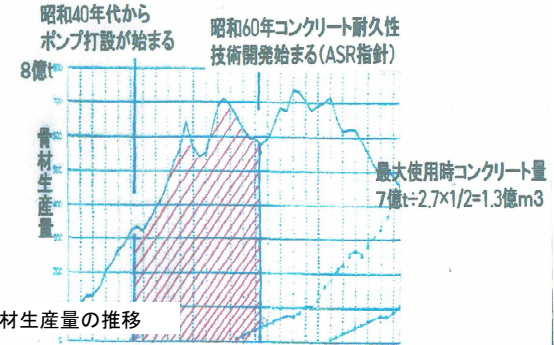


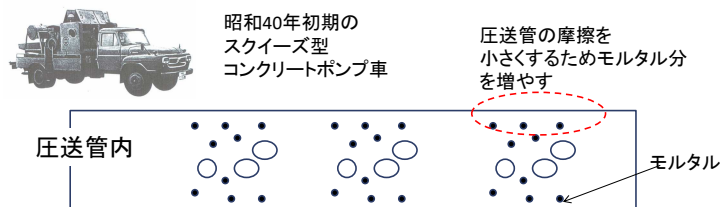


### 施工不良年代と早期劣化

コンクリート施工が悪い年代の**施工不良・施工欠陥**が早期劣化の原因の多くを占めると考えている



昭和40年導入期のポンプ性能が低く、ポンプの閉塞を嫌ってモルタル分を多くするため加水



河川砂利から碎石骨材になり、所定のコンクリートの流動性、施工性(ワーカビリティ)を確保するため加水

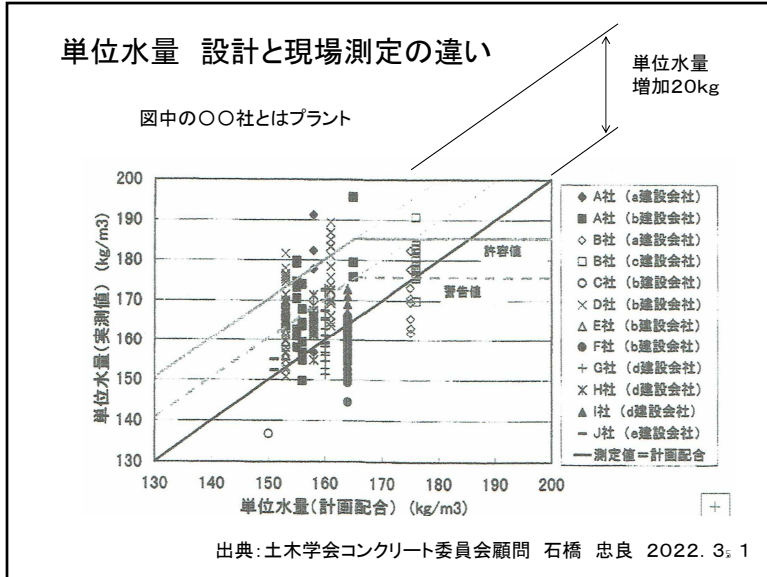


### 全国骨材需給見通し (通産省統計)

(単位: 百万トン)

骨材名	昭和40年	41	42	43	44	45	
		対前年比	対前年比	対前年比	対前年比	対前年比	
需要	コンクリート	280	294 (105)	309 (105)	328 (106)	348 (106)	367 (106)
	その他	74	80 (108)	86 (107)	94 (109)	101 (107)	110 (109)
	計	354	374 (106)	395 (106)	422 (107)	449 (106)	477 (106)
供給	川砂利	262	246 (92)	228 (93)	210 (92)	207 (99)	204 (99)
	海砂利	8	8	9	9	10	10
	陸砂利	15	28 (187)	36 (126)	50 (139)	43 (86)	26 (60)
	山砂利	0.2	0.4	1	1	2	4
	計	285	282	274	270	262	244
給	砕石	64	86 (134)	113 (131)	142 (126)	172 (121)	210 (122)
	人工骨材	0.3	0.6	1	2	5	10
	天然軽石	1	1	2	2	2	2
	高炉パラス	4	4	5	6	8	11
<b>砕石(累積)</b>	<b>64(100)</b>	<b>86(134)</b>	<b>113(176)</b>	<b>142(221)</b>	<b>172(268)</b>	<b>210(327)</b>	

出所: 通産省発表統計。



### 加水によるスランプ変化の推定

当初設計がスランプ8cm

#### コンクリート工学ハンドブック 配合設計参考値(補正值)

(1) この表に準ずれば、普通配合の用材および配合を用い、水セメント比 50%、スランプ約 8cm のコンクリートに對するものである。砂の粗粒率は 2.75 程度のもので与えている。

粗骨材の最大寸法 (mm)	水和率を用いないコンクリート			A E コンクリート				
	エントラップドエアの割合 (%)	粗骨材率 (%)	コンクリートの粗骨材 W (kg)	きびしい気密性を要する場合は粗骨材の空隙率 (山形にたすき) (%)	品質の A E 型を用いた場合 (%)	品質の A E 型を用いた場合 (%)	品質の減水剤を適量に用いた場合 (%)	
15	2.5	49	187	7	45	109	47	155
20	2	45	181	6	42	102	43	150
25	1.5	41	172	5	37	93	38	143
40	1.2	36	160	4.5	32	84	34	135
50	1	33	152	4	30	78	31	128
75	0.8	28	139	3.5	25	67	26.5	109
100	0.8	25	130	3	24	60	24	99

単位水量 152kg  
加水 +20kg  
と仮定  
 $20 \div 152 = 13\%$

よってスランプ変化は  
 $13 \div 3 \times 2.5 = 10.8$

したがって  
推定変更スランプは  
 $8 + 10.8 = 18.8\text{cm}$   
と推測される

(2) 用いる材料または造らうとするコンクリートが (1) に示したものと同様している場合には、その粗粒率に応じて上記の表の値を、つぎに記すように補正する。

区 分	水セメント比の補正	W(kg)の補正
砂の粗粒率が 0.1 だけ大きい (小さい) ごとに	0.5 だけ大きく (小さく) する	補正しない
水セメント比が 0.05 だけ大きい (小さい) と	1 だけ大きく (小さく) する	補正しない
スランプが 2.5cm だけ大きい (小さい) ごとに	補正しない	3% だけ大きく (小さく) する
粗粒率が 1% だけ大きい (小さい) ごとに	0.5-1 だけ小さく (大きく) する	3% だけ小さく (大きく) する
骨材の割合よりも多い場合、たとえば細粒コンクリート層の厚さが増える	3% 大きくする	1-10% 大きくする
	3 だけ小さくする	3% だけ小さくする

\* コンクリート中に含まれる、エントラップドエア以外の空気を含む。

### 平成18年4月に「コンクリート工事不適切行為調査委員会」(長野県)を設置 コンクリート施工上の各種問題点改善への提言 平成22年3月31日 長野県生コンクリート品質管理監査会議

#### 2. 改善策提言の基本方針

加水などの不適切行為の発生は、単に現場関係者のモラル低下に原因があるばかりでなく、もっと根源的には、現実を無視した無理が現場関係者に強要されているところに主因があることが明らかになった。・・・

#### 3. 加水問題に際して

##### 3. 1 実態概要

アンケート調査の結果では、加水行為を「自身の判断で行った」と回答した人が、「経験したことがある」者の丁度半数を占め、しかも全回答者の約5分の1に達している。数少ない実態調査ではあるが、意識的な加水行為は見つからないことから、このことが日常的には行われていないと考えられる。・・・

### コンクリート施工上の各種問題点改善への提言

平成22年3月31日 長野県生コンクリート品質管理監査会議

#### 8 テスト結果の改ざん問題に関して

##### 8. 1 実態概要

アンケート調査の結果では、テスト結果の改ざんをしたとするケースは極めて少ないが、若干スランプ、管理図、強度の改ざんがある。・・・

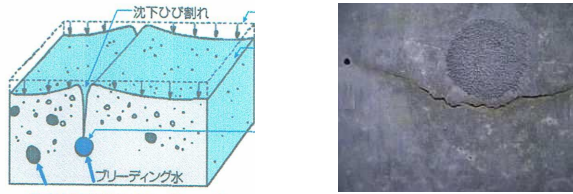
#### 9. 打設養生に関係した問題に対して

##### 9. 1 実態概要

アンケート調査の結果では、「打設」に関しては、「バイブレーター不使用・不適切」と「配合・調合違い」が多くを占め、「養生」に関しては「養生不足、不備」がほとんどを占める・・・

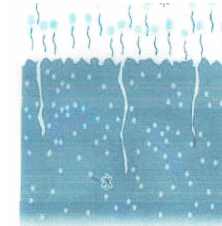
### 加水による問題点

- ①水セメント比が大きくなる  
⇒コンクリート強度が低下する
- ②コンクリートのコンシステンシーが低下する  
⇒粗骨材と細骨材・モルタル分が分離しやすくなり、豆板が生じやすい。また、多くのブリーディング水蒸発による沈下ひび割れが生じやすい



### 加水による問題点

- ③水和反応に必要な余剰水が蒸発し、コンクリート内に空隙を生ずる ⇒中性化が進む  
○山陽新幹線トンネル覆工コンクリート剥落事故に際して、15,000箇所を点検した結果、中性化深さは、計画の1.7倍の22mmであった。
- 乾燥収縮が大きくなりひび割れを生じやすい。



水密性が小さくなる

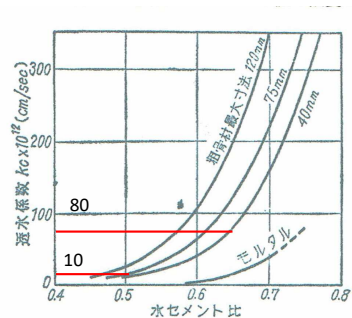
塩分浸透が生じやすい。塩害が生じやすい

### 加水による問題点

水密性が小さくなる 透水係数が大きくなる⇒貯水槽等の水密性が必要とされる構造物に影響

一般的に、水密性コンクリートは、水セメント比50%程度を示す。右図から、透水係数は、 $10 \times 10^{-12}$  (乗-12) cm/secとなる

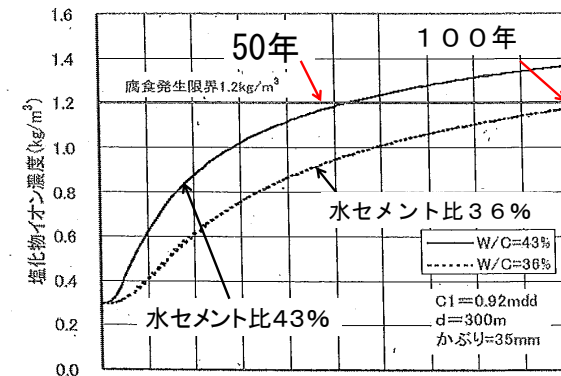
加水によるスランプ変化で述べたように、水セメント比13%増の63%とすると、 $80 \times 10^{-12}$  (乗-12) cm/secとなり、約8倍も透水係数が大きくなることわかる。(最大骨材40mmの場合)



コンクリートの水セメント比と透水係数

塩分浸透が生じやすい。塩害が生じやすい

### コンクリート内部の塩化物イオン濃度と経過年数



## 加水による問題点

④コンクリート内に残った不安定な水は、アルカリシリカゲルと反応し膨張する ⇒ASRが発生しやすくなる。

### • ASRとは、コンクリートに含まれる

①アルカリ性の水溶液が反応性骨材(砂利や砂)の特定成分と反応し、アルカリシリカゲル  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{SiO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  を生ずる。

②吸水膨張によりコンクリート構造物にひび割れなどを引き起こす。

③そのため、コンクリート内に不安定な水が残っているとASRにより、ひび割れを生じやすくなる。

アルカリシリカゲル反応環



## 碎石骨材使用による問題点

安山岩碎石、特に輝石安山岩使用によるアルカリ骨材反応 (ASR) の発生

⇒  
コンクリートにひびが入りやすくなる

昭和57年になるまで、ASRの存在が秘匿されていたため、昭和60年の対策指針が出るまで、長い間、ひび割れの生じやすいコンクリートが多量に建造された。

また、昭和60年の国交省対策指針も、対処療法にとどまり根本的な対策となっていないため、ASRは昭和60年以降も発生しており、今後も打設される構造物でも発生する可能性がある。

打設に対する配慮がなくなった  
適切な打設、十分な締固めが行われない  
⇒コンクリート全般における施工欠陥の増、耐久性の欠如

背景) 高度成長期の大量生産時代の要請のため、早期に打設しなければならない緊急性があった

以前は、自らコンクリートを練りコンクリートの品質にも気を使っていた

しかし、生コンになって、コンクリの品質は、生コン屋に任せ、コンクリの移動、打ち込みはポンプ屋任せになったことで、自らコンクリートの施工品質に他する気持ちがなくなった。

例) スランプ試験は、施工業者がやらなければならないが、生コン会社がやっていたこともある。

監督員も、忙しいので現場のコンクリー打設の監督に行かない。そのため、コンクリート品質に対する責任者が不在となっている。

15

## 昭和39年完成の東京～大阪間新幹線とそれ以降に作られた山陽新幹線

東京～大阪間の新幹線施工では、まだポンプ車が登場しておらず、基本的に、コンクリートはスランプが小さく、その運搬、打設は、人海戦術によって丁寧に行われた。

一方、山陽新幹線では、昭和40年～ポンプ打設が始まり、スランプの大きいコンクリートが拙速に打ちこまれ、また十分な締固め、養生がおろそかになったものと思われる。

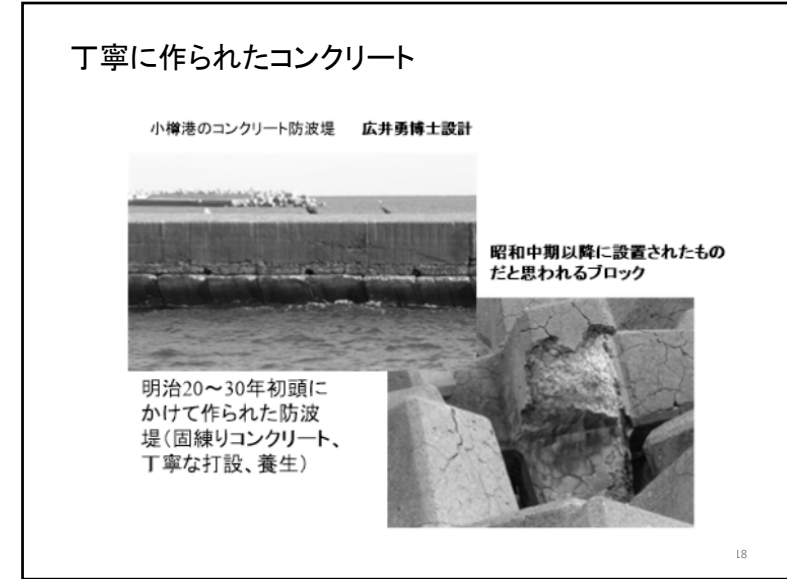
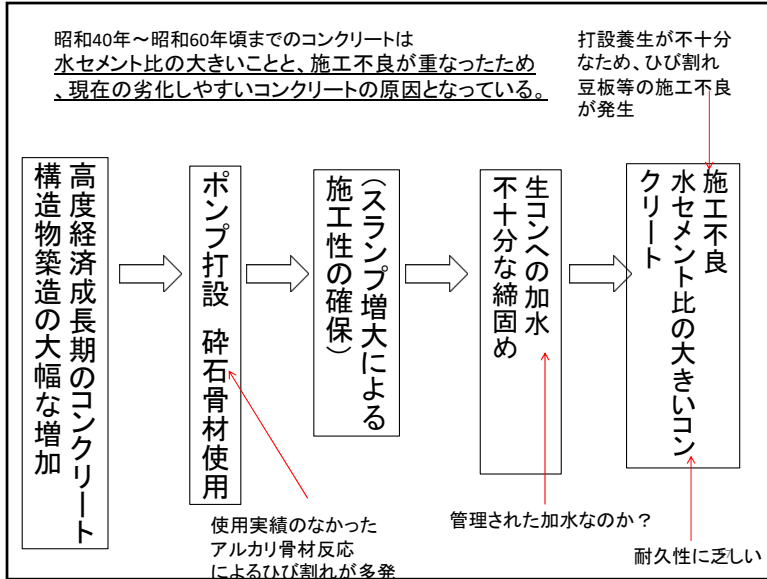
また、中国地方では海砂を除塩せずに使ったコンクリートが多量に使用された実態があり、鉄筋腐食などもコンクリート劣化に大きく影響を与えている。


このため、1999年に発生したトンネル覆工コンクリート剥落事故と前後して、ラーメン高架橋などのRC構物の劣化変状も顕在化した。

また、補修対策が間に合わず、コンクリート早期劣化が度々、写真雑誌等で報道されるなど、社会問題化した。



土木屋の一言: 東京大阪間新幹線は基礎が悪い。大阪以西はコンクリートが悪い



 (吉田徳次郎博士 1888～1960 東京帝国大教授 談)

- ・一般的な施工方法よりも余計にお金と時間がかかるひび割れのない耐久的なコンクリートの作り方がもう一度見直される必要があるはしないか
- ・よいコンクリートもセメント・水・骨材を混ぜ合わせたもの
- ・悪いコンクリートもセメント・水・骨材を混ぜ合わせたもの
- ・両者の差はコンクリートの知識と施工についての正直親切の程度の差からおこるのである

・よって、良いコンクリートを作るには、セメント・水・骨材の他に「知識と正直親切」を加えなければならないことになる

19

## コンクリート施工段階におけるひび割れ

### 初期欠陥・不具合によるもの

20

### コンクリート構造物のクラック

1)・・・進行性または有害なクラックに該当するか調査する。

2)有害なクラックは一般的に0.2mm程度

### 竣工工事評点表 検査項目別運用表 竣工検査員

検査項目	細 目	a	b	b'	c	d	e																								
出来形及び出来状況	Ⅱ. 目視	<p>① 経年劣化、施工ミス等による経年劣化、その他設計図書に定められた試験</p> <p>② 経年劣化、施工ミス等による経年劣化、その他設計図書に定められた試験</p>																													
	コンクリート構造物	<p>① コンクリートの配筋位置が設計図書に示す通りであることを確認する。 ② コンクリートの強度が設計図書に示す通りであることを確認する。 ③ コンクリートのひび割れが設計図書に示す通りであることを確認する。 ④ コンクリートの表面状態が設計図書に示す通りであることを確認する。 ⑤ コンクリートの養生状態が設計図書に示す通りであることを確認する。 ⑥ コンクリートの保護状態が設計図書に示す通りであることを確認する。 ⑦ コンクリートの補修状態が設計図書に示す通りであることを確認する。 ⑧ コンクリートの劣化状態が設計図書に示す通りであることを確認する。 ⑨ コンクリートの耐久性が設計図書に示す通りであることを確認する。 ⑩ コンクリートの耐塩性試験結果が設計図書に示す通りであることを確認する。</p> <p><b>有害なクラックがない</b></p>																													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">検査項目</th> <th colspan="2">ばりばり検査</th> <th colspan="2">ばりばり検査</th> </tr> <tr> <th>割合</th> <th>割合</th> <th>割合</th> <th>割合</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10%以上20%未満</td> <td>a</td> <td>a'</td> <td>b</td> <td>b'</td> </tr> <tr> <td>20%以上35%未満</td> <td>a</td> <td>b</td> <td>b'</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>35%以上</td> <td>b</td> <td>c</td> <td>c</td> <td>c</td> </tr> </tbody> </table>		検査項目	ばりばり検査		ばりばり検査		割合	割合	割合	割合	10%以上20%未満	a	a'	b	b'	20%以上35%未満	a	b	b'	c	35%以上	b	c	c	c				
検査項目	ばりばり検査		ばりばり検査																												
	割合	割合	割合	割合																											
10%以上20%未満	a	a'	b	b'																											
20%以上35%未満	a	b	b'	c																											
35%以上	b	c	c	c																											
<p>注：試験結果の打ち点数等が10以上50未満の場合は、ばりばり検査項目(評価値)で評価する。</p>																															

### 竣工工事評点表

検査項目	細 目	a	b	b'	c	d	e																								
出来形及び出来状況	Ⅱ. 目視	<p>① 経年劣化、施工ミス等による経年劣化、その他設計図書に定められた試験</p> <p>② 経年劣化、施工ミス等による経年劣化、その他設計図書に定められた試験</p>																													
	コンクリート構造物	<p>① コンクリートの配筋位置が設計図書に示す通りであることを確認する。 ② コンクリートの強度が設計図書に示す通りであることを確認する。 ③ コンクリートのひび割れが設計図書に示す通りであることを確認する。 ④ コンクリートの表面状態が設計図書に示す通りであることを確認する。 ⑤ コンクリートの養生状態が設計図書に示す通りであることを確認する。 ⑥ コンクリートの保護状態が設計図書に示す通りであることを確認する。 ⑦ コンクリートの補修状態が設計図書に示す通りであることを確認する。 ⑧ コンクリートの劣化状態が設計図書に示す通りであることを確認する。 ⑨ コンクリートの耐久性が設計図書に示す通りであることを確認する。 ⑩ コンクリートの耐塩性試験結果が設計図書に示す通りであることを確認する。</p> <p><b>進行性又は有害なクラックが発生し、発生したクラックに対しては有識者等の意見に基づき処置を行っている C</b></p>																													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">検査項目</th> <th colspan="2">ばりばり検査</th> <th colspan="2">ばりばり検査</th> </tr> <tr> <th>割合</th> <th>割合</th> <th>割合</th> <th>割合</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10%以上20%未満</td> <td>a</td> <td>a'</td> <td>b</td> <td>b'</td> </tr> <tr> <td>20%以上35%未満</td> <td>a</td> <td>b</td> <td>b'</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>35%以上</td> <td>b</td> <td>c</td> <td>c</td> <td>c</td> </tr> </tbody> </table>		検査項目	ばりばり検査		ばりばり検査		割合	割合	割合	割合	10%以上20%未満	a	a'	b	b'	20%以上35%未満	a	b	b'	c	35%以上	b	c	c	c				
検査項目	ばりばり検査		ばりばり検査																												
	割合	割合	割合	割合																											
10%以上20%未満	a	a'	b	b'																											
20%以上35%未満	a	b	b'	c																											
35%以上	b	c	c	c																											
<p>注：試験結果の打ち点数等が10以上50未満の場合は、ばりばり検査項目(評価値)で評価する。</p>																															

### 検査項目別運用表 別紙4

### コンクリートのクラックについて

- (1)クラックが発生した構造物では「コンクリートのひび割れの調査、補修・補強指針に基づき、進行性または有害なクラックに該当するか否か調査する。
- (2)進行性または有害なクラックがある場合はd又はe評価とする。
- (3)進行性又は有害なクラックがある場合に、無処理の場合は状況に応じd又はe評価とする。

(\* 有害なクラックは0.2mm程度とする。但し、鉄筋の腐食環境が厳しく、コンクリートの耐久性に与える有害性が大きい場合には0.1mm程度とし、また、防水性に及ぼす有害性が大きい場合には0.05mm程度とする。)

コンクリートの初期欠陥やひび割れについて  
何が一番問題なのか？

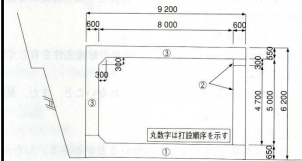
- 1)コンクリートの強度が下がるから
- 2)コンクリートが風化するから
- 3)エフロが流出するから
- 4)漏水するから
- 5)空気や水、塩化物などの劣化因子が入りやすくなるから

鉄筋が錆びるから

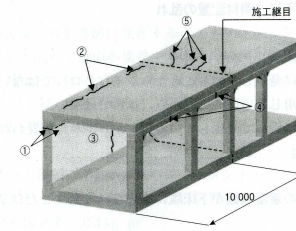
コンクリート  
構造体の耐荷力が低下

問題：下記のボックスカルバート(写真)の①～⑤までのひび割れ原因を選定せよ  
例：アルカリ骨材反応ひび割れ、乾燥収縮ひび割れ、沈下ひび割れ、温度ひび割れ、設計不足によるひび割れ、自己収縮ひび割れ、腐食ひび割れ、

ボックスカルバート標準断面図



図A 標準断面図



図B ロックシェッドに発生したひび割れ

表A ひび割れの調査結果

ひび割れ	①	②	③	④	⑤
部位	側壁	上床版	側壁	梁	上床版
方向	縦断方向	縦断方向	横断方向	横断方向	縦断方向
発生時期	脱型後	支保工解体後	材齢7日頃	材齢40日頃	材齢20日頃
幅	0.15 mm	0.2 mm	0.25 mm	0.05 mm	0.05 mm
深さ	50 mm	100 mm	貫通	20 mm	一部貫通
本数	1本	3本	1本	2本	3本
特徴	ブロックを通して断続的に発生	上ハンチの端部に沿って発生	長手方向の中央に発生	スパン中央に発生	打継目の新コンクリート側に発生

施工段階の初期欠陥・ひび割れの特徴

豆板(ジャンカ)、コールドジョイント、ひび割れなど

初期欠陥の種類

初期欠陥の箇所

初期欠陥の時期

有害か？  
進行性か？

施工上の問題か  
構造上の問題か

原因推定  
防止策  
事後対策

豆板 (ジャンカ)

### 豆板による劣化への影響

1. コンクリート強度が低下する。また、鉄筋との付着力が小さくなり、鉄筋構造物としての一体化が低下する。
2. 水、塩カル、その他劣化因子が入りやすくなる鉄筋構造物では、かぶり厚が少なくなるため、鉄筋がさびやすくなる。
3. コンクリート水密性が低下する。このため、貯水槽や沈殿槽などでは、水が漏れる。
4. 第三者影響が大きい。建物の壁などでは、景観上見た目が悪い。また、剥離剥落しやすくなる。高いところの構造物から、コンクリート破片が落ちてきて、人がけがをする。高速道路横過橋梁下に落下した場合には大事故に繋がる可能性がある。



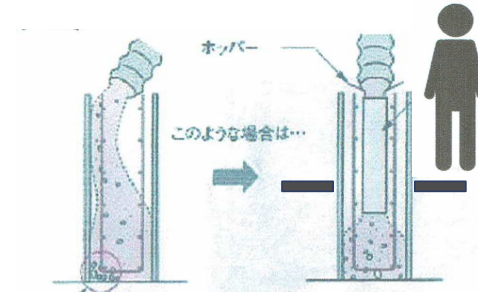
30

### 豆板: 材料分離のいくつかの例 原因: 落下高所からの打設

#### 【コンクリートの落下高所からの打設】

コンクリート落下高さが大きいと、落下速度が大きくなり材料分離する。

- ・仕様書では高さの差を1.5m以内としているが、できるだけ小さいほうが良い。型枠や鉄筋、底面に骨材がぶつかって豆板が生じやすい。



- ・丁寧な施工をするための前提として足場を設置することが重要

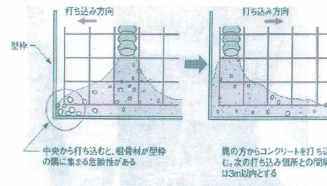
出典: 土木学会 施工性能にもとづくコンクリート配合設計施工指針(案) (一部加筆)



### 豆板: 材料分離のいくつかの例 原因: 打設方法が悪い

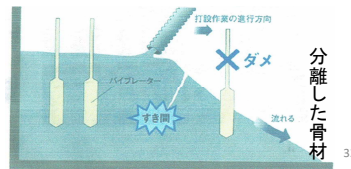
#### 【打設方向が悪い】

- ・荷下ろしを中央部にすると、コーナー部に粗骨材が残る。
- ・打ち込む時は、コーナーから打ち始める



#### 【バイブレーターによる横移動】

- ・バイブレーターでの横移動では、分離した材料を移動することは出来ない

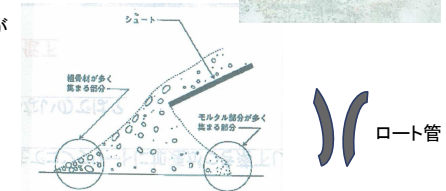


32

### 豆板(ジャンカ): 原因 材料分離のいくつかの例

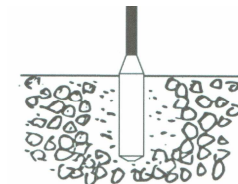
#### 【長いシュートでの打ち込み】

- ・流れやすい傾斜下部に粗骨材が集まる
- ・シュートから面までの距離を小さくする
- シュートと打設面の間に保護管(ロート)を設置する



#### 【過度なバイブレーター稼働】

- ・仕様書に基づいた稼働時間1か所10秒程度まで



33



## 豆板(ジャンカ): 原因 材料分離のいくつかの例



### 過密鉄筋と粗骨材寸法

鉄筋間隔のあき: 鉄筋径以上、粗骨材最大寸法の4/3以上のあきを確保



- ①配筋修正、ねじ鉄筋の採用
- ②粗骨材を小さくしたコンクリート

34

## 豆板補修



1. 削孔調査などによって、表面的な豆板が調査する。表面的な豆板なら、モルタル処理を行う。

2. 深部まで豆板が発生している場合は、一部、又は全面的な打ち直しをする。

3. 施工後、必要ならば、吸水試験、通風試験などによって、水密性や一体性を確認する。

4. 供用中の補修の場合には、ジャンカ部周辺の中性化や鉄筋のさびに注意して施工する。中性化部は除去、鉄筋腐食に配慮する。

35

## コールドジョイント

## コールドジョイント

原因【打ち重ね時間が大きすぎる】

- ・打ち回しできる適切な打設体制の確保
- ・コンクリート供給が途切れないように生コン台車計画を立てる
- ・適切な打設、締固め人数を確保
- ・打ち重ね前のブリージングの除去
- ・打ち重ね時間基本2時間以内  
夏場はさらに短くする。出来ない場合は遅延剤で対応



37

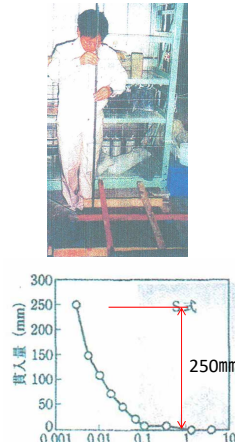
## 打ち重ね時間の設定

【打ち重ね時間は、プロクター貫入試験値で調査する。】

・凝結前(貫入値P 0.01~0.1N/mm<sup>2</sup>)  
や凝結始発値P 3.5N/mm<sup>2</sup>までの  
広い範囲が検討されている。

・打ち重ね部のコンクリート強度や耐久性を考慮して、ここでは、貫入量P値を0.01~0.1N/mm<sup>2</sup>と設定する。

・具体的な調査方法 D13×1.5m鉄筋質量1.4kgの異形鉄筋が自重で250mm沈下した時間を採用(S式貫入試験)



出典: 打ち重ね部の一体評価  
中央研究所 岡沢 智 菅俣 匠<sup>36</sup>

## コールドジョイント補修

1. コールドジョイント部の状況を把握して表面モルタル処理、ジョイント部の打ち直しを行う。

2. 目視、コア抜き、弾性波などでジョイント部の密実性や空隙状況を確認する。

3. 補修部をUカットあるいはVカットしてポリマーセメントなどで補修する。

4. ジョイント部の確実な施工確認のため、弾性波透水試験などを行う。

5. 供用中の補修の場合には、ジョイント部周辺の中性化や鉄筋のさびに注意して施工する。中性化部は除去、鉄筋腐食に配慮する。



## ひび割れ

## 施工段階のひび割れ分類

施工段階の  
ひび割れ  
(構造上のひび割れを除く)

プラスチック  
ひび割れ

硬化後  
ひび割れ

☆温度ひび割れ  
(内部拘束、外部拘束)

乾燥ひび割れ

自己収縮ひび割れ

### コンクリートひび割れの色々

#### 施工段階～供用中まで

セメントの異常凝結    セメントの水和熱    骨材中の泥分

風化岩や低品質な骨材    アルカリ骨材反応    鉄筋

(c) コンクリートの材料的性質に関するもの

混和材の不均一な分散    長時間の練混ぜ    急速な打込み

不十分な締固め    不適当な打継ぎ処理

型枠のはらみ    支保の沈下

(d) コンクリートの製造、施工に関するもの

42

せん断    曲げせん断

荷重    地震

外側    内側    柱    壁    柱

断面・鉄筋量不足    構造物の不等(同)沈下

(a) 荷重に関するもの

凍結融解の繰返し

環境温度・湿度の変化

酸・塩類の化学作用

火災・表面加熱    中性化による内部鉄筋の錆

(b) 外的要因に関するもの

43

ジャンカ    コールドジョイント    プラスチックひび割れ

プラスチック沈下ひび割れ

44

初期欠陥・ひび割れがコンクリート施工中に起こるが施工の問題ではない場合もある

例)

- セメント異常凝結→局所ひび割れ
  - …セメント製造上の問題
- 骨材泥分過多、泥分凝縮→局所ひび割れ
- 人工骨材、低品質骨材→ポップアウト、練混中に骨材割れに伴う症状
  - …骨材の異常吸水 割れ

45

### プラスチックひび割れ 乾燥収縮ひび割れ

これらのひび割れは深さが浅く亀甲状に発生することが多い。

●乾燥収縮ひび割れの原因となる水の蒸発を防ぐ  
【水の蒸発が乾燥収縮の原因】

【水ガラス系材料を塗布する】  
または

46

### 施工段階の初期欠陥・ひび割れ発生時期 総括表

代表的な初期欠陥・ひび割れの発生時期(コンクリート)

ひび割れの分類	プラスチックな段階	硬化後の段階						影響時
	～打設完了	～1日	～数日	～数週間	～数ヶ月	～1年	～数年以降	
プラスチックひび割れ	ジャンカ、あばた、砂すじ							
	コールドジョイント							
	プラスチック沈下ひび割れ							
	プラスチック収縮ひび割れ							
	その他							
収縮ひび割れ(マスコン、早強セメント、単位セメント量大きい場合)	温度ひび割れ(内部拘束)							
	温度ひび割れ(外部拘束)							
	乾燥収縮ひび割れ 自己収縮ひび割れ							
				施工段階におけるひび割れ				供用段階におけるひび割れ

47

### 代表的なひび割れの発生箇所と防止対策 集計表

ひび割れの分類	原因	主な発生箇所	防止対策
プラスチックひび割れ	ジャンカ、あばた、砂すじ	高落差打設、横移動、不十分な締固	側面等 十分な締固
	コールドジョイント	打重の締固不十分	打重部等
	プラスチック沈下ひび割れ	鉄筋、セバなどによる沈下拘束、打込速度早い	T桁首部、ボックス首部、上ハンチ首部、スラブ鉄筋上等
	プラスチック収縮ひび割れ	ブリージングより大きい水分の蒸発	スラブ上面等
	その他	支保工沈下、型枠変形	橋脚袖部、よう壁等
収縮ひび割れ(マスコン、早強セメント、単位セメント量大きい場合)	温度ひび割れ(内部拘束)	断面温度が一樣でない	ダムコン等 クーリング、発熱低減
	温度ひび割れ(外部拘束)	温度降下後の収縮拘束	大断面打継部や杭上部の橋脚・橋台、貫通している場合も多い
	乾燥収縮ひび割れ	水分が乾燥により逸散	比表面積の大きい部材表面パラペット、壁高欄、ひさし、貫通はしていない
	自己収縮ひび割れ	過度な自己収縮	高強度コンクリート、低水セメント部 クーリング、発熱低減

48

### プラスチック収縮ひび割れ・乾燥収縮ひび割れ対策

[養生]

○打込み後一定期間  
適正な温度管理で十分な湿潤状態に保つ

○標準養生期間

●乾燥収縮ひび割れの原因となる水の蒸発を防ぐ  
【水の蒸発が乾燥収縮の原因】

【水ガラス系材料を塗布する】  
または

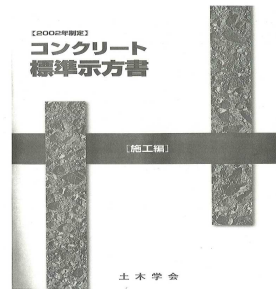
2~3 cm

49

豆板、あばた、砂すじ、コールドジョイント対策

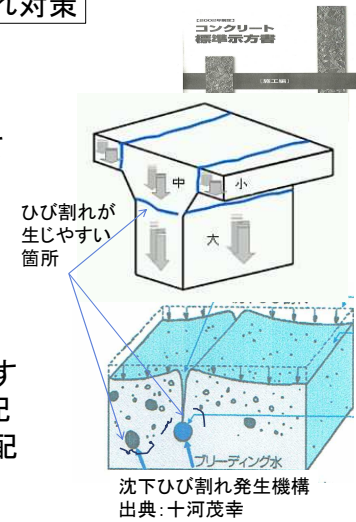
[打込み]

- 連続して打ち込まなければならない
- 許容打ち重ね時間
- 1層の高さ40~50 cmでバイブレータをかける
- 下層に10cm挿入



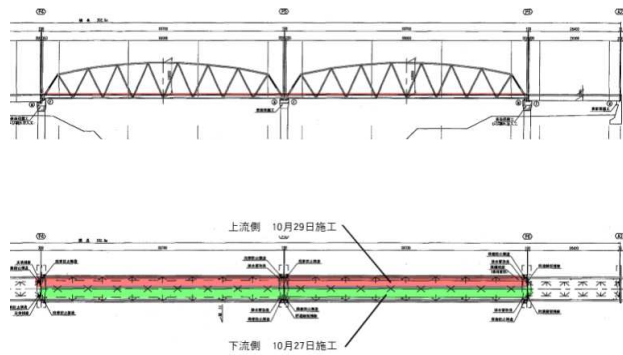
プラスチック沈下ひび割れ対策

- 適切な速度の打設
- 壁または柱のコンクリート沈下がほぼ終了してから、スラブまたははりを打ち込む(練り混ぜから1~2時間)
- タンピングや再振動
- ブリージングを少なくする。単位水量の少ない配合。細骨材粒度の良い配合



沈下ひび割れ発生機構  
出典: 十河茂幸

橋梁 上面増厚コンクリート施工におけるひび割れ事例

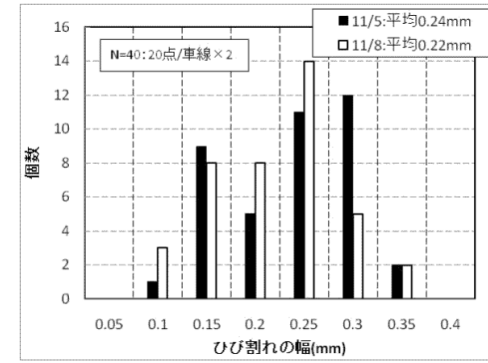


### ひび割れ写真

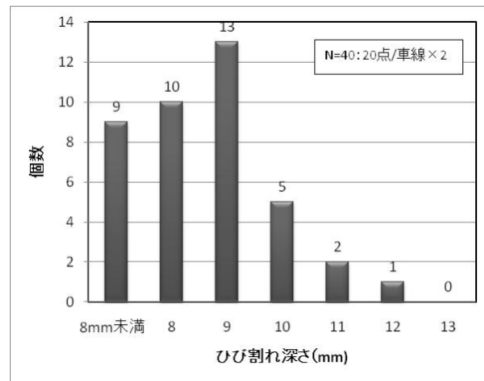


54

### ひび割れ幅

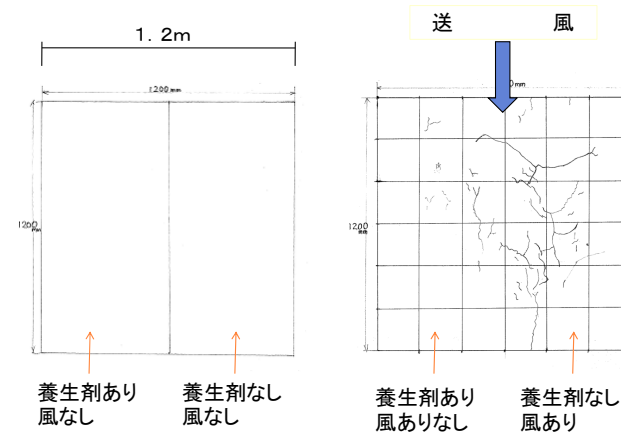


55



56

### 風によるひび割れ実験



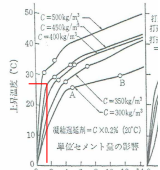
57

### 超速硬コンクリート

気温 15°C  
 コンクリート温度40°C  
 で計算すると  
 ほぼ無風でも、コンクリート水分  
 蒸発量が1.0ℓ/m<sup>2</sup>/hを超えると  
 ひび割れが発生する可能性が高い

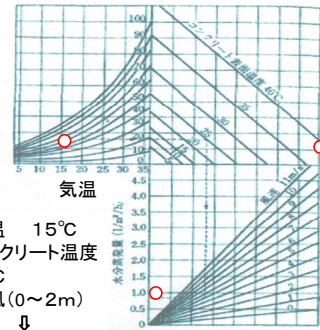
超速硬コンクリートでは、練り混ぜ後  
 ほぼ1時間内に40°C~60°Cに達し、  
 プリージング水がほぼ発生しないため、  
 ひび割れが発生したと思われる。

スーパージェット  
 コンクリート配合  
 単位セメント400kg  
 スランプ 12cm  
 W/C 37.5



出典:大塩明

フレッシュコンクリートからの水分  
 蒸発量の計算図表



気温 15°C  
 コンクリート温度  
 40°C  
 無風 (0~2m)  
 ↓  
 水分蒸発量1.0

### [ひび割れ原因]

養生初期のコンクリート表面の急速な乾燥収縮  
 (プラスチックひび割れ)

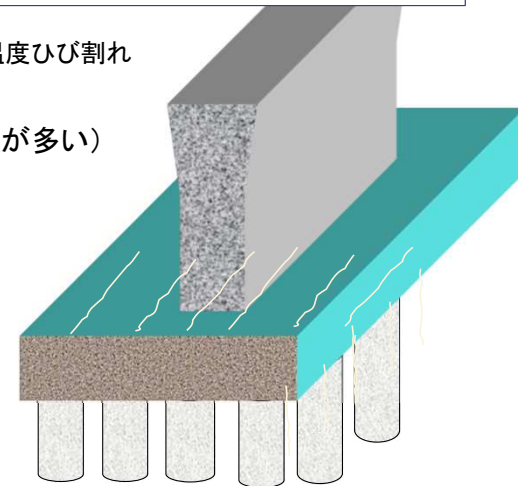
日々の気象状況から、ひび割れが発生した施工  
 日の風速が大きかったため、養生初期の急速な  
 乾燥収縮がひび割れ発生につながった可能性が  
 考えられる。

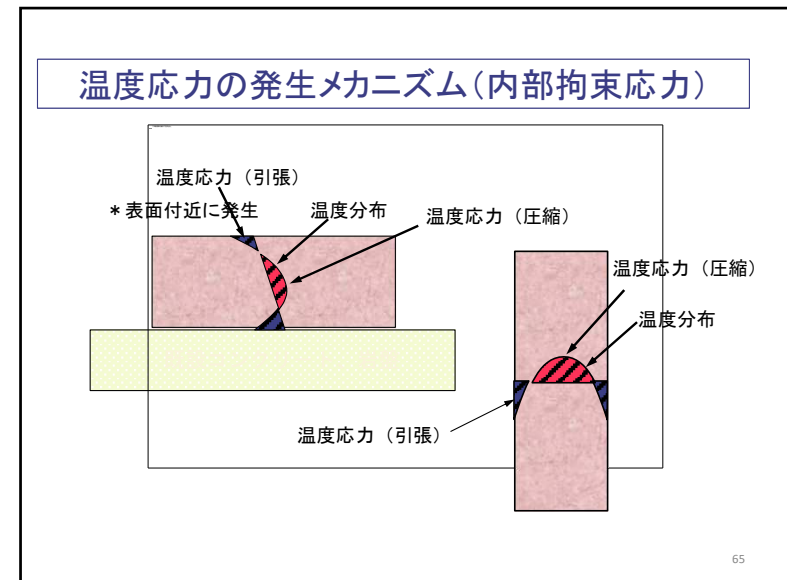
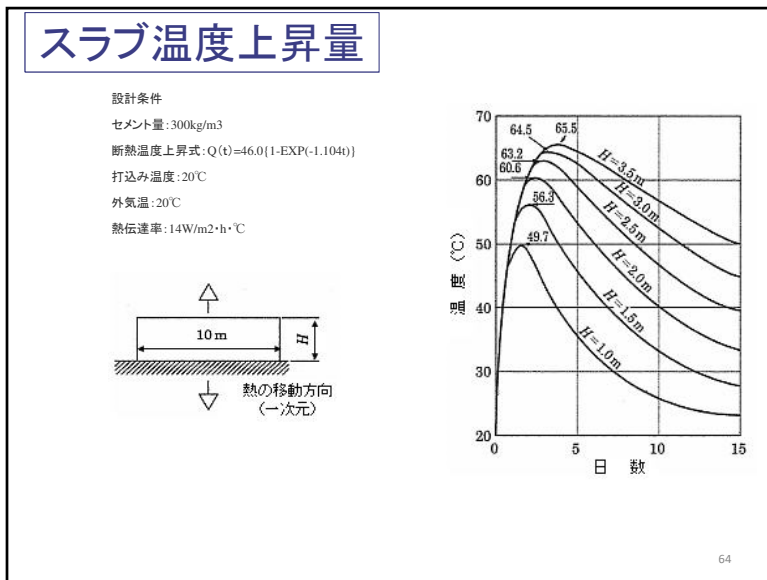
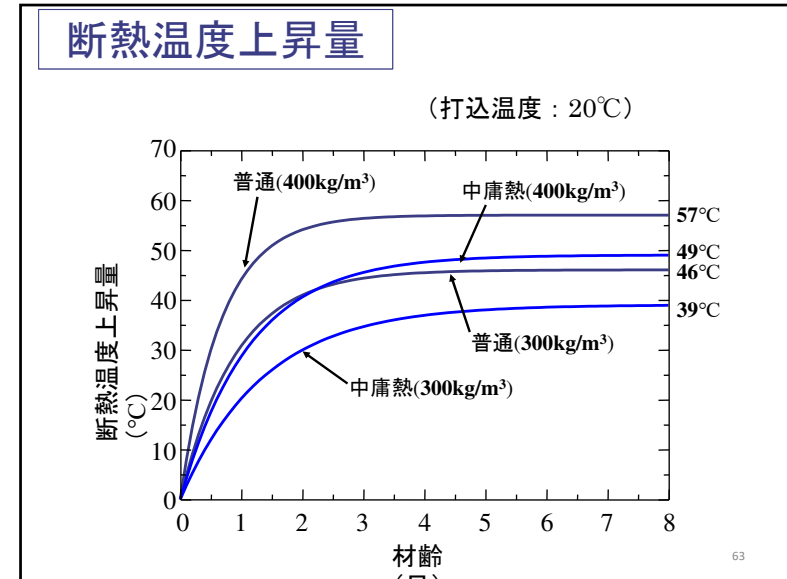
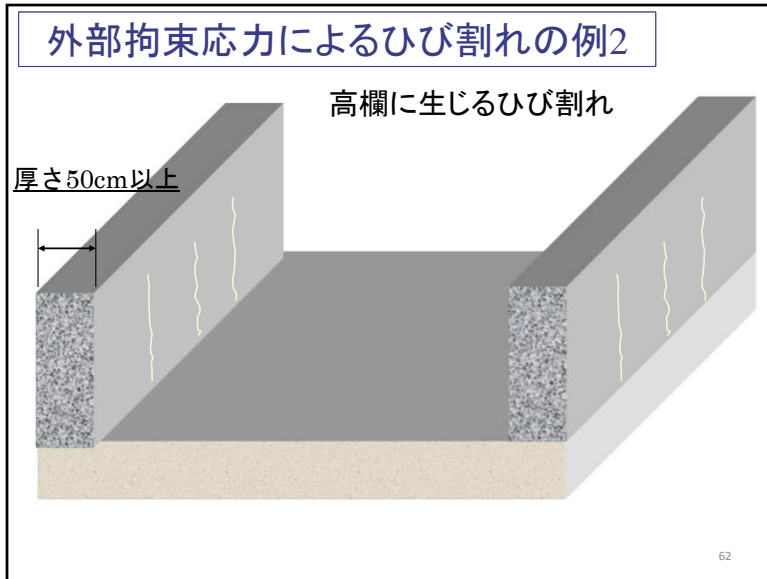
### 温度ひび割れ

### 外部拘束応力によるひび割れの例1

橋脚に生じる温度ひび割れ

(貫通の例が多い)







### 温度応力の発生メカニズム(外部拘束応力)

既設コンクリート、岩盤

拘束がない場合 → 自由に変形し、ひび割れを生じない。  
(点線は温度降下後の自由変形)

\* 貫通する場合が多い

既設コンクリート、岩盤

→ ひび割れを生じる。  
(点線は温度降下後の拘束された変形)

66

### 温度上昇・下降におけるひび割れと基本的対策

最高温度

最高温度上昇・下げる

温度下降をゆっくりさせる(徐冷)

- 1) 外気温が低く表面と内部温度傾きが大きい場合には保温型枠を使用
- 2) 脱型時期を遅らせる
- 3) 脱型してからビニールなどで覆い、急激な温度変化やコンクリート表面の水分蒸発を防ぐ(秋のさわやかな乾燥した気候時に起こることも多い)

67

### マスコンクリートの温度解析

有限要素法による非定常熱伝導解析

温度解析に必要な熱特性値

- ・ コンクリートの発熱特性
- ・ 熱伝導率
- ・ 熱伝達率
- ・ 比熱・密度
- ・ 外気温、打込み温度

68

### マスコンクリートの応力解析

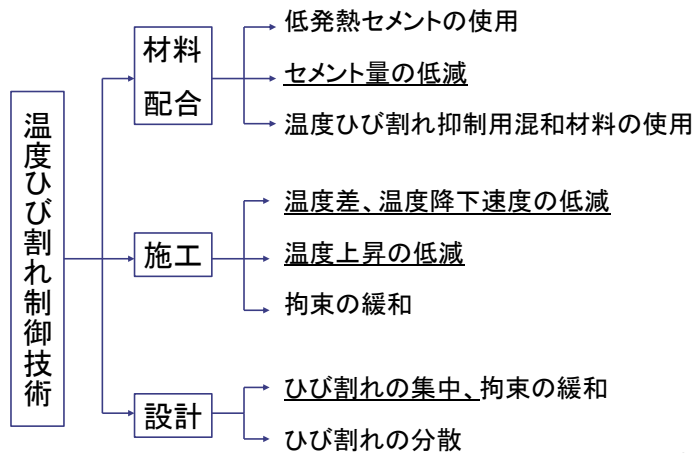
CL法、CP法      有限要素法

応力解析に必要な熱特性値

- ・ 熱膨張係数
- ・ 圧縮強度、引張強度
- ・ ヤング係数
- ・ クリープ特性
- ・ 外部拘束係数、外部拘束度

69

## 温度ひび割れ一般的制御技術



70

## 温度ひび割れ施工段階の留意点

(実施例)

## (1)打込み

- ・コンクリートは厚くなるほど内部の水和熱が高くなる。砂防堰堤などはハーフ打ちなど適切に区画分けする。
- ・旧コンクリートの拘束を小さくするため、新旧コンクリートの打込み時間間隔をあまり長くとは避ける。(旧コンクリートとの温度差を小さくする)

## (2)養生

- ・骨材を冷やす。粗骨材を河川水などで冷やしてから練り上げる。
- ・パイプクーリングを行う時は打設後速やかに冷却水を通して温度上昇を防ぐ。
- ・散水を行い温度上昇を防ぐ。
- ・温度計を打ち込み温度変化を監視する。
- ・温度上昇のピークを過ぎた後はゆっくりと冷却させる。内部と外部の温度差を小さく、コンクリートの外部側の急激な温度低下を防止、保温養生を行うこと。

71



(吉田徳次郎博士 1888～1960 東京帝国大教授 談)

・一般的な施工方法よりも余計にお金と時間がかかるひび割れのない耐久的なコンクリートの作り方がもう一度見直される必要がありはしないか

・よいコンクリートもセメント・水・骨材を混ぜ合わせたもの

・悪いコンクリートもセメント・水・骨材を混ぜ合わせたもの

・両者の差はコンクリートの知識と施工についての正直親切の程度の差からおこるのである

・よって、良いコンクリートを作るには、セメント・水・骨材の他に「知識と正直親切」を加えなければならないことになる

72

## ボックスカルバート(写真)の①～⑤までのひび割れ原因(回答例)

- ①沈下ひび割れ、
- ②設計不適切(鉄筋量不足)によるひび割れ
- ③温度ひび割れ
- ④乾燥収縮ひび割れ、
- ⑤乾燥収縮ひび割れ、温度ひび割れ