

文章编号 1000-5013(2006)01-0061-03

闽南地区软粘土灵敏度试验及分析

李 鹏 娥

(华侨大学土木工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要 福建闽南地区海相沉积的软粘土的灵敏度较高, 一般在 4~8 之间, 属中、高结构性土, 施工扰动会对土的性质带来很大影响, 在设计和施工中应设法减少对土层的扰动. 文中通过灵敏度试验, 评价闽南地区软粘土的结构性. 结果表明, 应根据工程性质、施工方法及场地工程地质条件, 来综合考虑软粘土的抗剪强度参数.

关键词 软粘土, 闽南地区, 灵敏度, 结构性, 抗剪强度

中图分类号 TU 447(257); TU 437

文献标识码 A

工程建设中一般都比较注意软粘土强度低、压缩性高、透水性小特性, 而对其另一特性——结构性缺乏足够的认识. 在我国东南沿海广泛分布着海相沉积软粘土, 这些软粘土的灵敏度在 4~10 之间, 属于高或超高灵敏粘土^[1]. 我国广东湛江曾发现灵敏度高达 20 左右的超高灵敏粘土, 而挪威 Dramman 粘土和加拿大 Leda 粘土的灵敏度甚至高达 100 以上, 那样的超高灵敏粘土, 在受到扰动后, 变得象液体一样. 高或超高灵敏粘土在受到扰动后, 其强度显著降低, 给工程建设带来很大困难. 尽管软粘土受扰动后, 随着静置时间的增长, 其强度会逐渐恢复, 但一般需要较长的时间, 而且不能恢复到原来的强度. 因此, 在高灵敏粘土地基上进行地基处理或开挖基坑时, 应该力求减小土的扰动, 同时在设计和工程评价时, 应该考虑施工的扰动程度及扰动造成的土体强度降低^[2].

1 闽南地区软粘土灵敏度试验成果及分析

位于闽南地区的泉(州)厦(门)高速公路是福建省第 1 条高速公路, 属于我国沿海大通道——同(黑龙江同江)三(海南三亚)高速公路中的一部分. 泉厦高速公路全长 81.1 km, 其中软基路段长约 17.5 km, 约占线路总长的 22%. 软基路段的代表性地层分布自上而下有 5 层: (1) 粘土或亚粘土, 厚 1~2 m. (2) 淤泥和淤泥质粘土, 最厚达 22 m. (3) 砂混淤泥或亚粘土. (4) 残积砂质粘性土. (5) 强风化花岗岩. 地下水位在地表以下 1 m 左右. 其中对路基稳定和变形起控制作用的土层为淤泥和淤泥质粘土层. 淤泥和淤泥质粘土层的水质量分数 w 为 0.5~0.8, 密度 ρ 为 15.7~17.3 $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$, 孔隙比 e 为 1.3~2.0, 液限 w_L 为 44%~53%, 压缩系数 $a_{1-2} = 0.85 \sim 2.20 \text{ MPa}^{-1}$, 不排水抗剪强度 $C_u = 10 \sim 19 \text{ kPa}$, 固结系数 $C_v = 0.0005 \sim 0.0010 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. 因此, 它属于高液限、高压缩性、低强度、低透水性的饱和软粘土^[3]. 为了考虑软基处理过程中施工扰动可能对土的性质带来的影响, 同时测定软粘土的灵敏度, 泉厦高速公路和泉州地区其他工程测得的灵敏度试验结果, 如表 1 所示. 表中原状土和重塑土的无侧限抗压强度用 q_u, q'_u 表征, 灵敏度用 S'_t 表征, 数据为基本值的平均数, 下标数字为参加统计的个数. 从表 1 可以看出, 泉州到厦门的滨海相软粘土的灵敏度在 3.9~8.0 范围内, 与东南沿海海相沉积软粘土的灵敏度属于同一范围, 属于高灵敏粘土. 实际上, 真正的原状土是不存在的, 试样通过钻孔、运输和制样, 已经不可避免地受到了扰动, 只是扰动的程度不同. 例如, 采用薄壁取土器就能降低扰动程度, 所以试验测得的灵敏度必然低于实际的灵敏度. 正因为施工扰动会对高灵敏粘土的性质带来很大影响, 故工程中必须重视灵敏度的测定, 并在设计和施工中设法减少对土层的扰动. 例如, 有的设计人员在设计塑料排水

收稿日期 2005-04-15

作者简介 李鹏娥(1959), 女, 助理实验师, 主要从事岩土工程室内外试验的研究. E-mail: lpe@hqu.edu.cn

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

带(或袋装砂井)排水固结法时,为了加快软基固结速率,尽量加密布置塑料排水带,而不考虑过密塑料

表 1 闽南地区软粘土灵敏度试验结果

工程名称	w	$\rho / \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$	q_u / kPa	q'_u / kPa	S_t
B 段	69.6 ₁₅	15.7 ₁₅	31.9 ₁₃	4.6 ₁₃	6.9 ₁₃
泉厦高速公路	C 段	64.9 ₃₉	15.9 ₃₉	29.2 ₁₉	6.1 ₁₉
	D 段	69.4 ₅₂	15.7 ₅₂	30.8 ₁₇	6.4 ₁₇
泉州市博物馆		66.6 ₆	15.7 ₆	27.0 ₆	7.0 ₆
泉州市金川排涝泵站		52.1 ₃	17.1 ₃	28.5 ₃	4.0 ₃

排水带, 以及其增大的扰动程度所产生的不利因素. 此外, 也应该从减小扰动的角度选择施工方法和施工机具, 如塑料排水带插带机的导管和管靴的形状尺寸等^[4].

2 软粘土抗剪强度参数的综合评价

对于具有结构性的海相沉积软粘土, 应尽量减少钻探取样、运输、制样过程中对原状土样的扰动, 以及施工过程中对地基土的扰动. 除此之外, 在选用设计参数时还应该考虑不同试验条件和方法对试验结果的影响. 软粘土抗剪强度参数有 4 种主要的测定方法. (1) 现场十字板剪切试验. 测定软土不排水抗剪强度 C_u , 属于原位测试. (2) 袖珍十字板剪切试验. 测定软土不排水抗剪强度 C_u , 在原状土中试验, 不需切样. (3) 直剪试验. 测定快剪、固结快剪、慢剪状态下的抗剪强度参数凝聚力 C 和内摩擦角 φ . (4) 三轴压缩试验. (a) 不固结不排水(UU)试验. 测定抗剪强度参数 C_u , φ_u ; (b) 固结不排水(CU 或 $\overline{\text{CU}}$)试验. 测定抗剪强度参数 C_{cu} (或 C'), φ_{cu} (或 ϕ'); (c) 固结排水(CD)试验. 测定抗剪强度参数 C_d , φ_d . (d) 无侧限抗压强度试验. 测定无侧限抗压强度 q_u 和灵敏度 S_t , $C_u = q_u / 2$ ^[5,6]. 对于同一土层采用不同的测试方法, 会得出不同的抗剪强度及参数, 如表2所示. 表中 C_1 , φ_1 , C_2 , φ_2 分别为直剪试验中快剪及固结快剪

表 2 抗剪强度参数试验结果

项 目	泉厦高速公路			泉州博物馆	惠安皮革厂	泉州后渚港码头
	B 段	C 段	D 段			
$w / (\%)$	69.6 ₁₅	64.9 ₃₉	69.4 ₅₂	66.6 ₈	65.1 ₁₄	77.0 ₁₃
$\rho / \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$	15.7 ₁₅	15.9 ₃₉	15.7 ₅₂	15.7 ₈	17.4 ₁₄	15.1 ₁₃
C_1 / kPa	15.0 ₆	15.0 ₁₇	18.0 ₁₈	18.0 ₆	8.6 ₉	7.0 ₆
$\varphi_1 / (^{\circ})$	2.8 ₆	2.5 ₁₇	2.3 ₁₈	1.0 ₆	4.6 ₉	2.5 ₆
C_2 / kPa	17.0 ₇	18.0 ₃	18.0 ₂₂	10.0 ₆	11.2 ₄	12.0 ₆
$\varphi_2 / (^{\circ})$	8.0 ₇	7.2 ₃	9.0 ₂₂	15.0 ₆	4.8 ₄	8.0 ₆
C_u / kPa	16.0 ₅	15.0 ₅	16.4 ₄	16.0 ₆	—	8.9 ₆
$\varphi_u / (^{\circ})$	1.9 ₅	1.9 ₅	1.7 ₄	0.5 ₆	—	0.0 ₆
C_{cu} / kPa	16.8 ₃	20.4 ₄	25.5 ₅	—	11.6 ₅	10.0 ₆
$\varphi_{cu} / (^{\circ})$	12.1 ₃	11.5 ₄	9.9 ₅	—	16.0 ₅	9.0 ₆
C' / kPa	11.2 ₃	12.4 ₄	15.3 ₄	—	13.3 ₅	8.0 ₆
$\phi / (^{\circ})$	26.9 ₃	27.7 ₄	24.0 ₄	—	13.4 ₅	19.0 ₆
C_{u1} / kPa	16.0 ₁₃	14.6 ₁₉	15.4 ₁₇	13.5 ₆	—	6.0 ₆
C_{u2} / kPa	20.0 ₁₂	15.0 ₁₂	23.6 ₁₂	20.0 ₈	—	4.6 ₆
C_{u3} / kPa	16.9 ₆	23.0 ₆	17.0 ₆	—	—	—

的凝聚力和内摩擦角; C_u , φ_u 为测定方法 4(a) 的参数; C_{cu} , φ_{cu} 为测定方法 4(b) 的参数; C_{u1} , C_{u2} , C_{u3} 分别为测定方法 4(d)、测定方法 2 和测定方法 1 的参数. 从表 2 可以看出, 不同的测试方法得出的抗剪强

度及参数相差较大. 其差异反映了测试条件和应力状态对试验结果的影响, 如室内试验、原位试验、试样形状尺寸、加荷形式和速率、排水条件及扰动程度, 等等. 一般的规律是, 软粘土抗剪强度参数中的凝聚力 C 值较大, 内摩擦角 φ 值较小. 三轴压缩不固结不排水(UU) 试验测得的 φ_u 常接近于 0. 导致直剪试验中测得的 φ 较大的主要原因是, 快剪过程中不能控制不排水及软土试样的挤出. 经过固结和剪切排水过程的抗剪强度参数, 比快剪和不固结不排水的要高. 有效应力抗剪强度参数与总应力抗剪强度参数相比, C' 变小而 φ' 明显增大. 无侧限抗压强度得出的不排水抗剪强度比三轴不固结不排水(UU) 试验测得的值要小, 因为无侧限抗压强度试验不施加围压也不使用乳胶膜. 原位十字板剪切试验结果往往偏大, 袖珍十字板剪切试验简单快捷, 可作为综合评价不排水抗剪强度 C_u 的辅助方法.

3 结束语

(1) 尽管大量试验成果和工程实际情况表明, 海相沉积软粘土具有结构性, 属于高或超高灵敏粘土. 但是, 在目前大多数勘察、设计、施工中都没有引起足够的重视. 虽然, 也有少数岩土工程勘察报告中指出软粘土的结构性或触变性, 但都几乎不做灵敏度试验, 在提供设计参数时, 也不考虑灵敏度的影响. (2) 在软粘土地基的工程事故和工程现象分析中, 应将结构性作为一个重要因素加以考虑. 尽管软粘土结构性研究是个复杂的课题, 目前尚难以定量分析, 但在设计和施工中必须对此有所认识, 并采取必要的措施. (3) 不同的试验方法得出的抗剪强度及参数相差很大, 目前的岩土工程勘察报告一般仅提供直剪试验结果, 具有很大的局限性. 对于较重要的工程, 特别是基坑工程, 应采用多种试验方法测定软粘土的抗剪强度及参数, 并结合工程实际情况进行综合评价. (4) 工程设计前, 应根据工程特点决定是否需测定灵敏度, 并提出测定抗剪强度参数的试验方法.

参 考 文 献

- 1 国家质量技术监督局, 中华人民共和国建设部. GB/T 50279- 1998 岩土工程基本术语标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 1998. 33
- 2 华东水利学院土力学教研室. 土工原理与计算[M]. 北京: 中国水利水电出版社出版, 1980. 259~ 284
- 3 翁 升, 马时冬. 福建高速公路软土特征及处理方法[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 2002, 23(1) : 60~ 64
- 4 胡中雄. 土力学与环境土工学[M]. 上海: 同济大学出版社, 1997. 244~ 269
- 5 国家质量技术监督局, 中华人民共和国建设部. GB/T 50123- 1999 土工试验方法标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 1999. 107~ 109
- 6 中华人民共和国水利部. SL 237- 1999 土工试验规程[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999. 197~ 201

Test and Analysis of the Soft Clay Sensitivity in South Fujian Province

Li Peng'e

(College of Civil Engineering, Huaqiao University, 362021, Quanzhou, China)

Abstract The sensitivity value of marine sediment soft clay widely distributed in south Fujian province is 4~ 8, this soft clay is a kind of structural soil with middle or high sensitivity, its properties are remarkably influenced by the disturbance of construction, therefore it is essential to lower the disturbance during the periods of design and construction. The structural properties of this soft clay are evaluated by the sensitivity test. It shows that the engineering property, the construction method and the geologic condition of the construction site would be considered in determining the shear strength parameters of this soft clay.

Keywords soft clay, south Fujian province, sensitivity, structural property, shear strength