

## コンクリート工学 第11回

### 各種コンクリート(2)

- ・高強度コンクリート
- ・高流動コンクリート
- ・ポーラスコンクリート
- ・繊維補強コンクリート

**途中と最後に、小テスト有り！！**

### 【高強度コンクリート】

設計基準強度 $60\text{N/mm}^2$ 以上のコンクリート  
(高強度コンクリート設計施工指針(案)による)  
cf. 普通コンクリート  $30\text{N/mm}^2$

平成15年12月20日、JIS改正 (JIS A 5308)  
高強度コンクリートがJIS化された。

コンクリートの種類	粗骨材の最大寸法 (mm)	スラブまたはスランブロー (cm)	呼び強度		
			50	55	60
高強度コンクリート	20, 25	10, 15, 18		-	-
		50, 60			

50, 60はスランブロー

技術的には、  
圧縮強度 $150 \sim 200\text{N/mm}^2$ のコンクリートも作製可能である。  
超高強度コンクリートと呼ばれる。



品川プリンスホテル新館

規模：地下2階，地上39階  
実績： $59\text{N/mm}^2(600\text{kgf/cm}^2)$



ペトロナスツインタワー (マレーシア)

規模：88階建て、高さ451.9m  
実績：圧縮強度 $80\text{N/mm}^2$

高強度コンクリートを使用する利点

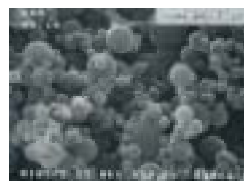
- ・断面を小さくできる。
- ・構造物を大型化あるいは高層化できる。
- ・PC構造との組合せにより桁では、自重を小さくできる。

高強度コンクリートの製造方法

- ・高性能減水剤を使用する方法
- ・オートクレーブ養生による方法
- ・ポリマーを用いる方法
- ・特殊混和剤を用いる方法
- ・シリカヒュームを用いる方法



竹中技研スーパーブリッジ  
実績： $98\text{N/mm}^2(1000\text{kgf/cm}^2)$



シリカヒューム



W/C = 30%の高強度コンクリートの練混ぜ状況



高強度コンクリートの圧縮破壊  
特徴：強度は高いが、より脆性的な破壊をする。

### 【高流動コンクリート】

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高めたコンクリート

締固め作業を行うことなく、型枠などのすみずみまで材料分離を生じることなく充填できる (自己充填性)。



高流動コンクリートの種類：

- ・粉体系  
粉体量の増加により材料分離抵抗性を高めたものであり、粉体としては、普通ポルトランドセメント、フライアッシュ、シリカヒューム以外に高ピーライト系ポルトランドセメント、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、石灰石微粉末などが用いられる。
- ・増粘剤系  
コンクリートの粘性を増す粉末状の材料を使用し、材料分離抵抗性を高めたもの。
- ・併用系  
上記2つの方法を併用し、材料分離抵抗性を高めたもの。

なお、流動性を確保するには、高性能減水剤 or 高性能AE減水剤の使用が不可欠である。



セルロース系増粘剤

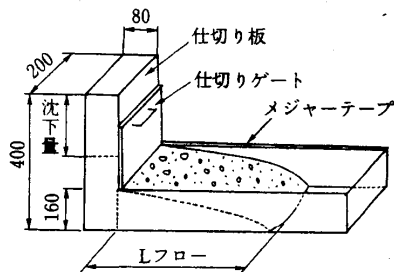
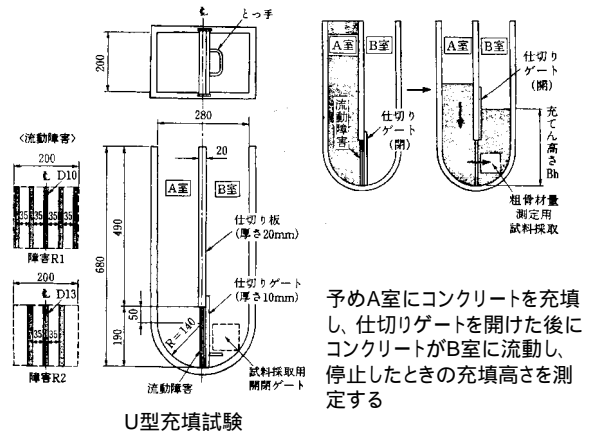
高流動コンクリートの品質評価：

- ・流動性                   スランプフロー（第5回参照）で評価
- ・材料分離抵抗性       定まった評価方法がない
- ・自己充填性           同上

材料分離抵抗性および自己充填性を評価する方法は定まっていないが、いくつかの方法が提案されている。



フロー状況



L型ロート試験

左側の部分にコンクリートを充填し、仕切りゲートを開けた後にコンクリートが流動し停止したときの、仕切りゲートの内面からコンクリート先端までの距離(Lフロー)を測定する。



充填性試験



高流動コンクリートの特徴：

- ・一般に、ブリーディング・レイトランスが少ない。
- ・凝結硬化は遅延する傾向がある。
- ・粉体量が多く、単位粗骨材量が少なくなりやすいため、同一強度となる従来のコンクリートと比較すると、ヤング係数がやや小さくなり、部材の変形量が多少大きくなる傾向がある。
- ・高流動コンクリート = 高強度コンクリートでもある。

【ポーラスコンクリート】

粗骨材にセメントペーストまたはモルタルをまぶして付着させ、連続もしくは独立した空隙を多く含むコンクリート



表 8.7 ポーラスコンクリートの配合<sup>1)</sup>

水結合材比 (%)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	単位数 (kg/m <sup>3</sup> )				目標強度 (N/mm <sup>2</sup> )
		セメント	水	粗骨材	混和剤	
25	20	306	76	1564	2.14	10
25	20	408	102	1564	2.85	20
25	13	500	125	1537	3.50	30

・セメントには高炉セメント B 種、混和剤にはポリカルボン酸系を使用。

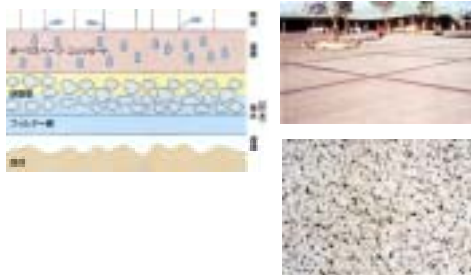
ポーラスコンクリートの特徴:

- ・空隙率5～35% (粗骨材の種類により変化)
- ・透水性、透気性に優れる
- ・強度が低い(構造材としての利用が困難)



- ・緑化、生物の生息地の提供
  - ・雨水等の排水
- に寄与

緑化



【繊維補強コンクリート】

コンクリートの引張強度、曲げ強度、ひび割れ強度、じん性または耐衝撃性などの改善を目的として、不連続の短い繊維を一樣に混入させたコンクリート

容積で0.5～2%混入



繊維の分類

- 天然繊維 natural fiber
  - 植物繊維 vegetable fiber
  - 動物繊維 animal fiber
- 化学繊維 chemical fiber
  - 再生繊維 regenerated fiber
  - 半合成繊維 semi-synthetic fiber
  - 合成繊維 synthetic fiber
  - 無機繊維 inorganic fiber

繊維の分類

- 天然繊維 natural fiber
  - 植物繊維 vegetable fiber 綿、麻、パルプ 他
  - 動物繊維 animal fiber 毛、絹 他
- 化学繊維 chemical fiber または man-made fiber
  - 再生繊維 regenerated fiber
    - セルロース系 レーヨン ポリノジック 他
  - 半合成繊維 semi-synthetic fiber
    - セルロース系 アセテート
    - 蛋白質系 プロミックス

### 繊維の分類

合成繊維 synthetic fiber

- 脂肪族ポリアミド系 ナイロン(ポリアミド繊維)
- 芳香族ポリアミド系 アラミド繊維
- ポリビニルアルコール系 ビニロン(ポリビニルアルコール繊維、PVA繊維)
- ポリ塩化ビニリデン系 ビニリデン繊維
- ポリ塩化ビニル系 ポリ塩化ビニル繊維
- ポリエステル系 ポリエステル繊維、PBT繊維、ポリアリレート繊維
- ポリアクリロニトリル系 アクリル繊維
- ポリエチレン系 ポリエチレン繊維
- ポリプロピレン系 ポリプロピレン繊維
- ポリウレタン系 ポリウレタン繊維
- ポリフルオロエチレン系 フッソ繊維

### 繊維の分類

無機繊維 inorganic fiber

- ガラス繊維 Eガラス繊維、耐アルカリガラス繊維
- セラミック繊維 アルミナ繊維、炭化珪素繊維、ボロン繊維
- 鉱物繊維 アスベスト、ロックウール
- 炭素繊維 PAN系炭素繊維、ピッチ系炭素繊維
- 金属繊維 鋼繊維(スチールファイバー)、ステンレスファイバー

### 鋼繊維

- 高い弾性係数
- 高い引張強度
- 形状加工による付着性能の向上

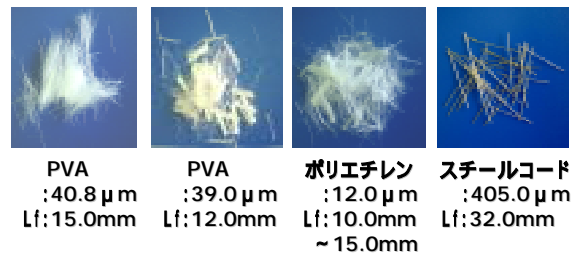
### PVA繊維の特徴

- 耐久性
- 強度
- 価格
- セメントとの付着性能(OH基)
- 繊維の太さに自由度大

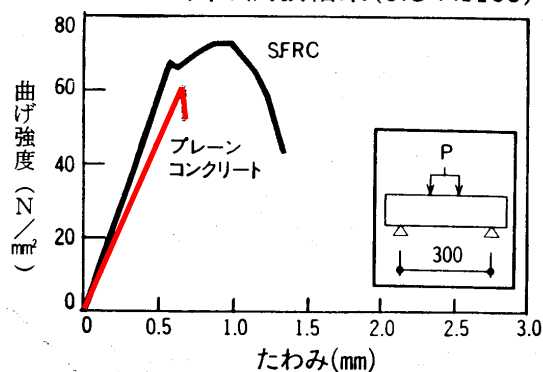
### 高強力ポリエチレン繊維の特徴

- 強度
- 耐疲労性
- 耐衝撃性
- 耐薬品性
- 耐水性
- 耐光性

### 繊維の一例

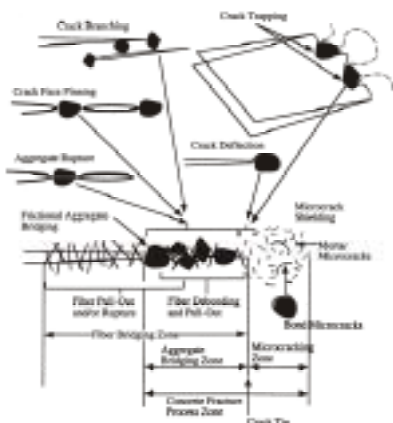


●SFRCの曲げ試験結果(JIS A1106)

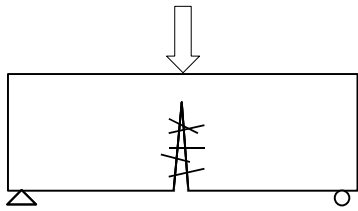


### 架橋則

- 架橋則 (bridging law)、引張軟化則 (tension softening diagram or tension softening law) : ひび割れにおける伝達応力と開口幅の関係。
- 繊維や骨材などにより応力が伝達される。







繊維がひび割れを架橋し、ひび割れの開口を妨げる。  
この分、荷重が低下しない。

繊維補強コンクリートの諸性質に影響を及ぼす主要因：  
繊維の混入率  
繊維の分散と配向  
繊維の種類(形状・寸法、弾性係数、引張強度)  
繊維とマトリックスの付着強度  
マトリックスの種類と組成  
など

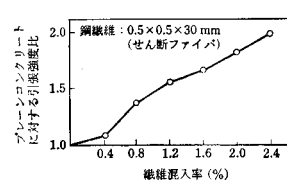


図 8.8 繊維混入率と引張強度<sup>23)</sup>

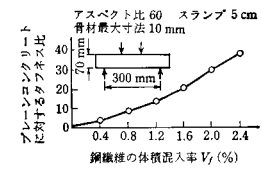
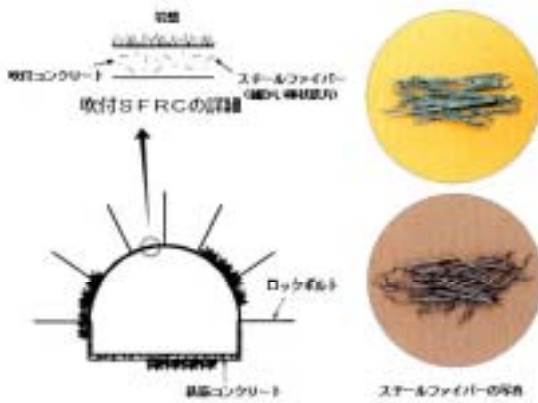
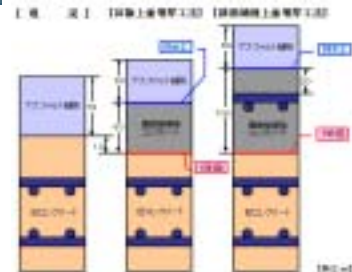


図 8.9 SFRC の曲げタフネスと繊維混入率  $V_f$  との関係<sup>23)</sup>

アスペクト比: 繊維の長さ / 繊維径、 50 ~ 80 のものが多い

繊維補強コンクリートの用途  
EX. 鋼繊維補強コンクリートの場合

- ・舗装版
- ・空港滑走路
- ・工場床
- ・トンネルの覆工やライニング
- ・プレキャストコンクリート
- ・炉材(耐熱性の向上を利用する)



高靱性セメント複合材料 DFRCC

(Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composites)

- ・コンクリート(モルタル)に高分子の繊維を混入したものである。
- ・直径が数十～数百ミクロンのポリエチレン繊維やビニロン繊維等の有機繊維や鋼繊維を体積で1～2%程度含有しているもの
- ・コンクリートにじん性を付与できる。
- ・現在は、補修・補強材への利用が進められている。



破断面の一例(武蔵工大)

繊維: ポリエチレン繊維

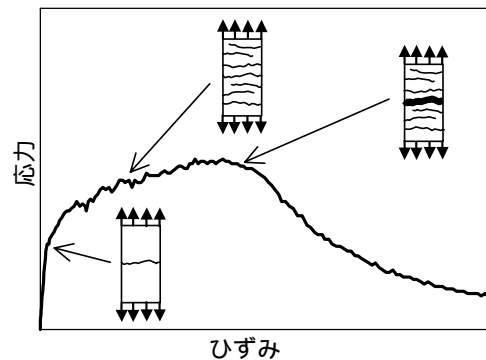


図-2 DFRCC の引張特性の概念図