

プロが教える 2 級土木施工管理 第一次検定 正誤表・追加情報

追加情報

令和6年度より出題された「土木基礎力学」についての解説及び解説動画
(著者 youtube チャンネル)を掲載します。ぜひ御覧くださいませ。

新出題！土質力学・水理学・構造力学 試験の出題を予想！

https://youtu.be/tt_E8-8mP7I

※解説テキストは正誤表の後に掲載しています。

正誤表

P131 合格ノート内

誤 洗堀防止

正 洗掘防止

p138 合格ノート内

誤 グラフト材

正 グラウト材

P152 合格ノート内

誤 洗堀防止

正 洗掘防止

p158 合格ノート内

誤 鉄鋼

正 鉄網

p170 合格ノート内

誤 コンクリートを打破

正 コンクリートを打設

p188 問題 4 設問文および解説 (4)

誤 音響測探機

正 音響測深機

P251 左上図

誤 13.2m 車体の長さの 1.1 倍まで可

正 14.4m 車体の長さの 1.2 倍まで可

(ただし車体の前後から車体の長さの 10 分の 1 を超えないこと)

誤 2.5m 車体幅 (はみ出し不可)

正 3.0m 車体幅の 1.2 倍まで可

(ただし車体の左右から車幅の 10 分の 1 を超えないこと)

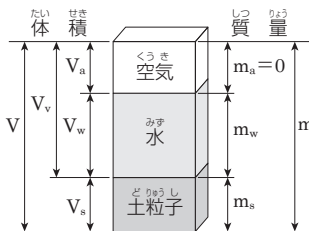
第1節

土質力学

土の組成

重要度 A

土は、下図に示すように土粒子、水、空気から構成されており、これらの体積や質量を知ることによってその土の持っている概略の性質を把握することができる。



間隙比 : $e = V_v/V_s$
 間げき率 : $n = (V_v/V) \times 100(\%)$
 飽和度 : $S_r = (V_w/V_v) \times 100(\%)$
 含水比 : $\omega = (m_w/m_s) \times 100(\%)$
 土粒子の密度 : $\rho = m_s/V_s \text{ [g/cm}^3\text{]}$
 湿潤密度 : $\rho_t = m/V \text{ [g/cm}^3\text{]}$
 乾燥密度 : $\rho_d = m_s/V \text{ [g/cm}^3\text{]}$

○ 粒度による土の分類

① 粒径による分類

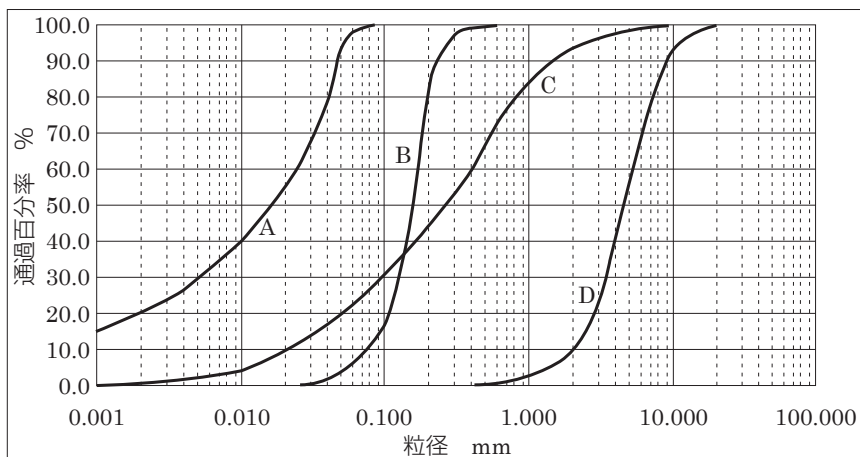
・土粒子の粒径は小さい順に(コロイド)⇒粘土⇒シルト⇒砂⇒礫の順となる。
 ※試験問題ではコロイドは出題されないパターンが多いため、粘土・シルト…の順に大きくなると覚えておきましょう。

0.001		0.005	0.075	0.42	2.0	5.0	20	75	300	粒径[mm]
コロイド	粘土	シルト	細砂	粗砂	細礫	中礫	粗礫	粗石	巨石	
			砂		礫			石		
細粒土（粘性土）			粗粒土					岩石		

② 粒径加積曲線 (粒度試験)

粒度試験は、土中に含まれている種々の大きさの土粒子が、土全体の中で占める割合の質量百分率を求める試験で、粒径が大きいものはふるい分析、小さいものは沈降分析にて測定を行う。結果は粒径加積曲線で示される。

- ・ 粒径加積曲線の傾きと配置によって、粒度分布(均等係数)や細粒分・砂分・礫分の割合がわかる。



粒径加積曲線

Aの土は、粘土分30%、シルト分70%からなる。

Bの土は、シルト分10%、砂分90%からなる。

Cの土は、粘土・シルト分25%、砂分70%、礫分5%からなる。

Dの土は、砂分10%、礫分90%（細礫40%・中礫50%）からなる。

※粒度試験結果は、粗粒土については土の締固めや支持力特性をある程度表す指標となるが、細粒土についてはその関係は見られない。

$$\text{均等係数 } U_c = D_{60} / D_{10}$$

$U_c \geq 10$ … 粒度分布がよい

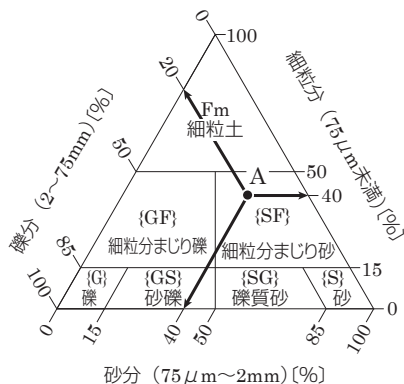
$U_c < 10$ … 粒度分布が悪い

※ D_{60} …通過百分率の60%に対する粒径
 D_{10} …通過百分率の10%に対する粒径

② 三角座標

粒度試験の結果で得られた細粒分、砂分および礫分の含有率を三角座標上にプロットすることで、試験した試料を分類することができる。

【例】点Aの試料は礫分20%、砂分40%、細粒分40%含むことを表し、細粒分まじり砂(SF)に分類される。



第2節

構造力学

支点反力と応力

重要度 A

○ 支点と荷重の種類

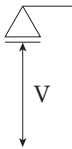
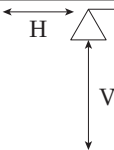
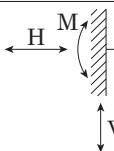
① 構造物の支点の種類

構造力学では、構造物にかかる力（応力）を計算するために、柱や梁などの部材を線上に簡略化し計算を行う。

構造物の支点は④移動端（ローラー）、⑤回転端（ピンまたはヒンジ）、⑥固定端（フィックス）の3つに分類される。

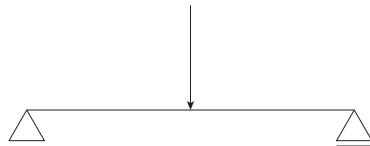
下表のように3種類規定して、構造計算を行うのが普通であるが、実際の構造物では理想的状態は少なく、近似の状態をつくっている。

支点の種類と記号

支点の種類	記号	支持できる力の種類	
移動端 ローラー			支点到垂直な反力 V が働く
回転端 ピン ヒンジ			支点到垂直な反力 V と水平な反力 H が働く
固定端 フィックス			支点到垂直な反力 V と水平な反力 H 及び回転に対する反力 M が働く

② 荷重の種類

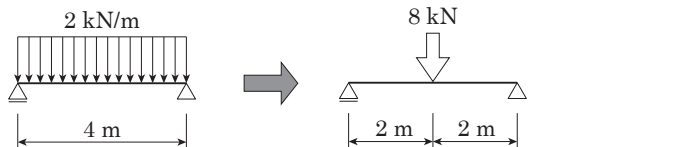
- ・集中荷重…部材の一点に集中して作用する荷重のことである。鉛直方向、水平方向、そして角度をもって作用することが



ある。角度がある場合は水平方向と鉛直方向に分解して計算をする必要がある。

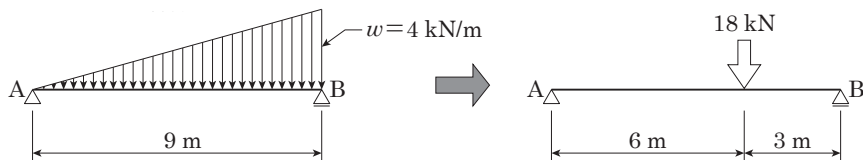
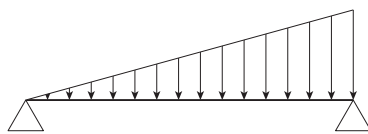
- ・等分布荷重…ある区間に同じ大きさで一樣に作用する荷重のことである。等分布荷重は合力の集中荷重におきかえて、等分布荷重の中心に作用させることで計算を行う。

例)



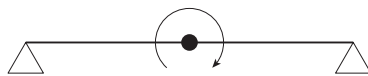
上の図の等分布荷重は1m 当たりに2kN の荷重がかかっていることを意味する。図の単純梁には $2\text{ kN/m} \times 4\text{ m} = 8\text{ kN}$ が単純梁の中央に作用しているとして計算を行う。

- ・等変分布荷重…大きさが一定の割合で変化をする分布荷重のことである。等変分布荷重は等分布荷重と同様に集中荷重におきかえて、計算を行う。計算方法は三角形の面積の求め方と同様である。作用する点は三角形の重心に該当する2 : 1に内分する点に作用させることで計算を行う。



上の図の等変分布荷重は最大が4kN/m の荷重がかかっていることを意味する。図の単純梁には $4\text{ kN/m} \times 9\text{ m} \div 2 = 18\text{ kN}$ が単純梁の2 : 1で右寄り（最大荷重側）に作用しているとして計算を行う。（三角形の面積で計算を行う）

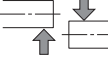
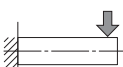
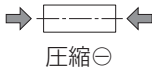
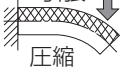
- ・モーメント荷重…部材の1点に作用する力のモーメント（ $\text{kN} \cdot \text{m}$ ）の荷重。



○ 応力

応力とは外力に応じて部材に発生する力で3種類ある。

- ① 軸方向力 (N)：部材に真っすぐ加わる力で、材軸方向に部材を変形させる働きのある応力である。引張りを＋，圧縮を－とする。
- ② せん断力 (Q)：上下および左右のように相互方向の力で、材軸と直角方向に部材を断ち切ろうとする働きのある応力である。時計回りの変形を＋，反時計回りの変形を－とする。
- ③ 曲げモーメント (M)：部材を曲げようとする働きのある応力である。部材の下側が引っ張られる変形を＋，上側が引っ張られる変形を－とする。

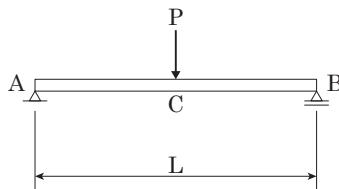
軸方向力	せん断力	曲げモーメント
 引張＋	 右下り＋	
 圧縮－	 右上り－	

○ 応力図の作成方法

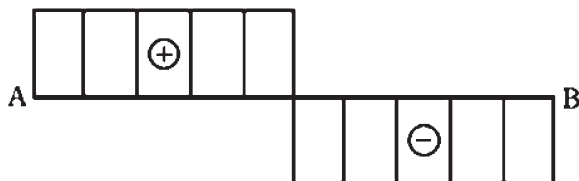
構造物に外力が作用すると、部材には応力が生じる。応力図は、部材をある点で切断した仮想断面の応力を繋いでグラフを作成したものである。その結果は、材軸方向を基線としたグラフで表示され、そのグラフを応力図という。仮想断面における応力の算定方法および応力図の作成手順は次のとおりである。

- ① 反力算定：構造物全体のつり合いから支点の反力を求める。
- ② 仮想切断：算定する部材を仮想切断し、基点からの距離を D とする。切断した部材は、切断面の左右でそれぞれつり合うように切断面に応力が発生する。
- ③ 反力計算：応力を仮定し、部分構造物のつり合い条件から応力を求める。

【例】 下図の単純梁に集中荷重 P が作用する場合のせん断力図・曲げモーメント図を作成する。



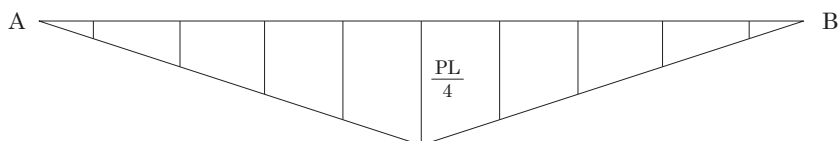
- (1) 単純梁の中央に集中荷重 P のみが加わっているため、 $V_a \cdot V_b$ の各支点反力は $1/2P$ となる。(P の位置が中央からずれている場合は、 AC と CB の距離に反比例する)
- (2) 点 AC 間に掛かるせん断力は支点反力の $\frac{P}{2}$ と逆向きの力が加わる。(右下がりがり)、点 BC 間はその逆向きの力 (右上がり) となるためせん断力図は以下のようなになる。



- ・点 AC 間にかかる曲げモーメントについて計算する。曲げモーメントは距離 $\times$ 反力となるため、単純梁において端部に鉛直方向の反力のみの場合は必ず 0 となる。点 A から点 C に向けては離れる距離 d に比例して大きくなる ($\frac{P}{2} \times d$)

よって、最大の曲げモーメントは点 C において $\frac{P}{2} \times \frac{L}{2} = \frac{PL}{4}$ となる。

反対側の点 CB は上 AB 間と対称なグラフ (支点 AB を底辺とした三角形) となる。



- ・集中荷重ではなく等分布荷重がかかる場合は、**曲線**となる。
- ・片持ち梁の場合は、支点の反対側の端部に集中荷重がかかる場合は、**端部が 0** で距離と共に支点にむけて比例的に曲げモーメントが大きくなる**直角三角形**となる。

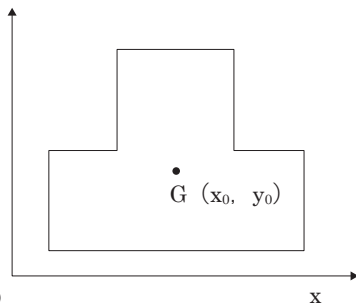
○ 応力図の種類

代表的な荷重の種類や、単純梁、片持ち梁の違いによってせん断力図および曲げモーメント図は異なる。

		荷重条件	曲げモーメント図	せん断力図
単 純 梁	①			
	②			
	③			
	④			
片 持 ち 梁	⑤			
	⑥			
	⑦			
	⑧			

○ 図心とは

図心とは、その図形の**重心の位置**を表すものであり、図形の中心点を意味する。右図の座標 $G(x_0, y_0)$ で表すことができる。図心 G は、 x 軸、 y 軸に対する**断面一次モーメントが共に0**となる**直交軸の交点**である。



長方形のように対象な形状であれば対角線の交点が図心となる。(ただし、密度及び厚さは均一な場合に限る)単純な形の図形の組合せによる場合は、中心が明らかな断面に分割して計算することができる。

○ 図心の求め方

① 断面一次モーメントを求める。

ある図形の断面積を A 、その図形の図心(重心)から、与えられた軸までの距離を y とすると、その断面一次モーメント S は次の式となる。

$$S = A \cdot y$$

② 図心を求める

・分割した図形の**断面一次モーメントの合計**を、**面積の合計**で除すると与えられた軸から図心までの距離 h が求まる。

$$h = \Sigma(A \times y) / \Sigma A$$

【例】 右図の x 軸から図心 G までの距離 h を求める。図形 I と図形 II に分けて各断面一次モーメントを求める。

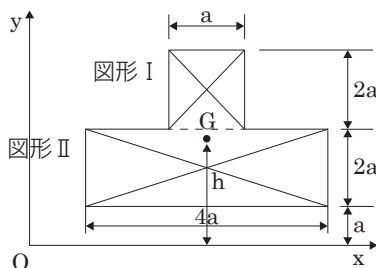
$$\text{図形 I} \Rightarrow A_1 = 2a^2 \quad y_1 = 4a$$

$$\text{よって } S_1 = 8a^3$$

$$\text{図形 II} \Rightarrow A_2 = 8a^2 \quad y_2 = 2a$$

$$\text{よって } S_2 = 16a^3$$

$$h = \frac{8a^3 + 16a^3}{2a^2 + 8a^2} = \frac{24a^3}{10a^2} = \frac{12}{5}a$$



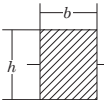
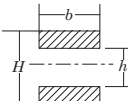
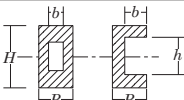
断面二次モーメント

重要度 C

○ 断面二次モーメントとは

断面二次モーメントとは、部材の断面形状によって決まる数値で、曲げに対する変形しにくさ（硬さ）を表す指標である。また、よく似た指標に断面係数がある。断面係数も部材の形状によって決まる数値で、曲げに対する強さを表した値である。

長方形（および長方形に類似する）断面における、中立軸に対する断面二次モーメントと断面係数は以下の通りである。

断 面	断面二次モーメント $I(\text{mm}^4)$	断面係数 $Z(\text{mm}^3)$
	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{bh^2}{6}$
	$\frac{b}{12}(H^3 - h^3)$	$\frac{b}{6H}(H^3 - h^3)$
	$\frac{1}{12}(BH^3 - bh^3)$	$\frac{1}{6H}(BH^3 - bh^3)$

単純な形の図形の組合せによる場合は、明らかな断面に分割して全体の図形から空白部分の形状の断面二次モーメント（断面係数）を引く、もしくは分割して各部の断面二次モーメント（断面係数）を加えることで計算することができる。

第3節

水理学

水の流れ

重要度 A

○ 流量・流速の基本公式

- 水路において、ある固定点を通る水粒子の速さと向きを持つ流れを**流速 v (平均流速)** で表す。**流量 Q** は単位時間（1秒間）に水路のある**断面 A** を通過する水の体積をいう。

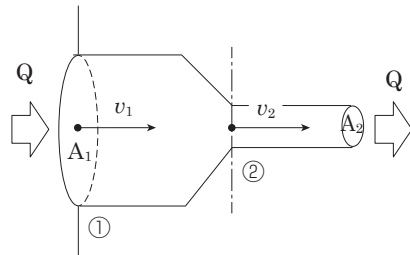
$$Q = Av$$

- 水路の断面でうち水が流れる部分の面積を**流積 A** という。流積のうち、水が周囲の壁面および底面と接している長さを**潤辺 S** という。流積 A を潤辺 S で割ったものは水路断面の平均的な水深を表し**径深 R** という。

$$R = A/S$$

- 右図のように、管水路の断面積が途中から変化する場合、大きい方の断面①の流積と平均流速を $A_1 \cdot v_1$ 、小さい方の断面②を $A_2 \cdot v_2$ とすると、流量は一定のため以下のような式が成り立つ。（連続の式）

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2$$



○ マニングの式

- マンニングの式は、水路の流速（流量）を計算するための汎用的な計算式である。

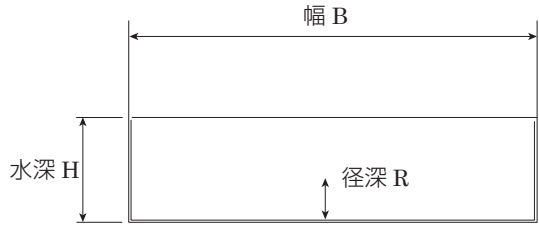
$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad v; \text{平均流速} \quad n; \text{粗度係数} \quad R; \text{径深} \quad I; \text{動水勾配}$$

最重要 マニングの式

合格ノート

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

平均流速 v は n (粗度係数) に反比例するため、 n が大きいほど…つまり摩擦力が大きいほど平均流速が小さくなると覚えておくと係数が $1/n$ であることが理解できます！

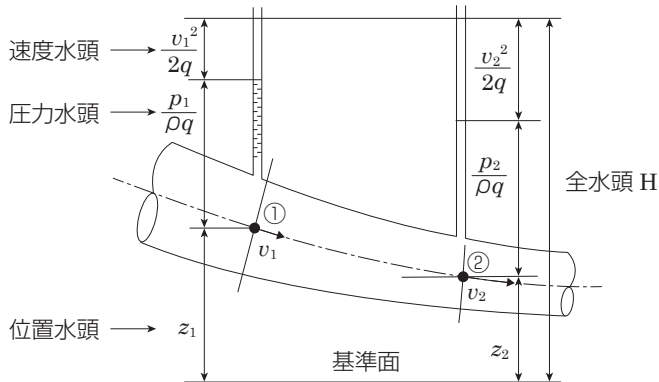


$$\text{潤辺 } S = 2H + B \quad \text{流積 } A = BH$$

$$R = \frac{A}{S} = \frac{BH}{2H + B}$$

○ ベルヌーイの定理

ベルヌーイの定理は、流体のエネルギー保存の法則を表現した流体力学の原理で、流体の流速と圧力との関係を数量的に表した法則である。水の粘性による摩擦などのエネルギー損失が無い非圧縮、非粘性の完全流体において、流体の任意の二点間では、**圧力エネルギー**、**運動エネルギー**、**位置エネルギー**の合計が一定であることが示される。



完全流体におけるベルヌーイの定理

$$\underbrace{\frac{v_1^2}{2g}}_{\text{速度水頭}} + \underbrace{z_1}_{\text{位置水頭}} + \underbrace{\frac{p_1}{\rho g}}_{\text{圧力水頭}} = \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + \frac{p_2}{\rho g} = H \quad (\text{一定})$$