

コンクリート工学 第3回

コンクリート材料(2) 骨材

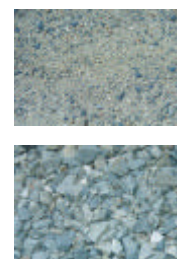


途中と最後に、小テスト有り!!

骨材の種類】

•粒径による分類

細骨材 :10mmふるいを全部とおひ 5mmふるいを質量で85%
以上通過する骨材
粗骨材 5mmふるいに質量で85%以上とどまる骨材

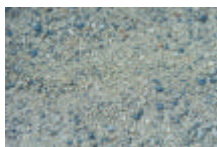


•採取場所、製造方法の違いによる分類

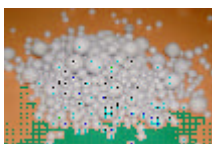
天然骨材 川砂、川砂利
海砂、海砂利
山砂、山砂利

半人工骨材 砕砂
砕石

軽量骨材 高炉スラグ骨材
人工骨材



川砂



人工軽量骨材



砕石

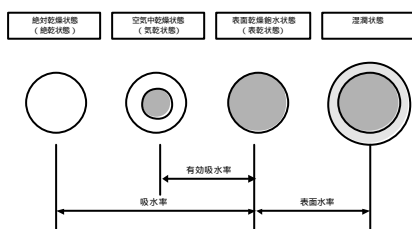
使用箇所	粗骨材の最大寸法(mm)		
	砂利	砕石・高炉スラグ砕石	軽量骨材
柱 はり 床スラブ・ 屋根スラグ 壁	20、25	20	15、20
基礎	20、25、40	20、25、40	15、20

	粗骨材の最大寸法	標準値
鉄筋コンクリート	50mm以下で、部材最小寸法の1/5または鉄筋の最小水平あきの3/4を越えてはならない。	一般の場合25mm、断面の大きい場合40mm
無筋コンクリート	100mm以下で、部材最小寸法の1/4を超えてはならない。	
コンクリート工場製品	30mm以下で、工場製品の最小厚さの2/5または鉄筋のあきの4/5を越えてはならない。	

骨材の物理的性質】

•含水状態

絶対乾燥状態 (絶乾状態)
空気中乾燥状態 (気乾状態)
表面乾燥飽水状態 (表乾状態)
湿潤状態



•吸水率

表乾状態の骨材に含まれる全水量 (吸水量) の、絶乾状態の骨材質量に対する百分率

$$\text{吸水率 (\%)} = \frac{W_s - W_D}{W_D} \times 100$$

ここで、 W_s : 表乾状態の質量
 W_D : 絶乾状態の質量

天然骨材は、3% 以下のものが多い
一般に、吸水率が大きいほど、強度、耐久性は低い

土木学会コンクリート標準示方書
細骨材 :3.5% 以下を標準とする。
粗骨材 :3.0% 以下を標準とする。

•表面水率

表面水量の、表乾状態の骨材質量に対する百分率

$$\text{表面水率 (\%)} = \frac{W - W_s}{W_t - W} \times 100$$

$$W_s = \frac{W_t}{D_s}$$

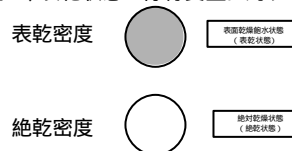
ここで、 W_t 試料の質量(g)
 W 試料で置換された水の質量(g)
 D_s 表乾密度

表 4-2 骨材の表面水率の近似値

	表面水率(%)
ぬれた砂利または砕石	1.5-2
素手にぬれている砂(握ると手のひらがぬれる)	3-8
普通にぬれた砂(握ると形を保ち手のひらにおずかに水分がつく)	2-4
濡った砂(握っても形がすぐくずれ、手のひらにおずかに湿りを感じる)	0.5-2

•密度

表面水量の、表乾状態の骨材質量に対する百分率



土木学会コンクリート標準示方書
細骨材 絶対乾燥密度が2.5 g/cm³以上を標準とする
粗骨材 絶対乾燥密度が2.5 g/cm³以上を標準とする

種類	比重の範囲	備考	
川砂、川砂利	2.5 ~ 2.65	表乾比重	
山砂、山砂利	2.3 ~ 2.5	川砂よりやや軽い	
スラグ粗骨材	2.2 ~ 2.7	工場、製法により異なる	
人工軽量骨材	粗骨材	1.25 ~ 1.3	市販5銘柄 市販5銘柄
	細骨材	1.6 ~ 1.75	
大島火山れき	粗骨材	1.6 ~ 1.9	
浅間火山れき	粗骨材	0.9 ~ 1.0	

•粒度

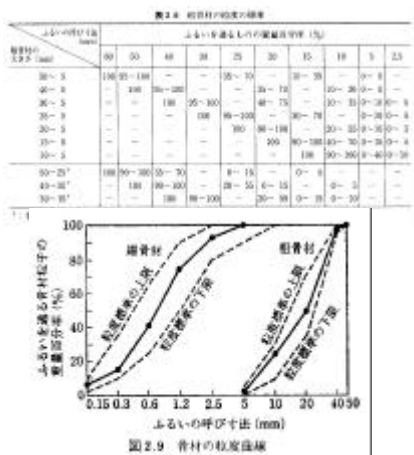
骨材の大小粒が混合している程度

大小粒が適度に混合している骨材は、骨材間の空隙が小さいので、セメントペースト量が少なくて済み、経済的なコンクリートができる。

表 2.5 細骨材の粒度の標準

ふるいの呼び寸法 (mm)	ふるいを通るものの質量 百分率 (%)
10	100
5	90 ~ 100
2.5	80 ~ 100
1.2	50 ~ 90
0.6	25 ~ 65
0.3	14 ~ 25
0.15	2 ~ 10

注：砂利あるいは高炉スラグ粗骨材を単独に用いる場合には、2~15%にしてよい。



•粒形

球に近いほど流動抵抗が少ないので、ワーカビリティがよい。

粒形の良否の判定 実積率
実積率 大 球に近い

$$\text{実積率 (\%)} = \frac{T(100 + q)}{r}$$

ここに、T 絶乾状態の単位質量 (kg/リットル)
q : 吸水率 (%)
表乾密度

•単位容積質量

単位容積あたりの骨材の質量
配合設計や実積率、コンクリートの質量の算出に利用される。

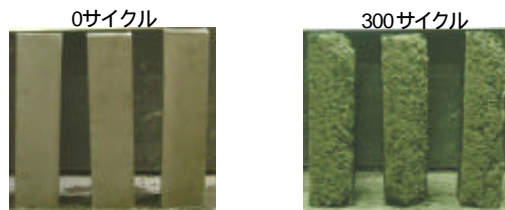
骨材の種類	単位容積質量 (kg/リットル)	実積率 (%)
砂利の最大寸法	25mm	65.4
	20mm	63.5
碎石の最大寸法	20mm	55 ~ 60
砂の粗粒率	3.3 (5mm)	67.3
	2.8 (2.5mm)	65.3
	2.2 (1.2mm)	61.5
人工軽量骨材	20mm粗骨材	0.7 ~ 0.8
	細骨材 (2.5mm)	0.9 ~ 1.2
大島火山れき	20mm粗骨材	0.85 ~ 0.9
浅間火山れき	20mm粗骨材	0.5 ~ 0.55

•耐久性

代表的なもの 耐凍害性

硫酸ナトリウム溶液への浸せき 乾燥の操作を5回繰り返した時の損失質量によって判断する。

細骨材 : 10% 粗骨材 : 12%



【骨材の化学的性質】

アルカリ骨材反応

骨材がコンクリート中でセメントや混和剤などに含まれるアルカリと化学反応を起こす現象

- ・アルカリシリカ反応
- ・アルカリ炭酸塩岩反応

早いもので、3~4年後にひび割れが生じる。

下はコンクリートのひび割れ状況



反応性骨材

アルカリ骨材反応を起こす骨材

【骨材中の有害物質】

塩化物

海砂が問題
コンクリート中に塩化物が混入すると鉄筋が錆びる。

通常は、鉄筋はアルカリ雰囲気中のコンクリートにより保護されている。鉄筋表面に保護膜が生成されている。塩化物イオンは、この保護膜を破壊する。



泥土

粘土 シルトなどからなる微粒物質

泥土量が多いと、コンクリートの単位水量が多くなり、乾燥収縮が大きくなる、ひび割れが発生しやすくなる

泥土が骨材表面に付着していると、セメントペーストとの付着が悪くなり、強度が低下する。

表 2-3 細骨材の有害物含有量の限度の標準（質量％）		表 2-4 粗骨材の有害物含有量の限度の標準（質量％）	
種 別	最大値	種 別	最大値
粘土量	1.0 ¹⁾	粘土量	0.25 ¹⁾
微粒分試験で失われるもの		微粒分試験で失われるもの	0.25 ¹⁾
コンクリートの表面が平滑に劣化する恐れがある場合	3.0 ²⁾	石膏、亜硫酸などで重量1.0g/cm ² の濃塩に浸すもの	1.0 ²⁾
その他の場合	0.0 ²⁾	コンクリートの外観が重要な場合	0.5 ²⁾
石炭、重炭酸などで重量1.0g/cm ² の濃塩に浸すもの	0.5 ²⁾	その他の場合	1.0 ²⁾
その他の場合	1.0 ²⁾		
塩化酸（Cl ⁻ イオン）	0.01 ²⁾		

¹⁾ 試験は、JIS A 1108による骨材の微粒分試験を行った後に行うこととする。
²⁾ 試験は、JIS A 1108による骨材の微粒分試験を行った後に行うこととする。
³⁾ 試験は、スラッグ骨材の場合、微粒分試験で失われるものが石膏であり、粘土、シルトなどを含まないときは、重量を0.01gとし、2%とする。
⁴⁾ スラッグ骨材には適用しない。
⁵⁾ 骨材の絶対質量に対する百分率であり、NaClに換算した値である。

有機不純物

腐食土、泥炭などの中に含まれるフミン酸名その他の有機酸のことをいう

コンクリート中の水酸化カルシウムと反応し、不溶性のフミン酸カルシウムを生成、水和反応を阻害する。

表 4-6 有機不純物の含有判定標準

色	備 考	1:3 硬練りモルタルの7日および28日圧縮強度の低下
無色ないし淡黄色	よいコンクリートに使用できる	0
淡 黄 色	使用できる	10～20%
赤 黄 色	コンクリート強度の小なるとき使用できる	15～30%
淡 赤 褐 色	使用できない	25～50%
暗 赤 褐 色	使用できない	50～100%

不純物	川砂・砂利	山 陸砂・砂利	海砂 砂利	砕石 砂	人工軽・スラグ
有機不純物	-	-	-	-	-
塩分	-	-	-	-	-
泥土	-	-	-	-	-
粘土塊	-	-	-	-	-
石粉	-	-	-	-	-
貝殻	-	-	-	-	-
雲母片	-	-	-	-	-
硫鉄鉱	-	-	-	-	-
硫黄・硫酸物	-	-	-	-	-
軽量異物	-	-	-	-	-
石灰・亜炭	-	-	-	-	-

・悪影響が大きく特に注意を要する
 ・依存が予想される
 ・稀に存在することがある

各種骨材】

高炉スラグ骨材

銑鉄を作る際に生じる高温の溶融した高炉スラグを空气中で徐々冷却し、砕いたもの。細骨材、粗骨材ともある。

高炉スラグ細骨材の種類

種類	粒の大きさ(mm)
5mmスラグ細骨材	5以下
2.5mmスラグ細骨材	2.5以下
1.2mmスラグ細骨材	1.2以下
5～0.3mmスラグ細骨材	5～0.3

軽量骨材

膨張頁岩、膨張粘土、フライアッシュ(火力発電所から生じる燃焼後の微粒炭分)などを主原料として人工的に焼成し製造した構造用人工骨材で、絶対比重が、細骨材の場合1.8未満、粗骨材の場合1.5未満のものをいう。

材料による区分

種類	説明
人工軽量骨材	膨張けつ岩、膨張粘土、焼成フライアッシュ
天然軽量骨材	火山れきおよびその加工品
副産軽量骨材	膨張スラグなどの副産軽量骨材およびそれらの加工品

コンクリートとしての圧縮強度による区分

区分	圧縮強度(N/mm ²)
4	40以上
3	30以上 40未満
2	20以上 30未満
1	10以上 20未満



高強度フライアッシュ人工骨材

骨材の実積率による区分

種 別	モルタル中の細骨材の実積率(%)	粗骨材の実積率(%)
A	50.0以上	60.0以上
B	45.0以上 50.0未満	50.0以上 60.0未満

骨材の絶対比重による区分

種 別	細骨材の絶対比重	粗骨材の絶対比重
L	1.3未満	1.0未満
M	1.3以上 1.8未満	1.0以上 1.5未満
H	1.8未満 2.3未満	1.5以上 2.0未満

骨材の絶対比重による区分

種類	単位容積質量(kg/l)
15	1.6未満
17	1.6以上 1.8未満
19	1.8以上 2.0未満
21	2.0以上

軽量骨材の有害物含有量の限度

試験項目	人工軽量骨材	天然軽量骨材 副産軽量骨材
強熱減量	1%以下	5%以下
三酸化硫黄(SO ₃ として)	0.5%以下	0.5%以下
塩化物(NaClとして)	0.01%以下	0.01%以下
酸化カルシウム(CaOとして)	-	50%以下
有機不純物	試験溶液の色が標準色液より濃くないこと	
安定性	-	20%以下
粘土塊	1%以下	2%以下

・リサイクル資源骨材

再生骨材 :コンクリート塊を粉砕したもの
吸水率による区分(種、種、種)



重量骨材

総乾比重

骨材	じゃ紋岩	磁鉄鉱	砂鉄	鉄	パライト (重晶石)	銅がらみ
比重	2.4~2.7	4.5~5.2	4~5	7~8	4~4.7	3.6前後

表4-9 重量骨材および重量コンクリートの比重の一覧

骨材名	重晶石	褐鉄鉱	磁鉄鉱	鉄片
骨材の比重	4.2~4.7	3.2~4.6	4.5~5.2	7~8
コンクリートの比重	3.3~3.6	2.6~2.7	3.5~3.8	5.5~6.0

表3-14 主な重量骨材の品質

骨材名	重晶石	磁鉄鉱	赤鉄鉱	チタン鉄屑
主成分	BaSO ₄	FeO・Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeTiO ₃
密度(kg/l)	4.4~4.7	4.5~5.2	6.3~6.3	4.0~5.0

熔融スラグ骨材

一般可燃ごみの焼却灰をさらに1500℃程度で
熔融固化したもの



骨材中の鉱物自身の劣化がコンクリートの劣化の原因となるもの

分類	鉱物名	反応形態
	含鉄ブルーサイト コーリンサイト	含鉄ブルーサイトの酸化・炭酸化による膨張を伴う新鉱物の生成
沸石	ローモンタイト レオンハルダイト	乾燥の繰返しによる粉状化
長石	正長石 曹長石	セメント中に放出したK、Naと共存、シリカ鉱物との膨張反応
粘土鉱物	モンモリロナイト サポナイト 加水雲母 イライト 絹雲母 膨潤性緑泥石	吸水膨張乾燥収縮

骨材中の鉱物自身の劣化がコンクリートの劣化の原因となるもの

分類	鉱物名	反応形態
硫化物	黄鉄鉱 白鉄鉱 磁硫鉄鉱 黄銅鉱	酸化して石膏を生成した後、さらに、エトリンサイトを生成し膨張
硫酸塩	石膏 硬石膏 明ばん	セメント中のC ₃ Aと反応して、エトリンサイトを生成し膨張
酸化物	ライム(CaO) ペリクレス(MgO) ウスタイト(FeO)	水和膨張