析			钻孔分析					
层	层厚(m)	波速(m/s)	层	层厚(m)	岩性	标贯	动探	承载力(kPa)
—	—	—	一	0.40	杂填土	7	3	130
—	1.62	227	二	1.62	粉土	14	5	216
二	2.01	244.7	三	2.11	粉砂	21	7	273
三	4.29	282.2	四	4.30	细砂	22	7	280
四	—	—	五	—	卵石	—	13	500

由以上钻探资料与相对应的瑞利波实测成果上,我们可以看出:该区的地质分层情况是较好的,瑞利波划分的地层与钻孔之间基本吻合,其误差也较小。工勘结果显示,该场地地基承载力是由上而下随着粉土层、砂土层、卵石层而增大的。瑞利波波速也是随着深度增大而逐渐增大的,并且相应土层、波速值大小基本一致。这正是说明该场地地层的密实程度的大小与波速的大小是相对应的。

由图表看出:基础在埋深 $d = 2\text{ m}$ 时,其承载力设计值达到建筑设计要求,我们通过频散曲线分析看到在这一深度上,波速值平均为 250 m/s ,而且较为稳定,由表2可以看出这一层属于中硬场地。于是我们便可以得出一个结论:在该场地当波速为 250 m/s 时,其地基承载力基本值为 266 kPa 。再通过所布置测线测量的几百个测点的实测资料分析同样看到场地地层分布的基本均匀和稳定,这也与钻探结果相吻合。由此可见,根据频散曲线便可以定量测出整个场地满足这一承载力要求的地层深度。同样其他地层承载力情况也可得出。如若场地存在空洞、软弱层等这些不良地质情况时,瑞利波勘探也较容易查明。因此可以在少量钻孔资料

基础上配合瑞利波勘察便能评价场地的工程地质情况。可以经济高效地为建筑设计和施工提供可靠的资料。

3 结论

利用瑞利波勘探进行地质分层和确定各层土地基承载力情况是行之有效的。一般在解决工程地基问题时(即承载力),具体波速值大小与承载力值大小不是唯一确定的。在不同地区这种关系有差异。因此必须配合少量钻探资料相比较才能确定出来,这一点是非常重要的。在勘探过程中也要注意到地基土在含水情况下对波速及承载力的影响,要多作调查和资料收集。

参考文献:

- [1] 杨成林. 瑞利波勘探[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [2] 胡广滔, 杨文远. 工程地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1984.
- [3] 吴湘乡. 建筑地基基础[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 1996.
- [4] 蔚贵宏. 瞬态面波在西藏水库勘察中的应用[J]. 工程勘察, 2000(2).

APPLICATION OF RAYLEIGH WAVE TO FOUNDATION EXPLORATION

WANG Yu-ling, CHEN Yan

(*Geological Exploration Institute of the 3rd Geological Exploration bureau, 041000, China*)

Abstract: On the basis of relationship between the velocity of Rayleigh wave and density of rocks and soils, the author compares the surveying results of Rayleigh wave with those of drillhole, and makes a systematic description of the application of Rayleigh wave to the determination of bearing capacity of foundation soil. This method can be used to solve the problems in foundation exploration.

Key words: Rayleigh wave; wave velocity; density; bearing capacity