主催：一般社団法人　コンクリートメンテナンス協会
コンクリート構造物の補修・補強に関するフォーラム 2026
～インフラ長寿命化を支える維持管理技術の最前線～

施工時に生じる変状を
初期欠陥にしないための対策

十河 茂幸
近未来コンクリート研究会　代表
一般社団法人コンクリートメンテナンス協会　顧問
工学博士　コンクリート診断士

業 務 経 験

建設会社　　37年間（1974～2011年）

広島工業大学工学部教授（2011～2017年）

2017年～　　現　職

（一社）コンクリートメンテナンス協会 顧問

近未来コンクリート研究会　代表

話の内容

1．コンクリートの施工時に生じる不具合

2．施工時の不具合の発生メカニズムと対策

3．適切な補修で、初期欠陥にしない対応

4．コンクリート構造物のあるべき姿

1．コンクリートの施工時に生じる不具合

- □　変状と不具合の定義
- □　様々な不具合の発生確率
- □　発生時期から見た不具合
- □　施工時の不具合の一例

変状の種類　（コンクリート標準示方書[維持管理編]2022による定義）

【変状】　何らかの原因で構造物に発生している、本来あるべき姿でない状態で、初期欠陥、劣化、損傷の総称

【初期欠陥】施工時に発生した変状のうち、有害となる可能性のあるひび割れや豆板、コールドジョイント、砂すじなどの変状。かぶり不足やPCグラウト充填不足。

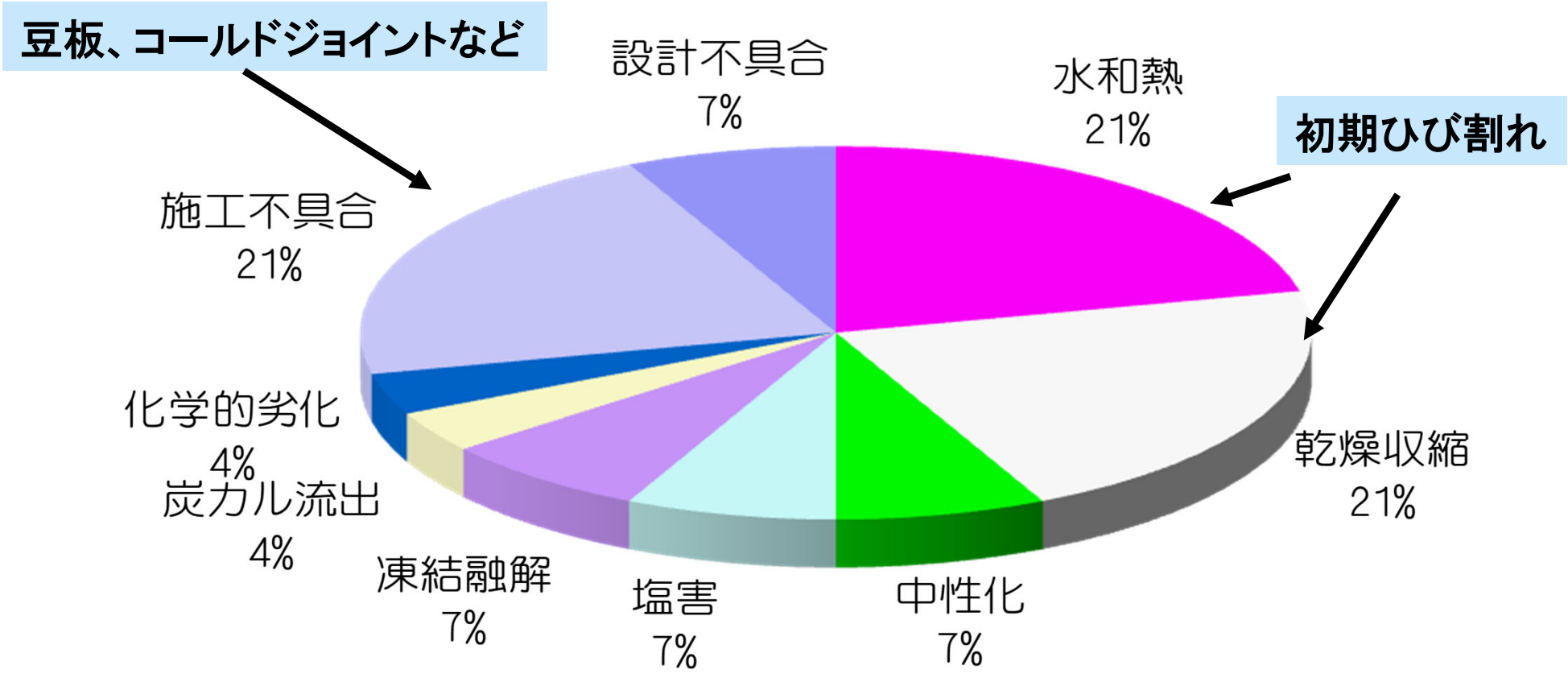
【劣化】時間の経過に伴って進行する変状

⇒中性化、塩害、凍害、化学的侵食、ASR、疲労　など

【損傷】地震や衝突等によるひび割れや剥離のように、短時間のうちに発生し、その後は時間経過によって進行しない変状。

ここでは、「変状」を「不具合」として説明する。

RC構造物に生じる不具合の内訳



表面化している経年劣化は、初期欠陥が原因または誘因となるケースが多い。

➢ 発生時期からみた不具合

✓ <u>型枠を外す前</u>:

豆板、未充填、表面気泡、砂筋、表面剥離、コールドジョイント、沈下ひび割れ など

✓ <u>型枠を外した後</u>:

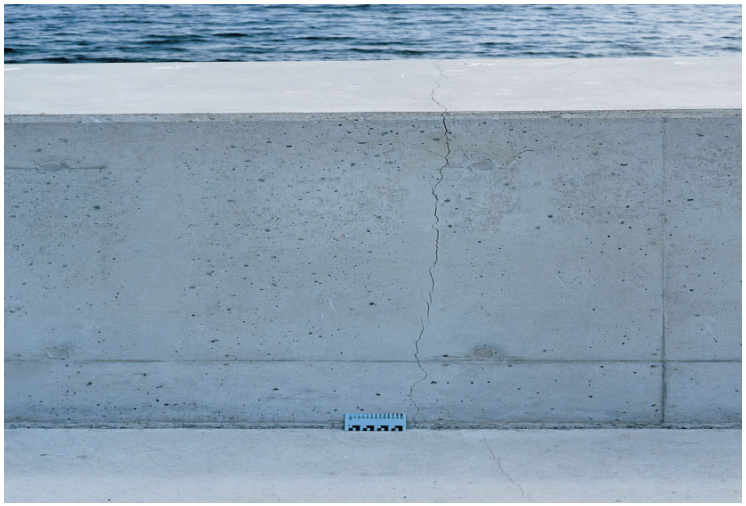
温度ひび割れ、乾燥収縮ひび割れ など

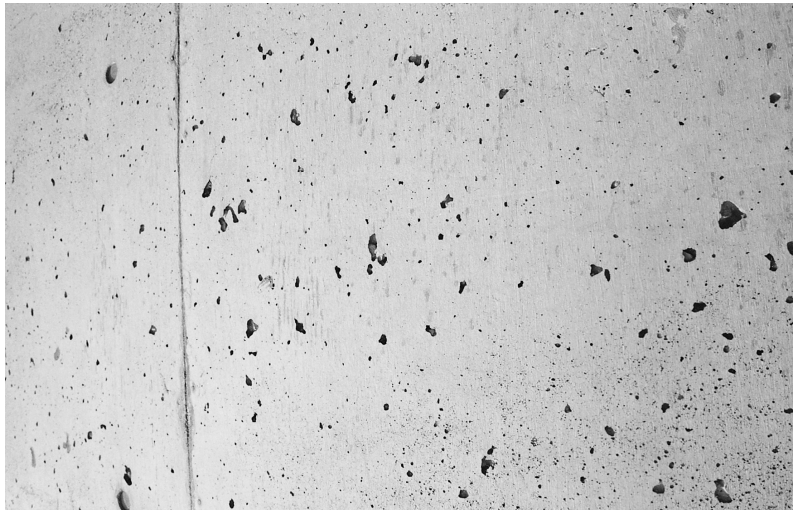
✓ <u>供用期間中</u>:

劣化に伴う変状（塩害、ASR、凍害など）
損傷による変状（地震や衝突など）

施工時に生じる不具合の一例

～ ひび割れ、豆板、コールドジョイント、表面気泡 ～





写真： 日経BP社編「コンクリート名人養成講座」より引用

2. 施工時の不具合の発生メカニズムと対策

□ 施工に伴う不具合のいろいろ

□ 不具合の発生メカニズムと予防策

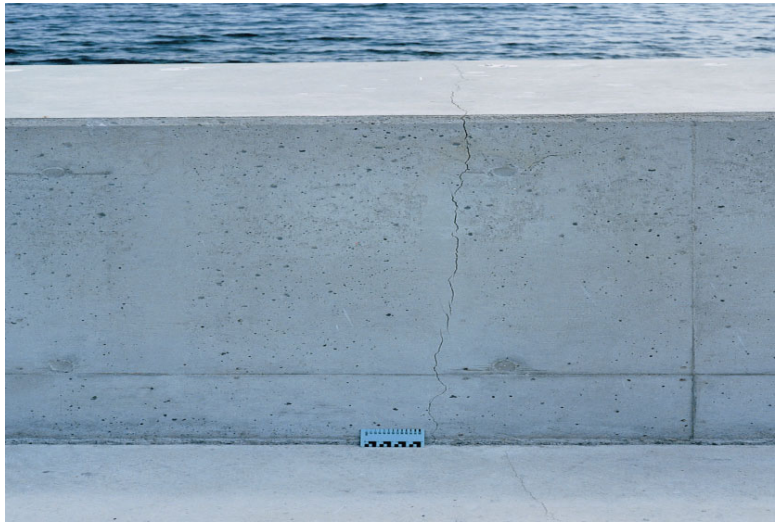
⇒ 変化に対応できる現場力が重要

施工時あるいは竣工後まもなく発生する ひび割れなどの原因と特徴 （土木学会コンクリート標準示方書より）

ひび割れの発生原因	特　徴
セメントの水和熱	拘束された壁部材（外部拘束）や断面の大きい部材（内部拘束）に発生する。外部拘束では、拘束面に直交する方向の貫通ひび割れが等間隔で発生する。内部拘束では表面ひび割れが発生する。
自己収縮	高強度コンクリートなどで、自己収縮に伴う網目状の表面ひび割れが発生することがある。
コンクリートの沈下	コンクリート中の鉄筋やセパレータなどの拘束を受けながらコンクリートが沈下するとひび割れが発生する。例えば、RC床版では水平鉄筋に沿った沈みひび割れが発生する。
打込み直後の乾燥	打込み直後のコンクリート表面における急速な乾燥に伴い、網目状の微細なひび割れが発生する。
不適切な施工	コンクリートの急速な打込み、不適切な打継ぎ処理、型枠のはらみ、支保工の沈下などの施工条件は、ひび割れや初期欠陥の原因となる。
乾燥収縮	竣工後のコンクリートの乾燥に伴って長期的に進行する収縮であり、拘束を受けてひび割れを生じる。RC床版の疲労劣化の起点となることがある。

（１）施工初期に発生するひび割れ

日射と雨に掛かる箇所



雨の掛からない部分

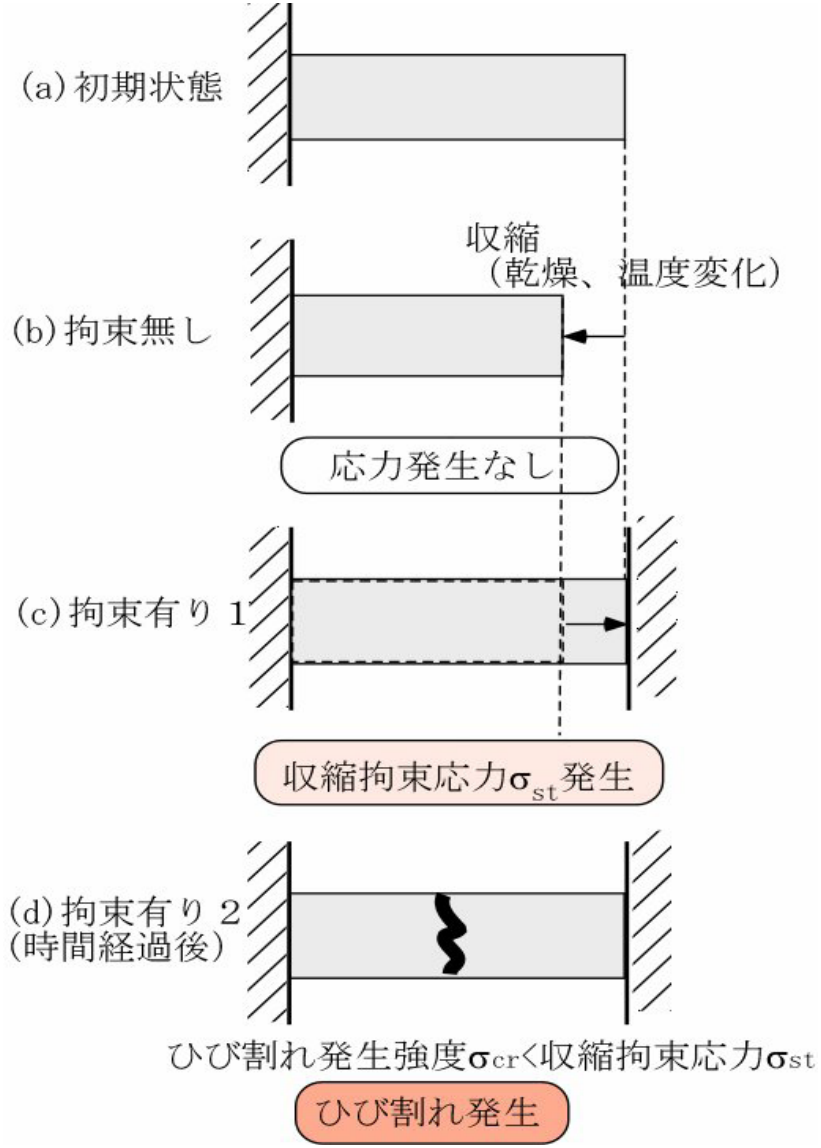
水和熱による
温度ひび割れ
（初期ひび割れ）

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

収縮を拘束されたひび割れの発生メカニズム



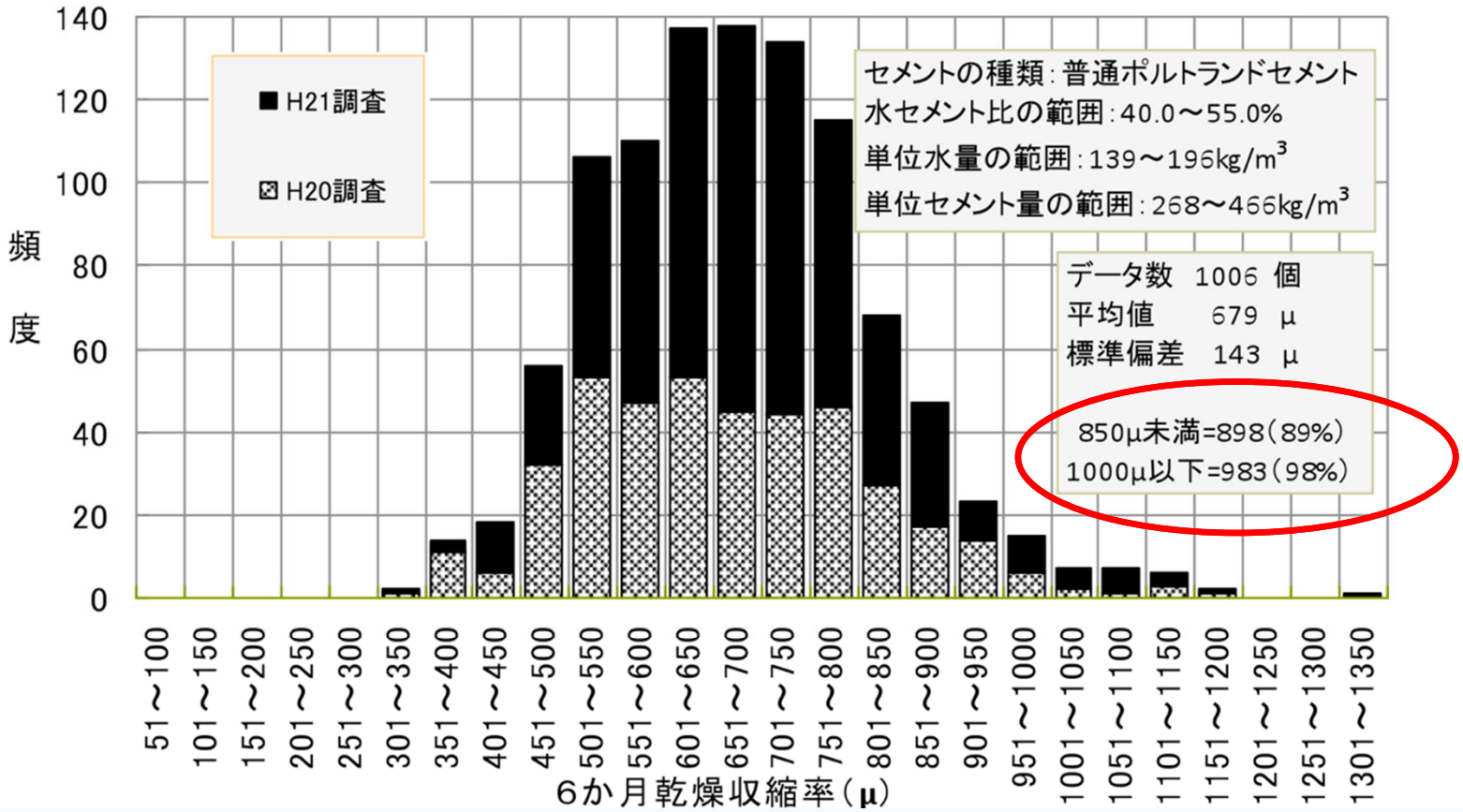
- コンクリートは収縮する。
  セメントの硬化収縮
  乾燥して収縮
  水和発熱が放熱して収縮
- 既設物などが収縮を拘束
  拘束されると引張応力発生
- 引張強度は極端に小さい
  ⇒　ひび割れ発生

コンクリートの初期ひび割れの原因

収縮：水とセメントに起因する収縮
拘束：施工上から避けられない。

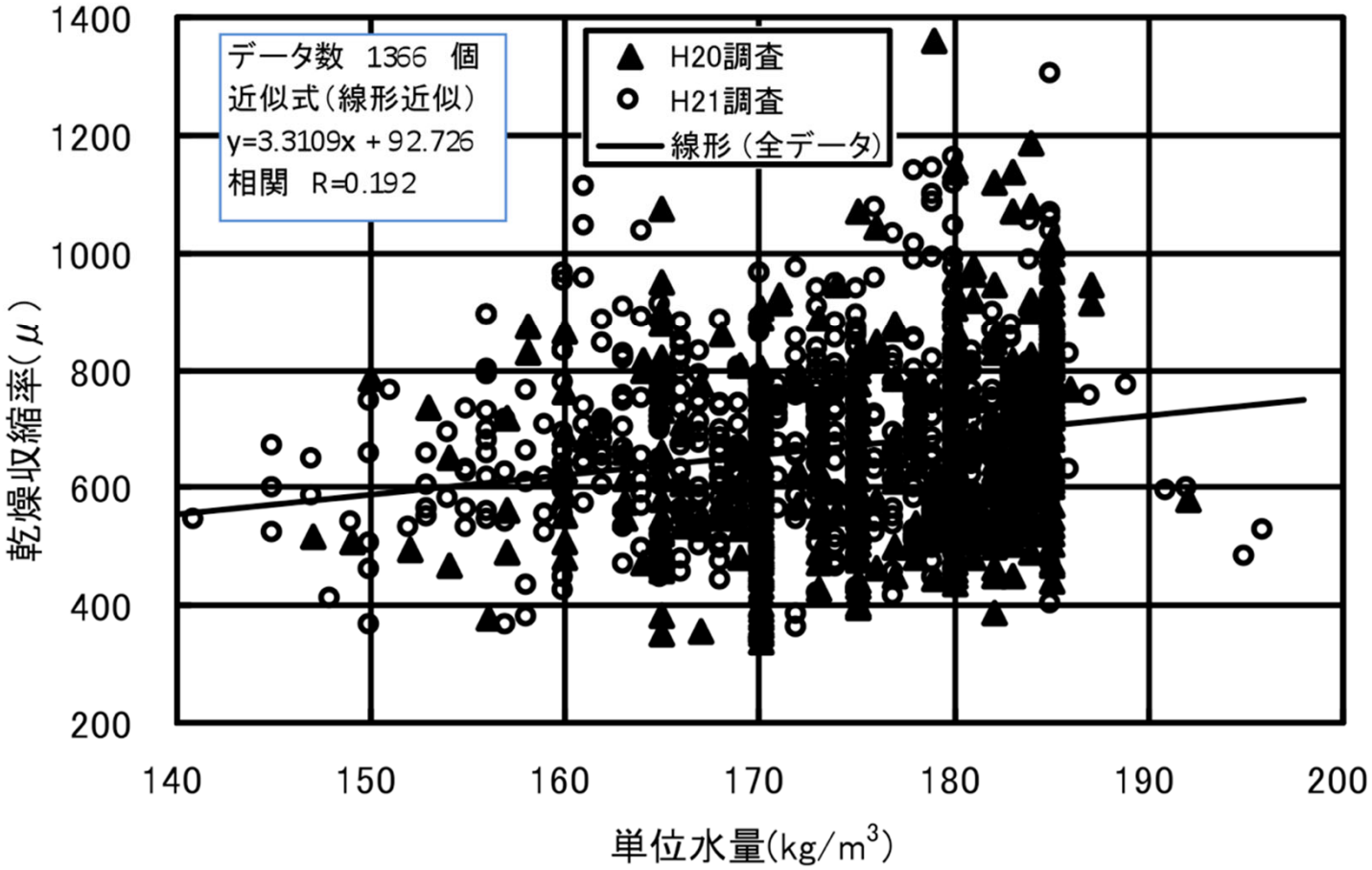
したがって、対策は
① 収縮しにくい骨材
② 単位水量の低減だけでは無理
⇒ コンクリートの長さ変化で把握
③ 単位セメント量の低減

長さ変化率の分布（特異点排除）



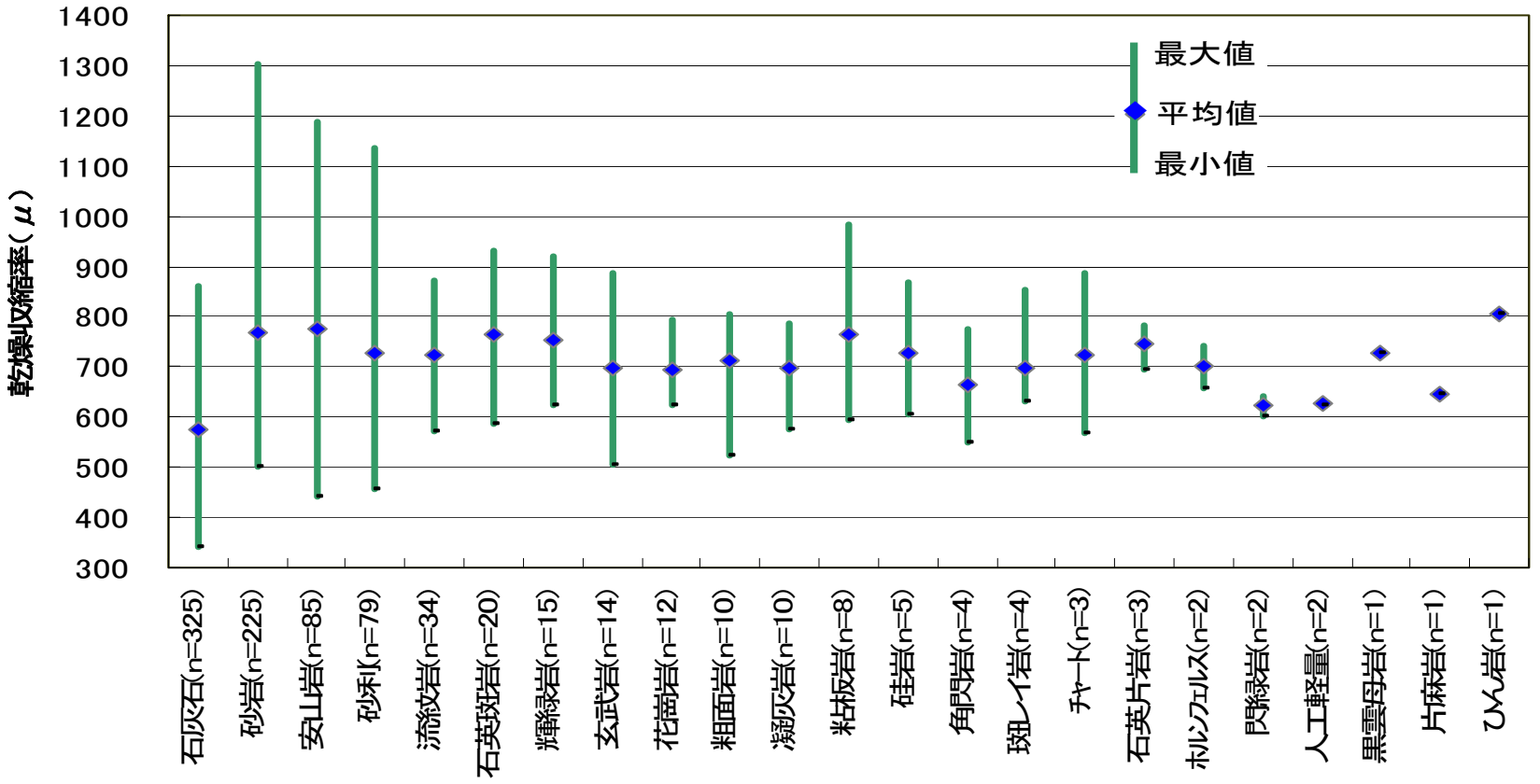
分布域：300～1200μ、平均679μ、標準偏差143μ
（特異な配合、A1129以外の方法を除外）

単位水量と長さ変化率（乾燥収縮率）



単位水量を低減するだけでは、収縮は小さくならない。

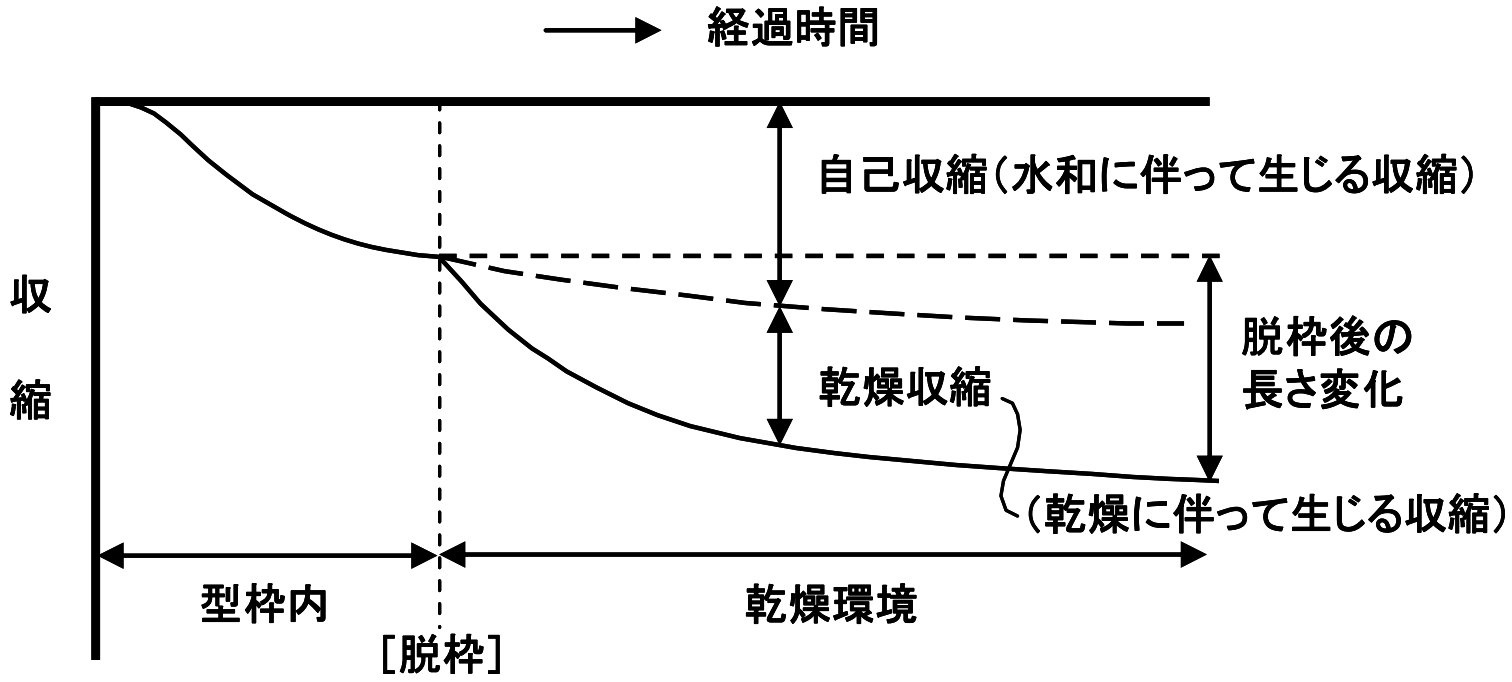
粗骨材の岩種と乾燥収縮率



nはデータの個数

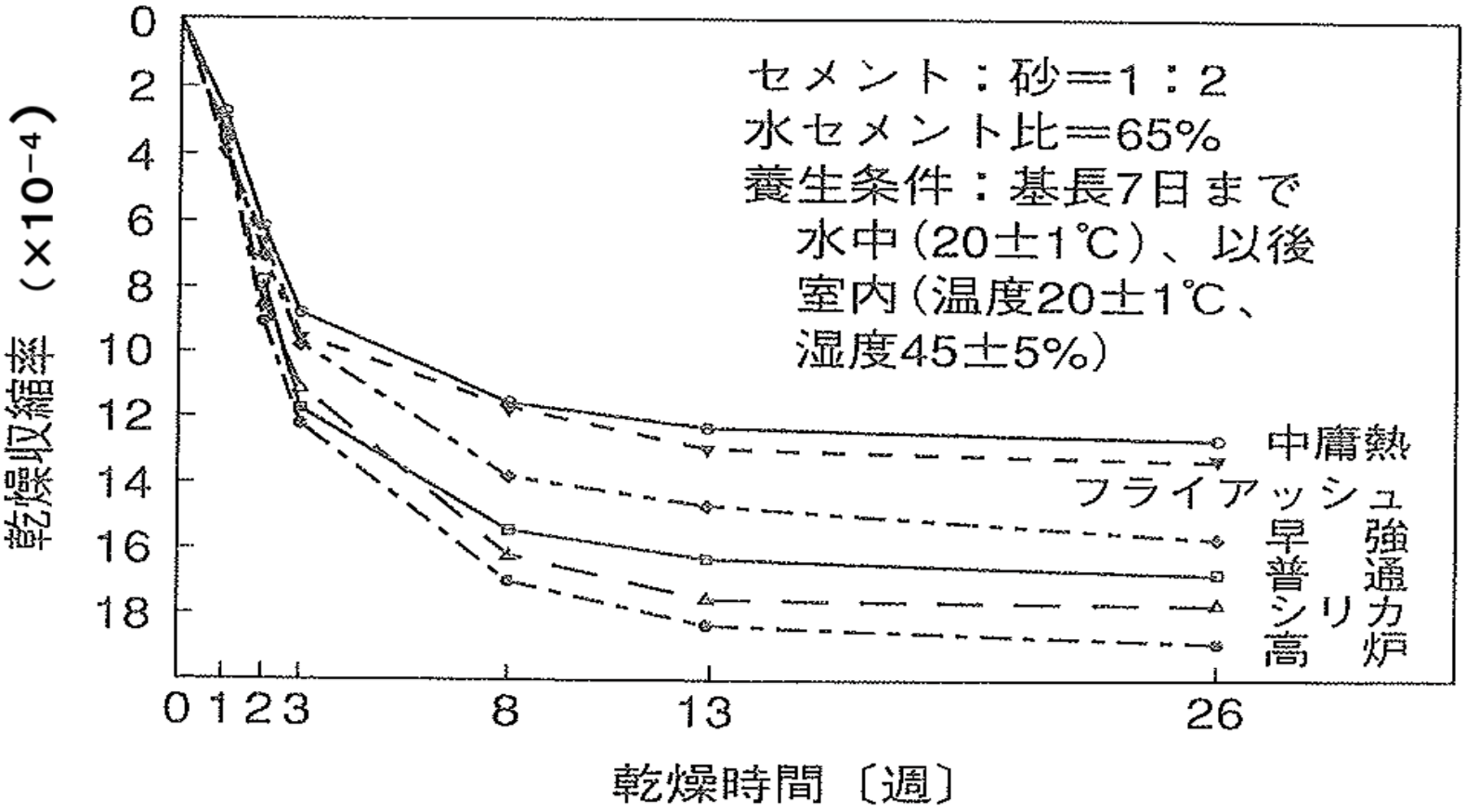
骨材も収縮の影響する。

自己収縮と乾燥収縮率・長さ変化率



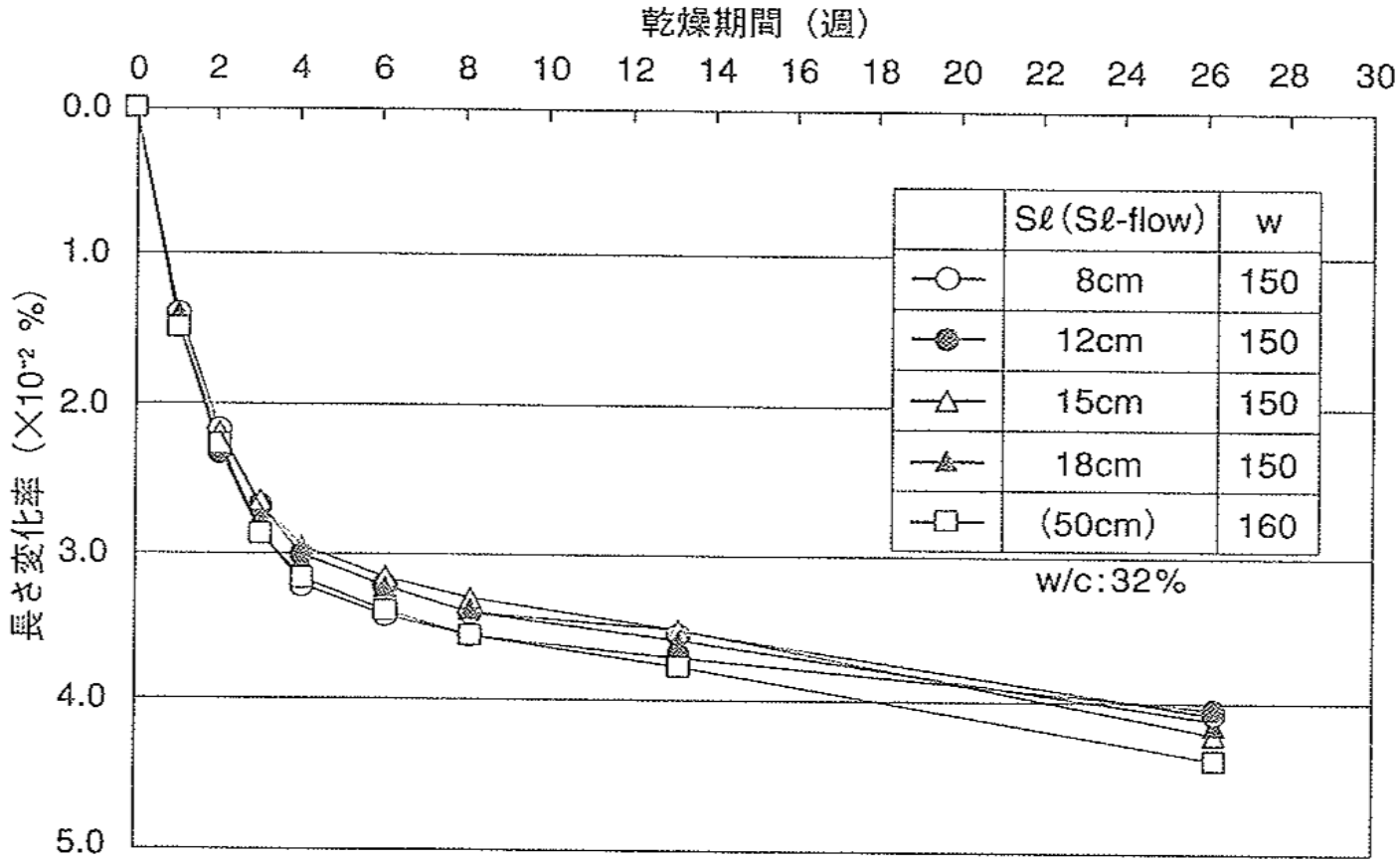
材齢7日程度では水和が完了していないため，脱枠あるいは水中養生終了後の長さ変化試験では，乾燥収縮と自己収縮の両方が測定値となる。

セメント種類による長さ変化率の違い



乾燥収縮率としていたが、実は自己収縮の影響が大

長さ変化の例（設計基準強度60N/mm²）



スランプより単位水量が支配的

乾燥収縮ひび割れの抑制対策

■　乾燥収縮率の低減

⇒　良質の骨材の使用（収縮に小さい材料）

⇒　良質の混和剤の使用（単位水量の低減）

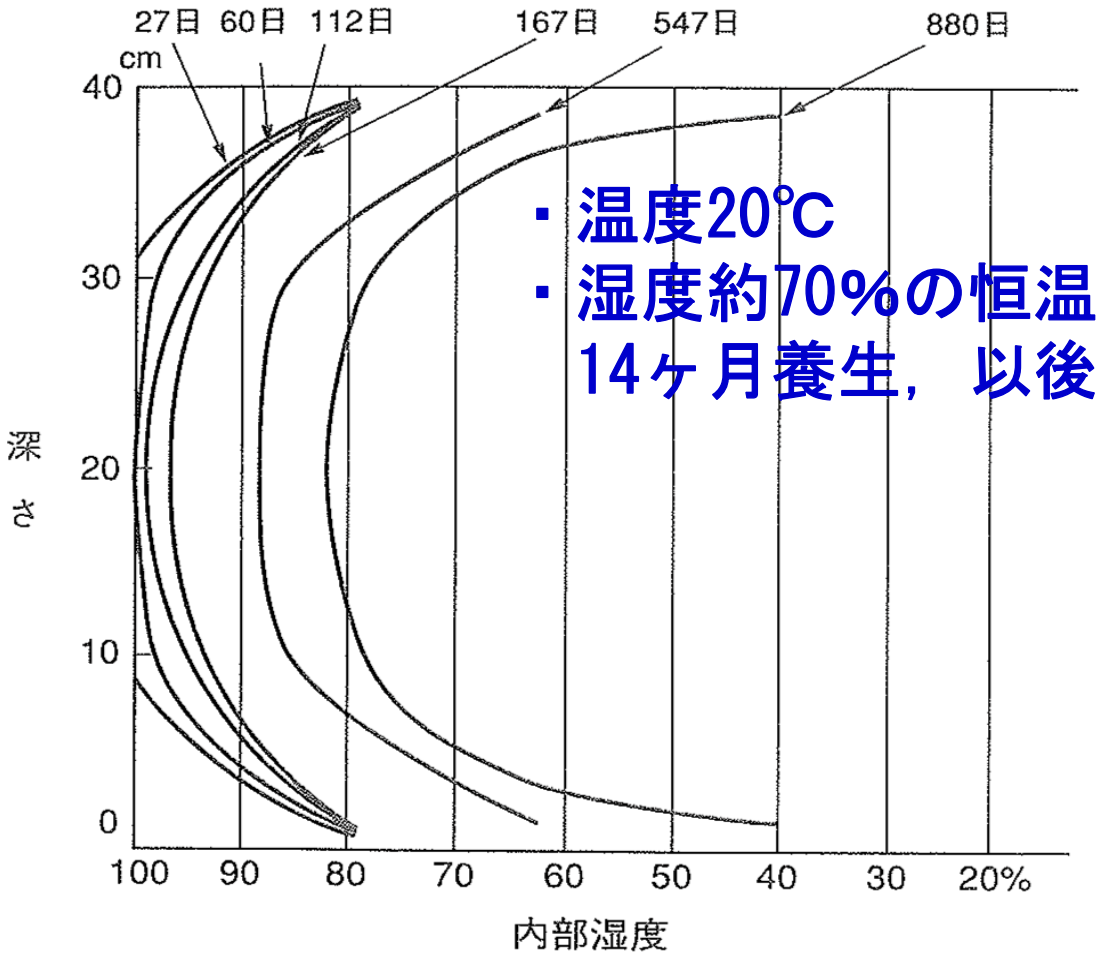
⇒　変動の少ない品質管理（余分な収縮削減）

■　乾燥による逸散水の抑制

⇒　十分な湿潤養生（余剰水の削減）

⇒　ゆっくりと反応させる（余剰水の削減）

内部湿度分布の推移（厚さ40cm）



- 温度20℃
- 湿度約70%の恒温室にて
  14ヶ月養生，以後室内放置

乾燥には時間が掛かる

部材の厚さでひび割れの入り方が異なる。

部材が薄い場合（例えば、建築部材）:

乾燥しやすい環境では早期にひび割れが生じる。

比較的厚い部材では、表面のみに生じる。

部材が厚い場合（例えば、土木構造物）:

屋外では雨水の影響もあり、乾燥し難いことが多い。

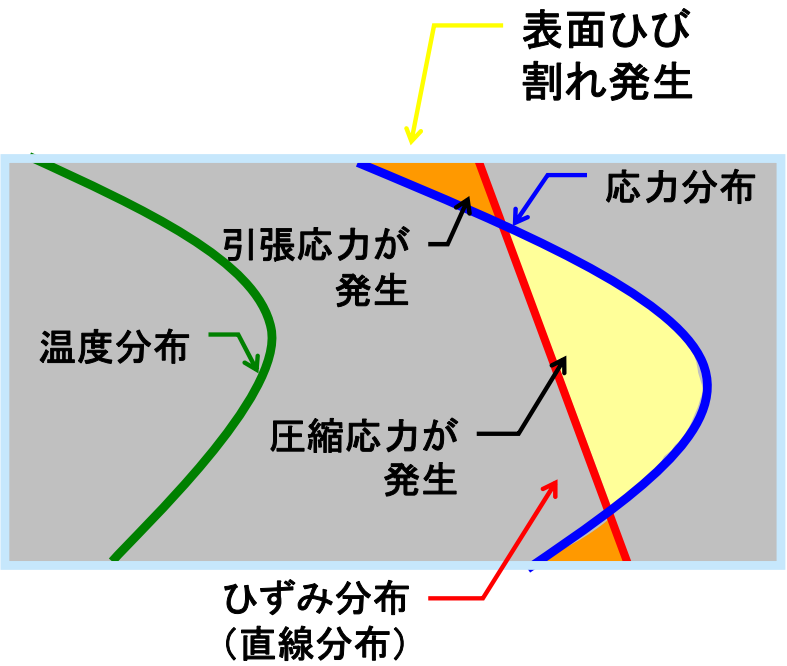
セメントの水和熱の影響で、温度ひび割れが生じる。

部材厚さが小さい場合の収縮ひび割れ

温度ひび割れの発生パターン

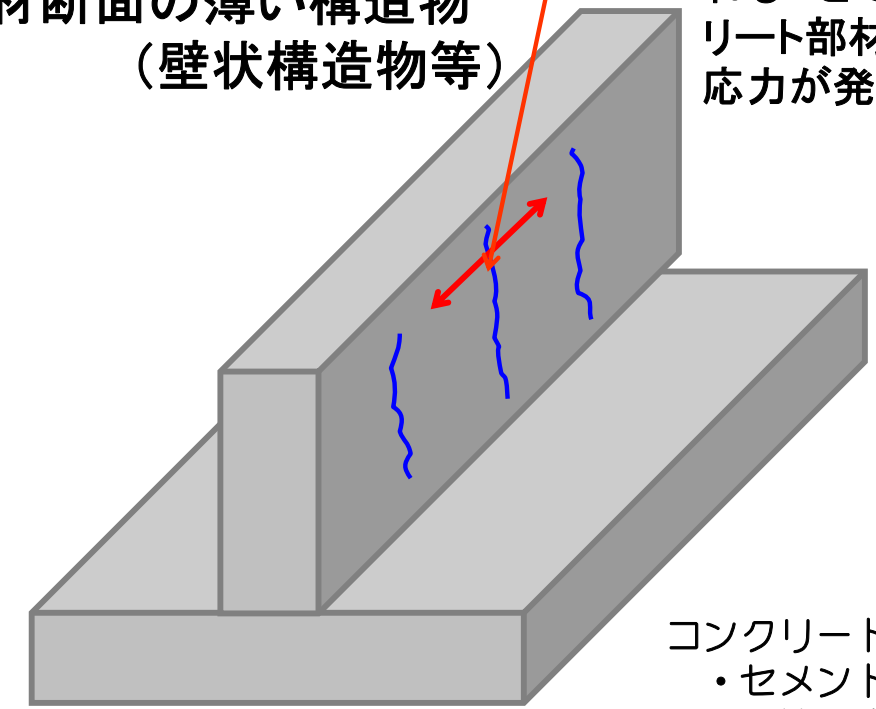
表面ひび割れ
（内部拘束卓越）

部材断面の厚い構造物
（スラブ状構造物等）



貫通ひび割れ
（外部拘束卓越）

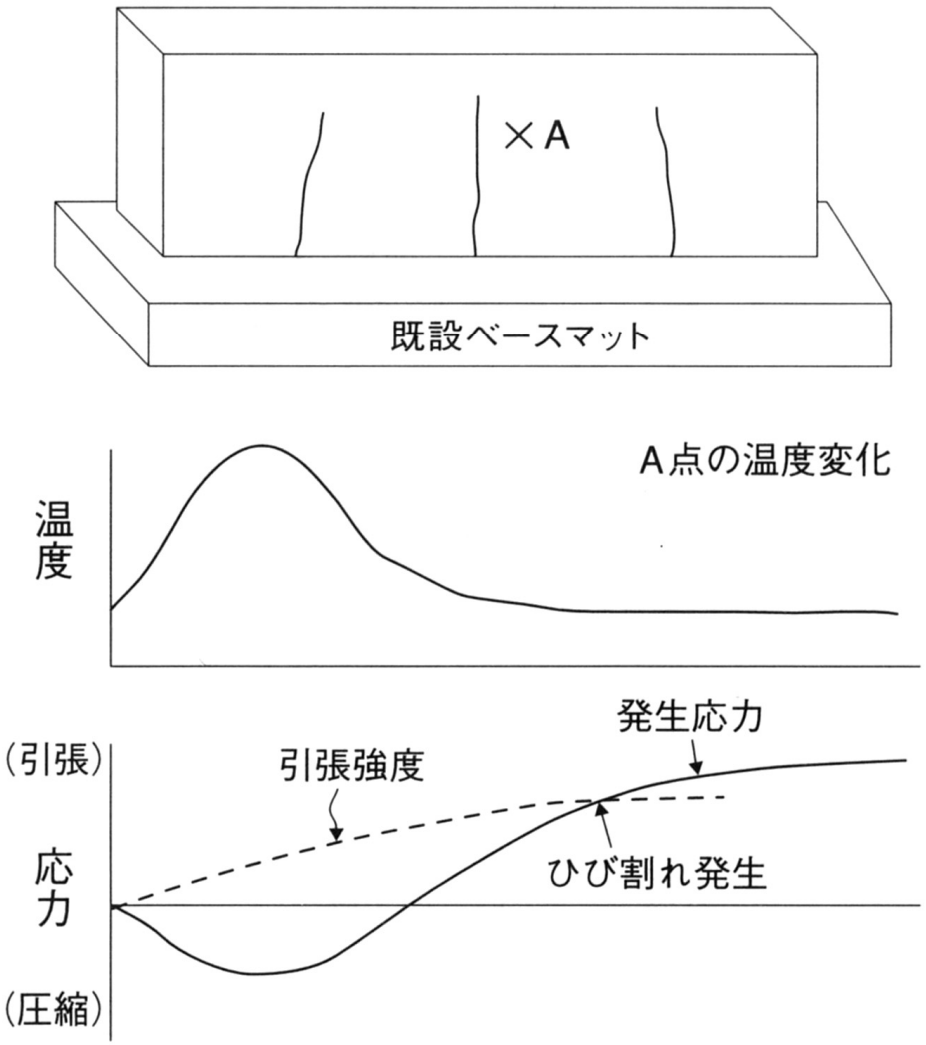
部材断面の薄い構造物
（壁状構造物等）



コンクリートの収縮を拘束体により拘束されることで、コンクリート部材内に引張応力が発生

コンクリートの収縮の原因
- セメント水和熱
- 環境温度の変化
- 自己収縮
- 乾燥収縮
- 日射　等

外部拘束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

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

配合要因とひび割れの関係

W/C (%)	W (kg/m³)	C (kg/m³)	T∞ (°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	やや小	大	大

水セメント比が小さいと ⇒ 強度はUPし、耐久性も向上

ただし、温度ひび割れは発生しやすくなる。

初期ひび割れの原因は明確

□ 建築物は乾燥収縮ひび割れ

□ 土木構造物は温度ひび割れ

↓

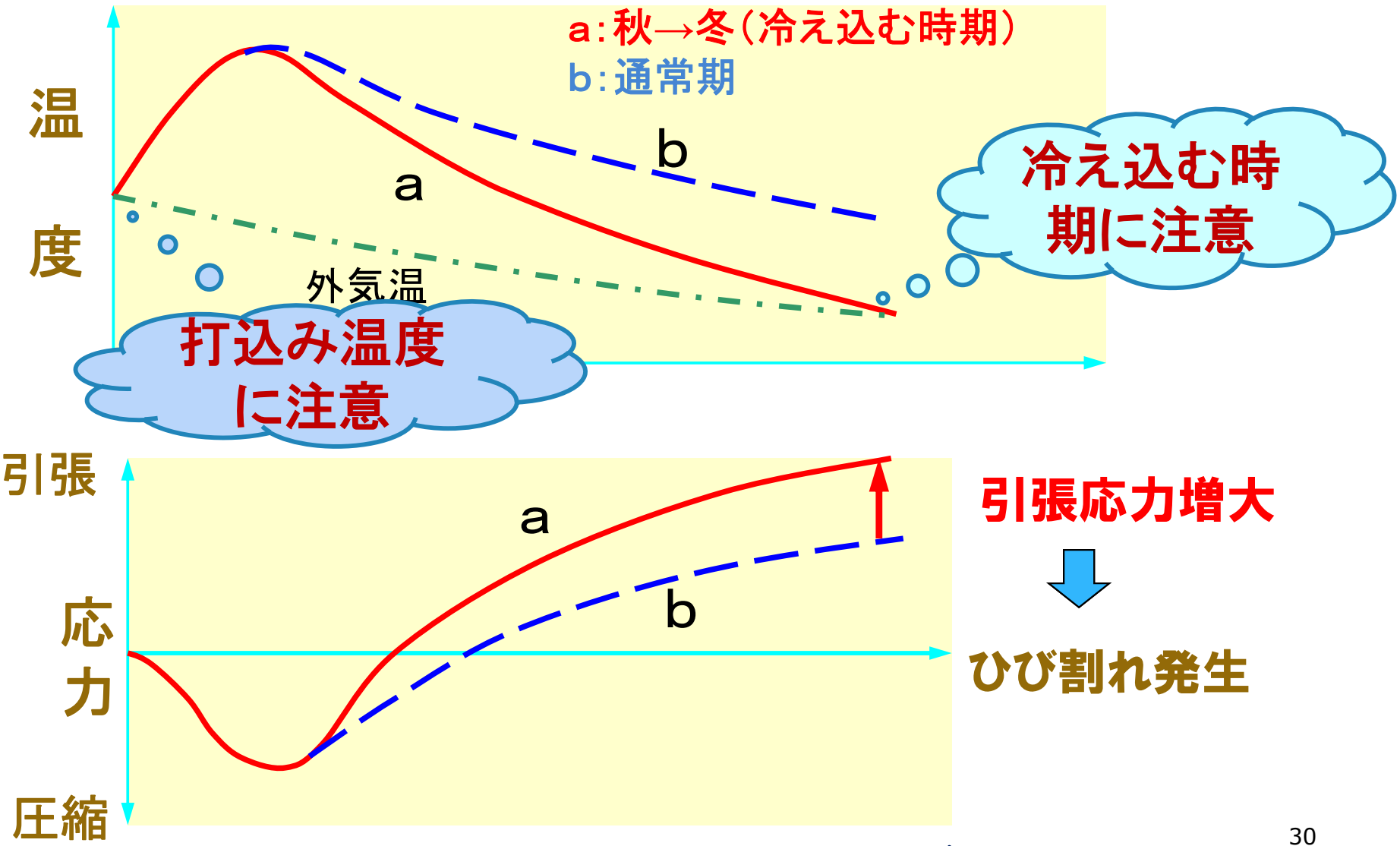
原因が明確であり、予測可能

材料・配合・製造・施工の管理

で対応すべし　⇒設計で考慮

ただし、<u>制御は困難</u>

施工時期もリスクになる事例



⇒保温養生で冷やさない対策が効果的

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）
- 収縮の小さいセメントを選択
- 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

ただし、

- すべてのひび割れが有害とは限らない！
- ひび割れを補修すれば、初期欠陥とはならない。

（２）コールドジョイント

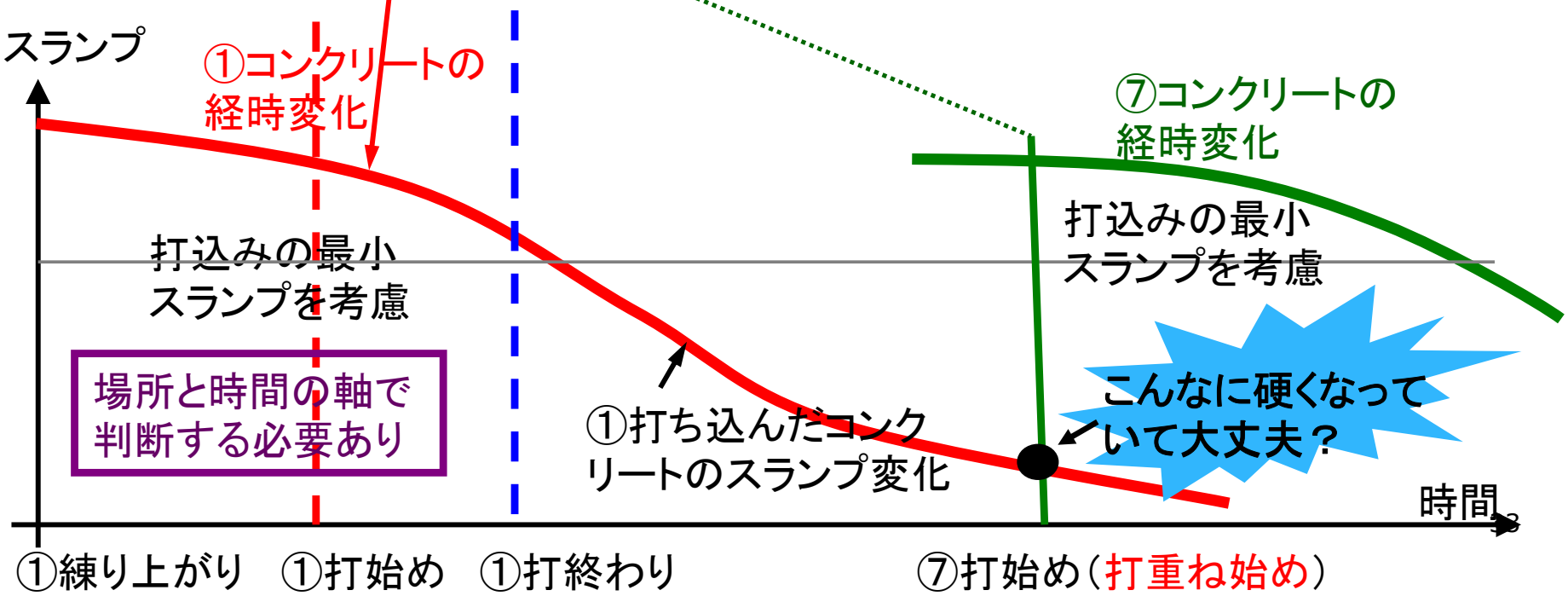
前層との時間を空けると発生する。
打ち重ね時間間隔を短くする計画が重要

打重ね（打込みの観点）

【パターンⅠ】　すべてのブロックを層ごとに打設した場合

例えば、⑦ブロックは①ブロックの打設から120分後に打設することになる。同様に、⑦～⑱ブロックすべてで打重ねの間隔が120分になり、コールドジョイントが発生する危険性が高まる。

3層目	⑬240分～	⑭260分～	⑮280分～	⑯300分～	⑰320分～	⑱340分～
2層目	⑦120分～	⑧140分～	⑨160分～	⑩180分～	⑪200分～	⑫220分～
1層目	①　0分～	②　20分～	③　40分～	④　60分～	⑤　80分～	⑥100分～



打重ねの計画が重要

◆打回し方によって，打重ね時間間隔が変化，コールドジョイントのリスクが異なる．

◆どの辺りがコールドジョイントになる確率が高いか事前に確認．

◆施工条件によっては，「たわら打ち（パターンIII）」を行うことは有効．

構造物，部材ごとに打込みの詳細計画を立てて，しっかり管理する．

図は、3層に分けて計18ブロックを打ち重ねる際の断面図を示す。いずれのパターンも〇数字の順に、1ブロックを20分で打設していく。
表示時間は、各ブロックの打設開始時間を示す。

コールドジョイントが生じる危険性が高いブロック

【パターンⅠ】 すべてのブロックを層ごとに打設した場合

例えば、⑦ブロックは①ブロックの打設から120分後に打設することになる。同様に、⑦～⑱ブロックすべてで打重ねの間隔が120分になり、コールドジョイントが発生する危険性が高まる。

3層目	⑬240分～	⑭260分～	⑮280分～	⑯300分～	⑰320分～	⑱340分～
2層目	⑦120分～	⑧140分～	⑨160分～	⑩180分～	⑪200分～	⑫220分～
1層目	① 0分～	② 20分～	③ 40分～	④ 60分～	⑤ 80分～	⑥100分～

【パターンⅡ】 約 1/2を層ごとに打設した場合

上のパターンに比べて筒先の移動する回数は増えるが、打重ねの間隔が120分になるブロックの数は減り、コールドジョイントの発生の危険性は減少する。

3層目	⑪200分～	⑫220分～	⑬240分～	⑯300分～	⑰320分～	⑱340分～
2層目	⑤ 80分～	⑥100分～	⑦120分～	⑩180分～	⑭260分～	⑮280分～
1層目	① 0分～	② 20分～	③ 40分～	④ 60分～	⑧140分～	⑨160分～

【パターンⅢ】 最小限で層ごとに打設した場合（いわゆる「たわら打ち」）

筒先を移動する回数はさらに増えるが、打重ねの間隔が最大でも100分となり、コールドジョイントが生じる確率がかなり小さくなる。

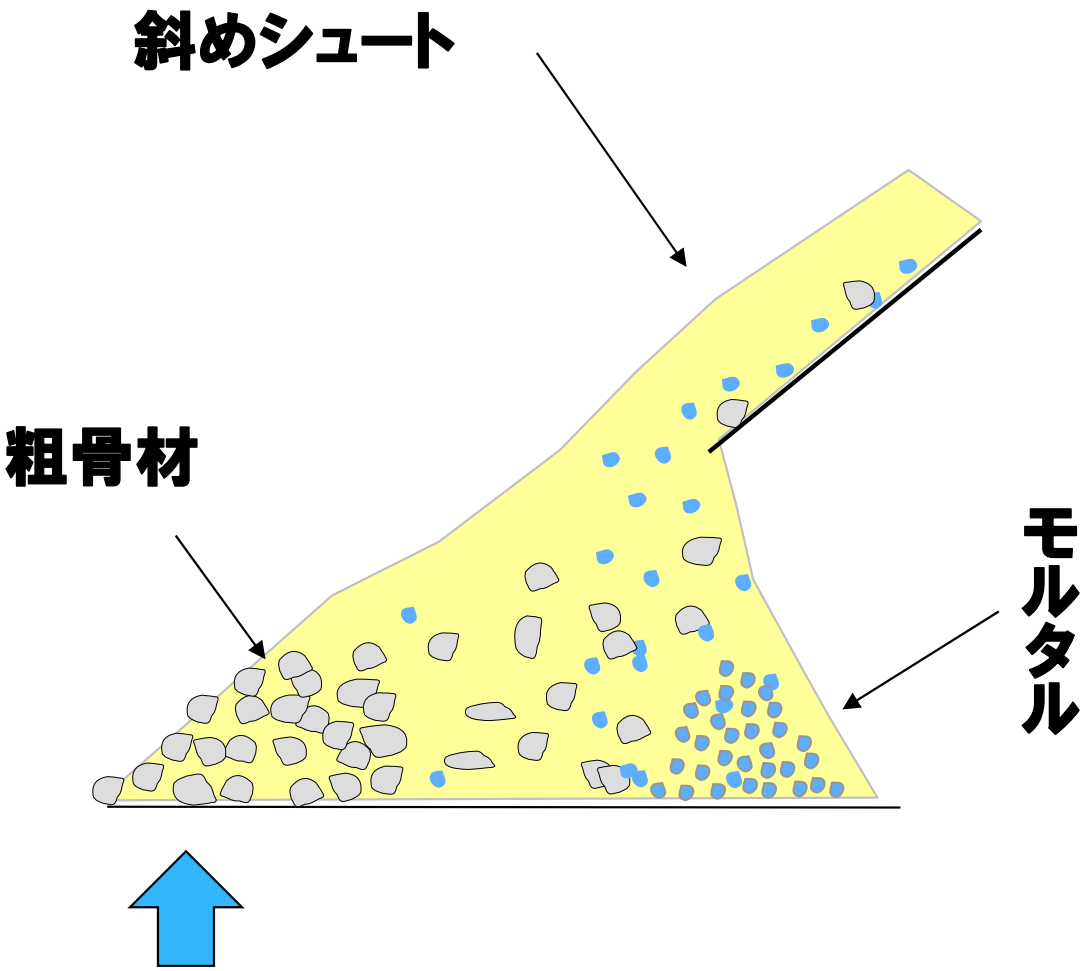
3層目	⑥100分～	⑨160分～	⑫220分～	⑮280分～	⑰320分～	⑱340分～
2層目	④ 60分～	⑤ 80分～	⑧140分～	⑪200分～	⑭260分～	⑯300分～
1層目	① 0分～	② 20分～	③ 40分～	⑦120分～	⑩180分～	⑬240分～

（3）豆　板

粗骨材が分離する打込み方法で生じる。

先行コンクリートが硬化していると、
振動締固めをしても骨材は沈まない。

流動に伴う材料分離のメカニズム



骨材だけが集まると豆板ができる。

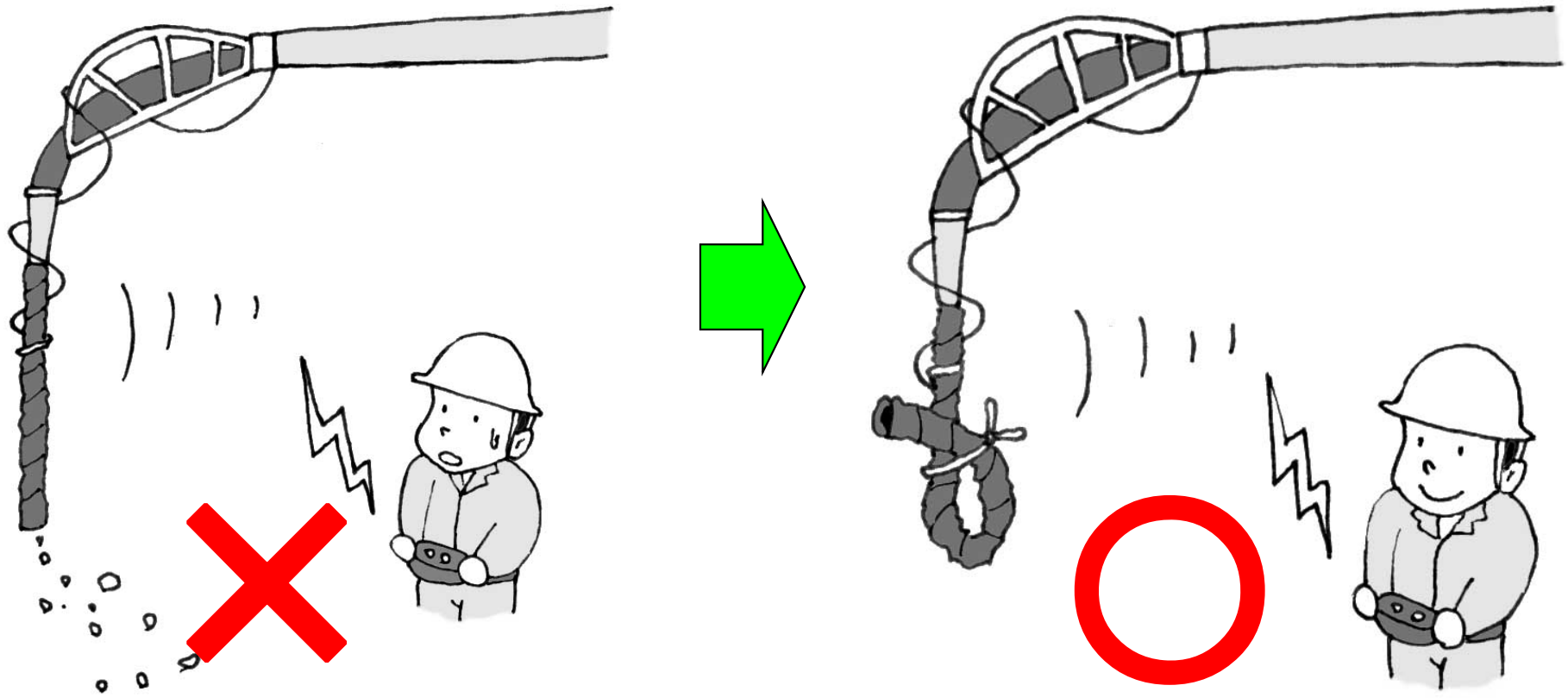
筒先からのコンクリートの流れをみる

⇒　豆板ができる兆候はない。

硬練りコンクリート

軟練りコンクリート

ポンプ車ブーム先端ホースにリスク

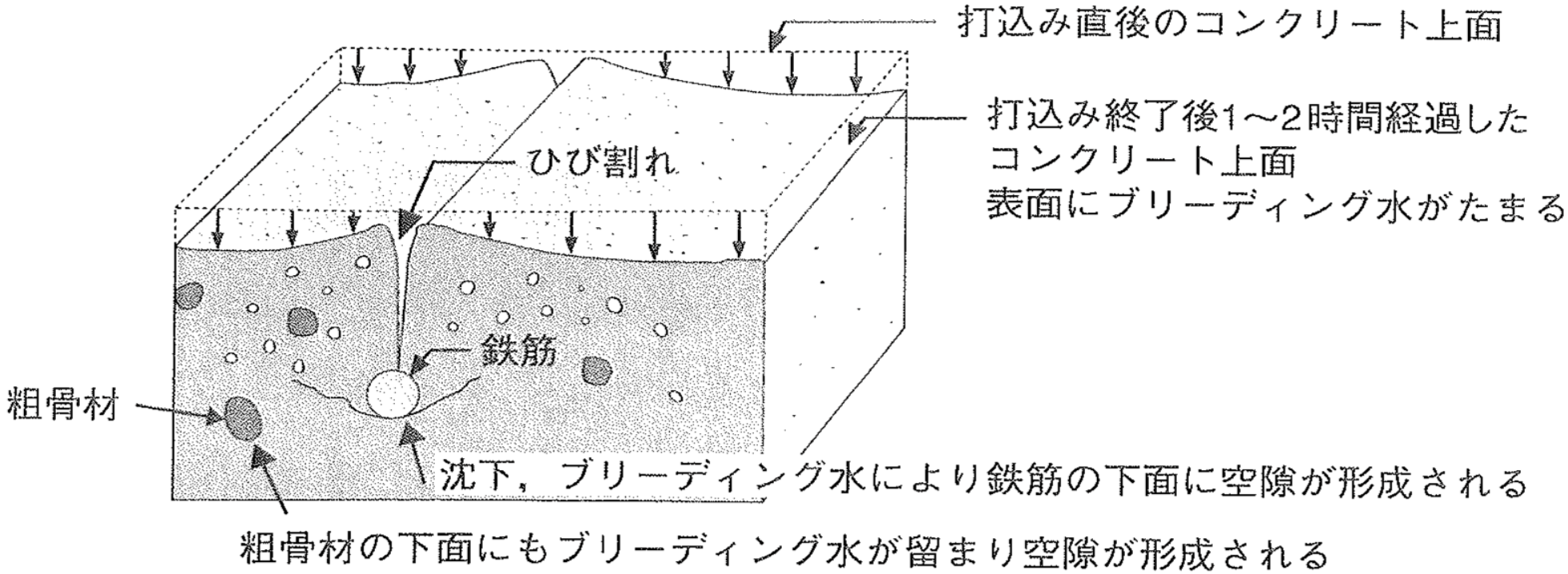


段取り替え時にリスクが潜む

（４）沈下ひび割れ

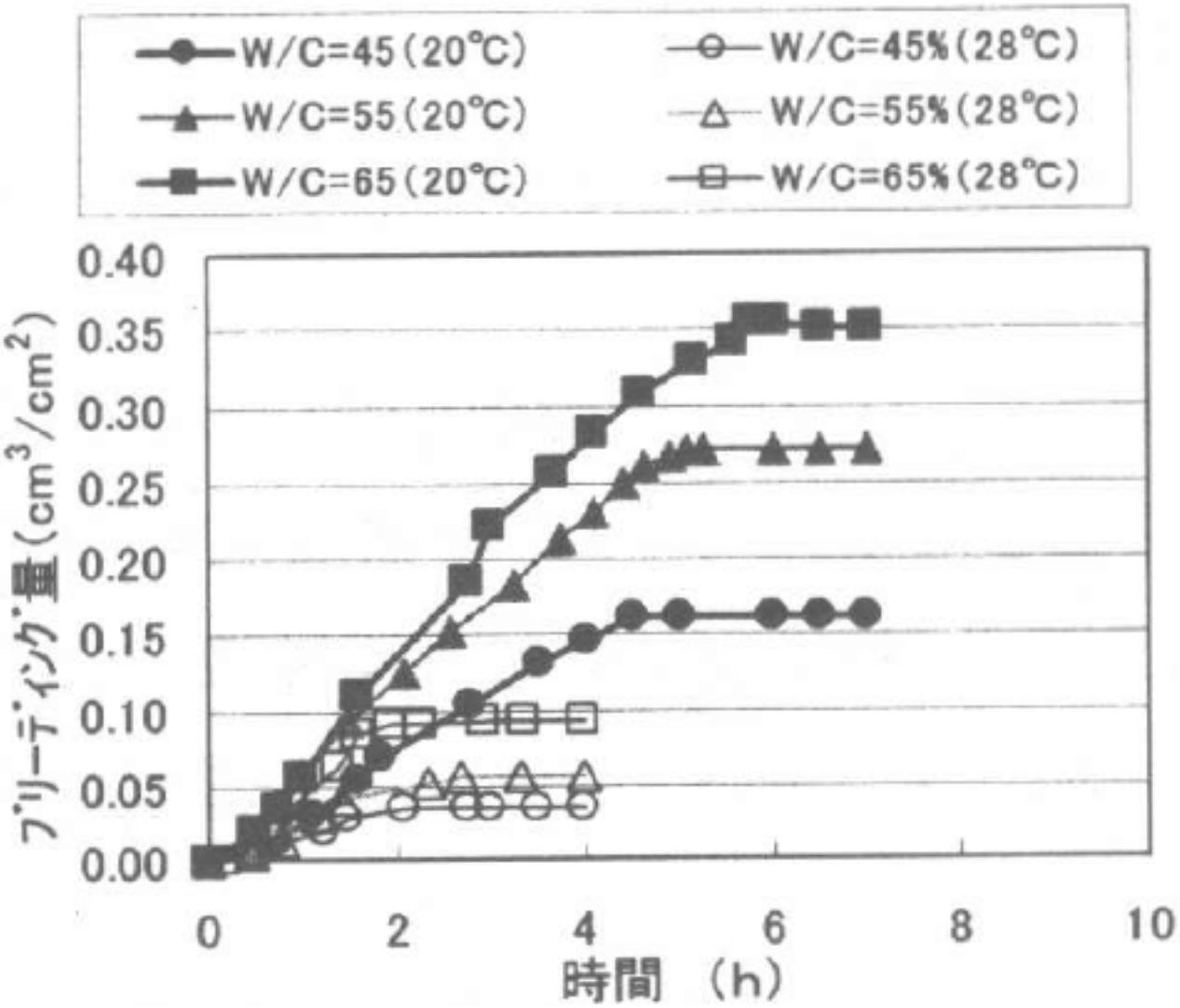
水走り・砂筋
（ブリーディングが一因）

ブリーディングの伴う沈下ひび割れ



日経コンストラクション：コンクリート名人養成講座より引用

ブリーディングの発生状況の一例



ブリーディングは、
数時間継続するため、
打込みが終了後に
沈下が発生する。

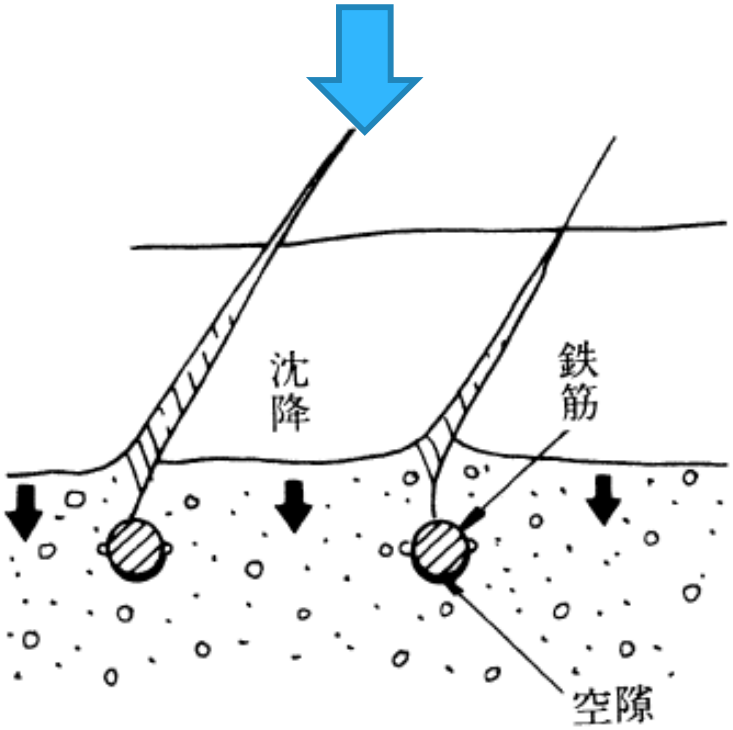
ブリーディングが原因でできる不具合

型枠際に発生する沈下ひび割れ
対策は打ち上り速度を緩める

仕上げ面に生じた表面剥離
コテ押さえを急ぐと発生

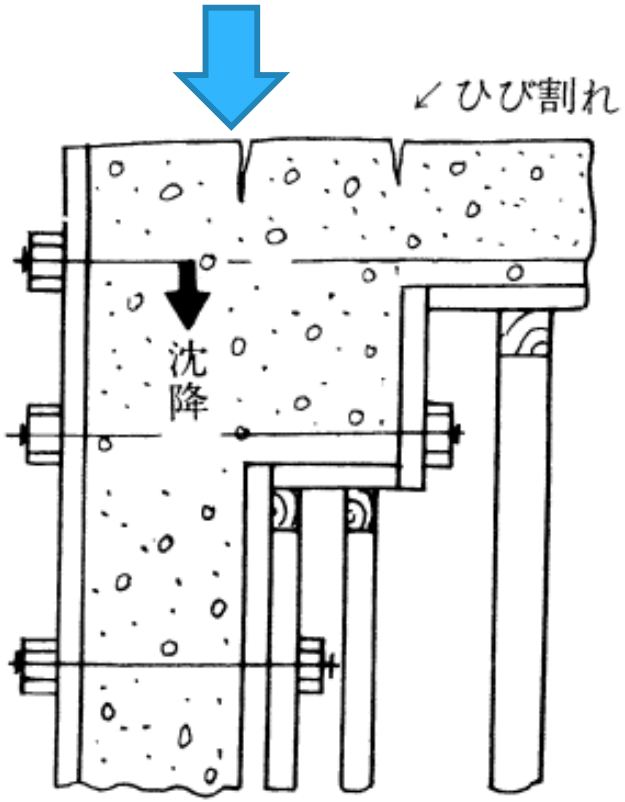
沈下ひび割れの施工時の対策

ブリーディングが収まる
タイミングでタンピング



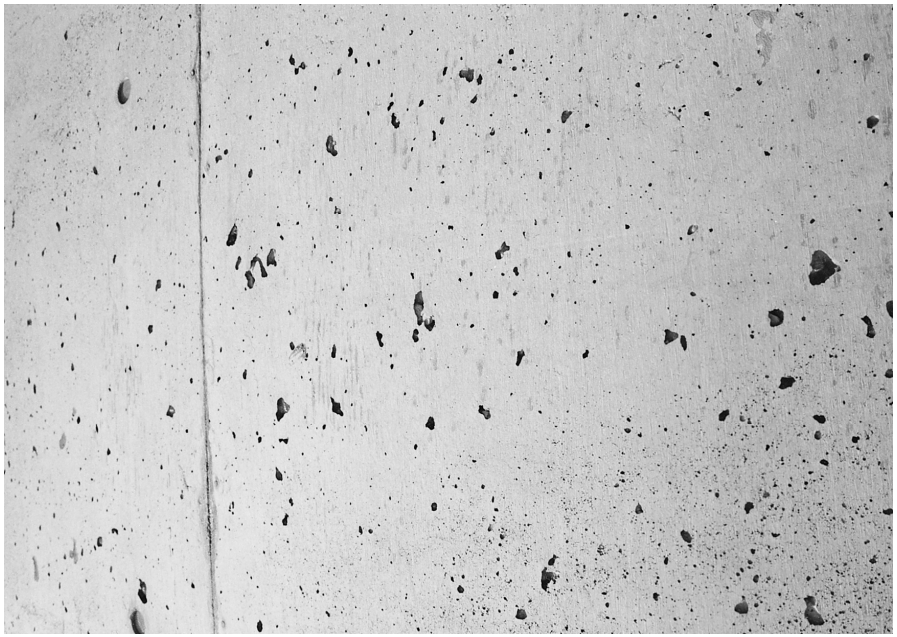
（a） 鉄筋に沿って生ずる場合

梁下で一旦止める理由



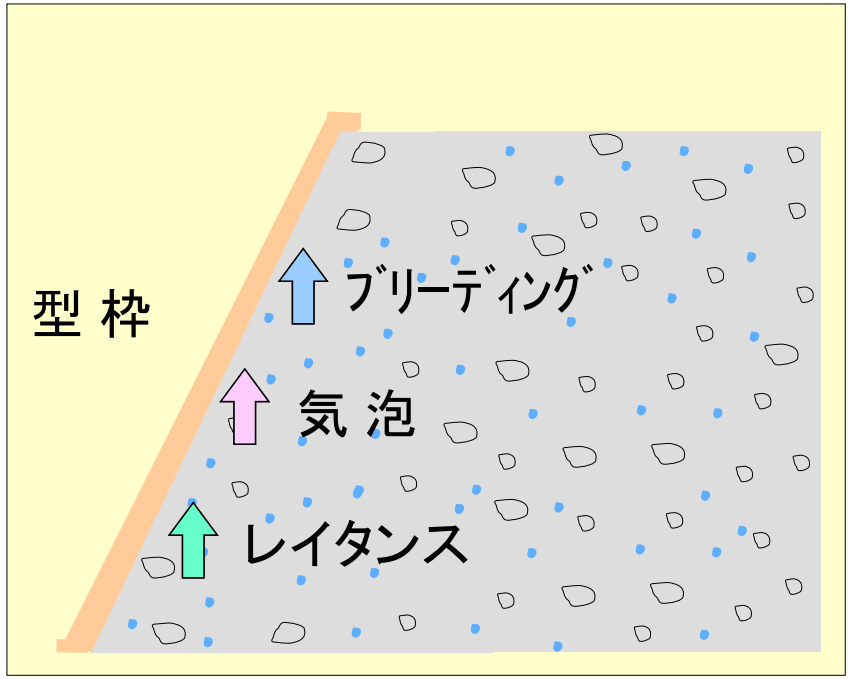
（b） 断面の変わるところに生ずる場合

（5）斜面で発生しやすい表面気泡



良い気泡（微細な気泡）と悪い気泡（大きな気泡）を区別する。

- 一度に打ち上げるとでき易い



- 斜面の型枠際にでき易い

気泡を除去するスペーディング

3. 適切な補修で、初期欠陥にしない対応

■ 初期ひび割れの補修方法

⇒　有害なひび割れを判断

■ コールドジョイントの補修方法

■ 豆板・空洞の補修方法

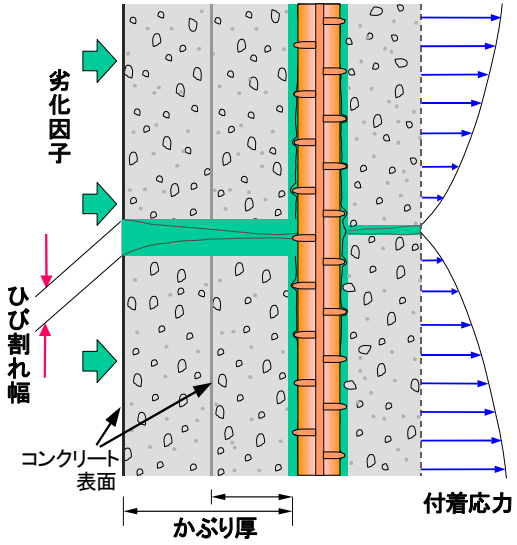
■ 表面気泡・沈下ひび割れの補修方法

⇒　適切な補修で初期欠陥としない！

初期ひび割れを初期欠陥にしない。

■ まず、ひび割れが有害か無害かを見分ける。

有害なひび割れ：貫通ひび割れ（ひび割れ幅が大）



⇒ 鉄筋の腐食の影響を考慮

表面ひび割れ（ひび割れ幅は小）

⇒ 美観の影響を考慮

■ 補修方法： ひび割れからの劣化因子の侵入防止

■ 補修方法： エポキシ樹脂の注入など

ひび割れ幅を小さくする。

コールドジョイントの補修方法

■ 上層と下層のコンクリートの一体性の確認をする。
⇒　一体性が確認されると、ひび割れと同様の対応

■ 下層のコンクリートが十分に締め固まっている場合
⇒　貫通ひび割れとみなして補修（樹脂注入など）
一般的には経過観察でよいが、美観上は問題。

■ 下層のコンクリートが不十分な締め固めの場合
（例えば、山になっているコールドジョイント）
⇒　下層のコンクリートの状況を調査し、対応

豆板・空洞の補修方法

■ かぶり部分に豆板や空洞ができた場合

⇒　鉄筋がむき出しになるり、腐食が早まる。

■ 補修方法：

①豆板の除去、空洞は調査

②不具合の部分を除いて、断面修復

③断面修復材は、ポリマーセメントモルタルなど
無収縮かつ充填性を考慮して補修

表面気泡・沈下ひび割れの補修方法

■小さな気泡は、耐凍害性に効果的

■ 大きな表面気泡は、劣化因子の侵入を早める。

⇒　大きな表面気泡は補修するべき。

大きな気泡は、セメントペーストで埋める。

■ 沈下ひび割れは、美観が問題となる場合が多い。

⇒　タンピングや梁下を一旦打ち止める対策

⇒　Pコンの下は、セメントペーストで埋める。

4. コンクリート構造物のあるべき姿

- 本来は、高耐久性であるべき
- 施工時の変状を初期欠陥にしない！
- 維持管理計画を立てて、予防保全。
- 早めの点検で、安価な補修
- 健康寿命を延ばして脱炭素に貢献
- 人材の育成と、予算の確保が重要

ご清聴に感謝いたします。