

# 工事検査で気が付いたこと ～コンクリートの施工について～



高知県土木部建設検査課  
技査 森下正浩

# 本日の発表内容

## 工事の検査で気が付いたこと

- ・建設検査課の検査
  - 請負対象金額5千万円以上の検査を実施
- ・コンクリート施工で気が付いたこと
  - 特に打込み、締固め、養生等において疑問に思ったこと
  - これでよいのか？もっと良い方法がないか？
- ・基本的な留意点などの概説
- ・コンクリートのひび割れ対策の実施例

# 1. コンクリート施工に関する検査方針

①構造寸法などが確保されているか。

設計断面の確保、鉄筋の配筋など

②強度や耐久性が確保されているか。

適正な配合、かぶり、密実なコンクリート、  
初期欠陥(ひび割れ他)の有無 等

③適正な施工がなされているか。

- ・施工プロセスが重要、
- ・運搬、打込み、締固め、養生等が適正か。

高知県建設工事共通仕様書⇒コンクリート標準示方書

④安全に施工されているか。

足場の設置、公衆災害防止など、

しっかりとした足場の設置は品質確保にもつながる。



現道交通供用下のコンクリート工事

## 2. 検査で見かける初期欠陥

### ①ブリーディングに伴うひび割れ(沈下ひび割れ)



- ・ブリーディングによる水の上昇、
- ・上昇した水量の分だけコンクリートが沈下
- ・沈下がセパレータコーンや鉄筋等で拘束されて発生

セパレータのコーン跡下方の沈下ひび割れ、  
他にあばたや豆板補修跡

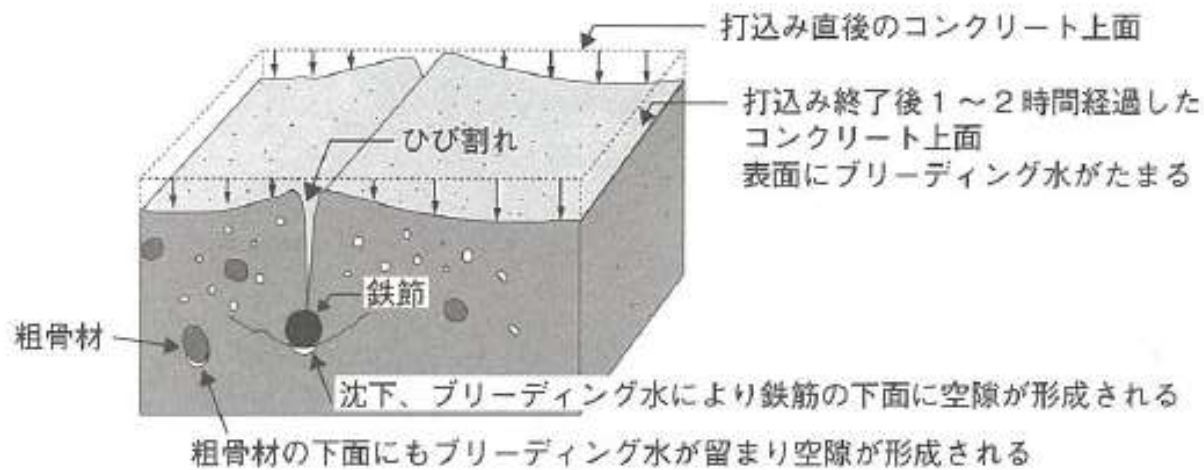


図 1-2 鉄筋の上部に生じる沈下ひび割れの概念

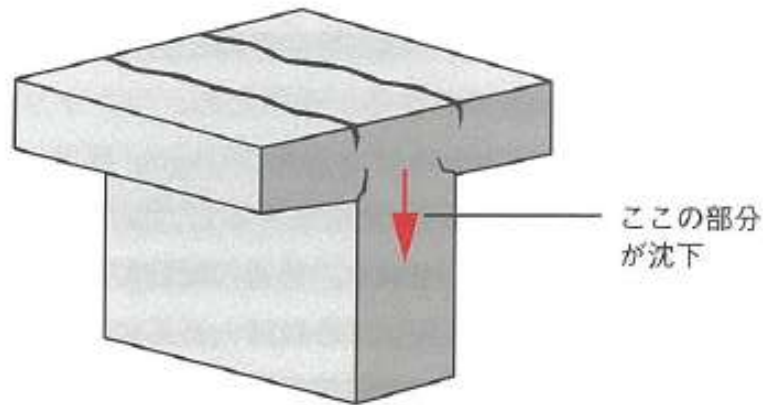


図 1-3 上下方向の寸法に違いがある部位に生じる沈下ひび割れの概念

- ・ブリーディング量が多いコンクリート(単位水量が大きい等)で顕著に発生

- ・施工時の気温が低く凝結に時間がかかる場合は沈下ひび割れが発生しやすい

- ・締固め不足が原因で発生

## ②ジャンカ(豆板)



解説 図 7.3.11 柱部下端のジャンカの発生状況

・粗骨材が多く集まってできた空隙の多い箇所

・コンクリート打設時の材料分離、締め固め不足・型枠下面からのセメントペーストの漏れ等

・コンクリートの落下高さが高い場合  
⇒**落下速度が速い場合に材料分離が発生**

・密実でない。耐久性低下、水や塩分、炭酸ガスが浸透しやすい。鉄筋等の腐食を引き起こす。

### ③あばた(表面気泡)

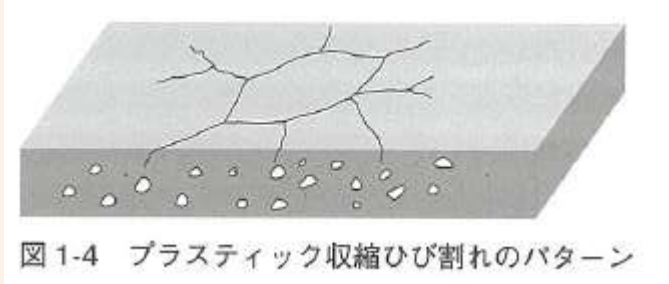


スパージングによる気泡の除去

型枠に接するコンクリート表面に打設時に巻き込んだ空気(エントラップドエア)がなくならずに残って露出し、硬化したもの。

- ・傾斜面に発生
- ・コンクリート温度が高い場合、凝結が早くなるため、気泡が上昇できないまま硬化してしまい、あばたを作りやすくなる。
- ・美観を損ねる
- ・耐久性低下、表層部が脆弱になる

## ④プラスチック収縮ひび割れ



- ・コンクリートを打ち込んで間がない時期に表面を乾燥させた場合に発生
- ・気温が高い、湿度が低い、風が強い日に発生しやすい
- ・表面の収縮に内部のコンクリートが追従できないことから発生
- ・舗装コンクリート等で発生しやすい。
- ・発生した場合、タンピングで修復が可能
- ・硬化初期の段階で被膜養生材を散布する。
- ・風や日射をさえぎること。



## ⑤温度ひび割れ



温度ひび割れの発生、補修状況

- ・セメントの**水和反応に伴う発熱**によって**硬化時に温度が上昇**
- ・水和反応が収束に向かう場合、コンクリート温度が外気温まで下降
- ・温度上昇、下降時の**体積変化**
- ・**内的、外的な拘束**がある場合、**温度応力が発生**
- ・温度応力 > コンクリートの引張強度  
のとき**温度ひび割れが発生**

### 3. 打ち込みで気付いたこと

#### 3-1. 材料分離

- ・ 打ち込み時の落下高さが1.5m以内であるが、筒先でコンクリートに加速がつき落下している。
- ・ 鉄筋構造物の場合、筒先を構造物内部に挿入していないのでは？
- ・ コンクリート落下時に鉄筋に接触している。
- ・ 材料分離⇒豆板、ひび割れの発生、強度、耐久性の低下



筒先を挿入し、落下速度を抑えている



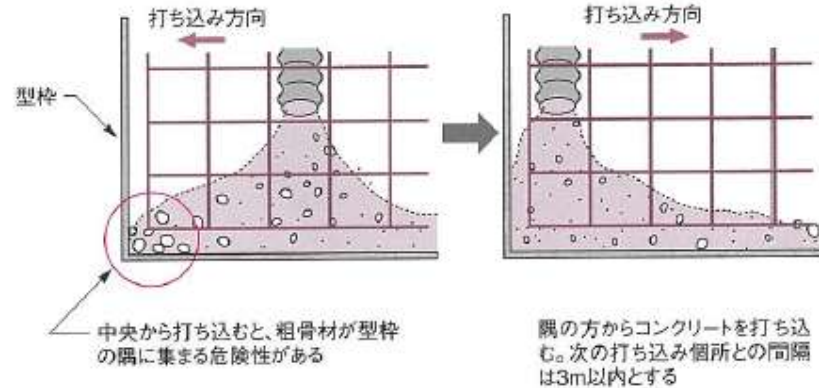
打設高さ、締固め高さはできるかぎり直下がよい

# ひび割れのきっかけとなる材料分離



解説 図 7.3.11 柱部下端のジャンカの発生状況

## 打設方向が悪いと豆板(ジャンカ)が発生



失敗例

改善例

## 豆板(ジャンカ)について

材料分離が原因ではないが  
型枠と下のコンクリートの隙間からモルタルが漏れて発生することもある。

⇒コーキングなどの止水処置が必要

## ひび割れに対する弱点

橋台等において、壁とフーチングの接合部等は外部拘束によるひびわれが入りやすいので材料分離には留意すること

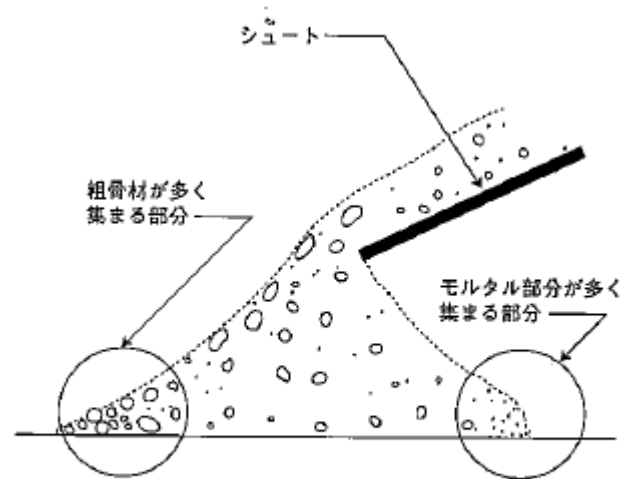
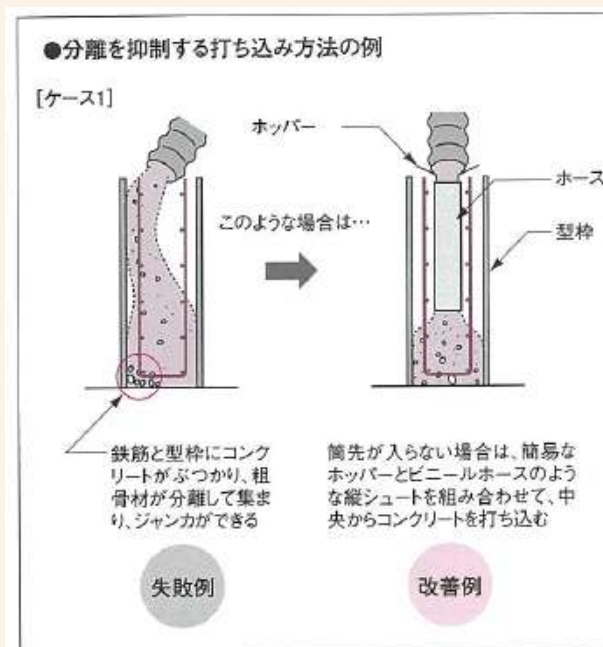


図-1 コンクリートを落下させたときの分離

## 3-2. 打込み面との高さ1.5m以下



①コンクリートの落下高さが大きいと、**落下速度が大きくなり、材料分離を起こし、ジャンカの発生の原因となる**

⇒ポンプの筒先とコンクリート打込み面との高さを**1.5m以内とし、落下速度にも留意する。**  
⇒**小さくする。できればゼロがよい。**

②配筋の状態によってはポンプの筒先が**鉄筋のあき部分に挿入できないことがある。**

⇒**鉄筋を一時的にずらすなど、開口部をつくり打込み箇所を確保する。**

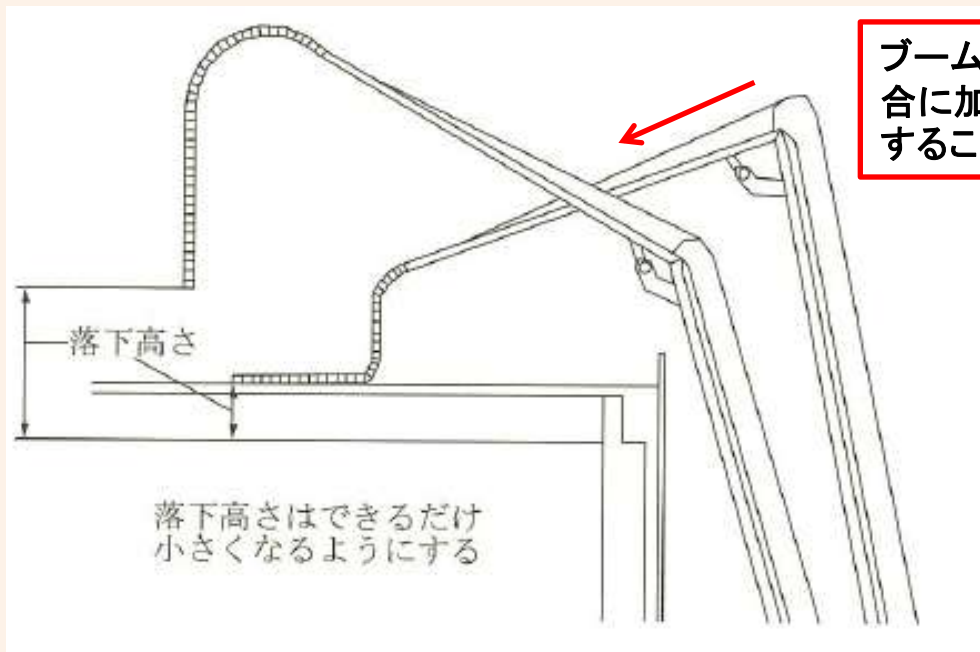
③**投入箇所の間隔**を適正に設定する。

⇒**型枠内でコンクリートを横移動させてはならない。横移動すると材料分離を生じる可能性が大きい。**締め固めた後のコンクリートの層厚が40~50cmになり、かつ、隣接する投入箇所から投入され締め固められたコンクリートと適度な範囲で接するように決めること。

⇒**鉄筋を一時的にずらして、事前に投入箇所を適正な間隔にて確保すること。**

### 3-3. ブーム車による圧送

- ・コンクリートの分離を防ぐために、ホースの筒先を水平に保ち、配管内にコンクリートが満たされた状態を保つことが大切。
- ・段取り替えの場合の留意、ブームを他の場所に移動して打ち込みを再開する場合
  - ⇒自由落下により粗骨材が先行して落下する恐れがある。
  - ⇒粗骨材を集めて速やかにモルタルの多い箇所に移動して、再振動すること。



ブームの勾配が下向きになった場合に加速が付きやすいので注意すること。

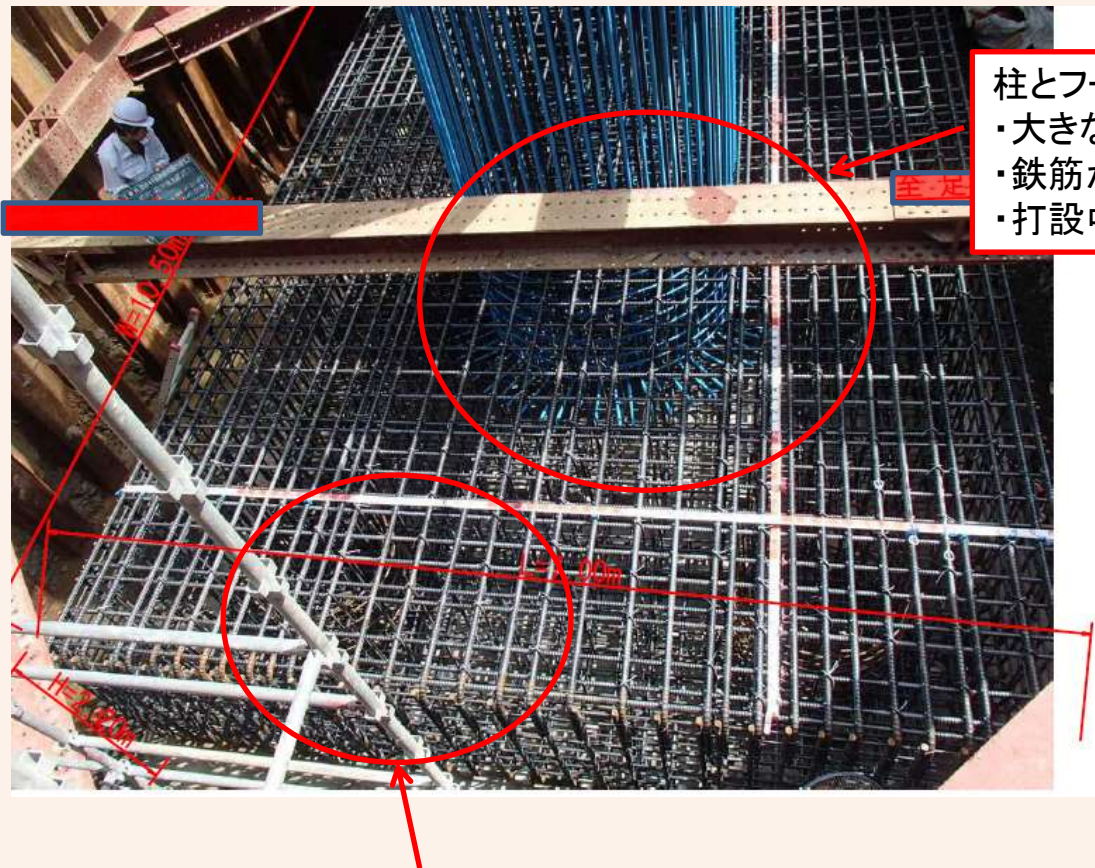
### 3-4. 鉄筋構造物の場合、内部空間への作業員配置

- ・耐震設計が強化されて、**過密配筋の傾向**である。
- ・例えば、橋台の場合、**柱とフーチング、壁とフーチングの部材接合部は過密配筋の傾向**
- ・上面から1.5m以内で打設しても、**鉄筋への接触により材料分離が発生**
- ・**締固めも不十分**になりがち。⇒**隅々までの充てんと締固め**ができない。

- ①配筋状況によっては、内部に作業員を入れて、作業空間を確保する。
- ②鉄筋を一時的に外すことが必要。
- ③鉄筋組立前から、作業空間の確保を検討する。



## 鉄筋構造物の留意点 (部材高さが2m以上、鉄筋径が大きい、高密度配筋)



### 柱とフーチングの接合部

- ・大きな力がかかる重要な箇所。
- ・鉄筋が過密配筋
- ・打設中にブリージング水が集まってくる

### (材料分離の観点)

- ・適切な打設間隔を設ける。
- ・落下速度を出来る限り抑える。
- ・鉄筋への接触による分離防止

### (締固めの観点)

- ・可能であれば鉄筋を部分的に外して、内部に作業員を入れて、締め固める。
- ・打設中のブリージング水の回収も確実に行う。

### 杭頭とフーチングの接合部

- ・大きな力がかかる重要な箇所。
- ・鉄筋の密度が高い。
- ・打設中にブリージング水が集まってくる

### 3-5. 打込み面との高さ1.5m以下の工夫例

#### ①サニーホースの利用により投入高さを小さくした工夫例(その1)

- ・鉄筋の存在により、投入口と打込み面との高さが高くなる場合の工夫例。
- ・サニーホースを用いて、構造物に挿入して、打込み面との高さを小さくしている。
- ・小さな構造物であっても、このように配慮することが重要。

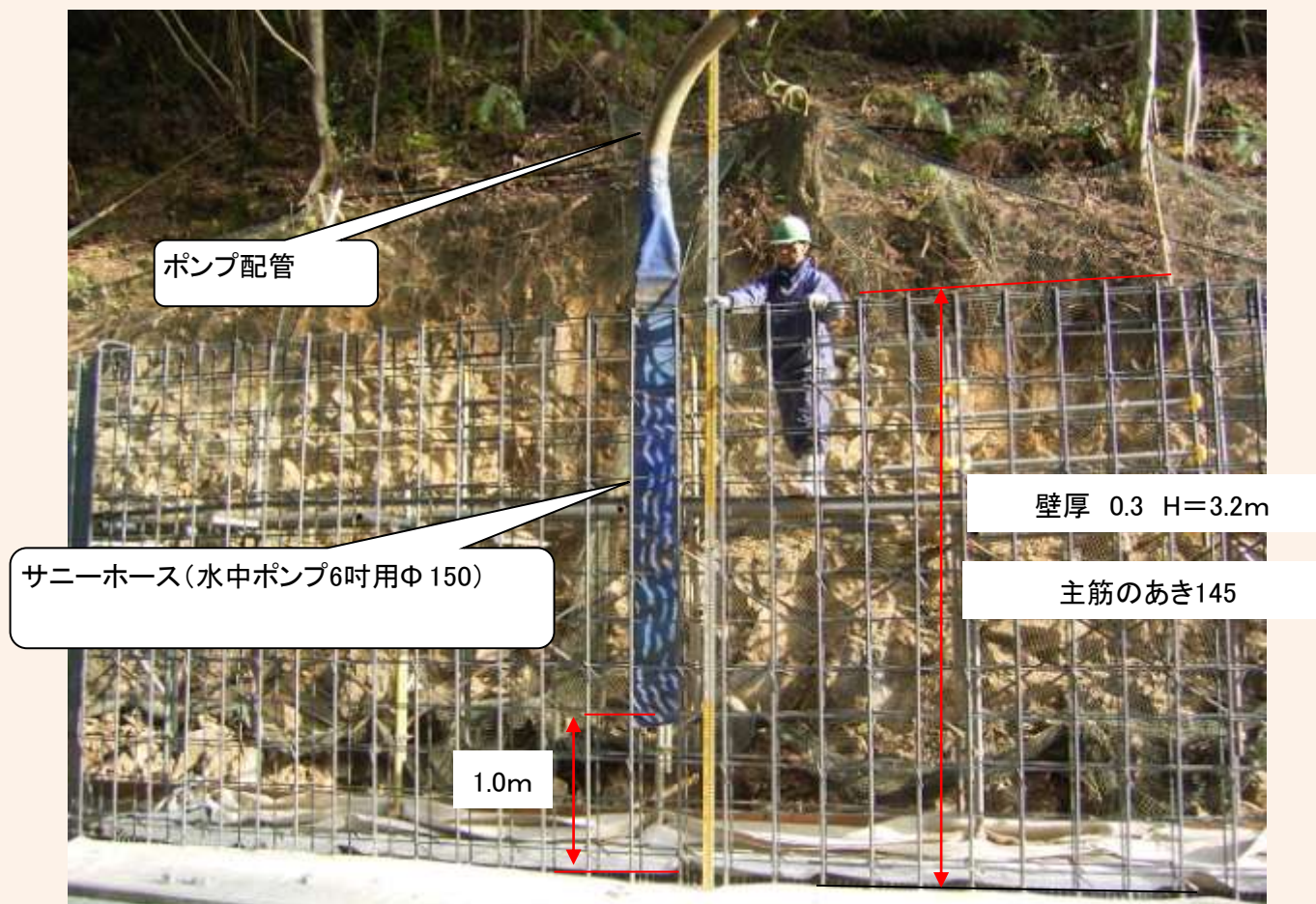




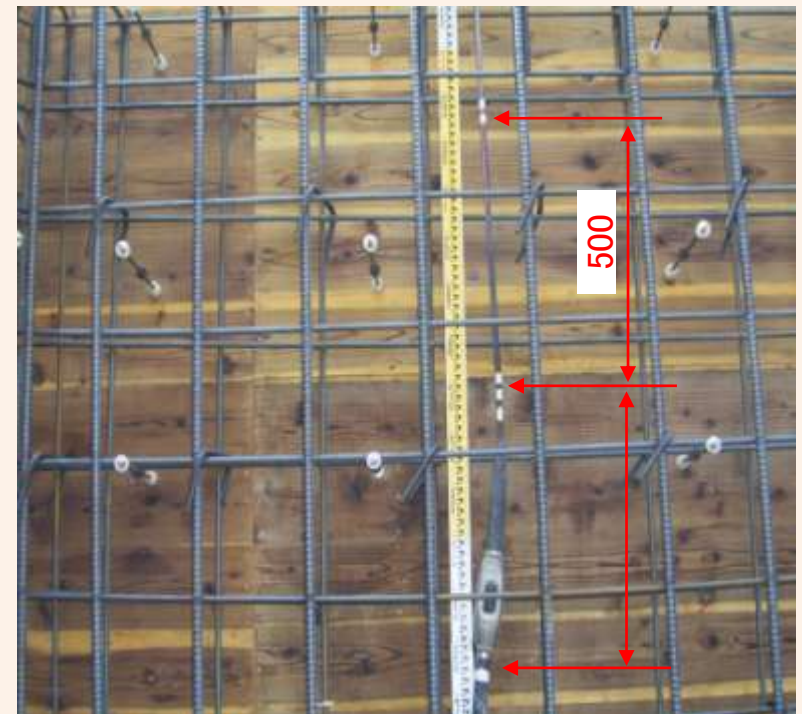
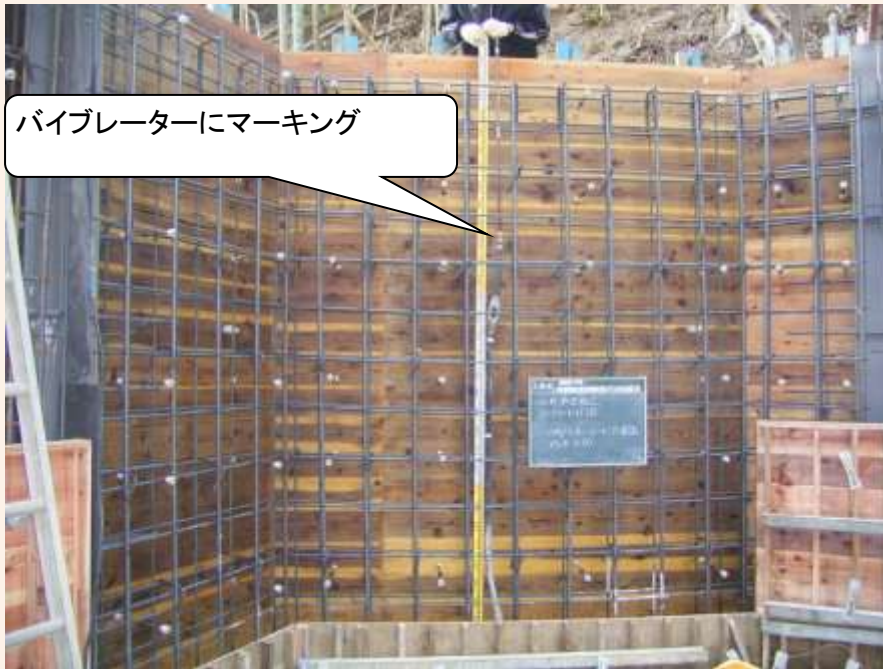
## ②サニーホースの利用により投入高さを小さくした工夫例(その2)

水槽構造物、たて壁厚30cm、高さ3.2m、主筋のあき145

⇒壁厚が薄く、鉄筋もあるためポンプの圧送ホースを部材内部に挿入できない。



打込み箇所が直接確認しにくいいため、バイブレーターに目印をつける



## 逆T式擁壁の縦壁での施工例



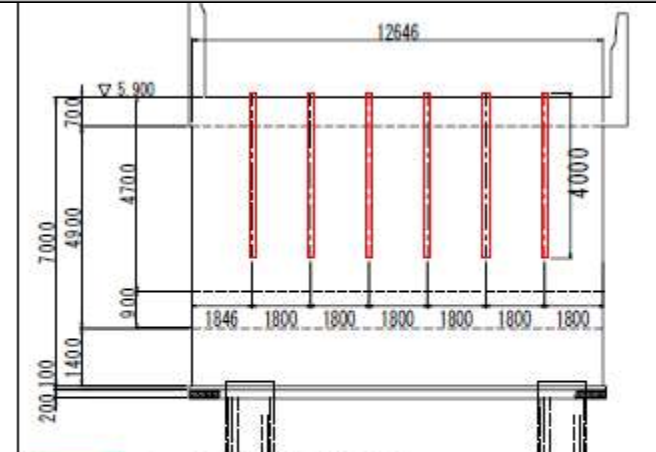
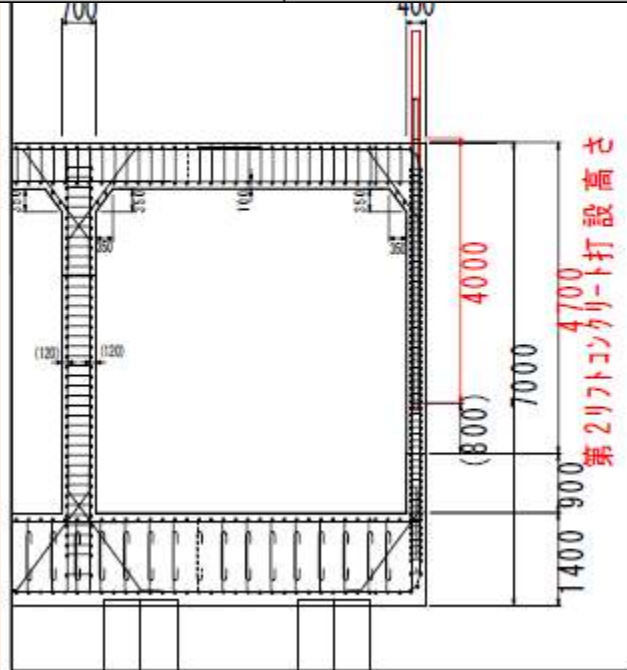
打設高さ 約3.8m



バイブレーターの目印、50cmピッチ

### ③ポンプの筒先を壁内に挿入した工夫例

目的	<u>この部位は頂版の配筋、壁配筋、ハンチ配筋が密に重なり、なおかつ壁厚が400mmと薄い</u> が、 <u>ポンプ車の筒先(φ120mm)を壁内に挿入するため</u>
対策	筒先挿入用のガイドパイプ(塩ビパイプφ150mm)を鉄筋組立時にセットしておき、 <u>そのガイドパイプを利用して圧送ホースを壁下部まで挿入しコンクリート打設を行った</u> 。ガイドパイプは打設高さが上がるに伴って上げる。
結果	<u>ガイドパイプを設置したことにより、圧送ホースの挿入が容易に行えて打設時間の短縮に効果があった。</u>



- コンクリート打設済み
- 第2リフトコンクリート打設箇所



- ・打設時にコンクリートが鉄筋に当たり、材料分離することを防止
- ・当たった場合には鉄筋も変形する恐れもある。

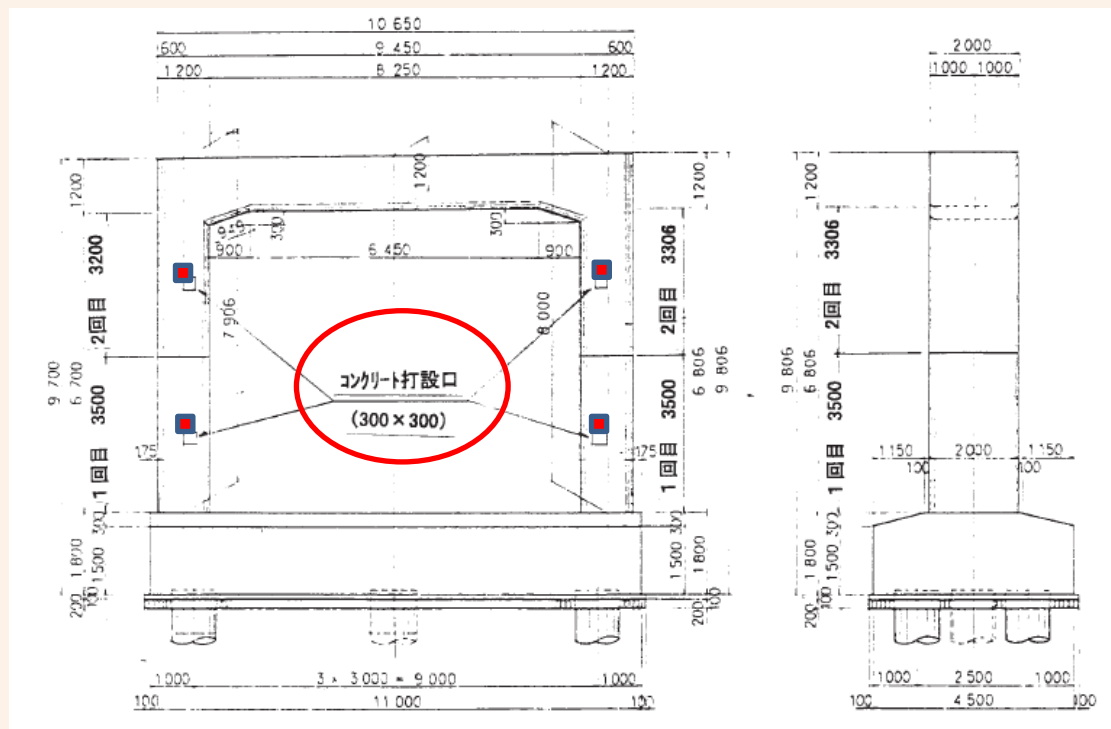
#### ④打設開口部を設けた工夫例

- ・D32の鉄筋が配筋ピッチ125間隔で配置
- ・隅角部ではD29のハンチ筋が配置
- ・柱部の高さH=7m



ポンプの筒先を柱内に挿入することが困難であり材料分離の可能性が予想された。

- ・打設投入口 300×300を設置



内部振動機の挿入口も兼ねることも考える。

### 3-6. 打ち重ね時のブリーディング水の処理

コンクリートの打ち込み中、表面に集まったブリーディング水は、適当な方法で取り除いてコンクリートを打ち込まなければならない。

(コン示方書7.4.2)

⇒型枠に接する面が洗われ、砂すじや打ち上がり面近くに脆弱な層を形成する恐れがあるため。コールドジョイントの発生

⇒勾配をつけて打設することで、ブリーディング水を集めて回収しやすくする。



打設中のブリーディング水回収

#### 鉄筋構造物の場合の回収

・上面から回収が困難な場合は鉄筋を一時的にずらすことで**内部に作業員を入れて回収することを検討する。**

・**締固めの観点**からも作業員を入れることを検討すること。

### 3-7. 足場の構築

▪ しっかりした足場を確保することは**安全性**はもとより、**施工性の確保⇒品質確保**につながる。

▪ ひび割れの発生、豆板やあばた(表面気泡)が多く発生している工事を見ると、

⇒ **足場が不十分である事例が多い。作業性が悪いため、**

**型枠の隅々までコンクリートを充てんできない。また、締め固めもできない。**

⇒ **密実なコンクリートを施工できない。**



- 安全性が確保されていない。
- 打設や締め固め等の作業が確実にできていない。



# しっかりした足場の構築



金網マット、鉄筋上面の作業性確保

### 3-4. 打ち込み時の材料分離について(まとめ)

- ・打設高さ1.5m以内、**ゼロが良い**。**落下速度の観点**からも判断
- ・材料が分離しない適切な落下高さの選定、**できるだけ低い位置**からコンクリートを落下させること。
- ・鉄筋が支障になる場合は、**サニーホースの工夫例**により、内部に挿入することを検討すること。**鉄筋を部分的に外して投入口を確保**すること。
- ・**横移動は厳禁**、適切な打設投入口とピッチの確保、作業員を内部に入れる。**内部振動機の挿入口も考えること**。
- ・ポンプの筒先の**落下速度に留意**すること、筒先を水平に保つこと。ブームの勾配にも留意すること。
- ・**安全性と施工性も確保する足場**もしっかりと作ること。締固めや養生などの、その後の作業にも影響してくる。品質確保のポイントでもある。

## 4. 締固めで気付いたこと

### 4-1. 締固めが適正に行われているか？

(締め固めの要点)

コンクリートを密実にし、鉄筋との付着を確保すること。

(締固めが不十分な場合)

充てん不良、ジャンカ(豆板)、沈下ひび割れ、コールドジョイントの発生

⇒密実でない⇒耐久性や強度が低下

豆板や沈下ひび割れは検査でよく見る。締固めが適正に行われているか？



解説 図 7. 3. 11 柱部下端のジャンカの発生状況

豆板(ジャンカ)について  
ひび割れに対する弱点となる。

橋台等において、壁とフーチングの接合部等は  
外部拘束によるひびわれが入りやすいので  
材料分離には留意すること

## 4-2. 締固めの留意点

### ①バイブレーター(内部振動機)の挿入間隔は50cm程度

表 6.2-2 振動の影響範囲<sup>4)</sup>

分類	振 動 数			普通コンクリート			人工軽量コンクリート		
	棒 径 mm	振 動 数 rpm (Hz)	振 幅 mm	スランブ(cm)			スランブ(cm)		
				15	10	5	15	10	5
小 型	38	8 000 (133)	2~3	15	12	10	20	15	10
大 型	60	8 000 (133)	1.8~2.0	25	20	17	30	25	20
	60	12 000 (200)	0.2~1.5	50	35	22	60 以上	60	40

スランブ10cm ⇒ 振動影響範囲は20~35cm ⇒ 挿入間隔は50cm程度  
概ね内部振動機の径の10倍の範囲

- ・50cm間隔を作業員に的確に指示すること  
鉄筋ピッチやセパレーター等を目印にする。

### ②内部振動機を下層のコンクリートに10cm程度挿入する。

1層の打設高さ40~50cmを標準 ⇒ 内部振動機の締固め性能を考慮

- ・内部振動機へ目印(50cm+10cm)をつける。⇒ 概ね実施されている。

### ③柱や壁とスラブとの接合部などの鉄筋が輻輳している箇所

- ・締固めを十分に行うこと。
- ・締固め作業高さをできるだけ小さくする⇒締固めを確実にする。
  - ・鉄筋構造物⇒締固め作業高さが高い場合、鉄筋を一時的に外すなど、内部に作業員を入れて締固め作業を行うことを検討する。
- ・型枠振動機の使用等も検討する。



部材内部に入ること、柱とフーチングの接合部は、過密配筋であるため綿密な締固めが必要。



型枠振動機の使用

## ④内部振動機をかける位置にも留意

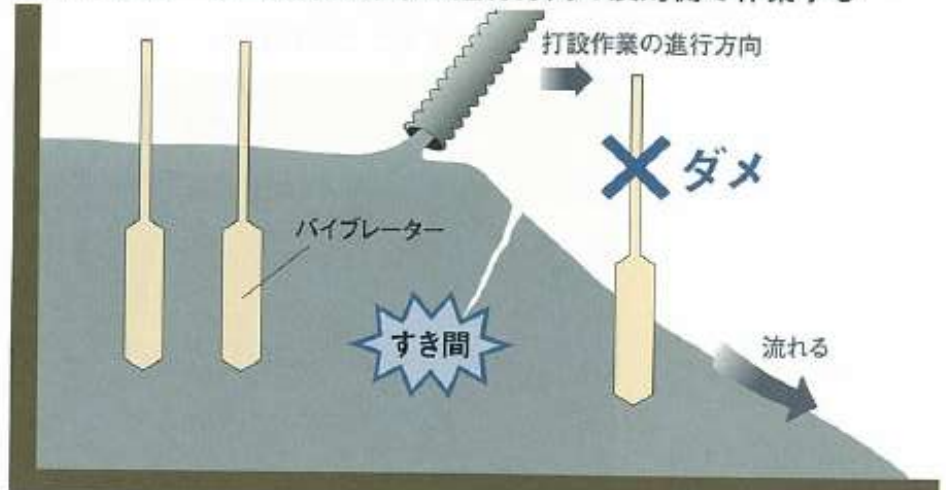


バイブレーターは、打設作業の進行方向の反対側で作業をする。上の写真では右側が進行方向



直径50mmのバイブレーターが挿入できるような鉄筋の密度にも配慮が必要

●バイブレーターは打設作業の進行方向の反対側で作業する



打設位置の進行方向に対して反対側でコンクリートを締め固めるようにバイブレーターをかける。進行方向でバイブレーターをかけると、流動化したコンクリートが先に流れてしまい、締め固めの効果が得られないばかりか、途中ですき間が生じることがある

## 4-3. 沈下ひび割れ対策

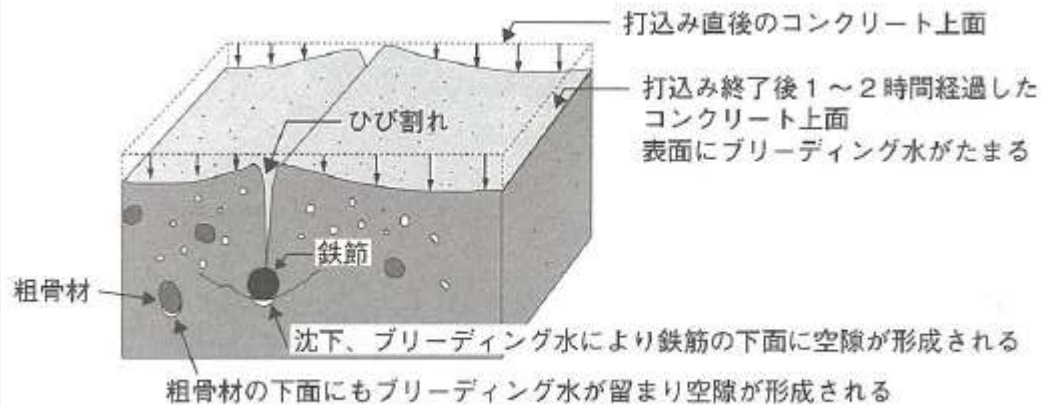
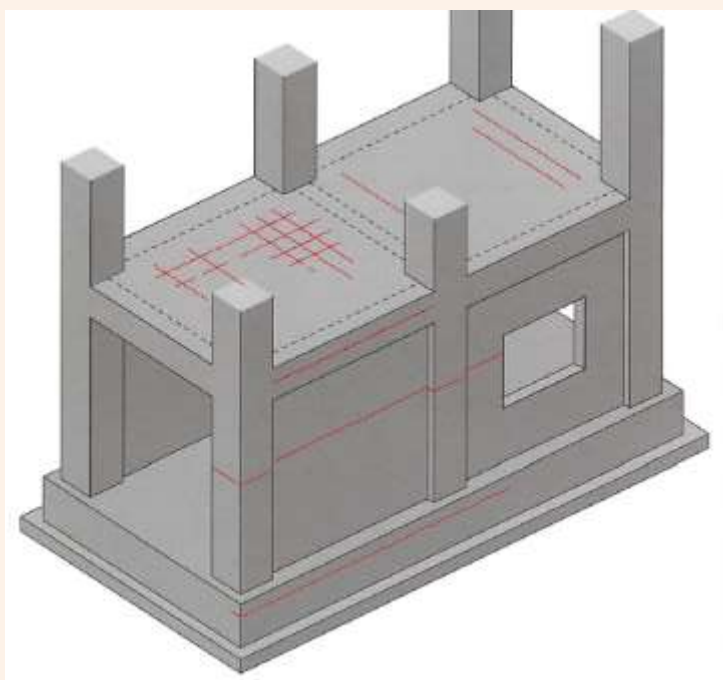


図 1-2 鉄筋の上部に生じる沈下ひび割れの概念



セパレータのコーン跡下方の沈下ひび割れ



### 検査で見かける不具合

①セパレータのコーン跡下方の沈下ひび割れ(ひげ)⇒よく見かける！

②表面の鉄筋方向に沿ったひび割れ

○再振動がひび割れ防止に有効

○締固めを確実にやっているか？

○仕上げ(表面おさえ)を確実にやっているのか？

## 再振動について

### ○再振動とは？

コンクリートをいったん締め固めた後、適切な時期に再び振動を加えること。それによりコンクリートが再び流動性を帯びて、コンクリート中にできた空隙や余剰水が少なくなる。

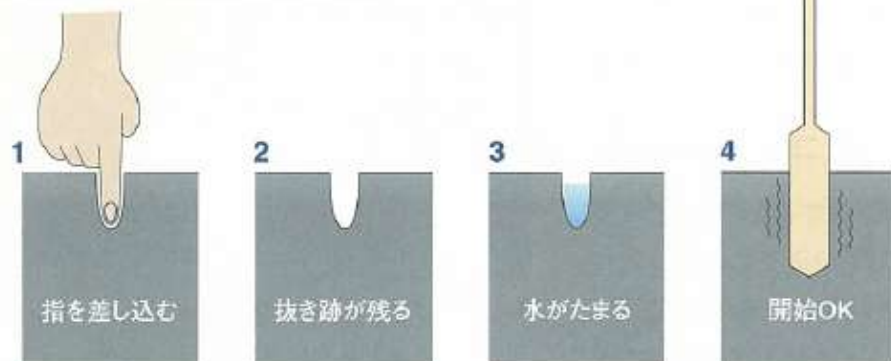
### ○効果

- ・コンクリート強度、および鉄筋との付着強度の増加
- ・沈みひび割れ防止 等

⇒ 表層部を密実にする効果があり  
耐久性の向上につながる

#### ●再振動の時期はコンクリートの状態で判断する

通常の生コンを使用した場合、型枠充てん後、  
最短でも15分経過後に再振動をかける



再振動を行う適切な時期は、再振動によってコンクリートの締め固めが可能な範囲でできるだけ遅い時期がよい。



## 上層と下層の打ち継ぎにおいても再振動を実施した方が良い。

先に打ち込まれた層を再振動することで、流動性を高めたうえで、下層のコンクリートを重ねて打設する。

- ・打ち重ね部の一体化を強める。
- ・コールドジョイントの防止、下層の凝結の程度も把握できる。



## 4-4. 締固めについて(まとめ)

### ①バイブレーターの挿入深さ

- ・内部振動機への目印(50cm+10cm)

### ②バイブレーターの挿入間隔

- ・概ね50cmピッチ
- ・作業員に対する周知徹底(セパレーターピッチ、鉄筋ピッチを目印にする。)

### ③再振動の実施

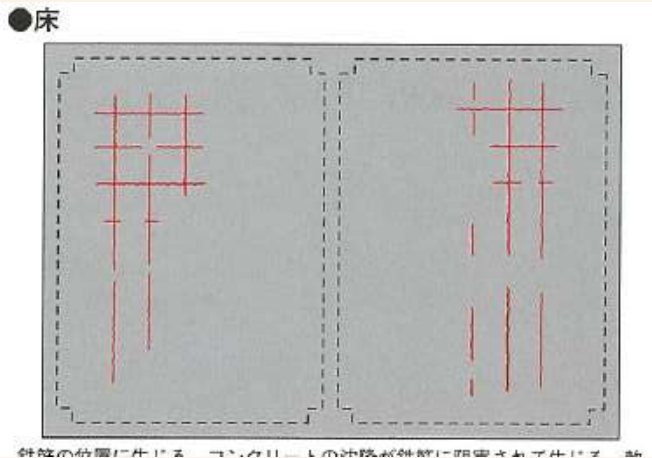
- ・沈下ひび割れ防止
- ・コールドジョイントの防止

### ④鉄筋構造物の場合

- ・“締固めの死角”を作らない。
- ・締固め作業高さを小さくする。
- ・必要によっては鉄筋を部分的に外して、作業員を内部に入れることを検討する。

## 5. 仕上げ作業で気が付いたこと

### 5-1. 鉄筋表面に沿った沈下ひび割れ



橋台や擁壁のフーチング天端に発生した事例がある。

- ・コンクリートが固まり始めるまでに発生したひび割れ
  - ・締固め、仕上げ、タンピングが不足
- 仕上げ作業を怠ると必ず発生する！**

### 5-2. 仕上げの目的

- ・形状寸法の確保、表面の平坦の確保
- ・良好な平面状態の確保
  - ・コンクリート表面組織を密実にする事。
  - ・ひび割れ、気泡、凹凸、すじ、豆板、色むら等の欠陥部をなくすこと。  
⇒塩害や中性化に対する耐久性を確保する。

### 5-3. 仕上げについて

①木ごてを用いて荒仕上げを行った後、金ごてを用いるのが一般的  
～最低でも適切な仕上げ時期に3回は行った方がよい。～

②仕上げ時期について

締固めの後、所定の高さおよび形状寸法に均して、  
表面に浮き出たブリーディング水が消失した後に行う。

・仕上げ時期が早すぎると⇒初期欠陥の発生につながる

ブリーディング水の影響を受け、コンクリートの沈降によるひび割れの発生や仕上げ面の下部にブリーディング水が集まることによって表面部分が剥離するなど、さまざまな初期欠陥の発生につながる。

・仕上げ時期を逸すると⇒適切な仕上げができなくなる。

表面仕上げの時期が遅すぎると、手間がかかり、所定の高さに均しができないなど適切な仕上げができないことになる。

出来ばえも悪くなる。

③仕上げ作業の後の確認

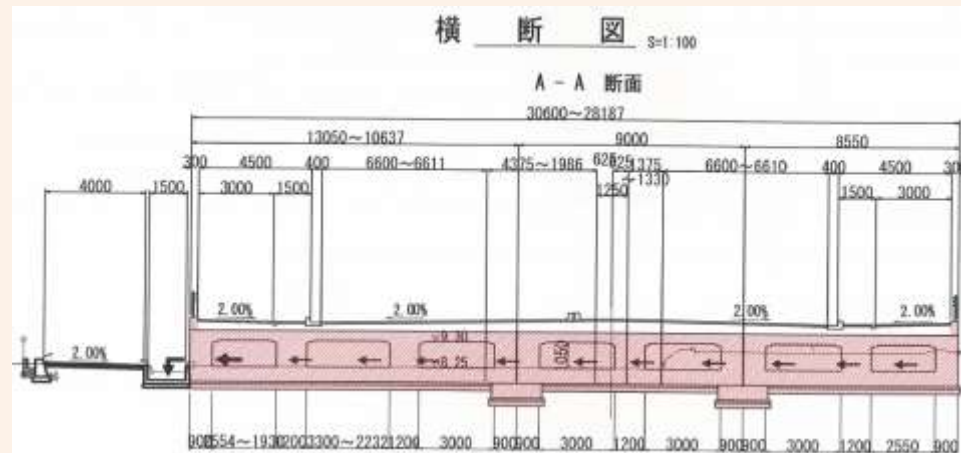
**仕上げた後(例えば1時間後)に、ひび割れ発生の有無を確認すること。**

沈下ひび割れやプラスチック収縮ひび割れがあれば、直ちにタンピングする。

## 5-4. 事例～被膜養生材の散布、綿密な仕上げ作業～



管渠構造物全幅30.6m～28.2m 、高さ2.050m



## ・目的

- ・本格的な養生に移行するまでのコンクリート表面の**乾燥収縮を低減**するために、**被膜養生材を2回散布**した。
- ・**綿密な仕上げ作業の実施**

## ・作業フロー

- ①コンクリート打設作業に伴い順次、定規で**表面の平坦性を確保**する。
- ②引き続き、木コテ(粗仕上げ)を行い、**更なる表面の平坦性**をとる。
- ③並行して**1回目の被膜養生剤(150g/m<sup>2</sup>)**を散布し水分の蒸発を防ぐ。
- ④少し表面が硬化した状況で**表面押さえ機**をかけ密実な状況にする。
- ⑤引き続き、**金コテ(仕上げ)**を行い、更なる表面の平坦性と仕上げを行う。
- ⑥並行して**2回目の被膜養生剤(80g/m<sup>2</sup>)**を散布し養生効果の促進を行う。



被膜養生材



コンクリート表面押さえ機(パワートロウエル)

## 5. 養生で気が付いたこと

### 5-1. 検査で気付いたこと

#### ①湿潤養生期間と型枠残置期間との違いが認識されていない。

- ・型枠を取り外した時点で養生期間が終了したと判断して、養生マットを除去しているケースが多い。⇒湿潤養生が完全に不足している。
- ・とくに縦壁等の鉛直面については、型枠取外し後は、何もやっていないケースが多い。

#### ②湿潤養生の方法が不適切

- ・湿潤状態に保たれていない例が見られる。散水が適正に行われていない？
- ・養生マットがコンクリート面に密着していない。⇒コンクリートが乾燥する状態

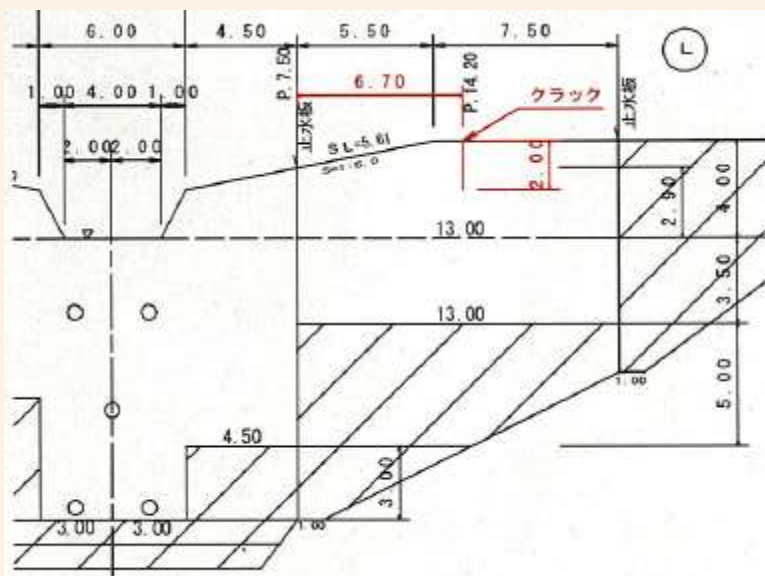
#### ③湿潤養生期間が終了すると、完全に養生を終了している。

- ・外気温にさらされて急激な温度差が発生して、ひび割れが発生する危険性が高い。

## 5-2. ひび割れ発生の事例

### 養生に問題があるのではないか？

- ・建設検査課へのひび割れ発生報告
- ・温度応力によるひび割れの発生が多い⇒養生が大きな要因？



乾燥収縮による内部拘束のひび割れ  
⇒乾燥収縮を抑えること⇒湿潤養生



### 5-3. 養生とは？

(養生の定義)～コンクリート標準示方書より～

コンクリートが所定の強度、耐久性、ひび割れ抵抗性、水密性、鋼材を保護する性能、美観などを確保するためには

**セメントの水和反応を十分に進行させる必要がある。**

したがって、**打込み後の一定期間**は、コンクリートを**適当な温度**のもとで、**十分な湿潤状態に保ち、**

かつ有害な作用の影響を受けないようにすることが必要である。

そのための作業を**コンクリートの養生**という。



暑中時の散水養生

## コンクリート標準示方書 施工編

### 8.2 湿潤養生

(1) コンクリートは、打込み後、硬化を始めるまで、日光の直射、風等による水分の逸散を防がなければならない。

(2) コンクリートの露出面は、表面を荒らさないで作業ができる程度に硬化した後に湿潤養生を行わなければならない。

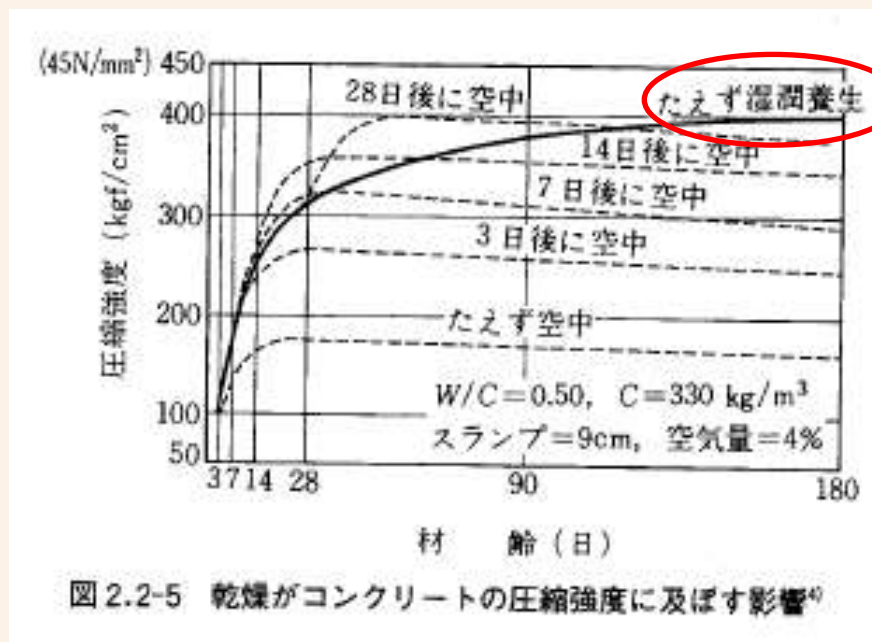
(3) 打込み後のコンクリートは、一定期間は十分な湿潤状態に保たなければならない。

(4) 養生方法の選定にあたっては、その効果を確認し、適切に湿潤養生期間を定めなければならない。  
ただし、通常のコンクリート工事におけるコンクリートの湿潤養生期間は、表 8.2.1 を標準とする。

表 8.2.1 湿潤養生期間の標準

日平均気温	普通ポルトランドセメント	混合セメント B 種	早強ポルトランドセメント
15℃以上	5 日	7 日	3 日
10℃以上	7 日	9 日	4 日
5℃以上	9 日	12 日	5 日

## 5-4. 湿潤養生が強度発現に及ぼす影響

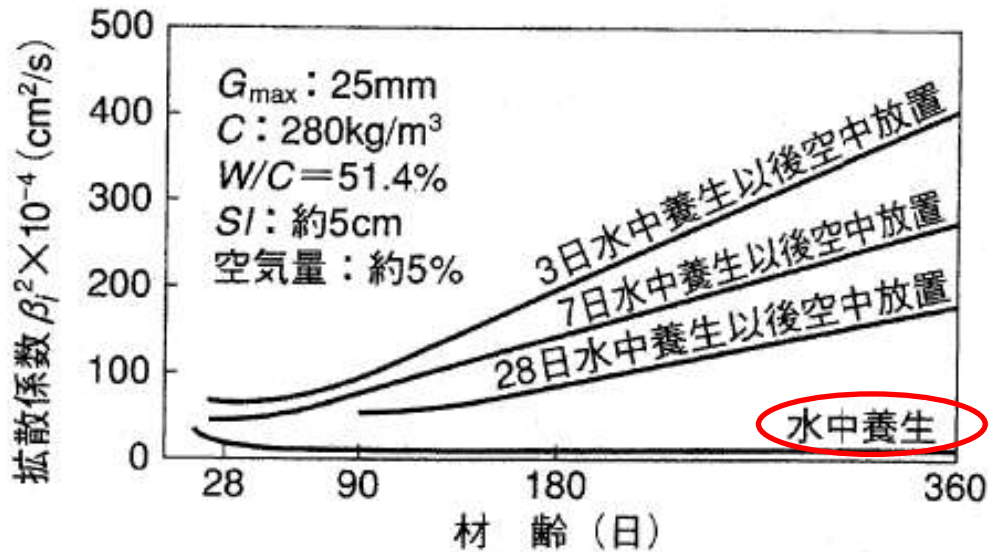


### (乾燥がコンクリート圧縮強度に及ぼす影響)

- ・たえず湿潤養生した場合は強度が増進している。長期強度の増進
- ・乾燥させれば、一時見かけ上の強度は上昇するが、その後の強度の増進はない。
- ・ひび割れに抵抗する強度も小さくなる。

特に高炉セメントを使用したコンクリートは湿潤養生を長期にわたり行わないと、強度が発現しない

## 5-5. 湿潤養生が耐久性に及ぼす影響



参考 図 6.4.2 湿潤養生期間とコンクリートの水密性

拡散係数とは  
塩化物イオンや炭酸ガス等の劣化因子の侵入のしにくさ、コンクリート組織の緻密さの程度を表す指標

拡散係数が小さいということは、コンクリート組織が緻密であり、劣化因子が侵入しにくい。

### (湿潤養生期間とコンクリートの水密性)

・水中養生したものは**拡散係数が小さい**

⇒十分な水分の供給はコンクリートの組織を**緻密**にし、**水密性を向上**させる。

⇒塩化物イオンや炭酸ガスが侵入しにくくなる。塩害や中性化に対する**耐久性の向上**

## 5-5. 湿潤養生のポイント

①型枠を出来る限り残置して湿潤養生を継続する。

- ・コンクリート示方書に定められた期間は**十分な湿潤養生を必ず実施する。**
- ・**マスコンクリートの場合、養生水の温度は常温水やぬるま湯が望ましい。**  
**冷水をかけると表面と内部の温度差が発生し、ひび割れが発生しやすくなる。**

②その後、養生を終了して、急激に空中にさらした場合、

- ・マスコンクリートの場合⇒**外気温の影響によるひび割れ発生**
- ・断面が薄い場合 ⇒**乾燥収縮によるひび割れが発生**

また、**強度発現の伸びも鈍くなる。**

**型枠取外し後もビニールシートなどで表面の乾燥を防止して、水和反応に必要な水分を逃がさない膜養生を行うことが望ましい。**

- ・**外気温とのすりつけを緩やかにする。**

# 十分な湿潤養生



暑中コンクリートでの養生

アクアマット  
**S/SCタイプ** (スラブ等の水平面用) NETIS登録番号:CG-060005-V

□ 構成

不織布  
フィルム 1.3mm

□ 製品断面

保水材  
不織布  
フィルム

■ 特長



夏季におけるコンクリート表面積が大きい床版等での養生(保水効果に優れた養生マットの使用)

## 養生水⇒汲み置き水の管理

養生水に使用する汲み置き水の温度は、外気温に近い $25^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ を目安として、**水道水より常に約 $10^{\circ}\text{C}$ 程度高く保つ**ようにした。



### 養生水温度管理

赤: 汲み置き水  
青: 外気温  
緑: 水道水



## 5-5. ビニールシートによる養生について

### (目的)

#### ・風から守る、乾燥を防止する。

⇒水分の逸散を防いで硬化(水和反応)を進行させる。

⇒強度を発現させる。

⇒ひび割れに対する抵抗性を向上させる。

#### ・ひび割れを抑制する

・乾燥収縮のひび割れ防止

・コンクリートの体積によっては、温度ひび割れの防止にもなる。



堪水養生+シート養生



## ビニールシートによる養生



- シートで密閉することにより保湿養生となる。
- ・硬化に必要な水分を逃がさない。
  - ・乾燥を防止する。

## 5-6. 気泡緩衝材(プチプチシート)の使用例～寒中コンクリートでの養生～



・北海道地方の工事現場(気温がマイナス環境下)において、凍害防止のために多用されている。

### ・気泡緩衝材

内部に空気層を有しており、これが断熱効果を発揮する。

・給熱養生を実施後、型枠解体後に保温養生として実施した。

・気泡緩衝材の継ぎ目は布粘着テープで張り付け、外気が入らないよう密封した。

・適度な湿潤状態が保たれ、急激な温度変化を解消し、ひび割れ発生を抑制できた。

## 5-7. 暑中コンクリートでの養生対策としての実施例



橋脚の養生における気泡緩衝材の使用

- ・今年の夏は少雨高温であり、コンクリートが**乾燥**しやすく、厳しい環境であった。
- ・内部に養生マット、常に給水することにより**湿润状態**としている。
- ・さらに外面を**気泡緩衝材**を巻いて、**風からの防護、乾燥防止と外気温の影響低減**に努めている。
- ・海岸沿いであるため、**飛来塩分の付着も抑制**している。

## 被膜養生材について～効果発現を期待できるか？～



・定められた湿潤養生期間を短縮して、型枠を取り外した後に湿潤養生として用いている事例が見られる。

**創意工夫での申請が多い。**

・初期養生として効果はあると考える。  
プラスチック収縮ひび割れの防止にはなる。

・その後の湿潤養生としてはどうか？  
湿潤養生と同等の効果をもつのか？

・外気温の影響を強く受けるのではないかと  
温度応力の発生

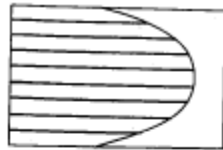
・施工が確実に実施できるのか？

・特に鉛直面への使用は大丈夫か？  
均一に定められた量を塗布できるか？  
垂れ下りがないか？

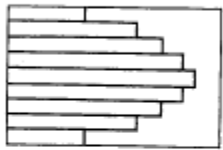
・ひび割れ発生の危険性？

## 5-8. 水和反応に起因する温度ひび割れについて

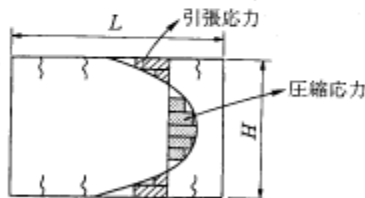
### 内部拘束によるひび割れ



(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

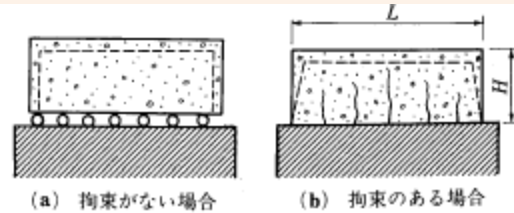


(c) 部材内のひずみを等しくした場合の拘束応力分布

図 6.11-4 内部拘束によるひび割れの発生機構

- ・内部と外部の温度差に起因
- ・初期段階で発生

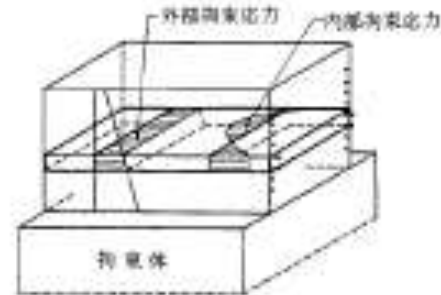
### 外部拘束によるひび割れ



(a) 拘束がない場合 (b) 拘束のある場合

図 6.11-5 外部拘束によるひび割れの発生機構

- ・外部拘束による引張作用
- ・材齢がある程度進んだ段階で発生
- ・部材を貫通するひび割れに成長する場合も多い。



※「制鋼指針」

図 1.2.2 水和熱により発生する応力の模式図

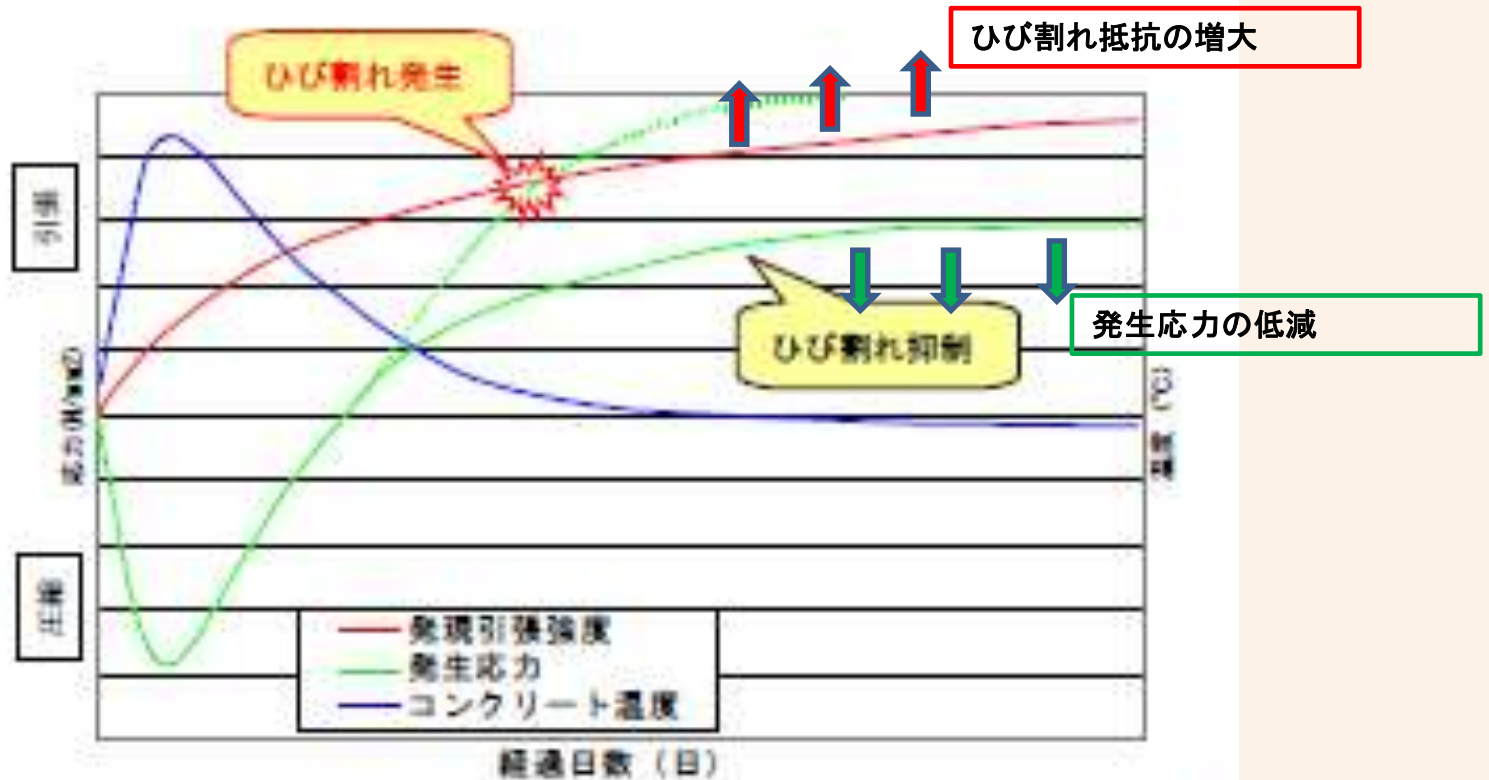


図 1.2.3 コンクリートの温度・発現引張強度・発生応力度とひび割れ発生の概念図

### 養生をしっかりと行うことは

- ①強度発現を増進する。⇒ひび割れ抵抗性の増大
- ②外気温の影響を小さくし、コンクリート温度を緩やかに低下させる。  
⇒発生応力を低減する。

## 6. 温度ひび割れについて

- ①事前の検討  
温度応力解析
- ②水和発熱を抑える策  
単位セメント量の低減
- ③コンクリートを冷却する策  
クーリング
- ④発生応力を抑える策  
拘束を小さくする。長手方向の分割
- ⑤ひび割れを分散させる策  
ひび割れ制御鉄筋
- ⑥ひび割れを無害化する策  
ひび割れ補修

## 6-1. 場所打ちPC床版の温度検測と応力評価に関する検討

安川義行、丸山久一、倉田幸宏、中村隆志、師山 裕、大欲昭則：橋梁と基礎2004. 3、4

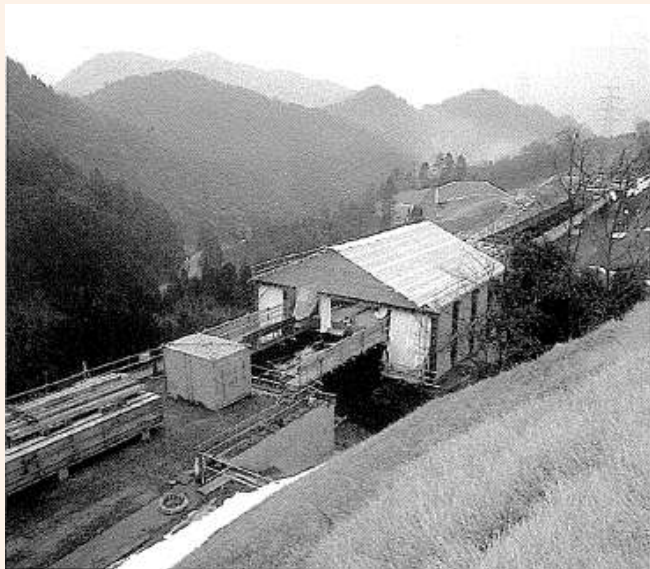


写真1 移動型枠を用いた場所打ちPC床版の施工（第二黒部谷橋）

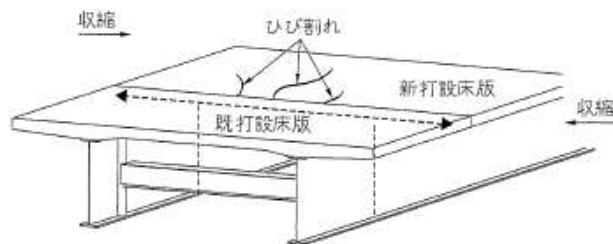


図-1 既設床版と鋼桁の拘束による温度ひび割れ

### (論文の概要)

- ・鋼2主桁橋(床版支間5.5~6.0m)でのPC床版を対象
- ・コンクリート打込み時の床版のひび割れ問題
- ・従来の主桁橋と比べて主桁上の床版厚が1.5倍程度の厚さとなるため、水和発熱によるコンクリート温度の上昇が大きくなり、温度応力によるひび割れの可能性が高くなる。
- ・日本道路公団関西支社管内の5橋での温度計測実験のとりまとめと相互評価
- ・温度計測データをもとにしたFEM再現解析
- ・パラメーター解析により床版の発生応力に与える影響因子を検討



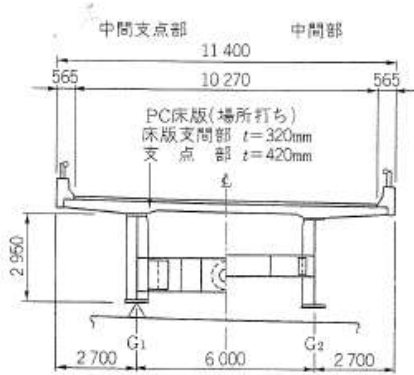
表-3 コンクリートの示方配合 (代表例)

最大 粗骨材径	スランプ	空気量	水結合材比	細骨材率	単位量					
					水	セメント	膨張材	細骨材	粗骨材	混和剤
					$W$	$C$	$E_s$	$S$	$G$	$A_e$
$G_{max}$	SL	Air	$W/(C+E_s)$	$S/a$	$W$	$C$	$E_s$	$S$	$G$	$A_e$
(mm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )					
20	10±2.5	4.5±1.5	44.1	43.0	152	315	30	818	1 147	2.588

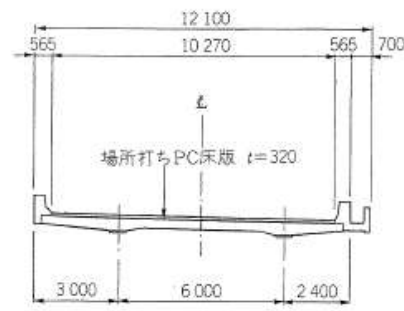
注) セメント：早強ポルトランドセメント、混和剤：高性能 AE 減水剤

呼び強度：40N/mm<sup>2</sup>、膨張材使用、  
単位結合材量(セメント+膨張材)  
：350kg/m<sup>3</sup>  
水結合材比：44%程度

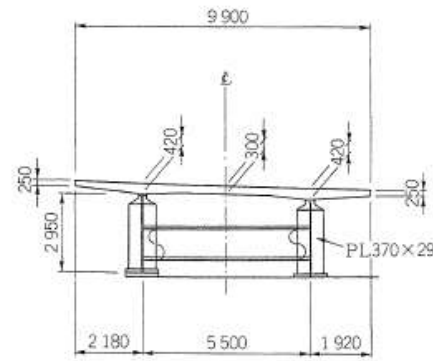
床版支間：5.5~6.0m、  
張り出し長：2.5m程度、  
床版厚：300~320mm  
(ハンチ部：410~420mm)



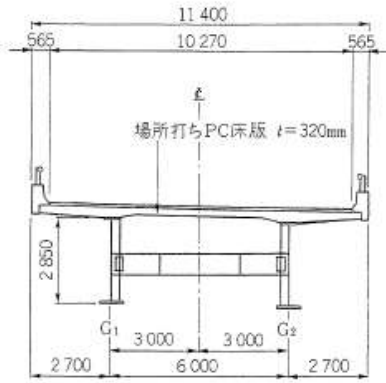
(a) 堂奥高架橋



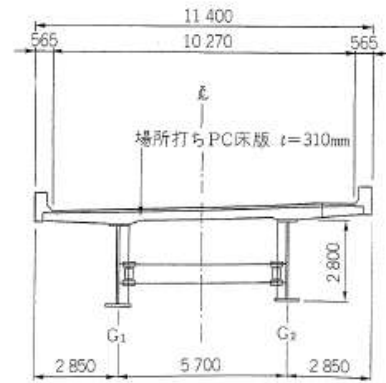
(c) 子生川橋



(b) 佐分利川橋



(d) 前川橋



(e) 第二黒部谷橋

## 季節ごとの代表的な床版内部の温度履歴

春季

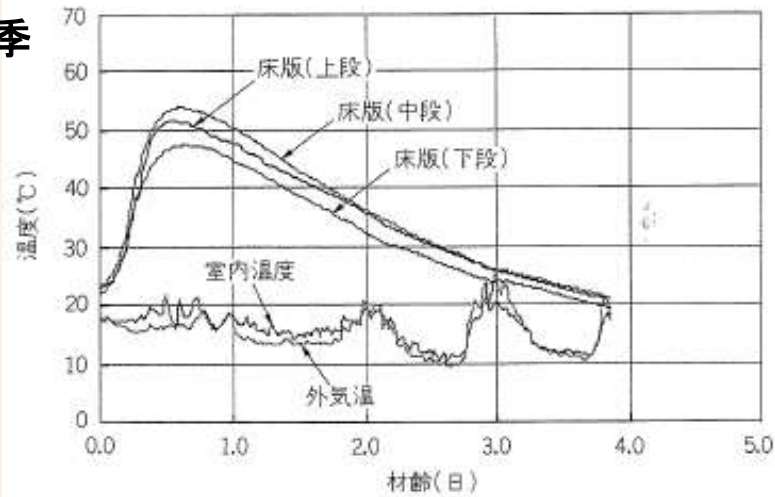


図-4 春季打込みの温度履歴 (5/10打込み)

秋季

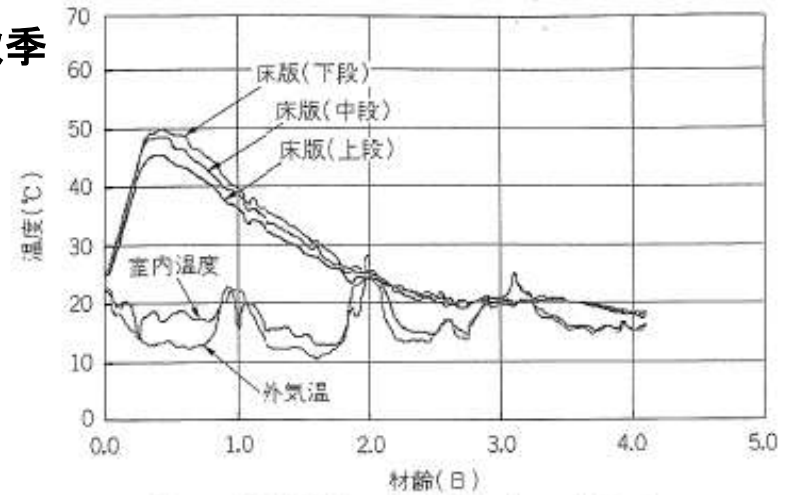


図-6 秋季打込みの温度履歴 (10/25打込み)

夏季

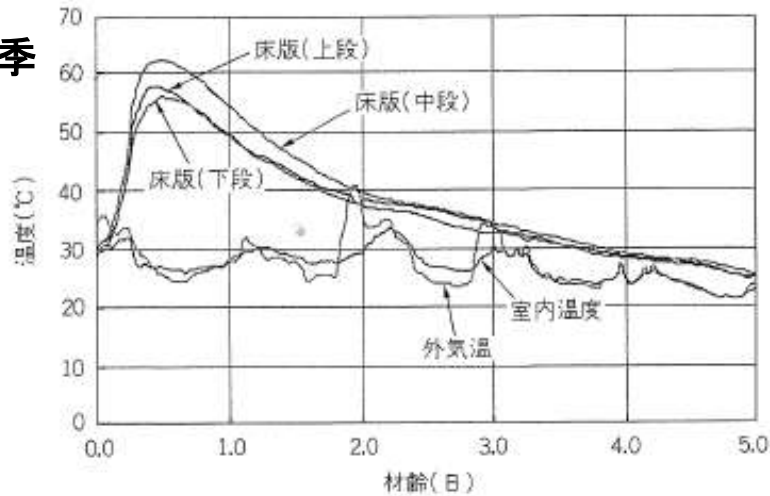


図-5 夏季打込みの温度履歴 (7/5打込み)

冬季

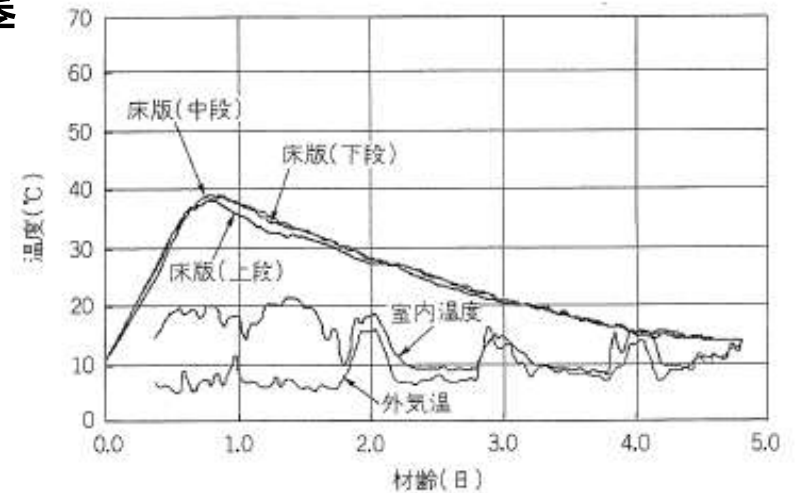


図-7 冬季打込みの温度履歴 (1/10打込み)

## 温度履歴の傾向

- ①コンクリートの打込み温度は外気温の影響が大きい。
- ②コンクリートの**最高温度**は冬季に低く、夏季に高くなる。
- ③**温度上昇量**は冬季に給熱養生を行っていることもあり、打込み時期に関係なく2.5°C前後に分布している
- ④**最高温度時材令**について、早いものは7～9月で5～10hr、遅いものでは冬季の12～2月で20hr前後となった。
- ⑤温度上昇勾配は、冬季から春先の12～3月に1～1.5°C/hrと最も低く、そこから8～9月に向けて大きくなる傾向にあり、最大4°C/hr前後まで上昇する。
- ⑥温度下降勾配は冬季における給熱養生の効果があり、コンクリートの打込み時期に関係なく-0.5°C/hr程度となっている。

# 床版温度履歴

## 床版温度履歴の推定フロー

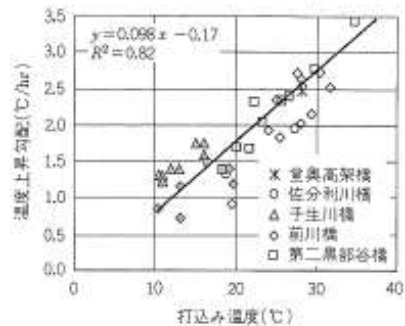


図-16 打込み温度と温度上昇勾配の関係

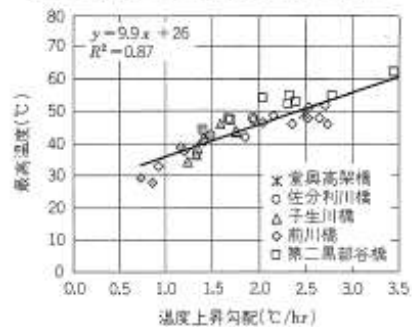


図-17 温度上昇勾配と最高温度の関係

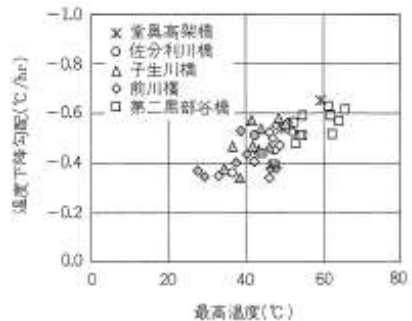
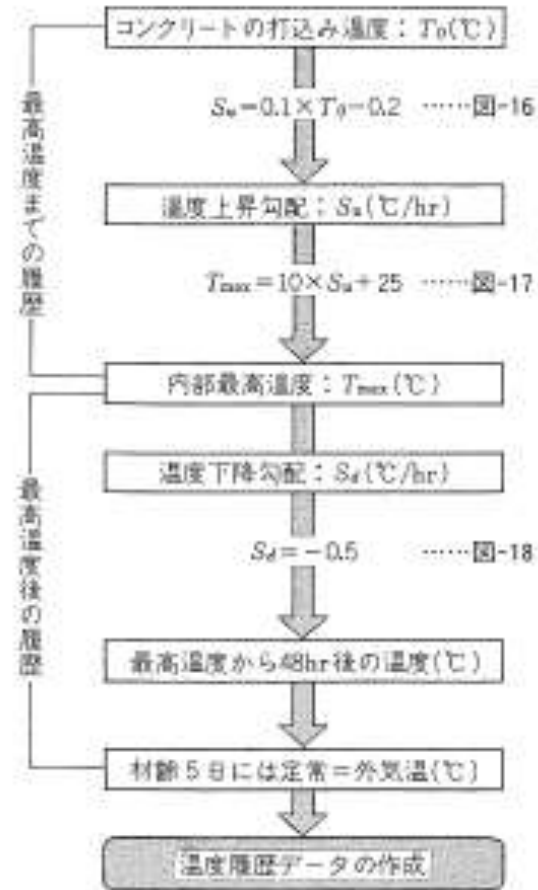


図-18 最高温度と温度下降勾配の関係



### 適用範囲

床版支間6m、(床版厚320mm)の床版構造、かつ

早強ポルトランドセメントを用いた水結合材比が45%前後の配合条件に限る。

# 温度応力解析手法にてパラメーター解析を実施

打込み温度、セメント量、養生材料、養生温度などが床版内部の発生応力にどの程度影響を及ぼすかをパラメーター解析している。

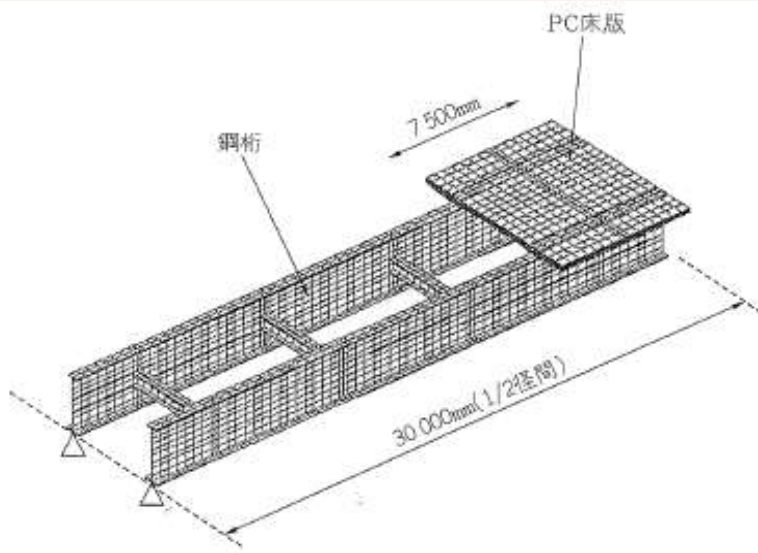
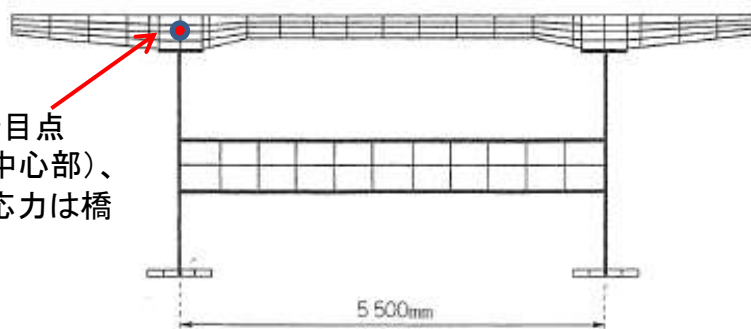


図-2(a) 解析モデル (全体)



解析時着目点  
(主桁上中心部)、  
ひずみ・応力は橋  
軸方向

図-2(b) 解析モデル (断面)

表-2 解析条件

項目	記号	単位	数値	
熱伝導率	$\lambda_c$	W/m℃	2.70 <sup>1)</sup>	
密度	$\rho_c$	kg/m <sup>3</sup>	2 300 <sup>1)</sup>	
比熱	$C_c$	kJ/kg℃	1.15 <sup>1)</sup>	
断熱温度上昇量	$Q_w$	℃	冬季 58.4	夏季 54.9
	$\gamma$		冬季 1.8	夏季 5.4
	$\delta$		冬季 2.0	夏季 2.0
打込み温度	$T_b$	℃	冬季 15	夏季 30
外気温		℃	冬季 10	夏季 25
線膨張係数	$\alpha_c$	$\mu/℃$	10	
設計基準強度	$f'_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	40	
圧縮・引張り強度	$f'_c(t), f'_t(t)$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリート標準示方書 <sup>4)</sup>	
弾性係数	$E_c(t)$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリート標準示方書 <sup>4)</sup>	
ポアソン比	$\nu_c$	-	0.20 <sup>3)</sup>	
乾燥収縮			考慮しない	

- ・算定した引張り応力は橋軸方向の応力
- ・コンクリートの乾燥収縮は考慮していない。

# パラメータ解析ケース

表-3 パラメーター解析ケース

	検討項目	発熱速度**	熱伝達率**	養生温度	単位結合材量	実施工条件との対比
		$\gamma$	(W/m <sup>2</sup> ℃)	(℃)	(kg/m <sup>2</sup> )	
冬季 打設時	基本ケース (冬季)	1.8	12	10	345	打込み温度：15℃程度を想定 養生マット+シート (風速 2～3 m/s) 外気温 (10℃) を下がらない保温対策
	発熱速度係数を変化	1.0	12	10	345	打込み温度：5℃程度を想定
		4.0	12	10	345	打込み温度：25℃程度を想定 <b>打込み温度</b>
	熱伝達率を変化 (温度ピーク後)	2.2	3	10	345	A) 断熱系の養生材の使用 <b>養生材料</b>
		2.2	30	10	345	B) 養生なし (風速 7～8 m/s)
	養生温度を変化 (温度ピーク後)	2.2	12	15	345	a) ジェットヒータ・練炭等による給熱養生
		2.2	12	5	345	b) 給熱養生なし (打込み時より気温低下) <b>養生温度</b>
	熱伝達率&養生温度を変化	2.2	3	15	345	A) + a)
		2.2	30	5	345	B) - b)
	単位結合材量 (C+E <sub>0</sub> ) を 変化	2.0	12	10	375	基本配合に対し+30kg/m <sup>2</sup> <b>単位結合材料</b>
2.2		12	10	405	基本配合に対し+60kg/m <sup>2</sup>	
夏季 打設時	基本ケース (夏季)	5.4	12	25	345	打込み温度：35℃程度を想定 養生マット+シート (風速 2～3 m/s)
	発熱速度係数を変化	1.5	12	25	345	
		8.0	12	25	345	
	熱伝達率を変化 (温度ピーク後)	4.6	3	25	345	断熱系の養生材の使用 <b>養生材料</b>
		4.6	30	25	345	養生マット+シート (風速 7～8 m/s)
	単位結合材量 (C+E <sub>0</sub> ) を 変化	6.4	12	25	375	基本配合に対し+30kg/m <sup>2</sup> <b>単位結合材料</b>
		7.3	12	25	405	基本配合に対し+60kg/m <sup>2</sup>

注) \* 1) : 断熱温度上昇式(1)における発熱速度係数 \* 2) : 床版上面の熱伝達率, 床版下面・側面は8.0 (W/m<sup>2</sup>℃) 一定としている。

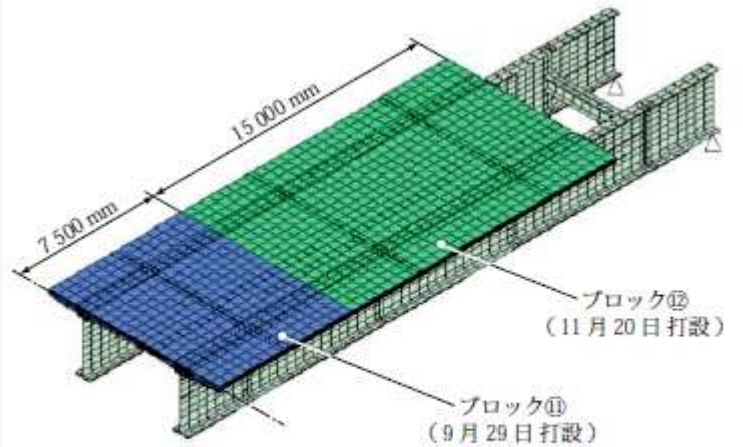
# パラメータ解析結果

表-6 パラメータ解析結果

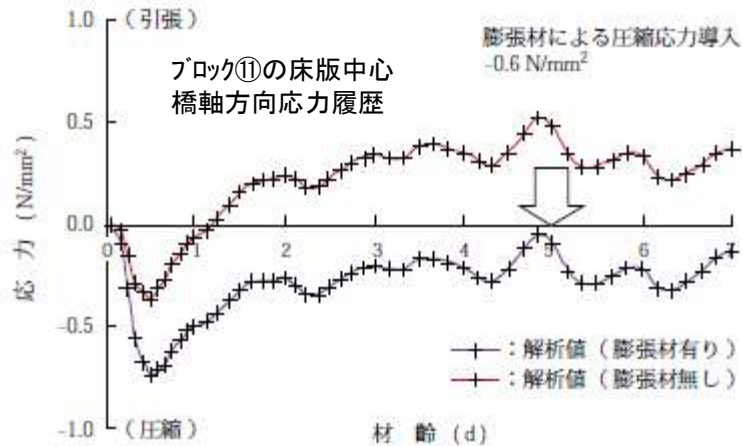
	検討項目	解析パラメーター				解析結果			
		発熱速度係数 $\gamma$	表面の熱伝達率 ( $W/m^2\text{℃}$ )	養生温度 ( $\text{℃}$ )	単位結合材量 ( $kg/m^3$ )	温度上昇勾配 ( $\text{℃/hr}$ )	温度下降勾配 ( $\text{℃/hr}$ )	最高温度 ( $\text{℃}$ )	引張り応力度 ( $N/mm^2$ )
冬季 打設時	冬季基本ケース	1.8	12	10	345	1.27	-0.57	40.3	0.57
	発熱速度を変化	1.0	12	10	345	0.72	-0.45	34.6	0.51
		4.0	12	10	345	1.84	-0.63	44.7	0.63
	熱伝達率を変化 (温度ピーク後)	2.2	3	10	345	1.27	-0.45	40.3	0.43
		2.2	30	10	345	1.27	-0.65	40.3	0.61
	養生温度を変化 (温度ピーク後)	2.2	12	15	345	1.27	-0.48	40.3	0.34
		2.2	12	5	345	1.27	-0.67	40.3	0.81
	熱伝達率と養生温度 を変化	2.2	3	15	345	1.27	-0.37	40.3	0.19
		2.2	30	5	345	1.27	-0.73	40.3	0.85
	単位結合材量を変化	2.5	12	10	375	1.46	-0.65	44.1	0.62
2.8		12	10	405	1.65	-0.73	48.0	0.66	
夏季 打設時	夏季基本ケース	5.4	12	25	345	1.98	-0.67	61.9	0.65
	発熱速度を変化	1.5	12	25	345	1.00	-0.53	54.0	0.54
		8.0	12	25	345	2.97	-0.77	65.6	0.76
	熱伝達率を変化 (温度ピーク後)	4.6	3	25	345	1.98	-0.54	61.9	0.44
		4.6	30	25	345	1.98	-0.72	61.9	0.73
	単位結合材量を変化	5.3	12	25	375	2.24	-0.75	66.0	0.70
6.1		12	25	405	2.49	-0.83	70.1	0.75	

# 膨張材による導入応力の評価～別の解析事例から～

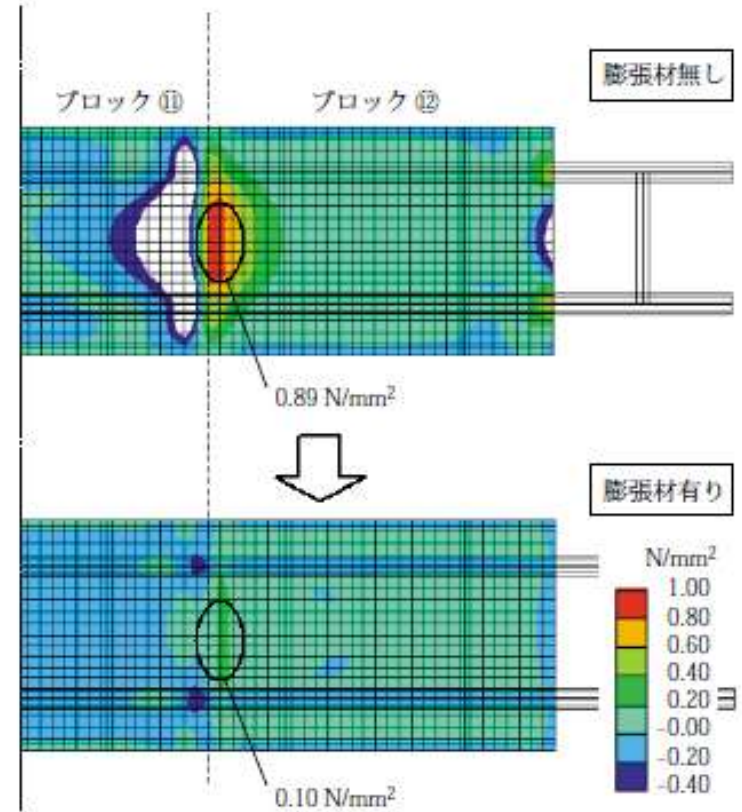
場所打ちPC床版のひび割れ抑制－「佐分利川橋」－  
塩永、藪野、戸田、西、久保田、石川島播磨技報2003-7



第 13 図 FEM 解析モデル  
Fig. 13 FEM analysis model



第 16 図 応力履歴の比較  
Fig. 16 Stress variation comparison

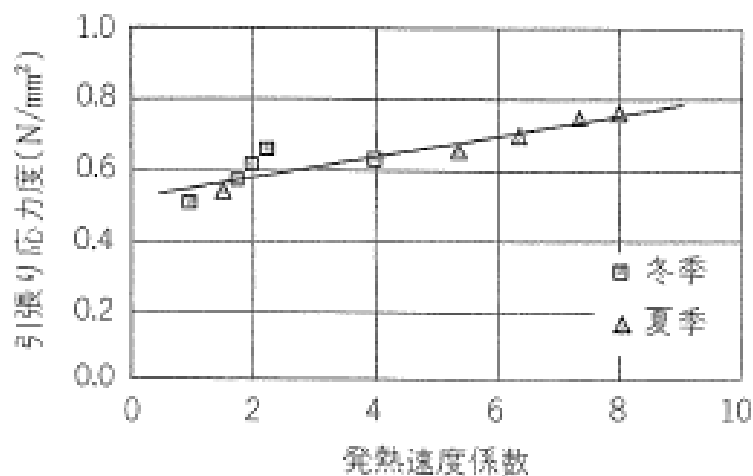


第 17 図 応力分布の比較  
Fig. 17 Stress distribution comparison

ブロック⑪の外部拘束によるブロック⑫の引張応力を低減、0.8/mm<sup>2</sup>の低減



## 発熱速度係数と引張り応力度

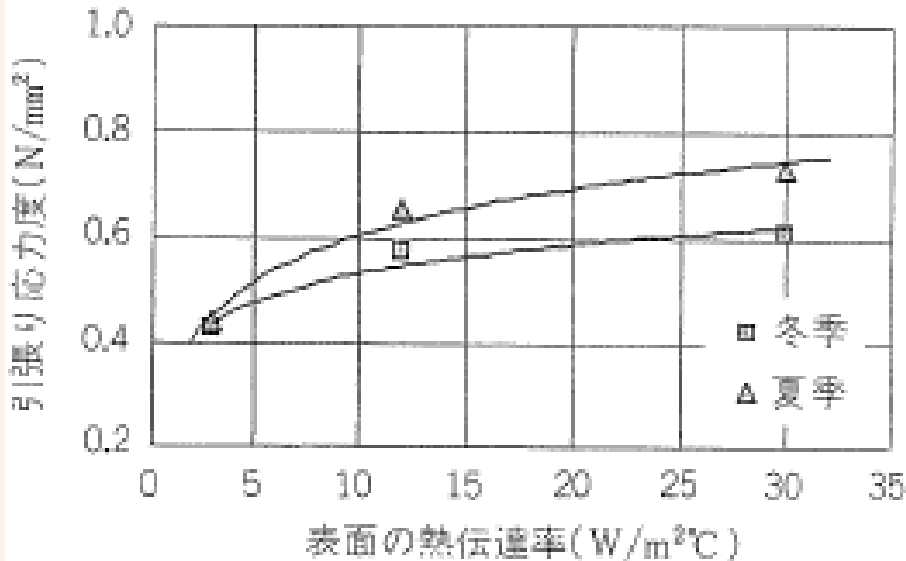


・**発熱速度**: 単位セメント量や打込み温度によって決定される。今回のケースでは打込み温度を変化させている。

・発熱速度が大きくなることにより引張り応力度も大きくなる。

・水和発熱の速度をなるべく遅らせることが引張り応力度の低減になるが、その低減効果はさほど大きくない。

## 表面の熱伝達率と引張り応力度



解説 表 2.2.1 熱伝達率  $\eta$  の参考値

No.	養生方法	$\eta$ ( $W/m^2\text{°C}$ )
1	メタルフォーム	14
	散水 (湛水深さ 10mm 未満)	
2	湛水 (湛水深さ 10mm 以上 50mm 未満) ・むしろ養生を含む	8
3	湛水 (湛水深さ 50mm 以上 100mm 未満)	8
4	合板	8
5	シート	6
6	養生マット ・湛水+養生マット, 湛水+シートを含む	5
7	発泡スチロール (厚さ 50mm) +シート	2

・**表面の熱伝達率**: 床版表面の大気との熱の出入りの特性、高いほど外気の影響を受けやすい。養生材の性能によって決まる。

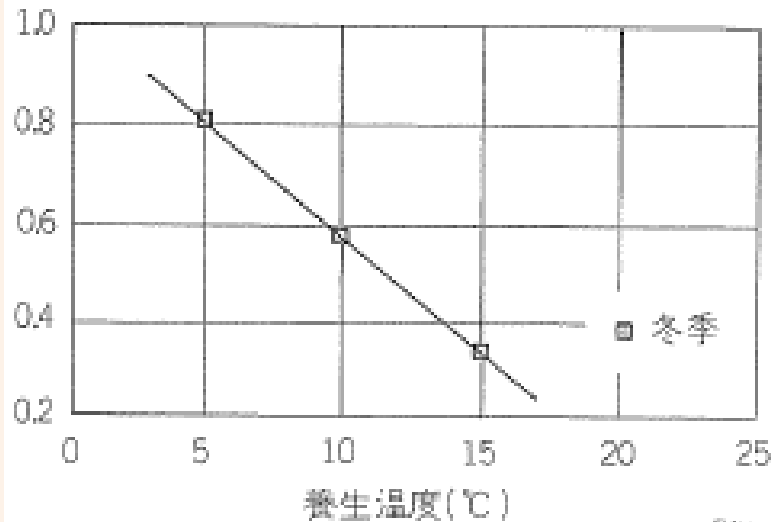
・表面の熱伝達率を下げること(断熱性の高い養生材の使用)により引張り応力度を低減できる。

・**熱伝達率が $5.0W/m^2\text{°C}$ 以下の断熱性の高い養生材**を用いることは効果的

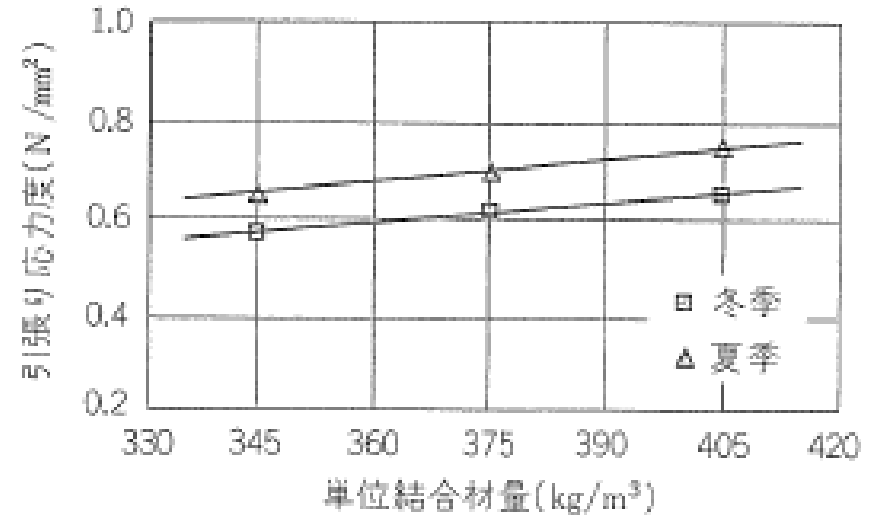
・夏季施工時にも熱伝達率が小さい養生材を使用すれば効果はある。  
夏季施工時にも養生対策は必要。

風の影響を受けると大きくなる。

## 養生温度と引張り応力度



## 単位結合材量と引張り応力度



単位結合材量(単位セメント量+単位膨張材量)

- ・給熱養生を施す冬季打込みの事例
- ・養生温度を外気温より上げれば効果的に床版に発生する応力を低減できる。
- ・打込み時の気温より養生温度が下がることで引張り応力度は大きくなり、初期材齢時のひび割れ発生に強く影響してくる。

- ・マスコンクリートなる大型構造物では単位結合材料を減らして水和発熱量を下げるのが大きな対策であるが

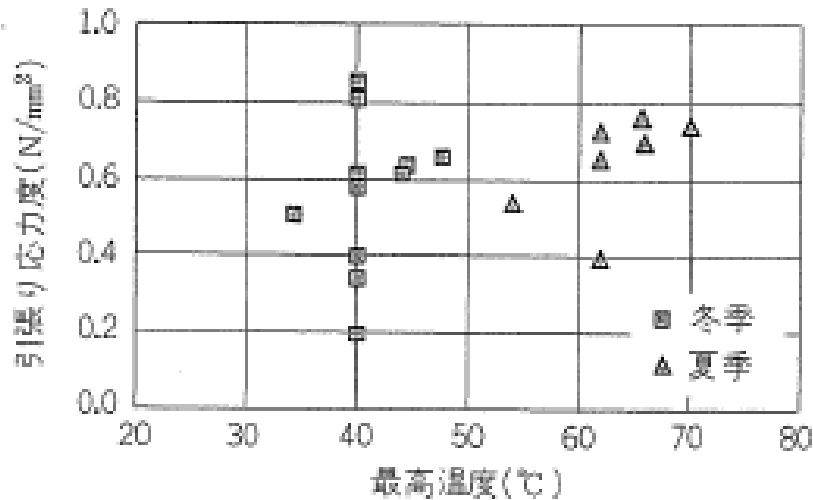
床版構造のような薄板では、その効果としてはさほど大きくないようである。

## 床版の引張り応力低減に効果的な対策

- ① **冬季打込み時は外気温より高い温度に保つ給熱養生の実施が効果的**
- ② **また、通年で考えるとなるべく断熱性の高い養生材や養生法を選定し、床版表面の熱伝達率を下げる**ことが重要である。****
- ③ **これらの対策は、マスコンクリートでの温度応力低減対策として挙げられる打込み温度の低減(=発熱速度の遅延)や単位結合材量の低減よりも床版構造の場合は効果的である。**

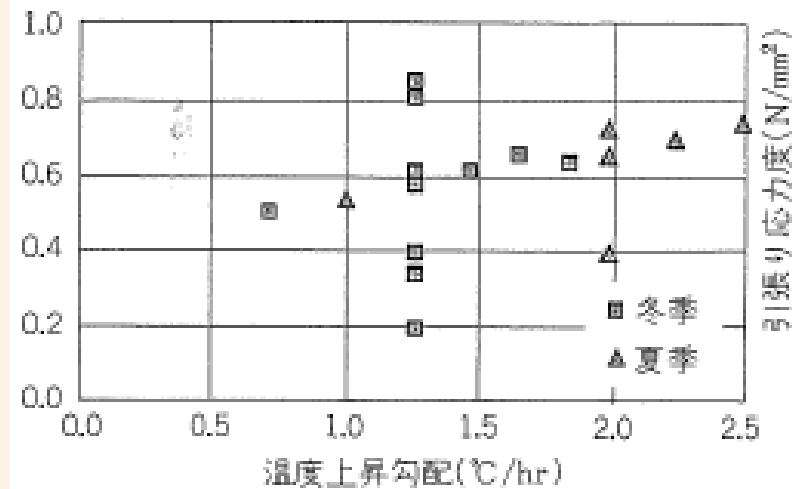
## 温度勾配や最高温度と引張り応力度との関係

### 最高温度と引張り応力度



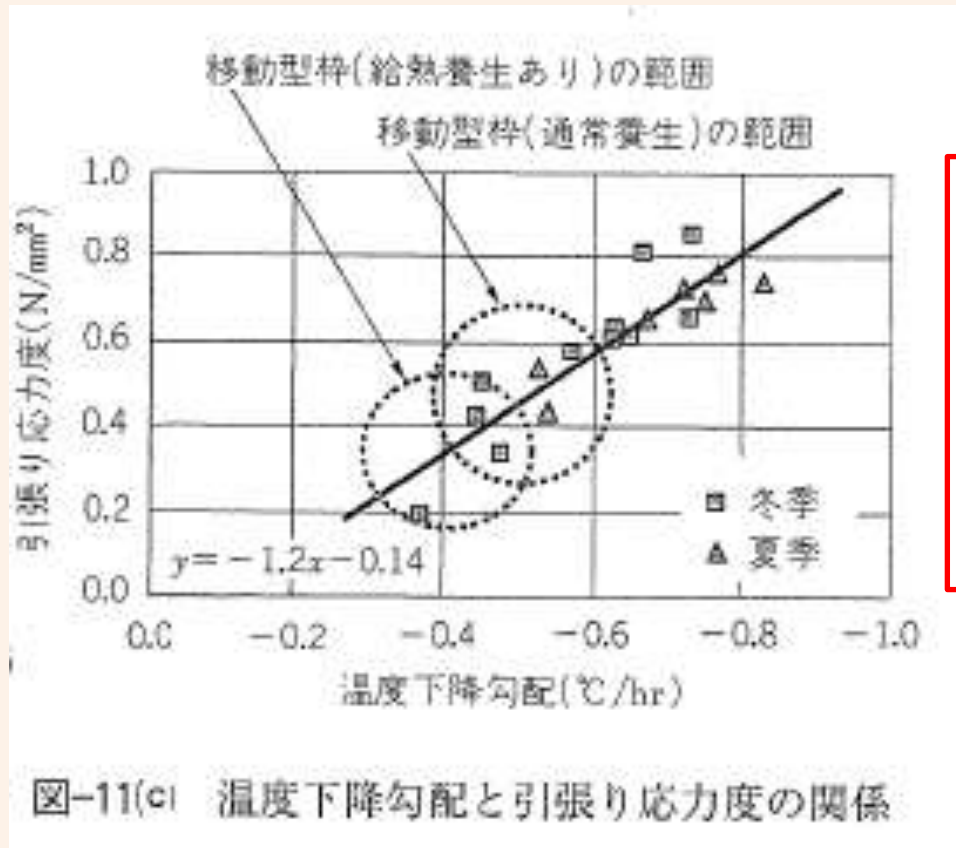
床版内部の最高温度と引張り応力度との相関は見られない。

### 温度上昇勾配と引張り応力度



温度上昇勾配が大きいほど、引張り応力度が大きくなるとは言えず、はっきりとした相関性はない。

## 温度下降勾配と引張り応力度との関係



- ・温度下降勾配が大きいほど、引張り応力度も大きくなる。
- ・床版内部の引張り応力低減を図るためには床版内部の温度履歴をみたとき**最高温度到達後の温度下降時の勾配をいかに緩やかにするかが重要。**

図-11(c) 温度下降勾配と引張り応力度の関係

## 最高温度に達した以降の温度下降勾配を緩やかにする具体的手段

### ・具体的な手段として

- ①床版内部の温度が最高温度到達後から外気温程度に落ち着く間、ジェットヒーターや練炭等で給熱養生を施す。
- ②床版表面からの放熱を抑えるには、できるだけ保温性の良い(熱伝導率の小さい)養生材を使用する。
- ③計測を行った5橋では問題となるひび割れが発生していない実績から、温度下降勾配が $-0.5^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ 程度を目安に温度管理を実施する。
- ④夏季施工時での養生対策は軽視されやすいが、冬季と同様に温度下降勾配を適切に管理することが必要である。

さらに、春、秋では一般的に昼夜の温度差が激しくなるため、適切な養生の実施はひび割れ対策として重要である。

## 6-2. コンクリートの温度上昇とひび割れ(事例研究—高知空港インター線工事)

### 課題

- ① **3次元的に変化した多柱式構造**であり、柱により床版が拘束される。
- ② 部材は比較的断面が大きく、高強度であるため、硬化時の水和反応により**温度応力が発生**する。**温度ひびわれの発生**が懸念される。  
 $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ 、鉄筋量 250~290kg/m<sup>3</sup>
- ③ 床版や底版部は部材厚に対して表面積が大きいいため**乾燥収縮によるひび割れの発生**が懸念される。





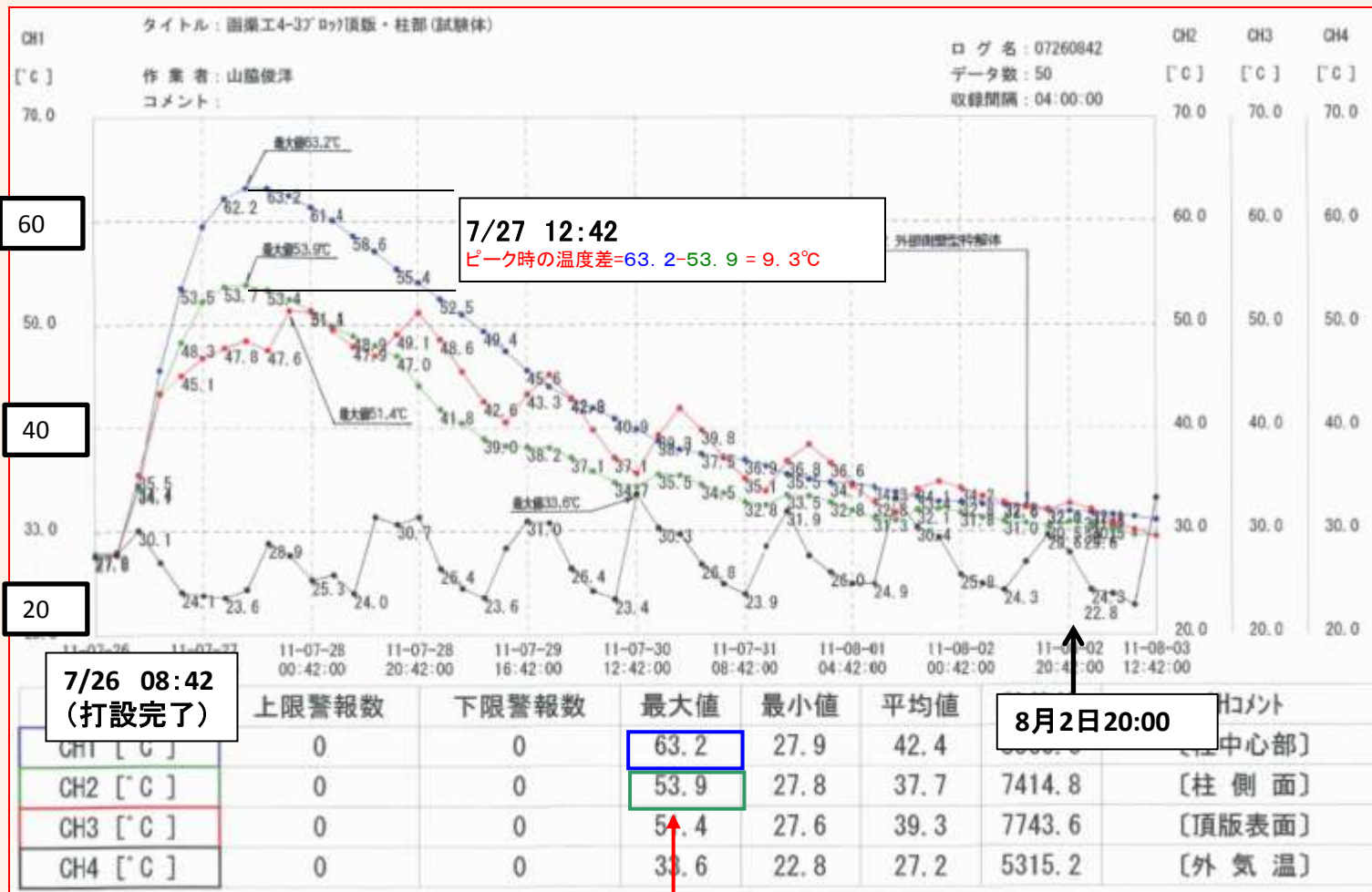
## 柱部のひび割れについて

- ・柱部については、断面寸法が1.2m×1.2mと大きく、**マスコンクリート**となる。硬化時における**セメントの水和熱による温度上昇**が大きくなることが予想された。
- ・**柱表面と内部の温度差によるひび割れ**などの発生が懸念された。
- ・柱部の収縮が頂版に固定される**外部拘束のひび割れ発生**も懸念された
- ・事前に**実寸法の試験体**を作成して、**温度上昇量の把握**や**ひび割れ発生**を確認することにした。



# 温度履歴

- ・最大温度は約63度まで上昇
- ・柱中心部と表面付近の温度差は9.3度



60

40

20

7/26 08:42  
(打設完了)

8月2日 20:00

コンクリート温度差9.3°C



頂版と柱の境界部でひび割れが発生。

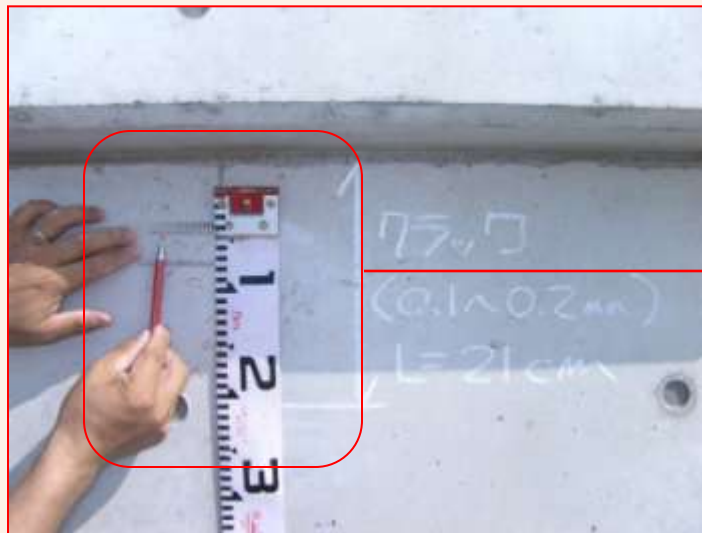
内部拘束によるひび割れ：

マスコンクリートとなるため、表面と内部の温度差による応力が原因で発生した。

打設後2日に脱型強度(5N/mm<sup>2</sup>)に達したため、型枠を脱型したことが、温度差を助長した。

実施工ではひび割れが発生する危険性が高いと判断した。

### ひび割れ発生状況



0.1mm~0.2mmのひび割れがコンクリート面中央部に約21cm確認された。

## マスコンクリートに対する温度ひび割れ対策

### ①打込み温度の低減

柱部の水和反応時の最高温度を低減するため**パイプクーリング**を実施

### ②十分な養生の実施(夏季施工時であっても適切な養生を実施)

○型枠残置期間を長くする。7日間

○湿潤養生をできるだけ長くする⇒ひび割れ抵抗の増進、設計強度発現までが望ましい。

・保水性のある養生マット(アクアマット)の使用

・養生水はぬるま湯を使用

○型枠脱型後も一定期間を**ビニールシート**による養生実施

⇒外気温の影響を低減⇒**温度下降勾配を緩やかにする。**

⇒温度応力の低減

### ③締固めの徹底

・再振動⇒表面付近を密実に仕上げる。⇒ひび割れ抵抗の増進

### ④綿密な仕上げ作業

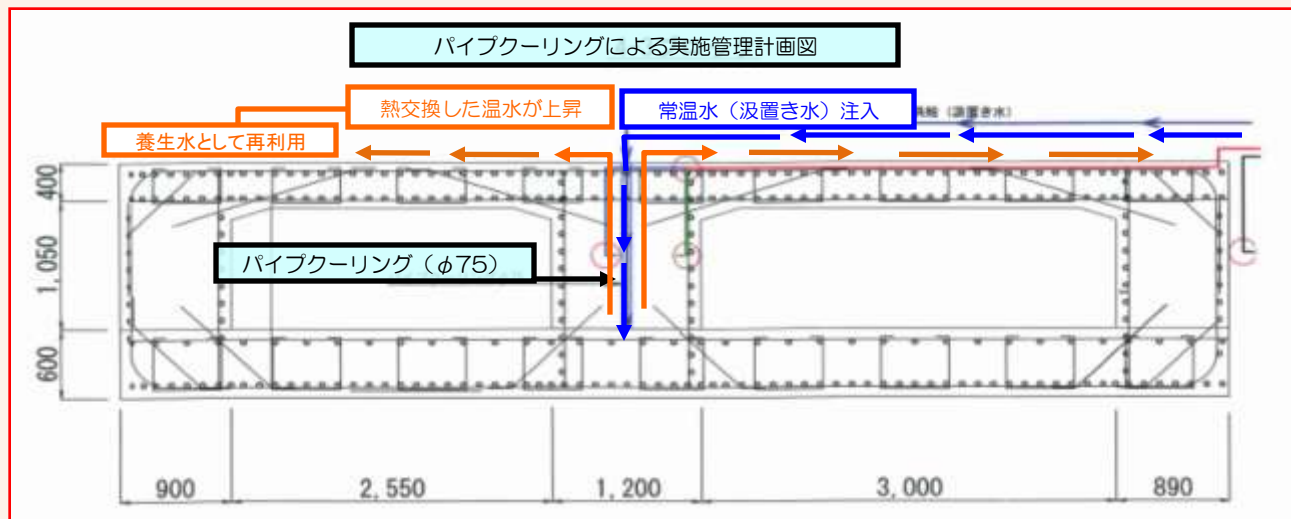
・被膜養生材を使用して本格養生までの初期乾燥を防止

・パワートロウエルの使用、

表面付近を密実に仕上げる。⇒ひび割れ抵抗の増進

## パイプクーリング実施要領

- ・柱の中心部にシース管(径75ミリ)を設置
- ・事前に準備していた汲み置き水をシース管に注水することによりコンクリート内部の温度を低下させ、外部との温度差を小さくしていく。



コンクリート内で暖められた水を、そのまま湛水し、養生水として再利用する。

## 常温水(汲み置き水)の注水による発熱量の低下

- ・常温水(汲み置き水)の注入量は**10ℓ/min**を保つようにした。
- ・コンクリート内部で**熱交換**して、パイプクーリング上部より**オーバーフロー**させた。
- ・注入時の温度は**26℃**、内部で**熱交換した水**は表面上昇時には**49℃**となり
- ・ピーク時には**230kcal/min**の**発熱量を抑えたこと**になった。



- 熱交換された温水について

- コンクリート表面に**保湿性・保水性の高い養生マット(アクアマット)**を敷設
- 熱交換された温水が**養生水として再利用**できた。
- アクアマットの長所である**保湿・保温機能が高まり、さらなる効果的な養生**が実施できた。
- 温度測定により、コンクリート温度が**最高温度に達してから下降するまでパイプクーリング**を実施した。(2~3日程度)

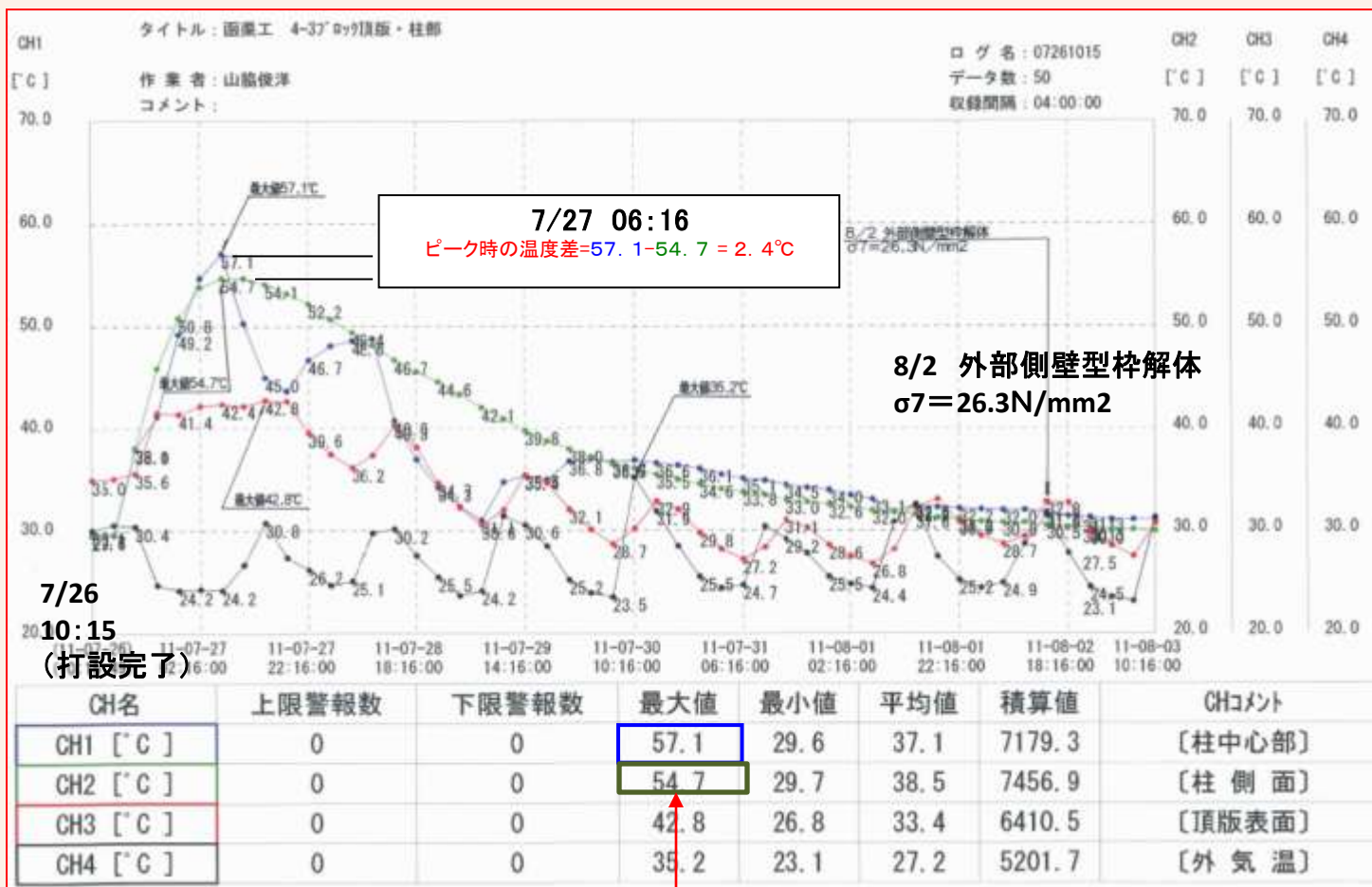


**【測定途中温度】**

- ①42.6℃(中心部)
- ②53.5℃(側面部)
- ③43.2℃(表面部)
- ④27.8℃(外気温)

# ・函渠工4-3ブロック 温度管理

## パイプクーリングを実施



コンクリート温度差  $2.4^\circ\text{C}$



## ・パイプクーリングの効果の検証

- ・結果として、最大温度の上昇を6.1℃抑えることができ、また、外部温度との温度差も小さくできた。

[ パイプクーリングの効果確認表 ]

	図案工本体構造物	試験体	備考
温度管理（最大内部温度）	57.1℃	63.2℃	
温度管理（最大外部温度）	54.7℃	53.9℃	
温度管理（温度差）	2.4℃	9.3℃	
温度ひび割れの有無	ひび割れ無し。	3面にひび割れが確認	0.1~0.2mmのひび割れ
沈下ひび割れの有無	ひび割れ無し。	1面にひび割れが確認	0.08~0.2mmのひび割れ
養生方法	アクアマット+散水	アクアマット+散水	
型枠解体時期	打設日より7日間	打設日より7日間	
パイプクーリングの実施	パイプクーリング有り	パイプクーリング無し	

## 7. スランプについて

### 7-1. スランプ8cm

- ・スランプ8cmは絶対条件か？
- ・**具体的な根拠なく、スランプを大きな値に変更している事例あり。**

### 7-2. ワーカビリティ

- ・**材料分離**を生じることなく、運搬、打込み、締固め、仕上げなどの作業が容易にできる程度を表すフレッシュコンクリートの性質

- ・本来、ワーカビリティは凝結に至るまでのフレッシュコンクリートの施工のしやすさに関するあらゆる項目を含むもの。

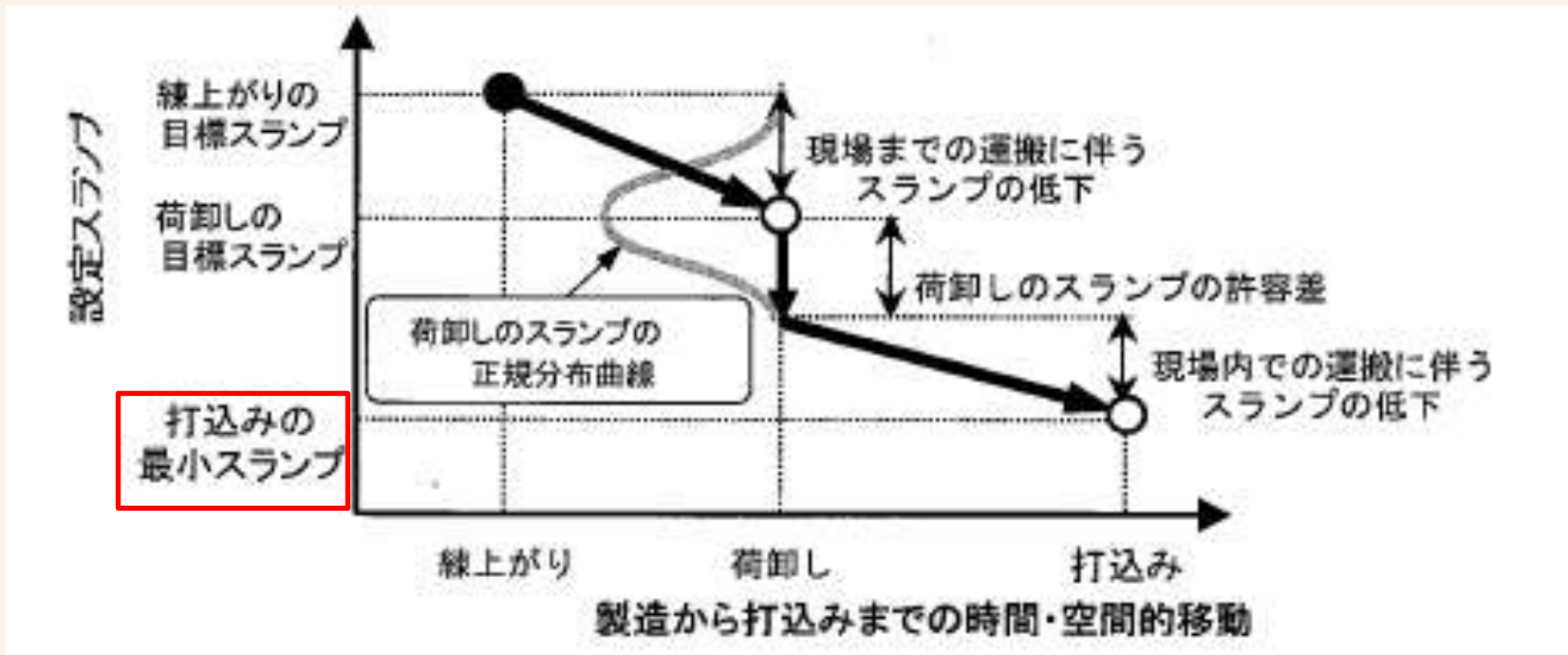
- ・特に重要なワーカビリティとして、コンクリート示方書では**充てん性、圧送性、凝結特性**を取り上げて記述している。

### 7-3. コンクリートに要求される充てん性

- ・振動締め固めを通じて、コンクリートが**材料分離**することなく鉄筋間を円滑に通過し、かぶり部や隅角部あるいはPC定着部等に**密実に充てん**できる性能
- ・振動締め固め時の**流動性と材料分離抵抗性との相互作用**によって定まる。
- ・**流動性をスランプで表す。**
- ・**材料分離抵抗性は単位粉体量(単位セメント量)の大小を指標とする。**

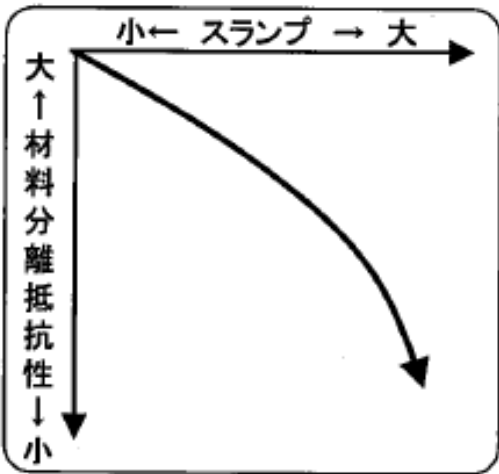
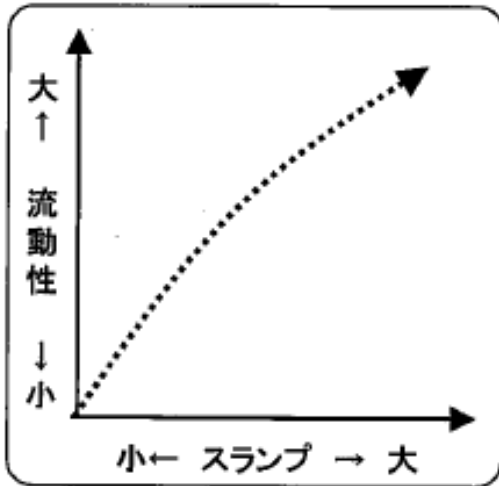
# 打込みの最少スランプを適切に設定する

各施工段階の設定スランプとスランプ経時変化の関係

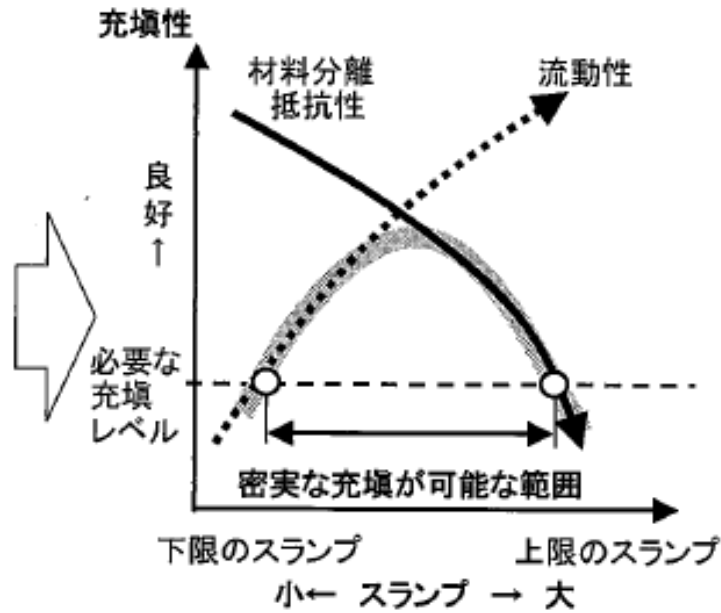


- ・スランプはコンクリートの製造から打込みまでの**時間経過**や**運搬によって変化**する。
- ・**密実な充てん**⇒**打込み時に必要なスランプ**を確実に確保しておくこと。
- ・**打込みの最少スランプ**を満足するためには  
**運搬方法**、練り上がりから打込み終了までの**時間**、**気温等**を考慮して  
**練り上がり**の**スランプ**、**荷卸し**の**スランプ**を定める必要がある。

# コンクリートの適切な充てん性の考え方



充てん性⇒流動性と材料分離抵抗性の相互作用



## 流動性と材料分離抵抗性の相互バランス



配合 No.	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )			
			W	C	S	G <sup>(*)</sup>
No.1	58	47	150	261	902	998 [0.381]
No.2	58	37	147	256	710	1200 [0.458]

(\*) [ ] 数値は単位粗骨材容積(m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)

解説 図 3. 2. 8 配合の違いと高密度配筋部への充てん状況

- ・鉄筋のあき最少あき42mmの高密度配筋部材に打ち込んだ充てん状況
- ・流動性と材料分離抵抗性の相互のバランスによる定まるワーカビリティの違いによって、充てん性が大きく異なることが分かる。
- ・流動化コンクリートの使用(高性能AE減水剤)を検討する。

## 場内運搬としてのコンクリートポンプによる圧送の場合のスランプ低下の目安

表 4.5.7 施工条件に応じたスランプの低下の目安

圧送条件		スランプの低下量	
水平換算距離	輸送管の接続条件	打込みの最小スランプが 12cm 未満の場合	打込みの最小スランプが 12cm 以上の場合
50m未満 (バケット運搬を含む)		補正なし	補正なし
50m 以上 150m 未満	—	補正なし	補正なし
	テーバ管を使用し 100A (4B) 以下の配管を接続	0.5~1cm	0.5~1cm
150m 以上 300m 未満	—	1~1.5cm	1cm
	テーバ管を使用し 100A (4B) 以下の配管を接続	1.5~2cm	1.5cm
その他特殊条件下		既往の実績や試験圧送による	

注) 日平均気温が 25℃を超える場合は、上記の値に 1cm を加える。  
連続した上方、あるいは下方の圧送距離が 20m 以上の場合は、上記の値に 1cm を加える。

# 最少スランプの目安

## スラブ部材における打込みの最少スランプの目安

施工条件 <sup>1)2)</sup>		打込みの最少スランプ (cm)
締固め作業高さ	コンクリートの打込み箇所間隔	
0.5m 未満	任意の箇所から打込み可能	5
0.5m 以上 1.5m 以下	任意の箇所から打込み可能	7
3m 以下	2~3m	10
	3~4m	12

1) 鋼材量は 100~150kg/m<sup>3</sup>, 鋼材の最小あきは 100~150mm を標準とする。

2) コンクリートの落下高さは, 1.5m 以下を標準とする。

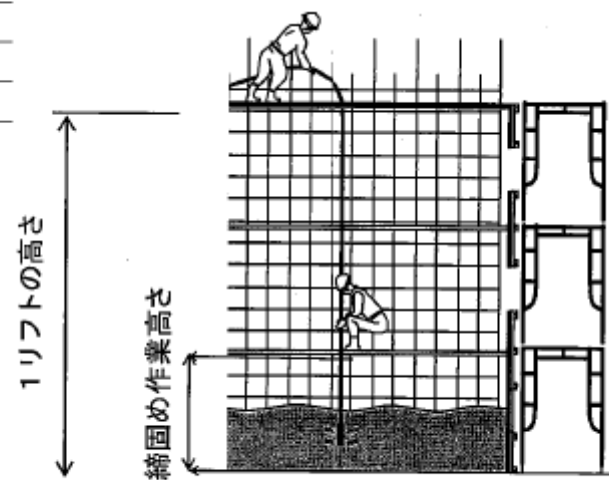
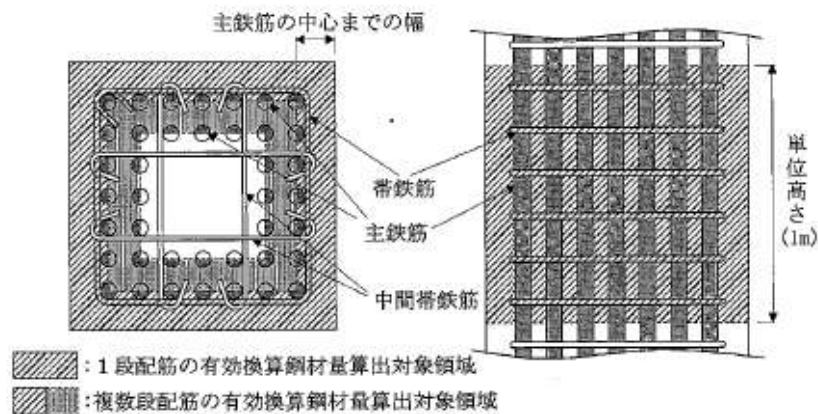


# 柱部材における最少スランプの目安(cm)

表 4.5.3 柱部材における打込みの最小スランプの目安 (cm)

かぶり近傍の有効換算鋼材量 <sup>1)</sup>	施工条件		打込みの最小スランプ (cm)
	締固め作業高さ	かぶりあるいは軸方向鉄筋の最小あき	
700kg/m <sup>3</sup> 未満	3m未満	50mm以上	5
		50mm未満	7
	3m以上 5m未満	50mm以上	7
		50mm未満	9
	5m以上	50mm以上	12
		50mm未満	15
700kg/m <sup>3</sup> 以上	3m未満	50mm以上	7
		50mm未満	9
	3m以上 5m未満	50mm以上	9
		50mm未満	12
	5m以上	50mm以上	15
		50mm未満	15

1) かぶり近傍の有効換算鋼材量とは、下図に示す領域内の単位容積あたりの鋼材量をいう。



解説 図 1.5.2 部材内部に作業員が入る場合の締固め作業高さ

## 8. 良いコンクリートを打つためには～綿密な打設計画～

良いコンクリートを打っている会社を見ると**綿密な打設計画を構築している。**

良いコンクリートを打つためには

- ・人員配置
- ・機械や道具の準備
- ・作業員の役割分担と体制
- ・タイムスケジュール
- ・打設手順
- ・打設における留意点
- ・トラブルが発生した場合の対応
- .....

明確に書面化(チェックシートなど)して、作業員に周知徹底している。  
綿密な打設計画がポイントである。

## 8-1. A社の場合

社内内部の打設計画書として作成し、社内関係者に周知徹底している。

### 2. 打設前の作業チェックリスト

項目	担当者	チェック	概要
1 工事写真		前日	前夜(打設前状況)
2 打設場所の清掃		前日迄	目視
3 型枠の確認(隙間、サポート)		前日迄	載氏と一緒に回る
4 鉄筋の確認(差筋、配筋)		前日迄	段階確認を受ける
5 金物、干渉、埋込配管など埋設物の確認		前日迄	
6 バイブレーターセット、配線及びマーキング		前日	台数、作業確認、電源

### 5. 施工体制



#### 主な責任と権限

##### ○検査・試験責任者

- ・コンクリート打設計画書どおりに施工がおこなわれているのか検査する。
- ・担当職員は、品質管理チェックリストの内容を常に念頭において、作業を行うこと。
- ・所長の承認を得て、コンクリート打設を一時中断できる。

##### ○施工管理責任者(正)

- ・計画と実績が一致せず、不具合が生じた場合、所長の承認を得てコンクリート打設計画を変更できる。
- ・プラントとの連絡により、打設量に伴ってポンプ車への生コンの供給を円滑にする。
- ・コンクリート打設計画書に基づいて、職員や職長を指導する。

##### ○施工管理責任者(副)

- ・施工管理責任者のサポートをする。
- ・他工種との調整を行う。

##### ○締め固め管理責任者

- ・コンクリートの締め固めが確実にに行われているかを締め固め確認者より報告を受け、それを取りまとめて、施工管理責任者に報告する。

### 7. 特に注意する項目 (これまでの反省を踏まえて)

- (1) 打設前に必ずチェックリストの確認者が責任を持って確認する。(P.3 参照)
- (2) 朝礼時間等の開始時刻は厳守の事。
- (3) 人員、準備機械、打設順序に変更があった場合は、必ず前日か当日の朝礼時に全員に連絡する。よって朝礼時連絡のない増員は認めない。
- (4) 打設計画書に基づき、各人の作業内容を周知徹底する。
- (5) 作業通路を指定し、打設班は鉄筋をみださない心配りをする。
- (6) バイブレーター、照明灯、打設通路足場は全て前日に終了する。

(7) レイクス処理を考慮して排水勾配をとる。(今回不要)

(8) 養生テープを貼る。

(9) 上記の事項を周知し、職員が現場でフォローアップする。

(10) 締め固めは、バイブレーターに目印(テープ50cmピッチ)

締めを行う。

(11) 型枠面を叩く。(今回不要)

(12) コンクリートの状態をバイブレーターのマーキングで確認

する。

(13) は、作業終了後水洗いを行う。

(14) 路上を歩くこと。

(15) 事故などのないように注意すること。

(16) 納品書は、担当職員が配合確認する。

(17) 始時間前には打設準備を終えておくこと。

(18) 現場にて洗車を行う。

(19) 水洗いは、現場内にてシュートを洗う。

(20) 品質管理チェックリストの内容を常に念頭において、作業を行うこと。

(21) は、生コン業者にて管理すること。

(22) 若を見せたコンクリートは、打設しないこと。

(23) れていると判断した場合、道路及び場内の清掃を行う。

(24) 当日のプラントのトラブル(故障等)の事前対策を考えておくこと。

(25) 打継ぎ目には、打設前に散水を行う。

## 8-2. B社の場合:コンクリート施工手順の確認会

### • 目的

コンクリート打設前において、監督員や作業員全員でコンクリート打設の作業手順について確認会を行うことで、円滑な打設作業の実現、トラブルの防止、および安全確保を図る。

- ・打設作業について作業に従事する関係者全員で検討する。
- ・作業面でのリスクを把握して対策を実施する。
- ・作業員の役割と責任分担を明確にする。

### 作業手順


コンクリート打設箇所、打設量、打設時間、打設方法、機械配置  
作業員の役割分担、安全対策、その他注意事項など

## 打設手順の確認会



各打設ごとに開催、計30回開催  
発注者側も適宜参加  
**段どり8分!**

# 確認会における説明資料(抜粋)

No.	施工手順	作業方法・要点・急所	作業人員・作業機械工具	安全の要点・急所	確認方法	備考		
③	コンクリート打設 本作業 (つづき)	3	パイプレーターの挿入深さは 1回目打設(50cm) 2回目打設(45cm) とする。	<b>〔施工人員〕</b> 指揮・点検 — 1名 打設マン — 4名 コンクリート押さえ — 2名 ポンプ作業者 — 1名 型枠点検者 — 1名 J V 職員 — 3名 (12名程度)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">施工断面図</div> 			
		45cm	2回目			パイプレーター		
	50cm	1回目						
	前打設部にパイプレータを20cm以上挿入 ずる事により継目をなくしコンクリートが 一体になる目的で行う。							
	4	パイプレーターの使用時 パイプレーターは1回当り10秒以上位かけ 抜く時、空気を従えながらゆっくり パイプレーターをあげる。 最終層打設後、再度パイプレーターにて 締めめを行う。	<b>〔機械〕</b> コンクリートポンプ車 — 1台 高周波パイプレーター(φ40) — 3台 パワートルウエル — 1台 動力源より — 1式			◎ 特に柱部分において コンクリートを飛散 させない様にする。	◎ 柱部の打設 (2層仕上げ)	
	5	打設時、フレキシブルホースについて (フレキシブルホースの扱い)	<b>〔資材〕</b> 金網マット — 1式 養生被膜剤の用意 — 1式 養生マットの用意 — 1式 (コンクリート飛散防止)			◎ 上部の鉄筋に付着したコンクリートは 確実に清掃を行う。		
	← フレキシブルホース 極力鉛直にし、コンクリートを 2 飛散させない。 1					◎ ポンプ車のホース先端移動時 下に入らないようにし、ポンプ車オペレーターは 人のいないことを確認し、作業を行う。	● 作業前に周知し 施工中も確認を 行う。	● 上下の合図を 確実にとって 作業を行なう。
	6	フリージング水の処理 大型スポンジを用意し、フリージング水が 発生した場合は速やかに処理をする。	<b>〔用具〕</b> 金ゴテ、木ゴテ			◎ 打設中は、型枠大工により点検を 行い、セシのゆるみ及び型枠の変形が 生じた場合は、一時作業を停止し、 迅速な処置を行う。	● 全員で確認 する。	
	7	表面の押え 打設前の仕上げは、明示している高さ に注意し、木ゴテ、金ゴテで入念に押える。 柱部の中へハイブレッシャーにてレイタンス除去 仕上げ部分へ養生被膜剤 ※鉄筋に付いたコンクリートはブラシで水洗いする。					● 大工及び職長 跡職員にて 確認。	

## 8-3. B社の場合:コンクリート施工に関する勉強会

### 目的

コンクリート工事に関する**関係者全員**で施工に先立ち**コンクリート品質向上に関する講習会(勉強会)**を行うことで、  
**コンクリート品質向上に関する知識の取得と意識の向上**を図る。

**関係者全員**→打設作業者、コンクリートポンプ圧送会社、生コン会社の試験室、  
施工現場、発注者、コンクリート専門技師

### 内容

**「より良いコンクリート構造物を施工する工夫」**

**コンクリートの性質や施工上の注意点(特に暑中コンクリートでの注意点を学習した。**

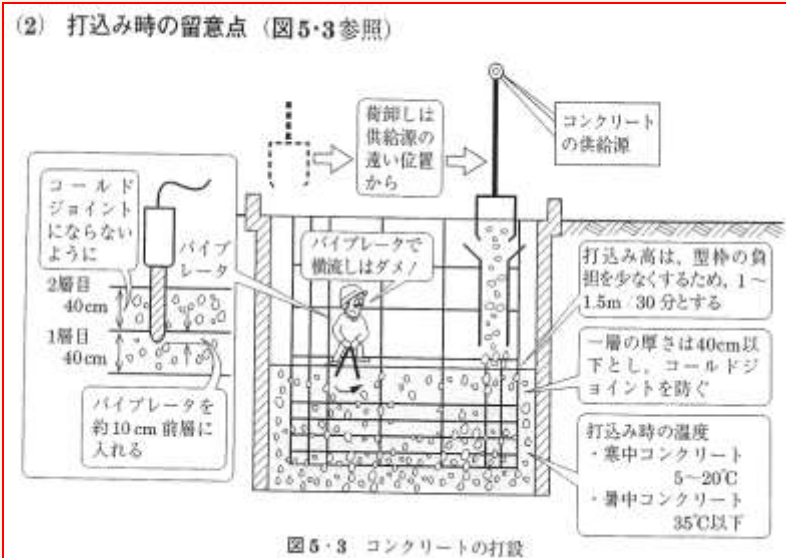
- ・分離させないような打設方法
- ・初期欠陥(コールドジョイントや沈下ひびわれなど)の防止
- ・養生方法            など

# コンクリート講習会



全体で5回開催。  
発注者側も技術研修として参加

# 配布資料の一例



イラストなどを使用して、作業員に対してわかりやすく説明を行った。



# おわりに

- ①基本を理解して守ること。打込み、締め固め、養生
- ②鉄筋の組み立て前から、コンクリートの打ち込みを考えること。
  - ・投入口の設置、サニーホースの工夫等
  - ・配筋によっては施工時に作業員を内部に入れて締め固め等を確実に行う。
- ③養生の観点から、できるだけ型枠を残置
- ④十分な湿潤養生、保水養生の実施
- ⑤安全な足場の設置、品質確保につながる
- ⑥綿密な打設計画、作業分担と責任体制、～段取り八分～
- ⑥社内でのコミュニケーション⇒創意工夫
- ⑦作業員の教育、技能向上⇒技能者不足にも対応⇒建設業再生にもつながる

**ご静聴ありがとうございました！**

今回の報告をまとめるにあたって、下記の文献から内容や図表の参照・引用をさせていただきます。

- 1) 公益社団法人土木学会: コンクリート標準示方書施工編 2012年
- 2) 公益社団法人土木学会: 施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針(案)
- 3) 公益社団法人日本コンクリート工学協会: コンクリート技術の要点 '04
- 4) 十河茂幸、河野広隆、今本啓一、閑田徹志、溝渕利明: コンクリートの初期ひび割れ対策、セメントジャーナル社
- 5) 十河茂幸、河野広隆、和泉意登志、地頭蘭 博、牧 保峯: コンクリートのひび割れが分かる本、セメントジャーナル社
- 6) 十河茂幸、信田佳埜延、栗田守朗、宇治公隆: 現場で役立つコンクリート名人養成講座改定版、日経コンストラクション
- 7) 岩瀬文夫: ひび割れのないコンクリートのつくり方: 日経アーキテクチュア
- 8) 山口県土木部: コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料【対策資料】、平成19年10月
- 9) 東北コンクリート耐久性向上委員会: 東北地方におけるコンクリート構造物設計・施工ガイドライン(案)、2009年3月
- 10) 酒井啓之: 気泡緩衝材によるコンクリート湿潤・保温養生
- 11) 安川義行、丸山久一、倉田幸宏、中村隆志、師山 裕、大欲昭則: 場所打ちPC床版の温度検測と応力評価に関する検討、橋梁と基礎2004. 3、4
- 12) 本間淳史、中村和己、長谷俊彦、上原正、榊原和成、河西龍彦: 長支間場所打ちPC床版の設計と施工ー第二東名高速道路藁科川橋ー、橋梁と基礎2002. 10
- 13) 塩永亮介、藪野真史、戸田 均、西 東十朗、久保田善明: 場所打ちPC床版のひび割れ制御ー「佐分利川橋」ー石川島播磨技報VOL. 43 No. 4(2003ー7)
- 14) 国土交通省総合政策局建設施工企画課: 建設施工における創意工夫事例集、平成22年3月
- 15) (有)磯部組技術管理資料
- 16) 入交建設(株)技術管理資料