

本手册中引用的标准、规范仅作“参考资料”使用，如需采用，必须以现行有效版本的标准、规范为准。

院总工程师办公室 1997.10

饱和轻亚粘土液化 判别暂行规定

(试 行)

1984 北 京



饱和轻亚粘土液化 判别暂行规定

(试 行)

主编单位：国家地震局工程力学研究所

天 津 市 勘 察 处

批准单位：中华人民共和国城乡建设环境保护部

试行日期：1 9 8 5 年 1 月 1 日

中国建筑工业出版社

1984 北 京

T-65
44152

饱和轻亚粘土液化判别暂行规定

(试 行)

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京市昌平长城印刷装订厂印刷(北京市昌平县上苑)

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: $7\frac{1}{8}$ 字数: 18 千字

1985年2月第一版 1985年2月第一次印刷

印数: 1—17,400 册 定价: 0.19元

统一书号: 15040·4752

关于试行《饱和轻亚粘土液化 判别暂行规定》的通知

(84)城抗字289号

现行的《工业与民用建筑抗震设计规范》(TJ11—78)对饱和轻亚粘土液化判别没有具体规定,影响了地震区工程勘察设计,为满足地震区工程建设的需要,我们请国家地震局工程力学研究所和天津市勘察处会同冶金部建筑研究总院,冶金部沈阳勘察公司,天津市政工程勘测设计院,天津市地震工程研究所,营口市建筑设计院,同济大学 and 山西省冶金设计院等单位编制了《饱和轻亚粘土液化判别暂行规定》。在编制过程中进行了大量的调查研究,吸取了近年来的研究成果,并广泛征求了意见,最后经审查会议修改定稿。现将《饱和轻亚粘土液化判别暂行规定》(试行)予以发布,自1985年1月1日起试行。本规定由国家地震局工程力学研究所负责解释。如发现需要补充和修改之处,请将意见及有关资料寄交国家地震局工程力学研究所,并抄送我部抗震办公室。

中华人民共和国城乡建设环境保护部

一九八四年五月十八日

主 要 符 号

- H_0 ——覆盖层厚度(米);
- d_s ——饱和轻亚粘土所处的深度(米);
- d_w ——室外地面到地下水位(米);
- P_c ——粘粒含量(%);
- N' ——饱和轻亚粘土所处深度为 d_s , 地下水位为 d_w , 粘粒含量为 P_c 时的液化临界标准贯入击数;
- $\bar{N}$ ——当 $d_s=3$ 米, $d_w=2$ 米时, 砂土液化临界标准贯入击数;
- N_i ——可液化土层中第 i 个标准贯入击数;
- N'_i ——与 N_i 相应的液化临界标准贯入击数;
- n ——可液化土层内标准贯入试验点总数;
- D_i ——第 i 个标准贯入点所代表的土层厚度(米);
- Z_{0i} —— D_i 的中点的深度(米);
- W_i ——反映可液化土层层位影响的权函数在 Z_{0i} 深度处的值;
- P_L ——液化指数;
- I、II、III——液化等级;
- $[R]$ ——地基容许承载力。

饱和轻亚粘土液化判别暂行规定

(试 行)

第1条 当工业与民用建筑物地基在地表下15米深度范围内,有饱和轻亚粘土层时,应对其地震液化可能性和地基液化等级进行鉴定。

注:轻亚粘土按《工业与民用建筑工程地质勘察规范》(TJ21-77)定名。

第2条 地质年代属于 Q_3 (晚更新世)及 Q_4 以前的饱和轻亚粘土层均判为不液化土层。

饱和轻亚粘土不液化的初判条件

表 1

判别条件	覆盖层厚度	地下水位	粘粒含量
地震烈度	H (米)	d_w (米)	P_c (%)
7	≥ 6	≥ 5	≥ 12
8	≥ 7	≥ 6	≥ 14
9	≥ 8	≥ 7	≥ 16

注:① II类建筑物应按《工业与民用建筑工程地质勘察规范》(TJ21-77)第20条确定。

② 覆盖层厚度 H ,系指第一层可液化土层顶面至地表之间所有非液化土层的厚度,其中不包括软土(软土定义按《工业与民用建筑工程地质勘察规范》(TJ21-77)第8条确定)夹层的厚度。当建筑场地有填挖方时,覆盖层厚度从设计室外地面算起,但其中不包括容许承载力 $[R] < 0.81 \times 10^4 \text{N/m}^2$ 的填土层。

③ 地下水位 d_w 系指室外地面到地下水位距离。宜取常年最高水位,并考虑建筑物使用期内的地下水位变化。

④ 粘粒含量 P_c 系指粒径小于0.005毫米的颗粒含量。

当饱和轻亚粘土层具备表 1 所列条件之一时，对基础埋深不大于 2 米的 II 类建筑物可不考虑液化的影响，否则可按第 3 条进行判别。

第 3 条 当建筑物地基内有饱和轻亚粘土层时，可按下列式判定其地震液化可能性：

$$N' = \bar{N} [1 + 0.125(d_s - 3) - 0.05(d_w - 2) - 0.10(P_c - 3)] \quad (1)$$

式中 N' ——饱和轻亚粘土所处深度为 d_s ，地下水位为 d_w ，粘粒含量为 P_c 时的液化临界标准贯入击数。当未经钻杆长度修正的实测标准贯入击数 N 小于 N' 时，判该土层液化，反之则不液化。

$\bar{N}$ ——当 $d_s = 3$ 米， $d_w = 2$ 米时，砂土液化临界标准贯入击数，设计烈度 7 度时为 6，8 度时为 10，9 度时为 16。

d_s ——饱和轻亚粘土所处深度（米）。

d_w ——室外地面到地下水位（米）。

P_c ——粘粒含量（%），计算中当 $P_c < 3\%$ 时，取 $P_c = 3$ ； $P_c > 12\%$ 时，取 $P_c = 12$ 。

第 4 条 经判定为可能液化的饱和轻亚粘土层或砂土层，可按式（2）计算地基液化指数 P_L ，按表 2 判定其液化等级和宜考虑的抗液化措施。

$$P_L = \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{N_i}{N'_i} \right) D_i W_i \quad (2)$$

式中 N_i 和 N'_i ——分别为可液化土层中第 i 个标准贯入击数和液化临界标准贯入击数。

地基液化等级和宜考虑的抗液化措施

表 2

液化等级	液化指数 P_L	喷水冒砂特点	由液化引起的建筑物震害	宜考虑的抗液化措施		
				A 类 建筑物	B 类 建筑物	C 类 建筑物
I (轻微)	< 3	无喷水冒砂现象或仅在局部低洼地、池边有零星喷水冒砂点	液化危害性小, 一般不致引起明显的震害	D_1 或 $D_2 + J$	—	—
II (中等)	$3 \sim 7$	喷水冒砂的可能性很大, 多数属中等程度的喷水冒砂	液化危害性较大, 可造成不均匀沉降或开裂	D_1 或 $D_2 + J$	D_2 或 J	—
III (严重)	> 7	喷水冒砂严重, 地裂缝较多, 地表形态发生很大变化	液化危害性大, 一般可使建筑物产生 20~30 厘米的不均匀沉降, 高层建筑可能严重倾斜	$D_1 + F$	D_1 或 $D_2 + J$	J

注: ①建筑物类别: A 类系指对国民经济有重大意义的建设项目中的重要建筑物, 对不均匀沉降有严格限制的建筑物以及高重心塔式结构等。

B 类系指对国民经济有重要意义的建设项目中的一般建筑物, 对不均匀沉降有一定要求的一般工业与民用建筑物。

C 类系指次要建筑物或对不均匀沉降不敏感的建筑物。

②抗液化措施: D_1 ——完全排除地基液化沉降的措施(包括桩基)。

D_2 ——部分排除地基液化沉降的措施。

J ——结构措施, 一般包括减少建筑物不均匀沉降和使其适应地基变形的措施, 防止地下室、地下管沟等处因覆盖压力降低发生喷水冒砂的措施。

F ——辅助措施, 包括避免或减轻因不均匀沉降引起管道发生次生灾害的措施, 合理的总图布置等。

n ——可液化土层内标准贯入试验点总数。

D_i ——第 i 个标准贯入点所代表的土层厚度 (米)。由下列条件之一决定其界面：

(1) 地下水位或可液化土层的界面，如前者低于后者，则取前者。

(2) 相邻两个标准贯入试验点的中点。

W_i ——反映可液化土层层位影响的权函数在 Z_{0i} 深度处的值，按下式求之：

$$W_i = 10 - \frac{2}{3} Z_{0i} \quad (3)$$

式中 Z_{0i} —— D_i 的中点的深度 (米)。

式 (2) 中当 $(1 - N_i/N'_i)$ 为负值时， P_L 一律取零。

式 (2) 中的 D_i 、 Z_{0i} 和 W_i 等可参照图 1 所示方法确定。

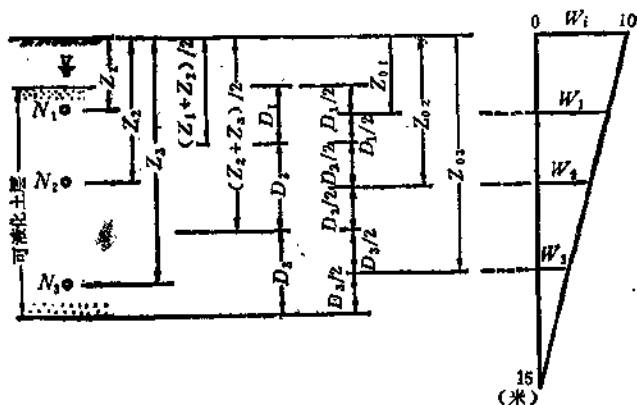


图 1 确定 D_i 、 Z_{0i} 和 W_i 等的示意图

本规定用词说明

一、执行本规定条文时，要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

1.表示严格，在正常情况下均应这样作的用词：

正面词一般采用“应”；

反面词一般采用“不应”或“不得”。

2.表示稍有选择，在条件许可时，首先应这样作的用词：

正面词一般采用“宜”或“一般”，

反面词一般采用“不宜”。

3.表示允许有选择，在一定条件下可以这样作，采用“可”。

二、条文中必须按指定的标准、规范或其他有关规定执行的写法为“按……确定”，或“选用……”等。

《饱和轻亚粘土液化判别暂行规定》

编制说明

第1条

根据《工业与民用建筑地基基础设计规范》(TJ7—74)和《工业与民用建筑工程地质勘察规范》(TJ21—77)的规定,塑性指数在 $3 < I_p < 10$ 范围内的土被命名为轻亚粘土。近年来对于这一命名是否合适存在着不同的看法,但讨论这些看法或修改这一命名已超越本暂行规定的范围。本暂行规定是根据地震现场的宏观现象(有无喷水冒砂)和土的物理力学性质指标(如标准贯入击数、粘粒含量等)建立液化判别式和划分地基液化等级的。土的命名是否合适和今后有无变化,对本暂行规定均无实质性影响。因此,我们仍采用现行规范的命名。

本暂行规定仅适用于地震烈度为7、8和9度地区,是《工业与民用建筑抗震设计规范》(TJ11—78)中有关液化判别方面的补充。《工业与民用建筑抗震设计规范》(TJ11—78)中原有对轻亚粘土液化的规定不再有效。

具有足够经验的部门也可采用其他方法判别饱和轻亚粘土液化的可能性和评价地基液化等级。

第2条

1.唐山地震资料表明,凡属于 Q_2 的地层,在地震烈度分别为7、8、9和10度地区,均未发现液化的宏观现

象。天然状态下的 Q_3 饱和轻亚粘土处于密实状态，具有中、低压缩性，较好的物理力学性能可能是不液化的内在原因。

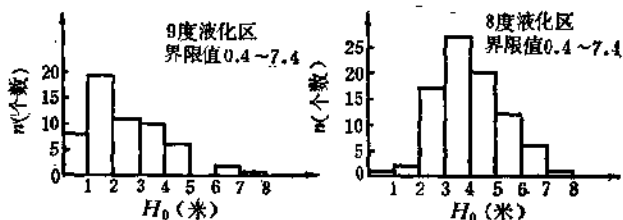
位于下辽河平原的营口地区，在埋深10米以下分布着一层黄褐色的细砂和轻亚粘土，属于 $Q_{4中}$ （中全新世）的陆相沉积地层。标准贯入击数平均在20以上，1975年海城地震时无液化现象，通常作为桩基的桩尖持力层。该区 Q_3 地层的埋深大于30米，从 $Q_{4中}$ 至 Q_3 的饱和轻亚粘土均无液化现象。在下辽河平原的边缘，与山区交界的地区， Q_3 地层为冲、洪积地层，埋深小于15米或露出地表，同样也未发现液化现象。

根据上述资料可得出结论： Q_3 以及 Q_3 以前的饱和轻亚粘土层属于不液化土层。

2. 覆盖层厚度是指地震时能抑制可液化土层喷水冒砂的厚度。构成覆盖层的不液化土层除天然地层以外，还包括堆积五年以上，或地基强度大于 $9.81 \times 10^4 \text{N/m}^2$ 的人工填土层。覆盖层中所夹的软土层，一般指淤泥质土，其地基强度小于 $9.81 \times 10^4 \text{N/m}^2$ ，对抑制喷水冒砂的作用很小，并且本身在地震中很可能发生软化现象，因此该土层要从覆盖层中扣除。覆盖层厚度一般从第一层可液化层的顶面算至地表，如果施工场地要挖方，覆盖层厚度要算至场地的整平地面或建筑地坪。

根据实际调查资料，地震烈度 8 和 9 度地区的覆盖层厚度可用图（1）所示的直方图来表示。为弥补缺少 7 度区覆盖层资料这个缺陷，可依据 7 度区饱和轻亚粘土层的最大液化深度来推算覆盖层厚度。7 度液化区的标准贯入

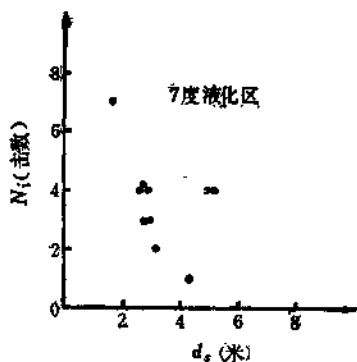
击数与液化深度之间的关系示于图(2)。



图(1) 8和9度区覆盖层厚度直方图

由图(1)和图(2)可见, 8、9度区的覆盖层厚度均未超过8米。7度区的最大液化深度也未超过6米。

大量的震害资料表明, 当建筑物基础埋深小于2米时, 在满足条文中表1所列覆盖层厚度的条件下, 在地表未发现喷水冒砂现象, 也未见到液化引起的建筑物破坏, 所以本条文给出的覆盖层厚度限值安全的。

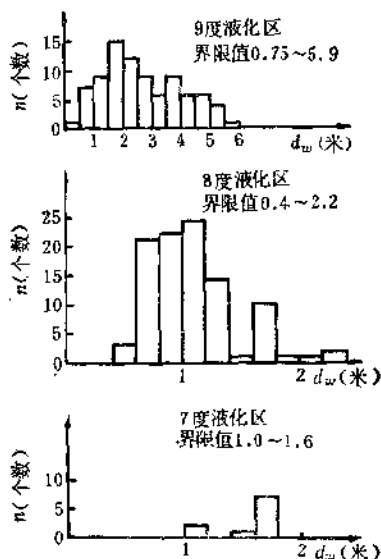


图(2) 7度区标准贯入击数与液化深度之间的关系

3. 条文给出的不同烈度区的地下水位限值

是指该区的常年最高水位(丰水季节水位), 如果该区无地下水位的长期观测资料, 应对枯水季节的水位加以适当的提高, 一般可根据当地条件提高1~1.5米。

地下水位是影响喷水冒砂的一个重要因素，不同烈度液化区的地下水位直方图示于图（3）。可以看出，液化场地的最低水位未超过6米。



图（3） 7~9度液化区地下水位直方图

国外十次强震30个地点的实测资料表明，液化区最低水位均不超过4米。

条文给出的地下水位限值是在实际调查基础上，结合国内外资料综合分析后确定的。与这些限值相应的有效覆盖压力：7度区为 $9.81 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ ，8度区为 $1.18 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ ，9度区为 $1.37 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ 。根据海城、唐山地震的震后现场调查，当有效覆盖压力接近上述数值时，根

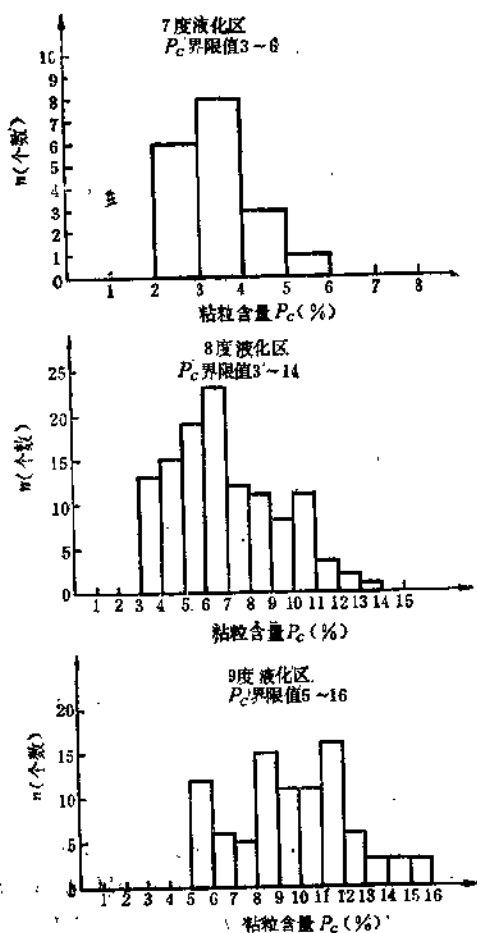


图 (4) 7~9度液化区粘粒含量直方图

本不存在液化引起的喷水冒砂现象，因此可以认为，条文规定的限值是安全的。

4. 粘粒含量是判别饱和轻亚粘土液化性能的一个重要指标。海城、唐山地震中已液化饱和轻亚粘土的粘粒含量直方图示于图（4）。

颗粒分析试验方法不同，使用的分散剂种类和数量不同，以及试验者的熟练程度不同等，都将严重地影响粘粒含量的试验结果，因此务必强调遵守统一的试验操作规程。在全国尚未统一颗粒分析试验方法之前，暂时选用水利电力部《土工试验规程》SDS01—79。

根据现有资料，当塑性指数为7~10时，一般轻亚粘土的粘粒含量最低都可达到或超过10%，因此，7度区的粘粒含量限值应大于10%，现采用12%。

第3条

1975年海城地震以来，饱和轻亚粘土液化判别受到许多部门的重视，至今已提出约二十多个判别公式，对这些判别公式进行分析后可以看出：

1. 目前主要有两种建立判别公式的方法，一是数理统计学中的判别分析法，一是划分液化与否临界线的经验作图法。

2. 判别公式考虑了影响液化的主要因素，即地震烈度、轻亚粘土埋深、地下水位和反映了轻亚粘土液化特性的粘粒含量等。

3. 饱和轻亚粘土液化判别公式力图与饱和砂土的通用，特别是与现有规范中饱和砂土液化判别公式具有同样的形式或合并成一个判别式，让工程师们便于使用。

根据对几种不同形式的判别公式所作的比较研究表明，数理统计不失为一种建立液化判别式的好办法，但对原始数据的数量和质量（包括数据的可靠程度和分布状态等）都有很高的要求，否则将会得出物理意义错误的结果，不易为人接受。这种判别式不如可靠程度相近、但物理意义明确的判别式。

与现有规范中饱和和砂土液化判别式通用的判别式似乎更加实用。在砂土液化判别式中加上一项与粘粒含量有关的变量 α_{P_c} ，即 $N' = \bar{N}[1 + 0.125(d_s - 3) - 0.05(d_w - 2) - \alpha_{P_c}]$ ，对每组资料均可由此式计算出相应的 α_{P_c} 值，再绘制 $\alpha_{P_c} - P_c$ 散点图，如图（5）所示。由图可见，在液化和未液化之间近似地存在着一条分界线，即液化临界线，其方程为 $\alpha_{P_c} = 0.10(P_c - 3)$ 。这样就得到通用于砂土和轻亚粘土的液化判别式：

$$N' = \bar{N}[1 + 0.125(d_s - 3) - 0.05(d_w - 2) - 0.10(P_c - 3)] \quad (1)$$

式中 N' ——饱和和轻亚粘土液化临界标准贯入击数。

$\bar{N}$ ——当 $d_s = 3$ 米， $d_w = 2$ 米时，砂土液化临界标准贯入击数，设计烈度7度时为6，8度时为10，9度时为16。

d_s ——饱和和轻亚粘土所处深度（米）。

d_w ——室外地面到地下水位的距离（米）。

P_c ——粘粒含量（%），计算中当 $P_c < 3\%$ 时，取 $P_c = 3$ ； $P_c > 12\%$ 时，取 $P_c = 12$ 。

式（1）的回判成功率约为85%，形式简单、方便，便于工程师们应用，所以被选为本暂行规定中的饱和和轻亚