

## 第2回 フレッシュコンクリートの性質

### 1. 性状を表す用語

#### (1) コンシステンシー

変形あるいは流動に対する抵抗性の程度で表されるフレッシュコンクリート、フレッシュモルタルまたはフレッシュペーストの性質。

#### (2) ワークアビリティ

コンシステンシーおよび材料分離に対する抵抗性の程度によって定まるフレッシュコンクリート、フレッシュモルタルまたはフレッシュペーストの性質であって、運搬、打込み、締固め、仕上げなどの作業の容易さを表す。

#### (3) プラスティシティ

容易に型に詰めることができ、型を取り去るとゆっくり形を変えるが、くずれたり、材料が分離したりすることのないような、フレッシュコンクリートの性質。

#### (4) フィニッシュアビリティ

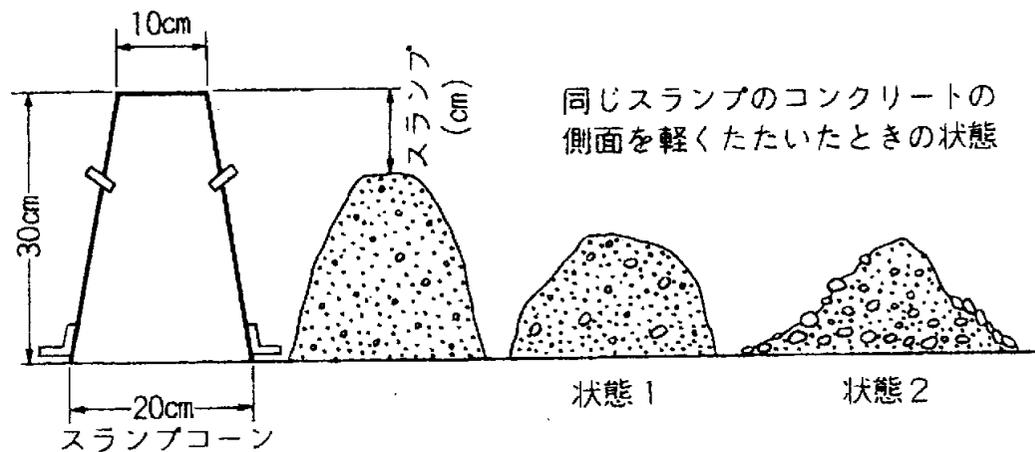
粗骨材の最大寸法、細骨材率、細骨材の粒度、コンシステンシー等による仕上げの容易さを示すフレッシュコンクリートの性質。

## 2. コンシステンシーに影響する要因

- (1) 単位水量
- (2) 細骨材の粗粒率
- (3) コンクリートの空気量
- (4) セメントの粉末度
- (5) コンクリートの温度
- (6) 細骨材率 (s/a)

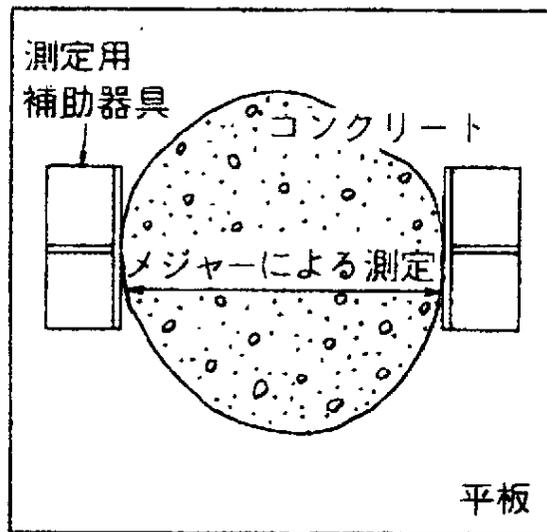
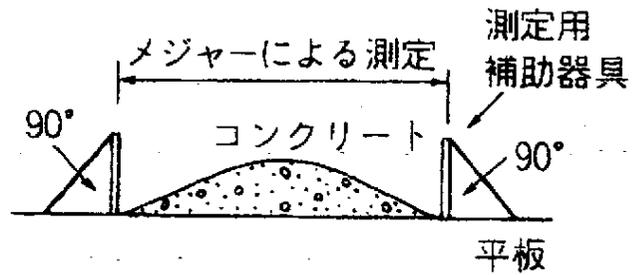
## 3. コンシステンシーの測定方法

- (1) スランプ試験



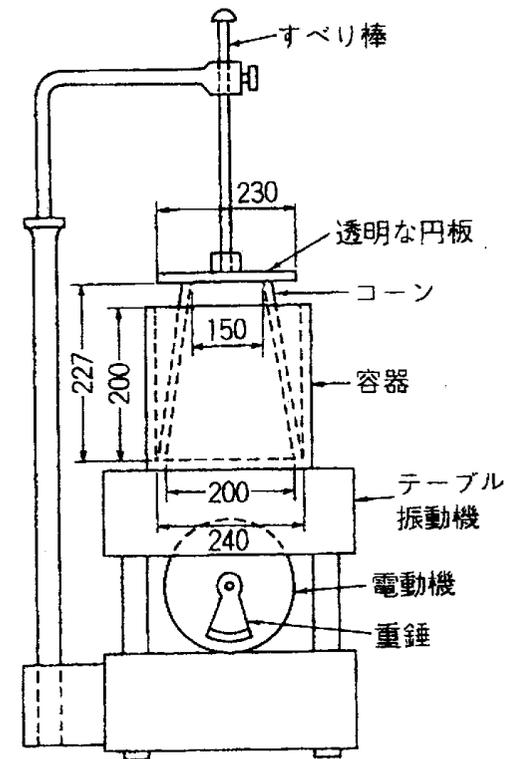
### 3. コンシステンシーの測定方法 (つづき)

#### (2) スランプフロー試験



#### (3) 振動台コンシステンシー試験

#### (4) VB試験



(単位: mm)

### 3. コンシステンシーの測定方法 (つづき)

#### (3) 振動台コンシステンシー試験 (つづき)

#### (4) VB試験 (つづき)

試験方法	対象	振動数 (rpm)	振幅 (mm)	振動の 加速度 (g)	測定項目
振動台式コンシステンシー試験 (JSCE-F501)	舗装コンクリート	1500	0.4	1	所定の変形に要する振動時間
VC試験 (国土開発技術研究センター、道路協会)	RCDコンクリート、 転圧コンクリート 舗装	3000	1.0	10	所定の締固め度(モルタルの上昇)を得るための振動時間
供試体成形機による 超硬練りコンクリートの コンシステンシー 試験 (全国コンクリートブ ロック協会)	即時脱型方式の 製品ブロック用コ ンクリート	4500	0.5	11	所定の振動時間における充填率
VB試験 (BS-1881 Part104)	硬練りコンクリート一般	3000	0.35	3.5	所定の変形に要する振動時間

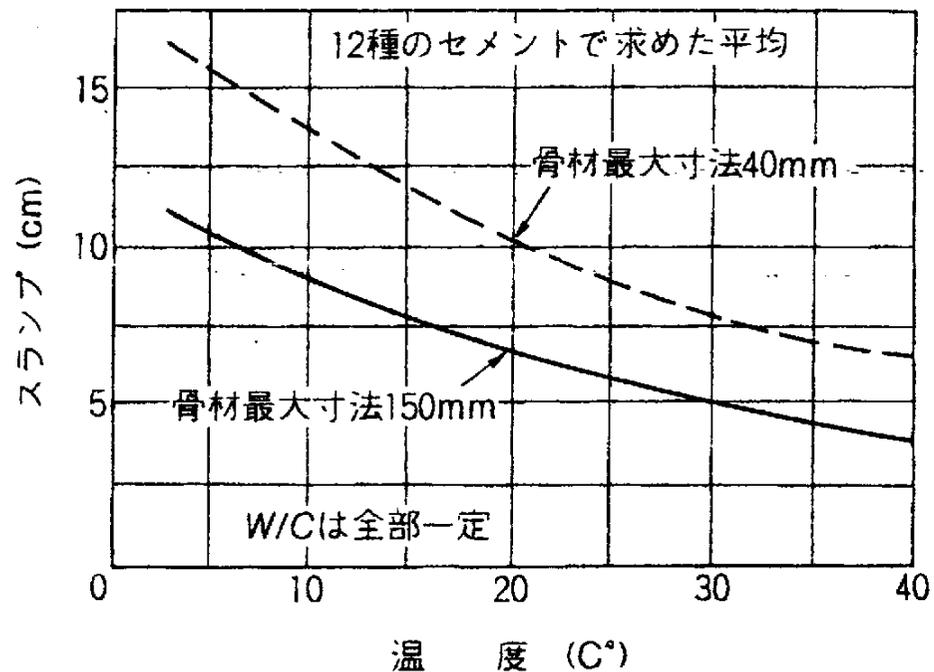
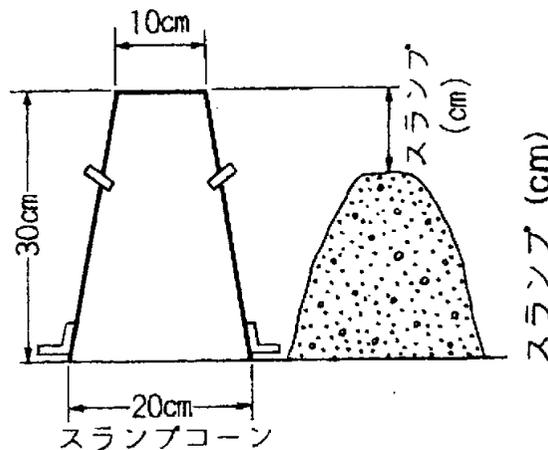
## 4. スランプ

3.(1)にて、求められる。

コンクリートは練混ぜ後、時間の経過に伴って水和反応が進展するためにスランプが低下し、ワーカビリティは悪くなる。その程度は、配合、使用混和剤の種類、外気温、湿度等によって変化する。

一般に、気温が高いと、スランプロスも大きくなる。

単位水量の1.2%の増減によってスランプは1cm増減する。



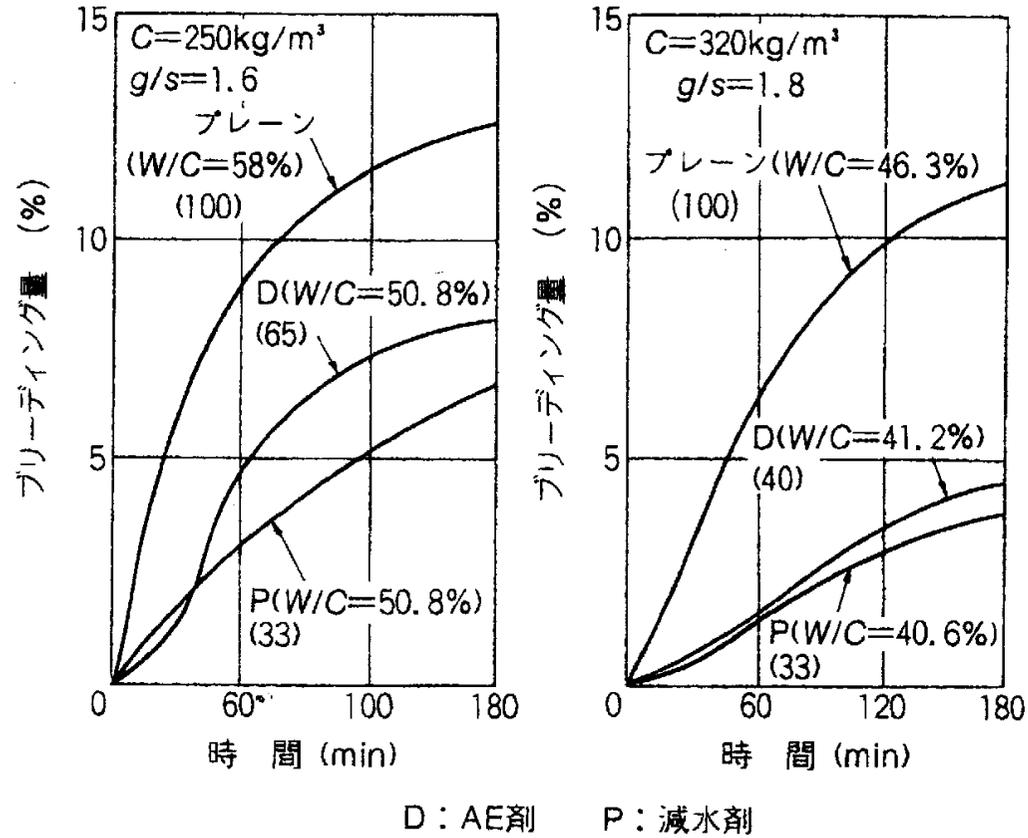
## 5. ブリーディング、材料分離

**ブリーディング**: フレッシュコンクリート、フレッシュモルタルまたはフレッシュペーストにおいて、水が上昇する現象。

**材料分離**: コンクリートに粘りがなくなり、モルタルあるいはペーストと骨材の一体性がくずれ、分離する現象。

- ・ 単位水量が多くなると、水の分離すなわちブリーディングの生ずる割合が大となる。
- ・ 取り扱いによる分離は、コンクリート塊の落下速度、粒子の径および比重の差が大きいほど促進される。
- ・ 単位骨材量が増えたり、また粗骨材の最大寸法が大きくなると、単位粗骨材量が増大し分離の傾向が大となる。
- ・ 単位水量の増加はブリーディングを大きくする。
- ・ スランプを小さくすると単位水量が少なくなり、ブリーディングが減少する。
- ・ ブリーディング量は、セメントの水和速度やコンクリートの打込み速度など種々の因子に関係するが、1回の打込み高さが高いほど大きく、温度が低いほど水和が遅れるため、ブリーディングの継続時間は長くなる。

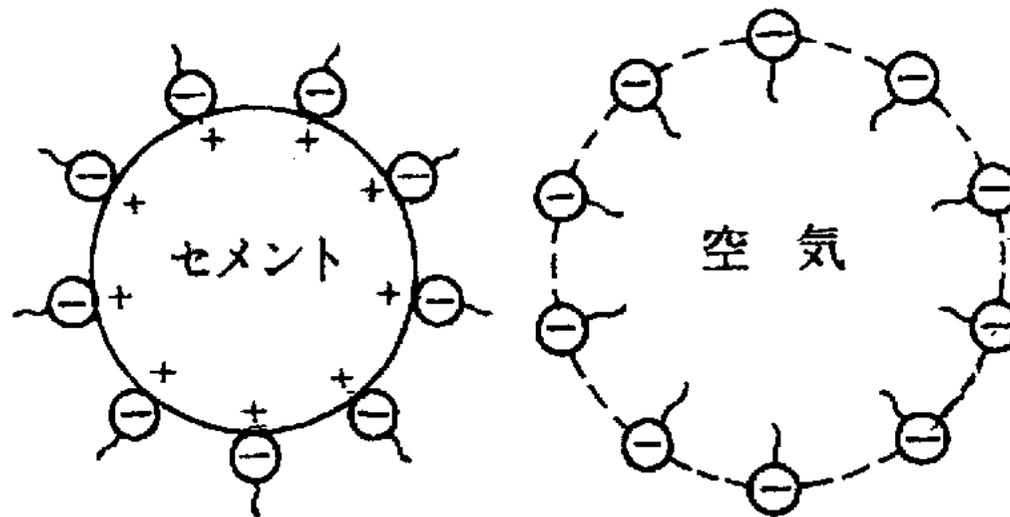
## 5. ブリーディング、材料分離(つづき)



## 6. 凝結

凝結に関しては、前回資料も参照すること。ここでは、混和剤の凝結遅延効果について記述する。

**AE減水剤**：親水基（-）がセメント粒子表面に並ぶことにより、セメントを分散させ減水効果を発揮する。そのため、減水率を大きくしようとして多量添加すると、空気量が増大するほか、セメント表面が炭素鎖で覆われることになり、水和反応が阻害され、凝結が遅れる



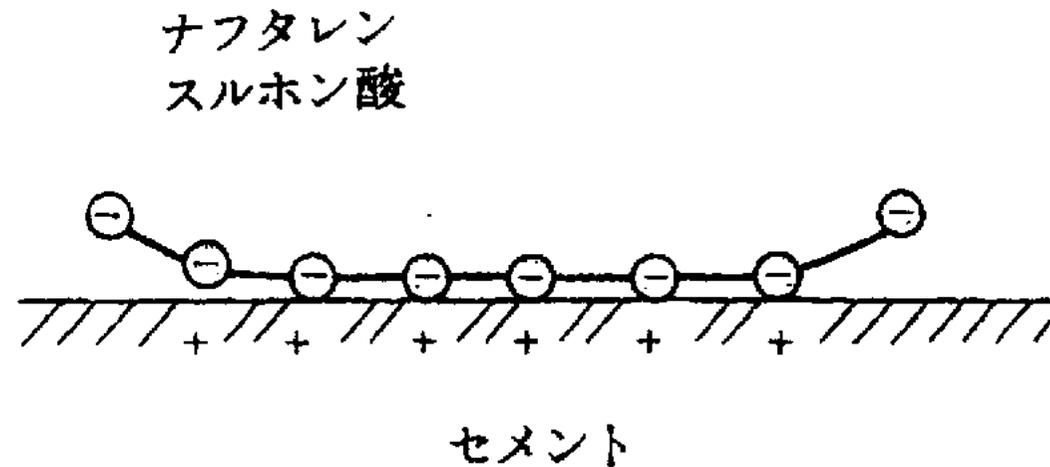
アニオン基



## 6. 凝結

凝結に関しては、前回資料も参照すること。ここでは、混和剤の凝結遅延効果について記述する。

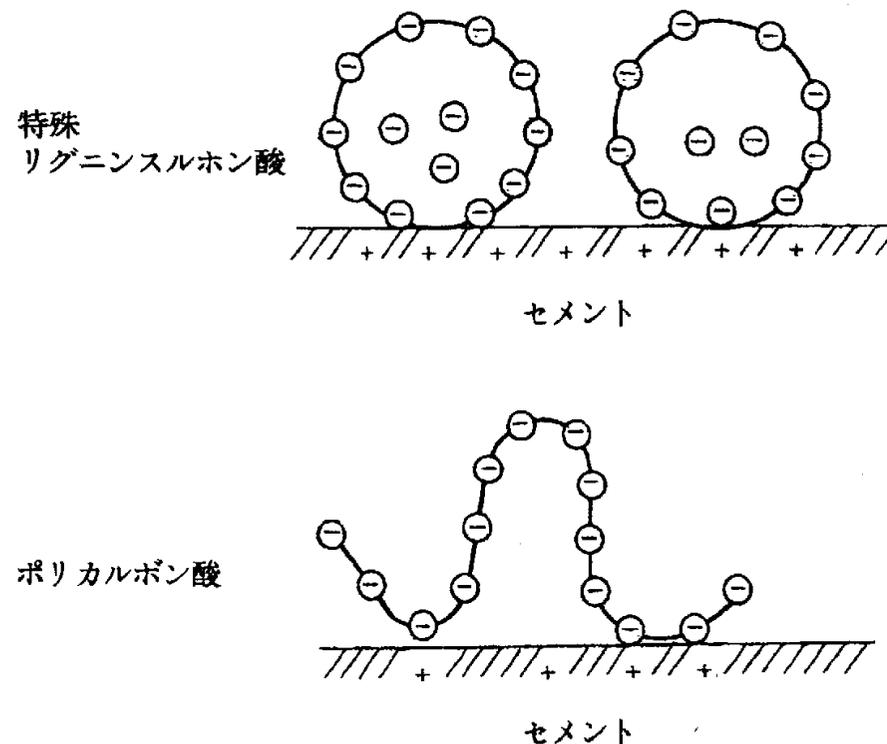
**高性能減水剤**：水中ではすべて(-)となっている。そのため、空気連行性はなく、またセメント粒子は親水基(-)で覆われることとなり、比較的凝結遅延の程度は低い。



## 6. 凝結

凝結に関しては、前回資料も参照すること。ここでは、混和剤の凝結遅延効果について記述する。

**高性能A E減水剤**：その分子の形状により、セメント水和物の結晶が分子の外側まで発達するのに要する時間を長くするように工夫したもの、またはコンクリート中で徐々に分解し(+)の頭を出したセメント水和物に減水剤として吸着するように工夫したものを高性能減水剤に添加したもの。



## 7. 空気量

**エントレインドエア** (entrained air) : AE剤、AE減水剤等の表面活性作用によってコンクリート中に生じる微小な独立した気泡、連行空気ともいう。

**エントラップトエア** (entrapped air) : 混和剤を用いなくても、コンクリート中に自然に形成される気泡。

- ・ 粉体の量、あるいはセメントが細かくなる（比表面積が大きくなる）と、空気量は減少する。
- ・ 気泡径の大きい空気の方が散逸しやすい。
- ・ 細骨材の0.15～0.6mmの粒が大きくなると、AE剤による連行空気量は増加する。
- ・ コンクリートの温度が10℃上昇すると、空気量は一般に1～2%少なくなる。
- ・ ミキサによっても異なるが、練混ぜ開始後3～5分程度で空気量は最大となり、その後は徐々に減少する。

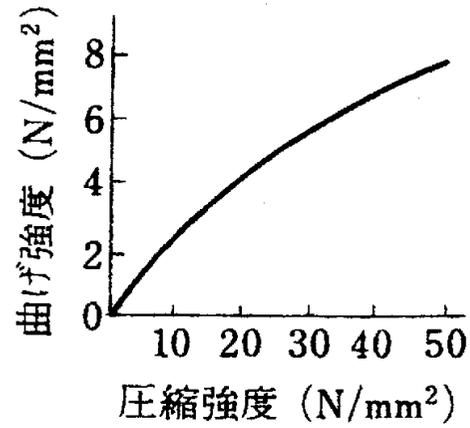
## 第2回 硬化コンクリートの性質

### 1. 強度・ヤング係数・ポアソン比

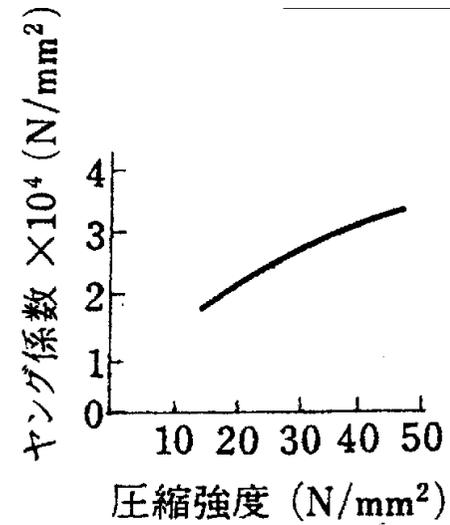
#### (1) 圧縮・引張・曲げ強度

試験名	圧縮強度試験 [JIS A 1108]	曲げ強度試験 [JIS A 1106]	割裂強度試験 [JIS A 1113]
載荷方法 (予想されるひび割れも示した)			
応力分布			
計算式	$f'_c = \frac{4P}{\pi d^2}$	$f_b = \frac{Pl}{bh^2}$	$f_t = \frac{2P}{\pi dl}$
供試体	円柱供試体 ( $h/d=2$ ) ( $d > 3G_{\max}$ )	梁供試体 ( $h=l/3$ ) ( $h > 3G_{\max}$ )	円柱供試体 ( $d < l < 2d$ ) ( $d > 4G_{\max}, 15\text{cm}$ )

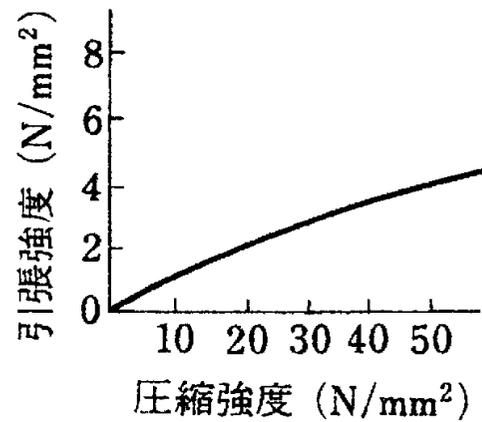
$G_{\max}$  : 骨材の最大寸法



図IV-6.1 曲げ強度と圧縮強度の関係



図IV-6.2 ヤング係数と圧縮強度の関係



図IV-6.3 引張強度と圧縮強度の関係

## (2) 静弾性係数と動弾性係数

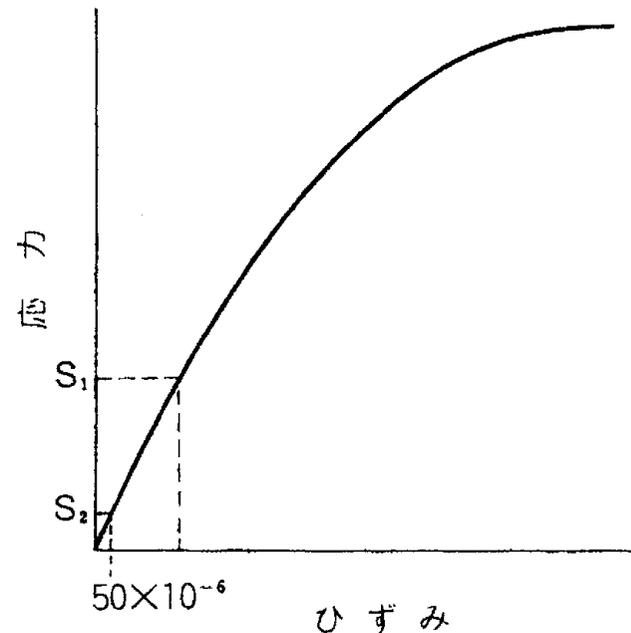
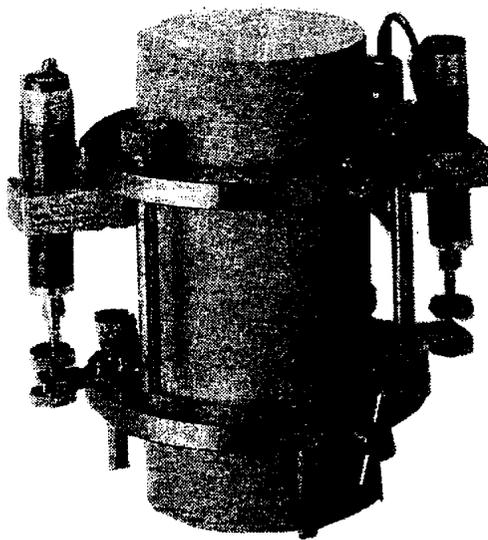
静弾性係数（ヤング係数） $E_c$ は、コンクリート部材のたわみ等の変形を算定する場合や、測定したひずみから応力を推定する場合に用いられる。計測は、通常、圧縮強度試験と同時に行われる。

強度が大になれば $E_c$ は大となる。

骨材のヤング係数が大きいほど $E_c$ は大となる。

コンクリートが水で飽和しているときの $E_c$ は乾燥しているときの $E$ より大きい。

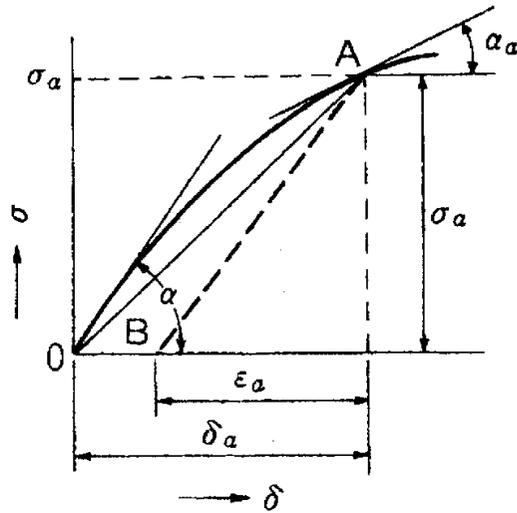
応力が大きいほど $E_c$ は小となる。



コンクリートの静弾性係数  
(ヤング係数)

$$E_c = \frac{S_1 - S_2}{\varepsilon_1 - 50 \times 10^{-6}}$$

(2) 静弾性係数と動弾性係数(つづき)



減力曲線からの純弾性変形をとった弾性係数

$$E_e = \sigma_a / \varepsilon_a$$

割線弾性係数： $E_s = \sigma_a / \delta_a$

初期接線弾性係数： $E_i = (d\sigma/d\delta)_{\sigma=0} = \tan \alpha$

接線弾性係数： $E_t = (d\sigma/d\delta)_{\sigma=\sigma_a} = \tan \alpha_a$

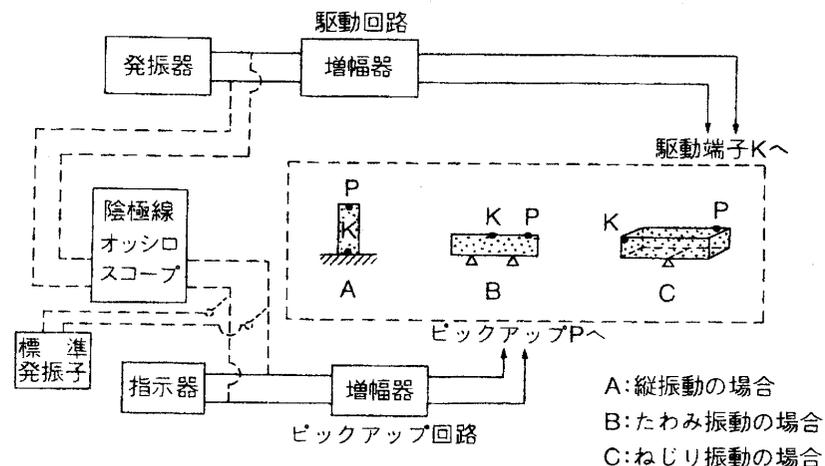
(2) 静弾性係数と動弾性係数(つづき)

動弾性係数 $E_D$ は、コンクリートの共振振動数またはコンクリート中を伝播する超音波の速度を測定することにより求められる。物体がHookeの法則に従う場合には静弾性係数も動弾性係数も同一であると考えられるが、コンクリートは不完全弾性体であり、共鳴のような応力0付近の測定で、しかも短時間で変化する応力であるため、動弾性係数は初期接線係数よりも幾分大きな値となる。

縦振動の場合

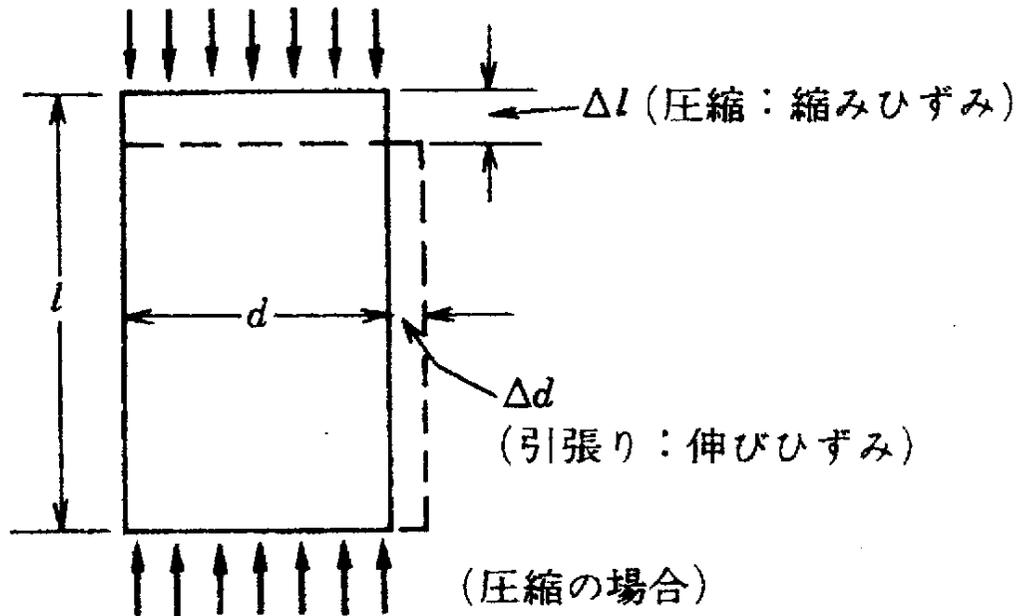
$$E_D = 4.00 \times 10^{-3} \frac{L}{A} m f_1^2 \quad (\text{N/mm}^2)$$

ここに $E_D$ : 動弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>)、 $m$ : 供試体の質量 (kg)、 $f_1$ : 縦振動の1次共鳴振動数 (Hz)、 $L$ : 供試体の長さ (mm)、 $A$ : 供試体の断面積 (mm<sup>2</sup>)



### (3)ポアソン比

応力を受けて縦ひずみが生じると同時に横方向にもひずみが生じる。この両者のひずみの比をポアソン比という。コンクリートは、およそ0.2である。



$$\text{ポアソン比 } \nu = \left| \frac{\Delta d / d}{\Delta l / l} \right| = \left| \frac{\epsilon_d}{\epsilon_l} \right|$$

$$\text{ポアソン数 } m = \frac{1}{\nu}$$

## 2. 耐久性

一般に、コンクリート構造物の耐久性とは、劣化に対して抵抗し、要求される力学的ならびに機能的な性能を保持しうる能力のことをさす。

コンクリートの耐久性を低下させる劣化原因としては、アルカリ骨材反応、塩害、化学的侵食、中性化などの化学的なものと、凍害、すりへりなどの物理的なものがある。

### (1)アルカリ骨材反応

アルカリ骨材反応とは、コンクリート中の細孔溶液中における水酸化アルカリ(KOHやNaOH)と、骨材中のアルカリ反応性鉱物との間の化学反応をいう。反応生成物(アルカリ・シリカゲル)の生成や吸水に伴う膨張によってコンクリートにひび割れが発生する現象も含めてアルカリ骨材反応という場合も多い。

アルカリ骨材反応には、アルカリ炭酸塩岩反応、アルカリシリカ反応、アルカリシリケート反応があるが、日本国内では、そのほとんどがアルカリシリカ反応(ASR)である。

ASRが進行すると、コンクリート構造物には、ひび割れ、ゲルの染み出し、部材のずれや移動等の劣化が生じる。無筋コンクリートでは、亀甲状のひび割れが生じ、鉄筋コンクリート構造物では主筋軸方向にひび割れが発生する。

ASRによりひび割れが生じててもコンクリート構造物や部材の耐力がただちに低下するわけではないが、凍害や化学的侵食に対する抵抗性が低下し、コンクリート中の鋼材が腐食する可能性が増大する。

## (1)アルカリ骨材反応(つづき)

ASRによるコンクリートの有害な膨張は、1)ある量の反応性骨材が存在すること、2)細孔中に十分な水酸化アルカリ溶液が存在すること、3)コンクリートが多湿または湿潤状態に保たれていること、という3つの条件が成立して初めて起こる。

コンクリート中のアルカリの主な供給源はセメントであり、セメント原料の粘土鉱物などから $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ がもたらされる。セメント量が多くなりすぎる配合はASRにとって不利となる。

ASRによる膨張には水分あるいは湿分が必要であり、雨や水分の影響を受けやすい打放しの構造物や、内部の水分が乾燥しにくいマッシブな構造物にASRによる損傷が生じやすい。

### アルカリ骨材反応に対する対策

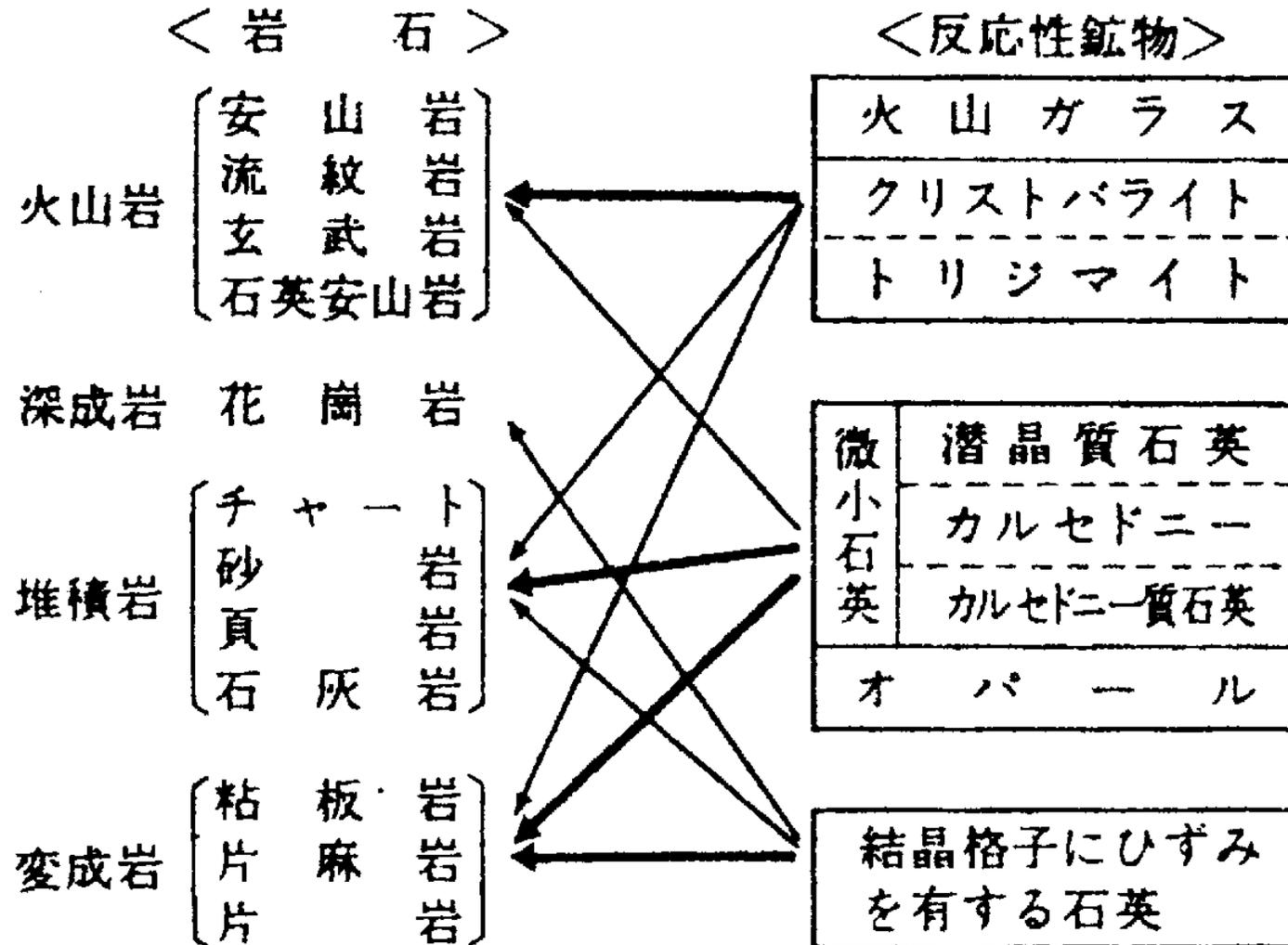
ASRに関し無害と判定された骨材を使用する。

低アルカリ形のポルトランドセメント( $\text{Na}_2\text{O}$ 当量0.6%以下)を使用する。

コンクリート $1\text{m}^3$ 当たりのアルカリの総量を $\text{Na}_2\text{O}$ 当量で $3.0\text{kg}$ 以下とする。

高炉セメント、またはフライアッシュセメントのそれぞれB、またはC種でASRの抑制効果が確認されたものを用いる。

(1)アルカリ骨材反応(フブキ)



## (2)塩害

塩害とは、コンクリート中に塩化物が存在し鋼材（鉄筋やPC鋼棒など）が腐食することによって、コンクリート構造物に損傷を与える現象をいう。

密実なコンクリートでは、アルカリ性が高く鋼材表面に緻密な不動態皮膜（腐食抑制作用のある薄膜であり、鉄の酸化物またはオキシ水酸化物でできている）が生じ、一般に鋼材は腐食しにくい。

コンクリート中に塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)が一定量以上存在すると、不動態皮膜は部分的に破壊され鋼材は腐食しやすくなる。

ひび割れが生じると、酸素と水の供給は容易となり腐食は加速され、かぶりコンクリートの剥落や鋼材断面積の減少による部材耐力の低下に至る場合がある。

### 塩害に対する対策

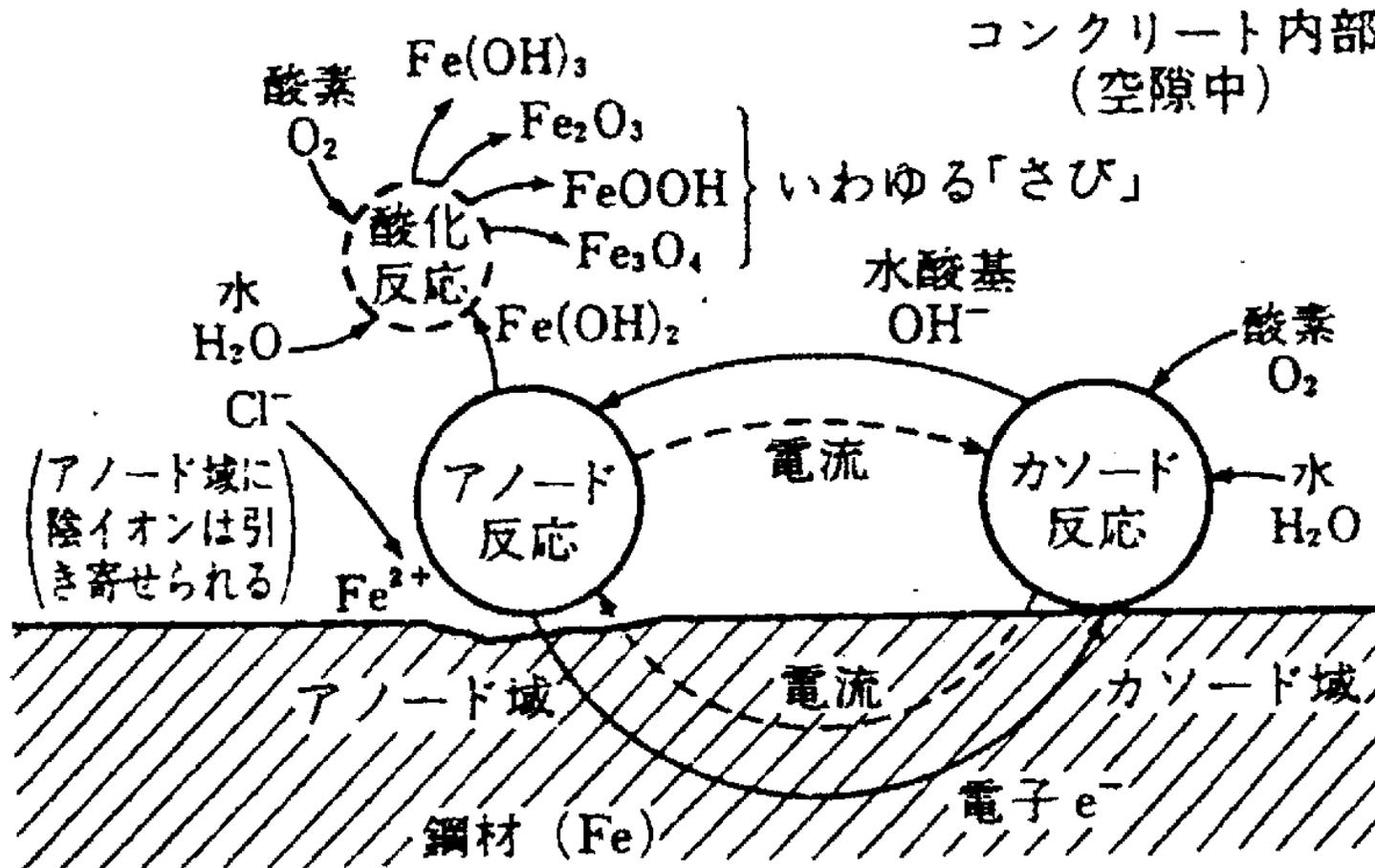
コンクリート中の塩化物イオン量を少なくする。

密実なコンクリートとする。

かぶりを十分とりひび割れ幅を小さく制御する。

樹脂塗装鉄筋の使用やコンクリート表面にライニングする。

(2) 塩害(つづき)



### (3)中性化

中性化とは、空気中の炭酸ガスの作用を受けて、コンクリート中の水酸化カルシウムが徐々に炭酸カルシウムになり、コンクリートがアルカリ性を失うことをいう。



鉄筋の周囲を包んでいるコンクリートが中性化し、水や空気が浸透してくると鉄筋がさび、構造物の耐荷性や耐久性が損なわれる。

コンクリートの中性化に影響する因子としては、水セメント比、セメントと骨材の種類、混和材料などがあげられ、密実なコンクリートほど中性化速度は遅い。

環境条件として、一般に炭酸ガス濃度が高いほど、湿度が高いほど、温度が高いほど中性化速度は速くなる。ただし、著しく乾燥している場合には中性化は進みにくい。

#### 中性化に対する対策

かぶりを大きくしたり、気密性の吹付け材を施工する。  
タイル、石張りなどの仕上げ施工をおこなう。

#### (4)凍害

コンクリートに含まれている水分が凍結すると、水の凍結膨張（約9%）に見合う水分がコンクリート中を移動し、その際に生ずる水圧がコンクリートの破壊をもたらす。

吸水率の大きい軟石を用いたコンクリートでは、凍結時に骨材自身が膨張し、表面のモルタルをはじき出すことがある（ポップアウト）。

コンクリートの耐凍害性は、空気量ときわめて密接に関係する。同一空気量の場合、気泡が小さく、したがって気泡間隔係数が小さいほど耐凍害性は増大する。

#### 凍害に対する対策

凍結融解の繰返し作用に対するコンクリートの耐久性（耐凍害性）を増大させる最も重要な要素は、AE剤あるいはAE減水剤を使用して適正量（粗骨材の最大寸法に応じ3～6%）のエントレインドエアを連行することである。エントレインドエアの気泡は、コンクリートの硬化後も水で満たされることなく、凍結時の移動水分の逃げ道となる。

(4)凍害(つづき)

