

4. セメント(その2)

(6) セメントの水和熱と粉末度

水和熱: 最大 $C_3A > C_3S > C_4AF > C_2S$

→ 中庸熱セメントは C_3A の量を減じて、 C_2S の量を増加。

粉末度(セメント粒子の細かさ)、粉末度が大きい(比表面積が大きい)

→ 反応が進みやすい → 強度発現 → 発熱量大

早強セメントの粉末度は普通セメントや中庸熱セメントに比較して大きい。

早強セメントで約 $4,300 \text{cm}^2/\text{g}$ 、普通セメントで約 $3,200 \text{cm}^2/\text{g}$ 程度。

コンクリート中で化学反応するのはセメントのみであり、セメントの発熱量がコンクリート全体の温度上昇に影響する。特にマスキングコンクリートで問題。

(7) セメント水和物の構造

コロイド状であり、硬化したセメントペーストはコロイド粒子の結合体。

コロイド: ある物質が他の物質に混じるときに、直径 $1 \sim 100 \text{nm}$ ($1 \text{nm} = 1 \times 10^{-9} \text{m}$) 程度の大きさの粒子となって均一に分散している状態 → コロイド。分散している粒子 → コロイド粒子。粒子を分散させる物質 → 分散媒。粒子として分散している物質 → 分散質。

(7) セメント水和物の構造(続き)

水和したセメントはゲル状であり、セメントゲルと呼ばれる。

ゲル: コロイド粒子が固体化したもの。セメントゲルは球体ではなくて、繊維状。

例) 1辺が10nmの立方体のコロイド粒子が集まって1cm³の立方体を形成しているとき、コロイド粒子の全表面積はいくらか？

$$\rightarrow N = (0.01 / (10 \times 10^{-9}))^3 = 10^{18} \text{ (個)}$$

$$a = 6 \times (10 \times 10^{-9})^2 = 6 \times 10^{-16} \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\Sigma a = N \cdot a = 6 \times 10^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

単位重さ当たりの表面積を「**比表面積**」という。粉末度が大きいと、比表面積は大。比表面積が大きいと、ファンデルワールス力で表面に大量の分子を吸着する。

ファンデルワールス力: 粒子間に働く引力であり、距離の6乗に反比例する。

繊維状のコロイド粒子は他の粒子と平行になった部分で強く結合するので、一般には網目状構造となっている。



水和したセメントのSEM像の例

5. 骨材 (Aggregate)

(1) 概説

モルタルやコンクリートを製造する際にセメント、水、混和材料とともに混ぜ合わせる材料。

- ・細骨材: 10mmふるいは全部通過し、5mmふるいは質量で85%以上通過する骨材。
- ・粗骨材: 5mmふるいに質量で85%以上留まる骨材。

区分は5mmであるが、厳密には上の定義。

・採取場所による区分

天然骨材 {
川砂・川砂利
海砂・海砂利
山砂・山砂利
天然軽量骨材

人工骨材 {
砕砂・砕石
人工軽量骨材
高炉スラグ

○天然骨材: 川、海、山から産出される砂および砂利。

○川砂・川砂利は流水で洗われており、丸みを帯びている。流水による洗浄により、コンクリート用骨材として最適。

○海砂は粒径がそろっている。→コンクリート用骨材としては不適當。径の異なるものを混合し、粒度を調整する必要あり。そうしないと隣接する骨材間の隙間が大きくなる。

所要のワーカビリティを得るための単位水量、単位セメント量が増加する。

骨材の径は分布している必要がある。

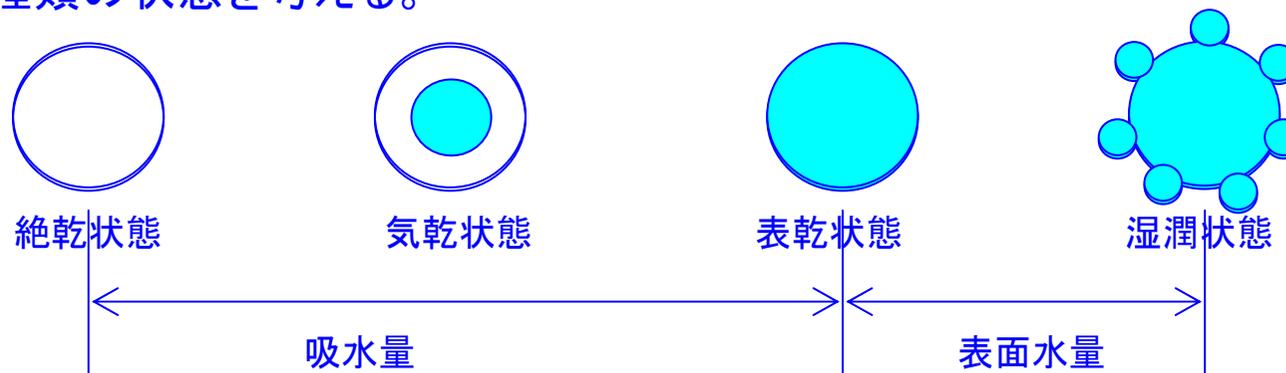
- 海砂は塩分を含んでいる。コンクリート工事に使用する際には、除塩しなければならない。鋼材が腐食する。
- 山砂・山砂利： 一般に粘土、有機物、不純物を含んでおり、骨材としては望ましくない。
- 天然軽量骨材： 火山レキ、火山灰、軽石など。主として耐火材として使用。
- 人工骨材：
 - 砕石・砕砂は、岩石を破砕して人工的に作製される。形状は角ばって、尖っている。ワーカビリティは川砂・川砂利に劣るが、硬化してしまえばその分破壊エネルギーは大きい。
- 人工軽量骨材： 頁岩、粘土などを焼成して作製。構造物の軽量化を図るため。
- 高炉スラグ： 製鉄所の高炉で、鉄鉱石を溶かして銑鉄をとった残りかすとして得られる。主成分は SiO_2 。

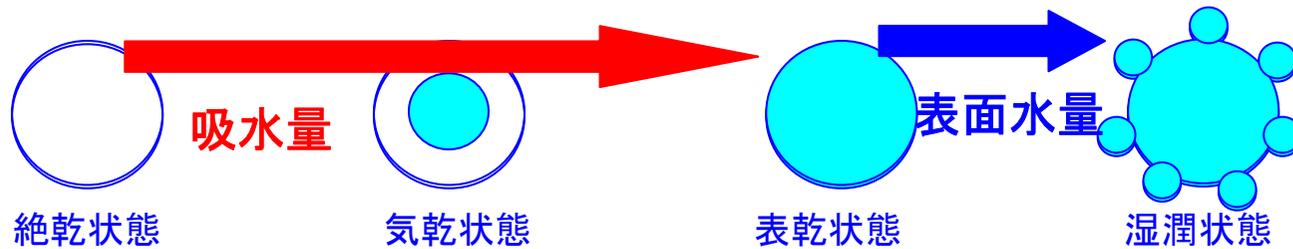
(2)骨材特性を表す指標

工場製品ではないので、各種の指標で性質を表現。

a) 吸水率と表面水率

次の4種類の状態を考える。





○絶乾状態： 骨材を炉乾燥して、骨材内部の水分まで完全に乾燥させた状態。

○気乾状態： 骨材を室内に放置したような場合で、骨材表面は乾燥しているが、骨材内部の空隙の一部には水が存在している状態（骨材中の細孔が濡れている状態）。

○表乾状態： 骨材の表面には水が付着していないが、骨材内部は完全に水で満たされている状態

○湿潤状態： 骨材内部は完全に水で満たされ、骨材表面にも水が付着している状態

【解説】

このような区分はコンクリートの配合設計を行う際に必要となる。一般に骨材は「湿潤状態」にある。この状態の骨材を計量すると一部は水を含むことになる。表面水量により、単位水量と単位骨材量を補正する必要がある。

【解説】

吸水量の大きな骨材は、一般に内部空隙の大きい品質の低い骨材である。粗骨材は細骨材に比較して比表面積が小さく、その結果、表面水量も少ない。また乾燥も速いので、一般には表乾状態にあると考えてよい。

【解説】

吸水量： 表乾状態の骨材がその内部に吸収している水量。

表面水量： 表乾状態からさらに骨材表面に付着している水量。

【解説】

吸水量の大きい骨材を、絶乾状態から十分に乾燥させないで使用すると、コンクリートの練混ぜ時に吸水によって水分を取られ、コンクリートが固くなって、流動性を失う場合がある。逆に、表面水量の大きな骨材を補正しないで練り混ぜると、水分の量が増えて、材料分離を起こしたり、強度が不足するコンクリートが出来たりするので注意。

【定義】

吸水率： 絶乾状態の骨材質量に対する吸水量の割合。

表面水率： 表乾状態の骨材質量に対する表面水量の割合。

b) 密度

・空隙を含まない石質だけの密度：「真密度」。

・骨材中の空隙も含んだ見かけの密度：「絶乾密度」、「表乾密度」。一般には表乾密度を使用する。

○表乾密度の例 (g/cm³)： 砂岩： 2.0～2.6(平均2.5)、石灰石： 2.6～2.7(平均2.65)など。

・単位容積質量： 1リットルの容器に骨材を詰めたときの質量。骨材の粒子が球形に近いほど、また粒度が適切であるほど大きくなる。絶乾状態の骨材を用いて単位容積質量を測定し、これを絶乾密度で割った百分率を「実積率」 solid content in aggregate という。