

Généralités

① Définition: Ce sont les matériaux utilisés dans le domaine de la construction et le domaine des travaux publics pour la réalisation des éléments principaux (ossature) et éléments secondaires (murs - joints etanchéité etc...). Ils peuvent être naturels (pierre - plâtre - chaux) et artificiels (brique - béton - maçonnerie etc...).

② les propriétés des matériaux de construction: On distingue généralement les propriétés: physiques - mécaniques et chimiques:

a) les propriétés physiques:

1) la masse volumique ρ : c'est la masse de l'unité de volume du matériau à l'état naturel. (pores et vides compris) $\rho = m/V$ (kg/m^3)

Béton: 1800 à 2500 kg/m^3	Laine de verre: 200 à 400 kg/m^3
Brique: 1600 à 1800 "	Acier: 7800 à 7850 "
Sable: 1400 à 1600 "	Eau: 1000 kg/m^3

Remarques: 1. la masse volumique varie selon la porosité et l'humidité du matériau.

2. la masse volumique — apparente — matériaux pulvérulents (sable - gravier - ciment)
— absolue — matériaux cohérents (bois - béton - Acier).

2) la porosité:

c'est le degré de remplissage du volume du matériau par les pores.

$$P = \left(1 - \frac{\rho}{d}\right) \cdot 100 \quad \left[\begin{array}{l} \rho: \text{masse volumique} \\ d: \text{densité} \end{array} \right]$$

(%)

Remarque: En fonction de la porosité — on peut juger les autres caractéristiques et l'utilisation.

(résistance - imperméabilité - isolation thermique et phonique)

- constructions devant assurer une résistance à l'eau — matériaux denses (porosité faible)
- isolation thermique — matériaux poreux (porosité élevée)

3) l'hygroscopicité: est la capacité du matériau d'absorber les vapeurs d'eau contenues dans l'air.

- matériaux hydrophiles: attirent énergiquement par leur surface les molécules d'eau.
- matériaux hydrofuges: repoussent les molécules d'eau.

(a₄) la capacité d'absorption d'eau: est le pouvoir du matériau d'absorber et de retenir l'eau. (2)

- capacité d'absorption massique $w_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 (\%)$

- capacité " volumique: $w_v = \frac{m_2 - m_1}{V} (\text{kg/m}^3)$

m_2 : masse du matériau saturé (kg)
 m_1 : " " " sec (kg)
 V : volume du matériau à l'état naturel (m³)

(a₅) la résistance à l'air: est la capacité du matériau de résister longtemps à des humidifications et à des dessèchements successifs sans déformations sensibles, ni perte de résistance mécanique.

exemple: le matériau bois $\rightarrow$ suite à une variation d'humidité puis à un temps sec, est soumis à des déformations de signes contraires (gonflement - retrait)

(a₆) la perméabilité à l'eau: est la propriété du matériau à laisser passer l'eau à travers ses pores. Elle est caractérisée par la quantité d'eau qui passe pendant une heure à pression constante à travers 1 m² de surface du matériau essayé.

Remarque: matériaux denses (acier - verre - bitume) $\rightarrow$ sont étanches à l'eau.

(a₇) la résistance au gel: est le pouvoir du matériau saturé d'eau de supporter la congélation et le dégel alternatifs (cycles gel/dégel) sans aucun signe de destruction, ni perte sensible de résistance mécanique.

Remarques: 1 - la destruction est provoquée par l'augmentation de 9% du volume de l'eau se trouvant dans les pores du matériau.
 2 - lorsque l'eau des pores gèle $\rightarrow$ les parois des pores commencent à subir des contraintes importantes entraînant la destruction.

(a₈) la conductibilité thermique: est la capacité du matériau de laisser passer la chaleur à travers son épaisseur. Elle est caractérisée par le coefficient de $K_{C.th}$ (K_{c.th}) égal à la quantité de chaleur traversant un échantillon de matériau de 1m d'épaisseur et de 1m² de surface pendant 1 heure.

Remarque: le $K_{C.th}$ permet de distinguer les matériaux ordinaires des matériaux calorifuges.

matériau	Acier	Béton lourd	Brique	Eau	Béton léger
$K_{C.th} (W/m \cdot ^\circ C) \rightarrow$	58	1 à 1,60	0,8 à 0,90	0,59	0,35 à 0,80

La résistance au feu : est le pouvoir du matériau de résister, (3)
à l'action des hautes températures (incendies) sans perdre sa résistance
et sans déformations importantes.

Exemples : Brique - plâtre $\rightarrow$ résistent au feu (sans se fissurer ou se déformer)
Acier $\rightarrow$ subit des déformations importantes.

(a₁₀) L'imperméabilité aux radiations nucléaires : est la capacité du
matériau à arrêter les rayons γ (gamma) et les flux de neutron dangereux.
- l'émission radioactive peut être absorbée par des matériaux imperméables
telle que : Le plomb, les bétons lourds, les bétons à additifs spéciaux
(bore - lithium)
- Exemple : les fosses des déchets atomiques.

(a₁₁) la durabilité : est le pouvoir du matériau en service de résister
à l'action commune des facteurs atmosphériques (gel - pluie -
chaleur) et autres (gaz dans l'air - attaques chimiques)

(b) Les propriétés mécaniques : sont caractérisées par la capacité du
matériau de résister à toute sollicitation extérieure impliquant une force.)

(b₁) La résistance mécanique : est le pouvoir d'un matériau de résister à
la destruction sous l'action des contraintes dues à une charge
(discipline : La résistance des matériaux RDM)
- On distingue la résistance à la : traction - compression - flexion
- torsion - cisaillement etc

- Remarques :
1 - La résistance mécanique est déterminée par des essais sur des normalisés
2 - On réalise une réserve de résistance appelé : "Facteur de sécurité" de échantillons.

(b₂) La dureté : est la capacité du matériau de résister à la
pénétration d'un corps plus dur que lui.

Remarque : La dureté est mesurée à l'aide de l'échelle "Mohs" de 1 à 10

(b₃) La résistance à l'usure par abrasion : se caractérise par une
perte de la masse initiale exprimée en % rapportée à 1 m^2 de surface

Remarque : cette résistance concerne les matériaux destinés

aux planchers, aux revêtements routiers, aux marches d'escalier (4)
aux ballasts de chemin de fer.

(b₄) la résistance au choc: c'est le pouvoir d'un matériau de résister aux sollicitations causées par des forces extérieures causant un choc (charge tombante - séisme etc.....)

Remarques:

1. la résistance au choc est mesurée par des essais normalisés à l'aide d'un appareil spécial appelé "Mouton".
2. Cette résistance est destinée aux matériaux utilisés pour les planchers et les revêtements routiers.

Remarques:

1. le coefficient de Ramollissement: K_{ram}

$$K_{ram} = \frac{R_{sat}}{R_{sec}} \quad \left[\begin{array}{l} R_{sat}: \text{Résistance à la compression du matériau saturé d'eau.} \\ R_{sec}: \text{" " " " " à sec.} \end{array} \right]$$

2. le coefficient de Résistance au gel: K_{rg}

$$K_{rg} = \frac{R_{rg}}{R_{sat}} \quad \left[\begin{array}{l} R_{sat}: \text{idem.} \\ R_{rg}: \text{résistance à la compression du matériau après l'essai de résistance au gel.} \end{array} \right]$$

(c) Les propriétés chimiques: sont évaluées d'après le pouvoir des matériaux de résister aux attaques chimiques: acides
bases - sulfates

Remarques: 1. la résistance chimique est déterminée par des essais normalisés à l'aide des éprouvettes.

2. les attaques chimiques provoquent des réactions d'échange (cations et anions) entraînant la destruction du matériau.

Les granulats

① Définition: On appelle granulats: des matériaux pierreux de petites dimensions produits par l'érosion ou le brayage mécanique (concassage) des roches. Ce sont des matériaux inertes entrant dans la composition des bétons et des couches de chaussée selon certaines exigences de qualité.

② Classification selon la provenance: On distingue principalement 2 catégories de granulats: naturels et artificiels.

③ Granulats naturels: sont issus de gisements alluvionnaires ou de carrière.

- les granulats alluvionnaires: calcaires - silico-calcaires - siliceux.
- " de carrière: sont obtenus par concassage permettant de diminuer la taille des éléments.

concassage $\rightarrow$ triage $\rightarrow$ lavage.

④ granulats artificiels: d'origine industrielle $\rightarrow$ par transformation thermique $\rightarrow$ Principalement des granulats de laitier (déchets obtenus lors de la fonte des métaux)

⑤ Classification des granulats selon leur dimension (en mm)

d: plus petit diamètre D: plus grand diamètre

- Selon la Norme NFP 18-101 $\rightarrow$ 5 classes granulaires:

- les fines (d/D avec $D \leq 0,08 \text{ mm} \rightarrow 80 \mu$)
- les sables (d/D avec $D \leq 6,3 \text{ mm}$)
- les gravillons (d/D avec $d \geq 2 \text{ mm}$ et $D \leq 31,5 \text{ mm}$)
- les cailloux (d/D avec $d \geq 20 \text{ mm}$ et $D \leq 80 \text{ mm}$)
- les graves (d/D avec $d \geq 6,3 \text{ mm}$ et $D \leq 190 \text{ mm}$)

• Granulats naturels: 2 types:

⑥ granulats roulés: désagrégation des roches (éruptives - métamorphiques et sédimentaires) par l'eau - le vent et le gel. $\rightarrow$ 3 catégories

- granulats de rivière (Vued) granulats de mer (marins) - granulats de dunes.

- Remarque: les granulats roulés se caractérisent par: grains arrondis et polis

⑦ granulats concassés (de carrière): sont caractérisés par un aspect anguleux à arrêts vifs.

④ Caractéristiques physiques :

- masse volumique apparente : $M_{vapp} = 1400 \text{ à } 1600 \text{ kg/m}^3$
- masse volumique absolue : $M_{vabs} = 2500 \text{ à } 2600 \text{ kg/m}^3$
- Porosité : $n = v/v$: v : volume des pores et V : volume total.
- Propreté : - cailloux et gravillons $\rightarrow$ teneur en fines argileuses $\rightarrow$ le %
 - Sables : $E_s = \frac{H_1}{H_2} \times 100$, de passant à 0,5 mm.
- Foisonnement des sables :

$$f = [(V_h - V_s) / V_s] \times 100$$

V_h : volume humide du sable
 V_s : " sec du sable.

⑤ Caractéristiques mécaniques : la résistance mécanique est caractérisée par les essais suivants :

- a - Essai Deval : - échantillon de 5 kg $\rightarrow$ composé de 44 pierres du même calibre,
 - Après un nombre de tours à une vitesse V dans un cylindre $\rightarrow U$: le passant à 2 mm.
 - Deval $D = 400 / U$
- b - Essai Micro - Deval : - Se pratique sur des gravillons : 4/6,3 mm, 6,3/10 ou 10/14 mm.
 - On place 500 g de gravillon avec une charge de 2 à 5 kg de billes d'acier de 10 mm de ϕ dans une jarre cylindrique remplie d'eau.
 - On fait tourner 2 h 30' $\rightarrow$ On récupère le passant P au tamis 2 mm.
 - $MD = 100. (P / 500)$
- c - Essai Los Angeles : estime la résistance à la fragmentation par chocs et à l'usure par frottements.
 - se pratique sur les classes granulaires : 4/6,3 6,3/10 ou 10/14
 - On place 5 kg de granulats et 7 à 11 boulets de 417 g $\rightarrow$ dans un tambour muni d'une plaque
 - Lorsque le tambour tourne $\rightarrow$ les granulats et les boulets s'accumulent sur la plaque et retombent ensuite.
 - $LA = 100. (P / 5000)$ avec P : le passant à 1,6 mm.
 - La norme NFP 18541 $\rightarrow LA \leq 40$.