

土 力 学

总复习

内容复习

土的三大工程问题

- 渗透问题：

 - 渗流、渗透破坏（管涌、流土）

- 变形问题：

 - 沉降计算；沉降与时间的关系

- 强度问题：

 - 土压力，边坡稳定，地基承载力

土的工程性质

■ 三大基本性质：

渗透特性：达西定律

变形特性：渗流固结理论；有效应力原理

强度特性：莫尔-库伦强度理论

基本知识

- 土的三个特点：

碎散性、多相性、天然性

- 土的物理性质：

组成、状态、结构

- 土的应力计算：

自重应力、附加应力、有效应力原理

重点内容

- 土的渗透定律和渗透破坏问题

 - 达西定律、一维渗流计算

 - 渗透力和渗透破坏、流土条件

- 地基沉降量计算以及与时间关系

 - 土的压缩性指标与分层总和法计算沉降量

 - 渗流固结理论、沉降量与时间的关系

- 土的抗剪强度

 - 莫尔-库伦强度理论、极限平衡条件

 - 三轴试验与抗剪强度指标

土的三相组成

- 固体颗粒

粒径级配：粒组，分析方法，级配曲线

级配良好： C_u ， C_c ；特征粒径

矿物成分：原生、次生(高岭、伊利、蒙脱)

颗粒形状和比表面积

- 土中水

结合水(强、弱)、自由水(重力、毛细)

- 土中气(一般了解)

土的物理状态

■ 物理性质指标

三相草图

$$\gamma_{\text{sat}} \geq \gamma \geq \gamma_{\text{d}} > \gamma'$$

试验指标：密度 ρ 、土粒比重 G_s 、含水量 w

常用指标： $e, n, w, S_r, \rho, G_s, \gamma_{\text{sat}}, \gamma_{\text{d}}, \gamma'$

重点：各物理量定义

■ 物理状态指标

粗粒土：密实度 \rightarrow 相对密度

细粒土：稠度 \rightarrow 液性指数

黏性大小 \rightarrow 塑性指数

$$D_r = \frac{e_{\text{max}} - e}{e_{\text{max}} - e_{\text{min}}}$$

$$I_L = \frac{\omega - \omega_p}{\omega_L - \omega_p}$$

土的结构

- 粗粒土：单粒结构
- 细粒土：分散(片堆)结构、凝聚(片架)结构
- 结构性指标（了解）：
 - 黏性土的灵敏度
 - 黏性土的触变性

土的压实性

压实机理

相应于一定压实功存在最优含水量、最大干密度

压实标准：压实度

土的工程分类

- 分类依据：

 - 粗粒土：级配组成

 - 细粒土：矿物成分、亲水性 (I_p)

- 分类标准（了解）：

 - 公路：粒径级配、塑性图(塑性指数、液限)

 - 建设部：粒径级配、塑性指数

土的渗透性与渗透规律

- 渗透定律：

达西定律： $v = k i$ ，适用条件：层流

- 渗透系数

测定方法：常水头、变水头试验

影响因素：粒径级配、矿物成分、饱和度

渗透力与渗透变形

- 渗透力：
 孔隙水对土骨架的拖曳和推动力
 方向与水力坡降一致
- 土体受力分析：
 土骨架、土水整体为隔离体
- 渗透破坏：
 流土：表层土、向上渗流， $i_{cr} = \gamma' / \gamma_w$
 管涌

土的渗透特性

重点：

达西定律： $v = k i$,

$i = \Delta H/L$, ΔH 为总水头差

土体受力分析；渗透力的计算： $j = i \gamma_w$

流土的发生条件，临界水力坡降

有效应力原理

- 饱和土体的有效应力原理：

$$\sigma = \sigma' + u$$

地基的自重应力计算

水平地基中的有效自重应力：**侧限应力状态**

■ 静水条件

均质地基

$$\sigma_{sz} = \gamma z \quad \sigma_{sx} = \sigma_{sy} = K_0 \sigma_{sz}$$

成层地基

$$\sigma_{sz} = \sum \gamma_i H_i$$

地下水位的影响

■ 稳定渗流条件：**渗透力产生有效应力**

两种隔离体取法：**土水整体、土骨架**

基底压力计算

- 基底压力的分布形式变化
- 中心荷载
- 偏心荷载
- 大偏心荷载

基底附加压力

地基中的附加应力计算

- 集中力作用：均质等向线弹性
布氏解—应力分布特征、应力泡
- 分布荷载作用, 可叠加
附加应力系数、影响因素
角点法：矩形、条形基础荷载
- 影响因素：
分层地基、各向异性—应力集中、应力扩散

孔隙水压力与孔隙水压力系数

- 侧限应力状态
 - 轴对称应力状态
- 孔压系数A、B

第三章 土体中的应力计算

重点:

有效应力原理

总应力、有效应力的计算;

自重应力: 静水条件: 水平、垂直; 水下用浮重度

稳定渗流条件: 两种隔离体

竖直方向自重应力的计算

附加应力

布氏解; 叠加原理; 影响因素: l/b , z/b , (x/b)

超静孔压计算

超静孔压(孔压系数)

第四章 土的压缩性和地基沉降量计算

§ 4.1 土的压缩性

§ 4.2 地基最终沉降量的计算 ——分层总和法

§ 4.3 地基沉降与时间的关系

土的压缩性

- 土的压缩性：压缩性指标
 - ε - p 曲线：侧限压缩模量、体积压缩系数
 - e - p 曲线：压缩系数
 - e - $\lg p$ 曲线：压缩(回弹)指数；先期固结压力
- 先期固结压力的图解法
- 原位压缩曲线的推求

(e_0, σ_s)

$(0.42e_0, \sigma)$

$C_c, C_e = \text{Const}$

地基最终沉降量的计算

- 基本假设 → 结果影响 → 修正

材料力学：基底压力线性分布

弹性力学：均匀连续各向同性弹性介质

侧限应变条件，基础中点下应力分布

主固结沉降：公式不计入 S_d 和 S_s 的影响

- 单一土层的沉降量计算

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

- 分层总和法

$$S = \psi_s \cdot \sum S_i$$

§ 4.3 地基沉降与时间的关系

- 一维渗流固结微分方程及其解答

假设条件

渗流固结微分方程

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

微分方程解答

固结系数 $C_v = \frac{k(1+e_1)}{a\gamma_w}$

- 固结度的概念

一点的固结度

时间因数 $T_v = \frac{C_v t}{H^2}$

土层平均固结度

重点：土层平均固结度

§ 4.3 地基沉降与时间的关系

渗流固结的工程问题：室内试验结果→工程问题

问题1：已知 S_∞, H, C_v, t
求解 S_t

3 ⇒ 2 ⇒ 1

问题2：已知 S_∞, H, C_v, S_t
求解 $t = ?$

1 ⇒ 2 ⇒ 3

问题3：已知 H, C_v
量测 $t_1 \sim S_1, t_2 \sim S_2, t_3 \sim S_3$
求解 $S_t(t), S_\infty$

$$\begin{cases} U_t = 1 - Ae^{-Bt} \\ S_t = (1 - Ae^{-Bt})S_\infty \end{cases}$$

计算公式

$$1. S_t = S_\infty \cdot U_t$$

$$2. U_t = f(T_v)$$

$$3. T_v = C_v t / H^2$$

$$4. C_v = \frac{k(1+e_1)}{\gamma_w \cdot a}$$

第四章 土的压缩性和地基沉降量计算

重点：

土的压缩性：压缩性指标

分层总和法计算最终沉降量

基本原理：假设

计算方法： $e \sim p$ 曲线； $e \sim \lg p$ 曲线

沉降与时间的关系：

土层平均固结度 U_t ； T_v 、 C_v

沉降计算：固结度 \sim 时间

土体破坏与强度理论

- 土的抗剪强度
 - 土的强度主要是抗剪强度
- 莫尔-库伦强度理论（三条内容）
 - 直剪试验与库伦公式 $\tau_f = c + \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi$
 - 应力状态与莫尔圆
 - 莫尔-库伦破坏准则 $\sigma_{3f} = \sigma_1 \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi / 2) - 2c \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - \varphi / 2)$
 - 土的极限平衡应力状态
 - 土破坏与否的判断
 - 滑裂面的位置 $\theta = 45^\circ + \varphi' / 2$
- 土的抗剪强度机理
 - 摩擦强度与黏聚强度

土的抗剪强度的测定试验

室内试验

1. **直剪仪**：慢剪、固结快剪、快剪
2. **三轴仪**：固结排水、固结不排水、不排水
3. **无侧限抗压仪**： $\sigma_3 = 0$ 的不排水三轴试验
4. **其他试验**

重点：不同类型三轴试验

野外测试

1. **十字板试验**：测试软黏土不排水强度指标
2. **其他现场试验**

土的抗剪强度指标

一. 总应力指标与有效应力指标

二. 三轴试验强度指标

$$c_d, \varphi_d \quad c_{cu}, \varphi_{cu}; c', \varphi' \quad c_u, \varphi_u=0$$

三. 直剪试验与三轴的优缺点

四. 土的强度指标的工程应用

一般采用峰值强度；大变形问题采用残余强度

不同现场地基情况与施工条件

应力路径

一. 应力路径

二. p-q平面上的应力路径与莫尔圆

三. 强度包线与破坏主应力线

$$\sin \varphi = \operatorname{tg} \alpha; a = c \cos \varphi$$

四. 总应力路径与有效应力路径... 应力莫尔圆平移

总应力状态与有效应力状态

总应力路径与有效应力路径... 应力点平移

五. 黏性土密度-有效应力-抗剪强度的唯一性关系

第五章 土的抗剪强度

重点：

莫尔—库伦强度理论

库仑公式，强度指标

极限平衡条件

强度包线与破坏主应力线

总应力指标与有效应力指标

莫尔圆与应力路径

强度指标：三轴试验强度指标间的关系

CD, CU, UU

第六章 土的抗剪强度理论应用

重点：

土压力计算

挡土墙验算

地基承载力破坏形式，计算

边坡破坏形式，影响因素，计算