

# 温度ひび割れ制御対策の手引き（案）

## （試行段階）

本手引き（案）を活用した試行工事を実施し、有効性を確認した上で本格運用とする。

中国地方整備局 中国技術事務所

令和5年3月

## はじめに（案）

国民生活やあらゆる社会経済活動は、インフラによって支えられています。これらのインフラのうち、高度成長期以降に集中的に整備されたインフラが今後一斉に高齢化することが懸念されています。近年では、緊急的に整備された箇所や、立地環境の厳しい場所などにおいて、一部の施設で老朽化による変状が散見はじめており、今後も老朽化が進んでいく状況にあります。中国地方においてもこの傾向が見られており、コンクリート構造物の損傷として「ひび割れ」、「かぶりコンクリートの剥離・鉄筋露出」等が多く見られています。

これらインフラの大半を占めるコンクリート構造物は、設計、材料、施工、維持管理（巡回・巡視）の建設プロセスにより構築されています。損傷の要因は、特定の建設プロセスに限定したのではなく、設計、材料、施工、維持管理（巡回・巡視）までの一連の建設プロセスの中で複合的に関与しているものと考えられます。このため、今後、コンクリート構造物を新設する場合は、損傷要因から抽出した課題を解決し、コンクリート構造物の品質を確保・向上させることにより、長寿命化を図ることが必要です。

こうした課題を解決するために、中国技術事務所では、平成26年度に設計、材料、施工、維持管理（巡回・巡視）の各建設プロセスの専門家で構成するアドバイザーから意見を伺い、設計、材料、施工、維持管理（巡回・巡視）までの個別かつ一連の建設プロセスを包括した統合的な技術的ポイント『コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き（案）（H27.3）（以下、「品質確保の手引き（案）」という）』を作成しました。

その後、「品質確保の手引き（案）」作成から数年が経過し、コンクリート構造物を取り巻く環境は刻々と変化し、基準類の変更等、作成当時と不整合な箇所がでてきたことから、「品質確保の手引き（案）」を令和4年度に改訂しました。改訂内容としては、既往のコンクリート構造物の品質確保に関するデータ収集・分析や追跡調査結果から、かぶりコンクリートの品質確保に有効な現場取組みを整理し、実証実験により有効性の認められた取組みやかぶりコンクリートの品質確認方法を新たに追加しております。

令和5年度には、比較的規模の大きいコンクリート構造物を施工する際に発生する温度ひび割れについて、第1章に示す中国地整の課題を鑑み、コンクリート関連の専門家で構成する『コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き（案）改訂検討アドバイザー会議』より意見を伺い、設計時・施工時の温度ひび割れ制御対策における各担当者の役割、技術的留意点をとりまとめ、「温度ひび割れ制御対策の手引き（案）（R5.3）（以下、手引き（案）」を作成しました。「手引き（案）」の作成にあたっては、既存の資料（基準・指針、他地整・自治体の手引き等）の収集・整理および中国地整の温度ひび割れ対策に関する実態分析（直轄工事における設計・施工実態データの資料収集整理と現地調査）を行いました。

今回作成した「手引き（案）」を広く周知・普及させ、設計・施工段階に関わる技術者が本手引き（案）を十分理解し、責任を持って温度ひび割れ対策の検討を実施するとともに、発注者の温度ひび割れに対する意識や技術力の向上を促すことで、新設コンクリート構造物の品質確保・向上ひいては長寿命化につながることを期待します。

なお、本手引き（案）は、「品質確保の手引き（案）」の別冊資料です。

温度ひび割れ制御対策の手引き（案）の全体構成

第1章 総則

第2章 温度ひび割れの発生メカニズムと制御対策

2.1. 温度ひび割れの発生メカニズム

2.2. 温度ひび割れの制御対策

第3章 設計の発注段階



設計の発注者

- 3.1. 設計の発注者の役割
- 3.2. 設計の発注段階の検討事項
  - 3.2.1. 手引き(案)活用の要否確認
  - 3.2.2. 発注仕様の検討

設計の発注

第4章 設計段階



設計の発注者 設計者

- 4.1. 設計の発注者および設計者の役割
- 4.2. 設計段階の検討事項
  - 4.2.1. 温度ひび割れの照査
  - 4.2.2. 温度ひび割れ制御対策の検討

成果とりまとめ

- 4.3. 温度ひび割れ制御対策・留意事項の申送り

温度ひび割れ照査・対策の効果検証に活用

第5章 施工の発注段階



施工の発注者

- 5.1. 施工の発注者の役割
- 5.2. 施工の発注段階の検討事項
  - 5.2.1. 設計成果の確認
  - 5.2.2. 施工条件の確認

施工の発注

第6章 施工段階



施工の発注者 施工者

- 6.1. 施工の発注者および施工者の役割
- 6.2. 施工段階の検討事項
  - 6.2.1. 三者会議
  - 6.2.2. 温度ひび割れの照査
  - 6.2.3. 温度ひび割れ制御対策の検討
  - 6.2.4. 施工計画への反映
  - ↓ 施工
  - 6.2.5. 施工の実施
  - 6.2.6. 施工の記録
  - ↓ 施工後
  - 6.2.7. 温度ひび割れの発生状況の記録
  - 6.2.8. 温度ひび割れの措置

伝達・確認

温度ひび割れ制御

## 用語の定義

### 要求性能：

用途、目的および機能に応じて構造物に求められる性能。<sup>1)</sup> p.3

### 照査：

制御目標が達成されるか否かを判定する行為。<sup>1)</sup> p.3

### 耐久性：

構造物が設計耐用期間にわたり安全性、使用性、および復旧性を保持する性能。<sup>3)</sup> p.5

### マスコンクリート：

部材あるいは構造物の寸法が大きく、セメントの水和熱による温度の上昇の影響を考慮して設計・施工しなければならないコンクリートあるいはコンクリート構造物。<sup>12)</sup> p.6

### 温度ひび割れ：

セメントの水和発熱および自己収縮に伴うコンクリートの体積変化が拘束されるために発生する温度応力により引き起こされるひび割れ。<sup>1)</sup> p.2

### 温度ひび割れ制御：

ひび割れの発生、または発生するひび割れの幅を制御すること。<sup>1)</sup> p.3

### 温度応力：

セメントの水和発熱および自己収縮に伴うコンクリートの体積変化が拘束されるために部材内に生じる圧縮応力、または引張応力。<sup>1)</sup> p.3

### 温度ひび割れ幅：

セメントの水和発熱と自己収縮により生じたコンクリート表面におけるひび割れ方向に直交するひび割れの最大値。<sup>1)</sup> p.3

### 温度ひび割れ幅の限界値：

構造物の機能および耐久性上、有害とされない温度ひび割れ幅の限界値。<sup>1)</sup> p.3

### 温度ひび割れ指数：

コンクリートに生じる引張の温度応力に対するコンクリートの割裂引張強度の比。<sup>1)</sup> p.3

### 温度ひび割れ発生確率：

温度ひび割れの発生の可能性を表す数値。<sup>1)</sup> p.3

### 混和材料：

セメント、水、骨材以外の材料で、コンクリート等に特別の性質を与えるために、打込みを行う前までに必要に応じて加える材料。<sup>12)</sup> p.3

### 混和材：

混和材料の中で、使用量が比較的多く、それ自体の容積がコンクリートの練上がり容積に算入されるもの。<sup>12)</sup> p.4

**混和剤：**

混和材料の中で、使用量が少なく、それ自体の容積がコンクリートの練上がり容積に算入されないもの。<sup>12)</sup> p.4

**三者会議：**

工事着手前に、当該工事の施工者、設計者（コンサルタント等）ならびに発注者が参加して、設計図と現場の整合性の確認、設計意図の伝達および施工計画の妥当性の検証等を行う場。<sup>7)</sup> p.1-14

**協議：**

工事（もしくは業務）の発注者と工事（もしくは業務）の請負者（受託者）が対等な立場で合議し、結論を得ること。<sup>7)</sup> p.1-14

**山口県データベース：**

山口県において、コンクリートの品質確保のための有効な検証資料として活用することを目的として、コンクリート施工記録を統一した様式で作成し、データを蓄積したもの。

本手引き（案）では、「山口 DB」という。

**九州地整の簡易推定資料：**

九州地方整備局において、一般的な構造や各種の設計・施工条件を想定・設定し、ひび割れ指数の算出結果を図表化した簡易な推定資料。

本手引き（案）では、「九州簡易推定資料」という。

# 温度ひび割れ制御対策の手引き（案）

## <目次>

第 1 章	総則	1
1.1.	手引き（案）の目的・位置付け	1
1.2.	適用範囲	3
1.3.	各段階の概要および担当者	4
第 2 章	温度ひび割れの発生メカニズムと制御対策	5
2.1.	温度ひび割れの発生メカニズム	5
2.1.1.	はじめに	5
2.1.2.	温度ひび割れの発生メカニズム	5
2.2.	温度ひび割れの制御対策	7
2.2.1.	コンクリートの体積変化を制御する方法	8
2.2.2.	外部拘束度を低減する方法	13
2.2.3.	温度ひび割れ幅を制御する方法	14
第 3 章	設計の発注段階	15
3.1.	設計発注段階の発注者の役割	15
3.2.	設計の発注段階の検討事項	15
3.2.1.	手引き（案）活用の要否確認	15
3.2.2.	発注仕様の検討	15
第 4 章	設計段階	16
4.1.	設計の発注者および設計者の役割	16
4.2.	設計段階の検討事項	17
4.2.1.	温度ひび割れの照査	17
4.2.2.	温度ひび割れ制御対策の検討	20
4.3.	温度ひび割れ制御対策・留意事項の送付	25
第 5 章	施工の発注段階	26
5.1.	施工の発注者の役割	26
5.2.	施工の発注段階の検討事項	26
5.2.1.	設計成果の確認	26
5.2.2.	施工条件の確認	27
第 6 章	施工段階	28
6.1.	施工の発注者および施工者の役割	28
6.2.	施工段階の検討事項	29
6.2.1.	三者会議	29
6.2.2.	温度ひび割れの照査	30
6.2.3.	温度ひび割れ制御対策の検討	31
6.2.4.	施工計画への反映	31
6.2.5.	施工の実施	32

6.2.6.	施工の記録 .....	33
6.2.7.	温度ひび割れの発生状況の記録 .....	34
6.2.8.	温度ひび割れの措置 .....	34
【参考文献】	.....	35

【巻末資料】

1. 中国地方の課題
2. コンクリート施工記録の様式
3. 山口 DB を活用した実績による照査
4. 九州地方整備局の簡易推定資料による照査
5. 温度応力解析例
6. 温度ひび割れに関する事例

【参考文献】

# 第1章 総則

## 1.1. 手引き（案）の目的・位置付け

「温度ひび割れ制御対策の手引き（案）」（以下、「手引き（案）」という。）は、比較的規模の大きいコンクリート構造物を施工する際に発生する温度ひび割れを制御することを目的に、設計・施工段階で各担当者が担う役割や照査方法・対策内容等を示したものである。なお、本手引き（案）は、設計・施工段階での温度ひび割れ制御対策検討における技術的参考資料の位置付けである。

※今後の見通し

本手引き（案）を活用した試行工事を実施し、有効性を確認した上で本格運用とする。

## 解説

中国地方における橋梁下部工のひび割れの要因は、温度応力を含む設計・施工に起因するものが多い。設計段階で温度ひび割れ照査や対策の検討を行っている場合は少なく、設計段階で照査していないコンクリート構造物で、温度ひび割れが発生している事例がある（図 1.1）。温度ひび割れ対策を実施していても、検討が不十分で温度ひび割れが発生している事例もある。また、温度ひび割れ対策の検討・実施は、施工者負担で温度応力解析と解析に基づく対策の実施を行っている場合が多く、施工者へ（金銭的な）負担が偏っている。

以上の課題をふまえ、比較的規模の大きいコンクリート構造物を施工する際に発生する温度ひび割れを制御するためには、各段階において各関係者が協働して取り組み、責任感を持って各々の役割を果たすことが求められる。特に、発注者は、コンクリート構造物の品質確保・向上における設計と施工をつなげる役割もあることから、温度ひび割れに対する意識や技術力を向上させる必要がある。

本手引き（案）では、温度ひび割れに関する設計段階および施工段階で各担当者が担う役割や照査方法、対策内容等を分かりやすく示した。設計・施工段階に関わる技術者が本手引き（案）を十分理解し、責任を持って温度ひび割れ対策の検討を実施することが望ましい。



図 1.1 設計段階で照査しなかったコンクリート構造物のひび割れ発生事例

<位置付け>

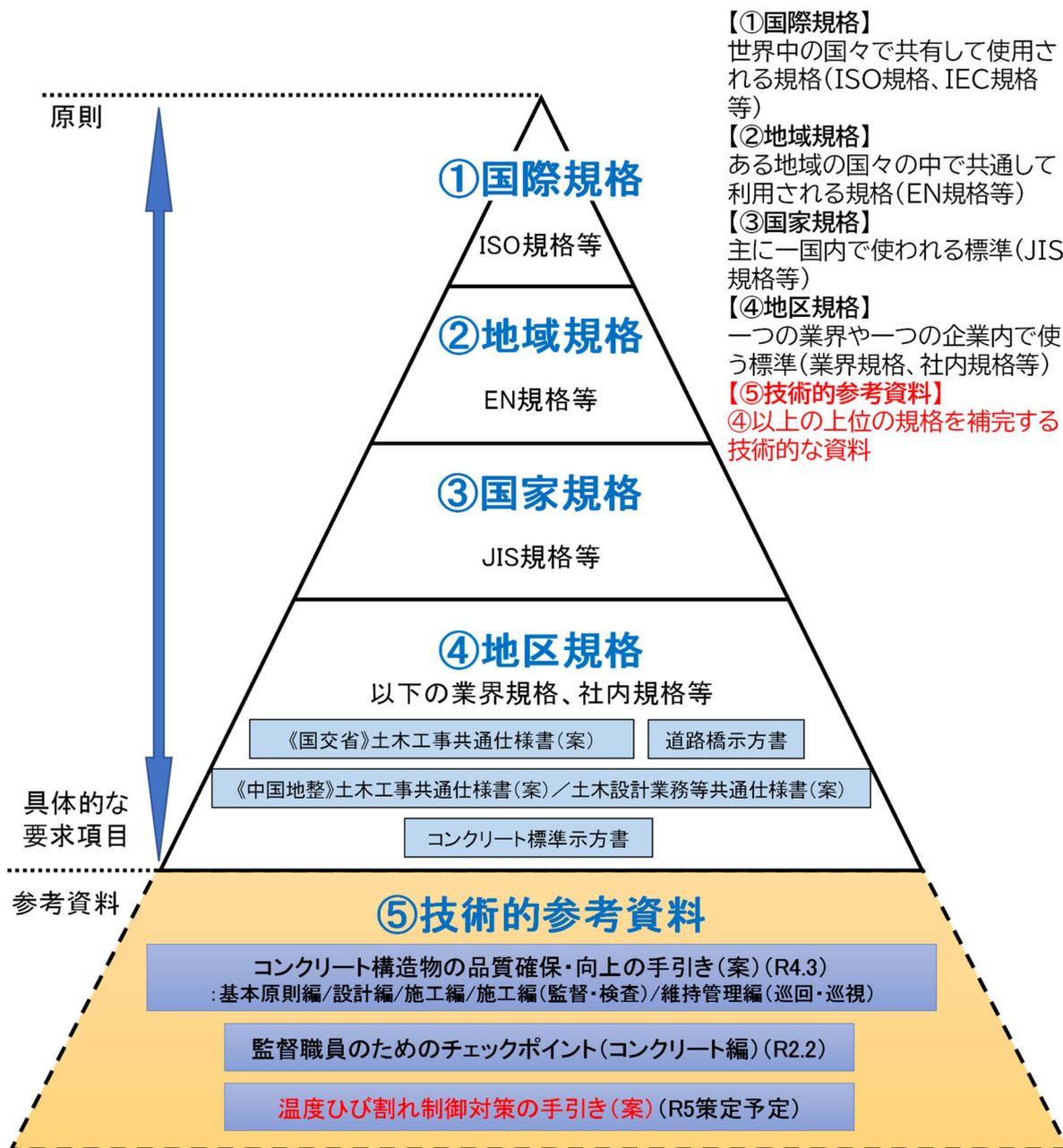


図 1.2 手引き(案)の位置付け

## 1.2. 適用範囲

本手引き（案）は、現場打ちの新設コンクリート構造物（鉄筋コンクリート構造物、無筋コンクリート構造物）のうち、【重要構造物】かつ【マスコンクリートとして取り扱うべき部材寸法の構造物】に適用する。

### 解説

本手引き（案）では、「【事務連絡】土木コンクリート構造物の品質確保について」で対象工種に挙げられている鉄筋コンクリート構造物および水密性を要する無筋コンクリート構造物（鋼材の腐食や漏水等により耐久性に大きな影響を受ける構造物）と砂防堰堤を対象とする。ただし、プレストレストコンクリートや舗装、ダムなどの特殊なコンクリート構造物は対象外とする。

#### 【重要構造物】

- ① 高さ5 m以上の鉄筋コンクリート擁壁
- ② 内空断面積 $2.5\text{ m}^2$ 以上の鉄筋コンクリートカルバート類
- ③ 橋梁上・下部工
- ④ 高さが3 m以上の堰・水門・樋門
- ⑤ 砂防堰堤
- ⑥ その他監督職員が必要と認めた構造物

また、一度に打ち込むコンクリートの体積が大きく温度上昇が大きい下記の部材については、マスコンクリートとして扱うことが望ましい。

#### 【マスコンクリートとして取り扱うべき部材寸法】

- ① 広がりのあるスラブ状の部材で、厚さが80 cm以上のもの  
(例：橋脚のフーチング、水門・樋管の底版、ボックスカルバートの底版)
- ② 下端が拘束された壁状の部材で、厚さが50 cm以上のもの  
(例：橋台やBOXの側壁)
- ③ 比較的断面が大きく柱状で、短辺が80 cm以上の部材で、施工上水平打継目が設けられる構造物  
(例：橋脚の柱部)

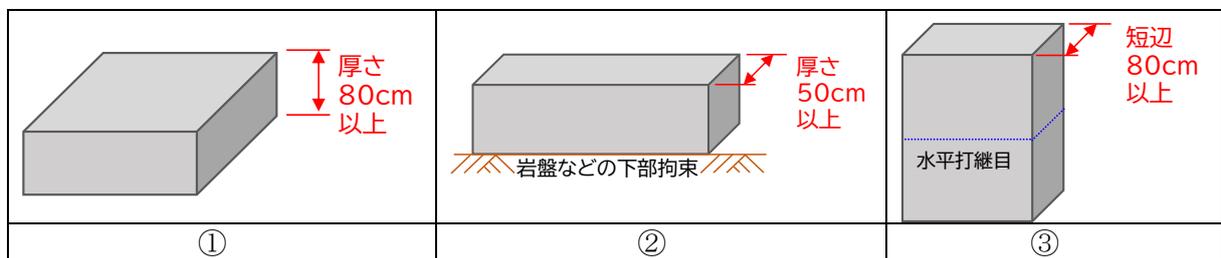


図 1.3 マスコンクリートとして取り扱うべき部材の例

### 1.3. 各段階の概要および担当者

設計段階および施工段階の担当者は、温度ひび割れの発生が懸念される場合には、協働して以下を取り組み、それぞれが、なすべき役割と責任を果たす。

#### <設計段階>

設計段階では、発注者と設計者が本手引き（案）に基づいて協議・検討を行い、適切な温度ひび割れ制御対策を設計成果に示す。また、発注者は、設計者がとりまとめた温度ひび割れ制御対策の検討結果（設計成果）を、確実に施工段階に引き継ぐ。

#### <施工段階>

施工段階では、発注者と施工者が、施工条件に照らし合わせて、施工段階での再照査の必要性を判断する。施工時においては、基本事項を遵守したうえで、温度ひび割れ制御対策を確実に実施する。

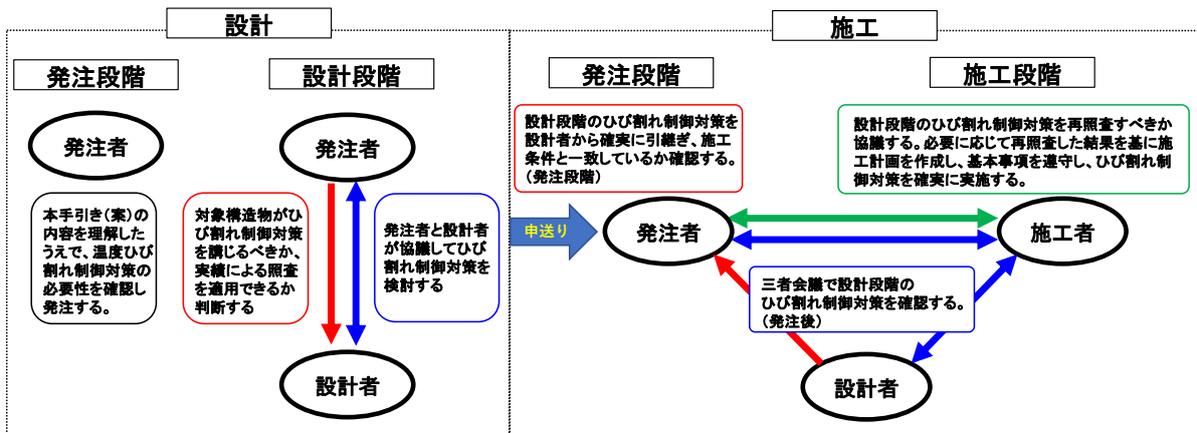


図 1.4 各段階の概要および担当者の役割

### 解説

有害な温度ひび割れ発生を防ぐためには、施工者による適切な施工だけでなく、設計段階および施工段階において、関係者（発注者、設計者、施工者）が「コンクリート構造物の温度ひび割れ制御」という目的を共有し、各々の役割と責任を果たし、協働して取り組むことが重要である。また、発注者は、関係者の中で唯一全ての段階に関係しており、各段階における関係者間の連携や情報共有の中心となるべき立場にあるといえる。本章では、各段階において各関係者がコンクリート構造物の温度ひび割れ制御のために取り組む概念図を示した（図 1.4）。

## 第2章 温度ひび割れの発生メカニズムと制御対策

### 2.1. 温度ひび割れの発生メカニズム

#### 2.1.1. はじめに

コンクリートに発生するひび割れの原因は多岐にわたり、複合的な原因となる場合もあるため、そのメカニズムは非常に複雑である。ひび割れの発生時期により、施工後、初期に発生するひび割れと、長期間経過後に発生するひび割れに分類され、初期ひび割れについては、設計段階、施工段階に制御対策を実施する必要がある。初期ひび割れの中でも特に温度ひび割れは、貫通ひび割れとなる場合が多く、漏水の原因やコンクリート内部への劣化因子の侵入の原因となるため、発生メカニズムを理解し、必要な対策を検討して実施する必要がある。

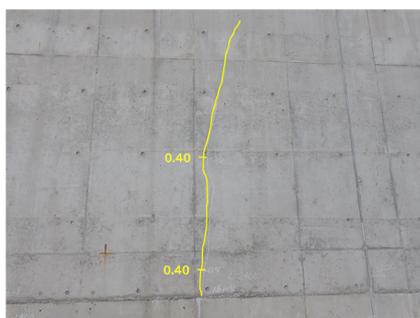


図 2.1 温度ひび割れの例（前のリフトの外部拘束により発生）

#### 2.1.2. 温度ひび割れの発生メカニズム

コンクリートは水とセメントの水和反応によって水和熱が発生する。打込み直後からコンクリート内部の温度は徐々に上昇し、最高温度に達した後は降下し、外気温に近づいていく（図 2.2）。比較的規模の大きいコンクリート構造物（マスコンクリート構造物）の場合は、表面から放熱するよりも中心部に蓄積される速度が速く、部材の厚さが厚いほど、中心部の温度は高くなる。

コンクリートは温度変化により膨張収縮するため、水和熱の温度上昇時および降下時に、その変形が拘束される場合にひび割れが発生してしまう。このひび割れを『温度ひび割れ』といい、変形の拘束の仕方により「内部拘束による温度ひび割れ」と「外部拘束による温度ひび割れ」に分類される。

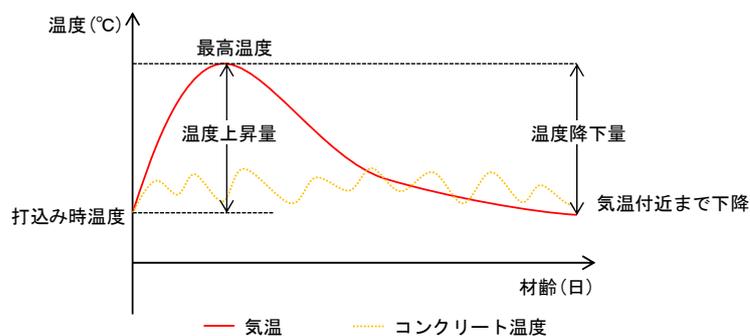


図 2.2 コンクリート打込み後の温度変化

(1) 内部拘束による温度ひび割れ

水和反応によりコンクリート温度が上昇する際、表面に近い部分は放熱し、中心部の温度上昇量は表面部よりも大きくなる。その結果、中心部と表面部に膨張ひずみ差が生じ、部材断面で拘束し合うことにより中心部では圧縮応力、表面部では引張応力が生じる。この際に、表面部の引張応力がコンクリート部材の引張応力を超えると発生するひび割れを「内部拘束による温度ひび割れ」という。内部拘束による温度ひび割れは、温度上昇時に発生し、表面部にのみ発生する場合が多い。

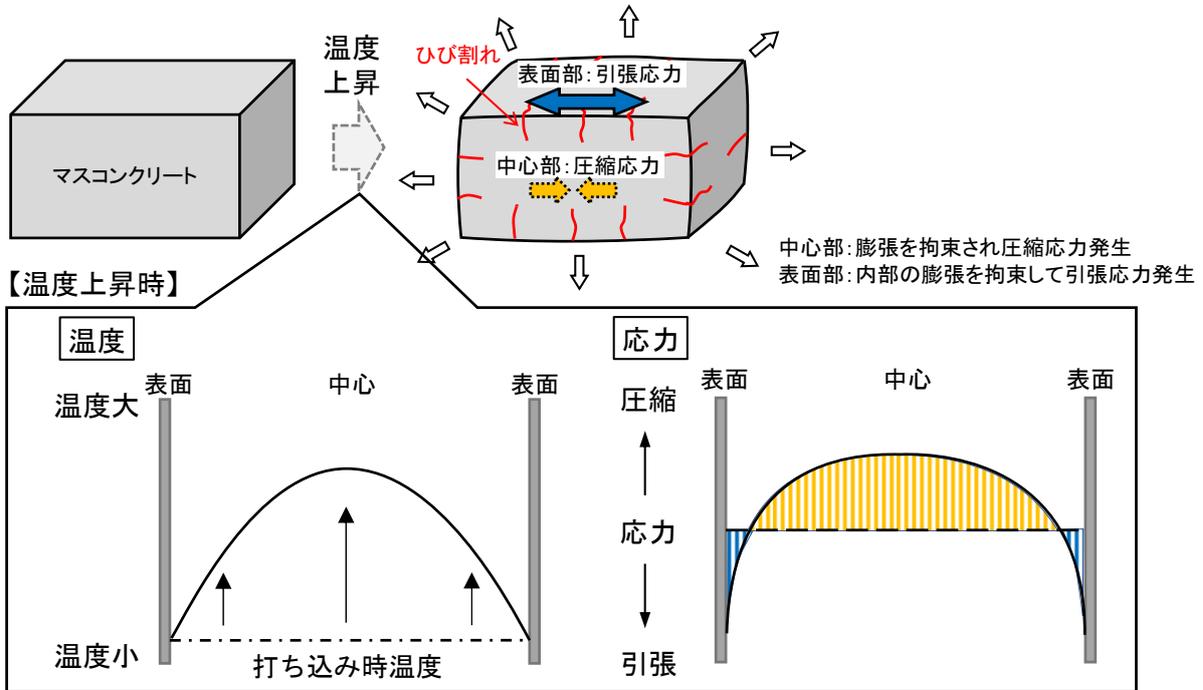


図 2.3 内部拘束による温度ひび割れ

(2) 外部拘束による温度ひび割れ

水和熱により上昇したコンクリート温度は、徐々に放熱しながら低下する。温度低下時には、コンクリートは収縮し、その際の収縮ひずみが岩盤や既設のコンクリート（底板、前のリフト等）に拘束されると、引張応力が生じる。これにより生じるひび割れを「外部拘束による温度ひび割れ」という。外部拘束による温度ひび割れは、部材を貫通する場合が多く、構造物の耐久性や水密性の低下の原因となる。そのため、特に外部拘束による温度ひび割れを防止・低減することが重要である。

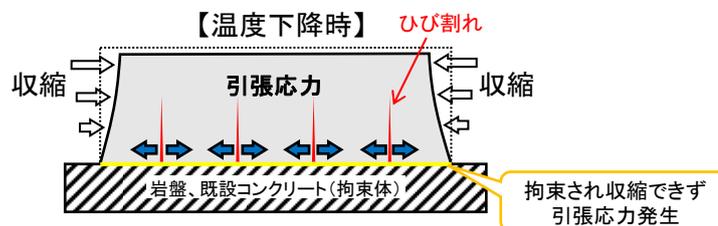


図 2.4 外部拘束による温度ひび割れ

## 2.2. 温度ひび割れの制御対策

制御対策には、コンクリートの体積変化を低減する方法、外部拘束度を低減する方法、温度ひび割れ幅を制御する方法がある。コンクリートに有害なひび割れが発生しないように適切に検討、実施する必要がある。一般的な温度ひび割れ制御対策を以下に示す。

ただし、対策の選定にあたっては、本手引き（案）を参考とするとともに、国土交通省制定「土木工事共通仕様書」、中国地方整備局制定「土木工事共通仕様書」/「土木工事設計マニュアル」に準拠し検討することが望ましい。

表 2.1 温度ひび割れ制御対策一覧 <sup>1)</sup> p.25~p.36

制御メカニズム	基本対策	具体例	内容	
体積変化を制御する方法	温度上昇を制御する方法	水和発熱の小さいセメントの使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>ポルトランドセメントの場合は、普通 (N)、中庸熱 (M)、低熱 (L) の順に温度上昇および温度上昇速度が小さい。</li> <li>フライアッシュセメント B 種は普通 (N) に比べて温度上昇および温度上昇速度が小さい。</li> </ul>	
		混和材料の使用	化学混和剤の使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>高性能 AE 減水剤、AE 減水剤により単位水量を低減させる。</li> <li>流動化剤の使用により単位水量を増加させることなく、流動性を向上させる。</li> </ul>
			混和材の使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>フライアッシュの混合により水和発熱及びその速度を低減させる。</li> </ul>
		単位セメント量の低減	<ul style="list-style-type: none"> <li>スランブを小さくする。</li> <li>強度管理材齢を長期にする。</li> <li>適切な水セメント比を設定する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>粗骨材の最大寸法を大きくする。</li> <li>適切な配合強度を設定する。</li> <li>適切な単位水量を設定する。</li> </ul>
		材料温度の低減 (練上り温度の低減)	施工上の工夫	<ul style="list-style-type: none"> <li>骨材のストックヤードにおける直射日光からの防護、練混ぜ水に低温の水（地下水等）を使用等の方法を実施する。</li> </ul>
			ブレーキリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>練混ぜ水及び骨材を液体窒素、フレーク状の氷、冷水等で冷却する。</li> </ul>
		コンクリートの打込み時刻、時期	打込み時刻の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>外気温の低い夜間や早朝にコンクリートの製造や打込みを実施する。</li> </ul>
			打込み時期を留意	<ul style="list-style-type: none"> <li>夏期は冬期の施工に比べ、温度ひび割れ指数が低下することを留意する。</li> </ul>
		打込み方法の検討	リフト、ブロック割を 検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>施工面（計画した製造、運搬および打込み工法）、温度ひび割れ発生の可能性を考慮し、コンクリートを 1 回に打込むリフト・ブロックの大きさを検討する。</li> </ul>
			打継ぎ時期を検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>施工面（計画した製造、運搬および打込み工法）、温度ひび割れ発生の可能性を考慮し、新しいコンクリートを打ち継ぐ時期を検討する。</li> </ul>
養生方法の選定	保温養生	<ul style="list-style-type: none"> <li>保温養生により構造物断面内の温度差を低減、また温度降下速度を低減させる。（内部拘束による温度ひび割れの制御）</li> <li>温度上昇時（外部拘束が卓越する場合）には保温養生は実施しない。</li> </ul>		
	ポストクーリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>打込まれたコンクリートの温度上昇を抑えるためのパイプクーリング、エアークーリングなどを実施する。</li> </ul>		
収縮ひずみを低減する方法	熱膨張係数の小さい材料（骨材）の使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱膨張係数の小さい骨材の使用により引張応力を低減させる。</li> </ul>		
	収縮ひずみを低減する混和材料（膨張材）の使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリートに生じる収縮ひずみをコンクリート膨張によって低減する。</li> </ul>		
外部拘束度を低減する方法	誘発目地の設置	<ul style="list-style-type: none"> <li>あらかじめ断面の一部を欠損させてその部分にひび割れを誘発させることにより、拘束を受ける部材の長さを短くし、目地間の拘束度を低減させることによりひび割れの発生を制御する。</li> </ul>		
温度ひび割れ幅を制御する方法	補強鉄筋の配置	<ul style="list-style-type: none"> <li>温度応力を低減する適切な方法を採用した上で、適切な量の鉄筋を適切な位置に配置する。</li> </ul>		

## 2.2.1. コンクリートの体積変化を制御する方法

体積変化を制御する方法としては、「温度上昇を制御する方法」と「収縮ひずみを低減する方法」がある。<sup>1)</sup> p. 26~p. 33

### 2.2.1.1 温度上昇を制御する方法

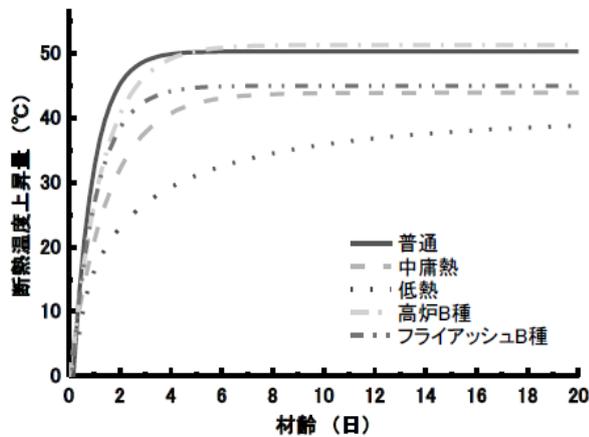
温度上昇を制御する方法は、温度応力を制御する最も直接的な方法である。具体的な制御方法は以下が挙げられる。

- (1) 水和発熱の小さいセメントの使用
- (2) 混和材料の使用
- (3) 単位セメント量の低減
- (4) 材料温度の低減
- (5) コンクリートの打込み時刻・時期の検討
- (6) 打込み方法の検討
- (7) 養生の工夫

## 解説

### (1) 水和発熱の小さいセメントの使用

セメントは、構造物の種類、現地環境、施工条件などを考慮し、できるだけ温度上昇が小さいものを適切に選定する。マスコンクリートに一般に用いられるものは、普通ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメント、低熱ポルトランドセメントおよび混合セメントB種（高炉セメントB種を除く）である。



[打込み温度 20°C]

図 2.5 各種セメントを用いたコンクリートの断熱温度上昇曲線 <sup>1)</sup> p.27

(2) 混和材料の使用

(a) 混和剤

混和剤を用いる場合は、コンクリートの所要の品質を確保し、かつ単位水量を減少させて単位セメント量を少なくできるもの、またはセメントの水和発熱速度の制御に有効なものを選定する。化学混和剤のうち、高性能 AE 減水剤と AE 減水剤の使用は単位水量を減少させることができ、流動化剤の使用は単位水量を増加させることなく、流動性を向上させることができる。

(b) 混和材

混和材を用いる場合には、コンクリートの所要の品質を確保し、かつ単位セメント量を少なく（セメント置換（内割））できるもの、または温度応力によるひび割れ発生の制御に有効なものを選定する。

フライアッシュは、水和発熱およびその速度の低減に有効であり、一般に、フライアッシュをセメントと置き換えて使用する場合には、終局断熱温度上昇量に与える影響は、置き換え量 10 kg/ m<sup>3</sup> 当りで終局断熱温度上昇量が約 0.5°C 低減する。

ただし、フライアッシュについては、品質のばらつきや流通性、生コンプラントにおいて別途サイロの準備が必要である等の課題があるため留意が必要である。

(3) 単位セメント量の低減

単位セメント量は、コンクリートの温度上昇に最も大きな影響を与える。そのため、コンクリートが所要の品質を確保できる範囲内で、できるだけ少なくなるように定める。単位セメント量を少なくする具体的な方法として以下があげられる。

- ① スランプを小さくする
- ② 粗骨材の最大寸法を大きくする
- ③ 細骨材率を適切に定める
- ④ 強度管理材齢を長期にする
- ⑤ 適切な配合強度を設定する
- ⑥ 適切な水セメント比を設定する
- ⑦ 適切な単位水量を設定する

(4) 材料温度の低減

コンクリートの練上り温度は、コンクリートの強度発現に悪影響を及ぼさない範囲で、できるかぎり低く設定することが重要である。

(a) 施工上の工夫

- ① 骨材のストックヤードにおいて、直射日光から防護する
- ② 粗骨材に散水する
- ③ 練混ぜ水にできるかぎり低温の地下水を用いる

(b) プレクーリング

- ① 人工的に製造した冷水を用いる
- ② 練混ぜ水の一部にフレーク状の氷を用いる
- ③ 冷風を用いる
- ④ 液体窒素を用いる

一般的に、コンクリートの温度を 1°C 変化させるのに必要な各材料の温度変化量は、おおよそセメント±8°C、骨材±2°C、練混ぜ水±4°Cである。

(5) コンクリートの打込み時刻・時期の検討

コンクリートの打込み温度は、最高温度、温度降下量に強く影響を及ぼす。その結果、温度ひび割れ発生の有無、温度ひび割れの幅などに影響を与えることになる。最高温度や温度降下量を抑える方法としては、(4) に示した練上り温度を低くすることと、コンクリートの打込みを外気温の低い時刻・時期に行うことが有効である。打込み時刻は、夜間または早朝等に設定し、施工時期は、冬期に設定することが望ましい。ただし、冬期の打設は昼夜の気温差等により温度ひび割れが生じやすい条件となる可能性があるため、事前に検討する必要がある。

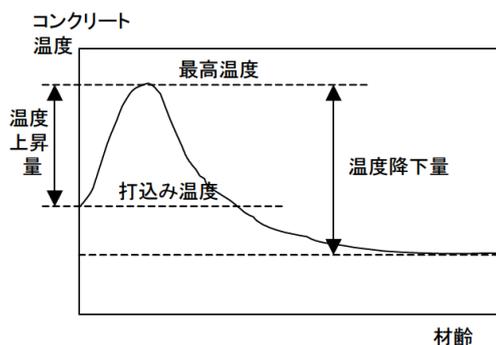


図 2.6 マスコンクリートの温度変化 <sup>1)</sup> p.30

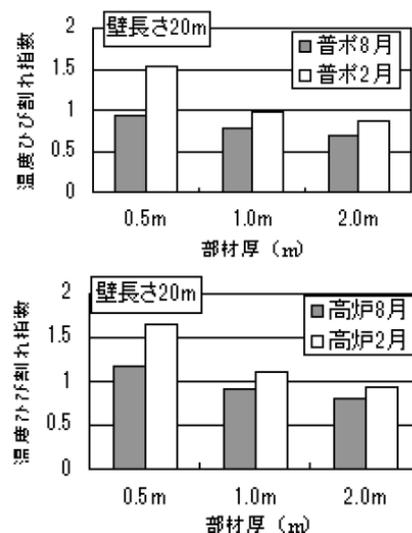


図 2.7 施工時期による最高温度への影響 <sup>1)</sup> p.30

(6) 打込み方法の検討

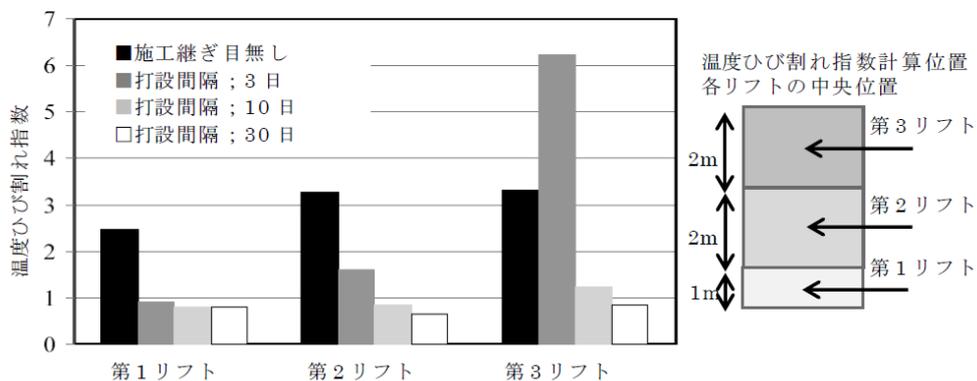
コンクリートを1回に打ち込む「リフト、ブロックの大きさ」、および「コンクリートの打継ぎ時期」は、施工面(計画した製造、運搬および打込み方法)から検討するほか、温度ひび割れ発生の可能性などについても考慮して定める。

(a) リフト、ブロック割 (L/H を小さくする)

壁状構造物の場合、1回の打込み高さHが小さいと、打込み長さ(目地を設置する場合には目地間隔)LとそのHとの比L/Hが大きくなり、拘束度が大きくなって温度ひび割れ(目地部のひび割れも含む)が生じやすくなる。打込み高さHを大きくし、L/Hを小さくした場合は、コンクリートの打込み時に型枠に作用する側圧が大きくなることや、コンクリートの締固めが不足することに留意する必要がある。また、スラブ状構造物の場合に、1回の打込み高さを高くする場合は、内部拘束による温度ひび割れが発生しやすくなるため、養生の工夫を行い、ひび割れの発生に留意する必要がある。

(b) 打ち継ぎ時期を検討

打ち継ぎ間隔が長くなると、新しく打ち込まれたコンクリートは、既に打ち込まれたコンクリートにより外部拘束を受け、温度ひび割れが発生しやすくなる。複数のリフト、ブロックに分けて打ち込む場合であっても、打継ぎ間隔が短く、既に打ち込んだブロックのヤング係数が充分発現していない時期に次のブロックの打込みを行うことにより、外部拘束を低減し、温度ひび割れ発生を制御することができる。



5m厚さのコンクリートブロックを1層打設、3層打設でそれぞれの層の打設間隔を3日、10日、30日とした場合の計算結果

※ひび割れ指数：コンクリートに生じる引張方向の温度応力に対するコンクリートの割裂引張強度の比(小さいほどひび割れが発生しやすい)

図 2.8 温度ひび割れ指数に及ぼす打継間隔の影響<sup>1)</sup> p.31

## (7) 養生の工夫

内部拘束による温度ひび割れはコンクリートの中心部と表面部の温度差により生じる。養生によりコンクリート内の温度差の低減や、表面部の温度降下速度の低減等を行うことが有効であり、具体的な方法として、以下があげられる。

### (a) 保温養生（保温効果を有する材料でコンクリート表面を覆う方法）

内部拘束による温度ひび割れを制御するのに効果があるが、外部拘束が卓越する場合、温度上昇時に保温養生を行うと断面内の最高温度が高くなり、温度ひび割れが生じやすくなる。そのため、保温養生は最高温度到達後に行うことが重要である。最高温度到達後に保温養生を行い、温度降下速度を緩やかにすると、外気温と平衡に達するまでの時間が長くなり、それに伴うクリープによる応力緩和の進行と引張強度の発現により、温度ひび割れ制御効果が大きくなる。

### (b) パイプクーリング、エアークーリングなどのポストクーリング

コンクリート打込み後に、あらかじめ配置したパイプや鋼管の中に水、あるいは空気を通し、温度上昇時のコンクリートを冷却する方法である。

ポストクーリングは、外部拘束および内部拘束が卓越する構造物のいずれにも有効であるが、コンクリート温度が上昇している時期に適用することが重要であり、逆に最高温度に到達した後もクーリングを続けると、温度降下が促進されるために逆効果となる。

#### 2.2.1.2 収縮ひずみを低減する方法

収縮ひずみを低減する具体的な方法は以下が挙げられる。

- (1) 熱膨張係数の小さい材料（主に骨材）の使用
- (2) 収縮ひずみを低減する混和材料（膨張材）の使用

## 解説

### (1) 熱膨張係数の小さい材料（主に骨材）の使用

温度ひび割れを誘発する引張応力は、コンクリートの硬化が進んだ温度降下時の体積変化に依存して発生する。この体積変化は、熱膨張係数と温度変化量の積で表されるので、石灰石（石灰岩）のような熱膨張係数の小さい骨材を使うと引張応力の低減に有利となる。

### (2) 収縮ひずみを低減する混和材料（膨張材）の使用

膨張材は、コンクリートに生じる収縮ひずみをコンクリートの膨張によって低減するため、温度応力によるひび割れの制御に有効である。

一般コンクリート構造物用に使用される膨張材とは別に、一般用に比較して少し遅れて膨張するマスコンクリート用の膨張材もある。

## 2.2.2. 外部拘束度を低減する方法

誘発目地の設置を検討する。

### 解説

コンクリート構造物に要求される性能が満足される範囲で、発生する温度応力ができる限り小さくなるように、誘発目地の間隔、位置、種類、構造等を設定する。

温度応力を低減するためには、外部拘束度を小さくすることが有効である。外部拘束度は、被拘束体と拘束体とのヤング係数比( $E_c/E_R$ )などのほかに、打込み長さ（目地を設置する場合には目地間隔） $L$ と高さ  $H$  との比  $L/H$  に依存する。つまり、外部拘束度は、 $L/H$  によって大きく変化し、打込み高さが一定の場合、長さを小さくするほど拘束が緩和される。誘発目地は、あらかじめ断面の一部を欠損させてその部分にひび割れを誘発させることにより、拘束を受ける部材の長さを短くし、目地間の拘束度を低減することができる。

誘発目地の配置は、外部拘束が卓越する場合に有効であり、2017年制定コンクリート標準示方書【設計編】では、断面欠損率は50%以上、設置間隔はコンクリート部材の高さの1~2倍が目安とされている。設置間隔の詳細については、実績による照査（ボックスカルバートの場合）や温度応力解析により検討し、決定することが望ましい。その他、誘発目地の実際の適用方法については、4章に記載した。

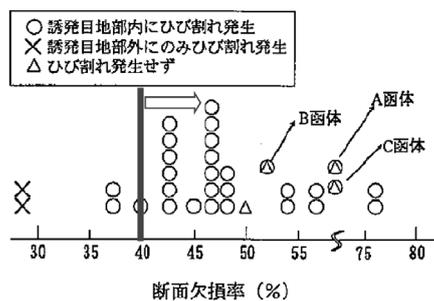


図 2.9 断面欠損率と温度ひび割れの関係<sup>1)</sup> p.35

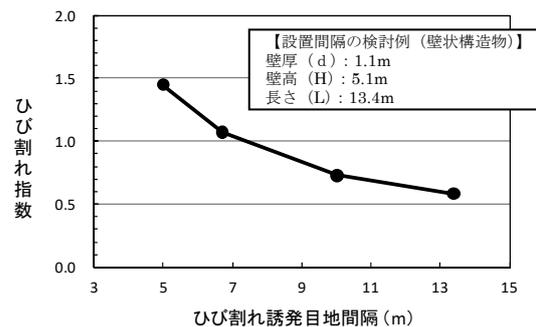


図 2.10 誘発目地間隔とひび割れ指数の例<sup>2)</sup> p.12

### 2.2.3. 温度ひび割れ幅を制御する方法

温度ひび割れ幅を制御する具体的な方法は以下が挙げられる。

- (1) 前述した温度応力を低減する適切な方法の実施
- (2) 補強鉄筋の配置

#### 解説

温度ひび割れの幅は温度降下量と線形の関係にあり、温度上昇を制御すればひび割れ幅が小さくなる。また、既往の施工実績（山口 DB）から分析すると、鉄筋比が少ない場合に有害なひび割れが発生しているケースが多いことに対し、鉄筋比が一定以上の場合は有害なひび割れが発生していない。これらのことから、温度ひび割れの幅をひび割れ幅の基準値以下とするためには、前述した温度応力を低減する適切な対策を選定して実施した上で、適切な量の鉄筋を適切な位置に配置することが有効である。補強鉄筋の具体的な配置方法については、第4章に記載した。

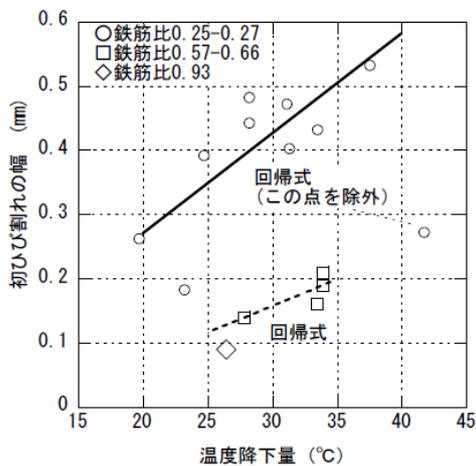


図 2.11 温度降下量と温度ひび割れの幅の関係<sup>1)</sup> p.36

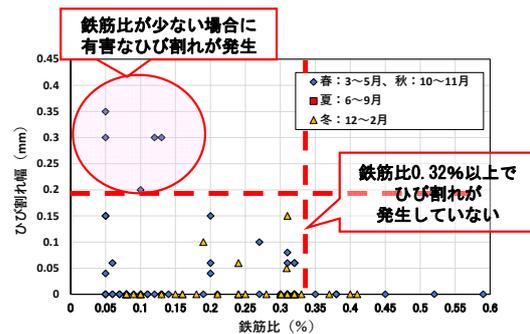


図 2.12 鉄筋比と温度ひび割れ幅の関係

### 第3章 設計の発注段階

#### 3.1. 設計発注段階の発注者の役割

設計の発注者は、本手引き（案）の内容を理解した上で、温度ひび割れ制御対策の必要性を確認し、設計業務を発注する。

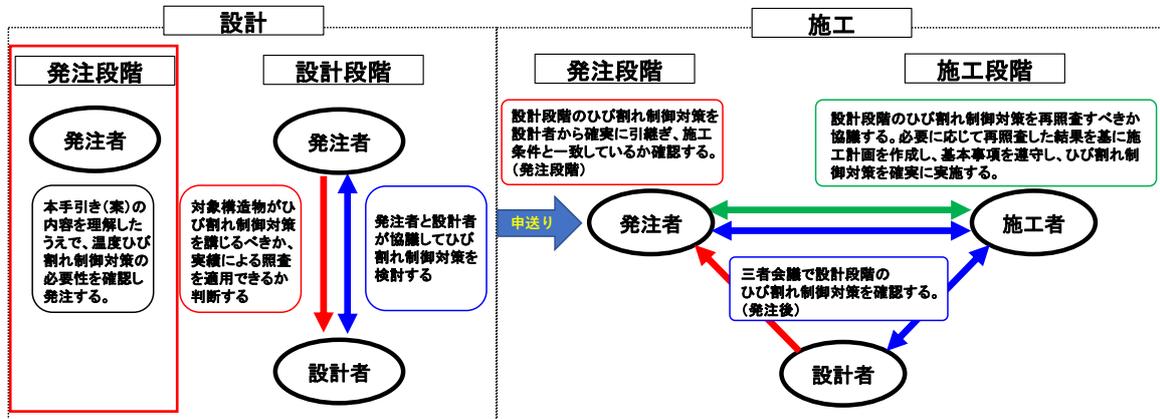


図 3.1 各段階の概要および担当者の役割（設計の発注段階）

#### 解説

温度ひび割れを含む中国地整におけるひび割れは、設計・施工に起因するものが多い。設計段階においても、温度ひび割れ対策の必要性を検討し、対策を検討することが重要である。そのために、設計の発注者は、本手引き（案）の内容を理解した上で、第1章 1.2 に示す適用範囲に照らして、温度ひび割れ制御対策の必要性を確認し、設計業務発注時に、特記仕様書等により設計者に本手引き（案）を活用して設計を行うよう示す。

#### 3.2. 設計の発注段階の検討事項

##### 3.2.1. 手引き（案）活用の要否確認

設計の発注者は本手引き（案）活用の要否を確認する。

#### 解説

第1章 1.2 に示す適用範囲に照らして、温度ひび割れ制御対策の必要性を確認する。

##### 3.2.2. 発注仕様の検討

温度ひび割れの懸念がある場合は、本手引き（案）を活用し設計を行うよう特記仕様書に示す。

#### 解説

温度ひび割れの懸念がある場合は、本手引き（案）を活用し設計を行うよう特記仕様書に示す。

## 第4章 設計段階

### 4.1. 設計の発注者および設計者の役割

- (1) 設計の発注者と設計者は、本手引き（案）に基づいて協議・検討を行い、適切な温度ひび割れ制御対策を設計成果に示す。
- (2) 設計の発注者は、設計者がとりまとめた温度ひび割れ制御対策の検討結果（設計成果）を、確実に施工段階に引き継ぐ。

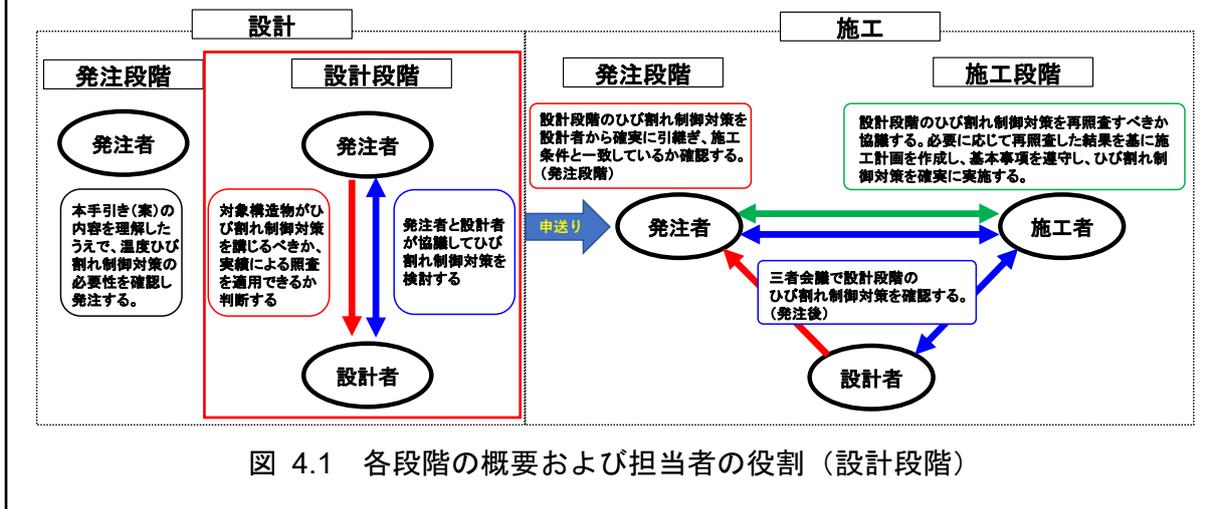


図 4.1 各段階の概要および担当者の役割（設計段階）

## 解説

### (1) について

設計の発注者と設計者は、設計段階において温度ひび割れを制御する必要がある構造物に対し、本手引き（案）に基づき、温度ひび割れ制御対策について以下の事項を協議・検討する。

- ① 温度ひび割れの照査（4.2.1 温度ひび割れの照査）
- ② 温度ひび割れ制御対策の検討（4.2.2 温度ひび割れ制御対策の検討）

設計者は、設計段階で温度ひび割れ制御に関する検討を行うことで施工段階におけるコンクリート構造物の温度ひび割れを制御し、コンクリート構造物の品質確保を図る。

### (2) について

設計者がとりまとめた成果は、施工の発注段階や施工段階において施工方法や環境条件が変更になった場合に、温度ひび割れ制御対策の再検討が必要かどうか判断するための基礎資料となるものである。施工段階で適切な温度ひび割れ制御対策を実施し、コンクリート構造物の品質確保を図るために、設計の発注者は、設計成果の内容を確認し、確実に次の段階に引き継ぐことが求められる。

コンクリート標準示方書【基本原則編】2章 2.2 節（2）に「設計、施工、維持管理の各段階においては、構造計画を遵守して作業を実施するとともに、各段階において決定した事項は、次の段階に確実に伝達しなければならない」と記述されており、各段階での決定事項を次の段階に確実に引き継ぐことの重要性が示されている。

## 4.2. 設計段階の検討事項

### 4.2.1. 温度ひび割れの照査

- (1) 設計段階の温度ひび割れの照査は、以下の手順で実施する。
  - ① 山口 DB を活用した実績による照査を実施
  - ② ①が適用できない場合は、九州地整の簡易推定資料による照査を実施
  - ③ ①、②が適用できない場合は、温度応力解析を実施
- (2) 温度ひび割れ制御時には、ひび割れの対策レベル（制御すべき最大ひび割れ幅またはひび割れ指数）について、あらかじめ検討する必要がある。
- (3) 温度ひび割れ幅の限界値はかぶり厚を考慮して  $0.005c$  ( $c$  はかぶり厚) とする。ただし、 $0.5\text{mm}$  を上限とする。

## 解説

### (1) について

設計段階の温度ひび割れの照査は、図 4.3 のフローにより実施する。各照査の具体的な方法については、巻末資料に示す。

温度ひび割れ制御対策の検討にあたっては、経済性の観点から、既往の実績による照査を基本とする。なお、温度応力解析を実施可能な場合は、設計の発注者と設計者が協議し、温度応力解析の適用を検討する。また、特殊な形状の構造物や特に規模の大きな構造物で既往事例の範囲から大きく外れるような場合についても、設計の発注者と設計者が協議し、温度応力解析等の適用を検討する。なお、図 4.3 のフローにおいて、温度応力解析が適用できない場合は、設計の発注者と設計者が照査と対策の内容について協議すること。

### <山口 DB を活用した実績による照査を実施する場合の留意事項>

山口 DB を活用した実績による照査を実施する場合は、下記に留意して参照することが望ましい。

- ◇ 山口 DB は、あくまで山口県の施工記録データであること（地域性、材料、設計思想など）※
  - ※山口県と中国地方の構造物規模や地域性（外気温）について比較を行い、中国地方における山口 DB 適用の可能性は確認済み
- ◇ 山口県では、各検討時点での最新のデータベースを用いる運用としていること

### (2) について

温度ひび割れ制御時には、ひび割れの対策レベルについて、あらかじめ検討する必要がある。山口 DB を活用する場合は、制御すべき最大ひび割れ幅を対策レベルとして設定する。九州地整の簡易推定資料による照査や、温度応力解析による照査を実施する場合には、ひび割れ発生確率の限界値から定められる安全係数（ひび割れ指数）によって、対策レベルを設定する（図 4.2、表 4.1）。

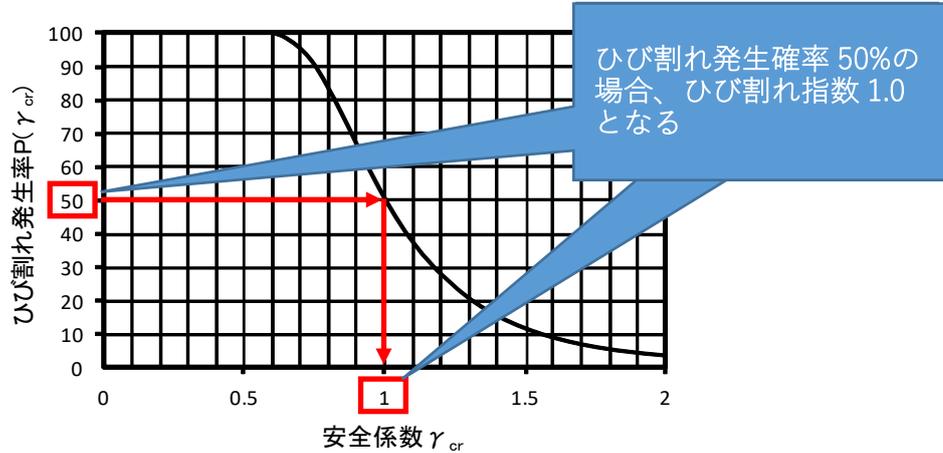


図 4.2 安全係数  $\gamma_{cr}$ （ひび割れ指数 ( $I_{cr}(t)$ )) とひび割れ発生確率（3次元解析の場合）<sup>2) p.6</sup>

表 4.1 標準的なひび割れ発生確率と安全係数（3次元解析の場合）<sup>2) p.6</sup>

対策レベル	ひび割れ発生確率	安全係数 $\gamma_{cr}$
ひび割れを防止したい場合	5%	1.85以上
ひび割れの発生をできるだけ制限したい場合	15%	1.40以上
ひび割れの発生を許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合※	50%	1.0以上

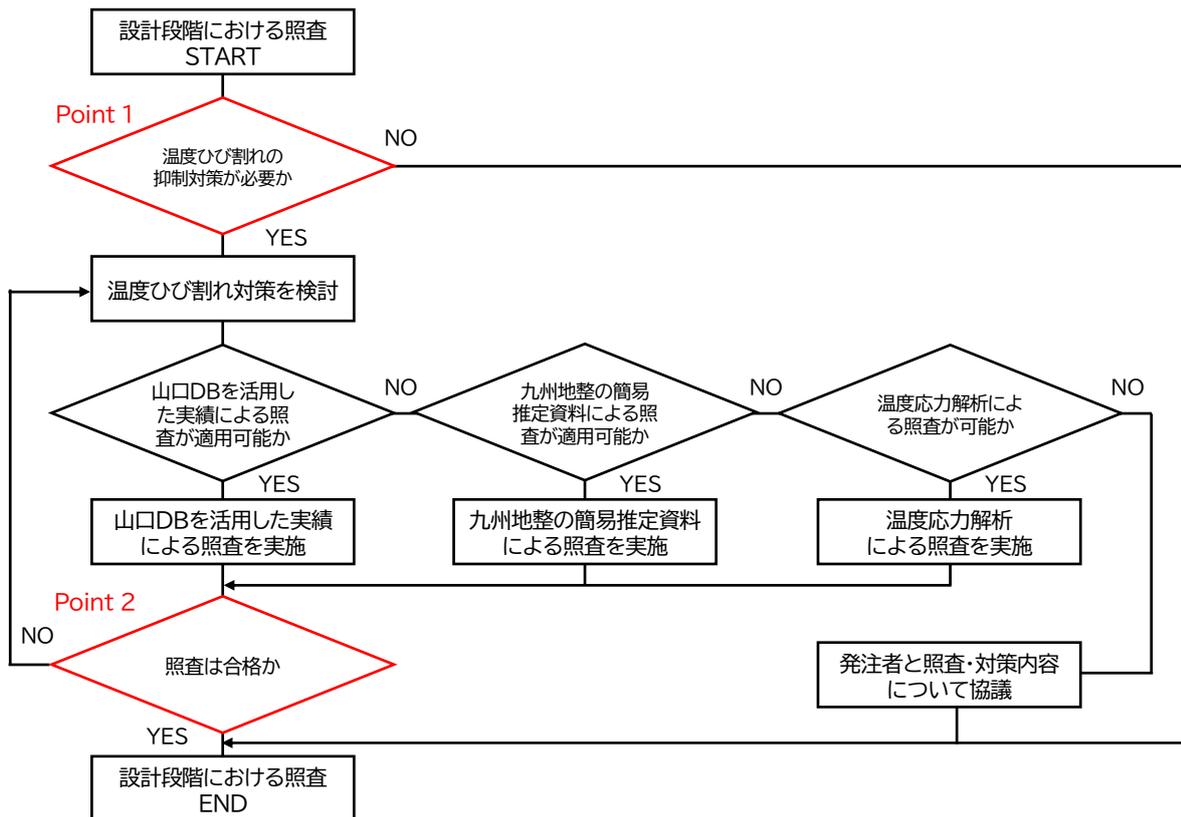
※ひび割れ指数 1.0 以上の対策レベルであっても、許容ひび割れ幅を超えても良いわけではない。また、鉄筋比が 0.25% 以上であること。なお、ひび割れ指数は対象とする構造物の状況に応じて適切に設定する必要がある。

### (3) について

橋梁下部工のようなかぶり厚が厚い構造物において、性能規定の観点から 2017 年制定コンクリート標準示方書[設計編]を参考として、以下の式により、温度ひび割れ幅の限界値を設定する。なお、山口 DB は、0.2mm 以上のひび割れが発生しないように (0.15mm 以上を補修基準)、温度ひび割れの照査とその対策を検討し、施工した結果を蓄積している。温度ひび割れ幅の限界値が 0.2mm を大きく超える場合、山口 DB を活用した実績による照査において「対策不要」と判断するケースが増える可能性がある。そのため、温度ひび割れ幅の限界値の設定および照査方法は適切に協議して決定する必要がある。また、構造物の完成検査時においても性能規定による温度ひび割れ幅の限界値を適用し、齟齬がないよう留意すること。

鉄筋コンクリートの場合の温度ひび割れ幅の限界値<sup>注3) p.149</sup> :  $0.005c$  ( $c$  はかぶり厚)  
ただし、0.5 mm を上限とする。

注) 温度ひび割れ幅の限界値が 0.2mm を大きく超える場合は、照査方法を別途協議すること。



《判定基準》

**Point 1**

下記条件に該当する場合は、対策が必要

- ① 広がりのあるスラブ状の部材で、厚さが80cm以上のもの
- ② 下端が拘束された壁状の部材で、厚さが50cm以上のもの
- ③ 比較的断面が大きく柱状で、短辺が80cm以上の部材で、施工上水平打継目が設けられる構造物

**Point 2**

下記条件に該当する場合は、照査合格

- 山口DBの実績による照査: 設定した温度ひび割れ幅の限界値未満
- 九州地整の簡易推定資料、温度応力解析: ひび割れ発生確率の限界値から設定したひび割れ指数以上

一部参考:群馬県、2021年 コンクリートガイドライン

図 4.3 設計段階における温度ひび割れの照査フロー<sup>5)</sup> p.35

#### 4.2.2. 温度ひび割れ制御対策の検討

- (1) 山口 DB、九州簡易推定資料による照査により、対策を検討する場合は、各照査により選定される温度ひび割れ制御対策内容が限定されることに留意する。
- (2) 設計段階で想定する施工条件は、発注者と協議し決定する。
- (3) その他の対策としては、第 2 章 2.2 を参考とする。

### 解説

#### (1) について

山口 DB を活用した実績による照査を実施する場合や九州地整の簡易推定資料による照査を実施する場合は、それらの照査により決定される温度ひび割れ制御対策が表 4.2 に示す対策に限定されることに留意する。

表 4.2 各照査により決定される温度ひび割れ制御対策

照査方法	制御対策
山口 DB を活用した実績による照査	橋台・壁式橋脚：補強鉄筋 ボックスカルバート：誘発目地
九州地整の簡易推定資料による照査	誘発目地

#### 【補強鉄筋】

補強鉄筋は追加することにより、ひび割れの発生を防ぐものではなく、ひび割れを分散して発生させたり、ひび割れ幅を小さく抑えたりすることで、発生するひび割れが構造物にとって有害なひび割れにならないように制御する対策である。

追加する補強鉄筋は、想定されるひび割れ面に鉛直に配置し、山口 DB（実績による照査）により追加量を決定するか、もしくは表 4.3 に示す鉄筋比を目安とする。また、補強鉄筋を追加することにより、コンクリートの充填性に影響がある場合があるため、補強鉄筋の配置については、施工性も考慮する。なお、部材厚さが薄いなど、鉄筋量を増やすことが合理的でない場合には、ガラス繊維や水和熱抑制型の膨張材の使用も抑制対策として考えられる。

補強鉄筋の配置は、部材中央に配置するタイプ A と表面付近に配置するタイプ B の区分がある。

表 4.3 補強鉄筋追加後の鉄筋比目安 <sup>4)</sup> p.55

部材	鉄筋比
橋台たて壁 およびその類似構造物	0.3%
橋台胸壁 およびその類似構造物	0.5%

① 補強鉄筋タイプ A

補強鉄筋をリフト内部に配置する方法である。外部拘束応力に抵抗するため、拘束体にやや近い、中間帯鉄筋の位置に配置する。配置間隔については、施工性を考慮し、協議検討する必要がある。(山口ガイド：標準 150 mm で、施工できるのであれば 125 mm)

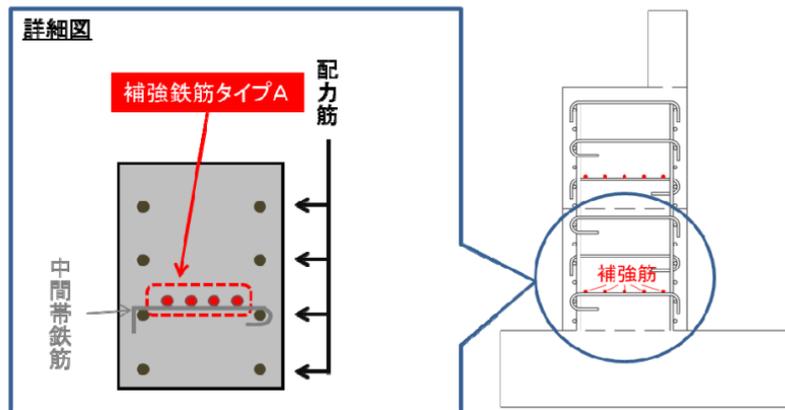
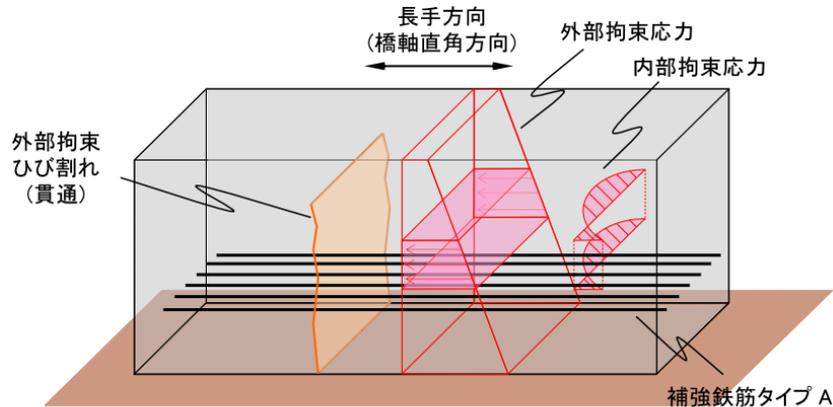


図 4.4 ひび割れ発生方向と抵抗鉄筋概要図 (補強鉄筋タイプ A) 4) p.57

② 補強鉄筋タイプ B

補強鉄筋をコンクリート表面付近に配置する方法である。僅かながら内部拘束による影響もあるとすれば、実応力は外部拘束応力、内部拘束応力の足し合わせになるため、部材中心部に比べ表面付近の応力が大きくなる。また、実構造物においてひび割れの影響で懸念される主なものは耐久性であり、コンクリート表面付近のひび割れを抑制することは重要である。

これらの点から、図 4.5 に示すように配力筋量を増やすことで (配力筋の中間に補強筋を配置等)、表面に発生するひび割れを抑制することが期待される。なお、外側からの配筋となるため施工性は良く、また、橋座面の箱抜き部に対する補強効果も高い。

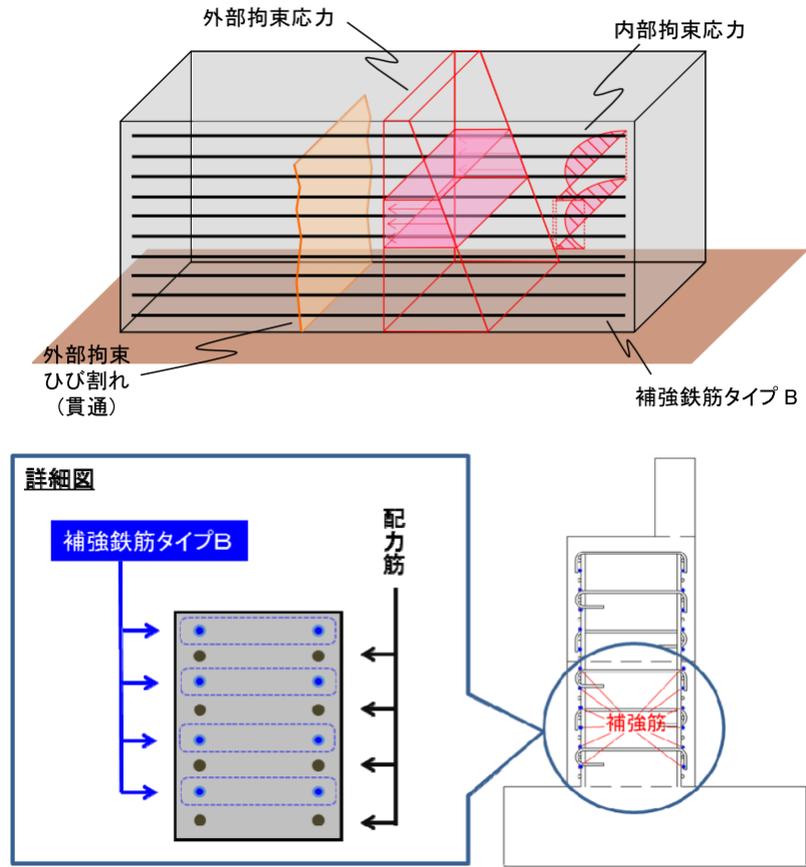


図 4.5 ひび割れ発生方向と抵抗鉄筋概要図 (補強鉄筋タイプ B) <sup>4)</sup> p.59

③ 補強鉄筋タイプ A+B

「補強鉄筋タイプ A」と「補強鉄筋タイプ B」を併用する方法である。橋台たて壁などに補強鉄筋を追加する際、「補強鉄筋タイプ A」だけでは鉄筋比が小さく、有害なひび割れの抑制が困難と判断される場合はタイプ A を複数段配置するか、タイプ A とタイプ B を併用した「補強鉄筋タイプ A+B」を使用するとよい。

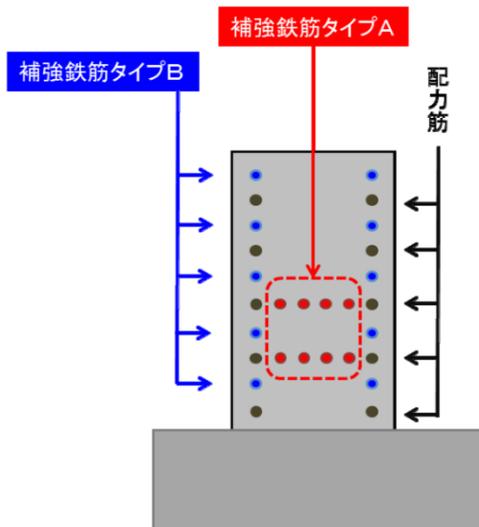


図 4.6 補強鉄筋タイプ A+B<sup>4)</sup> p.60

(i) 鉄筋比算出方法

図 4.7 に鉄筋比算出方法を、図 4.8 に鉄筋比算出例を示す。

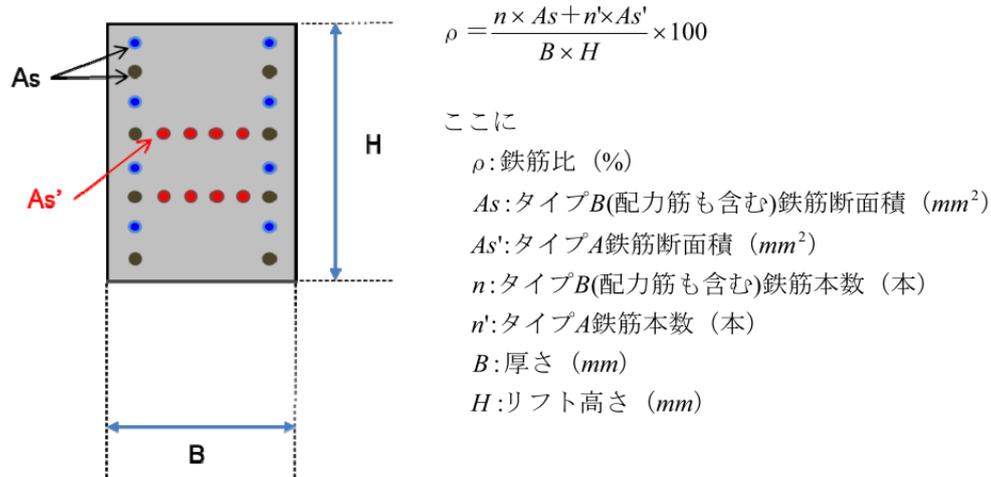


図 4.7 鉄筋比の算出方法<sup>4)</sup> p.61

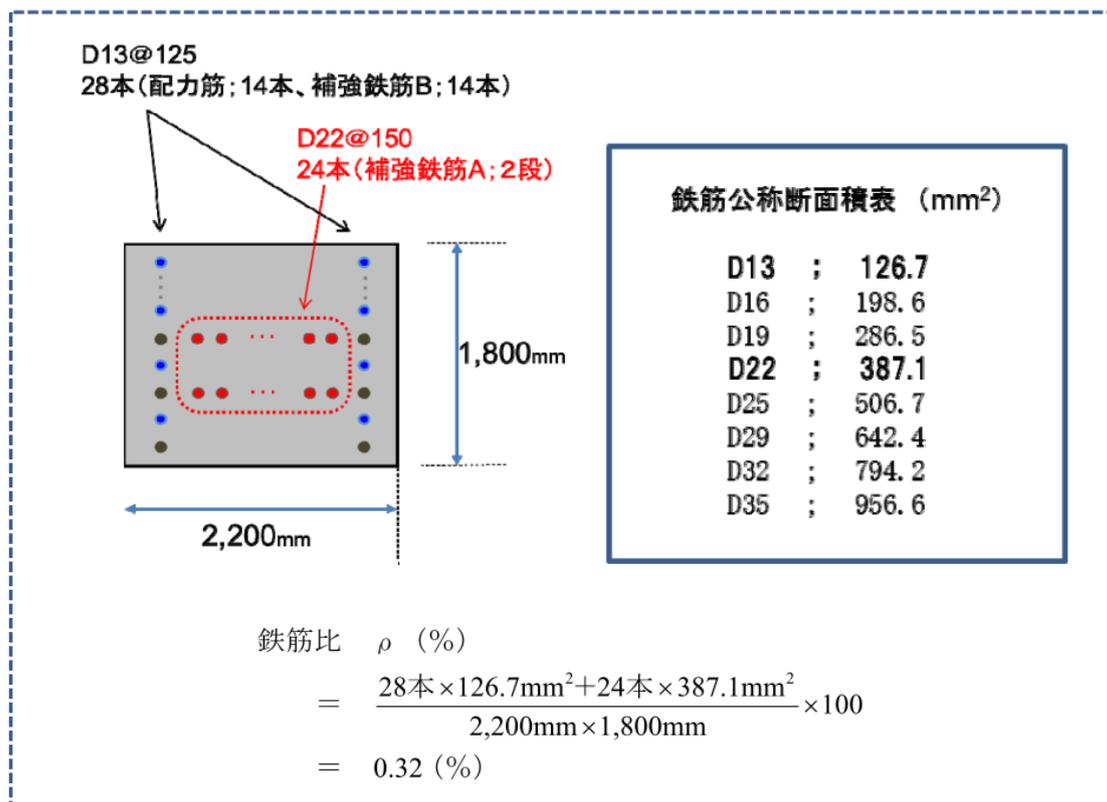


図 4.8 鉄筋比の算出例<sup>4)</sup> p.61

### 【ひび割れ誘発目地】

ひび割れ誘発目地は、所定の間隔で断面欠損部を設けることで、温度ひび割れの発生位置を制御する対策である。構造物を分割することが性能の低下につながらないと考えられるボックスカルバート側壁や擁壁類たて壁などに適用する。

なお、橋台および橋脚の基本的な対策は補強鉄筋とするが、補強鉄筋と同等な効果が認められる場合、誘発目地を使用してもよい。

ひび割れ誘発目地を設置する場合には、断面欠損率と設置間隔を適切に設定する。断面欠損率の設定、設置間隔については、以下に示す指針等を参考に設定する。

表 4.4 各種指針等における誘発目地の断面欠損率と設置間隔 <sup>1) 2) 3) 4) 5) 6) 7) 8) 9) 10) 11)</sup>

名称	発行者	発行年	ページ	断面欠損率	設置間隔
土木工事設計マニュアル	中国地整	令和4年	p.3-2-63 p.3-5-151 ~152		橋台:15m未満⇒適宜設置 15≦W<30⇒1ヶ所 30≦W<45⇒2ヶ所 BOX:5~8m間隔
コンクリート標準示方書2017【設計編】	土木学会	平成29年	p.396	50%程度以上	コンクリート部材の高さの1~2倍
マスコンクリートのひび割れ制御指針2016	日本コンクリート工学会	平成28年	p.34~35	40%程度以上	1回の打込み高さの1~2倍程度
九州地区における土木コンクリート構造物設計・施工指針(案)	九州地整	令和元年	p.3-16	50%程度以上	コンクリート部材の高さの1~2倍
コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き(案)【設計編】	中国地整	令和4年	p.11	50%程度以上	
土木工事共通仕様書	中国地整	令和4年	p.1-63	監督職員と協議	監督職員と協議
ひび割れ抑制のための参考資料(案)(橋脚、橋台、函渠、擁壁編)	東北地整	令和4年	p.7~8	50%程度以上	①壁厚が500mm以上の場合、コンクリート部材の高さの0.9倍以下 ②壁厚が500mm未満の場合、4~5m
誘発目地によるひび割れ制御対策の手引き(案)	四国地整	平成30年	p.11 p.17	50%程度	・5.5m以下を標準とし、最小でも2.75m確保 ・L/Hが1~2の範囲になるように設定
コンクリート構造物品質確保ガイド2021	山口県	令和3年	p.62	50%程度以上	【BOX】 打込み時のコンクリート温度が低い時期:5.0m その他の時期:3.5m
コンクリート構造物ひび割れ抑制対策マニュアル(案)	鳥取県	令和4年	p.38	50%程度以上	5m程度以内

## (2) について

設計段階での温度ひび割れ対策検討における施工条件の設定は、発注者と協議し決定する。想定される施工条件の例としては、以下があげられる。

### 【施工条件の設定例】<sup>5)</sup> p.36

#### 1) コンクリートの打込み時期

施工時期が明らかな場合には、その時期を照査に用いる。施工時期が明らかではない場合、月別の平均最高温度が25℃を超えて温度ひび割れ発生の可能性が高まると考えられる4月～10月をコンクリートの打込み時期として設定する。

なお、河川を跨ぐ橋梁については、原則出水期(6月から10月)の施工は行わないため、出水期以外の打込み時期とする。

#### 2) コンクリートのリフト高さ

部材の高さが4mを超えて打込みリフトを分割してコンクリートを打ち継ぐ必要がある場合には、2m～3m程度に等分割した値をコンクリートのリフト高さの標準と設定する。

#### 3) コンクリートの打継ぎ間隔

コンクリートを複数のリフトに分割して打ち継ぐことが想定される場合には、一般的な打継ぎ間隔の中で比較的大きな30日を標準とする。

## 4.3. 温度ひび割れ制御対策・留意事項の申送り

設計者は、検討した温度ひび割れ対策について、設計成果に取りまとめ、発注者に提出する。

### 解説

設計者は、以下について設計成果に取りまとめ、対策の留意事項等についても申し送りする。

- ① 想定した施工条件
- ② 照査方法、条件
- ③ 温度ひび割れ制御対策方法
- ④ 対策実施にあたっての留意事項(補強鉄筋配置による施工性への影響等)

## 第5章 施工の発注段階

### 5.1. 施工の発注者の役割

施工の発注者は、設計段階のひび割れ制御対策を設計者から確実に引継ぎ、施工条件と一致しているか確認した上で工事を発注する。

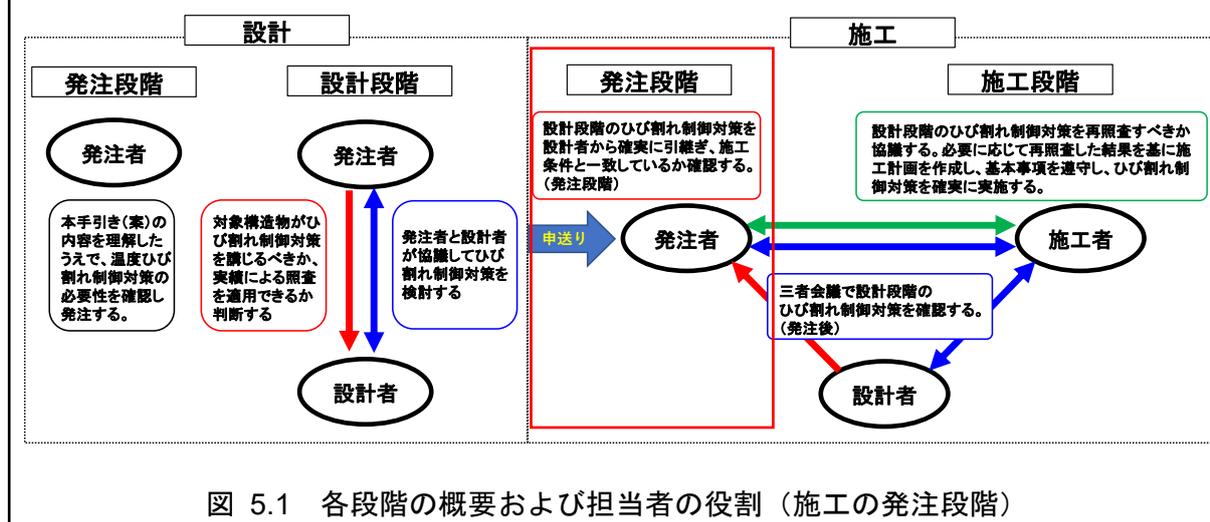


図 5.1 各段階の概要および担当者の役割（施工の発注段階）

### 解説

施工の発注者は、設計成果の内容を十分理解し、施工条件と一致しているか確認したうえで、設計図書を作成し、工事を発注する。

施工の発注者は、自らが設計者と施工者をつなぐという意識を持ち、設計成果を十分理解したうえで、設計者の意図を確実に引き継ぐことが重要である。

### 5.2. 施工の発注段階の検討事項

#### 5.2.1. 設計成果の確認

施工の発注者は、設計成果を確認し、内容を十分理解する。

### 解説

設計成果には、コンクリート構造物の構造形式、寸法、材料といった構造物の仕様だけでなく、設計にあたっての設計者の意図や設計の前提条件が示されている。施工の発注者は温度ひび割れの発生を防ぎ、コンクリート構造物の品質確保を図るために、温度ひび割れ制御対策に関する設計成果を確認し、内容を十分理解したうえで工事を発注する。

### 5.2.2. 施工条件の確認

施工の発注者は、設計成果で想定された条件と実際の施工条件を確認する。

#### 解説

施工の発注者は、設計段階で設計者が検討した温度ひび割れ制御対策を設計図書に反映させて工事を発注することになるが、設計段階で検討した条件と異なる条件で工事を発注する場合（コンクリート打込み時期が設計成果から変更となる場合等）は、設計段階で検討した温度ひび割れ制御対策をそのまま設計図書に反映し工事を発注することが不適切となる場合がある。この場合は、施工段階において、発注者・施工者・設計者による三者会議を実施し、施工条件や施工上の留意事項について、検討・協議することが望ましい。したがって、設計成果の条件と施工時の条件を確認する必要がある。

## 第6章 施工段階

### 6.1. 施工の発注者および施工者の役割

- (1) 施工の発注者と施工者は、設計段階の温度ひび割れ照査で想定した条件が実際の施工条件と一致しているか確認する必要がある。具体的には、三者会議を行い、設計思想等の内容を確認し、施工段階で再照査を実施すべきか協議を行い判断する。
- (2) 再照査を実施すべきと判断された場合、施工者は、再照査を行い、温度ひび割れ制御対策を見直し、施工計画を作成する。なお、再照査の必要が無い場合は、設計時の温度ひび割れ制御対策を基に施工計画を作成する。
- (3) 施工者は、施工計画に基づき、基本事項を遵守した上で、温度ひび割れ制御対策を確実に実施する。発注者は、温度ひび割れ制御対策の実施状況を確認する。

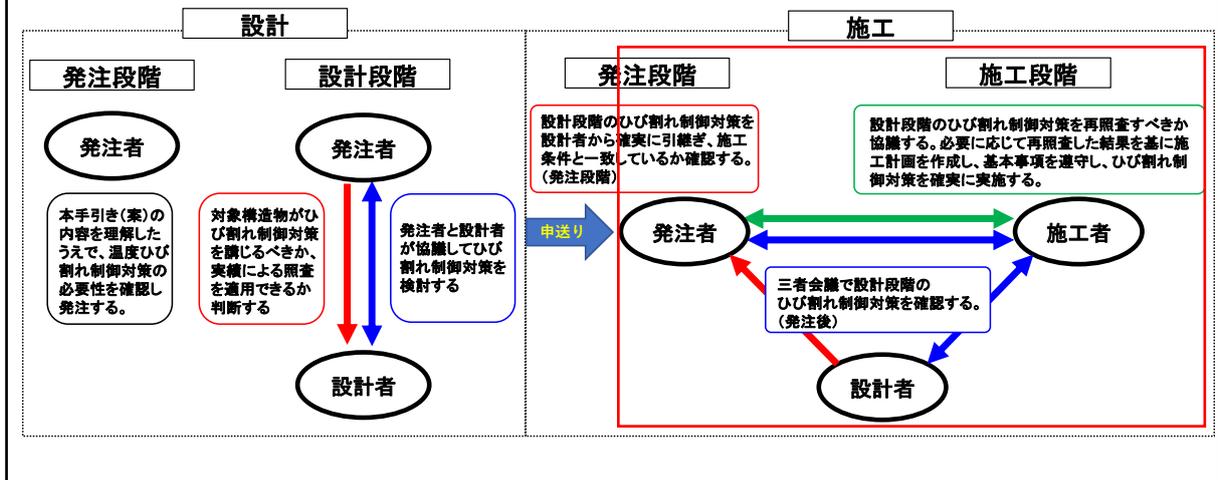


図 6.1 各段階の概要および担当者の役割（施工段階）

### 解説

#### (1) について

施工の発注者および施工者は、設計段階で温度ひび割れ照査が実施されているか、また、設計で想定した条件と実際の施工の条件が一致しているか、具体的な内容を三者会議で確認し、施工段階で再照査を実施すべきか協議を行い、判断する必要がある。

#### (2) について

再照査が必要と判断された場合、施工者は再照査を実施し、温度ひび割れ制御対策の検討を改めて行う必要がある。再照査を実施後、対策内容を施工計画へ反映する。

### (3) について

施工者は、「2017年制定コンクリート標準示方書【施工編】、土木学会」、「コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き（案）【施工編】、中国技術事務所」等に示された事項を遵守することで、温度ひび割れを含む初期の不具合の排除による品質の向上等が期待できる。一方で、適切なコンクリートの打込み方法を全ての作業員が理解して実践しなければ、品質の高いコンクリート構造物は構築できず、不適切な施工を行えば、品質低下の原因となる可能性がある。したがって、施工者は基本事項を遵守したうえで、適切な温度ひび割れ制御対策を確実に実施することが重要である。

## 6.2. 施工段階の検討事項

### 6.2.1. 三者会議

工事着手前に、当該工事の発注者、施工者、設計者が集まり、設計思想の確実な伝達、設計図と現場の整合性の確認、施工計画の妥当性について検討・協議する。

### 解説

三者会議は、設計思想の伝達および情報共有による、工事目的物の品質確保・向上を目的としている。再照査の必要がない場合においても、温度ひび割れ制御対策について、共通認識を得ることが重要であることから、施工者は三者会議を提案することが望ましい。

三者会議では、以下の内容について検討・協議する。

- ✓ 設計図と現場の整合性の確認
- ✓ 温度ひび割れ制御対策方法
- ✓ 施工計画の妥当性

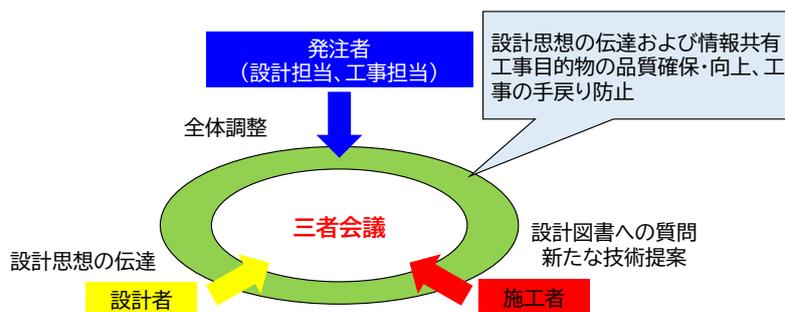


図 6.2 三者会議のイメージ 2) p.2

## 6.2.2. 温度ひび割れの照査

施工段階では以下に該当する場合、温度ひび割れの照査を実施する。

- ① 設計段階で温度ひび割れの照査が実施されていない。
- ② 設計段階で想定された条件と、実際の施工条件が一致していない。

### 解説

施工者は、温度ひび割れ照査実施の有無と設計時で想定した施工条件を設計成果で確認し、照査が実施されていない場合や、条件が一致していない場合は、実際の施工条件に合わせて温度ひび割れの照査を再度実施する。施工段階における照査フローを図 6.3 に示す。なお、照査の方法は、本手引き（案）の 4 章 4.2.1. を参照すること。

設計段階において、4.2.1 に示す式により、温度ひび割れ幅の限界値が設定されている場合、構造物の完成検査時においても性能規定による温度ひび割れ幅の限界値を適用し、齟齬がないよう留意すること。

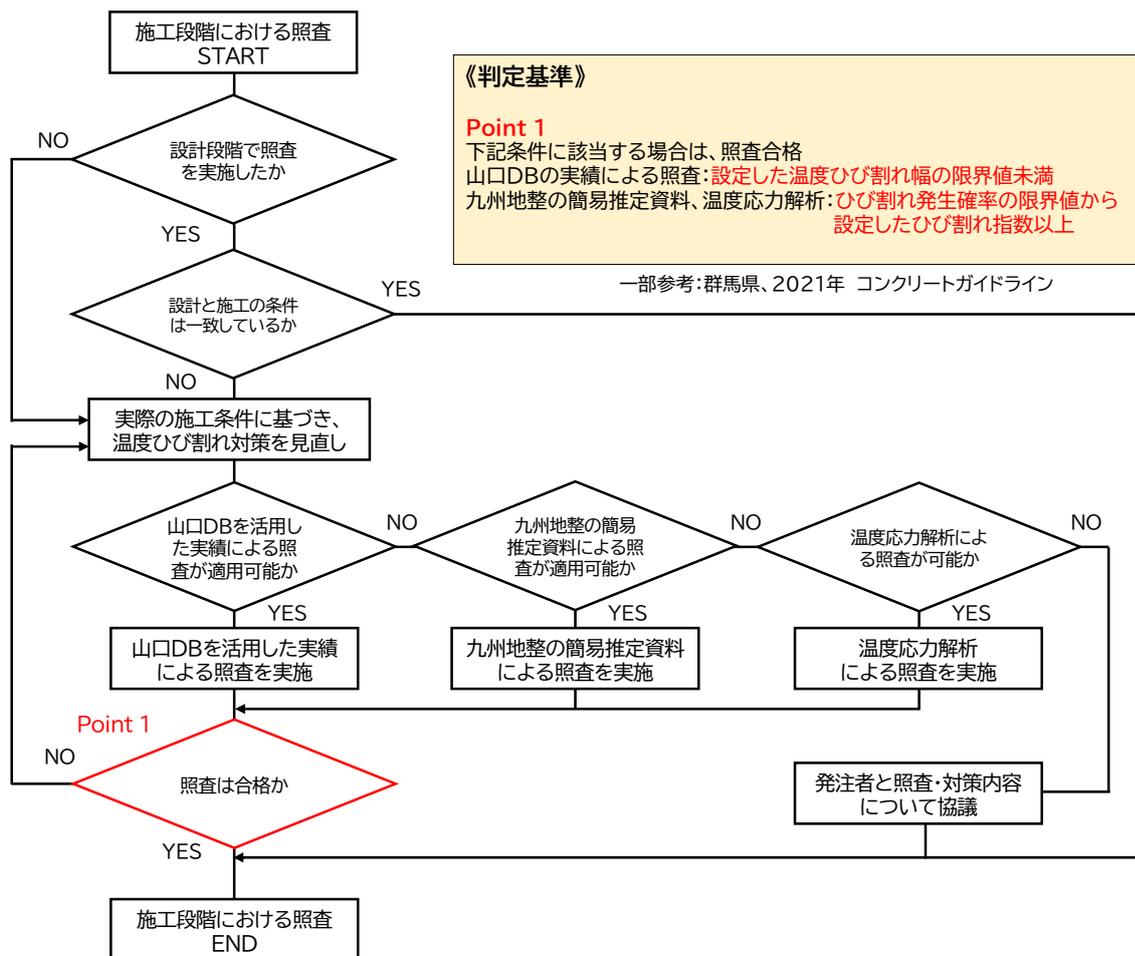


図 6.3 施工段階における温度ひび割れの照査フロー<sup>5)</sup> p.37

### 温度ひび割れ制御対策の検討

- (1) 山口 DB、九州簡易推定資料による照査により、対策を検討する場合は、各照査により選定される温度ひび割れ制御対策内容が限定されることに留意する。
- (2) 施工段階においては、第 2 章 2.2 を参考とし、温度応力を低減する対策を実施する。

### 解説

#### (1) および (2) について

具体的な温度ひび割れ制御対策の内容については、本手引き（案）の 4 章 4.2.2. を参照すること。

### 6.2.3. 施工計画への反映

施工者は、三者会議等の協議を踏まえ、検討した対策を施工計画へ確実にさせる。

### 解説

施工者は、三者会議等による協議を踏まえ、検討した温度ひび割れ制御対策を施工計画へ確実に反映させる。

#### 6.2.4. 施工の実施

施工者は、施工計画に基づいて、施工を実施する。

#### 解説

施工者は、施工計画に基づいて、施工を実施する。施工の際は、温度ひび割れ制御対策を確実に実施するとともに、「コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き（案）【施工編】、中国技術事務所」を活用することが望ましい。

## 6.2.5. 施工の記録

発注、設計、施工に関する情報をリフトごとに記録し、コンクリート施工記録を作成する。コンクリート施工記録の概要を表 6.1、使用する記録様式を「巻末資料 各種記録様式」に示す。

表 6.1 コンクリート施工記録の概要

No.	構成	主な記録内容	共通仕様書記載の提出項目
①	基本情報(リフト図)	工事名、工期、施工場所、打込みリフト図、構造、寸法、鉄筋配筋、ひび割れ制御対策、鉄筋比	
②	コンクリート打込み管理表	生コンクリートの材料・配合、品質管理試験結果、運搬・打込み・締固め、養生	△
③		コンクリートの温度計測①	
④		コンクリートの温度計測②	
⑤	施工状況把握チェックシート	施工段階(準備、運搬、打込み、締固め、養生)におけるチェック項目の確認	
⑥	打設・養生方法の記録	ポンプ圧送高さ、圧送距離、ポンプ管径、打設数量、打設気温、養生方法、養生気温等	△
⑦	誘発目地記録	設置理由、解析結果、誘発目地概要(設置箇所、設置間隔、目地材質)	
⑧	環境に関する記録	海岸からの距離、周辺環境、直下周辺環境、気象条件、供給塩化物量	
⑨	表層目視評価	表面の色つや、沈みひび割れ、表面気泡、打重ね線、型枠継目のノ口漏れ、砂すじ	
⑩	表層透気試験	コンクリートの含水率、透気係数、測定深さ等	
⑪	ひび割れ調査票	工事、構造物の基本情報	●
⑫		構造物一般図	●
⑬		ひび割れの概要(ひび割れの有無、本数、総延長、最大ひび割れ幅、発生時期、規則性、形態、方向)	●
⑭		ひび割れの発生状況図	●
⑮		ひび割れ発生箇所の写真	●

※△：一部、「建設材料の品質記録保存業務実施要領(案)」に記載の提出項目と同じ

## 解説

コンクリート施工記録は発注、設計、施工に関する情報をリフトごとに記録し、保存することで、温度ひび割れの照査や温度ひび割れ制御効果の検証等に役立てるものである。

コンクリート施工記録は 15 枚の様式があり、中国地整の共通仕様書に記載された提出書類のうち、ひび割れ調査票のみが共通している。このため、その他の記録表は別途作成する必要がある。

### 6.2.6. 温度ひび割れの発生状況の記録

コンクリート構造物の品質確保を図るためひび割れ調査を実施し、その内容をリフトごとに記録する。

#### 解説

設計時および施工時に実施した温度ひび割れ制御対策を理解したうえで、リフトごとにひび割れ調査を実施し、ひび割れ状況を確認する。硬化したコンクリートの表面状態を目視で確認し、ひび割れが発生していた場合には、その位置をコンクリート施工記録に記録する。温度ひび割れは、構造物の形状、寸法、拘束条件等により、ひび割れの発生位置や形状（表面ひび割れ、貫通ひび割れ等）が異なることに注意する。

### 6.2.7. 温度ひび割れの措置

補修基準以上のひび割れが発生した場合は、ひび割れの発生原因を究明したうえで求められる性能を満足するための措置を行う。

#### 解説

4. 2. 1. (3) に示すひび割れ幅の限界値以上のひび割れが発生した場合は、「コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き（案）【維持管理編（巡回・巡視）】、中国技術事務所、5. 措置」に準じて、求められる性能を満足するように措置を行う。

## 【参考文献】

- 1) 日本コンクリート工学会、マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016 (H28.11)
- 2) 中国技術事務所、コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き(案)[設計編](R4.3)
- 3) 土木学会、2017年制定コンクリート標準示方書[設計編](H30.3)
- 4) 山口県土木建築部、コンクリート構造物品質確保ガイド【ガイド】(R3.10)
- 5) 群馬県、群馬県コンクリート構造物品質確保ガイドライン【本編】(R3.3)
- 6) 中国地方整備局、土木工事設計マニュアル (R4.4)
- 7) 九州地方整備局、九州地区における土木コンクリート構造物設計・施工指針(案)(R1.9)
- 8) 中国地方整備局、中国地方整備局 土木工事共通仕様書 令和4年度版 (R4)
- 9) 東北地方整備局、ひび割れ抑制のための参考資料(案)(橋脚、橋台、函渠、擁壁編)(H29.2)
- 10) 四国地方整備局、誘発目地によるひび割れ対策の手引き(案)(H30.4)
- 11) 鳥取県、コンクリート構造物ひび割れ抑制対策マニュアル (R4.4)
- 12) 土木学会、2017年制定コンクリート標準示方書[施工編](H30.3)