岩土工程勘察规范讲座

同济大学　高大钊

引　言

- 《岩土工程勘察规范》是我国岩土工程体制改革的成果，规范的变化反映了我国从前苏联勘察设计体制向国际岩土工程技术体制逐步融合的过程。
- 新规范颁布已经5年了，《规范》执行情况良好，对保证勘察质量起到了不可替代的作用，也为相关行业标准和地方标准确定了基本框架和基本准则。

- 在执行过程中，某些条款不够严密，某些条款与现行其他标准不够协调，造成执行上的困难；
- 少数勘察人员和审图人员未全面掌握《规范》条文和条文说明，孤立执行某些强制性条文，产生理解上的偏差；
- 随着技术的进步，有些条文需要进一步修改和完善。
- 需要听取各方面的意见，了解执行中的问题。

讲座的内容

- 岩土工程勘察规范的历史沿革
- 我国岩土工程的发展现状
- 岩土工程勘察规范的作用和地位
- 强制性条文和审图
- 规范中的若干疑难问题

岩土工程勘察规范的历史沿革

- 《工业与民用建筑工程地质勘察规范》（TJ 21-77）
- 《岩土工程勘察规范》（GB 50021-94）
- 《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）

《工业与民用建筑工程地质勘察规范》

（TJ 21-77）

- 50年代，我国主要按前苏联规范进行勘察设计;
- 70年代前期和中期，国家尚处在“十年动乱”之中，然而却蕴育着一批岩土工程规范的诞生和修改，《工业与民用建筑工程地质勘察规范》就是其中的一本重要规范;

- 《工业与民用建筑工程地质勘察规范》具有时代的局限性，当时的技术路线是盲目排外的，既企图消除前苏联技术体系的影响，又排斥西方国家的技术;
- 无论如何终究是立足于我国自己的经验，总结了建国后20多年的工程实践经验编成的，其历史的地位和价值是应当充分肯定的,标志着我国开始有了岩土工程勘察的全国标准。

《岩土工程勘察规范》（GB 50021-94）

- 1986年开始的修订工作是在前期的专题研究成果的基础上进行的，并调查总结了当时国内的研究成果和工程实践经验，注意了采用国际通用的技术法则，尽量向国际通用标准靠拢，对《工业与民用建筑工程地质勘察规范》作了根本性的修改；
- 这本规范从立项到颁布，化了整整8年的时间，这并不是由于编制工作的困难，而是由于对岩土工程认识上的不一致和体制改革步履的艰难。

《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）

- 在94版规范颁布了4年之后，1998年，建设部发文下达了修改这本规范的任务；
- 在2 年多的时间内完成了规范的修订工作。
- 指导思想：岩土工程勘察的任务，除了应正确反映场地和地基的工程地质条件外，还应结合工程设计、施工条件，进行技术论证和分析评价，提出解决岩土工程问题的建议，并服务于工程建设的全过程，具有很强的工程针对性。

我国岩土工程的发展现状

- 岩土工程是以土力学与基础工程、岩石力学与工程为基础，并和工程地质学密切结合的综合性学科。
- 岩土工程以岩石和土的利用、整治或改造作为研究内容。

- 岩土工程服务于各类主体工程的勘察、设计与施工的全过程，是这些主体工程的组成部分。
- 岩土工程不是一门独立于土木工程学科之外的学科，而是寓于土木工程各主体工程之中的学科。

岩土工程的三个特点

- 岩土工程服务于主体工程，是主体工程的一部分—高度综合的特点；
- 岩土工程的研究对象—岩石和土，与各地的自然条件密切相关，具有强烈地区性的特点；
- 岩土工程采取“观测法”处理工程，具有极强经验性的特点。

岩土工程学的基本框架

- 总论：
- 岩土工程勘察
- 岩土工程设计
- 岩土工程施工
- 岩土工程监测
- 岩土工程监理

- 分论：
- 基础工程
- 边坡工程
- 地下工程
- 支护工程
- 环境工程

- 服务于全过程



岩土工程全面发展的条件
—自然条件的多样性

- 在高原、山区、平原、河谷等各种不同地形地貌条件下，形成不同的土类和各种特殊的岩土工程问题；
- 各种特殊性的岩土—黄土、膨胀岩土、红粘土、软土、盐渍土、冻土等，推动了我国特殊土的研究达到了一个非常高的水平；
- 各种各样环境地质问题，如崩塌、滑坡、泥石流、地震、断裂、沙漠化等，处理这些环境地质问题也需要发展岩土工程技术 。

《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）的主要特点

- (1) 综合性规范；
- (2) 鉴于当前我国勘察设计的分工体制，只规定勘察技术要求，基本不涉及设计；
- (3) 规定必须在全国范围内统一的关键技术要求，将具体细节留给专业标准、行业规范和地方规范。

岩土工程勘察规范的背景

- 我国加入WTO对勘察设计业的影响；
- 我国社会主义市场经济的形成与发展；
- 20世纪90年代我国岩土工程技术的发展；
- 20世纪90年代我国重大工程事故频繁；
- 我国的标准化体系正处于重组整合；
- 土木工程（岩土）注册工程师考试制度。

岩土工程勘察规范在我国岩土工程标准化体系中地位与作用

- 岩土工程勘察规范的性质：是岩土工程勘察的国家标准，指与行业标准、地方标准而言；是岩土工程勘察的母规范，指与勘察行业中的其他标准而言；
- 与国际通用标准接轨的指南，引进与吸收国际通用的技术标准，为我所用。

规范面临的主要问题

- 计划体制对我国标准体系的影响严重制约了标准化体系适应市场经济与全球化需要的转轨；
- 设计与施工分割的体制制约了岩土工程咨询业的形成与发展，岩土工程咨询业的难产；
- 与国际通用标准的磨合、接轨和本土化的问题。

岩土工程勘察规范的局部修订

- 《规范》执行情况良好，对保证勘察质量起到了不可替代的作用，也为相关行业标准和地方标准确定了基本框架和基本准则。由于下列原因，需对该《规范》局部修订：

- (1) 某些条款不够严密，某些条款与现行其他标准不够协调，造成施工图审查时执行上的偏差；
- (2)《工程建设强制性条文》部分摘自本《规范》，少数勘察人员和审图人员未全面掌握《规范》条文和条文说明，孤立执行某些强制性条文，产生理解上的偏差；

- (3) 相关国家标准正在制订或修订，如《建筑抗震设计规范》、《混凝土结构耐久性设计规范》和《工业建筑防腐蚀规范》，有关场地地基抗震与水和土腐蚀性评价的问题，需互相协调。
- (4)如何对应实施强制性条文及施工图审查以后出现的一些问题？

关于《强制性条文》和审图

- (1)　《强制性条文》的出台背景；
- (2)　《强制性条文》的性质；
- (3)　怎样执行《强制性条文》？
- 强调对岩土工程原理、规范条文和条文说明的全面深入理解

对审图工作对看法

- 政府为了有效地加强对工程建设的技术控制，从强制性标准的15万条条文中，摘录出一批条文，编撰了一套《工程建设标准强制性条文》，作为向技术法规的过渡，同时实行了一项审图的制度，即成立了一批审图公司，对强制性条文执行的情况进行审查，违规要处罚。

- 从行政管理的层面上看，这项措施有利于在事故发生后明确责任，在事故不断发生的特殊条件下，进行这种强制性的管理是需要的。
- 从技术层面来看，这种全面审图的做法，未必能普遍提高技术水平，且不利于发挥工程师的积极性和创造性。如果估计有问题的工程师占有相当大的比例，则采用这种措施或许是需要的；但这就涉及对我国工程界的技术水平和工作责任感的正确估计问题。

- 从审图制度执行的情况来看，防止“扩大化”和“宁左勿右”的倾向是值得注意的。所谓“扩大化”是指审图不仅审强制性条文执行的情况，而且已经扩大到审查并不是强制性的条文，似乎凡是在全国性标准（包括国家标准和行业标准）中写的条文在全国各地都必须执行，完全抹杀了地区性的特点。所谓“宁左勿右”是指审图人员怕犯错误，宁可审得过头一点，“左”一点不会犯错误，不那么因地制宜，也不实事求是。

- 回答一位从事审图工作朋友的苦脑：
- 不知道现在要求审图起什么作用，照原来的规定是审查是否执行了强制性条文，现在不知是否扩大了审图的范围。你说的造假、蒙骗的问题已经不是执行技术标准的问题了，这些单位的总工程师是干什么的？院长是干什么的？是打假的问题，难道审图变成打假了？在目前市场比较混乱的情况下，只从技术层面进行审图工作确实很难办，也为难你们做审图的了。目前，审图的重点是勘察报告，是审勘察的结果不是审勘察的过程。而影响勘察质量最关键是野外工作和土工试验，钻探取土是否符合标准？编录是否符合标准？试验是否符合标准？如果这些环节上做得不地道，审查报告有什么用？

- 例如，对桩基的参数提供，各个工程师可以有不同的经验，各个单位也可以有其自身的商业技术的秘密，这些似乎应当是本单位总工程师把关的内容，如果审图要审这些东西，难道能保证每个审图的工程师都比送审单位的总工程师的水平还要高？我想这种技术性、经验性很强的内容，应当允许各个单位，各个工程师做出自己的水平，这种问题往往是多解的，不可能给封顶了。不能说按规范的参数表提供参数可以通过审图，而提供了与规范的参数表不同的参数就不可以。如果审图的结果走到这一步，那真是岩土工程的不幸，还要岩土工程师干什么？一个中学毕业生都会查表内插。

《规范》中的一些疑难问题

- 关于岩土分类
- 关于勘察工作布置
- 关于场地地基的地震效应
- 关于不良地基作用与地质灾害
- 关于特殊岩土
- 关于地下水

- 关于室内试验
- 关于原位测试
- 关于水和土对建筑材料的腐蚀性
- 关于岩土工程评价
- 关于报告编写

关于岩土分类

- 岩石与岩体的区别是什么？
- 岩石分类为何不与结构面挂钩？
- 岩石与土是否有明确分界？
- 关于“硬土/软岩”
- 与《土的分类标准》什么关系？
- 花岗岩残积土能否按一般土分类？

岩石与岩体的区别是什么？

- 岩石－天然产出的具有一定结构构造的单一或多种矿物的集合体。
- 岩体－包括各种结构面在内的具有独立性状的原生岩层。
- 岩石可以取样试验，得到岩块的单轴抗压强度，评价坚硬程度；
- 对岩体应进行原位测试，从整体评价其稳定性。

岩石分类为何不与结构面挂钩？

- 岩石的分类目的在于说明岩石的坚硬程度、完整性和风化程度。
- 岩体由岩石与结构面组成；
- 工程岩体的评价与分级需要与结构面挂钩。

岩石与土是否有明确分界?

- 岩石和土是按其成因，特别是按成岩的程度来识别的大类定名;
- 按定义是比较清楚的，但实际上经常有混淆的情况出现;
- 从风化渐变的角度看，全风化和残积土的区分存在一定的困难;
- 从成岩程度看，例如，成岩程度较低的砾岩和年代较早的砾石层之间的区分;

- 在前苏联的工程地质教科书中，常将土称为“岩”，流传至今，将土性也统称为“岩性”；
- 在考虑结构面影响以前，土力学涵盖了岩石力学，因为用的都是连续介质力学的方法。

关于“硬土/软岩”

- 软硬是对工程性质的一种通俗化的标识词，但难以量化；
- 岩和土是按其成因，特别是按成岩的程度来识别的大类定名；
- 按一般概念，岩比土硬，但却有硬土、软岩，土比岩硬？
- 岩石按其单轴抗压强度有硬质岩、软质岩之分；

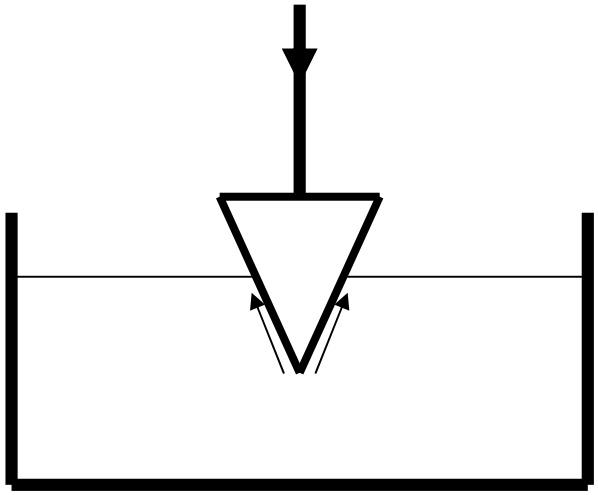
- 软岩在世界上分布非常广泛，仅泥岩和页岩就占地球表面所有岩石的50%左右。
- 软岩可以分为原生软岩和风化软岩两大类；
- 原生软岩主要是指在温度不高和压力不大的条件下形成的沉积岩，粘土基质含量高，胶结程度差，开挖暴露在大气中易吸水膨胀、湿化崩解，强度迅速降低；
- 风化软岩指因风化而破碎、软化的岩石，硬质岩风化成的软岩主要是全风化带与强风化带，也包括少数中等风化。

与《土的分类标准》什么关系？

- 历史：在1950年代，我国各个行业都从前苏联引进了规范，细粒土的分类对地基土用塑性指数分类，作为填筑材料用粒度成分分类；液限试验－76g圆锥的10mm沉入深度，塑限－搓条法；塑性指数大于17为粘土，7～17为亚粘土，0～7为亚砂土，各个行业的分类界限相同，土的名称有些差别，如粘砂土、砂粘土、垆坶等；

- 分类方法开始变化：1970年代，建筑地基规范编制时，对粘性土的分类改为现在的界限，划出了粉土一类，其他行业并没有采用这种方法，但试验标准没有变化；
- 划分粉土的工程意义；
- 30多年来，粉土的研究得到了发展。

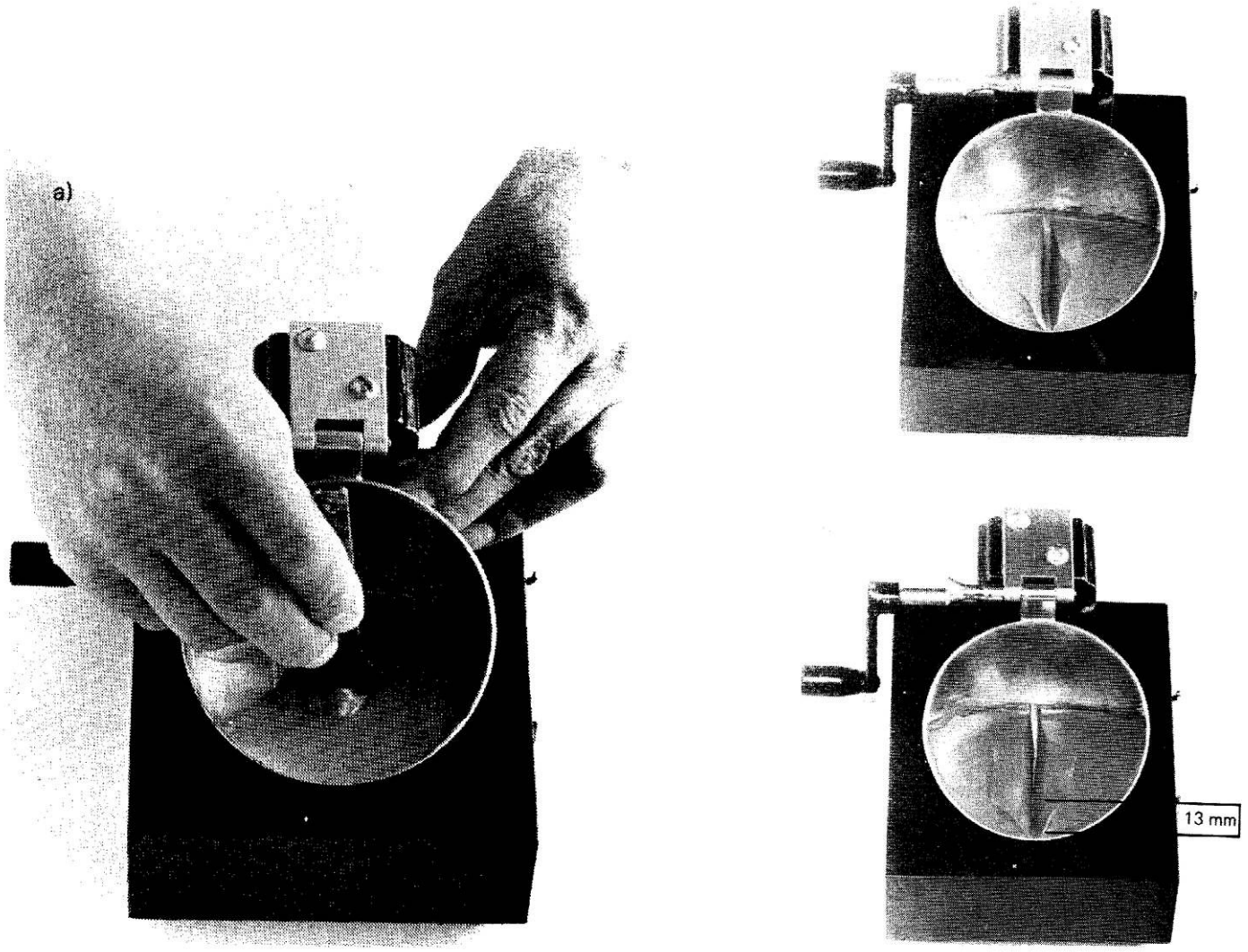
- 试验的变化：1980年代，为了将美国的统一分类法引入我国，把美国的碟式液限仪的结果等效为锥式仪，出现了两种规格，一种是76g圆锥17mm的沉入深度，另一种是100g圆锥的沉入深度20mm，都认为自己是符合美国标准的；对塑限试验，也改用圆锥沉入的方法，但这并不是美国的方法，我国出现了两种规格的联合测定仪；
- 锥式和碟式两种方法的原则区别。



用塑性平衡的观点分析锥面上的剪应力

$$\tau = \frac{N}{F}$$

卡萨格兰德碟式仪



- 分类方法的继续变化：1980年代，一些行业的规范将土的分类方法改为塑性图方法，土的名称大幅度地变化，出现了一种土能定为好几个不同的名称，同一个名称的土可能实际上不是同一种土。
- 在1980年代中期，建筑系统曾经进行了系统的研究，在1987年，两本国标的主编统一了思想，在建筑系统不采用塑性图的分类方法。

- 新的液限标准和分类方法存在的问题：研究新的方法，必须考虑和解决工程应用中产生的问题，但遗憾的是20多年来，一直没有人从事这方面的研究，影响了这些方法在工程中的应用。除了地基承载力表之外，软土的划分也是一个不容忽视的问题。按照10mm沉入深度的标准，软土的定义是液性指数大于1.0或天然含水量大于液限含水量，现在改成沉入深度17mm的液限含水量必然大于原来的标准，也就是说这一条软土的定义不能用了，那么如何修改呢？没有人提出过新的标准，也没有验证过采用新的标准是否会使软土的划分产生不允许的误判；

花岗岩残积土能否按一般土分类？

- 花岗岩残积土既具有土的一般特征，又有其特殊问题，现有的土分类方法主要是针对经过搬运、沉积过程的土；
- 风化岩和残积土是在原地堆积而成的，与母岩关系非常密切；但又经过淋溶作用，有较大的孔隙比，各种不同的残积土具有各自的特殊性质，需要分别研究和规定；
- 花岗岩残积土是残积土的一种，分布范围比较大。

关于勘察工作布置

- 《强制性条文》4.1.11-1如何执行？搜集不到这些资料，可否详勘？
- 什么叫“控制性勘探点”？
- 取样钻孔数量应多少？

- 成片住宅小区，总图未定，可否按方格网布孔？
- 《强制性条文》4.1.20为什么规定最少取样数量？
- 什么是“主要土层”？
- 利用邻近资料如何理解？
- 基坑工程红线以外怎样勘察？

《强制性条文》4.1.11-1如何执行？搜集不到这些资料，可否详勘？

- “搜集附有坐标和地形的建筑总平面图，场区的地面整平标高，建筑物的性质、规模、荷载、结构特点，基础形式、埋置深度，地基允许变形等资料；”

- 《勘察规范》GB50021-2001第4.1.11条是强制性条文，其第一款要求搜集建筑物的基础形式、埋置深度等。言外之意是基础形式与埋置深度应是在勘察工作前就已确定或拟定的。作为强制性条文，必须执行，即勘察工作前必须收集到诸如基础形式和埋置深度的这些资料。

- 《地基规范》GB50007-2002第3.0.2条也是强制性条文，其第一款要求所有建筑物的地基计算均应满足承载力计算的有关规定。地基计算是在地基基础设计过程中完成的，包括确定基础形式、基础的埋置深度、基础尺寸等，而承载力计算必须已知地基承载力，是在勘察工作完成后进行的，言外之意是基础形式与埋置深度应是在勘察工作后确定。作为强制性条文，必须执行，即地基基础设计是在获取勘察资料后进行，当然基础形式和埋置深度的确定也应该在勘察工作后进行。

- 请问对这两本规范的这两条强制性条文该如何协调执行？

- 岩土工程勘察规范的4.1.11条要求收集建筑物的基础形式、埋置深度等，这些都是属于方案阶段的内容，在初步设计中已经对这些控制性的内容有所反映，采用什么基础形式在很大程度上取决于建筑物的规模和性质，设计一般会有所考虑，在勘察任务书中，也应该有这些内容，作为勘察和设计的互动，从一开始就应当建立协商的关系，当然不排斥有些设计单位没有经验，不会做方案，提不出控制性的意见；

- 所谓强制性条文是指工程师必须做的内容，这里讲的是收集，你总能做吧？如果收集不到这些资料，那也没有违反强制性条文啊！设计单位没有方案，或者方案没有考虑这些问题，这有什么办法；
- 再退一步说，有经验的岩土工程师，对于非特殊的建筑物，你也可以考虑该做什么基础形式，埋置深度多少比较合适，如果在勘察之前，你的头脑里是一片空白，那你勘察方案怎么做？除非你是毕业后做第一个工程。

- 岩土工程勘察规范的4.1.11条要求收集建筑物的基础形式、埋置深度等，这些都是属于方案阶段的内容，在初步设计中已经对这些控制性的内容有所反映，采用什么基础形式在很大程度上取决于建筑物的规模和性质，设计一般会有所考虑，在勘察任务书中，也应该有这些内容，作为勘察和设计的互动，从一开始就应当建立协商的关系，当然不排斥有些设计单位没有经验，不会做方案，提不出控制性的意见。

什么叫“控制性勘探点”？

- 控制孔和一般孔则是从勘探孔的作用角度来划分的，为了能够控制天然地基或桩基持力层的起伏，对于勘探孔的间距都有一定的要求；但有时对于持力层以下土层的分布需要掌握，特别如沉降计算需要压缩层范围内的指标，就需要有一定数量的孔打得比较深，能够达到设计所要求的深度，但其数量又不需要那么多，这种类型的勘探孔称为控制孔，用以控制深部地层的分布与性状。

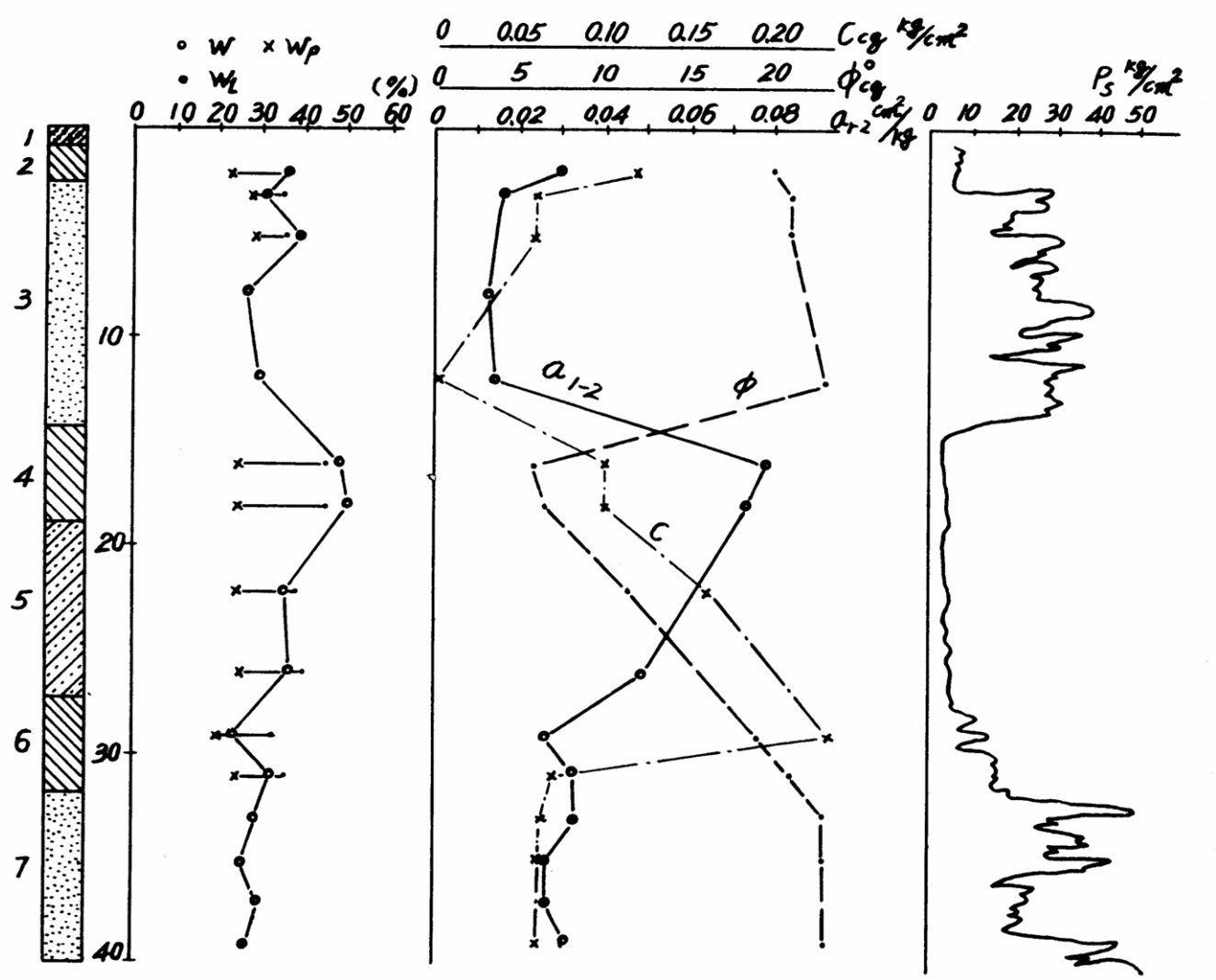
- 控制孔一般布置在场地的角点、大的场地的中部或边缘线上，其数量一般占1/3左右；
- 由于各地的地质条件相差非常悬殊，对勘探孔的技术要求也不尽相同，所以对于上述勘探孔的分类和理解也存在差别，其实勘探孔的定义和分类只是手段，其目的是探明地质条件，因地制宜是最重要的。

取样钻孔数量应多少？

- “取样钻孔”即为“技术孔”，是和“鉴别孔”相对而言的；
- 钻孔的数量是由钻孔间距和建筑物的平面尺寸确定的；
- 只需要在一部分钻孔中取土样就可以满足土样数量的要求，因此有一部分钻孔的作用仅在于划分土层的层面和鉴别土层的土名、状态等，即鉴别孔的作用。

- 为了满足鉴别的作用，对回次进尺作了规定。尽管如此，但鉴别层面仍有比较大的误差，有可能将虽然厚度不太厚，但比较重要的土层漏划了；
- 20多年来，静力触探得到了推广应用，对层面的划分具有独特的优点；
- 在可以采用静力触探试验的地区，宜采用静力触探替代鉴别孔；
- 上海地区规定，静力触探孔数可占总数的1/3～1/2。

静力触探贯入曲线划分层面的作用



成片住宅小区，总图未定，可否按方格网布孔？

- 照规定，总图未定，不能进行详勘；
- 如果做初勘，那当然是可以的；
- 如果是别墅区，建筑物层数不高，地质条件不复杂，按方格网布孔是可以的。

《强制性条文》4.1.20为什么规定最少取样数量？

- 关于6个土试样的规定，在30年前已经有了，那时人们对于这个规定的认识似乎比较清楚，心态也比较平和；
- 当时的规定是作为一条底线来执行的，在一个场地上，对一个土层来说，取样的数量一般是大大地多于这个数字。对于比较均匀的土层，取样可能少一些，对于比较薄的土层，取样可以少一些，对于比较小的场地，取样可以少一些，取样多少是由工程师来决定的，但再少也不能低于这个底线，大家都比较有统一的认识；

- 自从有了强制性条文，而这6个土样作为强制性条文规定以后，情况就发生了变化，你一强制性，人们不仅注意了这个规定，而且把它放在一个很不恰当的位置上，错误地认为它是对取样的控制要求而完全忘记了取样数量是一个统计数据子样数量的要求，本来是有科学道理的规定为什么非要装扮成蛮不讲理的强制性规定呢？这是强制性条文规定的结果走向它愿望反面的一个生动的例子；

- 于是就有了20家工厂最好出一份勘察报告的荒唐命题。本来，既然是由20家工厂独立委托勘察的报告，出20份报告是天经地义的事。现在为了在6个土样上做文章，就产生了最好20个工厂出一份报告的想法，以为这样就可以在整个场地只取6个土样也符合强制性条文的规定；

和还是或？

- 《岩土工程勘察规范》4.1.20，第3款：每个场地每一主要土层的原状土试样或原位测试数据不应少于6件。
- 《高层建筑岩土工程勘察规程》4.1.7，第1款：每幢高层建筑每一主要土层内采取不扰动土试样的数量或原位测试的次数不应少于6件（组）次。

- 但在条文说明中却说：“需要指出的是不扰动土样和原位测试的数量要同时满足。”
- 土样和原位测试要同时满足是很难做到的。例如一个面积不大的单体建筑物，布置6个勘探点，其中3个取土孔和3个静力触探孔，从勘探孔的布置来说应当是允许的。在取土孔中，可以满足每个主要土层各取6个土样，但如果原位测试也要满足6个，那岂不要求打6个静力触探孔了？如果这条要求成立，那就要求静力触探试验要么不做，一做起码要做6个孔了，这就不合理了。

什么是“主要土层”？

- 主要土层、主要受力层都不是具有严格概念的术语；
- 本来给岩土工程师可以权宜处置的问题，由于执行强制性条文，使这些规定都变得没有实际的意义了；
- 甚至连“场地”这样非常明确的术语都成为有争议的名词。

什么是场地？

- 有人问：我们做岩土工程勘察的，几乎每个工程都要用到“场地”这个词，但我做了多年的勘察后，对场地这个词越来越不明白，如一幢房子的地基是一个场地，比一幢房子地基大一些的范围（指影响到这幢房子的周边环境）是一个场地，几幢房子也是一个场地，一个住宅小区也是一个场地，一个村庄或1平方公里是一个场地，那么一个省可不可算一个场地，一个中国算不算一个场地，一个地球到底算几个场地。

- 场地是有严格的定义的，在英文中称为“site”，是工程勘察的工作对象，工作范围；从法律上说，是经过批准的工程项目的红线范围，岩土工程勘察的任务就是要把场地范围内的工程地质条件调查清楚；
- 产生这个问题的原因并不是技术上的糊涂，而是对付最少试验数量6个的一种方法，因为那是以场地为单位来计算的。

利用邻近资料如何理解？

- 对于小型的勘察场地，如一栋三层小楼，场地也仅30X20M，周围我们也进行过勘探，这时取土数量和原位测试也一定要满足规范第4.1.20条的要求吗？场地邻近已有的资料怎么利用？
- 邻近有勘探资料的建筑物，可以利用这些钻孔资料，孔距过大时可以补一些孔，然后一起整理数据，剖面图也画在一起，原始资料也要复印了存挡。

基坑工程红线以外怎样勘察？

- 规范规定了2～3倍基坑深度，但实际上很多情况是红线压到地下室边，又不可能在红线以外进行钻孔，实际上有时做不到，所以加了收集周边资料这个余地，补了这个漏洞。

关于场地地基的地震效应

- 地震区划图与抗震规范有什么不同？
- 卓越周期与特征周期有何不同？
- 考虑地震作用时地基承载力为何要提高？
- 《规范》场地类别划分中的问题

- 6度区“对液化沉陷敏感的乙级建筑物可按7度判定”，规定的背景是什么？
- 初判和进一步判别矛盾怎么办？
- 判别液化应按什么步骤？
- 怎样判别液化地层？
- 怎样理解液化判别的合理性和局限性？
- 液化对工程有什么危害？

地震区划图与抗震规范有什么不同？

- 《中国地震动参数区划图》和《建筑抗震设计规范》是两本由不同部门编制的技术标准。目前，新版的《建筑抗震设计规范》体现了抗震设防依据的“双轨制”，即一般情况采用抗震设防烈度，并将地震设防烈度和地面运动加速度建立联系，将来过渡到抗震设防区划提供的地震动参数（如地面运动加速度峰值、地震影响系数曲线和地震加速度时程曲线等）；

卓越周期与特征周期有何不同？

- 地震波以多种频率成分在岩层中传播。地震波通过覆盖土层传向地表的过程中，若其中某一分量的频率正好与覆盖土层的某固有频率重合或相近，由于共振作用，地表输出中该分量的幅值将得到明显放大。该分量的周期就被称为地面运动的“卓越周期”。

- 在卓越周期较短的浅薄坚硬土层上，刚性结构物（如基本周期为0.4～0.5 s的五、六层房屋）的震害有所加重；在卓越周期较长的深厚软弱土层上，柔性结构物（如基本周期为1.5～2.5 s的高层房屋）的地震反应特别强烈，往往导致严重的破坏。

特征周期

- 对于某一个地震输入时程记录，不同自振频率（给定阻尼比）的体系产生不同的反应
- 将反应的最大值（包括加速度反应最大值、速度反应最大值和位移反应最大值）与体系自振周期值的对应关系在反应幅值—自振周期坐标平面内用曲线表示出来，即称为地震反应谱。
- 即加速度反应谱、速度反应谱和位移反应谱。

- 对于建在不同场地地基上的建筑物而言，为了充分反映建筑物与地基的动力相互作用，提供场地反应谱作为简化地震反应分析的工具是必要的。
- 将场地按土层厚度和软硬划分为几大类，对每一类场地的反应谱曲线根据趋势进行统计，给出平均化、光滑化的“设计反应谱”，供一般应用。

- 特征周期是“设计反应谱”上平台的转折点，我国《建筑抗震设计规范》所采用的“设计反应谱”而是对国内外215条强震记录按场地条件、震中距分类进行统计分析得出的结果，是一条归一化的曲线，分四类场地给出不同的参数，所以是对不同场地的，包络了各种地震，不是对特定地震的反应，也不是某一特定场地的反应。

考虑地震作用时地基承载力为何要提高？

- 荷载中考虑了地震作用
- 地震作用的短暂性与偶然性

$$f_{aE} = \zeta_a f_a$$

地基土抗震承载力调整系数 （规范表 4.2.3）

岩土名称和性状	ζ_a
岩石，密实的碎石土，密实的砾、粗、中砂，f_{ak}>300kPa 的粘性土和粉土	1.5
中密、稍密的碎石土，中密和稍密的砾、粗、中砂，密实和中密的细、粉砂，150kPa≤f_{ak}<300kPa 的粘性土和粉土，坚硬黄土	1.3
稍密的细、粉砂，100kPa≤f_{ak}<150kPa 的粘性土和粉土，可塑黄土	1.1
淤泥，淤泥质土，松散的砂，杂填土，新近堆积黄土及流塑黄土	1.0

《规范》场地类别划分中的问题

- 什么是覆盖层？
- 地质学的覆盖层概念是什么？
- 抗震规范用波速确定覆盖层厚度的原理是什么？
- 规范的简化方法不能替代地震地质的概念。

影响结构地震反应的场地因素

- 1967年7月29日委内瑞拉加拉加斯地震的震级为6.4，加拉加斯震中距60 km 。城区位于厚度变化很大的冲积土层上。调查结果表明，在厚度为150～300 m的冲积层上，9～24层建筑物震害最严重；在土层厚度为50 m的场地上，3～5层建筑物的破坏相对较多。

- 1985年9月19日墨西哥西海岸发生8.1级地震，在400 km以外的墨西哥城造成重大破坏。墨西哥城第四系沉积土层厚达200～1000 m，表层是剪切波速v_S小于100 m/s的湖成软粘土。深厚软弱的覆盖土层在远震的作用下，地面运动卓越周期长达2秒，从而使该城许多地区出现烈度异常，尤其是10层上下的柔性建筑出现集中破坏。1957年7月28日震中远离墨西哥城350 km的地震也使该城13～16层的建筑物产生集中破坏。

- 根据1957年美国旧金山地震（M =5.3）中旧金山市内不同厚度土层上获得的强震记录作为各种输入，对一幢典型的10层楼房（总重65000 kN，基本固有周期1.2s）进行反应分析。发现场地土层厚度明显影响建筑物在同一地震作用下的底部剪力值。90 m以上厚度的土层上的底部剪力值是30 m以下土层上的5倍。

- 国内也有类似的例子。1975年海城地震，震中北面110 km处的红阳煤矿二号井地表覆盖层厚约110 m，地面以下1.4 m～6.6 m处有一层淤泥质粉质粘土，结果高耸柔性的建筑物（55.2 m的主井井塔绞车大厅、41.7 m的副井提升机房、40 m的砖烟囱以及29.3 m的装车仓等）都发生震害，而高度在10 m 以内的刚性建筑物安然无恙。1976年唐山大地震中，位于6度区的北京市的一些中高层建筑，如北京饭店、民航大楼、民族文化宫等都遭受一定程度的破坏，而相邻的较低矮的建筑物则没有任何破坏。

- 从上述情况可见，在确定建筑物的地震反应时，除了需要考虑建筑物本身的频率特性、震中距和地面运动加速度以外，场地覆盖土层的厚度和刚度条件的影响是必须计及的。
- 我国建筑抗震设计规范规定，按覆盖土层总厚度和表层土（20 m以内）刚度（按剪切波速计）来区分场地类别。

- 有人问：在判别场地类型时，场地土为中软土，由于拟建场地位于山前，第四系覆盖层厚度变化较大，东部是基岩裸露，西部则有6m硬可塑状含砾粉质粘土，属冲洪积土，在计算覆盖层厚度时，是取最大值还时平均值，我们这里两位高工两种说法。可以分两个部分评价吗？
- 我们总工的理论，一个场地就允许一种场地土类别存在，不知对或错，如对也按最大值考虑吗？

- 1. 确定场地类别的目的是为了选用特征周期，从而求得相应于结构基本自振周期的水平地震影响系数，进行抗震验算时是将整个建筑物的每一层作为一个质点，是非常粗略的一种计算模式；
- 2. 地震波从基岩传播到建筑物的底部是作为一维问题考虑的，相对于大地而言，整个场地是一个点，没有必要也没有可能按建筑物分别判别类型；
- 3. 在具体操作上，应从整个场地而言取代表性的厚度，也可以取平均值。

各类建筑场地的覆盖层厚度 （规范表 4.1.6）

土层剪切波速范围 (m/s)	场 地 类 别			
	I	II	III	IV
v_s>500	0			
500≥v_s>250	< 5	≥ 5		
250≥v_s>140	< 3	3~50	> 50	
v_s≤140	< 3	3~15	15~80	>80

6度区“对液化沉陷敏感的乙级建筑物可按7度判定”，规定的背景是什么？

- 根据已有的资料，就荷载条件而言，液化现象通常出现在7度以上的地震场地，或者说，地面水平加速度峰值0.1g可以作为一个门槛值。同时，使土体发生液化的振动持续时间一般都在15s以上，按地震动主频率值换算可以得到，引起液化的振动次数。这样的振动次数大体上对应于地震震级M=5.5～8。这也就意味着，低于5.5级的地震，引起土层液化的可能性不大的。

初判和进一步判别矛盾怎么办？

- 初判不液化－不作进一步判别
- 初判液化

液化

不液化

初判的条件－天然地基

判别液化应按什么步骤？

- 按点判别
- 按孔计算液化指数
- 按场地综合评价

怎样判别液化地层？

- 原位测试经验方法
- 　标准贯入试验
- 　静力触探试验
- 　波速法
- 试验对比方法
- 循环三轴试验
- 循环单剪试验
- 共振柱试验

怎样理解液化判别的合理性和局限性？

- 抗震规范的液化判别公式是在我国华北地区几次大地震之后，对液化过的和未液化的场地进行标准贯入试验，经过统计分析得出的经验公式，应当有一定的适用范围。其结果对于其他地区的砂土是否适用，对砂土的成因、颗粒形状和级配等因素的影响研究很少，也没有经过验证。

- 周镜院士提出：“众所周知，目前我国评价饱和砂液化势的原位测试方法，即标准贯入法和静力触探法，主要是依据石英质砂地层中的经验，特别是唐山地震中的经验。有的规程中用饱和砂的相对密度来评价它的液化势。显然这些准则都不宜简单地用于长江中下游的片状砂地层。”

- 粘土与砂夹层如何考虑？
- 淤泥夹砂如何考虑？
- 粗中砂如何考虑？
- 标准贯入击数与粘粒含量对液化评价对影响；
- 地下水位对影响，用什么水位？
- 其实，从液化判别来说，地下水位的高低对判别结果的影响并不是关键的参数，因地下水位的误差造成判别误差还不会影响到致命的误判。所以，应当是根据现有资料，提出最可能的场地年最高水位就可以了，更不是洪水位。

液化对工程有什么危害？

- 土体液化是指饱和状态砂土或粉土在一定强度的动荷载作用下表现出类似液体的性状，完全失去强度和刚度的现象。
- 砂土液化造成的灾害的宏观表现主要有：




D



- 1. 砂沸 地震晃动过程中，由于松散饱和粒状土变密趋势产生高孔压区，其中的水体形成向上的水流，当水头梯度足够大时，水流还将携带大量悬浮的土颗粒，如果顶层特别薄或者地基土存在裂缝等缺陷，水流就会冲开地面，形成砂沸。砂沸的喷出物在喷出口周围形成圆锥形沉积，类似小的“火山口”。砂沸俗称喷水冒砂。

- 2. 流动破坏 流动破坏是液化引起最灾难性的场地破坏（图8-30）。这种破坏通常会移动大量土体几十米甚至若干千米之远。流动体可能由完全液化土和上覆完整土体组成。流动一般出现在坡度大于3度的斜坡饱和砂或饱和粉土中。1971年美国圣菲尔南多地震中下圣菲尔南多坝迎水坡的破坏是流动破坏的著名实例。许多破坏性大的流动破坏发生在海岸地区。例如，1964年阿拉斯加地震中，许多发生在水下的流动破坏带走了大量港口设施，并引起巨大的海浪，给沿海地区带来附加的破坏和伤亡。

- 1920年中国甘肃地震触发的流动破坏长宽都达到1.6 km。有的破坏土体沿坡面流动达数千米之远。导致这些土体流动的与其说是孔隙水压力，还不如说是孔隙气压力。在这次黄土流动中，估计有20万人丧命。

- 3. 承载能力丧失 指的是承载建筑物或其他结构物的土体液化并出现内部流动破坏而丧失承载能力，或者土体出现过大变形，使结构物沉降和倾斜的现象。1964年日本新泻地震中出现了惊人的地基承载力丧失现象。许多4层公寓房屋因地基承载力丧失而整体倾斜达到60度。

- 4. 侧向扩展 侧向扩展是指由于下卧土层液化而导致地表大块土体的侧向位移。土体运动是重力和地震引起惯性力联合作用的结果。侧向扩展往往发生在平缓的（0.3～3度），坡地上，如河岸临空面的移动。侧向扩展中的水平位移通常在几米以内，在坡度特别大和地面晃动时间特别长时，也可延伸到几十米。受侧向扩展作用，地面裂开、隆起，造成地堑、陡坡等，形成一个破碎的地表面。侧向扩展往往破坏位于其上的建筑物的基础，摧毁破坏体内的下水道、管线和其他设施，推走或顶起横跨破坏体前沿的工程结构。1964年阿拉斯加地震中，250多座桥梁被洪积物朝向河流的扩展所摧毁或破坏。

- 5. 埋置结构的上浮 贮罐、管线、木桩和其他在水中比周围土体轻的埋设结构物在周围土体液化时会被浮起。有时还会使一些早就被遗忘的结构重新浮现。结构物的浮出一般较少破坏性，但若对生命线造成破坏，也是后果严重的。

关于不良地基作用与地质灾害

- 滑坡和崩塌有什么不同？
- 土洞塌陷形成条件和原因是什么？

滑坡和崩塌有什么不同？

- 滑坡指斜坡上的岩土沿坡内一定的软弱面（带）作整体地向前向下移动的现象。
- 陡坡上的岩（土）体在重力或其它外力作用下，突然向下崩落的现象称崩塌。



香港宝城滑坡

1972年7月某日清晨，香港宝城路附近，两万立方米残积土从山坡上下滑，巨大滑动体正好冲过一幢高层住宅--宝城大厦，顷刻间宝城大厦被冲毁倒塌并砸毁相邻一幢大楼一角约五层住宅。死亡６７人。





Early 1972 滑坡前



June 1972 滑坡后



重庆市武隆县城的山体滑坡

- 2001年5月，重庆市武隆县城发生山体滑坡，一幢9层楼房被坍塌的岩石掩埋。



土洞塌陷形成条件和原因是什么？



- 有覆盖土的岩溶发育区；
- 岩面以上的土体在两种条件下产生的流失所形成的洞穴；
- 地面水形成的土洞，地面水通过土中裂隙、孔洞渗入地下，当水流入渗处的下部存在岩溶通道时，土洞自上而下地形成；
- 地下水形成的土洞，地下水位频繁升降于岩土交界面附近，土洞自下向上地发展。

关于特殊岩土

- 淤泥层上填土，怎样判定淤泥已达自重固结状态？
- 软土挤土桩为什么对工程不利？
- 怎样识别膨胀土？

淤泥层上填土，怎样判定淤泥已达自重固结状态？

- 做高压固结试验测定前期固结压力
- 现场测定孔隙水压力判定固结程度

软土挤土桩为什么对工程不利？

- 1. 挤土的宏观工程问题：
- 地面隆起
- 邻近建筑物上抬、下沉和开裂
- 邻近管线变形、开裂
- 拉断已沉桩的接头

- 2. 挤土的控制性因素：
- 入土桩的截面与建筑物底面积之比

$$\eta = A_p / A_f$$

η>5%挤土非常严重

η =3%～5%挤土严重

η<3%挤土一般

- 沉桩速度8～10套/天
- 保护建筑物与沉桩区的安全距离
- 大于1倍桩长

怎样识别膨胀土？

- 现场定性和室内简易指标相结合的方法；
- 1.裂隙发育，有的裂隙中填充灰白色、灰绿色黏土；
- 2.多出露于二级或二级以上阶地、山前丘陵和盆地边缘，地形平缓，无明显自然陡坡；
- 3.常见浅层滑坡、地裂；

- 4. 建筑物裂缝随气候变化张开或闭合；
- 5.自由膨胀率大于或等于40％。



关于地下水

- 多层水位为什么要分层量测？
- 怎样确定防水抗浮水位？
- 流土、管涌、突涌有何不同？

多层水位为什么要分层量测？

- 在基础影响深度范围内，有些城市可能遇到几层地下水。不同层位的地下水之间，水力联系和渗流形态往往各不相同，造成人们难以准确掌握建筑物场地孔隙水压力场的分布；
- 因此需要分层量测各层动水位。

怎样确定抗浮设防水位？

- 人们发现地下水的问题如此之重要，而一般的工程勘察中几乎还提供不出太多的数据和结论。随着城市建设的高速发展，地下水的赋存与渗流形态对基础工程的影响日益突出；
- 提出了“抗浮设防水位”的问题，对有条件的地方，要求能够在勘察报告中给出场地的抗浮设防水位。

什么时候需要考虑抗浮

- 对于高层地下室，在使用阶段，一般抗浮是没有问题的；
- 在地下室施工阶段，当地下室的侧墙已经做好，如果停止了降水，即浮力已经产生，而荷载最小的时候是最危险的，但你们这个高层采用了桩基，桩基本身是能够承受拉力的，因此也没有问题；

- 抗浮问题比较严重是纯地下车库，上面没有楼房，只覆了些土做绿化，在使用阶段很可能抗浮验算通不过，才需要设抗浮桩或抗浮锚杆；
- 如果使用阶段验算抗浮没有问题，不需要设抗浮桩的话，则应注意施工期的验算，也就是当地下室的侧墙已经做好，顶板和覆土荷载尚未施加时，千万不能因为施工不再需要降水而将其停了，如果停了肯定要浮起来；
- 地下室上浮是非常严重的工程事故，上浮时地下室可能开裂，而且会倾斜，最终将报废，在1990年代，海南曾经发生过地下室浮出地面的事故。


'96 9 27

- 在勘察报告中提出场地的抗浮水位，需要进行长期的地下水位观测，积累地下水位随时间变化的数据，并分析影响地下水位变化的因素，才能比较可靠地进行预测；
- 对深基坑工程的设计与施工，地下水位及地下水渗流特性的影响是十分明显的，需要进行专门的降水设计，要求在工程勘察时提供水文地质的必要资料。

流土、管涌、突涌有何不同？

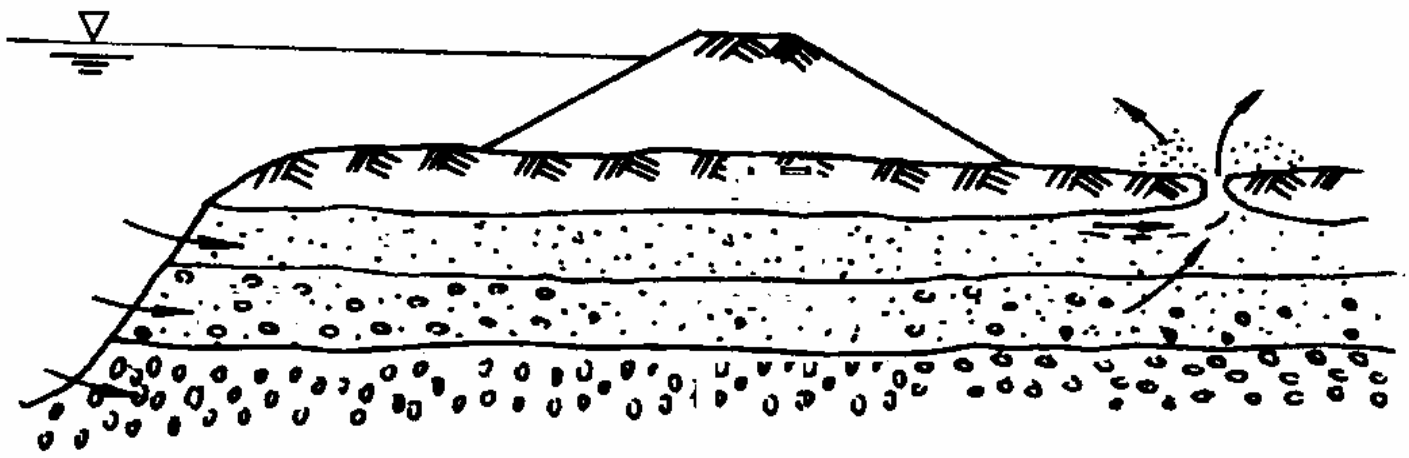
- 当向上的动水力G_D与土的有效重重度相等时，土颗粒间的压力就等于零，土颗粒将处于悬浮状态而失去稳定，这种现象就称为流土；
- 深层流土造成地面的大量塌陷，房屋的倒塌。



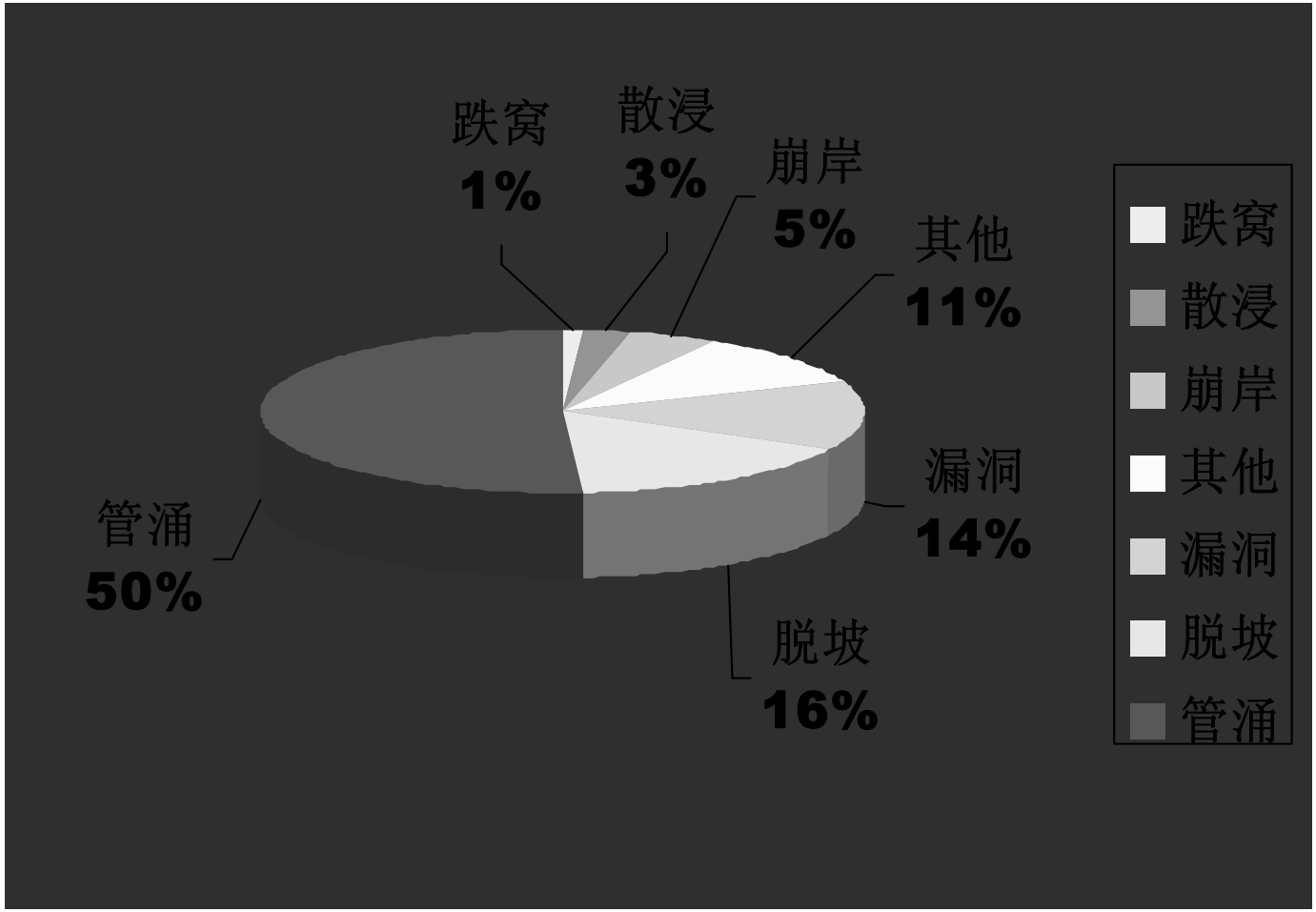


水在砂性土中渗流时，土中的一些细小颗粒在动水力的作用下，可能通过粗颗粒的孔隙被水流带走，这种现象称为管涌。管涌可以发生于局部范围，但也可能逐步扩大，最后导致土体失稳破坏。发生管涌的临界水头梯度与土的颗粒大小几及其级配情况有关。

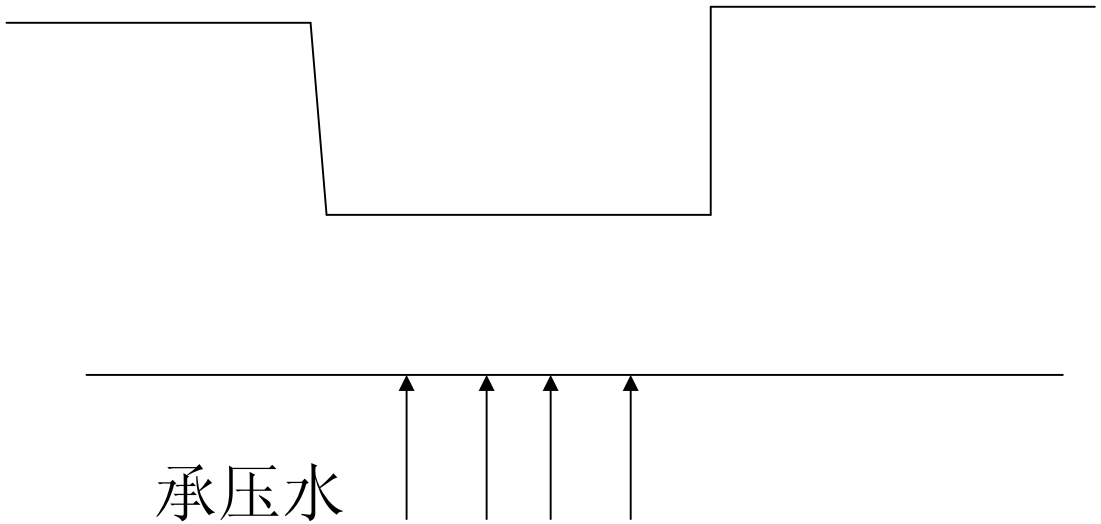
管涌现象



1998长江洪水的险情



突涌分析



关于室内试验

- 《勘察规范》与《地基规范》对三轴试验的规定是否矛盾？
- 直剪与三轴剪各有什么特点？
- 压缩模量公式用哪个正确？

《勘察规范》与《地基规范》对三轴试验的规定是否矛盾？

- 对试验仪器，《地基规范》规定只能用三轴，完全否定了直剪试验；在《勘察规范》中，两种仪器都有一定都地位；
- 试验方法，《地基规范》规定只能用不固结不排水剪试验；而在勘察规范中可以根据工程的条件选用不同的试验方法，作为勘察工作应主要按照勘察规范执行。

地基规范的规定

- 第4章4.2.4条：
- 当采用剪切试验确定时，应选择三轴压缩试验中的不固结不排水试验。
- 对经过预压的地基可采用固结不排水试验。
- 第9章9.1.8条：
- 饱和黏性土应采用在土的有效自重压力下预固结的不固结不排水三轴试验确定土的抗剪强度指标。

勘察规范的规定

- 第11章11.4.1条：
- 1.对饱和黏性土，当加荷速率较快时，宜采用不固结不排水试验；
- 2.对经预压处理的地基、排水条件好的地基、加荷速率不高的工程或加荷速率较快但土的超固结较高的工程、以及需验算水位下降迅速时的土坡稳定时，可采用固结不排水试验。

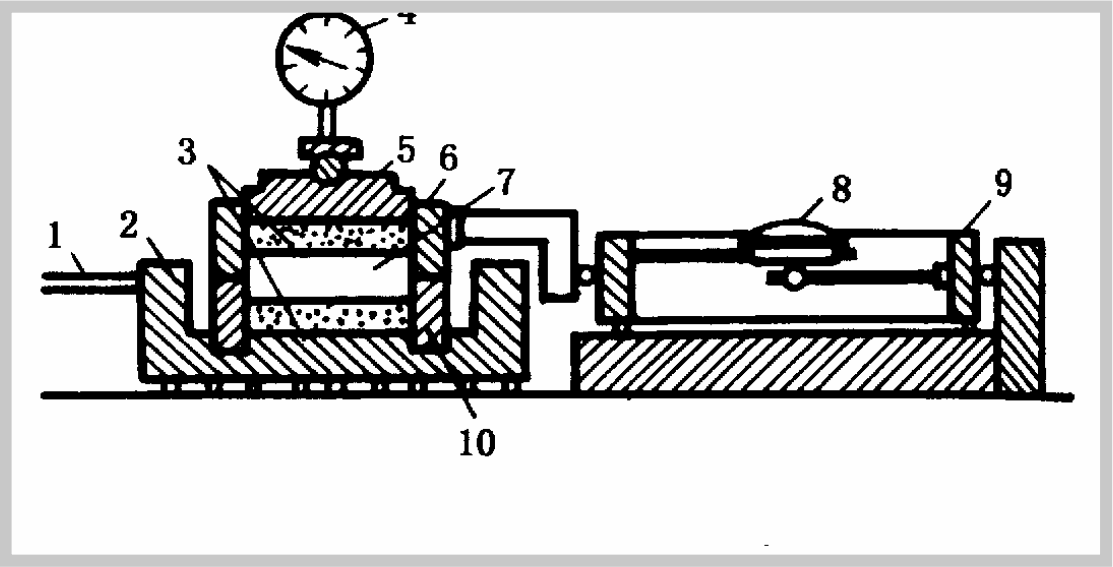
- 分析矛盾在哪里？
- 哪个规定更合理、更符合工程的情况？
- 如何选用上述不同的规定？
- 不是饱和土，能否采用不固结不排水试验？
- 有很好排水条件的饱和黏性土，该采用不固结不排水试验吗？

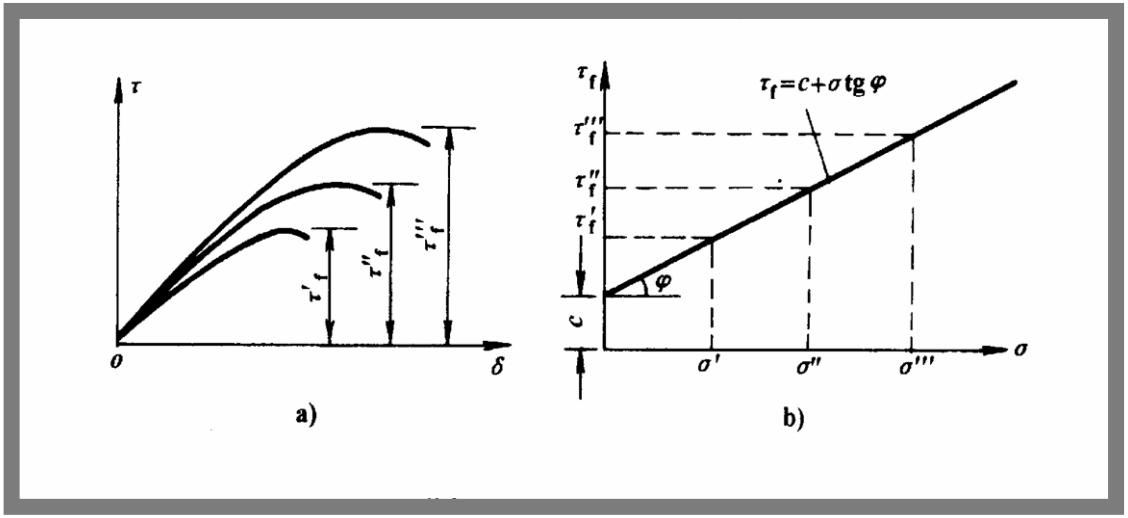
直剪与三轴剪各有什么特点？

- 根据我国目前的情况能不能立即废除直剪试验、全部都采用三轴试验？
- 装备条件；
- 试验人员的配备；
- 目前的取样要求。
- 这三个方面都不具备废除直剪、全部采用三轴的条件。

- 由剪切速率控制排水程度
- 试验要求：
- 快剪
- 固结快剪
- 慢剪

$$\tau_f = c + p\mathrm{tg}\varphi$$





- 1. 直剪仪存在许多致命的缺陷，国外已经被淘汰，但我国还是常规武器；
- 2. 我国地基设计规范对直剪仪的态度，经历了从限制使用条件到企图完全淘汰的过程，但还没有具备淘汰的条件；
- 3. 在过渡的时间内，正确认识直剪仪的问题，不致发生滥用是至关重要的。

- 直剪试验不适用于低塑性土。
- 直剪试验也不适用于砂土和软土。
- 如89版《建筑地基基础设计规范》规定直剪试验只适用于二级及三级建筑物的可塑状粘性土和饱和度不大于0.5的粉土。

- 不固结不排水剪
- 固结不排水剪
- 排水剪

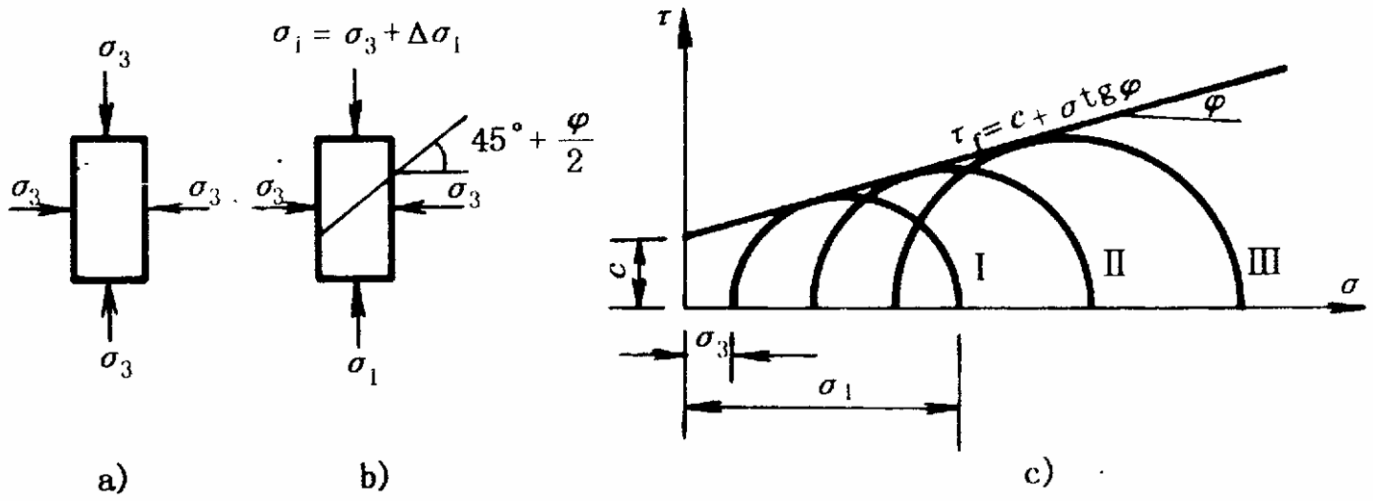
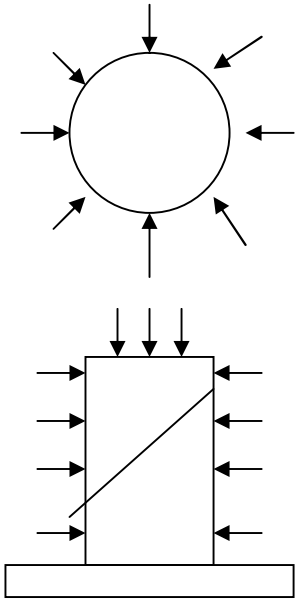


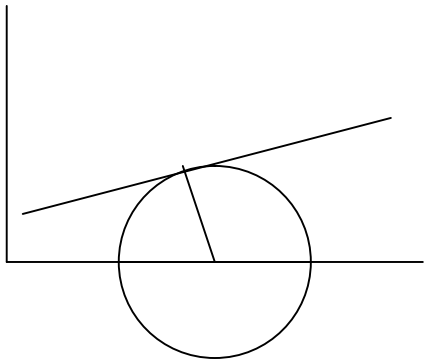
图 6-10　三轴压缩试验原理

a)试样受周围压力;b)破坏时试样的主应力;c)摩尔破坏包线



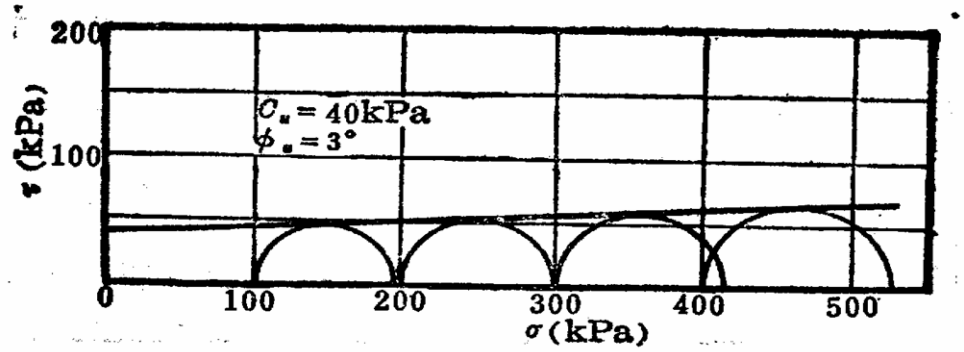
- 三轴试验是建立在轴对称极限平衡理论基础上的一种土工试验，与直剪试验相比，应力条件明确，分析原理严密，可以模拟各种排水条件和应力条件。



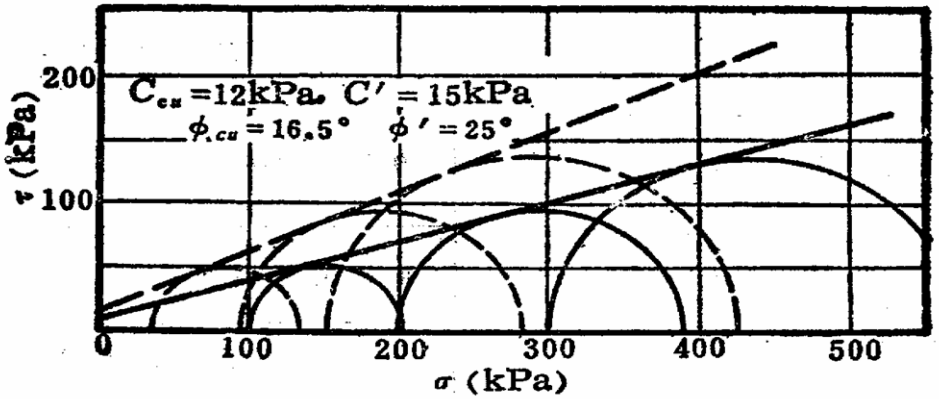


- 在施加周围压力时关闭排水阀门，此时土样内的孔隙水压力等于周围压力，随后也在关闭排水阀门的条件下施加偏应力，不容许土样中的孔隙水排出，直至土样剪切破坏，测定的抗剪强度指标用c_u、φ_u表示，对饱和土$\varphi_u \approx 0$。

饱和土的试验结果

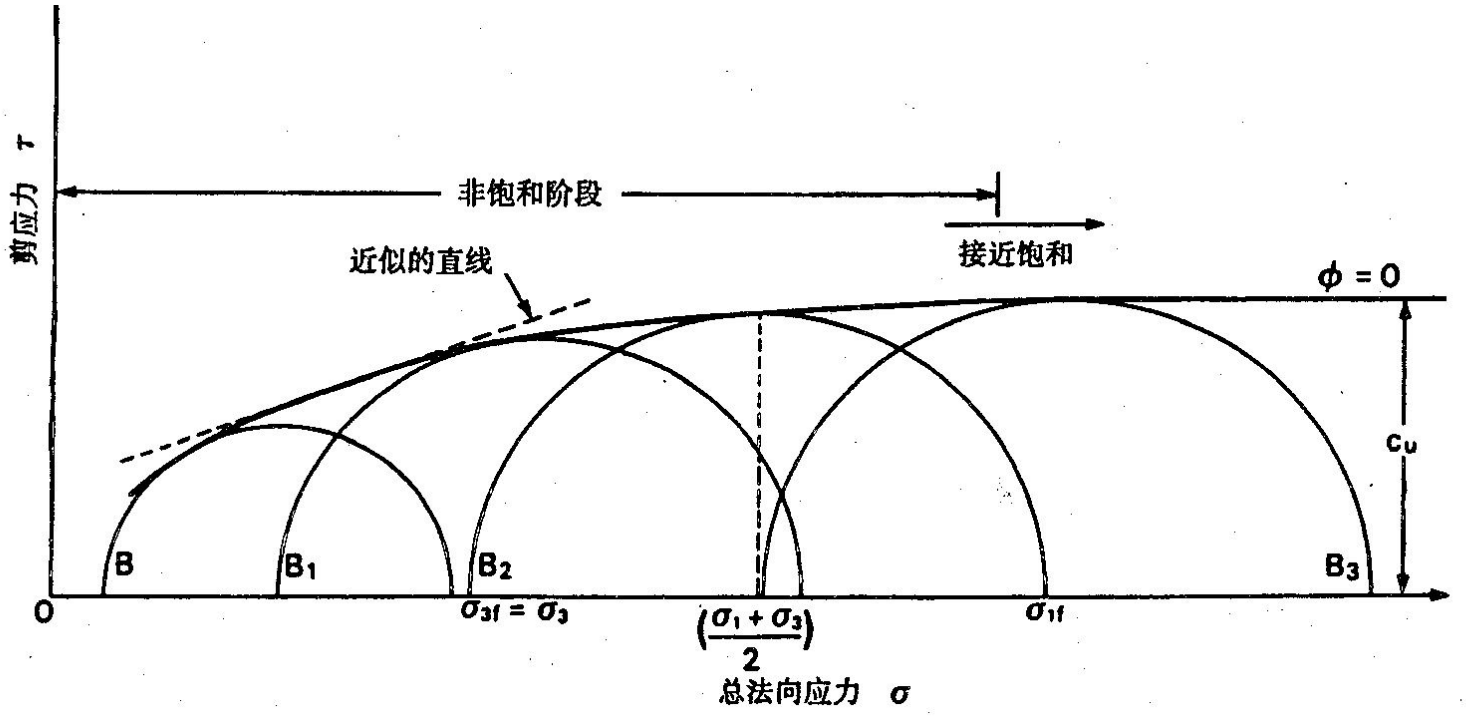


（a） 不固结不排水剪强度包线



（b） 固结不排水剪强度包线

非饱和土的试验结果

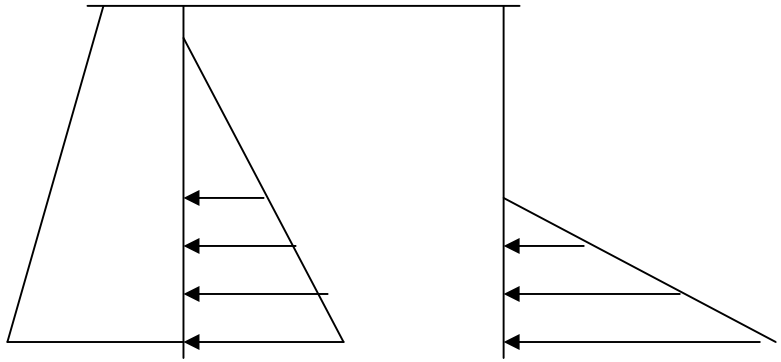

剪应力 τ
非饱和阶段
接近饱和
近似的直线
ϕ = 0
c_u
B
B_1
B_2
B_3
0
$\sigma_{3f} = \sigma_3$
$\frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2}$
σ_{1f}
总法向应力 σ

正确使用不固结不排水抗剪强度

- 不固结不排水强度是天然强度，不是强度指标；
- 不固结不排水强度是总强度，反映了某种状态的结果；
- 无法反映土的抗剪强度随法向应力变化的规律；
- 如何提供土层的代表性数值？

不适当的使用不固结不排水剪

- 用以计算地基承载力，不能反映基础埋置深度对承载力的影响；
- 用以计算土压力，不能反映实际的情况



压缩模量公式用哪个正确？

- 有几种计算公式？
- 矛盾在哪里？
- $1+e_0$还是$1+e_1$？
- 是用天然孔隙比还是用自重压力下的对应孔隙比？

《土工试验方法标准》（GB/T 50123-1999）14.1.10条规定

一般的计算公式

$$E_s = \frac{1+e_0}{a_v}$$

$$E_s = \frac{1+e_i}{a_v}$$

按该标准的14.1.9条规定：　　则土样应变的增量为：

$$a_v = \frac{e_i - e_{i+1}}{p_{i+1} - p_i}$$

$$\Delta\varepsilon = \frac{e_i - e_{i+1}}{1 + e_i}$$

则压缩模量的计算公式为：

$$E_s = \frac{\Delta p}{\Delta\varepsilon} = \frac{p_{i+1} - p_i}{\frac{e_i - e_{i+1}}{1 + e_i}} = \frac{1 + e_i}{a_v}$$

如用该标准公式(14.1.8)推导

$$e_i = e_0 - \frac{1+e_0}{h_0}\Delta h_i$$

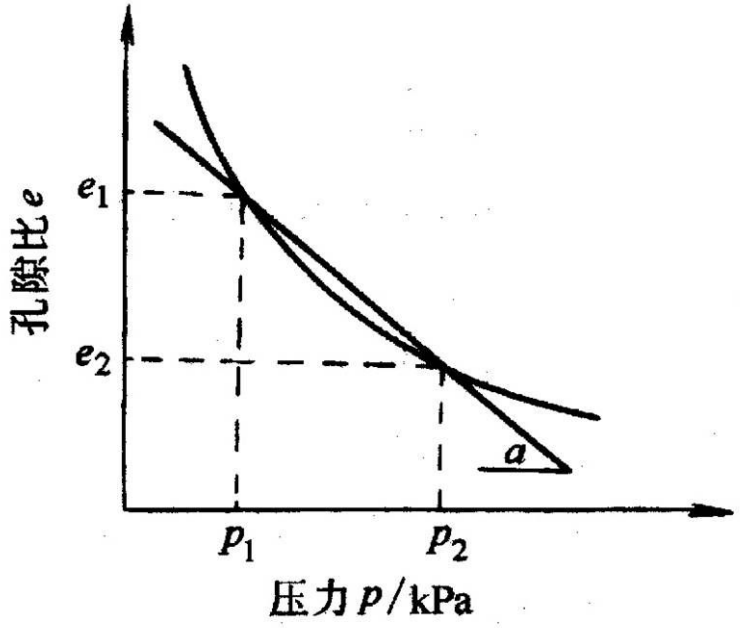
从这个公式出发,只有在e-p曲线为线性假定条件下才能得出下面的规范公式，但线性的假定是不符合实际的。

$$E_s = \frac{1+e_0}{a_v}$$

- 压力从p_1增大到p_2，孔隙比从e_1减小到e_2，应变增量等于试样高度的压缩量与压缩前试样高度之比
- 模量等于压力增量与应变增量之比

$$\Delta\varepsilon = \frac{e_1 - e_2}{1 + e_1}$$

$$E = \frac{\Delta p}{\Delta\varepsilon}$$



关于原位测试

- 三本规范深层载荷之间是什么关系？
- 标准贯入试验为什么一般不做杆长修正？
- 只做触探不做钻探行不行？

三本规范深层载荷之间是什么关系？

- 三本规范的深层载荷试验之间在原则上没有差别；
- 但各有不同的侧重点：
- 地基规范侧重于求地基承载力的特征值；
- 勘察规范侧重于计算大直径桩沉降所需的变形模量；
- 高层规程侧重于求桩端阻力。

- 这就涉及一个非常基本的概念；
- 用深层载荷试验求得的承载力究竟是浅基础的承载力还是深基础的承载力？
- 承载力特征值和桩端阻力是一回事吗？
- 在勘察报告中，同一土层的端阻力与地基承载力特征值孰大孰小？
- 这个命题正确吗？

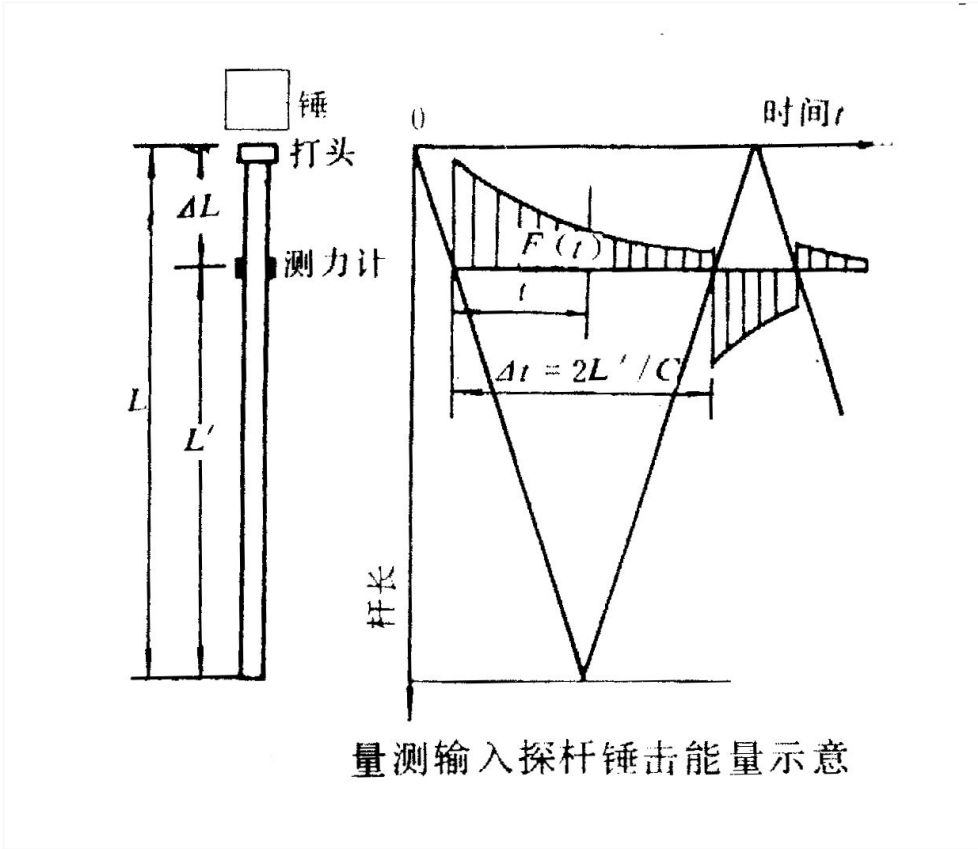
标准贯入试验为什么一般不做杆长修正？

- 标准贯入试验的标准是由太沙基确定的，用于评价砂土的密实度；
- 关于修正的各种方法是在太沙基之后才提出来的，因此用于砂土密实度评价时，理所当然地不应该修正；
- 当年对地震时砂土液化对调查总结时，所用的标准贯入击数都没有修正，因此用于液化判别时不需要修正；

- 触探类的击数是否需要修正，要看当初总结经验关系时的原始资料中是否修正，使用条件要与统计的条件一致，这是一个原则；
- 深度修正有两种不同的概念，得到的结果相反，一种是按能量消耗的观点，深度越深，折扣越大；另一种是通过实测得到的结果，证明能量并没有消耗。

有效波能量的实测验证

- 通过有效能量的测定，发现弹性波理论是符合实测数据的，而碰撞理论不符合实际。



量测输入探杆锤击能量示意

- 杆长修正和上覆压力修正是两个不同的概念；
- 杆长修正反映杆长对能量传递的影响；
- 上覆压力修正反映试验深度处周围压力对 N 值的影响。

只做触探不做钻探行不行？

- 只做触探不做钻探是不行的；
- 土层的鉴别、岩性的确定、设计参数的取得，主要依靠钻探工作；
- 钻探、取土试验是勘探的基本内容，触探是一种重要的辅助方法；
- 依靠钻探和触探的配合，才能探明地层，才能提供设计所需要的资料。

关于水和土对建筑材料的腐蚀性

- 有地方经验可不取样试验，如何掌握？
- 怎样理解“干湿交替”？
- 化学腐蚀为什么要与气候分带挂钩？

有地方经验可不取样试验，如何掌握？

- 地方经验可不取样试验至少具备三个条件：
- 1.有比较多的取样试验结果，说明当地的水和土对建筑材料没有腐蚀性；
- 2.当地没有可能产生污染的工厂；
- 3.经过当地工程建设主管部门组织专家认可并发布文件。

怎样理解“干湿交替”？

- 干湿交替是指地下水位变化和毛细水升降时，建筑材料干湿的变化；
- 建筑材料长期处于水中或长期在空气中，盐类的物理状态变化稳定，而在干湿交替的部位，盐类变化剧烈，具有较大的腐蚀性。

化学腐蚀为什么要与气候分带挂钩？

- 调查资料显示，相同浓度的盐类，在干燥区和湿润区，其腐蚀程度是不同的；
- 在干燥条件下，盐类的结晶、膨胀、分解等作用强烈，对建筑材料对破坏性加大；
- 在湿润条件下，盐类比较稳定，物理的、化学的作用相对较弱。

关于岩土工程评价

- 多层土如何用抗剪强度指标计算承载力？
- 新规范取消了承载力表，是否还可用查表法确定承载力？
- 地基承载力应由勘察单位还是设计单位确定？
- 关于公式计算方法

- 邻近有裙房，主楼地基承载力如何做深度修正？
- 有些地方制订承载力表，你如何评价？
- 各本规范的沉降计算方法不同，你认为哪种合理？

多层土如何用抗剪强度指标计算承载力？

- 基础宽度和土层厚度的数量级相同条件：
- 上硬下软的情况，按持力层和下卧层分别验算；
- 上软下硬的情况，由较软弱的持力层的承载力控制设计；
- 基础宽度远大于土层的厚度：
- 采用双层地基的概念计算。

新规范取消了承载力表，是否还可用查表法确定承载力？

- 这些地基承载力表本身并没有错，所提供的经验关系在技术上仍然是有用的，只是从控制全国设计的“宝座”上走了下来，恢复了“平民”的原来面貌。这些地基承载力表的数据，只要经过验证证明是符合当地实际情况的，就可以供工程师参考。

地基承载力应由勘察单位还是设计单位确定？

- 我国勘察设计体制引出的问题：
- 勘察作为工程建设的一个独立的阶段；
- 勘察与设计之间，以勘察报告作为交接的依据，设计按勘察报告的结论设计，勘察提供的地基承载力，设计照用，如果提得大了还是小了，都是勘察的责任；
- 不熟悉岩土工程，设计人员照样可以按勘察报告设计地基基础；

- 从地基承载力的性质看，地基承载力并不是土的一种性质，也不是性能指标，而是在一定尺寸基础的条件下，地基承受荷载的能力，既与土的性质有关，也与基础的埋置深度有关，与基础的大小有关，还和建筑物抵抗变形的能力有关。
- 确定地基承载力是地基基础设计的过程，地基承载力和基础尺寸是相互关联，迭代确定的结果。

- 在勘察时，勘察人员不了解设计的进程和结构设计对解决地基基础问题的思路，也不知道荷载的大小、基础底面的尺寸和埋置深度，只能根据大概的了解或任务书 中给出的数据来计算地基承载力，对一般的建筑物，可能八九不离十，但对于特殊的工程和重要的工程，这种确定地基承载力的方法，存在着盲目性，对工程安全和经济都是不足取的方法。

- 这种方法又派生出一些不合理的现象：
- 由于勘察时不知道基础的实际尺寸，勘察时只能按假定的基础埋置深度和尺寸计算地基承载力，要求设计时根据实际的基础宽度和埋置深度进行深宽修正；
- 由于勘察时不知道选用哪一层土作为持力层，就把每层土都放到地面来按假定到埋置深度计算地基承载力，不管土层的埋藏深度如何。

关于公式计算方法

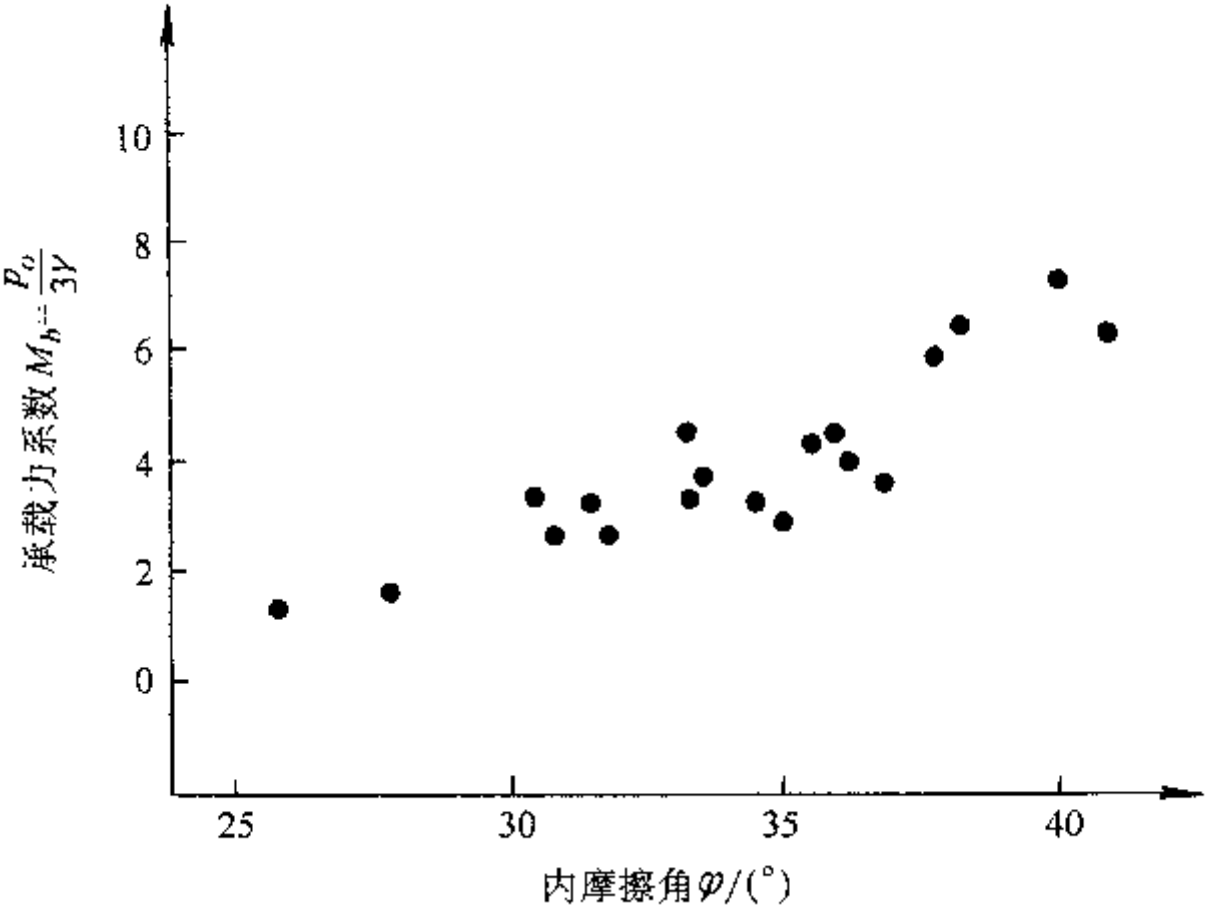
- 用公式计算地基承载力的方法有两大类，一类称为临界荷载公式，另一类称为极限荷载公式。极限荷载公式在许多国家都得到了推广应用，在我国已经在有些行业标准和地方标准中使用；而采用界限荷载公式的国家比较少，但在我国已经使用了很长的时间，主要是从前苏联规范传入我国，一直沿用到现在。

- 将容许承载力定义为，当基础底面平均压力使地基中即将出现塑性区或刚刚出现了有限的塑性区，亦即地基土的大部分还处在弹性状态，这就保证了地基土不会产生稳定性的丧失。根据这一安全准则，可以用相应的理论公式或经验修正后的公式进行计算。

临界荷载公式

$$p_{\frac{1}{4}} = \gamma B N_{\gamma} + \gamma D N_{q} + c N_{c}$$

- 1970年编制全国地基基础设计规范时，根据调查的结果，认为对于砂土，用临界荷载$p_{1/4}$公式计算的承载力偏低，为了将$p_{1/4}$公式用于计算砂土地基承载力，需要进行经验修正。修正的依据是在砂土地基上的载荷试验资料，由于砂土的粘聚力为零，公式中的第三项为零；同时由于载荷试验时没有侧向超载，公式中的第二项也为零。因此利用载荷试验资料来修正的承载力系数只有 M_b，根据22个砂土载荷试验数据求得的承载力系数M_b与内摩擦角φ的关系曲线见图。


承载力系数 $M_h=\frac{P_0}{3\gamma}$
10
8
6
4
2
0
25
30
35
40
内摩擦角φ/(°)

承载力系数的修正值 M_b

φ （°）	24	26	28	30	32	34	36	38	40
修正前	0.72	0.84	0.98	1.15	1.34	1.55	1.81	2.11	2.46
修正后	0.80	1.10	1.40	1.90	2.60	3.40	4.20	5.00	5.80

- 地基极限承载力除了可以从载荷试验测定外，还可以用半理论半经验公式计算，这些公式都是在刚塑体的极限平衡理论基础上解得的，在国外用得非常普遍，在我国也已为一些规范所采用。为了使读者能正确地理解和应用极限承载力公式，下面按推导地基极限承载力公式几个阶段的发展思路，介绍地基极限承载力计算公式的最基本概念以及与试验资料的一些对比分析。

Skempton公式

$$p_u = \left(1+0.2\frac{b}{l}\right)\left(1+0.2\frac{d}{b}\right)N_c c+\gamma_0 d$$

国外三个实例的资料

工　程	基础尺寸 m^2	埋　深 m	破坏时净载 kPa	计算极限荷载 kPa
谷仓 A☆	23×59	3.6	246.6	189.7～270.8
油罐🕐	直径 25		112	118
谷仓 B🕑	15.6×65.4	1.8	227.5	249.1

上海地区的资料

工　程	基础尺寸 m^2	埋　深 m	基底压力 kPa	计算极限荷载 kPa
配煤房	10.7×46.5	1.5	119	122
堆载试验	20×30	0	150	183
上海展览馆	46.4×46.5	0.5	130	205

$$c_u = 11w^{-1.13}$$

承载力表安全系数复核

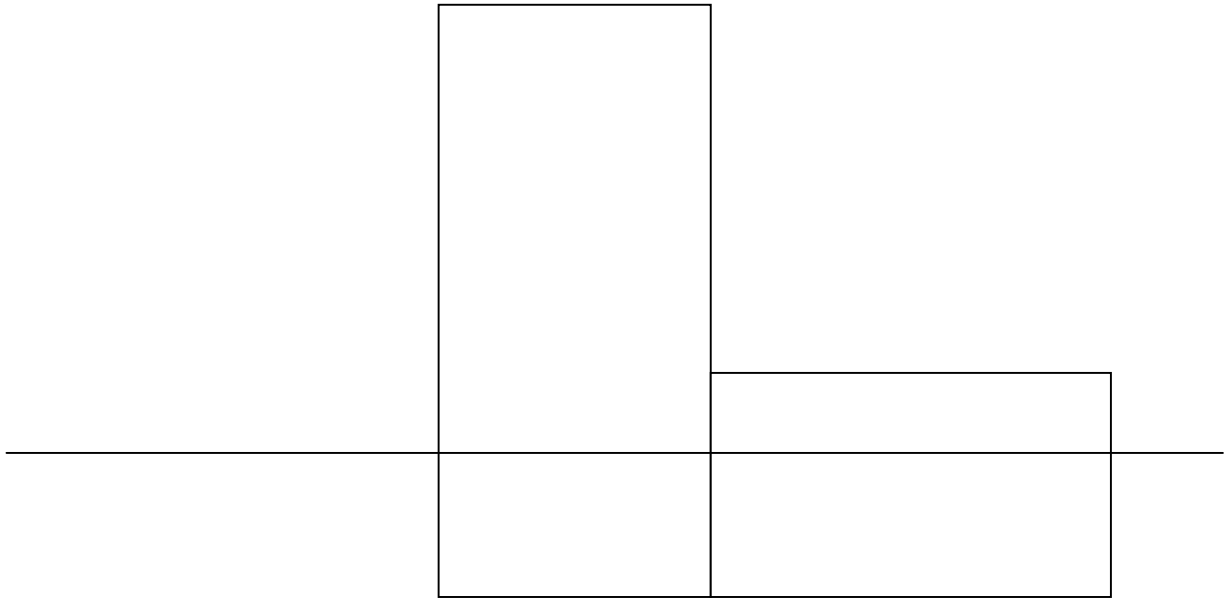
天然含水量　/%	36	40	45	50	55	65	75
容许承载力　/kPa	100	90	80	70	60	50	40
不固结不排水强度 /kPa	34.9	31.0	27.1	24.1	21.6	17.8	15.2
极限承载力　/kPa	215	191	167	148	130	110	94
安全系数	2.15	2.12	2.09	2.12	2.17	2.20	2.34

用载荷试验资料校核Hansen公式

极限承载力计算值与试验值的比较

	D m	*B* m	*L* m	*c* kPa	*φ* （°）	计算值 /kPa	试验值 /kPa	比值
Muhs 的试验	0.4	0.71	0.71	12.75	22	406	410	0.99
	0.5	0.71	0.71	14.7	25	624	550	1.13
	0	0.71	0.71	9.8	20	219	220	0.99
	0.3	0.71	0.71	9.8	20	263	257	1.02
Milovic 的试验	0	0.5	2.0	6.37	37	589	1080	0.54
	0.5	0.5	2.0	3.92	35.5	713	1200	0.59
	0.5	0.5	2.0	7.8	38.5	1370	2420	0.57
	0.5	1.0	1.0	7.8	38.5	2022	3300	0.61

邻近有裙房，主楼地基承载力如何做深度修正？



- 裙房宽度大于2倍主楼宽度时，可以将荷载折算为测向点超载；
- 两侧超载不相等时，取小值计算；
- 裙房宽度小于2倍主楼宽度时，荷载小于土的自重时，取荷载值；荷载大于土的自重时，取土的自重计算。

有些地方制订承载力表，你如何评价？

- 天然地基的地基承载力是浅基础设计的主要参数，也是工程勘察必须提供的主要勘察成果。在2002年版的《建筑地基基础设计规范》中不再列入地基承载力表以后，很多地方的岩土工程师感到无所适从，希望能够在地方规范中列入地基承载力表。

- 经验方法可以帮助工程师判断，但如果将用经验方法估计的结果视为不可逾越的真理，那将导致将确定地基承载力的方法简单化庸俗化，似乎不需要对地质条件的详细掌握，不需要土力学的基本知识，用经验方法非常简单的计算就可以得到地基承载力了。其结果显然不利于技术的进步与工程师水平的不断提高，对此，多年来许多业内人士提出了呼吁，建议在全国规范中取消地基承载力表。《建筑地基基础设计规范》顺应民意，在新版本中取消了所有的地基承载力表。

- 现在有的地方正在编制本地的地基承载力表，以填充全国规范取消地基承载力表之后出现的真空。这种做法是对全国规范取消地基承载力表的正确响应，经验关系按其本质来说就是地方经验的总结，在地方规范中采用经验方法来确定地基承载力不仅是允许的，而且应当加以鼓励，当然也同样不能将其绝对化了。

- 辽宁省和河北省的地方规范中都列入了适用于本地区的地基承载力表。有条件的地方通过大量的载荷试验资料的分析，可以建立本地的地基承载力表，这当然是最好的解决方法；但在条件尚不具备的地方，是否也可以通过对原来国家规范中的地基承载力表的检验与修正，建立本地的地基承载力表。

各本规范的沉降计算方法不同，你认为哪种合理？

- 现有规范的沉降计算方法主要有下列三类：
- 1. 基于压缩曲线的分层总和法
- 2. 用变形模量计算的方法
- 3. 用原位压缩曲线计算

用压缩曲线的分层总和法

$$\Delta s_i = \varepsilon_i H_i = \frac{\Delta e_i}{1+e_{1i}} H_i = \frac{e_{1i}-e_{2i}}{1+e_{1i}} H_i$$

$$= \frac{a_i (p_{2i}-p_{1i})}{1+e_{1i}} H_i = \frac{\Delta p_i}{E_{si}} H_i$$

用变形模量计算

$$s = \frac{1-\omega^2}{E}\omega_r b p_0$$

用原位压缩曲线计算

$$= \sum_{i=1}^{n} \frac{H_i}{1+e_{0i}} \left[C_{cfi} \lg \frac{p_{0i} + \Delta p_i}{p_{0i}} \right]$$

关于报告编写及其他

- 报告书是否必须附柱状图？
- 统计剔除异常是否应符合三倍标准差？

报告书是否必须附柱状图？

- 1.国外的勘察报告中主要提供柱状图，很少用剖面图；
- 2.最基础的资料是柱状图，剖面是人为用直线连出来的，尖灭都在1/2勘探孔间距处，没有比柱状图提供更多的信息；
- 3.根据我国的习惯，剖面比柱状图似乎更重要，这可能是为了让设计人员看得懂。

统计剔除异常是否应符合三倍标准差？

- 1.所谓异常数据，一般是有其物理因素的，首先可以通过检查和分析，找出异常的原因，作为剔除数据的依据；
- 2.例如，试样物理指标的差别、试验条件的变化等；
- 3.在原因确实不明的条件下，采用数学的方法，其理论基础是超过三倍标准差的小概率事件，

讲座到此结束

谢谢！