



天津市  
建筑地基基础设计规范

TBJ 1—88

条文说明

江苏工业学院图书馆  
藏书章

1988 天津

# 目 录

## 第二章 工程地质勘察

第一节 地基土类别	1
第二节 潜水	5
第三节 地基土层	6
第四节 勘察要点	7
第五节 土的工程特性指标	8

## 第三章 地基抗震验算

一、一般规定	12
二、土动参数与场地类别划分	12
三、地基液化判别与液化等级确定	13

## 第四章 地基计算

一、地基设计原则	16
二、地基设计承载力	16
三、基础宽度及埋深承载力修正	17
四、承载力计算公式	20
五、下卧软层地基压力扩散角	21
六、地基最终沉降量计算公式	21
七、实测推算最终沉降量	22
八、地基沉降计算深度	24
九、沉降计算经验系数	27
十、地基容许沉降值	29

## 第五章 地基处理

第二节 垫层法	32
一、试验内容及简介	34
二、土石屑垫层的承载力	38
三、土石屑垫层扩散角	42
四、土石屑垫层变形计算	42
五、灰土垫层的强度	45
第三节 振动压密法	47
一、概况	47
二、振动压密杂填土地基工程	47
三、振动压密砂石、土石屑填垫地基工程	50

四、振动压密设备	51
五、振动遍数与效果	52
六、振动压密深度及地基均匀性的改善	52
七、承载力	53
八、振动压密对周围环境的影响	55
第四节 小能量连续强夯法	56
一、基本出发点与概况	56
二、适用范围	56
三、夯击能量的选择	61
四、孔隙水应力的消散时间	62
五、强夯对邻近建筑物影响的距离测振试验	62
六、夯实系数 $\alpha$ 的确定	64
第五节 挤密桩	
石灰挤密桩	65
砂和石屑挤密桩	71
<b>第六章 浅基础</b>	
第一节 一般规定	74
第二节 基础深埋	74
第三节 刚性基础	74
第四节 扩展基础	75
第五节 墙下筏板基础	76
<b>第七章 桩基础</b>	
第一节 一般规定	78
第二节 单桩竖向承载力经验公式	82
第三节 桩基础的设计	83
第四节 桩基的抗震设计与计算	85

## 第二章 工程地质勘察

本章所涉及的内容：第一节地基土类别，第二节潜水，第三节地基土层，第四节勘察要点，第五节土的工程特性指标。同时，列出四节附录：即天津市市区工程地质图图系；土的承载力；标准贯入和轻便触探试验要点；抗剪强度指标的计算方法。在勘察和设计中涉及到的其它方面的事项，可参照国家现行有关规范执行。

### 第一节 地基土类别

天津市地基土不存在岩石、漂石、块石、卵石、碎石、砾石、砾砂等土类，故没有列入条文。砂土分布量亦小，且岩性变化不大，故采用《地基规范》GBJ7—88报批稿上的规定。对于天津市分布量大面广的粘性和粉土（即轻亚粘土），在编制本规范过程中立专题研究，取得了符合天津实际情况的结论。

第2·1·1条说明天津市浅部地基土的种类，其它土类不复存在。

表2·1·1地基土类别，是按照土类的划分要服从于土的工程特性这一基本原则列出的，即为：

表2·1·1 天津市市区地基土类别

土的名称		按塑性指数定名	按粒组含量定名
砂 土	粗 砂		粒径大于0.5mm的颗粒超过全重的50%
	中 砂		粒径大于0.25mm的颗粒超过全重的50%
	细 砂		粒径大于0.075mm的颗粒超过全重的85%
	粉 砂		粒径大于0.075mm的颗粒超过全重的50%
粉 土	砂质粉土	$I_p \leq 10$	粒径小于0.005mm的颗粒含量小于等于全重的10%
	粘质粉土		粒径小于0.005mm的颗粒含量超过全重的10%
粘 性 土	粉质粘土	$10 < I_p \leq 17$	
	粘 土	$I_p > 17$	

1. 粘性土与粉土的界限问题。《地基规范》GBJ7—88报批稿规定塑性指数 $I_p = 10$ 作为粘性土与粉土的界限。该界限值对于天津市地基土是否具有分类作用，我们对此作了专题研究。在天津市不同成因类型的各种土质资料2555份基础上，作了多方面的分析研究，并对 $w_L - I_p$ 、 $w_p - I_p$ 、 $E_s - I_p$ 、 $\varphi - I_p$ 进行了统计，作出了相关性曲线，从曲线上看，在 $I_p = 12$ 处，曲线有较明显的拐点（见图1—图4）。这说明天津市地基土在 $I_p = 12$ 处其工程特性有所变化，并应以此作为粘性土与粉土的分类界限。但又考虑到与《地基规范》GBJ7—88报批稿能相互统一的尽量达到统一的原则，在本规范中亦采用 $I_p = 10$ 这一标准。

粘土与粉质粘土的界限，从图1—图3可看出 $I_p = 17$ 左右曲线有拐点，这与原来的分类界限一致，故无变动。

2. 粉土亚类的划分，从天津市历年工程实践来看，原《地基规范》TJ7—74把塑性指数 $3 < I_p \leq 10$ 的土划为轻亚粘土，并归入粘性土类，从名称上感到不合土性，不能反映出

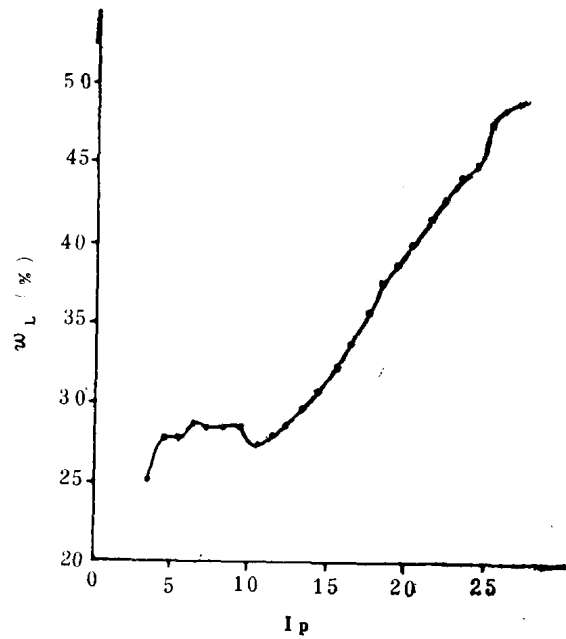


图1  $\omega_L$ — $I_p$  相关曲线

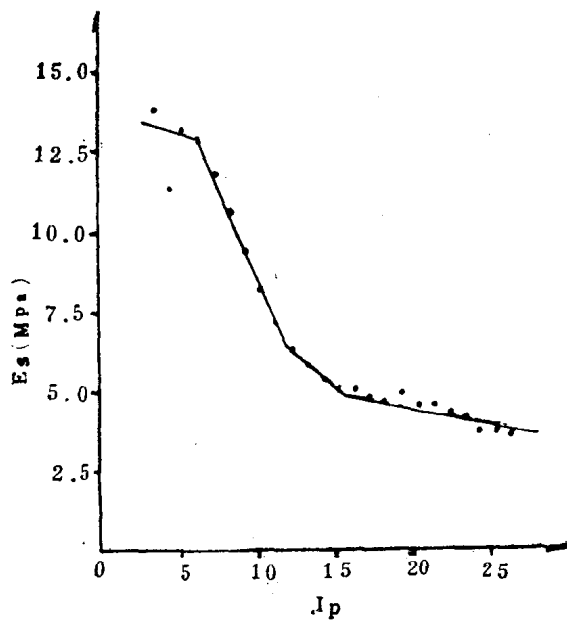


图3  $E_s$ — $I_p$  相关曲线

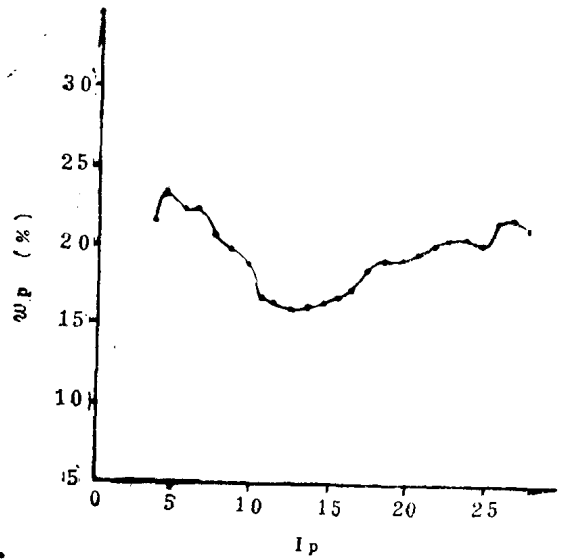


图2  $\omega_p$ — $I_p$  相关曲线

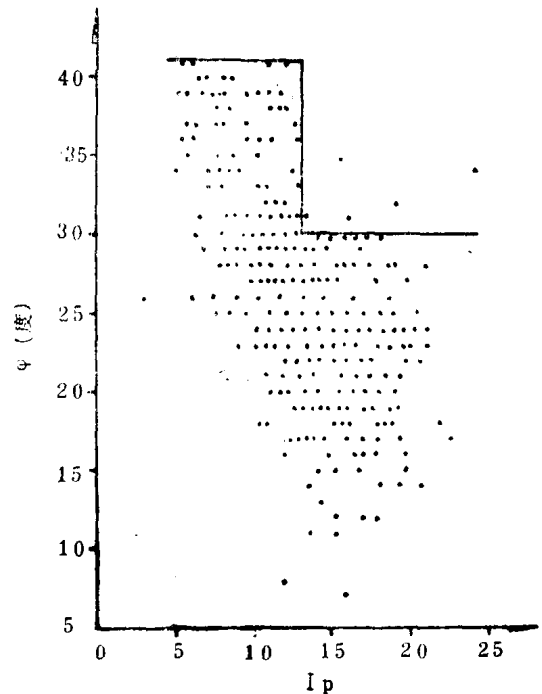


图4  $\varphi$ — $I_p$  散点图

土的工程特性来。现在《地基规范》GBJ7—88报批稿把这类土改为粉土，界限指标值仍沿用了 $3 < I_p \leq 10$ 。这样规定在名称上合理了，而 $I_p$ 的区间仍太大。同时当 $I_p$ 小于8时不易做准，尤其 $I_p = 3$ 更不易做准。故本节粉土的上下限只采用下限 $I_p = 10$ 。上限以颗分方法分类。

从天津市工程实践中看，对粉土这一挡的土，其砂性大小反映出其工程性质上有所不

同,如打桩的难易,地震液化的程度,基坑排水和产生涌砂的程度等等。故有必要把粉土按实际情况划分成两个亚类,即砂质粉土和粘质粉土。

关于砂质粉土和粘质粉土的划分界限问题,我们考虑到这类低塑性土的液限、塑限试验不易掌握,指标离散大,用塑性指数 $I_p$ 来划分很难获得准确的结果。原天津市地基学会组织十二个单位进行过液限、塑限对比试验,结果列于表1、表2。说明亚砂土(粉土)液限、塑限指标数值误差比其它粘性土要大一倍以上。1984年天津市勘察院又组织五个单位进行颗粒分析对比试验,对比结果说明颗分方法误差很小(见表3)。鉴于这种情况,说明用 $I_p$ 来划分粉土亚类是难达到要求的,所以我们采用颗分的方法来划分亚类比较适宜。其亚类划分标准见表4。

表1 液限对比试验结果

土类	土号	最大值 %	最小值 %	差值	土类划分标准
粘土	A	37.8	35.0	2.8	$I_p > 17$
粘土	B	46.5	43.3	3.2	$I_p > 17$
亚粘土	C、F	30.9	28.6	2.3	$7 < I_p \leq 17$
亚砂土	E、G	32.0	25.4	6.6	$I_p \leq 7$

表2 塑限对比试验结果

土类	土号	最大值 %	最小值 %	差值 %	土类划分标准
粘土	A	22.0	16.6	5.4	$I_p > 17$
粘土	B	26.4	20.7	5.7	$I_p > 17$
亚粘土	C、F	18.7	8.8	9.9	$7 < I_p \leq 17$
亚砂土	E、G	24.5	11.3	13.2	$I_p \leq 7$

粒径小于0.005mm颗粒含量百分数(10%)作为粉土亚类划分的界限值问题,是通过粘粒含量与土的力学性指标和现场测试资料进行统计分析确定的。从分析图5—图7上可以明显看出,粒径小于0.005mm的颗粒含量在10%处都有拐点,故砂质粉土与粘质粉土的界限定为粘粒含量(小于0.005mm)10%。

粒径小于0.005mm的颗粒含量10%与塑性指数 $I_p = 7$ 是否相当的问题,也进行了统计分析(见图8),从图上看两者不全相当,但比较接近。在本规范中不采用 $I_p = 7$ 来划分亚类。

### 3. 粉土与粉砂的界限

粉土(原轻亚粘土)与粉砂的界限,在《地基规范》TJ7—74上没有明确规定,仅以 $I_p > 3$ 作为界限,这点在实际工作中很难做到,我们对此做了一些研究。

天津市的粉土和粉砂的颗粒组成中,以粒径为0.05—0.1mm的极细砂粒含量(代号 $M_s$ )为最高,一般都在40—60%之间。因此,作为粉土与粉砂的分类界限指标,采用将极细砂粒组包含在内的粒径大于0.05mm的粒组含量作为分界指标是比较合适的。从分析图N/h— $M_s$ 、P<sub>s</sub>/h— $M_s$ 、E<sub>s</sub>— $M_s$ 等散点图上(见图9—图11),可较明显地见到在 $M_s = 75\%$ 附近出现突变。从我们的研究结果来看应定为:粒径大于0.05mm的颗粒含量超过全重的75%为粉砂。后来考虑与《地基规范》GBJ7—88报批稿上的规定有可比性,同时两种分类指标相差也不大,我们最后采用了国家规范的标准,即粒径大于0.075mm的

颗粒超过全重的50%。

表3 颗分对比试验资料

单位名称	土号	粒 组 含 量 (%)						
		2.0—0.5 mm	0.5—0.25 mm	0.25—0.1 mm	0.1—0.05 mm	0.05—0.01 mm	0.01—0.005 mm	<0.005 mm
铁三院	1		0.7	4.7	73.6	13.0	2.5	5.5
地质局	1		0.2	5.6	73.2	15.5	1.5	4.0
房管局	1			3.0	63.0	29.0	1.0	4.0
勘察院	1			3.0	64.0	27.0	1.0	5.0
市政院	1		0.4	2.1	74.5	17.0	2.0	4.0
铁三院	2	1.7	1.0	3.7	42.6	36.0	3.0	12.0
地质局	2		0.7	4.1	43.7	36.5	3.0	12.0
房管局	2		2.0	4.0	39.0	39.0	3.0	13.0
勘察院	2		3.0	3.0	40.0	37.0	4.0	13.0
市政院	2	1.7	1.1	3.0	34.3	42.0	4.0	14.0

表4 粉土的亚类标准

粉土	$I_p \leq 10$	砂质粉土	粒径小于0.005mm的颗粒含量小于、等于全重10%
		粘质粉土	粒径小于0.005mm的颗粒含量超过全重10%

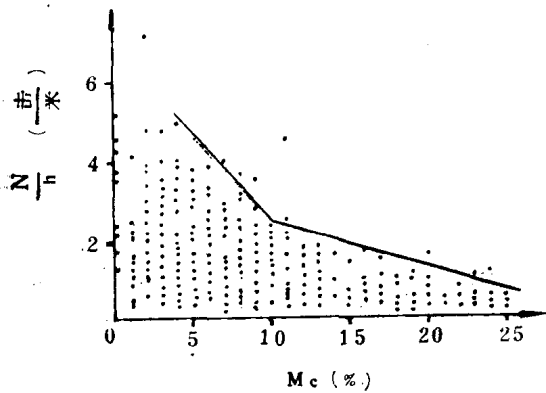


图5  $\frac{N}{h}$  —  $M_c$  散点图

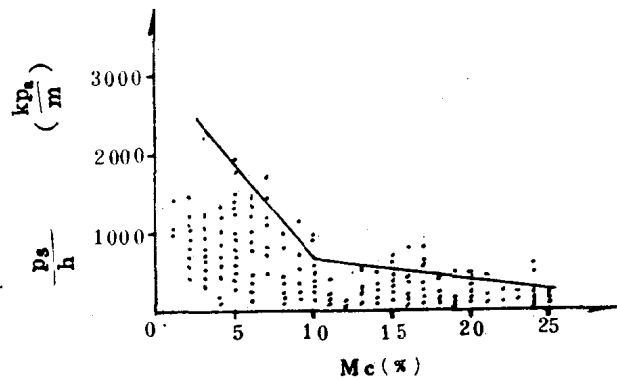


图6  $\frac{p_s}{h}$  —  $M_c$  散点图

第2.1.2条和第2.1.3条有关砂土的密实程度和粘性土软硬状态的分类，我们直接采用《地基规范》GBJ7—88报批稿的规定。

第2.1.4条 在过去执行《地基规范》TJ7—74过程中，有关淤泥和淤泥质土的定名和划分原则标准认为比较合适，故我们仍采用这一定名方法。

第2.1.5条 人工填土的分类方法，采用《地基规范》GBJ7—88报批稿中的分类规



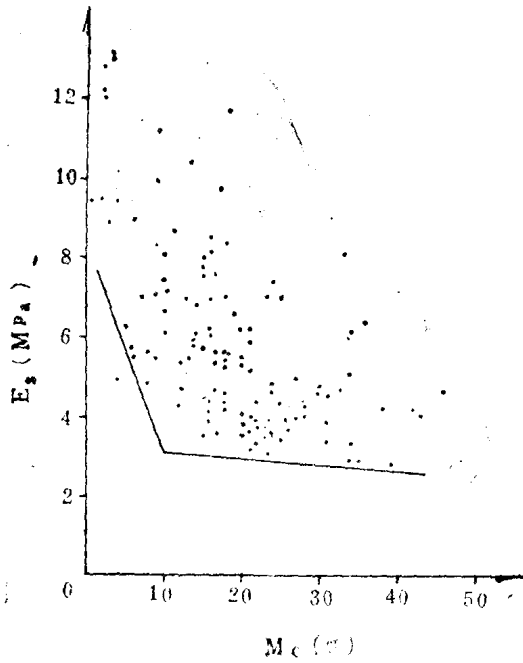


图7  $E_s$  —  $M_c$  散点图

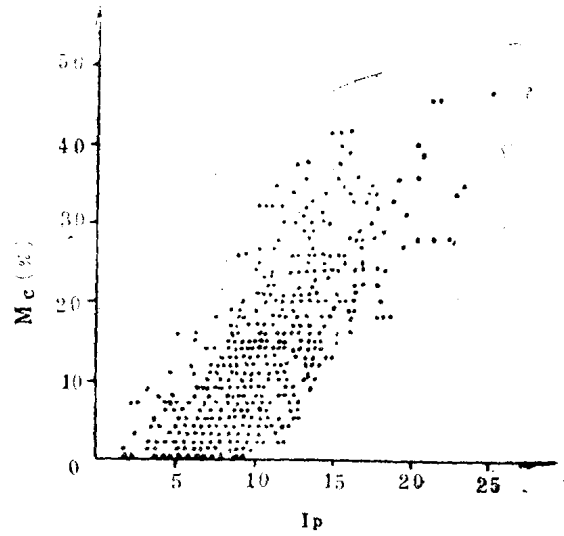


图8  $M_c$  —  $I_p$  散点图

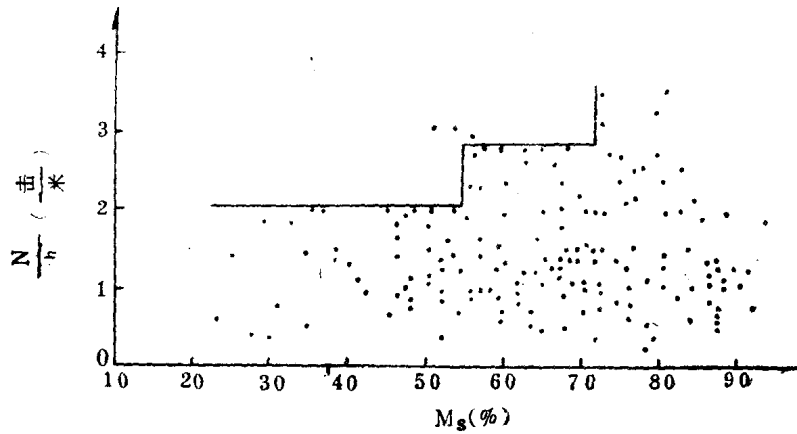


图9  $\frac{N}{h}$  —  $M_s$  散点图

定。即分为：素填土、杂填土、冲填土三种。但我们考虑到天津市的粉煤灰其承载力低，易液化、易流动等特性，把其并入冲填土内。

## 第二节 潜水

第2·2·1条 这条中列出的地下水位，是根据天津市勘察院几十年地下水位动态观测资料定出的。

第2·2·2条 潜水类型和侵蚀性都是根据天津市勘察院长期观测资料列出的。

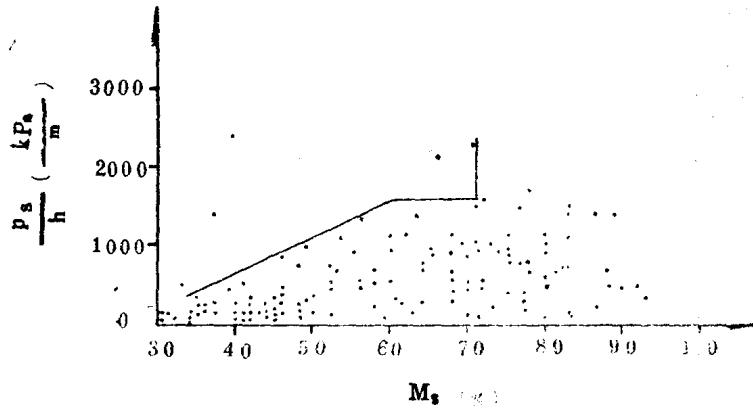


图10  $\frac{P_s}{h}$  —  $M_s$  散点图

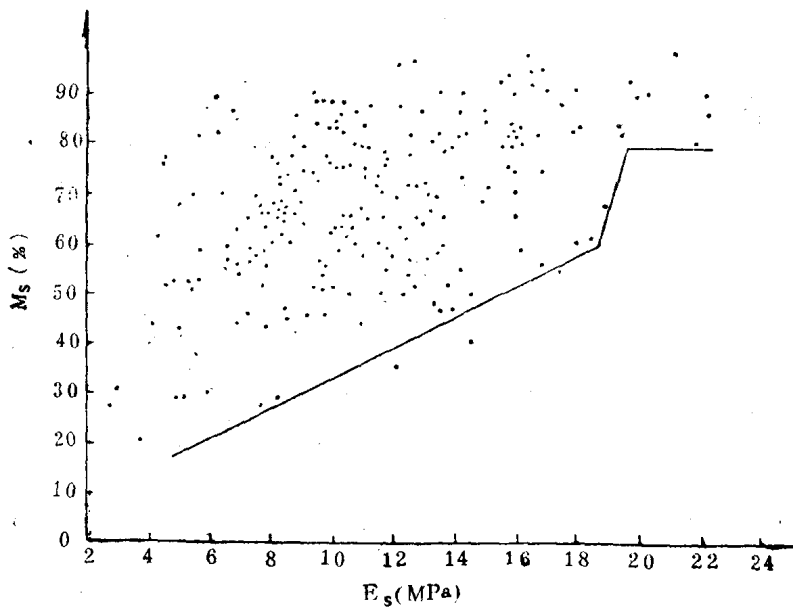


图11  $M_s$  —  $E_s$  散点图

### 第三节 地基土层

第2·3·1条 本条所列的地层资料是根据现有勘察资料综合分析得出，但深度30m以下的地层资料还不够普遍，有一定的局限性。在地层时代的划分上，按现有资料上看没有完全统一，有些资料相互矛盾，各执己见。本次参考现有资料，结合我们实际勘察中的土质、含有物及贝类化石等暂此划分。

第2·3·2条 地层表(表2·3·2)全依据实际勘察资料统计得来。表上所列出的标准贯入锤击数N、液化性质、桩尖持力层等等意见和数值是较概略的参考值，尚不能直接应用。

#### 第四节 勘察要点

第2·4·1条 条文中所讲的是基建基本程序，并不具有地方性的特点，仅是在规范中强调一下。

第2·4·2条 《天津市工程地质图系》精度上和深度上尚未达技勘要求，故划定其应用的范围。

第2·4·3条 钻孔布置的数量、间距，需要查明的工程地质条件等要求，都是从天津市地基土的变化复杂性来定的，并参考了《勘察规范》TJ21—77的有关规定。

第2·4·4条 钻孔的深度对天然地基来说，一般按基础底面下压缩层计算深度确定。桩基以桩端平面以下压缩层深度来确定，压缩层影响深度计算到附加压力等于土层自重压力10%处。对于天然地基在压缩层计算深度下面紧接有软弱下卧层时，要适当加深钻孔或把下卧层打穿，对一般小型工程不要求变形验算时，钻孔深度也可以按基底宽度的1.5—2倍考虑，但不得小于基础底面下5m。

第2·4·5条 在钻孔中采取原状土样是当前勘察质量中一个关键性问题，所以本规范列入了这一条。关于操作规程各勘察单位都有较严格的规定，如按这些规程办事，一般就不会产生质量事故。但天津市土质较软，地下水位较浅，有些土不易取得原状土样，在土样运送中也还存在不少影响质量的因素。故规定在一些较大的工程中，必须用静力触探等原位测试手段综合评价地基土的强度和变形。

第2·4·6条 有些勘察单位不管工程大小，地基基础采用什么形式，盲目地千遍一律地把所有土性指标统统做出来，造成不必要的周期和投资上的浪费，而有时相反地没有提供设计上必须用的参数，又给设计上造成困难和浪费，尤其对高层建筑的地基变形计算中要用的先期固结压力，往往都缺少这项指标数值。这里仅提要求而没有具体规定，提出具体的规定不甚合适，因为土层变化、工程性质的变化，设计和勘察人员主观上的变化，不能用一条规定来束缚它。

第2·4·7条 这是提要求，为设计积累资料，为以后天津市规范的修订提供宝贵的资料。

第2·4·8条 对可液化土层的液化判别，在工程抗震设计中是极重要的内容。本条(一)中《液化土层分布图》是根据1976年唐山大地震震害调查资料编制的，只是依据地面有喷冒现象划定的，所以不很全面，但可以作参考。同时，在勘察中对过去有液化现象的地段，也还要查明液化土层的土类、埋深、厚度、地下水位等，所以“仅作初步判定”用。

目前液化判别方法较多，我们考虑了实用和可靠，并结合天津市的情况，拟定用剪切波速方法和标准贯入试验方法来判别饱和和粉土液化性。关于砂土液化判别，可应用《抗震规范》TJ11—78修订本规定执行。

液化判别深度15m的规定，主要考虑本规范所列的两种判别方法是建立在15m深度范围内资料基础上的。超过15m深的液化判别方法，目前尚无一个可引用的方法，有待今后去研究。

关于(四)中讲的：“大于15m深度的土层可不作液化判别，可以不考虑液化对建筑物的影响”，这也是由唐山大地震震害调查总结来的，因为在震害调查中没有发现15m深度以下的砂性土层喷出地表和深层液化的震害现象。如十几m深的桩基在唐山地震中，不

管其处于液化区或是非液化区，都没有出现桩身倾斜或下沉的现象，故而提出“不考虑影响”的意见。

### 第五节 土的工程特性指标

第2·5·1条至第2·5·5条所规定的内容和标准，基本上都采用《地基规范》GBJ7—88报批稿上的有关规定，仅在极少几个地方稍有变动。如删去了“可塑状粘性土与 $S_r \leq 0.5$ 的粉土”一句，因为天津市不存在这一先决条件。

#### 附录二 土的承载力

1. 附录内容主要采用《地基规范》GBJ7—88报批稿附录五上的规定。但是，考虑到天津市土质特点，地方性和全国性的差异，以及天津市工程实践的经验，在回归修正系数 $\psi_f$ 的计算公式上有所改进。

《地基规范》GBJ7—88报批稿上的回归修正系数公式：

$$\psi_f = 1 - (2.884/\sqrt{n} + 7.918/n^2) \delta \quad \dots\dots (1)$$

本规范公式

$$\psi_f = 1 - (2.035/\sqrt{n} + 5.835/n^2 - 0.006) \delta \quad \dots\dots (2)$$

按天津资料用(1)式计算 $\psi_f = 0.9$ 左右，结果偏低，达不到信度 $\alpha = 0.05$ 的要求，用(2)式计算得的 $\psi_f = 0.94$ 左右，基本上接近95%的要求。

式(2)适用于天津市粘性土，不适用于粉土，故粉土的回归修正系数 $\psi_f$ 仍应用式(1)求取。

2. 地基土承载力表，除岩石、碎石土和红粘土以及粘性土表以外，其余各表均采用《地基规范》GBJ7—88报批稿附录五中承载力诸表。

粘性土承载力表，是根据天津市36处载荷试验资料，149处建筑物长期沉降观测资料和建筑物施工期沉降观测资料，以及499份钻孔土性指标综合研究分析，建立承载力回归方程：

$$\lg R_p = 2.085 - 0.831ge - 0.189\lg I_L \quad \dots\dots (3)$$

式中  $R_p$ —载荷试验确定的承载力；

$e$ —孔隙比；

$I_L$ —液性指数。

承载力表又通过建筑物沉降观测资料，在一定控制变形值下，反算地基土承载力的方法进行对比较核，所得结果基本吻合。

建筑物沉降控制值为13.5cm。

反算用的公式采用《地基规范》TJ7—74的沉降量计算公式变换式：

$$R_{sz} = [S] / \left[ \sum_{i=1}^n (C_i Z_i - C_{i-1} Z_{i-1}) / E_{s_i} \right] \quad \dots\dots (4)$$

式中  $[S]$ —计算控制变形量（沉降量），（cm）；

$R_{sz}$ —反算求得的承载力（kPa）；

$n$ —压缩层深度内所划分的土层数；

$E_{s_i}$ —基础底面下第*i*层土的压缩模量（kPa）；

$Z_i, Z_{i-1}$ —分别为基础底面至第*i*层和第*i-1*层底面的距离（cm）；

$C_i, C_{i-1}$ —分别为基础底面计算点至第*i*层和第*i-1*层底面范围内平均附加压力

系数。

表2-1 国家《地基规范》与天津市《地基规范》回归修正系数试算

	工 号	成 因	岩 性	样 品 数	国 家 式 回 归 修 正 系 数	天 津 式 回 归 修 正 系 数
1	1417-86	上部冲积层	亚粘土	11	0.888	0.922
	"	海相堆积层	"	7	0.919	0.943
2	1686-87	"	"	7	0.863	0.903
3	1625-87	"	"	7	0.902	0.931
4	1683-87	上部冲积层	粘 土	16	0.878	0.915
	"	"	亚粘土	16	0.931	0.952
	"	海相堆积层	"	41	0.967	0.977
5	1687-87	上部冲积层	粘 土	7	0.857	0.899
	"	"	亚粘土	7	0.860	0.901
	"	海相堆积层	"	10	0.920	0.944
6	1472-86	上部冲积层	粘 土	8	0.894	0.925
	"	海相堆积层	亚粘土	8	0.912	0.938
7	1684-87	上部冲积层	粘 土	9	0.892	0.924
	"	海相堆积层	亚粘土	9	0.884	0.918
8	1603-87	上部冲积层	粘 土	7	0.877	0.913
	"	海相堆积层	亚粘土	10	0.950	0.965
9	1420-1-86	上部冲积层	"	7	0.908	0.935
10	1420-1-86	海相堆积层	亚粘土	13	0.926	0.948
11	1472-5-86	"	"	9	0.937	0.956
12	1489-86	上部冲积层	"	16	0.938	0.957
	"	海相堆积层	"	14	0.925	0.947
13	1420-2-86	"	"	16	0.927	0.949
14	1011-86	上部冲积层	粘 土	11	0.946	0.962
15	1084-86	海相堆积层	亚粘土	8	0.894	0.925
16	1102-86	上部冲积层	"	7	0.925	0.947
	"	海相堆积层	"	8	0.902	0.930
17	1035-86	上部冲积层	粘 土	7	0.845	0.891
	"	海相堆积层	亚粘土	7	0.961	0.973
18	1104-86	上部冲积层	"	6	0.807	0.863
	"	海相堆积层	"	9	0.932	0.952
19	1100-86	上部冲积层	"	11	0.887	0.920
	"	海相堆积层	"	20	0.953	0.967
20	1011-86	上部冲积层	"	8	0.878	0.914

21	1096—86	海相堆积层	亚粘土	7	0.933	0.953
22	1079—86	"	"	6	0.940	0.957
23	932—86	上部冲积层	"	7	0.850	0.894
	"	海相堆积层	"	10	0.943	0.960
24	1089—86	上部冲积层	粘土	7	0.802	0.861
	"	海相堆积层	亚粘土	18	0.929	0.951
25	821—86	"	"	10	0.949	0.964
26	633—86	上部冲积层	"	13	0.914	0.939
	"	海相堆积层	"	32	0.960	0.972
27	697—86	"	"	10	0.931	0.952
28	办公楼 879—86	上部冲积层	亚粘土	26	0.934	0.954
	"	海相堆积层	"	41	0.966	0.976
29	1169—86	上部冲积层	粘土	10	0.888	0.921
	"	"	亚粘土	8	0.919	0.943
	"	海相堆积层	"	20	0.949	0.964
30	仓库 897—86	"	"	9	0.930	0.951

表 2-2 回归分析计算成果表

方 程	3a	3b
子样数 N	24	24
回归方程	$IgR_p = 2.085 - 0.83 Ige - 0.189 Igl_L$	$R_p = 64 + 0.521 R_Q$
回归平方和 U	0.0856	9717
残差平方和 Q	0.131	16525
自变量个数 m	2	1
F 值, $F = \frac{U/m}{Q/(N-m-1)}$	6.85	12.9
$F_{0.05}$	3.47	4.3
检验结果	显著	显著
残差标准差	0.079	27.4
复相关系数 R	0.63	0.61
偏相关系数	$R_c$	-0.58
	$R_{I_L}$	-0.32

### 3、理论公式验算承载力表

应用苏联水工研究所别尔文茨公式验算，公式如下：

$$p_r = \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_r' + c N_c + \gamma_p \cdot D \cdot N_D \dots \dots \dots (5)$$

式中  $p_r$ —土的极限承载力 (kPa)；

$V$ —基础底面下土的重度，地下水位以下取土的有效重度 ( $\text{kN/m}^3$ )；

$B$ —基础宽度 ( $\text{m}$ )；

$c$ —土的粘聚力 ( $\text{kPa}$ )；

$\gamma_p$ —基础底面以上土的重度 ( $\text{kN/m}^3$ )；

$D$ —基础底面埋深 ( $\text{m}$ )；

$N_r'$ 、 $N_c$ 、 $N_D$ —系数，(表略)。

用上式计算所得承载力与式(4)所得的承载力基本规律相吻合。

#### 4、粘性土 ( $I_p > 10$ ) 承载力表。

通过上述几种方法的计算分析，以(3)式为基础建立了承载力表(表2—3)。

表 2—3 天津市一般粘性土 ( $I_p > 10$ ) 容许承载力  $[R]$  ( $\text{kPa}$ )

液性指数 孔隙比 $e$ / $I_L$	0.25	0.50	0.75	1.00	1.20
0.7	210	185	170	160	155
0.8	190	165	155	145	135
0.9	170	150	140	130	120
1.0	155	140	130	120	110
1.1	145	130	120	110	
1.2	135	120	110	100	

新建的容许承载力表(表2—3)所列出的承载力 $[R]$ 值与原《地基规范》TJ7—74容许承载力 $[R]$ (表八)相比，在小于130kPa区域提高0—20%，在大于140kPa区域有大致相同幅度的降低。

考虑到《地基规范》GBJ7—88报批稿对粘性土承载力提高5%及天津市建筑物实际经验地基承载力还可以适当放宽的意见，表2—3内值又经适当调整而得表2—4。

表 2—4 调整后的粘性土 ( $I_p > 10$ ) 承载力基本值  $f$  ( $\text{kPa}$ )

液性指数 孔隙比 $e$ / $I_L$	0.25	0.50	0.75	1.00	1.20
0.7	240	220	200	185	165
0.8	210	190	170	160	140
0.9	190	170	155	140	120
1.0	170	155	140	120	110
1.1	150	140	120	110	100
1.2	135	120	110		

### 附录三、抗剪强度指标的计算方法

采用《地基规范》GBJ7—88报批稿附录七。

## 第三章 地基抗震验算

本章的内容共三节十六条，第一节一般规定三条，第二节土动参数与场地类别划分七条，第三节地基液化判别与液化等级确定六条。本章条文编制的指导思想是：在遵循国家抗震规范的原则下，结合天津市特点编写的。对于本规范中有关天然地基的抗震容许承载力、液化地基的桩基验算，因未进行专门研究，按国家抗震规范有关规定执行。

软土震陷问题是天津市亟待解决的问题，目前尚未进行这方面的工作，待今后修订本规范时补充。

### 一、一般规定

天津市的基本烈度为8度，市区设防烈度采取8度，目前市区已进行地震小区划工作，待主管部门审批后，设计用的地震动参数可按地震小区划结果采用。

### 二、土动参数与场地类别划分

#### 1、场地土

从国内外震害调查都充分的说明，场地的条件与震害有密切关系。例如1985年墨西哥地震，远离震中400公里的墨西哥城，很厚的淤泥质土上的高层建筑物中7层至14层建筑破坏的最严重。1967年土耳其默杜努谷地震时，阿达帕扎里城厚土层上的高耸钢筋混凝土建筑不是全部倒毁就是严重破坏。国内1962年广东河源地震时，位于珠江沿岸厚淤积土或人工填土上的建筑物，其破坏程度比市区东北部第三纪丘陵地带重。上述震例的分析结果表明，这种现象与该地区覆盖层厚度有关。

1978年唐山地震时，天津市市区的震害各地段有明显的差异，经计算分析表明，这些差异与地基土的分布特点有关。

过去设计反应谱形状完全决定于场地土条件，而与其他因素无任何关系。这实质上等于假设同一场地，在多次地震中得到的强震记录的反应谱形状相差不多。但实际情况并非如此，例如从美国EICentro台站上的多次强震记录来看，反应谱形状的差别是比较大的。

“78”抗震规范中，三类场地的反应谱相差很大，而在场地土分类中，却只凭一般性的岩性描述，虽然为了便于设计应用推荐按深度和厚度加权确定多层场地土类别的方法，但该方法并没有经过详细的论证，而是协商的结果。

根据强震记录反应谱和实际震害调查的情况，对“78”抗震规范进行了修订，其原则是：(1)场地分类应该以其对地面运动强度和谱特性的影响为准则；(2)分类方法应该尽可能简化；(3)新的分类应该与国内外目前常用的方法有大致的对应关系。因此，建筑物所在场地的类别，不是按地基刚度而是按其地震效应进行划分。

本规范场地的划分，采用上述原则，场地分类按剪切波速和覆盖层厚度两个参数综合确定，同时结合天津市的地震背景情况，市区基本烈度为8度。

#### 2、场地土的剪切波速

场地土的剪切波速值是地震反应分析中一个重要的土动力参数。由于目前波速测量方法尚未普及，普遍进行波速测量又增加投资。同时剪切波的分布又有着较强的地区性，因



此, 虽然国内外有关土的剪切波公式很多, 但不宜直接应用。为此, 对市区70多个钻孔1233个各种土的剪切波速资料, 按不同土类随深度变化规律进行回归分析, 得到各类土的剪切波速的估算经验公式及其相关系数为:

土 类	经验公式	相关系数
淤泥质土	$V_s = 88 + 4.6d_s$	0.67
粉质粘土	$V_s = 112 + 6.1d_s$	0.80
粘 土	$V_s = 110 + 5.1d_s$	0.83
粉 土	$V_s = 132 + 5.6d_s$	0.68
砂 土	$V_s = 189 + 4.6d_s$	0.53

式中  $V_s$ —剪切波速度 (m/s)

$d_s$ —为地表至所预测点的深度 (m)。

考虑到目前标准贯入试验较普遍, 通过标准贯入试验换算剪切波速时, 采用下式:

土 类	经验公式	相关系数
淤泥质土	$V_s = 81N'^{0.24}$	0.67
粉质粘土	$V_s = 105N'^{0.30}$	0.61
粘 土	$V_s = 58N'^{0.54}$	0.92
粉 土	$V_s = 90N'^{0.34}$	0.58
砂 土	$V_s = 99N'^{0.32}$	0.54

式中  $N'$ —标准贯入实测击数 (未经钻杆长度修正);

$V_s$ —剪切波速度 (m/s)。

### 3、覆盖层厚度

场地土的覆盖层厚度, 从理论上分析可知, 当下层波速比上层波速大得多时, 下层土可以当作“基岩”, 即当只有很小一部分能量向下透射的界面其埋深称为覆盖层厚度。

由于在地震作用下, 对建筑物破坏作用最大的主要是地震波中的中短周期成分, 而深层介质对这些成分的影响并不是很显著的。一般取两地层的速度比  $V_{s下}/V_{s上} \geq 2$  或剪切波速  $V_s \geq 500\text{m/s}$  的土层作为假设“基岩”, 该“基岩”以上的厚度称覆盖层厚度。市区通过大量钻孔实测资料表明, 在埋深60m左右有一层含礞石的粘土或粉质粘土, 其波速一般大于500m/s, 因此, 当无实测波速资料时取60m作为覆盖层厚度。

### 三、地基液化判别与液化等级确定

1、粉土的液化判别, 目前多采用标准贯入试验方法。众所周知, 由于设备、操作方法和习惯的不同, 标准贯入试验并不“标准”, 试验结果也不稳定, 这将给液化判别带来明显的错误。例如1981年美国和中国的标准贯入器, 在市区液化地区进行比较试验, 在相距不到1m的两个钻孔, 分别进行标贯试验, 结果表明, 中美两种标贯器获得的标准贯入击数相差达33—250%。因此近年来出现了对液化判别新的原位测试方法的研究。例如静力触探法、电测法、剪切波速法。根据对液化区与非液化区大量波速测量结果, 结合室内试验, 提出一个半理论半经验判别液化的方法, 较之现行的纯经验的判别公式更加合理。

通过室内研究证明, 粉土液化时孔压发展, 主要是受剪应变的控制, 根据室内试验结果和现场观测资料, 反算出划分液化和非液化的临界剪应变。再根据临界剪应变和相应的剪切模量衰减系数, 推算出用以预测粉土液化势的剪切波速判别式。