

$\Omega = 2.105 \text{ 1/s}$ 处的 C 值比第 3 个点 $\Omega = 4.61 \text{ 1/s}$ 的值小近 10 倍, 但注意到减振阻尼系数是相对于 x_0^* 定义的, 而低频时的激振幅值 x_0 也大, 故相应的功率 \bar{P} 并不一定小。算例的结果是: 以 ω_+ 方式振荡的 $\alpha_{i1}^* = 0.5533$, $\alpha_{i1} = 0.2242$, 以 ω_- 方式振荡的 $\alpha_{i2}^* = 0.0821$, $\alpha_{i2} = 0.0726$, 本例显现还是 ω_+ 占优。

4 TLD 与结构物的相互作用

对于单自由度的结构物运动, 当计入放置其上的 TLD 效应后其运动控制方程为

$$m_s \ddot{x}_s + c_s \dot{x}_s + k_s x_s = F(t) + F_l \quad (9)$$

式中 m_s , c_s , k_s 分别为结构物的质量、阻尼和刚度系数, F 为结构所受外力, 而 TLD 对结构物的力 F_l 由式 (7) 和 (6) 给出。

对于复杂结构物 (以高层建筑为例) 当计入 TLD 的作用后其运动方程可表示为^[5]

$$[M]\{\ddot{x}\} + [c]\{\dot{x}\} + [k]\{x\} = \{P(t)\} + \{H\}F_l \quad (10)$$

式中 $\{x\}$, $\{\dot{x}\}$, $\{\ddot{x}\}$ 为结构振动方向的层位移、速度和加速度向量, $\{P(t)\}$ 为荷载向量 (如风), $\{H\}$ 为 TLD 设置层位置向量。应用振型迭加法可得结构广

义坐标的方程, 再与对应的 (7)、(6) 联立便可求得响应过程。

5 结束语

调谐减振装置在工程设计中的应用已日趋广泛。本文重点介绍了双层流体 TLD 的特性, 说明了它的应用前景。结合此题, 今后应在实验研究、应用 MAC 方法对非线性和粘性效应进行数值模拟及表面张力影响等方面深入地开展工作。

参 考 文 献

- 1 Sun L M, et al. Nonlinear Waves and Dynamic Pressures in Rectangular Tuned Liquid Damper (TLD) - Simulation and Experimental Verification. Proc JSCE, 1989, (410): 81 ~ 92
- 2 王翎羽, 陈星, 安国亭. 矩形 TLD 减振作用的定量分析法. 建筑工程学报, 1995, 16 (3): 29~ 36
- 3 Bauer H F. Oscillations of immiscible liquid in a rectangular container: A new damper for excited structures. *J Sound and Vibration*, 1984, 93 (1): 117~ 133
- 4 沈国光, 王日新, 李德筠. 分层流体 TLD 特性分析. 水动力学研究与进展, Ser A. 1996, 11 (2)
- 5 瞿伟廉, 宋波, 陈妍桂, 瞿新民. TLD 对珠海金山大厦风振控制的设计. 建筑工程学报, 1995, 16 (3): 21~ 28
(1995 年 3 月 7 日收到第 1 稿,
1996 年 5 月 30 日收到修改稿)

软粘土动剪切模量的研究

翟瑞彩

(天津大学, 天津 300072)

摘要 本文建立了动剪切模量随深度变化的函数关系, 运用模糊概率对动剪切模量进行评述, 以供地基的动力稳定性分析。

关键词 软粘土, 动剪切模量, 隶属度, 模糊概率

海洋工程建筑物除受静荷载的作用之外, 经常受到风、浪等动荷载的作用。此外, 渤海海域为高烈度地震区, 在地震中这些建筑物还要受到地震荷载这种动荷载的作用。分布在渤海海底表层 15m 之内的软粘土主要是淤泥、淤泥质粘土、淤泥质粉质粘土层, 这类软粘土在动荷载作用下会发生振动弱化, 从而易使建筑

物发生滑移和沉降等。因此, 在进行海洋工程建筑物的地基设计计算中, 应做地基的动力稳定性分析, 这时需要用到土的动力参数——动剪切模量。我们主要讨论渤海海底某一区域内软粘土动剪切模量随深度的变化规律, 并对该动力参数进行模糊概率分析。

1 动剪切模量随深度的变化规律

我们将渤海石油开发区某块内 8 个钻孔中不同动剪应变对应的动剪切模量 G 与深度 h 的关系数据描绘在坐标平面上, 并选用对数曲线

$$G(h) = a + b \ln h \quad (a, b \text{ 为常数})$$

及幂函数曲线

$$G(h) = ah^\alpha \quad (a, \alpha \text{ 为常数})$$

进行曲线拟合, 拟合结果见表 1.

表 1 动剪切模量的拟合结果

曲线	动剪应变 r	经验公式 $G(h)$	均方误差
对数	$(4.5 \sim 5.5) \times 10^{-5}$	$16.332 + 11.459 \ln h$	19.836
曲线	$(4.5 \sim 5.5) \times 10^{-4}$	$15.051 + 4.214 \ln h$	9.921
	$(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-3}$	$0.380 + 7.640 \ln h$	8.13
幂函	$(4.5 \sim 5.5) \times 10^{-5}$	$19.713h^{0.280}$	20.397
数曲	$(4.5 \sim 5.5) \times 10^{-4}$	$16.540h^{0.148}$	10.032
线	$(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-3}$	$4.106h^{0.645}$	9.013

从表 1 可以看出, 拟合误差较大, 这是由于数据很离散的缘故, 因此需对上述结果进行修正.

按文献[1]指出的: 土的不固结不排水剪强度 C_u 与土的模量 E 之间存在相关关系

$$E = (500 \sim 1000)C_u \quad (1)$$

我们将具有动剪切模量资料的钻孔中 15m 深度内, 不固结不排水剪强度 C_u 按深度 h 做统计(统计结果略), 并采用上述模型做拟合, 其结果如下

$$C_u = 0.0639 + 0.00701 \ln h \quad (2)$$

其均方误差为 $\delta^2 = 0.02972$

$$C_u = 0.0467h^{0.188} \quad (3)$$

其均方误差为 $\delta^2 = 0.03178$

由于有近 130 个数据, 显然误差很小, 故拟合较好.

为更好反映客观实际, 需对表 1 中的拟合结果进行修正, 方法是每隔 0.5m 深度找出对应的 C_u 与 G 之比, 求得同一土层深度的修正系数以及 15m 深度内的平均修正系数 K , 并令

$$G = KC_u \quad (4)$$

按(4)式求得相应修正后的动剪切模量 G . 并将修正后的 G 与深度 h 的关系数据做曲线拟合, 其拟合结果见表 2.

表 2 修正后动剪切模量的拟合结果

曲线	动剪应变 r	经验公式 $G(h)$	均方误差
对数	$(4.5 \sim 5.5) \times 10^{-5}$	$30.1618 + 3.2424 \ln h$	13.937
曲线	$(4.5 \sim 5.5) \times 10^{-4}$	$18.7611 + 2.0243 \ln h$	8.604
	$(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-3}$	$11.2048 + 1.3581 \ln h$	5.248
幂函	$(4.5 \sim 5.5) \times 10^{-5}$	$23.297h^{0.185}$	15.646
数曲	$(4.5 \sim 5.5) \times 10^{-4}$	$15.466h^{0.187}$	10.003
线	$(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-3}$	$9.760h^{0.195}$	6.662

从表 1、表 2 可以看出修正后的结果均方误差均减小了, 并从上述两种数学模型比较, 显然对数函数的均方误差较小, 因此可以认为对数曲线代表了所研究

区域内动剪切模量随深度的变化规律, 为工程规划阶段提供参考.

2 动力参数——动剪切模量的模糊概率分析

在岩土工程实践中, 由于土的分类并不存在明确的分界线, 即在分界线的前后有一个中介过渡的模糊性, 自然反映土的动力参数也同样具有中介过渡的模糊性. 因此对它们采用模糊数学的方法加以研究是符合客观实际的.

我们知道, 如果事件 A 是模糊的, 而概率值是普通数值, 则称为模糊事件的概率^[3,4].

定义 设 A 为 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 上的模糊集

$$\underline{A} = \mu_{\underline{A}}(x_1)/x_1 + \mu_{\underline{A}}(x_2)/x_2 + \dots + \mu_{\underline{A}}(x_n)/x_n +$$

其中 $\mu_{\underline{A}}(x_i)$, ($i = 1, 2, \dots, n$) 为 x_i 对 \underline{A} 隶属度, 又

设 x_i 的概率为 $P(x_i)$, $P(x_i) \geq 0$ 且满足 $\sum_{i=1}^n P(x_i) = 1$, 则模糊事件 \underline{A} 的概率为

$$P(\underline{A}) = \sum_{i=1}^n \mu_{\underline{A}}(x_i) P(x_i) \quad (5)$$

利用(5)式可以求某一深度附近动剪切模量的模糊概率.

例 设 \underline{A} 表示“深度 h 在 2m 附近”, \underline{B} 表示“深度 h 在 10m 附近”, 显然 $\underline{A}, \underline{B}$ 均为模糊事件, 又设动剪应变 $\gamma = (4.5 \sim 5.5) \times 10^{-5}$, 由表 2 对数曲线可知当 $h = 2m$ 时, $G = 32.4 \text{ MPa}$, 当 $h = 10m$ 时, $G = 37.6 \text{ MPa}$, 即“深度 h 在 2m 附近”对应于“ G 在 32.4 附近”, “深度 h 在 10m 附近”对应于“ G 在 37.6 附近”. 经分析计算, 将 $P(x_i)$, $\mu_{\underline{A}}(x_i)$, $\mu_{\underline{B}}(x_i)$, 根据表 3 按(5)式求得

$$P(\underline{A}) = \sum_i \mu_{\underline{A}}(x_i) P(x_i) = 79.12\%$$

$$P(\underline{B}) = \sum_i \mu_{\underline{B}}(x_i) P(x_i) = 81.15\%$$

从此例可以看出, 在土层深 10m 附近其动剪切模量 $G = 37.6 \text{ MPa}$, 比深 2m 附近 $G = 32.4 \text{ MPa}$ 的模糊概率大, 且概率值均在 80% 左右, 可以认为上述计算结果是比较可靠的. 类似地可分析其它不同情况, 不同深度动剪切模量的可靠性.

表 3 概率与模糊事件的隶属度

G (MPa)	数据个数 n	$P(x_i)$	$\mu_A(x_i)$	$\mu_B(x_i)$
0				
5.0	6	0.044	0.20	0.12
10.0	7	0.052	0.50	0.30
15.0	6	0.044	0.70	0.50
20.0	6	0.044	0.80	0.70
25.0	5	0.037	0.90	0.80
30.0	7	0.052	0.95	0.90
35.0	6	0.044	1.00	0.95
40.0	9	0.066	0.95	1.00
45.0	25	0.184	0.90	0.95
50.0	43	0.316	0.80	0.90
55.0	16	0.118	0.70	0.80

3 结论

(1) 通过对渤海石油开发区某块内软粘土层不固结不排水剪强度、动剪切模量的分析,可以看出,虽然它们与土层深度的关系比较复杂,但还是有一定规律的,此规律可由拟合曲线表示

的,此规律可由拟合曲线表示

(2) 由于土的动力参数随土层深度的变化有一定模糊性,故对它应用模糊概率进行分析是合理的,因此用模糊概率来评价动力参数的可靠性作为海洋工程的可行性研究是有实用价值的

本文得到要明论先生的帮助,在此表示衷心的感谢

参 考 文 献

- 1 天津大学主编 土力学与地基 北京:人民交通出版社, 1980 99~ 100
- 2 陈 环, 要明伦主编 土力学与地基 北京:人民交通出版社, 1986 165~ 188, 203~ 217
- 3 水本雅晴 [日], 模糊数学及其应用 北京:科学出版社, 1986 75~ 85
- 4 贺仲雄 模糊数学及其应用 天津:科学技术出版社, 1983 65~ 80
- 5 要明伦, 邢 延 软粘土的动力参数及其应用, 海洋石油, 1987 (1): 31~ 35

(1996年2月26日收到第1稿,
1996年10月17日收到修改稿)

强震时高层钢结构中外挂板减震作用的下限值¹⁾

王立忠

(北京建筑工程学院, 北京 100044)

摘要 文中利用常遇地震下的结构分析模型,对在罕遇地震(强震)作用下设置外挂板的实际高层钢结构分别输入多条地震波进行了时程反应近似分析。计算结果表明,在罕遇地震作用下与在常遇地震作用下一样,外挂板有不可忽视的减震作用。通过分析,找到了外挂板减震作用的下限值

关键词 高层钢结构, 外挂板, 强震, 减震作用, 下限值

本文在文献[1]的基础上,运用与其类似的方法,对高层建筑钢结构房屋在罕遇地震作用下外挂板的减震作用进行了估算分析,给出了外挂板减震作用的下限值

在地震作用下,假设钢框架处于弹性,外挂板处于理想弹塑性工作状态,外挂板通过与框架钢梁连接处的螺栓与框架结构协同工作。对于平面为矩形,有双对称轴的结构,略去楼层的转动效应,沿平面上两个对称轴方向分别输入地震波进行地震反应时程分析

作为算例,选用了17层日本广岛工业大学新一号馆和26层长富宫中心(北京)进行强震时程反应分析^[1]。计算选取了刚度较小的短轴方向,分别输入EL Centro-NS、Taft1、八户波(Hachinohe,日本)和兰州人工波(Lan1),相当于7、8、9度罕遇地震烈度,峰地震加速度分别取220、400、620 Gal,积分运动方程的时间步长取0.02 s,持续时间10 s,振型阻尼比用0.05^[2]。

17层结构中,1~15层每层有16块外挂板,16、17层各有8块,26层结构每层有16块外挂板。在外挂板

¹⁾北京市自然科学基金资助项目