

问题讨论

对湿陷性黄土场地地震作用工程影响的几点看法

汪国烈

(甘肃省土木建筑学会地基基础学术委员会, 甘肃 兰州 730030)

摘要:针对《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001)中涉及黄土的规定,提出了看法和改进意见,就地震作用对工程的不利影响(如震陷、液化、基桩负摩擦力等),进行了分析并提出相应的工程建议;特别强调地震作用对工程影响必须考虑湿陷性黄土的含水状态。

关键词:湿陷; 黄土震陷; 负摩擦力; 含水状态

中图分类号: P315.9; TU435

文献标识码: A

文章编号: 1000—0844(2007)01—0096—03

Some Opinions on Effect of Engineering under Earthquake Action in Site of Collapsible Loess

WANG Guo-lie

(The Civil Engineering & Architectural Society of Gansu Province, Lanzhou 730030, China)

Abstract: Some views and improvement opinions for stipulations relate to loess in "Code for seismic design of buildings" (GB50011—2001) are put forward. The unfavorable effects of earthquake action to engineering (such as seismic subsidence of loess, liquefaction, negation friction of pile, and so on) are analyzed, and some relative engineering suggestions are given. For special emphasis, the water-bearing state of collapsible loess must be considered when dealing with the effects of earthquake action to engineering.

Key words: Collapse; Seismic subsidence of loess; Negation friction of pile; Wate-bearing state

1 《抗震规范》中有关湿陷性黄土场地地震作用的规定存在之问题

国家标准《建筑抗震设计规范 GB50011—2001》^[2](简称《抗震规范》),对湿陷性黄土场地地震作用方面的规定不够清晰。

如在规范的表 4.1.3 中: $f_{ak} > 200$ kPa 的粘性土和粉土、坚硬黄土为中硬土,其 $500 \text{ m/s} \geq v_s > 250 \text{ m/s}$; $f_{ak} \leq 200$ kPa 的粘性土和粉土、 $f_{ak} > 130$ kPa 的填土、可塑黄土为中软土,其 $250 \text{ m/s} \geq v_s > 140 \text{ m/s}$;淤泥和淤泥质土、新近沉积的粘性土和粉土、 $f_{ak} \leq 130$ kPa 的填土、流塑黄土为软弱土,其 $v_s \leq 140 \text{ m/s}$ 。

又如表 4.2.3 中: $f_{ak} \geq 300$ kPa 的粘性土和粉土,地基土抗震承载力调整系数(ξ_s)为 1.5; $150 \text{ kPa} \leq f_{ak} < 300$ kPa 的粘性土和粉土、坚硬黄土为 1.3; $100 \text{ kPa} \leq f_{ak} < 150$ kPa 的粘性土和粉土、可塑黄土为 1.1;淤泥、淤泥质土、杂填土、新近堆积黄土及流塑黄土为 1.0。

再如 4.3.1、4.3.2(强制性条文)、4.3.3 条关于液化判别和地基处理时,饱和粉土中均不含黄土。

粘性土的状态,当 $I_L \leq 0$ 时为坚硬、 $0 < I_L \leq 0.25$ 时为硬塑、 $0.25 < I_L \leq 0.75$ 时为可塑、 0.75

收稿日期:2006-05-12

作者简介:汪国烈(1940—),男(汉族),江苏东台人,教授级高工,主要从事工业与民用建筑、地基基础、岩土工程、特种土等方面的试验研究、检测鉴定、咨询设计、技术审核、教学培训和工程事故处理。

$<I_L \leq 1$ 时为软塑、 $I_L > 1$ 时为流塑。液性指数 (I_L) 的大小决定粘性土的状态, $I_L = \frac{\omega_o - \omega_p}{I_p} =$

$\frac{\omega_o - \omega_p}{\omega_L - \omega_p}$ 液性指数的大小又由粘性土的含水量与液、塑限所决定。

以上说明《抗震规范》对黄土的分析评价中,要考虑黄土的含水状态,这是对的。但黄土除包含部分粉质粘土(其 $10 < I_p \leq 17$ 、属粘性土)外,还有部分黄土属于粉土(塑性指数 $I_p \leq 10$)。粉土的含水状态是以湿度分类,国家标准《岩土工程勘察规范 GB50021—2001》表 3.3.10 号规定,当含水量 $W(\%) < 20$ 时为稍湿、 $W = 20 \sim 30$ 时为湿、 $W > 30$ 时为很湿。由此可见,《抗震规范》中只反映了属于粉质粘土的部分黄土其含水状态的影响,尚未规定属于粉土的部分黄土其含水状态的影响。

黄土,包括 Q_4 (如黄土状土)、 Q_3 (如马兰黄土)、 Q_2 (如离石黄土)、 Q_1 (如午城黄土),在常规压力下一般 Q_4 、 Q_3 具湿陷性, Q_2 部分有一定的湿陷性, Q_1 不具湿陷性。《抗震规范》中尚未区别黄土的湿陷性和非湿陷性,自重湿陷性和非自重湿陷性,而它们在地震作用对工程的影响差异很大。我认为应该加以区别,而且区别开来十分必要。《抗震规范》中除含水状态外,尚未反映黄土的密实度、土颗粒的排列与胶结等性质。含水状态是反映黄土承受地震作用能力的重要因素,但绝不是唯一的重要因素,如 Q_1 及 Q_2 等对地震作用的反应就好得多。由此说明人们对黄土特别是湿陷性黄土在地震作用下的性质以及对工程影响的认识仍然十分初步,以至于《抗震规范》的规定也显得很严密、不全面和存在矛盾,值得人们进一步研究与总结,更好地为工程建设服务。

2 湿陷性黄土场地的地震作用工程影响

2.1 地震作用对工程的不利影响

湿陷性黄土地区应考虑地震作用在以下 7 个方面对工程的不利影响:

(1) 全新世活动断层;

(2) 全新世 (Q_4)、晚更新世 (Q_3) 以及中更新世 (Q_2) 黄土未消除湿陷性部分的震陷下沉,欠密实填土及其它松散地层的震陷下沉;

(3) 欠密实的饱和粉细砂、饱和黄土以及其它松散饱和地层的震液化或固结沉降;

(4) 地震作用引起的附加变形对桩基及其它地下结构物的影响;

(5) 不利地形地貌对地震影响的放大作用;

(6) 地震作用对黄土边坡及其它临空面的不利影响;

(7) 地震作用在水环境变化后给工程以及工程环境带来的不利影响等。

2.2 考虑黄土的含水状态

《抗震规范》中对黄土的含水状态有所重视,这是对的;但工程中和地震作用评述中又大量使用了自然含水量,这与工程实际状况不符。国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范 GB50025—2004》^[1](以下简称《黄土规范》) 5.6.6—2 规定“对有可能受水浸湿的湿陷性黄土地基,土的强度指标应按饱和状态的试验结果确定。”

我认为对甲类建筑和用水量大的部分乙类建筑,一般宜按饱和含水量状态考虑;对其它建筑一般可按塑限含水量状态考虑。总之,当自然含水量小于塑限含水量时,则不应按自然含水量状态考虑,因为建(构)筑物在长期使用过程中,地下土体不会长期保持在自然含水量状态。

所以,《抗震规范》中黄土的剪切波速、地基承载力、桩侧负摩擦力以及土的类型划分、场地类别确定、建筑抗震地段划分等,按自然含水量状态试验与确定,将存在与工程实际不协调的问题,评价与工程实际甚至会相差一个层次。

2.3 饱和黄土问题

《抗震规范》中,不应该排除对饱和黄土液化的判别与评价,特别对于那些欠密实的饱和黄土,可暂按饱和粉土测试、分析、判别与评价。

2.4 对震陷的思考

工程中如何考虑震陷量?多年来人们一直在争论。我个人认为对震陷的争论没有必要持续下去,可以确认它的客观存在。凡对欠密实的土体,如湿陷性黄土、填土、砂土、甚至是碎石类土等,当地震作用达到一定水平后都可能产生“震密”作用。

比较黄土“湿陷”与“震陷”的产生机理与工程分析,二者作用的叠加将比单纯的“湿陷”要大,但二者不利状态的同时出现的几率也是不大的。我认为在考虑了“剩余湿陷量”对工程的影响之后,一般工程可以不再叠加“震陷量”的不利影响,可以理解为“剩余湿陷量”中包含了对“震陷量”的某些考虑。对极少数重要工程,当然也可以适当考虑二者可能出现的不利叠合。

2.5 对桩基的思考

地震作用对桩基的影响一直是人们关注的一个问题。凡桩周围土体相对桩体有下沉位移或位移趋势,都将对桩侧产生负摩擦力;凡桩体相对周围土体,有下沉刺入及桩身压缩等,都会使桩侧正负摩擦力的中性点上移。

我认为,只要承认了黄土的震陷作用,震陷对桩侧的负摩擦力影响将是十分明显的,它的影响甚至可能会超过浸水湿陷对桩侧的负摩擦力。地震作用对桩基的负摩擦力影响不但取决于地震作用的大小,还与湿陷性土层厚度、湿陷性的高低、湿陷的敏感性、湿陷性土层的含水状态以及桩的长度、截面尺寸、险强度等级、配筋情况、桩底持力层及下卧层的土性、厚度、含水状态等有关,工程中不可忽略这种影响。

湿陷性黄土中的桩基,还与它在桩群中的位置、桩心距以及桩群数量的多少与排列有关;桩群中的桩基它所平均承担的负摩擦力一般会比一根孤独的单桩小、中性点的深度也要浅;桩群中靠近中部的桩基负摩擦力一般会比靠近外侧的桩基小、中性点深度也要浅;桩心距相对较小的桩群这些现象更为突出,处于大片桩群中部的桩基所收到的负摩擦力作用会很小,甚至没有负摩擦力作用。

湿陷性黄土由于“湿陷”或“震陷”对桩基侧面所产生的负摩擦力作用谁大谁小?谁轻谁重?影响因素是多方面的,如地震震级的大小、地震发生频率与作用时间、场地地基的土性现状与含水状态、工程措施状况等。我认为某些情况下“湿陷”的影响大,而另外某些情况下“震陷”的影响大,甚至会出现后者明显大于前者的情况。当桩基周围湿陷性土提的含水量较少、且在很强的地震作用下,一旦发生震陷,对桩侧所产生的负摩擦力可能会大于浸水湿陷所产生的负摩擦力。

工程中二者可能不同时出现,但也可能会搭接与叠加。自重湿陷性黄土场地桩基设计中往往考虑到了浸水湿陷所带来的不利影响,如扣除了湿陷性土层下限深度以上的侧桩正摩擦力,再把饱水状态的下拉荷载(即负摩擦力)加到桩侧上,甚至将湿陷性土层下限深度以下区段的桩侧正摩擦力取值从自然含水量状态改为饱和含水量状态,这种二减一加的工程设计思路可能已是饱水状态下负摩擦力的3

倍及3倍以上。在这种情况下工程设计中是否还要叠加“震陷”所引起的桩侧负摩擦力作用?我认为上部结构设计与地基基础设计应该有所区别。对“震陷”所引起的桩侧负摩擦力较大时,一般工程是否可以考虑利用一下地基基础测试和设计中的安全储备?对极少数特殊工程当然可以另当别论,我想排除多数的一般工程,将有重要的技术经济意义。

3 结语

我们对湿陷性黄土地区地震作所带来对于工程的不利影响,第一是承认,第二是分析,第三是工程措施要慎重!

不仅要计算,更重要的是概念设计。应考虑建(构)筑物在设计正常使用年限内可能出现的不利状态,第一强调“不利”、第二强调“可能出现”,不能进行简单的“不利叠加”,强调因地、因工程制宜的观点!

[参考文献]

- [1] 国家标准. 湿陷性黄土地区建筑规范 GB50025—2004[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [2] 国家标准. 建筑抗震设计规范 GB50011—2001[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [3] 罗学生, 汪国烈. 湿陷性黄土研究与工程[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [4] 汪国烈, 等. 自重湿陷性黄土的试验研究[A]//中国土木工程学会第三届土力学及基础工程学术会议论文选集[C]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1981.
- [5] 汪国烈. 谈自重湿陷性黄土场地上高层建筑的地基处理及其某些工程问题的处置[A]//中国土木工程学会第六届土力学及基础工程学术会议论文选集[C]. 上海: 同济大学出版社; 北京: 中国建筑工业出版社, 1991.
- [6] 汪国烈. 自重湿陷性黄土挤密地基的加固规律与设计(《黄土规范》修订组 TJ25—78 规范修订专题报告)[A]//第四届全国土力学及基础工程学术会议论文集[C]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1985.
- [7] WANG Guolie. Experimental Research on Treatment of the Self-weight Collapsible Loess Ground with the Compacting Method[A]//第13届第四纪国际会议论文集[C]. 北京: 北京科学技术出版社, 1991.
- [8] 汪国烈. 石灰桩法, 灰土挤密桩法和土挤密桩法[A]//新编建筑地基处理工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [9] 汪国烈, 黄雪峰. 挤密法处理自重湿陷性黄土地基的试验研究[A]//地基处理与桩基础国际学术会议论文集[C]. 南京, 1992.