

文章编号: 1671-4768(2006)01-0043-03

饱和砂土地震液化及治理措施

王卫

(西北电力设计院, 陕西 西安 710032)

摘要: 我国是多地震国家, 地震区分布广, 地震灾害严重, 许多重要设施处于地震液化敏感区内。本文从饱和砂土振动液化的机理、影响因素、液化效应及治理措施等几个方面进行了分析和介绍。

关键词: 饱和砂土; 地震液化; 液化效应; 治理措施

中图分类号: TU 435

文献标识码: B

1 前言

在场地和地基的抗震勘察设计和研究中, 饱和砂土的地震液化是最为突出的问题。实际工程中, 抗液化措施的选择是一项综合性很强的工作, 勘察设计人员应在深刻理解液化的机理、效应的基础上, 抓住场地、地基和建筑物的特点, 采取有效、经济合理的措施。

2 饱和砂土振动液化机理

当振动荷载作用在饱和沙土上时, 砂土骨架因为振动的影响受到一定的惯性力和干扰力。由于砂土质量和排列状况不同, 再加上各点的起始应力和传递的动荷强度不同, 使各个砂土颗粒的作用力在大小、方向上有明显的差异, 从而在砂土颗粒间的接触点引起新的应力。当这种新的应力超过一定数值后就会破坏砂土颗粒间原来的联结与结构, 使砂土颗粒彼此脱离接触。此时, 原先由砂粒间的接触点传递的有效压力就转为由孔隙水来承担, 从而引起孔隙水压力的骤然升高。一方面, 孔隙水在一定超静水压力作用下力图向上排出; 另一方面, 砂土颗粒在重力作用下向下沉落。砂土颗粒的向下沉落受到孔隙水向上排出的阻

碍, 在结构破坏的瞬间或一定时间内使砂土颗粒处于局部或全部悬浮(当孔隙水压力等于有效覆盖压力时)状态, 砂土的抗剪强度部分或全部丧失, 砂土即出现不同程度的变形或完全液化。

砂土液化过程可如图1形象表示。

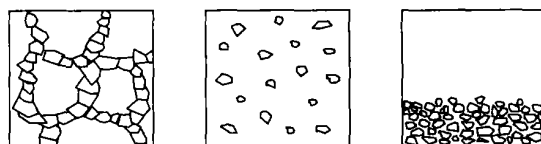


图1 砂土液化过程示意

3 影响饱和砂土液化的主要因素

3.1 土的性质

试验及实测资料表明: 粉砂、细砂及粉土比中、粗砂容易液化; 级配均匀的砂土比级配良好的砂土容易液化。

砂土的密实度是影响液化的重要因素。震害资料证实, 烈度为XII度的地震, 相对密度小于50%的砂土不会液化, 若相对密度大于80%, 即使是VIII度的地震烈度, 也容易发生液化。

砂土颗粒的排列、土粒间的胶结物质等, 对砂

收稿日期: 2005-06-16

作者简介: 王卫(1971-), 男, 陕西富平人, 西北电力设计院工程师, 主要从事输电线路设计研究工作。

土液化有一定的影响,扰动土比原状土容易液化,新沉积的砂土比古老砂层容易液化。

3.2 土的初始应力状态

砂土液化室内振动三轴试验说明:对于同样条件的土样,发生液化所需的动应力将随着固结应力的增加而增大。地震前地基土的固结应力,可以用有效覆盖压力和侧压力系数来表示,所以地震时砂土的埋藏深度,即覆盖压力的大小将直接影响砂土的液化。

3.3 振动的特性

各种条件相同的砂土,地震时是否发生液化,还决定于地震的强度和地震持续的时间。土的液化与地表所受的地震强度有关,震动强度不大时,不产生液化。据统计,发生液化的最低地震烈度为Ⅵ度。室内振动试验表明:对于同一性质的土,施加同样大小的动应力时试样是否液化,取决于振动的次数或振动的的时间。若地震的历时长,即使地震的烈度较低,砂土也可能发生液化。

4 饱和砂土的地震液化效应

地震液化引起的地基失效,可以从强度、喷水、冒砂和滑移等多方面进行论述。

4.1 强度失效

地基的承载能力实质上取决于土的抗剪强度。无粘性土的抗剪强度全部来自颗粒间的内摩擦抵抗,它与下列因素有关:

颗粒的大小、形状和矿物组成;

砂土的密实度;

外载或自重压力。

根据库仑定律,在动力作用下的无粘性土,其强度为

$$\tau = (\sigma - \mu) \tan \Phi$$

式中 σ ——总应力;

μ ——孔隙水压力;

Φ ——土在动力作用下的内摩擦角。

土层液化时,孔隙水压力 μ 急剧上升,来不及消散,当 $\mu = \sigma$ 时, $\tau = 0$, 地基完全丧失强度,产生大幅度的沉陷。直接位于基础下的土,由于附加应力的抑制而较难液化,位于基础外侧的浅层土最易液化,因此,液化地基的破坏是由于基础外侧土首先软化和液化,中间土失去侧向支承力而导致的结果。

从以上论述可以得到下面几点结论:

(1) 最大孔压比达到液化前,地基即已产生可观的沉陷,故孔压比不宜大于 0.6~0.7;

(2) 基础外侧比自由场地更易于液化;

(3) 宽度大的基础有利于抗震;

(4) 地震时可液化的土不应直接作为基础的持力层。

4.2 喷水和冒砂

研究表明,喷冒是由于地震作用首先产生振动液化,随后由于孔隙水的自下而上的渗流而产生的渗流液化,与震后滑坡、泥石流类似,本质上是地震的一种次生灾害。

这种渗流液化具有以下几个特点:

(1) 渗流水的来源为震后砂土增密排除的孔隙水,属于非稳定流动;

(2) 喷冒现象是由浅至深发展的,初期冒出的砂是浅部的砂,后期是深部的砂;

(3) 液化层越厚,地震烈度越高,土越松,喷冒越猛烈,渗流时间越长。

宏观震害调查表明,喷冒的主要危害是:

(1) 喷冒造成大量水土流失,地面和建筑物大幅度沉陷;

(2) 喷冒使土变得极不均匀,喷冒孔周围土结构完全改变,极为松散,标贯击数甚至为零。

据实测资料,总的规律是砂层深部变密,浅部变松;震后初期较松,后期因再固结而变密。

(3) 由于地形、地层、工程的影响,喷冒的分布极不均匀,加剧了地基的不均匀性。

(4) 模型试验发现,喷冒前地基中若有水夹层,其强度为零,这种情况下考虑液化土的残余强度是与实际不符的。

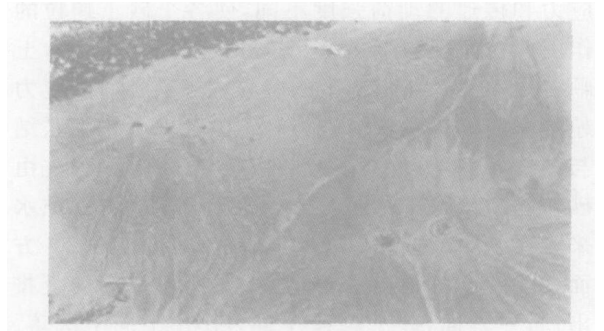


图2 1988 1.4 灵武 5.5 级地震后粉砂土液化喷砂口

4.3 滑移(地震液化诱发的地面大位移)

地震液化诱发地面大位移主要发生于带有一定坡度的松散饱和砂土地基中,在地震产生的循

环荷载作用下,土体中的超孔隙水压力迅速上升,土体的抗剪强度逐渐降低,当已液化土的抗剪能力很小时,上覆非液化土层在沿液化界面的自重分力和土层的水平地震力的作用下产生滑移,其流动方向总是向着河心和海面。这种大位移的量级一般以米计,并伴随着系列地面裂缝与台阶式错动。由于液化后的水土混和液的粘滞阻尼很小,当下层土液化时,坡度仅为 1 或更小土体就有可能向下移动数米。地面大位移造成的地裂缝长度由数十米至数千米,地裂的宽度可达到距河心 100 m 至半公里的范围,形成一系列地裂缝与竖向落差。

地面大位移造成的破坏多表现为:生命线工程在液化与非液化土层的水平方向或竖向交界处,容易遭到下沉、侧移、拉压等形式的震害,使其丧失功能;桩基础发生倾斜导致修建于其上的各种结构发生倾斜。

5 饱和砂土地震液化治理措施简介

(1) 防止液化处理措施

通过改变地基状态、性质来防止液化,该处理措施的原理和方法可用表 1 概括。

表 1 预防液化的原理及方法

原理和目的		具体方法	
改土 良性 砂质	土粒改良或硬化	→	土层置换
	加密	→	搅拌处理
	降低饱和度	→	压实
改应 善条 应力 条件	提高有效应力	→	填土或降低地下水位
	消散孔隙水压力	→	排渗法或其它
	阻止孔压的发展	→	地下连续墙
	抑制剪切变形	→	

表 1 的各项处理措施,是根据地震液化发生的机理对应制定的。经过工程应用证明是有效的。其中应用最多的是增加地基密实度法。

(2) 减缓液化危害的处理措施

该措施的原理是对地基不作处理,而是通过对基础的设计,来减缓地震液化的危害。采用这一类缓解液化危害的代表性措施是预制桩基础,将桩身通过液化层,桩端深入到非液化层一定深度,当液化层不厚时,也可采用灌注桩。

6 结语

(1) 饱和砂土地震液化的机理是砂土颗粒之间原来的联结与结构被破坏,原先由砂粒间的接触点传递的有效压力就要由孔隙水来承担,砂土的抗剪强度部分或全部丧失,砂土即出现不同程度的变形或完全液化。

(2) 影响饱和砂土液化的主要因素有土的性质和初始应力状态、震动的特性等。

(3) 饱和砂土地震液化引起的地基失效主要有强度失效、喷水、冒砂和滑移等。

(4) 治理饱和砂土地震液化的技术措施可分为两大类,一类是防止液化处理措施;另一类是减缓液化危害处理措施。

参考文献:

[1] 袁丽侠 宁夏银川地区的砂土地基及工程抗震措施[J] 宁夏大学学报(自然科学版), 2001, (1): 29-30

[2] 魏向金 日本的砂土液化防止对策和施工方法[J] 黑龙江水专学报, 2001, 28(2): 76-79

[3] 黄群贤,等 地震液化诱发地面大位移的防治措施[J] 低温建筑技术, 2004, (4): 35-37

Seismic Liquefaction and Its Prevention Measures for Saturated Sand

WANG Wei

(Northwest Electric Power Design Institute, Shaanxi Xi'an 710032, China)

Abstract: China is a large nation with more earthquakes and wide distribution of seismic zone, which result in serious geological disasters, whereas many important facilities are within the sensitive zone of earthquake. The analysis and introduction on the liquefaction mechanism of saturated sandy soil due to vibration, the influenced factors, liquefaction effect as well as treatment measurements are introduced and analyzed in the paper.

Key words: saturated sandy soil; liquefaction; liquefaction effect; treatment measurements