

鄱阳湖区域粉质黏土动剪切模量试验研究

吴浩宇 何振华

上饶市交通建设投资集团有限公司 334100

摘要:采用共振柱试验仪对鄱余特大桥工程某段的原状粉质黏土进行了试验研究,分析了不同围压下土的动剪切模量和阻尼比变化规律,试验表明:土样的动剪切模量变化规律符合 Hardin-Drnevich 双曲线模型假定,得到了试样在 100, 200, 300, 400KPa 围压下 H-D 模型的两个参数(最大剪切模量 G_{max} 、参考剪应变 γ_r);与袁晓铭推荐取值相比,试验所得的归一化模量拟合曲线低于平均推荐值。

关键词:粉质黏土;共振柱;动剪切模量;Hardin-Drnevich 双曲线模型

引言

鄱阳湖区域土层为典型的第四系全新统湖积层,由表层软塑状粉质粘土、下卧较深厚的湖相淤泥质土或软土以及深层粗颗粒砂层组成^[1]。近年以来随着鄱阳湖区域的工程建设与开发,合理选用该地区的土体参数显得尤为重要。

公路交通荷载具有幅度小,频率高,影响时间长的特点。而路基作为道路结构的重要组成部分,其在交通荷载下的动力学特性对道路工程的安全性评价至关重要。徐毅^[2]等人对连盐高速公路进行了实际监测,此外也有不少学者对不同工况下的公路路基进行了数值分析^[3,4],上述研究表明公路路基动应变响应多集中在 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ 之间,属于小应变幅值。袁晓铭^[5]对全国十几个不同地区的 6 种常规土类进行了共振柱试验,给土体动剪切模量和阻尼比的经验取值提供了重要依据。张峰^[6]对长(春)-(四)平高速公路路基典型

原状粉质粘土进行了动力特性研究,动模量与阻尼比关系曲线与袁晓铭所推荐曲线存在一定偏差;吕程伟^[7]对武汉地区软黏土进行了共振柱试验,结果与袁晓铭推荐值较为接近。这表明不同地区黏性土的动力特性存在差异,而目前对鄱阳湖区域粉质黏土小应变幅值条件下的动力学特性研究较少。本文通过共振柱试验得到了动剪切模量的变化规律,并采用 Hardin-Drnevich 双曲线模型对试验结果进行拟合,为鄱阳湖区域工程建设的动力响应分析提供了参考依据。

1.共振柱试验

试验土样

试验采集了鄱阳湖区域鄱余特大桥工程某标段的原状粉质黏土,取土深度在 1.1~2.7m 之间,呈黄褐色或灰褐色,土体的基本物理性参数列于表 1。

表 1 鄱阳湖区域粉质黏土物理性参数

Table 1 Physical parameters of silty clay in Poyang Lake area

含水率 ω (%)	湿密度 ρ (g/cm ³)	干密度 ρ_d (g/cm ³)	比重 G_s	孔隙比 e	塑限 W_P (%)	液限 W_L (%)	塑性指数 IP
33	1.95	1.49	2.65	0.78	30.5	46.5	17.1

试验设备及试验方案

试验采用 EIVM 共振柱仪,试验容器可控围压范围:0~1.0 MPa,共振频率 2~200 HZ,试样高度 78mm,直径 39.1mm。

试验采集了四个钻孔(ZK1, ZK2, ZK3, ZK4)的粉质黏土原状土样,设置了 100, 200, 300, 400kPa 四种不同围压对照。

钻孔编号	围压 (Kpa)	密度 (g/cm ³)	含水率
ZK1	100	1.92	31.5%
ZK2	200	1.98	33.7%
ZK3	300	2.01	34.0%
ZK4	400	1.96	33.9%

2.试验结果及分析

动剪切模量

不同钻孔试样的动剪切模量随剪应变的变化如图 1 所示。

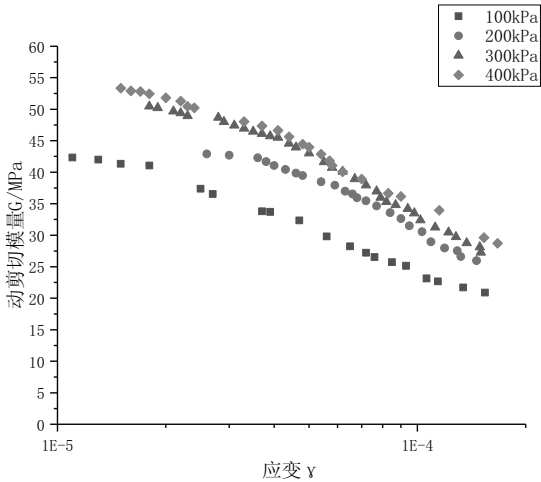


图 1 G- γ 关系曲线图

由图 1 可以看出,不同钻孔试样的动剪切模量 G 均随动应变 γ 的增大而减小,规律基本一致。另一方面,在同样的动应变下,围

压越大试样的动剪切模量越大,因为围压的升高使得试样内部颗粒之间排列更加紧密,从而提升了试样整体的抗剪能力。

Hardin-Drnevich 模型

Hardin 对土体动剪切模量 G 与剪应变的关系做了如下假定:

$$G = \frac{G_{\max}}{1 + \frac{\gamma}{\gamma_r}} \quad (1)$$

得到的 H-D 双曲线经归一化处理后拟合结果如图 2,3,表 2 所示:

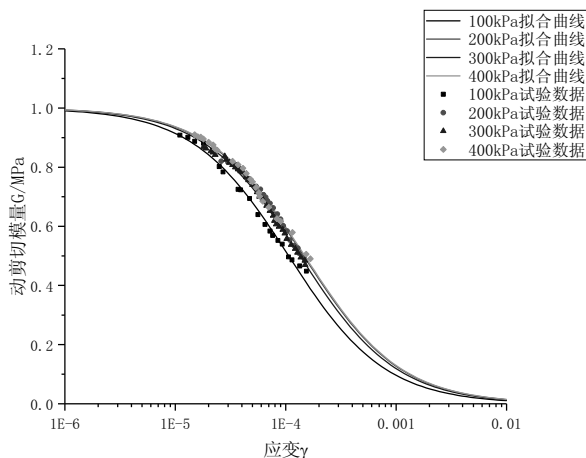


图2 H-D 拟合曲线

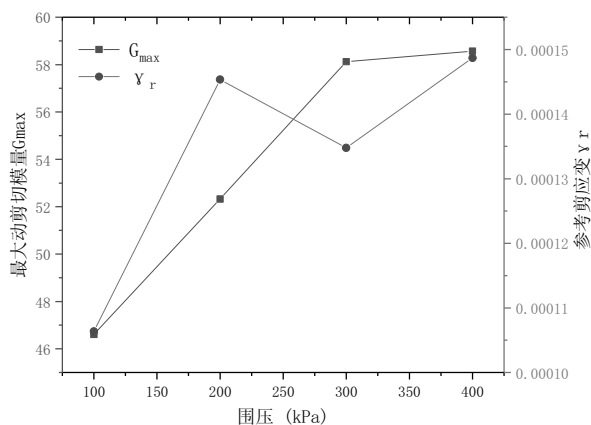


图3 拟合参数随围压变化规律图

表2 H-D 拟合结果汇总

围压 (Mpa)	$G_{\max}$ (Mpa)	γ_r	相关系数 R^2
100	46.61	1.0637E-4	0.9899
200	52.32	1.4536E-4	0.9899
300	58.12	1.3479E-4	0.9959
400	58.57	1.4871E-4	0.9930

可以发现试样的动剪切模量变化规律符合 Hardin 双曲线模型的假定,拟合结果较好;此外,围压对归一化处理后的 $G-\gamma$ 变化

规律影响不大。由图 3 可以观察到,试样的最大动剪切模量 $G_{\max}$ 与参考剪应变 γ_r 随围压的增大整体呈上升趋势。

这里将文献里的取值与本文试验数据进行对比,结果见图

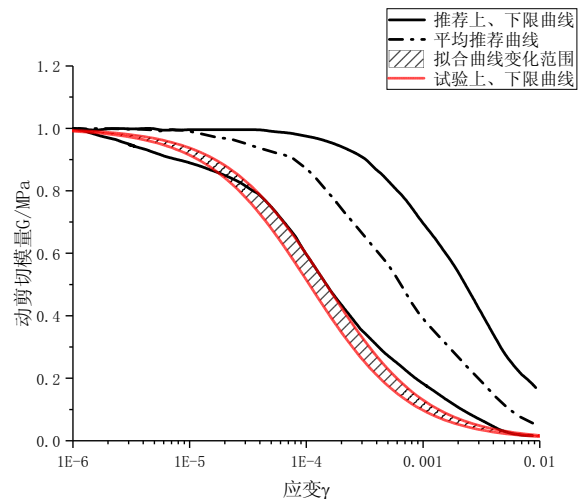


图4

可以发现,当动应变 γ 变化范围在 $1E-6 \sim 1.8E-5$ 之间时,试验所得的归一化模量拟合曲线于袁晓铭所得曲线范围的下部,并且低于平均推荐值;当动应变 γ 变化范围在 $1.8E-5 \sim 0.01$ 之间时,拟合曲线变化范围整体低于袁晓铭的曲线变化范围。这表明在相同动应变下,本文粉质黏土的动剪切模量要低于推荐值,这表明土体在动应变增大时,动剪切模量的衰减更迅速。

3.结论

1 试样的 $G-\gamma$ 变化曲线与 H-D 双曲线模型拟合结果较好。在 100, 200, 300, 400 kPa 围压下的最大剪切模量 $G_{\max}$ 分别为 46.61、52.32、58.12、58.57 Mpa, 参考剪应变 γ_r 分别为 $1.0637E-4$ 、 $1.4536E-4$ 、 $1.3479E-4$ 、 $1.4871E-4$ 。

2 试样的归一化 $G-\gamma$ 变化曲线低于袁晓铭平均推荐取值。

参考文献:

- [1]甘建军,李荐华.鄱阳湖湖相深厚软土工程地质特性研究[J].南昌工程学院学报.2018, 37 (03): 12-18.
- [2]徐毅.交通荷载对高速公路路基影响的试验研究[D].河海大学, 2006.
- [3]胡立锋.交通荷载作用下软粘土复合路基的动力响应分析[D].浙江大学, 2005.
- [4]陈剑,苏跃宏.交通荷载作用下公路路基动力特性的数值模拟研究[J].公路交通科技.2011, 28 (05): 44-48.
- [5]袁晓铭,孙锐,孙静,等.常规土类动剪切模量比和阻尼比试验研究[J].地震工程与工程振动.2000, 20 (4): 133-139.
- [6]张锋,冯德成,凌贤长,等.长平高速公路典型原状粉质粘土静动力学特性[J].哈尔滨工业大学学报.2012, 44 (08): 11-16.
- [7]吕伟程,吴立,彭国东.武汉软粘土动力特性试验研究[J].建筑结构.2019, 49 (S2): 884-887.