

主催：広島県コンクリート診断士会  
2020年度第1回定例会

# コンクリートの初期ひび割れ抑制策

近未来コンクリート研究会 代表

十河 茂幸

そごう しげゆき

1

## 初期ひび割れの発生機構と抑制対策

- さまざまな要因で生じるひび割れ
- ひび割れの発生メカニズムを理解
- 予測できるひび割れの抑制対策
- ひび割れ発生による影響を考える

2

## 発生時期によるひび割れの分類

- **供用中に生じるひび割れ**  
塩害、凍害、ASRなどが主要因  
劣化 ⇒ ひび割れ発生
- **施工時に生じる初期ひび割れ**  
乾燥収縮ひび割れ、温度ひび割れ  
自己収縮も要因  
ひび割れ発生 ⇒ 劣化？

3

## まず、ひび割れ発生のメカニズムを理解

- 初期ひび割れは収縮と拘束で発生
- 外力によるひび割れ発生は設計で対応
- 供用中のひび割れは劣化が主要因

4

➤ 供用中に生じるひび割れ  
～ 塩害と中性化などで鉄筋が腐食膨張 ～



劣化によるひび割れ発生

かぶり不足と中性化による剥落



5

初期ひび割れの2つのパターン

力により生じるひび割れ

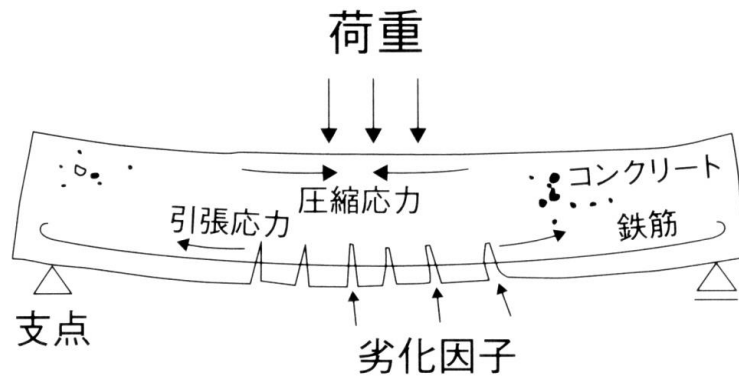
設計で想定するひび割れ

収縮を拘束して生じるひび割れ

初期ひび割れ  
乾燥収縮ひび割れ  
温度ひび割れ

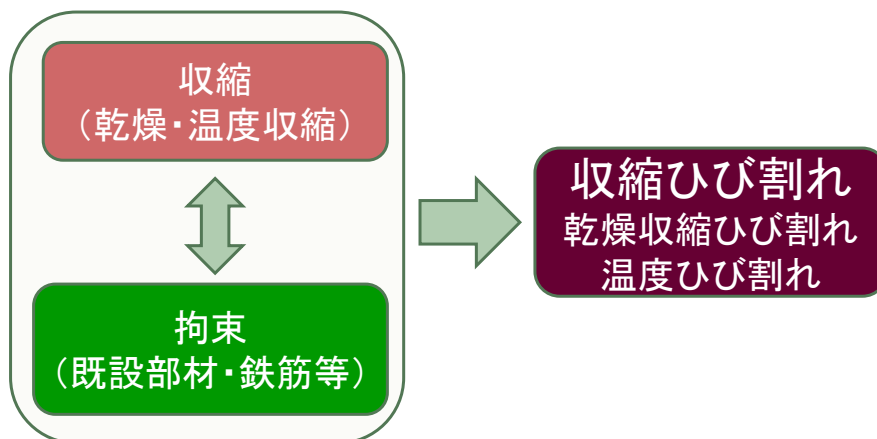
6

## 力によるひび割れの発生メカニズム



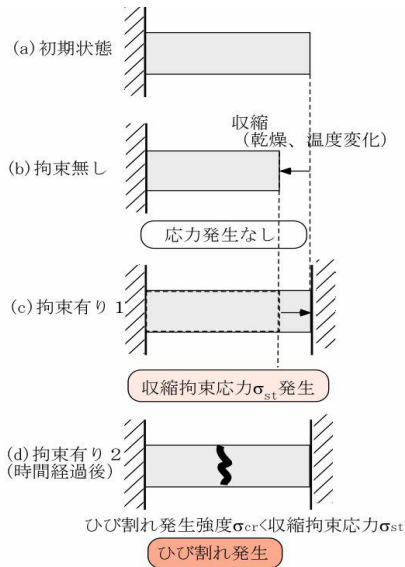
7

## 初期収縮ひび割れの主要因



8

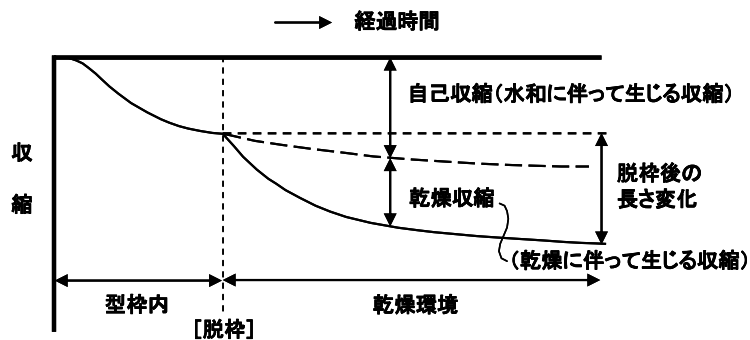
## 収縮を拘束された場合のひび割れ発生メカニズム



- コンクリートは収縮する。  
セメントの硬化収縮(自己収縮)  
乾燥して収縮(乾燥収縮)  
水和発熱が放熱して収縮  
(温度収縮)
- 既設物などが収縮を拘束  
拘束されると引張応力発生
- 引張強度は極端に小さい  
⇒ ひび割れ発生

9

## 自己収縮と乾燥収縮率の関係

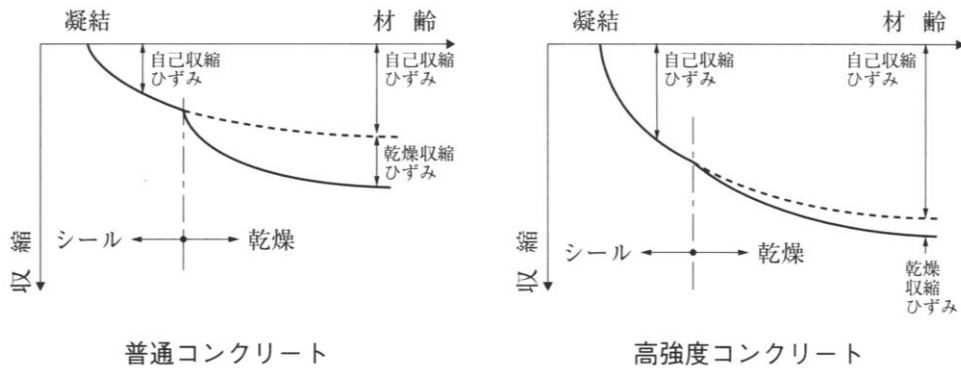


材齢7日程度では水和が完了していないため、脱枠あるいは水中養生終了後の長さ変化試験では、乾燥収縮と自己収縮の両方が測定値となる。

10

# コンクリートの収縮

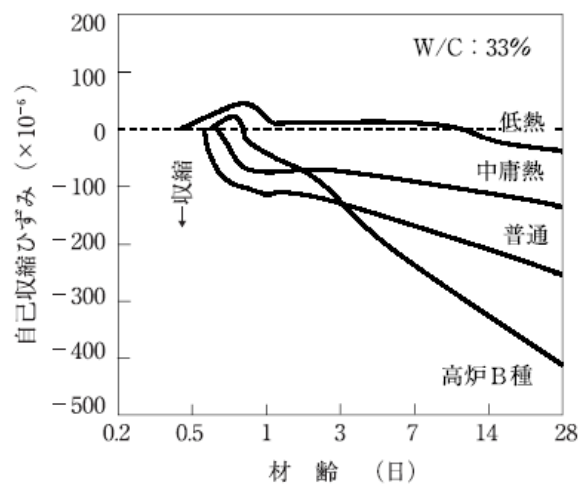
(土木学会コンクリート示方書設計編)



**\* 長さ変化には自己収縮が含まれる**

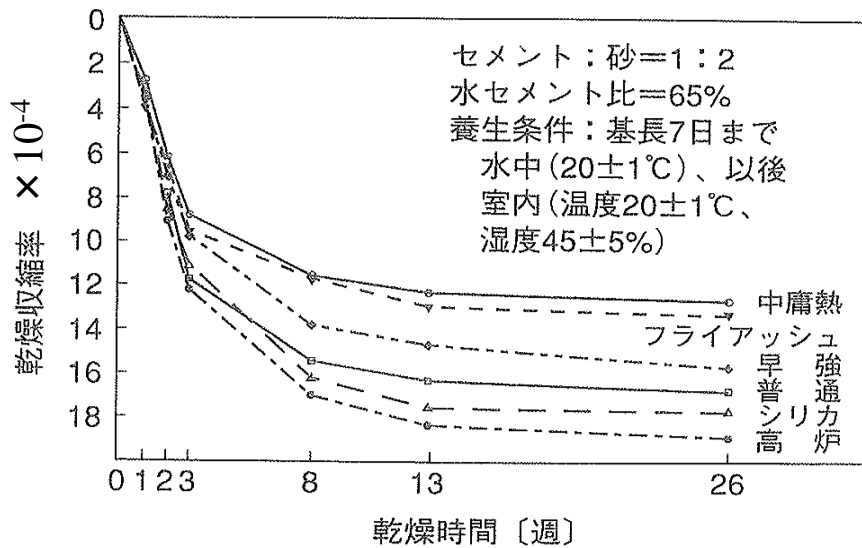
11

## 高強度コンクリートの自己収縮



12

## 自己収縮で乾燥収縮率（長さ変化率）に差



13

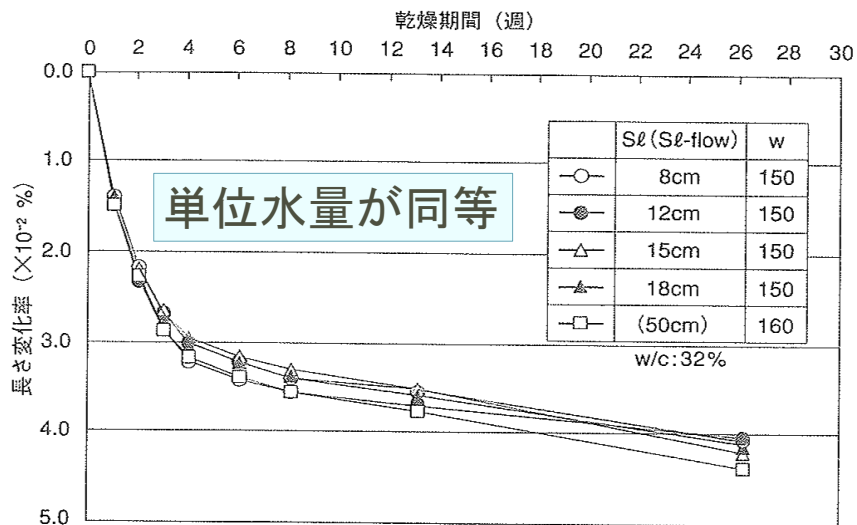
## 各種セメントを用いたモルタルの長さ変化率

セメントの種類	長さ変化率 (×10 <sup>-4</sup> )
中庸熱ポルトランドセメント	12.2 ± 0.5
フライアッシュセメント	12.9 ± 1.4
普通ポルトランドセメント	16.3 ± 1.7
高炉セメントB種	22.5 ± 2.3

(w/c 60%、s/c 2.0、26週における長さ変化)

14

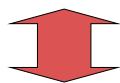
## スランプが異なっても長さ変化は同等



15

## 乾燥収縮率 800マイクロが目安

- ✓ コンクリートの収縮ひずみの許容値・・・ 800  $\mu$
- ✓ 乾燥環境による乾燥収縮ひずみ・・・400  $\mu$
- ✓ 収縮を拘束する構造物の拘束度・・・200  $\mu$



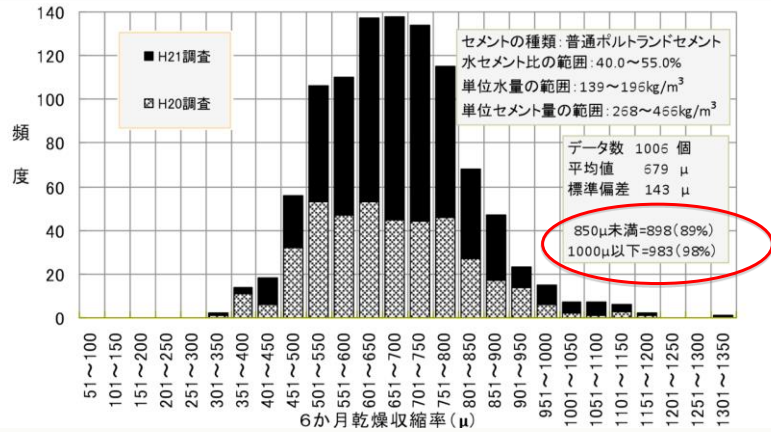
- コンクリートの伸び能力(クリープを含む)・・・200  $\mu$

⇒ 大きなひび割れは生じない基準値

16



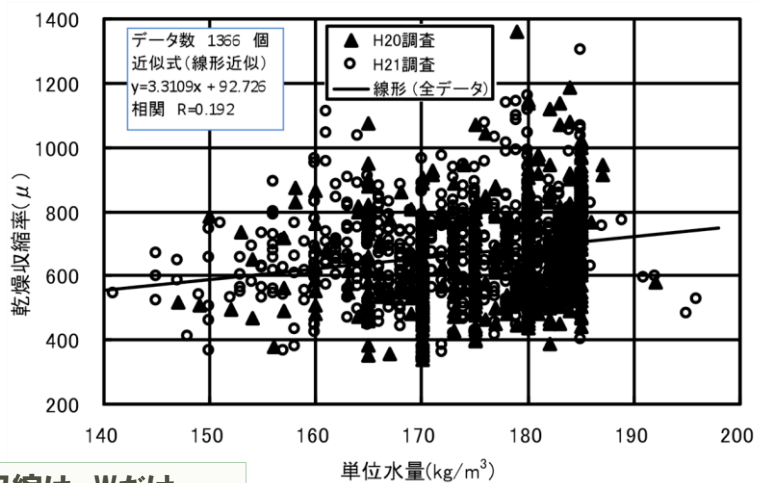
## 生コンの乾燥収縮率の分布



分布域:300~1200 μ、平均679 μ、標準偏差143 μ  
 (特異な配合、A1129以外の方法を除外)

17

## 単位水量と乾燥収縮率の関係



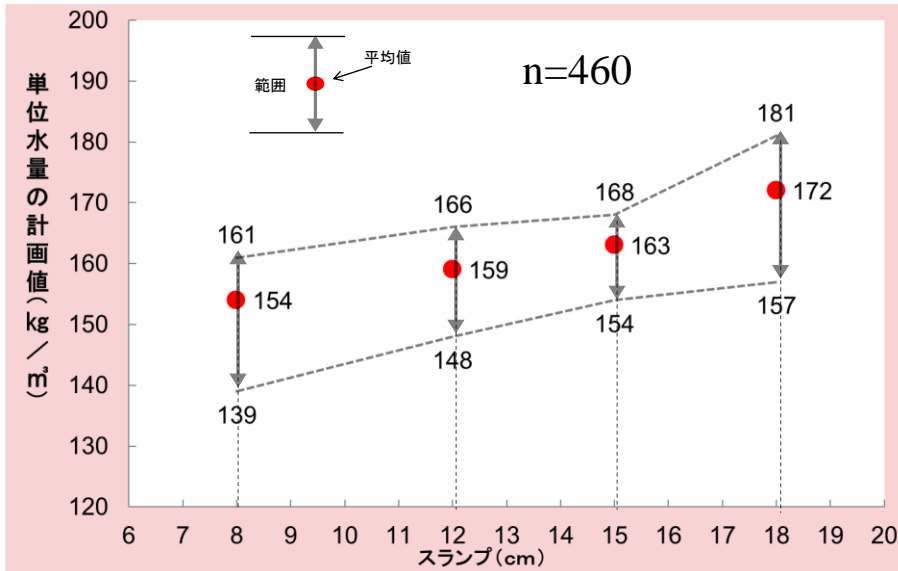
収縮は、Wだけ  
 では決まらない



材料、配合を特定すると相関

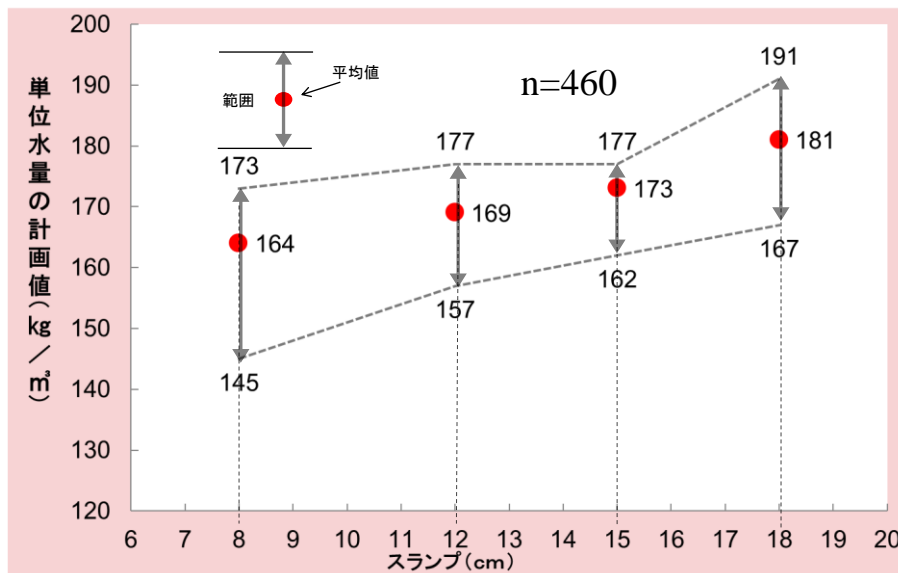
18

## レディーミクストコンクリートの単位水量（通常期）



19

## レディーミクストコンクリートの単位水量（夏季）



20

## 乾燥収縮の抑制対策

### ➤ 単位水量の低減

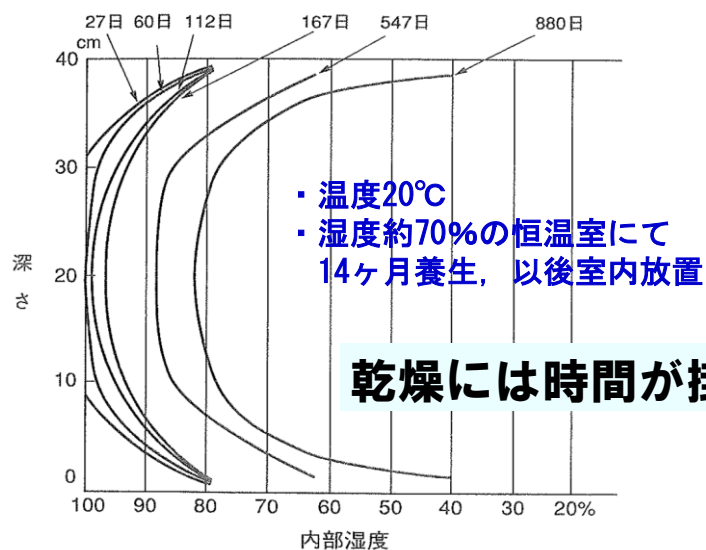
- ⇒ 良質の骨材の使用
- ⇒ 良質の混和剤の使用
- ⇒ 変動の少ない品質管理

### ➤ 乾燥による逸散水の抑制

- ⇒ 十分な湿潤養生
- ⇒ ゆっくりと反応させる

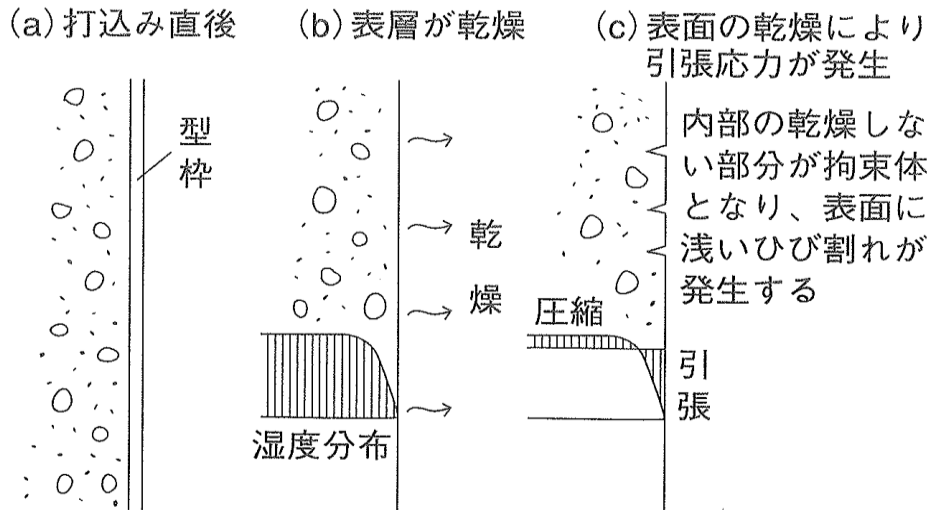
21

## 内部湿度分布の推移(厚さ40cm)



22

## 内部拘束による乾燥収縮ひび割れの発生概念



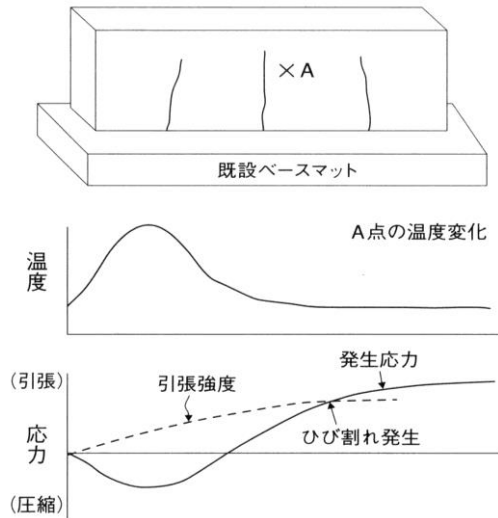
23

## 水和発熱による温度ひび割れ



24

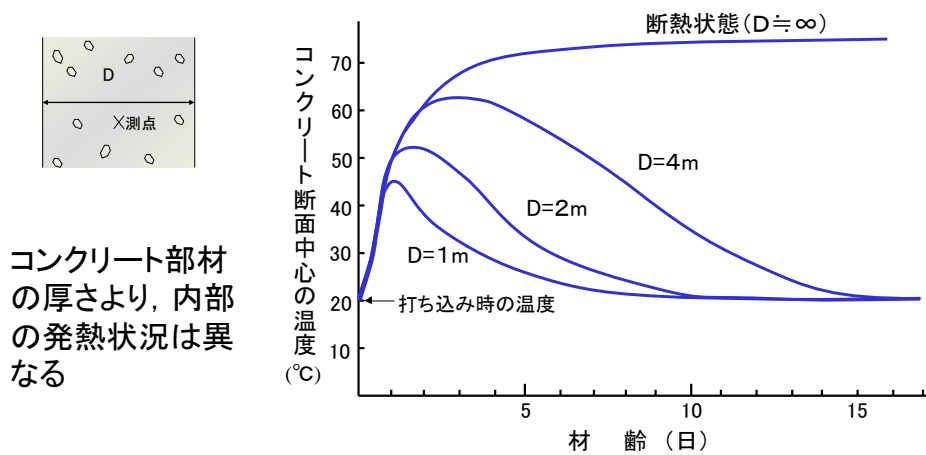
## 温度ひび割れの発生メカニズム



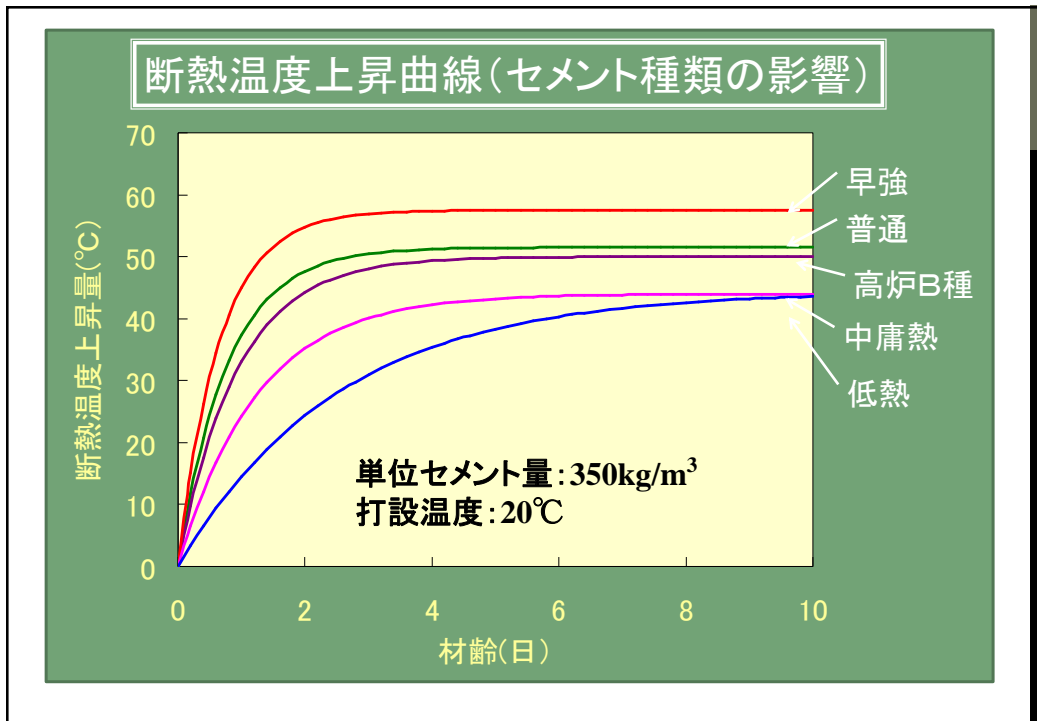
- 水和熱で温度上昇
- 次第に放熱して収縮
- 既設物が収縮を拘束  
拘束されると引張応力発生
- 引張強度は極端に小さい  
⇒ ひび割れ発生

25

## コンクリート部材の温度上昇



26



27

## 断熱温度上昇曲線の一般式

$$Q(t) = Q_{\infty} (1 - \exp(-r \cdot t))$$

$Q_{\infty}$ : 断熱温度上昇量(°C)

$r$ : 断熱温度上昇速度

	単位セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )	打込み 温度 (°C)	$Q_{\infty}$	$r$
普通ポルトランドセメント	350	20	56.3	1.37
中庸熱ポルトランドセメント			49.6	0.76
低熱ポルトランドセメント			44.9	0.71
早強ポルトランドセメント			61.2	1.98
高炉セメントB種			57.4	0.93

28

## 収縮を減じるには、WとCを削減

- ✓ 乾燥収縮を減じるには ⇒ W低減
- ✓ 自己収縮を減じるには ⇒ C低減
- ✓ 温度応力を減じるには ⇒ C低減

コンクリートの自己矛盾  
⇒強度発現を求めると  
ひび割れが発生

29

## 配合要因とひび割れの関係

W/C (%)	W (kg/m <sup>3</sup> )	C (kg/m <sup>3</sup> )	T <sub>∞</sub> (°C)	乾燥収縮	温度収縮	自己収縮
65	165	254	44	大	小	小
55		300	51	↑	↑	↑
45		367	62	↓	↓	↓
35		471	79	小	大	大

流動性を高める ⇒ 絶対粗骨材容積を減じる  
⇒ 収縮因子が増大 ⇒ ひび割れ発生確率増大

30

## 計画段階と実施段階での相違

乾燥収縮ひび割れ、温度ひび割れ  
の予測は可能な技術範囲

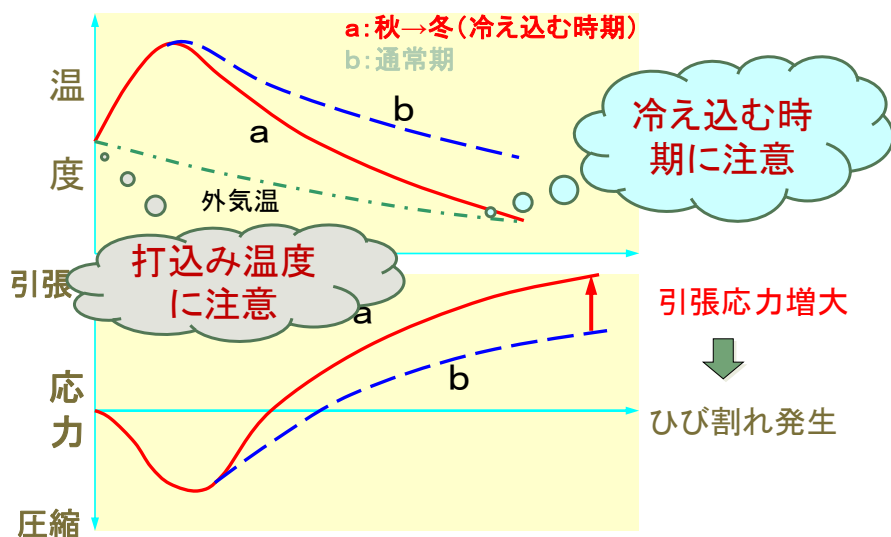


計画段階と実施段階の違いが  
制御を困難にしている

環境条件で異なる乾燥収縮  
材料・配合・製造・施工条件で異なる収縮

31

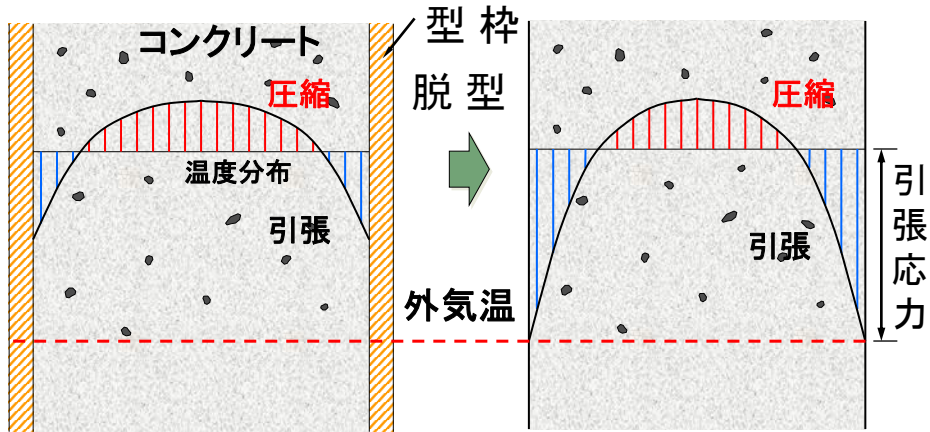
## 打込み温度と外気温の変化に注意



32



## 脱型時に急に冷やさない！



養生は、水分と温度に注意！

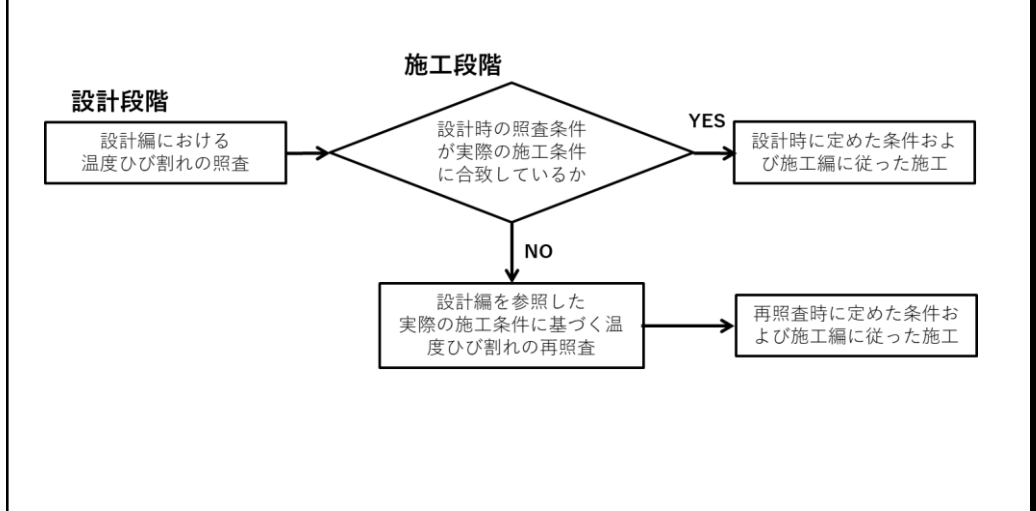
33

## 温度ひび割れの抑制対策

- 単位セメント量の低減
  - ⇒ 単位水量の減じられる材料・配合
- 低発熱セメントの使用
- 温度上昇の抑制
  - ⇒ プレクーリング、夜間打設など
- ゆっくりとした温度低下
  - ⇒ 保温養生、長期間の型枠存置など

34

## 温度ひび割れ抑制計画のフロー



35

## ひび割れ抑制の施工面での対応

- 温度ひび割れの対応
  - ⇒ 外気の影響から保護（シートの利用）
- 事前の予測の範囲を認識
  - ⇒ 施工管理の意識（計画との違いを把握）

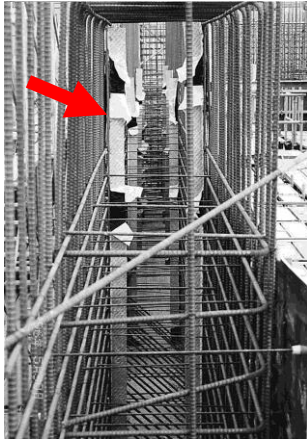
対策が困難な場合



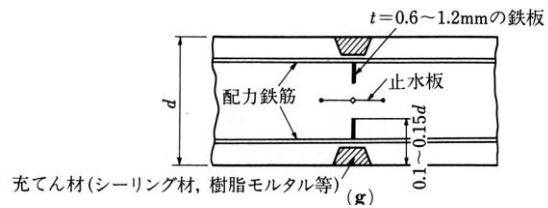
- 1) 誘発目地の利用
- 2) 許容ひび割れ幅を明確にする
- 3) 補修を前提とする

36

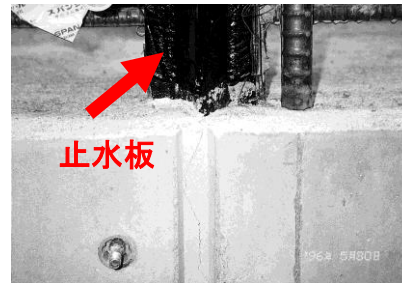
## ひび割れ誘発目地による対策



誘発目地の設置状況



誘発目地の例



37

## ひび割れ対策のまとめ

- 単位水量をできる範囲で低減する  
(それにより**単位セメント量が低減**される)
- 収縮の小さい生コンを選択 (乾燥収縮率を確認)
- 湿潤養生を十分に行う (冷水は禁物)
- 外気の影響を小さくする
- やむをえない場合は誘発目地を検討
  - 初期ひび割れが耐久性の及ぼす影響は不明
  - 補修の要否は、許容ひび割れ幅で判断する

38