

昆明地区粉、砂土液化判别存在问题的讨论

喻萍¹, 袁苏跃², 王海莹¹

(1. 昆明理工大学 建筑工程学院, 云南 昆明 650224; 2. 昆明大学 艺术建筑系, 云南 昆明 650032)

摘要: 就昆明地区饱和粉土、粉砂的液化判别存在的实际问题, 结合实际工程, 分别采用标准灌入法和静力触探法进行判别、比较, 针对判别结果存在的问题提出相应的完善措施和改进建议。

关键词: 粉土; 粉砂; 液化判别; 静力触探; 城市抗震

中图分类号: TU441 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2004)02-0099-04

Discussion about the Questions of the Differentiation Method for Liquefaction of Sandy and Silty Soil in Kunming Area

YU Ping¹, YUAN Su-yue², WANG Hai-ying¹

(1. Faculty of Architectural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China;

2. Department of Art and Architecture, Kunming University, Kunming, 650032, China)

Abstract: In view of the regional feature of sandy and silty soil distribution in Kunming area, there are some problems existing in the differentiation method for soil liquefaction. Some improved measures and suggestions are put forward.

Key words: silty soil; sandy soil; liquefaction differentiation; static survey; earthquake resistance

0 引言

昆明作为省会城市抗震设防尤为重要, 因昆明及外围地区断裂构造发育, 尤以南北向的小江断裂带: 北起四川, 经昆明地区东部的宜良和嵩明; 普渡河西山断裂带: 普渡河经昆明盆地后南下, 对昆明地区的影响最大. 而饱和粉土、砂土在昆明湖盆有广泛分布, 是本地的主要地基之一. 在饱和粉土、砂土地区, 准确地判别地基土的液化是工程勘察、抗震设计中的重要内容之一, 如果能事前准确识别, 就可以在设计中采取适当措施, 予以防治; 如果漏判、错判, 将会造成巨大的经济损失. 同时给工程留下安全隐患, 所以准确地判别和防治土的液化是一个急需解决的工程实际问题.

1 昆明地区饱和粉土、砂土液化判别存在的主要问题

昆明地区由于特定的地理环境生成了一批砂粒、粘粒含量偏高, 粉粒偏低, 具有明显的地区特性的粉土、砂土, 直径 $d > 0.075$ mm 的颗粒含量超过 50%, 按分类标准可定为粉砂, 而粘粒含量与塑性指数又似粉土^[4], 所以在判别上存在一些问题.

由于液化会造成许多工程破坏, 所以为了防止土的液化, 有的工程盲目延误工期, 采用桩基或进行地基处理, 大量增加工程投资, 造成许多浪费. 尽管我国《建筑地基基础设计规范》历次修编过程中, 都对砂土和粉土有较多的分析与研究^[4,5], 但由于地区差别, 研究的结论与昆明的粉土有一定的出入, 所以有必要对云南昆明地区饱和粉土、砂土的液化判别存在的问题, 提出相应的完善和改进建议.

根据对施工图和设计文件的研究及多年的经验得知, 绝大部分勘察报告中对饱和粉土、砂土的判别合乎规范, 判定结果正确, 但也存在以下一些问题:

1) 部分勘察报告中, 对液化的判别不重视, 仅一句话“8 度时, 粘粒含量大于或等于 13%”, 但未见颗粒分析成果. 对于桩基础判别深度亦未适当加深, 新的《建筑抗震设计规范》GB50011—2001 中第 4.3.4 已

收稿日期: 2003-10-04.

第一作者简介: 喻萍(1963~), 女, 讲师. 主要研究方向: 建筑结构. E-mail: kmlgdxy@yahoo.com.cn

经明确提出要求,尚应判别 15~20 m 范围内土的液化。

2) 对粉土颗分样品的粘粒含量进行平均,从而得出 $\rho_c \geq 13\%$ (8 度时),初判为不液化,这是不合理也不全面的。

3) 据《建筑抗震设计规范》GBJ11—89 第 3.3.2 条第二款的规定:粉土的粘粒(粒径小于 0.005 的颗粒)含量百分率,在基本烈度为 7 度、8 度、9 度分别不小于 10、13 和 16 时,可判别为不液化土。但这一条是针对粉土提出来的,很多勘察报告对粉细砂的判别就根据这一条判别,此属对规范的理解的偏差。云南省建设厅文件对此有明确的要求:粉土的粘粒含量初判条件,暂时仍不宜用于粉砂。

4) 由于昆明粉土、粉砂的特殊性,用标准贯入法对粉砂进行液化判别时,若用公式(1)、(2)进行判别液化,应按照规定:其粘粒含量 $\rho_c \leq 3$ 或为砂土时一律取 3; $\rho_c \geq 3$ 时,按实测值代入。当饱和土标准贯入锤击数(未经杆长修正)小于液化判别标准贯入锤击数临界值时,应判为液化土。

$$N_{cr} = N_0[0.9 + 0.1(d_s - d_w)]\sqrt{\frac{3}{\rho_c}} \quad (d_s \leq 15) \quad (1)$$

$$N_{cr} = N_0[2.4 + 0.1d_s]\sqrt{\frac{3}{\rho_c}} \quad (15 \leq d_s \leq 20) \quad (2)$$

N_{cr} —液化判别标准贯入锤击数临界值; N_0 —液化判别标准贯入锤击数基准值; d_s —饱和土标准贯入点深度(m); ρ_c —粘粒含量百分率。

5) 规范^[1]规定:进一步进行液化判别时,应采用标准贯入法,当有成熟经验时,尚可采用其他判别方法。有的勘察报告当中这一层用标准贯入法,未进行原位测试的就采用静力触探法,静力触探未见此层位的就用波速法,一个勘察报告中就分别采用三种判别方法,未进行各种判别方法综合确定。

6) 某工程上层为粉土,下层为厚约 3.0 m 的圆砾层,圆砾层下层粉砂,粉土用标准贯入法判别,粉土之勘察报告用公式:

$$d_u > d_o + d_b - 2 \quad (3)$$

d_u —上覆非液化土层厚度; d_b —基础埋置深度; d_o —液化土特征深度。

此公式只适用于对天然地基进行判别,计算结果不液化,但此工程不能用浅基础,因填土埋深太厚,只能采用人工挖孔桩。

7) 液化的机理是:地震时,饱和砂土或粉土在强烈振动下发生相对位移,颗粒结构有压密趋势,如其本身渗透系数较小,短时间内孔隙水排泄不走而受到挤压,孔隙水压力将急剧增加,当孔隙水压力增加到与剪切面上的法向压应力接近或相等时,砂土或粉土受到的有效应力下降乃至丧失,砂土颗粒局部或全部处于悬浮状态,此时,土体抗剪强度等于零,有效压力完全消失,形成有如“液体”的现象,从而导致土的液化。用公式表达为:

$$s = (\sigma - u)\text{tg}\phi \quad (4)$$

s —土的抗剪强度; σ —作用于剪切面上的法向压应力; u —孔隙水压力; ϕ —土的有效内摩擦角。

上式中:当 $u = \sigma$ 时, $s = 0$,即形成液化。

部分勘察报告据此为依据,将圆砾或砾砂层上、下层位的粉土、粉细砂直接说明不液化,经查阅很多资料也未见此方面内容。从成都某一高层勘察报告(已列入勘察范例)看,该报告圆砾层之上有一层粉土,厚约 2.0 m,用标准贯入法判定其为轻微液化,对昆明地区是否有借鉴作用,可以考虑。

2 静力触探用于昆明地区粉砂液化判别的讨论

2.1 工程地质条件

滇池路某小区,均为七层住宅,场地 30 m 深度内地层均为第四纪,11.0~16.0 m 左右为第 ⑥ 层粉砂,中密状态, $f_k = 160$ kPa,桩型的选择为静压预制桩,桩尖持力层为 ⑥ 层粉砂,采用两种方法标准贯入法和静力触探法作对比判别,综合分析后给出判别结论。

2.2 ⑥ 层粉砂的液化判别

2.2.1 标准贯入法判别

按照省建设厅《昆明地区粉砂液化判别式的补充规定》层,根据公式(1)、(2)计算,在 17 点标贯判别中,有 12 点不液化,5 点可液化,可液化点近 30%,无法得出 ⑥ 层粉砂是否液化的肯定结论。

经标贯试验离散性分析, 取舍原则遵循“Grubbs 准则”及北京市勘察院用静探锥头阻力 q_c 值划分粉砂密实度的方法, 综合分析后将 $N \leq 10$ 的值舍去, 这样, 标准贯入法判别结论为 ⑥ 层粉砂不液化。

2.2.2 静力触探法判别

按《岩土工程勘察规范》^[2] 第 5.7.9 条规定: 当实测计算比贯入阻力或实测计算锥尖阻力小于液化比贯入阻力临界值或液化锥尖阻力临界值时, 应判别为液化土, 并按下列公式计算:

$$p_{scr} = p_{s0} \alpha_w \alpha_u \alpha_p \tag{5}$$

$$q_{scr} = q_{c0} \alpha_w \alpha_u \alpha_p \tag{6}$$

$$\alpha_w = 1 - 0.065(d_w - 2) \tag{7}$$

$$\alpha_u = 1 - 0.05(d_u - 2) \tag{8}$$

式中: p_{scr} 、 q_{scr} —分别为饱和土静力触探液化比贯入阻力临界值及锥尖阻力临界值(MPa);

p_{s0} 、 q_{c0} —分别为地下水深度 $d_w = 2$ m, 上覆非液化土层厚度 $d_u = 2$ m 时, 饱和土液化判别比贯入阻力基准值及液化判别锥尖阻力基准值(MPa), 可按表 1 取值;

α_w —地下水位埋深修正系数, 地面常年有水且与地下水有水力联系时, 取 1.13;

α_u —上覆非液化土层厚度修正系数, 对深基础, 取 1.0;

d_w —地下水位深度 1.0 m;

d_u —上覆非液化土层厚度(m), 计算时应将淤泥和淤泥质土层厚度扣除;

α_p —与静力触探摩阻比有关的土性修正系数, 可按表 2 取值。

表 1 比贯入阻力和锥尖阻力基准值 p_{s0} 、 q_{c0}

抗震设防烈度	7 度	8 度	9 度
p_{s0}	5.0 ~ 6.0	11.5 ~ 13.0	18.0 ~ 20.0
q_{c0}	4.6 ~ 5.5	10.5 ~ 11.8	16.4 ~ 18.2

表 2 土性修正系数 α_p 值

	土类	砂土	粉土
静力触探摩阻比 R_f	$R_f \leq 0.4$	$0.4 < R_f \leq 0.9$	$R_f < 0.9$
α_p	1.00	0.60	0.45

通过判别, 结果见表 3, 判别结果为各孔 ⑥ 层粉砂均为可液化, 与标准贯入法判别结果存在明显矛盾。

2.2.3 静力触探判别式的修正

《岩土工程勘察规范》静力触探判别式中取粉砂的土性综合影响系数 $\alpha_p = 1$, 实际上未考虑粉砂中粘粒含量的影响, 这并不符合昆明地区实际情况, 因昆明地区粉砂中粘粒含量一般为 6% ~ 12%, 平均值为 10% 左右, 本工程 ⑥ 层粉砂平均粘粒含量为 8.4%, 根据计算: $\alpha_p = \sqrt{3/\rho_c} = \sqrt{3/8.4\%} = 0.6$ 。笔者认为这样修正后既不违背《规定》^[7] 精神, 又算得判别结果与标准贯入法相吻合。修正式判别结果见表 4。

表 3 静探法液化判别结果

孔号	实测值 q_c	临界值 q_{scr}	判别结果
J4	6.2	8.75	液化
J7	6.9	11.37	液化
J15	6.0	8.75	液化
J22	6.0	10.00	液化
J26	7.0	9.17	液化
J30	7.8	10.80	液化
J38	6.7	10.67	液化
J42	6.2	11.23	液化
J55	8.5	10.57	液化
J67	7.9	11.28	液化
J71	6.5	10.68	液化
J97	6.8	11.17	液化

表 4 静探修正式液化判别结果

孔号	实测值 q_c /kPa	临界值 q_{scr} /kPa	判别结果
J4	6.2	5.25	不液化
J7	6.9	6.82	不液化
J15	6.0	5.25	不液化
J22	6.0	6.00	不液化
J26	7.0	5.50	不液化
J30	7.8	6.50	不液化
J38	6.7	6.40	不液化
J42	6.2	6.74	液化
J55	8.5	6.34	不液化
J67	7.9	6.77	不液化
J71	6.5	6.41	不液化
J97	6.8	6.70	不液化

4 结语

1) 对于重要工程,粉砂的液化判别宜同时采用不同测试方法进行对比计算,综合分析后作出判别结论.静力触探试验人为影响因素少,其测试精度较高,静探判别式经修正后用于粉砂的液化判别具有一定的实际意义.

2) 昆明地区粉砂粘粒含量一般为6%~12%之间,应考虑其对抗液化的影响.静力触探判别式中粉砂的土性综合影响系数 a_p ,建议用实测粘粒含量代入 $\sqrt{\frac{3}{\rho_c}}$ 进行计算.粉土可按《岩土工程勘察规范》^[2]取.

3) 需注意静力触探试验 q_c 的取值:砂层厚度小于1.0 m,上下土层较软时, q_c 取大值;砂层厚度大于1.0 m时, q_c 取平均值.

参考文献:

- [1] 中华人民共和国建设部.建筑抗震设计规范 GB5001-2001[S].北京:中国建筑工业出版社,2001.15~26.
- [2] 中华人民共和国建设部.岩土工程勘察规范 GB50021-2001[S].北京:中国建筑工业出版社,2001.180~240.
- [3] 林宗元,等.岩土工程试验监测手册[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1994.421~431.
- [4] 阮永芬,刘岳东.昆明盆地粉土的特性的研究与利用[J].岩土力学,2003,(增刊):186~188.
- [5] 阮永芬,侯克鹏.粉土地震液化判别方法研究的现状和实际存在的问题[J].昆明理工大学学报,2000,(1):64~66.

(上接第83页)

当剪力墙的厚度 t 分别取0.2 m,0.3 m,0.4 m,频率计算结果见表3.由表3可知,随着主结构侧移刚度的增大,频率也随之增大,与悬挂子结构对应的频率变化很小,而对应于主结构的高阶频率变化幅度非常大,综合分析可知,主结构刚度的改变,对应于主结构的频率变化较大;悬挂子结构刚度的改变,对应于悬挂子结构的频率变化较大.

3 结论

计算分析表明,加悬挂后框剪结构较原结构的频率和振型数增加,悬挂体使结构前几阶频率明显降低.高阶频率有所增加,悬挂体对原结构有减振作用.参数研究表明,悬挂楼层越高,悬挂楼层对结构频率的影响越明显;悬挂楼层挂长的改变对频率和振型影响较大.主结构刚度的改变,对应于主结构的频率变化较大;悬挂子结构刚度的改变,对应于悬挂子结构的频率变化较大.

参考文献:

- [1] 王玉朋,魏琰.悬挂质量结构的抗震计算方法[J].工程抗震,1989,(2):1~11.
- [2] 刘郁馨,吕志涛.多高层悬挂结构体系及受力分析[J].工程力学,1996,(增刊):542~546.
- [3] 徐彬,梁启智.奇异函数建立侧移刚度矩阵的新方法[J].工程力学,2001,(增刊):51~54.
- [4] 梁启智.高层建筑结构分析与设计[M].广州:华南理工大学出版社,1992.60.