

中国科学院·水利部成都山地灾害与环境研究所  
硕士研究生入学考试

## 《土力学》考试大纲

《土力学》是土木工程的专业基础课程之一。与之紧密相关的课程《地基基础》、《土力学与地基基础》则是土木工程某些专业的专业课。包括两大部分内容：（1）土的基本物理力学性质，如土的物理性质、渗透性、土中应力、变形特性、抗剪强度。（2）土工结构物的主要计算，如土压力、土坡稳定分析、地基承载力、基础工程、地基处理。

### 一、考试内容

#### 1. 土的物理性质

##### （1）基本名词与定义

土、土力学、地基、基础、土的风化、不均匀系数、曲率系数。

界限含水量  $\omega_L$ 、 $\omega_P$ 、 $\omega_S$ 、塑性指数、液性指数、活动性、相对密度。

##### （2）土粒、水、空气三相

（a）土粒分布、级配。（b）三种水：结晶水、结合水（薄膜水）、自由水。

##### （c）土中气体的物态

##### （3）土的物理性质

（a）无粘性土的相对密度，孔隙比。

（b）粘性土的稠度 液塑性指数

##### （4）三相图及物理指标

（a）熟练绘制三相图、单位三相图

（b）3 个体积、6 个重量，共 9 个物理指标的三种计算方法：即公式套算法：

据单位三相图算法；据三相中三个体积、两重量算法；（c）9 个物理指标的推证。

#### （5）土的工程分类

（a）先分为粗细粒土，对粗粒土定名 12 个，对细粒土依据  $\omega_L$ 、 $I_p$  在塑性图分类定名。（b）特殊土分类：黄土、红土、膨胀土、杂填土、软土、垃圾。

### 2. 土中应力

#### （1）基本名词与意义

土中应力为自重应力、附加应力、渗透力。

基底压力、附加基底压力、有效应力、总应力、孔隙水压力、持力层、下卧层、应力集中与分散、应力跑。

#### （2）自重应力计算

自重应力是有效应力，地下水位以下为浮容量，不透水界面（岩石、不透水土）上下发生突变。

#### （3）附加应力

依据弹性理论进行计算

（a）先计算基底压力、影响基底压力的三个因素：荷载（大小、型式、方向），基础（尺寸、型式、刚度、埋深），地基土性质。

#### （b）空间问题

即基础长度  $L$  与宽度之经小于 5 时作为空间问题计算，反之作为平面问题计算。

所有计算公式均较长，不必记背。

只能计算角点下的附加应力，均由 5 个符号组成， $\sigma_z$ 、 $\rho$ 、 $L$ 、 $B$ 、 $Z$ ，主要是附加应力系数  $k$  的计算及代数叠加。难点是三角形荷载外某点  $\sigma_z$  计算。

#### （c）平面问题

可直接计算（查表  $k$  值）荷载外任意点的应力。

#### （4）计算误差

地基土上软下硬 ( $E_1 < E_2$ ) 将产生应力集中, 反之应力扩散。成层土地基 (即各向异性地基) 一般产生集中。

#### (5) 有关问题

了解或掌握感应图计算方法。

### 3. 土的渗透性

#### (1) 基本名词与定义

渗透性、渗透力、流土、管涌、接触流土、接触冲刷、临界水力坡降、允许水力坡降。

#### (2) 达西定律

$U=Ki$ 、 $q=KiA$  均为达西定律表达式。渗透系数  $k$  是坡降  $I=1$  时的流速。记住砂土、粘土、卵砾石各自  $k$  的变化范围。

#### (3) 渗流下的应力状态

推导渗流向上向下的应力状态, 并画总应力  $\sigma$ 、孔隙水压力  $u$ 、有效应力  $\sigma'$  图。

#### (4) 土的渗透稳定性

四种典型的渗透破坏型式, 各自产生的环境条件。

#### (5) $k$ 的影响因素

土粒大小与级配、密度、水、气体。推导成层土的  $K_x$ 、 $K_y$ 。(a) 推导  $K_x$  时用了二个物理概念, 即各层土流量  $q_i$  之和等  $q_x$ , 以及各层土水力坡降  $i_i$  总流量相等。(b)  $K_y$  的推导也用了二个物理概念, 即各层土流量相等, 以及各层土水头损失之和等于总的水头损失。

#### (6) 推导常水头及变水头试验的渗透系数 $k$ 的计算式。

### 4. 土的压缩性及地基变形计算

#### (1) 基本名词与定义

侧限压缩、压缩系数  $a_v$ 、压缩指明  $C_c$ 、压缩模量  $E_s$ 、变形模量  $E$ 、弹性模量  $E$ 、体积压缩系数  $m_v$ 、 $a_v$  与  $E_s$  判别土的压缩性侧面系数  $k_0$ 、侧胀系数  $\mu$  (即

泊松比)、先期固结压力、超固结比 OCR、固结度、固结系数  $C_v$ 、时间因数  $T_v$ 。

## (2) 土的压缩性

忽略孔隙水及土粒体积的压缩量,土的压缩是孔隙体积的减小。

压缩量随时间增长的过程称为固结,当有效应力等于压缩应力以后的变形称为次固结。 $e-p$  曲线上每点的物理意义是该压力  $P$  作用下压缩稳定以后对应的孔隙比  $e$ 。

推导单向压缩公式

$$S_i = \frac{e_1 - e_2}{1 + e_1} \quad H_i = \frac{\Delta P a_v}{1 + e_1} \quad H_i = \frac{\Delta P}{E_s} \quad H_i = m_v \Delta P H_i$$

(压缩前后土粒体积不变)。熟练掌握由以上各式计算土体压缩量。

推导  $e-p$  与  $e-\log P$  曲线的增量与微分关系  $a_v$  与  $C_c$  的关系式。

推导  $\mu \sim k_0$ 、 $E \sim E_s$  的关系式。

## (3) 压缩量 $S_i$ (沉降量) 计算

(a) 同  $e-p$  曲线计算  $S_i$  的方法与步骤。

(b) 由  $e-\log p$  曲线计算  $S_i$  的方法与步骤: 确定  $p_c$ 、将试验曲线修复成现场压缩曲线、分  $OCR=1$ 、 $>1$ 、 $<1$  计算  $S_i$ 。

## (4) 太沙基一维渗流固结理论

推导饱和土体一维渗流方程,流出的水量等于孔隙体积的变化量,使用固结度  $U_t \sim T_v$  曲线计算  $S_t$  或  $t$ 。掌握地基变形  $S$  与时间  $t$  的其它方法和表达式。了解其它二、三维固结理论。

## 5. 土的抗剪强度

### (1) 基本名词与定义

抗剪强度、极限平衡状态、莫尔-库伦强度理论、直剪与三轴剪切的三个方法与名称、应力路径、灵敏度、触变性、残余强度、天然休止角。

(2) 熟练绘制  $\tau-f$   $\sigma$  坐标系统的莫-库极限平衡状态,标出各点坐标及各线段尺寸,推导  $\sigma_1=f(\sigma_3, c, \phi)$  或  $\sigma_3=f(\sigma_1, c, \phi)$  极限平衡表达式,以及  $\sin \phi$ 、 $1/2(\sigma_1 - \sigma_3)$  等的极限平衡表达式,并用于土体受力状态。

### (3) 剪切试验

了解直剪和三轴剪切的基本原理和试验过程，掌握资料分析整理方法，推导十字板抗剪强度表达式。了解孔隙系数  $A$ 、 $B$  物理意义及推导。

应力路径是某点应力在特定方向上的运动轨迹。了解直剪、三轴压缩、伸长、 $k_0$  剪切等的应力路径。

### (4) 剪切特性

(a) 无粘性土（砂性土）的应力应变曲线分为典型的硬化型（近似双曲线）和软化型、体积产生胀缩、孔压产生正负。

了解其强度或  $\phi$  的构成因素。

(b) 粘性土也具有砂性土的上述性质，但机理不同。

### (5) 抗剪强度的表达与取值

有总应力和有效应力强度指标两种表达方式。

使用总应力强度指标时，须根据情况选择相应的直剪和三轴剪切的指标。

### (6) 本构关系

掌握线弹性及非线性弹性本构关系，推导邓肯—张模型的  $E_t$ 、 $\mu_t$  表达式，深刻理解各个的物理力学意义。

## 6. 填土的力学性质

### (1) 基本名词与定义

最优含水量、最大干密度、湿化、崩解。

### (2) 细粒土

击实特性与含水率紧密相关，理解干密度  $\rho_d \sim$  含水率  $\omega$  的相关关系。影响击实性的因素有击实功  $N=f$ （落距  $H$ 、锤重  $W$ 、二者乘积的冲量、击锤面积）、土类。

掌握细粒土的渗透、压缩、剪切性质。了解细粒土的抗拉强度。

### (3) 粗粒土

粗粒土击实试验方法、性质、影响因素，试验级配处理方法。

在不同压力下的剪切性质，影响抗剪强度的主要因素。

粗粒土的湿化（软化）性质。

## 7.土压力

### （1）基本名词与定义

土压力、主动土压力、被动土压力、静止土压力。

### （2）土压力与位移的关系

位移为零，则是静止土压力  $P_0$ 、有位移则产生主动  $P_a$  或被动土压力  $P_p$ 。三个大小顺序为  $P_p > P_0 > P_a$ 。

### （3）郎肯理论

首先假定墙背垂直、光滑、填平水平。

熟练掌握土压力计算方法、绘制土压力分布图、明确土压力的大小、方向及合力作用点。

所有土压力计算式均可写为  $P=rzk$ ，即深度  $z$  的土压力为该点竖向荷载  $rz$  乘以土压力系数  $k$ 。用这一概念计算压力简便、概念明确、不易出错。

地面荷载、地下水、成层土等的土压力计算。

### （4）库伦理论

假定挡墙、滑体为刚体、滑动面为直线、填土为无粘性土（ $c=0$ ）。熟悉库伦理论各力的要素，特别是墙背土压力的方向与作用点。了解考尔曼图解法、建筑地基规范推荐的公式。

### （5）影响土压力的因素

从库伦理论入手  $P=f$ （墙背粗糙程度  $\delta$ 、墙背倾斜  $\varepsilon$ 、墙后填土  $\varepsilon$ 、 $c$ 、 $\phi$ 、 $\gamma$ ）。影响最大的  $\phi$ 、 $c$ 。

减小土压力的措施也可以从上述因素着手，如减压平台、折线型墙背，利用土体压重等。特别是排水措施的设置，一方面因同墙高的水压力是主动土压力的三倍左右，另一方面降低了填土的  $c$ 、 $\phi$  值，可以理解为挡土墙不是被土推垮的，而是被水推垮的最好解释。

#### (6) 新型支地挡结构

了解锚定板、土工织物挡土墙、板桩墙的荷载及受力特点，关心、了解并推广使用这些轻型、新型支挡结构。具体设计可参见相关专著。

### 8. 土坡稳定性分析

(1) 各种土坡可能滑动面的型式。

(2) 无粘性土坡稳定分析的基本概念，有无渗流状况的稳定性计算式的推导。

(3) 粘性土坡的稳定性分析以瑞典圆弧为基础，两个基本假定：滑动面是圆弧、滑动体是刚体。稳定安全系数的定义是抗滑力矩与滑动力矩之比。

(4) 太沙基条分法再增加一个假定：条间力大小相等、方向相反，作用在同一条线上，即条间力为零的假定，推导太沙基公式。

(5) 毕肖普引进了抗剪强度安全储备的概念，考虑了条间力。

(6) 凡种常见情况的土坡稳定性分析

坡顶开裂、成层土、坡面荷载、各运行工况、渗流、地震力。

(7) 复合滑动面稳定分析的试算法工作量较大。

(8) 土坡稳定性各种分析方法的优缺点及适用性，强度指标的合理选用。

所有各种因素中，强度指标是最重要的。

### 9. 地基承载力

(1) 基本名词与定义

地基承载力、基本值、标准值、设计值、极限承载力、允许承载力、地基破坏的三种主要型式、沉降量、沉降差、倾斜、局部倾斜、临塑荷载。

(2) 确定地基承载力有三类方法，熟记极限荷载的计算公式，该公式是一个通式，以该公式为基础，理解地基承载力的影响因素，并辅以汉森公式深入理解。

(3) 掌握现场试验确定地基承载力的各种方法，按规范确定的是允许地基承载力，并应进行深宽修正。



(4) 地基承载力问题讨论的结论是：各方法各公式之间没有明显的差别，而强度指标  $\phi$ 、 $c$  可以明显或成倍增减承载力。

#### 10. 桩基础

- (1) 桩基类型及分类。
- (2) 单桩竖向及水平承载力确定。
- (3) 群桩效应及承载力确定方法。
- (4) 负摩擦力及桩间土承载力。

#### 11. 地基基础设计及地基处理

- (1) 设计步骤、各阶段内容、目标、主要要求及提交的成果。
- (2) 基础型式、材料、尺寸、适用性、与地基共同作用时的设计程序（步骤）及各阶段要求。
- (3) 各种地基处理方法的原理及主要作用、适用情况。
- (4) 各种地基处理方法的设计步骤、施工程序。

#### 二、复习方法与要点

- (1) 复习土力学宜整章或数节的连读与复习。
- (2) 动手绘图、推导，必须有适量的习题演练。
- (3) 试题可分为两大类：概念题与计算题。
  - (a) 概念题

主要有名词解释、填空、是非判断题、选择题、简述、推证等。

名词解释要准确、简洁。填空的字数要少、准确。是非判断源于概念清晰和深刻理解，图文差别是“坎”或难点。选择题之间概念相近、图文差别小，要题、问结合予以选择。简述题宜层次清楚、文字简洁准确。推证同几何证明题，不能省去关键步骤，可辅以文字、符号说明。

- (b) 计算题

公式较长、难记的、计算量较大的题一般不会考。本课程可考的题有：

9 个物理指标的推证与计算（前已述有三种方法）、土中应力（自重应力、



附加应力)、沉降量计算(前述中有 2~3 个公式可考)、抗剪强度及极限平衡状态、土压力、地基承载力。

推证题既属概念题,又属计算题。前述内容中已列出可考推证题,宜动手推演。

(4) 本课程有别于其它课程的主要特点是,章与章之间内容差别大。因此,不存在先易后难的考题布局,不要被前面的难题而耽误过多时间,答不上的题宜搁置一边,迅速向下继续答题。

(5) 重复强调的是,本课程读懂以后,必须动手练题。

参考书目:☆ 962 土力学:①《土力学》(第三版),杨进良,中国水利水电出版社,2006;②《地基及基础》(第三版),顾晓鲁,钱鸿缙等主编,中国建筑工业出版社,2003