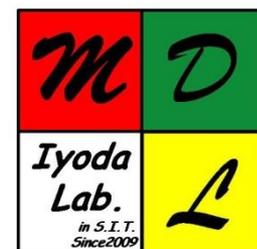


講義ノート

マテリアルデザイン 第九回 ～各種コンクリート(2)～

その他のコンクリート

マテリアルデザイン研究室
伊代田

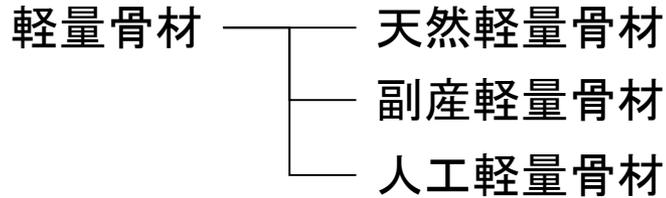


コンクリート標準示方書(土木学会)とJASS5(建築学会)における特殊コンクリート

特殊コンクリート名	示方書	JASS5
寒中コンクリート	施工標準12章	12節
暑中コンクリート	施工標準13章	13節
膨張コンクリート	2章	—
軽量コンクリート	3章(軽量骨材)	14節
連続繊維補強コンクリート	4章	—
短繊維補強コンクリート	5章	—
高流動コンクリート	7章	16節
高強度コンクリート	6章	17節
マスコンクリート	施工標準14章	21節
吹付けコンクリート	8章	—
プレパックドコンクリート	9章	—
水中コンクリート	10章	24節
海水の作用を受けるコンクリート	11章(海洋)	25節

特殊コンクリート名	示方書	JASS5
流動化コンクリート	—	15節
水密コンクリート	—	23節
遮蔽用コンクリート	—	22節
住宅基礎用コンクリート	—	29節
無筋コンクリート	—	30節
凍結融解作用を受けるコンクリート	—	26節
エコセメントを使用するコンクリート	—	27節
再生骨材コンクリート	—	28節
プレストレストコンクリート	12章	19節
鋼コンクリート合成構造	13章	18節(鋼管充填)
工場製品(プレキャスト)	14章	20節
その他	舗装コンクリート ダムコンクリート	

軽量コンクリート



普通骨材と比較して吸水率が大きく、フレッシュコンクリートや硬化コンクリートの品質に大きな影響を及ぼす場合がある。

1. 骨材自身の強度が低いため、圧縮強度に限界
2. ポンプ圧送時の圧力吸水による管内閉塞やスランプ低下、耐凍害性低下
3. 施工性向上のため、プレウェッティング(プレソーキング)させるが耐凍害性低下

種類

- ①細・粗骨材とも軽量骨材を用いる
- ②細骨材の一部または全部に普通骨材を用いる
- ③粗骨材の一部または全部に普通骨材を用いる

コンクリート種	用いる骨材		設計強度 最大値	気乾単位容 積質量
	粗骨材	細骨材	N/mm ²	t/m ³
軽量コンクリート1種	人工軽量骨材	砂・砕砂など	36	1.7～2.1
軽量コンクリート2種	人工軽量骨材	人工軽量骨材または これに普通骨材を加 えたもの	27	1.4～1.7

(JASS5)

コンクリート種	用いる骨材		単位容積質量
	粗骨材	細骨材	t/m ³
軽量骨材コンクリート1種	軽量骨材または 一部普通骨材	普通骨材	1.6～2.1
軽量骨材コンクリート2種	軽量骨材または 一部普通骨材	軽量骨材または 一部普通骨材	1.2～1.7

(コンクリート示方書)

コンクリート示方書では“軽量骨材コンクリート”と呼ぶ

配(調)合

耐凍害性、ワーカビリティ向上を目的にAEコンクリートとする。

JASS5

- a) 次式により気乾単位容積質量を推定して計画調合を定める。

$$Wd = G_0 + S_0 + S'_0 + 1.25C_0 + 120 \quad (\text{kg/m}^3)$$

- b) 空気量は5.0%を標準とする。
 c) 必要に応じて水セメント比を小さくする。
 (単位セメント量の最小値: 320kg/m³、水セメント比: 55%以下)

示方書

- a) 耐凍害性に対する性能の設定は相対動弾性係数の最小限界値とする。
 b) 水セメント比を規定値より5%以内少ない値とし、空気量は5~8%とすることで照査に代えることができる。

(コンクリート示方書)

	気象作用が激しい場合または凍結融解が繰り返される		気象作用が激しくない場合、氷点下となることがまれ	
	薄い場合	一般の場合	薄い場合	一般の場合
連続してまたはしばしば飽和	85 (55)	70 (60)	85 (55)	60 (65)
普通の露出状態で、(1)に属さない	70 (60)	60 (55)	70 (60)	60 (65)

数字は相対動弾性係数、()内は所要の相対動弾性係数を満足するための最大水セメント比

高流動コンクリート

定義

(JASS5およびコンクリート示方書)

振動締め固め作業を行わなくても、材料分離を生じさせることなく、コンクリートを型枠等の隅々まで充填することが可能な_____を有するコンクリート

フレッシュ時の材料分離抵抗性を損なうことなく流動性を著しく高めたコンクリート

開発目的: 構造物の信頼性向上とともに、打ち込み作業の合理化、過密配筋構造物の充填性の改善

「高流動コンクリートの材料・調合・製造・施工指針(案)同解説」

(建築学会施工指針)

「高流動コンクリートの施工指針」

(土木学会施工指針)

種類

流動性・・・高性能AE減水剤(高性能減水剤)

材料分離抵抗性・・・水粉体比または増粘剤

- (1) 粉体系高流動コンクリート: 水粉体比の減少(粉体量増加)により実現
- (2) 増粘剤系高流動コンクリート: 増粘剤により実現
- (3) 併用系高流動コンクリート: 水粉体比の減少と増粘剤の併用により実現

性質

a) フレッシュコンクリート

流動性

×

材料分離抵抗性

- ①スランプフローの経時変化は、製造方法や運搬時間、コンクリート温度により変化するため、事前に確認が必要。
- ②スランプフロー保持性能が優れると、コンクリート凝結時間は長くなる傾向にある。
- ③粉体量が多い場合は、ブリーディングは一般のコンクリートに比べて少ない。

b) 強度

粉体系

併用系

粉体に水和活性を有するものを使用すると高強度コンクリートに近くなる

増粘剤系

粉体系

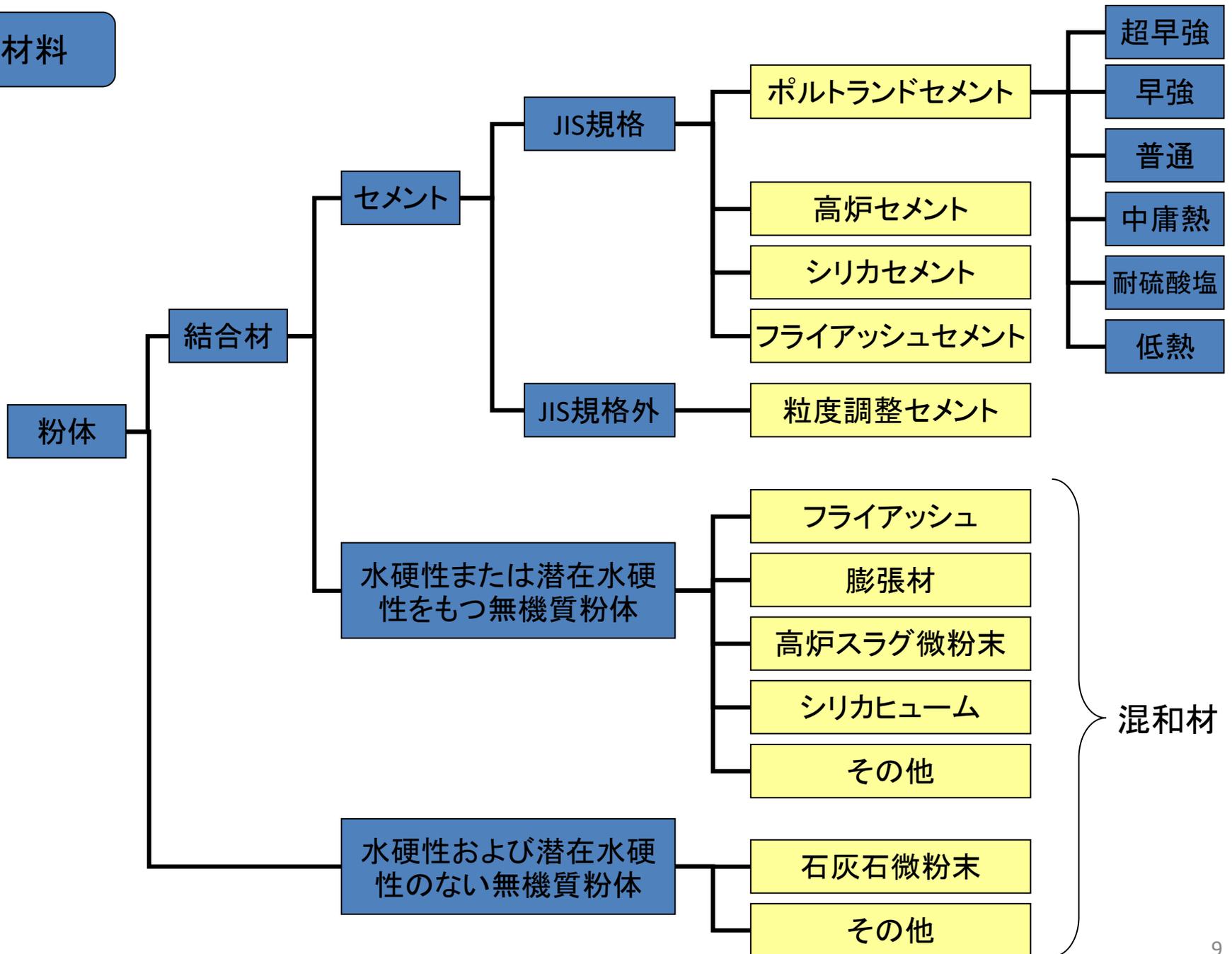
併用系

粉体に石灰石微粉末などを用いると普通コンクリートと同等

c) 耐久性

一般に水結合材比が小さく設定されているため、耐久性は向上する。
しかし・・・ 自己収縮は使用する粉体の種類によっては大きくなるので注意！

材料



混和剤

- 高性能AE減水剤の使用が不可欠
- 増粘剤(分離低減剤)の使用
 - これらには相性があるので注意

配(調)合

型枠内に打ち込まれる直前のコンクリートが、自己充填性を満足する。

製造・施工

- 1) 細骨材の表面水率変動を極力小さくすることが重要！
表面水率として 細骨材:5%以下、粗骨材:1%以下
- 2) 施工時の
自由流動距離が _____ 程度(JASS5)
最大自由落下高さが _____ 程度以下、最大水平流動距離が8~15m以下
(コンクリート示方書)

高強度コンクリート

定義

コンクリート標準示方書

JASS5

設計基準強度_____N/mm²程度の高強度コンクリートに必要な性能の設定と照査を明記

設計基準強度が_____N/mm²を超えるコンクリートを高強度コンクリート

性質

- a) フレッシュコンクリート
水セメント比が小さいため、粘性が高く、材料分離の少ない、均一なコンクリートとなる。
- b) 力学的特性
高強度化するほど弾性的、脆性破壊的な挙動となる。
- c) 耐久性
一般に普通コンクリートと同等または向上する。自己収縮が大きくなるため収縮ひび割れの発生する可能性がある。なお、組織が緻密であるため、火災時に表面が爆裂しやすく、普通コンクリートに比べて耐火性が劣るといわれる。

材料

a) セメント

普通ポルトランドセメントや低熱ポルトランドセメントもしくは中庸熱ポルトランドセメントを用いることが多い。また、高強度用として、シリカヒュームをプレミックスしたセメントや、高炉スラグ微粉末とシリカヒュームをプレミックスしたセメントが市販されている。

b) 骨材

一般に強度が高く、均質・堅硬なものがよい。またアルカリ骨材反応に対応して、アルカリシリカ反応性試験で無害と判定されたものを推奨する。

c) 混和剤

高性能AE減水剤もしくは高性能減水剤を使用するのが一般的。

d) 混和材

シリカヒューム、高炉スラグ微粉末、フライアッシュなどは高強度を得やすく、高い耐久性を付与するため、使用される。特に高強度(100N/mm²強)の場合はシリカヒュームが不可欠である。

マスコンクリート

定義

コンクリート標準示方書

JASS5

部材あるいは構造物の寸法が大きく、セメントの水和熱による温度の上昇を考慮して設計・施工しなければならないコンクリート

部材断面の最小寸法が大きくかつセメントの水和熱による温度上昇で有害なひび割れが入るおそれがある部分のコンクリート

マスコンクリートとして取り扱う構造物の部材寸法の目安
スラブ：厚さ80~100cm以上、壁：厚さ50cm以上

問題点

部材断面の大きいコンクリート構造物はセメントの水和熱が蓄積され、内部温度が上昇する。このような内部温度の上昇ならびに以後の冷却により、応力が発生し温度ひび割れが発生しやすい。

マスコンクリートの温度上昇は、コンクリート自体の発熱特性(断熱温度上昇特性)、コンクリートの熱的特性、部材形状・寸法、外気温などの影響を受ける。

$$Q(t) = Q_{\infty} (1 - e^{-\gamma t})$$

温度上昇速度係数

t日における断熱温度上昇量

終局温度上昇量

断熱温度上昇に及ぼす要因

セメント種、単位セメント量、打ち込み温度

$$I_{cr}(t) \geq \gamma_{cr}$$

ひび割れ発生確率に係わる安全係数

ひび割れを防止したい

1.75以上

ひび割れの発生を制限したい

1.45以上

ひび割れは許容するが、ひび割れ幅が過大にならないよう制御

1.0以上

ひび割れ指数

$$I_{cr}(t) = \frac{f_{tk}(t)}{\sigma_t(t)}$$

材齢t日における引張強度

材齢t日における最大主引張応力度

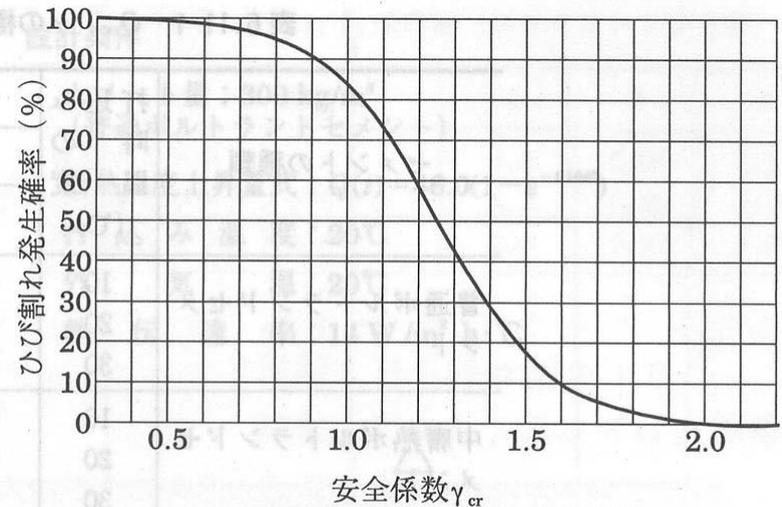
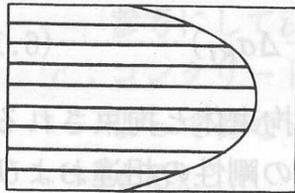


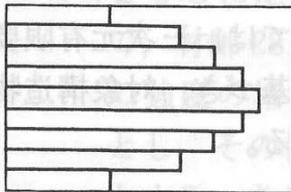
図 6.11-1 安全係数とひび割れ発生確率(コンクリート示方書)

温度ひび割れ

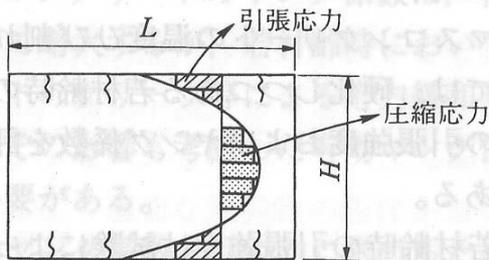
①コンクリートの表面と内部の温度差から生じる_____作用



(a) 温度分布

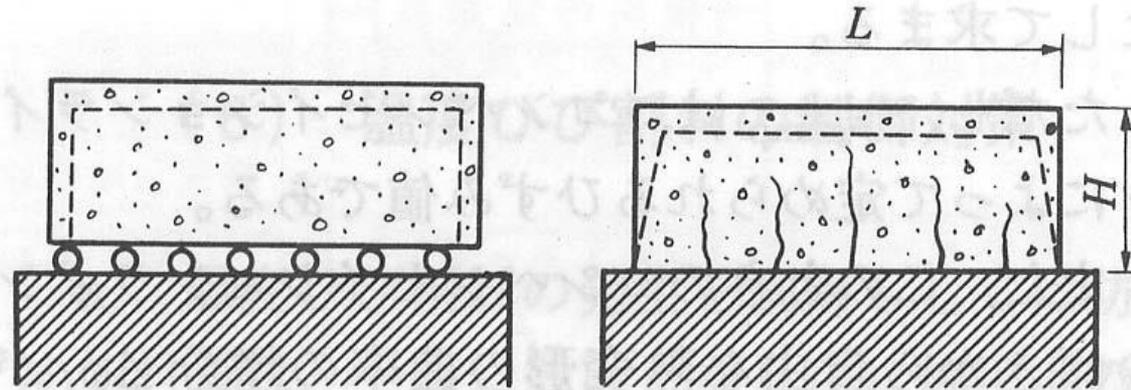


(b) 部材を切断し互いの拘束を解除した場合のひずみ分布



(c) 部材内のひずみを等しくした場合の拘束応力分布

②コンクリート全体の温度が硬化するときの収縮変形が既設コンクリートや岩盤などによる_____作用



(a) 拘束がない場合

(b) 拘束のある場合

材齢がある程度進んだ段階に発生する貫通ひび割れ

初期の段階に発生する表面ひび割れ

対策

配(調)合、コンクリートの打ち込み温度、継ぎ目、打ち込み、養生、温度管理

- ① コンクリートの温度上昇を小さくする。
- ② 発生する温度応力を小さくする。
- ③ 発生する温度応力に対して抵抗力を付ける(引張強度増加)

セメント

低熱ポルトランドセメント
中庸熱ポルトランドセメント
低発熱型セメント
(高炉スラグ微粉末やフライアッシュを比較的
多量に混和した混合セメント)

その他

- 化学混和剤(遅延形)
- 粗骨材の最大寸法を大きく
- 練り上がり温度を低く
(プレクーリング)
- 打ち上がり高さを低く
- パイプクーリング

流動化コンクリート

定義

あらかじめ練り混ぜられたコンクリート(ベースコンクリート)に流動化剤を添加し、攪拌して流動性を増加させたコンクリート

問題点

通常のAEコンクリートに比べて、スランプの経時低下(スランプロス)が大きい。

注意点

流動化剤は同時添加より後添加の方が効果が大きい。

細骨材の0.3mmあるいは0.15mm以下の微粒分が不足すると流動化後分離しやすくなり、ブリーディング過多となる。

流動化コンクリートは、流動化後20~30分以内で打ち込みを完了することが望ましい。

水中コンクリート

コンクリート標準示方書

一般の水中コンクリート
水中不分離性コンクリート
場所打ち杭および地下連続壁

JASS5

場所打ち鉄筋コンクリート杭
鉄筋コンクリート地中壁

一般の水中コンクリート

連続して打ち込む
トレミーもしくはコンクリートポンプを用いる

通常より粘性に富む配合、配合強度を大きく取る

水セメント比: 50%以下
単位セメント量: 370kg/m³以上

静水中に打ち込む(流速は5cm/s以下)
水中を落下させてはならない
すでに打ち込まれたコンクリートに30~50cm程度埋め込む

水中不分離性コンクリート

水中不分離性混和剤

材料分離を生ずることなく、高い充填性やセルフレベリング性を発揮する。

普通コンクリートに比べて

- (1) 水の洗い作用に対する抵抗性が高く、水中で落下させても分離しにくい。
- (2) ブリーディングはほとんど生じない。
- (3) 凝結時間は、5~10時間程度遅延する。
- (4) 乾燥収縮量は20~30%大きいいため、常時水中にある構造物に適用。
- (5) 耐凍害性が低いため、凍結融解を受ける地域では使用不可。

打ち込みは静水中(流速5cm/s程度以下)で、水中落下高さは50cm以下
水中移動距離は5m以下
ポンプ圧送時は、圧送負荷が2~3倍、打ち込み速度は1/2~1/3程度となる

場所打ち杭・地下連続壁

スランプ:	18~21cm(コンクリート示方書) 21cm以下(JASS5)
水セメント比:	55%以下(コンクリート示方書) 場所打ち杭では60%以下・地下連続壁では55%以下(JASS5)
単位セメント量:	350kg/m ³ (コンクリート示方書) 場所打ち杭では330kg/m ³ 、地下連続壁では360kg/m ³ (JASS5)

かぶりは大きく、10cm以上を推奨(示方書)

打ち込みに先立ち、スライムの除去を行う。

打設はトレミーが原則。トレミー先端はコンクリート中に2m以上挿入しておく。

計画面よりコンクリートを盛り上げる余盛り高さは50cm以上(示方書)、50~100cm(JASS5)

フレックドコンクリート

型枠の中にあらかじめ特定の粒度を持つ粗骨材を投入しておき、粗骨材の間隙に特殊なモルタル(注入モルタル)を注入してつくるコンクリート

特徴

- i) 鋼材、旧コンクリートとの付着強度が大きい。
- ii) 乾燥収縮が小さい。
- iii) 長期強度が大きい。

海水の作用を受けるコンクリート

海水に接するコンクリートおよび波浪、海水飛沫あるいは潮風の作用を受けるコンクリート

コンクリート示方書では、平成11年版の耐久性照査の導入により「海洋コンクリート」は特殊コンクリートから除外された。

海水による劣化

- (1) 塩化物イオンの浸透に起因する鋼材の腐食
- (2) 海水成分の化学作用などによるコンクリート自体の劣化
- (3) 波浪、凍結融解などの物理作用によるコンクリート表面の損傷

(1) 塩化物イオンの浸透に起因する鋼材の腐食

飛沫帯 \geq 干満帯 $>$ 海上大気中 $>$ 海中

(2) 海水成分の化学作用などによるコンクリート自体の劣化

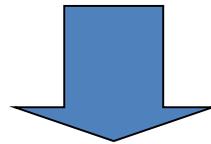
コンクリートに有害な塩類: 硫酸マグネシウム(MgSO_4)、塩化マグネシウム(MgCl_2)

— MgSO_4 は最も有害。水和生成物である $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と反応して石膏と $\text{Mg}(\text{OH})_2$ を生成し、体積膨張する。さらに石膏はエトリンガイトを生成し体積膨張する。

— MgCl_2 は $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と反応し、水溶性の塩化カルシウムを形成し、組織を多孔質とする。

(3) 波浪、凍結融解などの物理作用によるコンクリート表面の損傷

大きな波浪によりひび割れの発生や表面摩耗が起こる



材料

一般に、高炉セメントB種、普通ポルトランドセメントが用いられる。
中庸熱ポルトランドセメント(C_3A が少ない)
高炉セメント・フライアッシュセメント($\text{Ca}(\text{OH})_2$ 生成量が少ない)
耐硫酸塩セメント

ダムコンクリート

コンクリートダムの形式

コンクリートダム

フィルダム

重力式ダム

中空重力式ダム

バットレス式ダム

アーチダム

ダムコンクリートは、ダムの構造の安全性を機能を維持するために必要な強度、耐久性、水密性および単位容積質量を持ち、品質のバラツキが小さいもの

ダムコンクリートの特徴

- (1) 非常に大量のコンクリートを打ち込む
- (2) マスコンクリートであるため、セメントの水和熱によるひび割れが生じやすく、温度制御対策を必要とする。
- (3) コンクリートの打ち込みは、三次元に広く移動して行う。
- (4) 工事期間が長期である。
- (5) 自然環境の中で行われ、環境保全への配慮が大切となる。
- (6) 構造物の安全性は極めて重要であり、品質管理を万全に行う。

材料

使用するセメントは水和熱が小さく、長期間にわたって強度が増進することが望ましい。

中庸熱ポルトランドセメント

高炉セメントB種、フライアッシュセメントB種、C種

中庸熱ポルトランドセメント＋フライアッシュ30%内割置換(MF30)

低熱ポルトランドセメント(ビーライトを高含有)

混合剤の比率が高い混合セメント、三成分混合セメント など

配合

	有スランプコンクリート	RCD用コンクリート
スランプ	2~5cm	VC試験で管理
粗骨材最大寸法	一般に150mm	一般に80mm(施工性容易)
単位水量	90~125kg/m ³	80~100kg/m ³
単位結合材量	140~160kg/m ³	120~130kg/m ³

繊維補強コンクリート

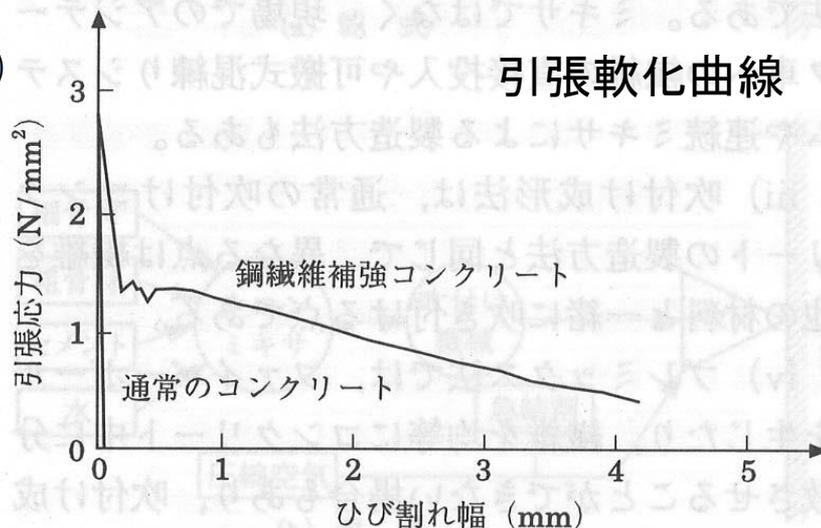
概要

不連続の短い鋼繊維をコンクリート中に均一に分散させることによって、ひび割れに対する抵抗性、じん性、引張強度、曲げ強度、剪断強度ならびに耐衝撃性を大幅に改善

実績例:トンネルの一次ライニング、のり面の安定処理、補修・補強工事、トンネルの二次覆工コンクリート、ひび割れ防止のための壁塗りモルタルなど

繊維補強コンクリートには、鋼繊維の他に、ガラス繊維、炭素繊維、アラミド繊維、ビニロン繊維、ポリプロピレン繊維も利用される。

特徴



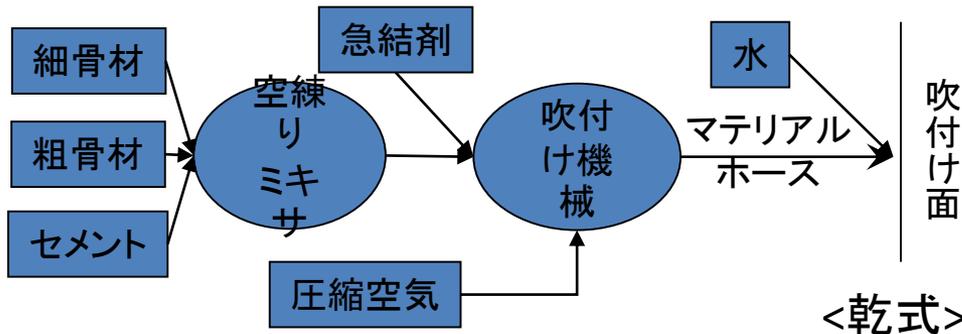
配合

繊維混入率が2%以上になると練混ぜに支障をきたし、コンクリート中への一様な分散が困難になる。

吹付けコンクリート

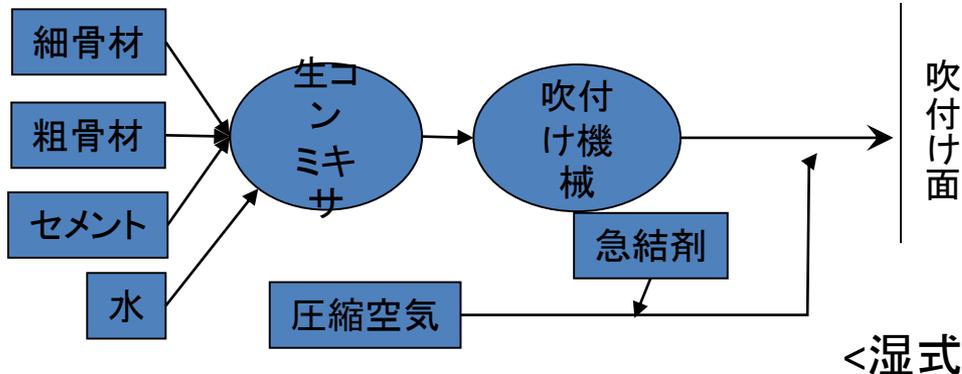
圧縮空気によって打込み箇所に吹き付けて施工するコンクリートで、型枠を使用することなく広い面積に比較的薄いコンクリート層を施工

トンネルや地下構造物の支保部材のライニング、掘削法面の保護・補強、コンクリート構造物の補修・補強、鋼材の耐火被覆剤、断面補修材など



- 吹付け機械からノズルまでの圧送距離を長くとれる
- 施工可能な配合に制約が少ない
- コンクリートを練混ぜてから吹き付けるまでの時間が長くとれる

- 施工能力が小さい
- 粉塵やリバウンドが多い



- 粉塵やリバウンドが少ない
- 吹付けられたコンクリートの品質が安定

- 吹付け機械からノズルまでの圧送距離が短い
- 設備規模が大きい
- 吹き付けるまでの時間に制約がある

吐出量の増大、粉塵やリバウンドの低減化

→ 湿式による施工が大半

材料

セメント

- 普通ポルトランドセメントが標準 高炉セメントB種も使われることもある
- 補修用に早強ポルトランドセメント、超早強ポルトランドセメント
- 耐火被覆用にアルミナセメント

骨材

- 細骨材: 粒子が粗いとリバウンドが多くなり、細かいと管内閉塞をおこす
→ 粗粒率は2.3~3.1程度
- 粗骨材: 最大寸法は10~15mm程度

混和剤

凝結や早期強度を増進させる急結剤を必ず使用(我が国では粉体系が主流)

混和材

- ポンプ圧送性や高強度化・・・ シリカヒュームを混入
- 水和熱抑制や単位水量抑制・・・ 高炉スラグ微粉末、フライアッシュを混入
- 繊維の混入 → 鋼繊維補強コンクリート(ポリプロピレン繊維も多用)

プレストレストコンクリート

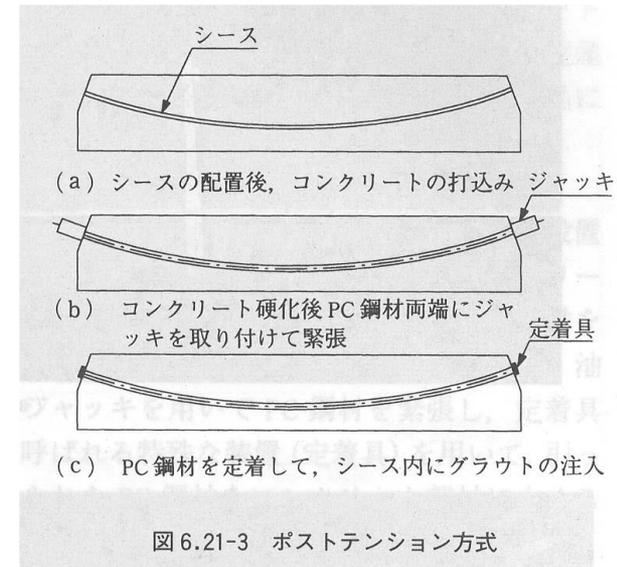
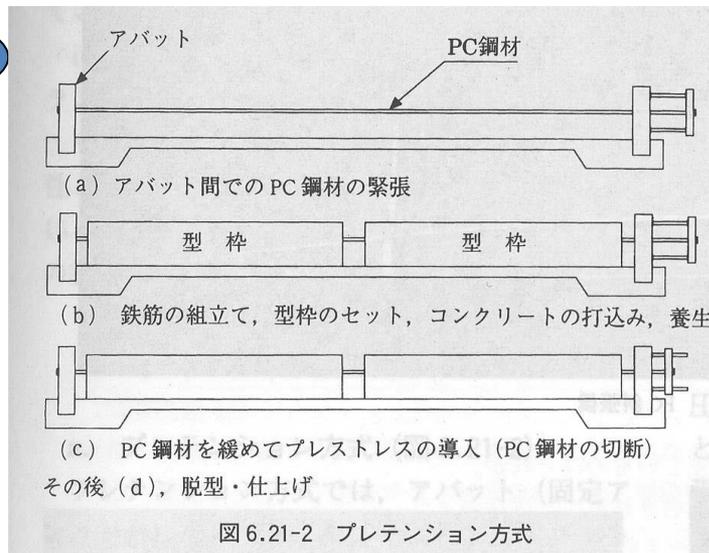
概要

あらかじめ引っ張られたPC鋼材をコンクリートに埋め込み、コンクリートに定着すると、引っ張られたPC鋼材は元に戻ろうとしてコンクリートに圧縮力を与える。この圧縮力の強さをプレストレスという。

材料

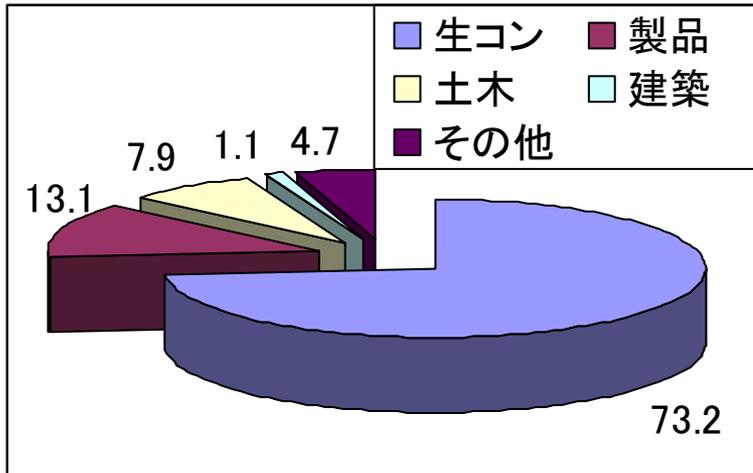
- セメントは、所定材齢に強度発現を得られるよう、早強ポルトランドセメントの利用が多い。
- PC鋼材の腐食防止のために、骨材に含まれる塩化物量が少ないこと。
- 設計基準強度は $35\sim 50\text{N/mm}^2$ と比較的高強度。

製作方法



コンクリート製品

コンクリートの製造設備が整備された工場、または建設現場に設置された仮設工場において、十分な品質管理のもとで継続的に生産された標準仕様のプレキャストコンクリート部材。
(工場の製造設備によって、製造されたものを称することが多い。)



国内のコンクリート製品に使用されるセメントは、全生産量の約13%程度で欧米諸国では20%前後であることからまだ伸びる可能性あり

- (1) 品質のバラツキが非常に小さく、高品質でかつ安定した製品
- (2) JISにより標準化されているものが多く、設計資料や製品の入手が容易
- (3) 生産計画通りに製造可能
- (4) 現場での建設作業は機械化が容易
- (5) 現場における施工期間の大幅な短縮
- (6) 全体的なコストダウンが可能

コンクリート製品のJIS規格

2004年3月に新JISの制定

基本規格群(グループⅠ)

構造別製品規格群(グループⅡ)

用途別性能・推奨仕様規格群(グループⅢ)

基本規格群

種類
設計
材料・製造
試験方法
検査方法

構造別製品規格群

無筋コンクリート(URC)製品
鉄筋コンクリート(RC)製品
プレストレストコンクリート(PC)製品

除外:

建築用コンクリート製品

視覚障害者用誘導コンクリート製品

「粗骨材の最大寸法は40mm以下とし、工場製品の最小厚さの2/5以下で、かつ鋼材の最小空きの4/5を越えてはならない。」(コンクリート標準示方書)

配合

一般的には 水セメント比50%以下、スランプ2~10cm程度の硬練り・富配合コンクリート

水セメント比: 無筋コンクリート: 65%以下
鉄筋コンクリート: 55%以下
プレストレストコンクリート: 45%以下

空気量: 4.5±1.5%

塩化物イオン量: 無筋コンクリート: 0.60kg/m³以下
その他: 0.30kg/m³以下

成型

- 振動締固め
- 遠心力締固め・・・回転の振動による締固め効果と遠心力による水分の絞り出し
- 加圧締固め・・・加圧による自由水の絞り出し

養生

- 促進養生
- 常圧蒸気養生
 - オートクレーブ養生(高温高圧蒸気養生)

水密コンクリート

水槽、プール、地下室などの圧力水が作用するような特に水密性を要求される構造物へ適用

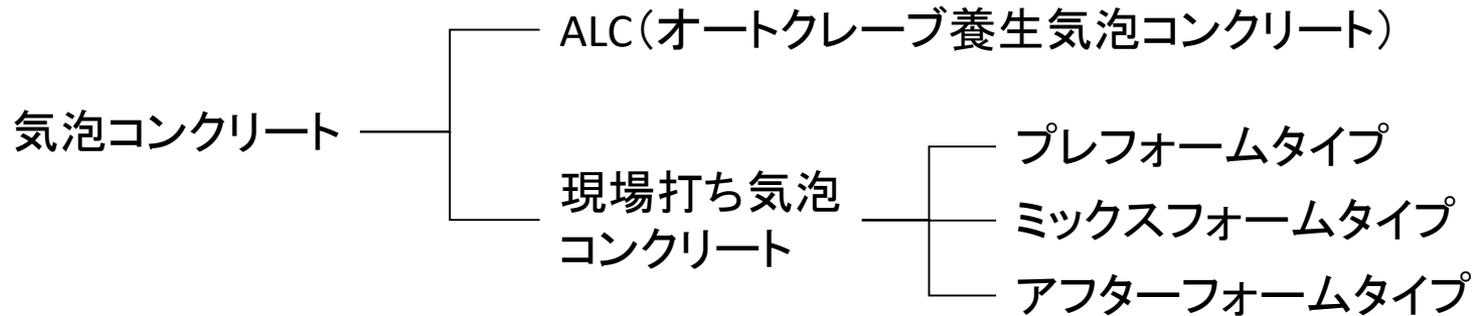
- ① 粗骨材最大寸法が小さく、実績率の高いものを用いる。細骨材率を大きくする。
- ② 単位水量を小さくする。
- ③ 水セメント比を小さくする。

フライアッシュ、高炉スラグ微粉末、シリカヒュームなどの
珪物質微粉末は水密性の改善に有効
膨張性混和材を用いて収縮ひび割れの発生を防止

十分な初期湿潤養生を行う。
養生期間は一般の場合より2日間以上延長(JASS5)

気泡コンクリート

人為的に多量の気泡を混入または発生させて製造するコンクリート



プレフォームタイプ

蛋白質系物質、表面活性剤などを高速攪拌し、皮膜の強い気泡を作っておき、セメントスラリーに混合

ミックスフォームタイプ

AE剤のような起泡剤を混入し練り混ぜる過程で気泡を発生させる方法

アフターフォームタイプ

アルミニウム粉末を混入することで、セメント中のアルカリと反応して水素ガスを発生させる方法

ALC (Autoclaved Light-Weight Concrete)

石灰質原料と珪酸質原料を主原料とし、水、発泡剤(Al粉末)を加えて多孔質化し、オートクレーブ養生したもの(水素ガスの発生による発泡性)

遮蔽用コンクリート

放射線を遮蔽する目的で施工されるコンクリートで、その遮蔽効果は遮蔽体の密度と厚さの積にほぼ比例することから、単位容積質量の大きなコンクリートが要求される。

ーセメント

強度が高いことより、乾燥収縮が少なく、発熱量の少ないものがよい

ー骨材として

磁鉄鉱、バライト(重晶石)、砂鉄など

ースランプ

所要スランプは15cm以下(JASS5)

ー水セメント比

60%以下(JASS5)

無筋コンクリート

建築で、土間、フーチング下の捨てコンクリート、地盤改良用コンクリートなど

品質は、構造物の性能に影響を及ぼすので、品質基準強度は18N/mm²とする(JASS5)