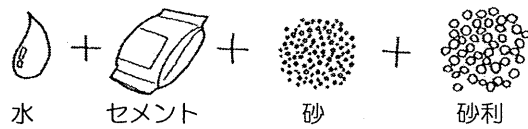


2019年1月29日

コンクリート概説

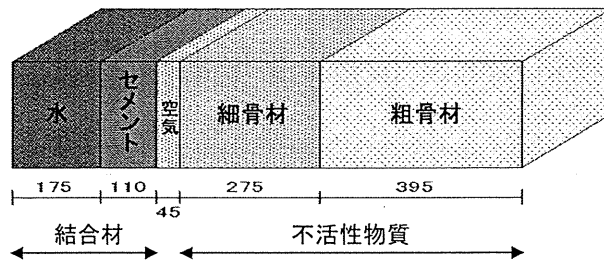
小山高専 川上勝弥

コンクリートとは



コンクリート

L/m³



コンクリート硬化体

- ◆ 水量(185kg/m³以下)が多いと
軟らかさ、粘性低下 → スランプ大
→ 硬化後の乾燥収縮大
- ◆ セメント量(270kg/m³以上)が少ないと
硬化後の収縮が小さい、水和熱少ない
強度発現小さい、耐久性に問題
- ◆ AE剤(空気連行剤)は
流動性付与、単位水量減、施工性良
耐凍害性向上

2

コンクリートの性能等

- ◆ 性能
 - 施工性 → スランプ
 - 強度 → テストピース(円柱)
 - 耐久性 → ?
- ◆ 凝結：こわばり
→ 調合、温度・湿度等により変化
- ◆ 養生：温度・湿潤状態を確保、外力から保護
→ 低温では強度発現が遅いが・・・！
※5日間以上、コンクリートの温度を5℃以上に！

3

コンクリートの強度

水セメント比説

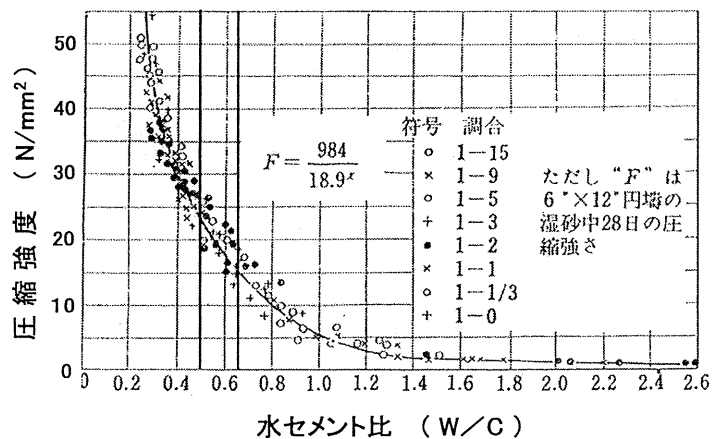
清浄で強硬な骨材を用いる場合、そのコンクリートがプラスチックかつワーカブルであるならば、コンクリートの強度はセメントペーストの水セメント比で定まる。

圧縮強度：24 N/mm²

材齢28日 → W/C = 55%

4

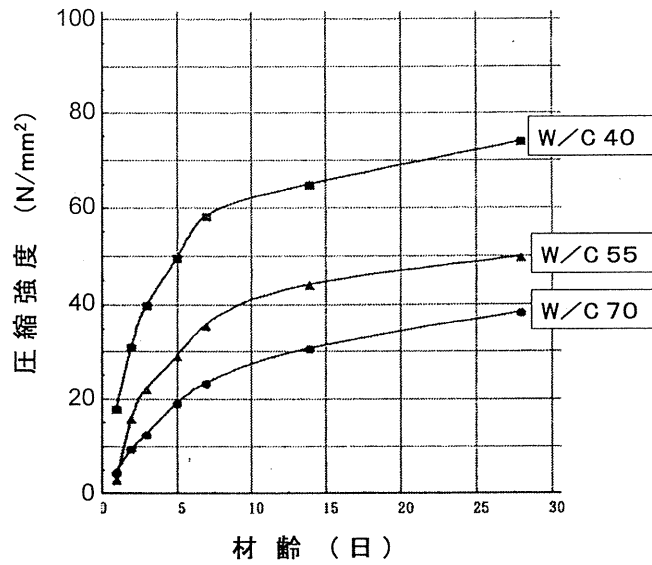
水セメント比と圧縮強度との関係



水セメント比と圧縮強度との関係(エーブラム)

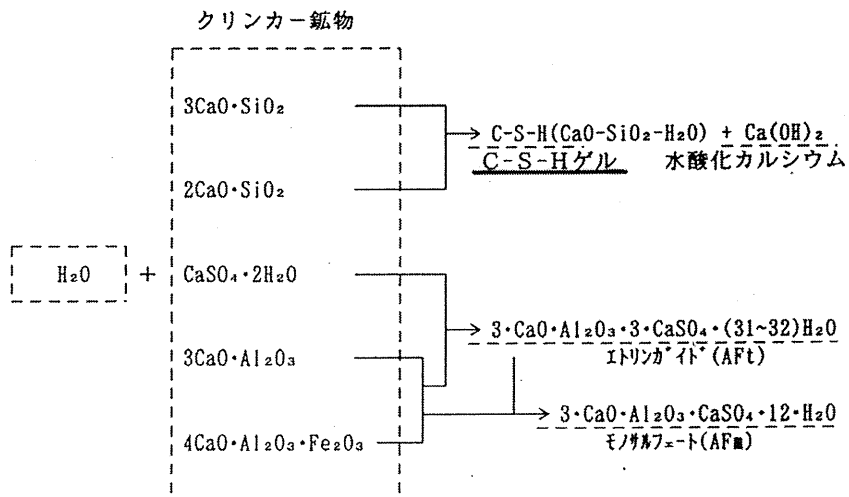
5

コンクリートの強度発現



6

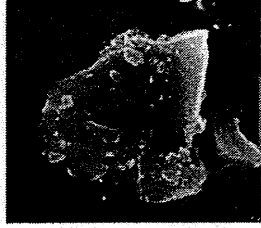
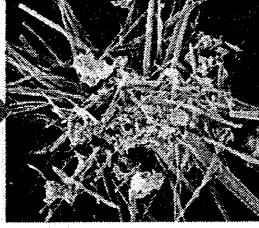
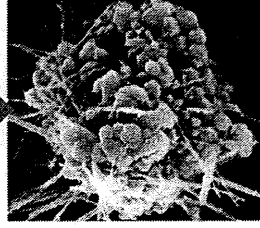
セメントの水和反応と生成物



水和反応: 水の存在下で進む化学反応

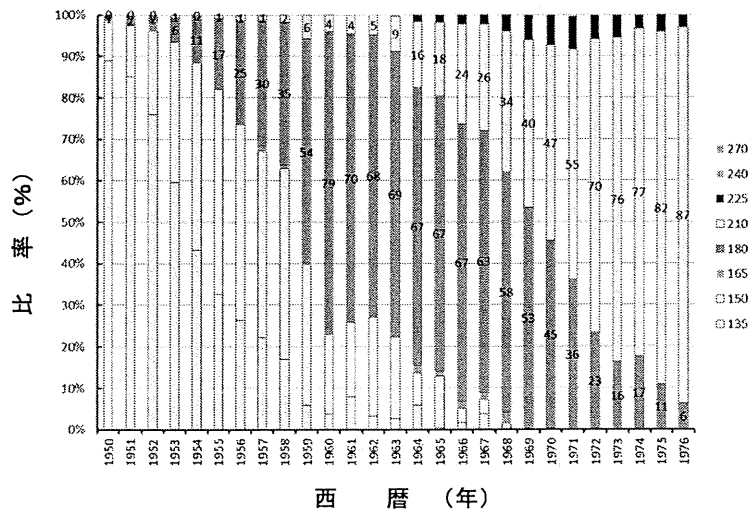
7

セメントの水和進行過程

	水和反応初期	水和反応進行期
未水和のセメント粒子	この時点ではまだ流動性が保たれている。 C ₃ Aとせつこうの反応により長い針状のエトリンガイトが生成する。	水和物の増大により強度が発現してくる。 エトリンガイトとC ₃ Aが反応し、六角板状のモノサルフェート水和物が生成する。 C ₂ SまたはC ₂ Sの水和物であるC-S-H量も増加する。
		

8

設計基準強度の推移



東京都建築材料検査所

9

設計基準強度の高強度化

評定年度	階数	標高 (m)	Fc (N/mm ²)
1972	18	48	30
1978	25	71	36
1984	30	87	42
1987	33	97	48
1991	38	133	60
1995	43	136	70
1995	41	134	100
2004	—	—	130

10

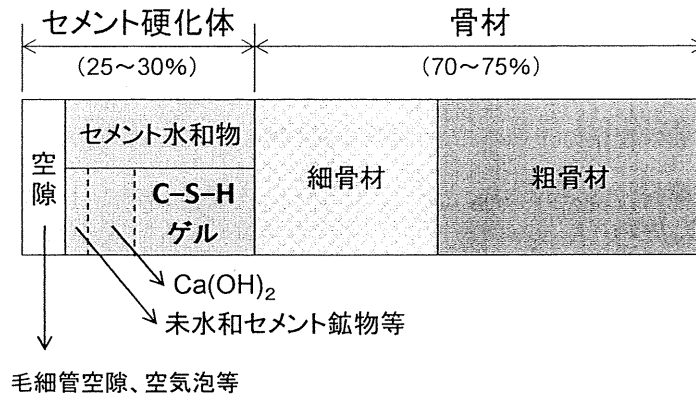
ザ・コスギタワーの設計基準強度

階数	Fc(N/mm ²)
1~3	150
4~13	100
14~17	80
18~21	70
22~29	60
30~39	48
40~44	36
45~49	30

地上・49階、地下・2階、柱断面1000×1000

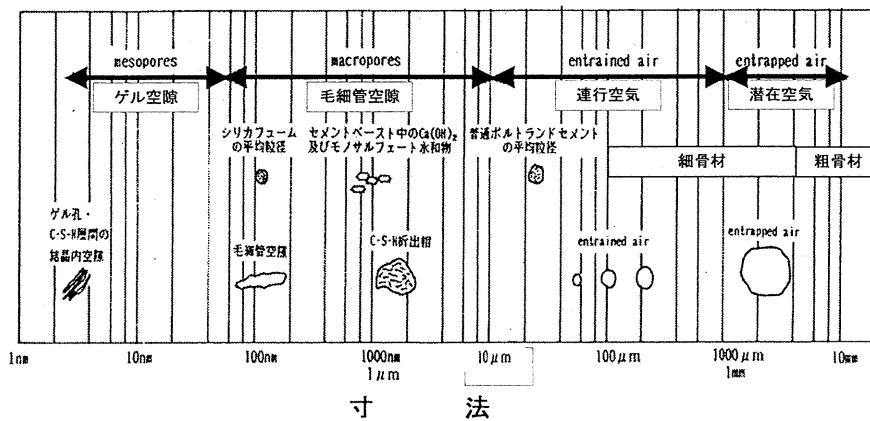
11

硬化コンクリートの構成(容積比)



12

水和生成物、空隙等の大きさ



1nm : 10⁻⁹m、1µm : 10⁻⁶m、1mm : 10⁻³m

13

コンクリート硬化体の細孔構造

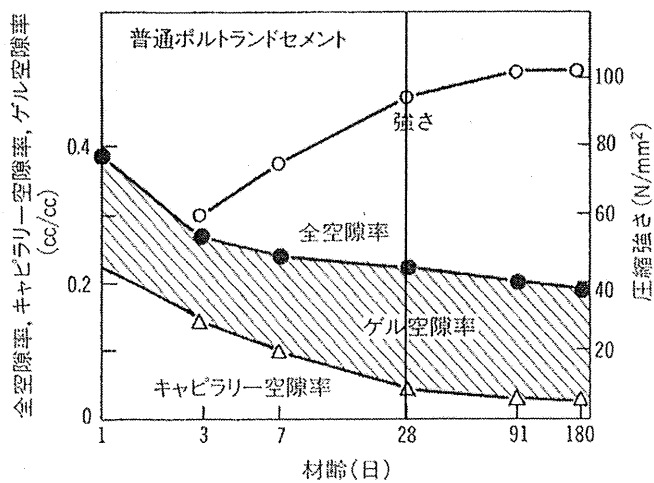
気泡は、潜在空気（～数mm）1～2 %
 連行空気（10～200 μ m）約 3 %（独立）

毛細管空隙は、（数nm～数10 μ m）＝毛細管水
 水和生成物で満たされていないセメント
 ペースト中の空隙

ゲル孔は、（1～数nm）＝ゲル水
 C-S-Hゲルの針状または板状結晶の
 層間に存在する空隙

14

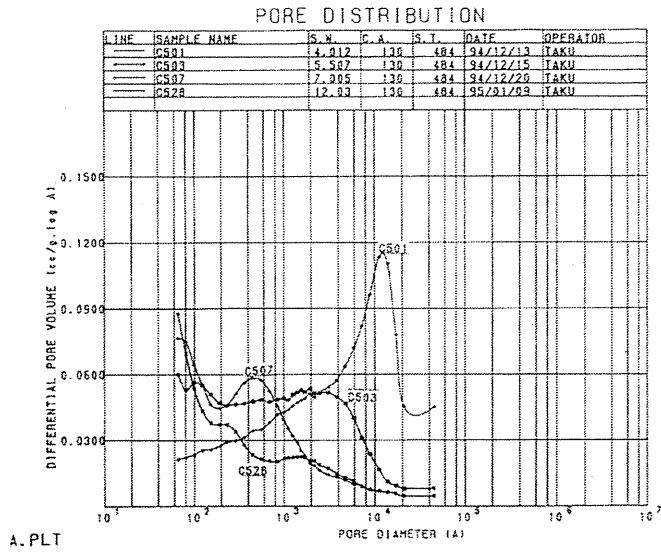
材齢と圧縮強度および空隙率



硬化セメントペーストの材齢に伴う空隙率と圧縮強度の変化(W/C = 0.30)

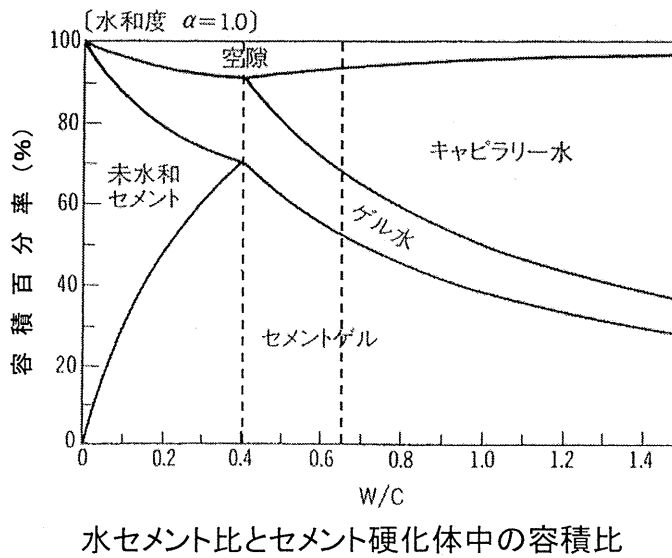
15

材齢の経過に伴う細孔構造の推移



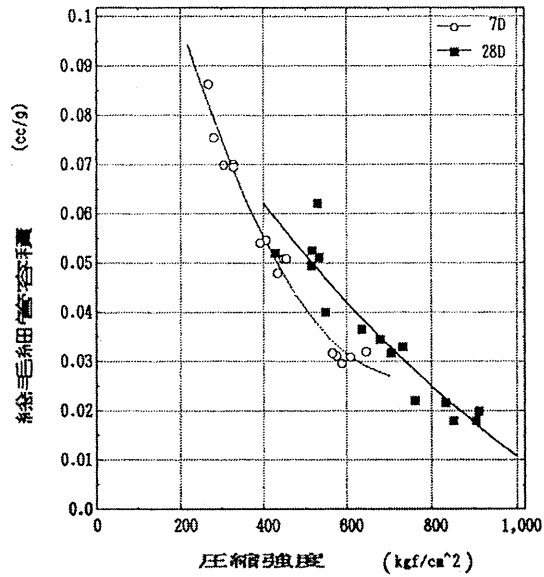
16

セメント硬化体の構成比



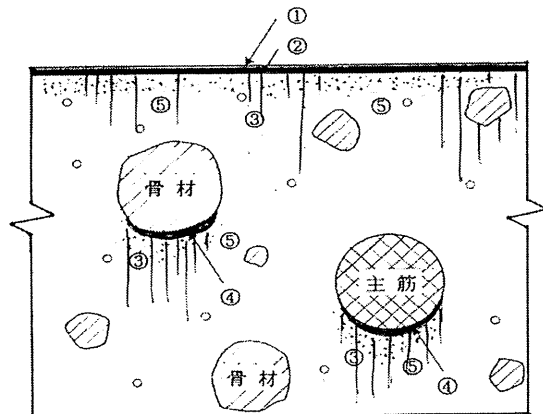
17

圧縮強度と総毛細管容積との関係



18

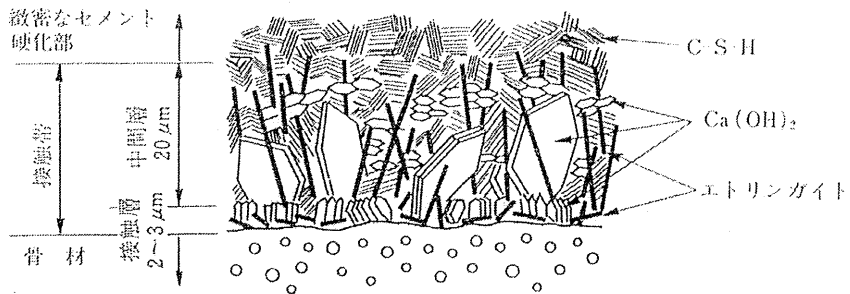
潜在欠陥マクロモデル



- ①Laitance
- ②Bleeding (浮き水) ----->砂すじ
- ③Bleeding Channels (水みち)
- ④Water Pocket (水隙) ----->空隙
- ⑤Water Gain
- ⑥Open Pore (開放細孔)

19

接触(遷移)帯の形成モデル

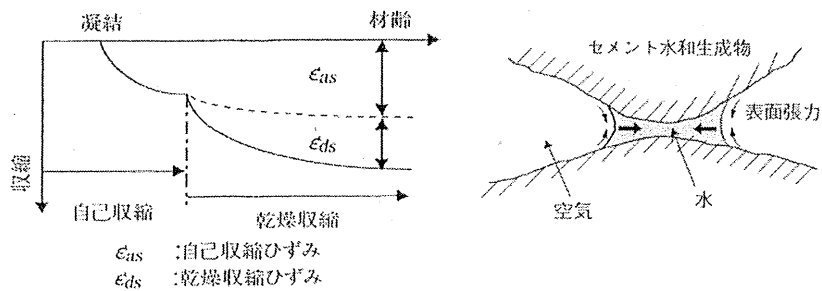


セメント硬化組織と骨材間の接触(遷移)体モデル

20

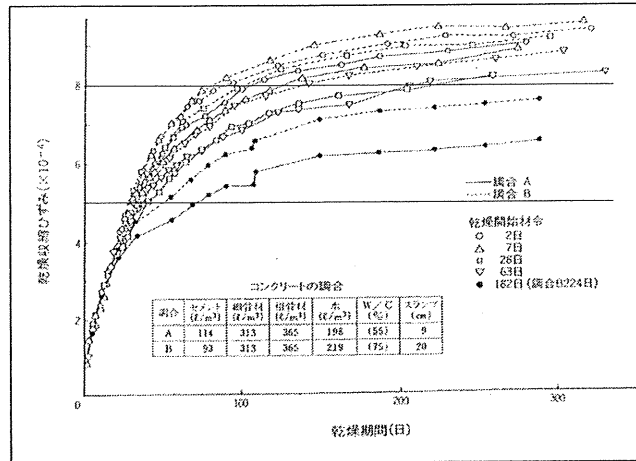
コンクリートの乾燥収縮

ひび割れの発生時期 — 初期
— 中期
— 長期 — 乾燥収縮



21

コンクリートの乾燥収縮



乾燥収縮率 0.0005~0.0008 ($5 \sim 8 \times 10^{-4}$)
 10m → 5~8mm

22

コンクリートの耐久性

中性化: 二酸化炭素 (CO₂)

コンクリートはアルカリ性

耐久年数: 65年 (浜田式)

凍害: 凍結融解作用

水が氷に代わると!

※ 耐久性の観点: 水セメント比は、65%以下

23

コンクリートの糖分による劣化

コンクリートは細孔構造をもつ硬化体であり、組織中に糖液が浸透することにより、セメント中のカルシウムが糖酸カルシウムとして溶解することで発生する劣化現象である。

3%の砂糖水にコンクリートを1年浸漬したところ、圧縮強度が13%低下という実験結果がある。

フレッシュコンクリート：糖分による硬化不良

硬化コンクリート：糖分を扱う工場等における劣化

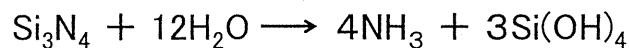
24

アンモニアの発生メカニズム

アンモニア： NH_3 → 窒素と水

微粉炭の燃焼 → NO_x

セメントの焼成過程で生成する窒化珪素



更に、窒化アルミニウム？

セメント中の窒素量 60～130ppm

フライアッシュ、高炉スラグ微粉末の窒素量 400～600ppm

川砂には、腐植土・泥炭に起因する窒素

25

セメントの原料

石灰石	石炭灰
珪石	鑄物砂
粘土	スラグ
酸化鉄原料	焼却灰
	下水汚泥

自然由来原料・?

廃棄物系原料・副産物

ポルトランドセメント

エコセメント

塩化物イオン
1992:0.02 %
2004:0.035%

塩化物イオン
普通エコ:0.1%
早強エコ:0.5~1.5%

26

ご清聴ありがとうございました

小山高専 川上勝弥