

コンクリート構造物ひび割れ抑制対策マニュアル

令和4年4月

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

目次

1章 はじめに	1
2章 概要	2
3章 ひび割れの種類とひび割れ抑制対策	3
3.1 初期ひび割れの種類	3
(1) 施工に起因するひび割れ	3
(2) 温度ひび割れ	6
(3) 収縮ひび割れ	8
3.2 初期ひび割れ抑制対策	10
(1) 施工に起因するひび割れ	10
(2) 温度ひび割れ	12
(3) 収縮ひび割れ	13
4章 構造物別の初期ひび割れとその抑制対策	14
4.1 橋台	15
(1) ひび割れの発生パターン	15
(2) 設計, 工事発注, 生コンクリート製造, 施工の各段階でのひび割れ抑制対策	16
4.2 橋梁地覆・壁高欄	26
(1) ひび割れの発生パターン	26
(2) 設計, 工事発注, 生コンクリート製造, 施工の各段階でのひび割れ抑制対策	27
4.3 ボックスカルバート	37
(1) ひび割れの発生パターン	37
(2) 設計, 工事発注, 生コンクリート製造, 施工の各段階でのひび割れ抑制対策	38
4.4 砂防堰堤・谷止工	49
(1) ひび割れの発生パターン	49
(2) 設計, 工事発注, 生コンクリート製造, 施工の各段階でのひび割れ抑制対策	50
参考図書	62
[鳥取県が推奨するひび割れ抑制対策(鳥取県対策)の解説]	63
付録	69

まえがき

国民の生活の向上、生命・財産の保護、災害に対する安全・安心の確保、社会経済活動や国家の繁栄はインフラによって支えられてきた。これらのインフラのうち、東京オリンピック（1964年）前後の高度成長期に構築された多くのインフラは 50 歳越えに達し、今後一斉に老朽化が進行していく状況にある。

当面は、補修を繰り返すことによって延命も可能であるが、構造物全体が老朽化すると、補修不能、機能不全あるいは補修費が更新費を上回るような状況に至ると考えられる。この時、重要性、過疎化、経済状況等を総合的に評価して、「更新」あるいは「廃棄」を決定することになるが、更新となった場合、あるいは別の視点から新たに新設される場合には、丈夫で長持ちし、かつ経済性のよい（耐久性があり、ライフサイクルコストも少ない）構造物を構築することが以前にも増して要望されることになる。

これら要望に応える基幹対策としては、コンクリート構造物の耐久性に大きな影響を及ぼすひび割れの発生を抑制することが挙げられる。

これを受けて、鳥取県は、平成 24 年度に「鳥取県コンクリート耐久性等の品質向上検討委員会」を設立した。その主旨は、インフラの大半がコンクリート構造物であること、コンクリート構造物においては、設計、材料、施工、維持管理の引き継ぎプロセスを通して構築・供用されること、早期劣化や損傷の原因は 1 つの特定のプロセスによることは稀で、これら一連のプロセスの中で複合的に関与して生じる場合が多いことが背景にある。本委員会は、コンクリート構造物の設計、材料、施工、維持管理、さらには健全度（あるいは損傷）診断や補修・補強に関わった鳥取県在住の経験豊かな技術者、および学識経験者から構成される。最初に、鳥取県が管理する既存コンクリート構造物において生じた損傷とその原因の抽出と分析、損傷防止対策を検討し、今後、新設・更新するコンクリート構造物の品質向上策について検討した。次に、コンクリート構造物の耐久性等の品質を確保・向上するためには、設計、材料、施工、維持管理の各プロセスにおいて行わなければならない基本的かつ重要な事項を個々の技術者が十分理解し、相互に連携・協働していくことが必要であることから、プロセスごとに関わる技術者と実施・確認すべき重要事項を明確にした。最後に、耐久性に及ぼす影響が大きいひび割れ、とりわけ、初期ひび割れの抑制に力点を置き、鳥取県土木工事共通仕様書における規定よりも厳しい鳥取県試案を設定した。

H27～R3年度で試験施工等を通して、鳥取県試案の抑制対策としての有効性を確認できたことから、今回「鳥取県対策」として位置付けて「コンクリート構造物ひび割れ抑制対策マニュアル」を作成した。

最後に、本マニュアルの作成にご尽力いただいた鳥取県コンクリート耐久性等の品質向上検討委員会の委員長をはじめとする委員および関係各位に心から感謝の意を表したい。

令和 4 年 4 月

鳥取県県土整備部技術企画課

1章 はじめに

本マニュアルは、ひび割れ事例集（平成 25 年 10 月）で示したひび割れ発生の原因に対して原因別にひび割れ抑制のための基本原則を整理し、構造物ごとに発生しやすいひび割れの特徴とそのひび割れ抑制対策を提示するもので、今後、設計、工事発注、生コンクリート製造および施工に関与する技術者ないしは事業者が、コンクリート構造物のひび割れ抑制対策を検討する際の参考資料とするものである。

また、マニュアル中に記載の「**鳥取県対策**」は、ひび割れ抑制対策を実施するコンクリート構造物に適用する事項として取り扱うものとし、発注者は設計・施工にあたっては、以下の①、②のいずれかを選択する。

- ① 従来の発注（既往の施工実績があるため温度応力解析は課さない）
- ② ひび割れの制御を考慮した発注
 - ②-1 **鳥取県対策**を適用する発注（温度応力解析は課さない）
 - ②-2 温度応力解析等を課し、ひび割れ指数ないしはひび割れ幅を規定する発注

2章 概要

本マニュアルは、鳥取県が平成 25 年 10 月に作成・公表した「ひび割れ事例集」および平成 25～26 年にかけて行ったひび割れ抑制対策を目的として実施した現場調査ならびに試験施工の結果をもとに、コンクリート構造物のひび割れ抑制対策マニュアルとしてまとめたものである。

ひび割れの抑制にあたっては、コンクリート構造物を築造していく各段階、すなわち設計、工事発注、生コンクリート製造、施工の各段階において関与する発注者、設計者、施工者、生コン製造者の四者（ないしは三者）が各々の役割・立場において適切に対応してコンクリート構造物の品質を確保し、耐久性向上に取り組むことが不可欠である。そこで、各段階で実施し得る対策事項を本マニュアルでまとめている。

本マニュアルの 3 章以降の構成は以下のとおりである。

3 章では、コンクリート構造物に生じやすいひび割れとして、施工に起因するひび割れ、温度ひび割れ、収縮ひび割れを取り上げ、これら初期ひび割れの発生原因とひび割れを抑制するための基本的な考え方を示した。

4 章では、ひび割れ事例集に示した 4 種類のコンクリート構造物（橋台、橋梁地覆・壁高欄、ボックスカルバート、砂防堰堤・谷止工）に対して、発生しやすいひび割れの特徴と各段階で実施し得るひび割れ抑制対策、さらには鳥取県が推奨する対策「**鳥取県対策**」も示した。なお、各構造物間で重複した内容が記載されている場合もあるが、構造物の種類ごとにひび割れの発生パターンと設計、工事発注、生コンクリート製造、施工の各段階でのひび割れ抑制対策を記載した。

本マニュアルの作成にあたり、参考とした鳥取県土木工事共通仕様書（以下、「共通仕様書」という）、および 2017 年制定コンクリート標準示方書（土木学会）（以下、「2017 コンクリート標準示方書」という）におけるひび割れ抑制に関連する条項は抜粋して本文中に示し、それ以外のものは末尾に参考図書として示した。

鳥取県が推奨するひび割れ抑制対策を「**鳥取県対策**」として 4 章の文中に示したが、その解説を巻末に掲載した。

付録として、鳥取県がひび割れ抑制対策の効果確認を目的として平成 25～26 年において行った、現場ひび割れ調査と試験施工の結果概要を添付した。

3章 ひび割れの種類とひび割れ抑制対策

コンクリート構造物に発生するひび割れの原因は多岐にわたり、さらに複数の原因によることもあり、ひび割れ発生メカニズムは非常に複雑である。ここで、ひび割れを発生時期によって分類すると、打込み後長期間を経過した後に発生する塩害やアルカリ骨材反応などによるひび割れとコンクリート打込後の早い時期において発生するセメントの水和熱や不適切な施工などによる初期ひび割れに大別される。これらのひび割れのうち本マニュアルで取り扱うひび割れは、鳥取県が実施したひび割れ調査結果において事例が多かった初期ひび割れ（ひび割れ事例集に掲載）に限定することとする。

初期ひび割れの抑制対策は発生原因ごとに適切な方法がある。そこで、本章では、初期ひび割れを発生原因別に示し、そのひび割れを抑制するための基本的な考え方と具体的なひび割れ抑制対策を示す。

3. 1 初期ひび割れの種類

初期ひび割れには、発生原因別に、施工に起因するひび割れ、温度ひび割れ、および収縮ひび割れの3つがある。以下、各ひび割れについて概説する。

(1) 施工に起因するひび割れ

施工に起因するひび割れとしては、沈みひび割れ（写真-1, 2）、コールドジョイント（写真-3）、表面の急激な乾燥によるひび割れ（プラスチック収縮ひび割れ）（写真-4）などがある。施工に起因するひび割れをまとめて表-1に示す。

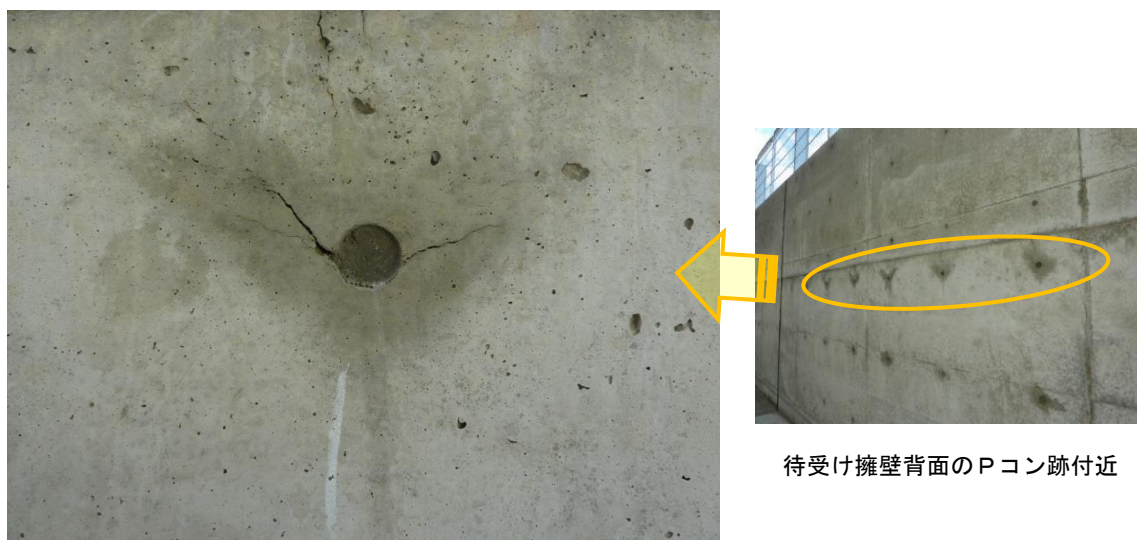
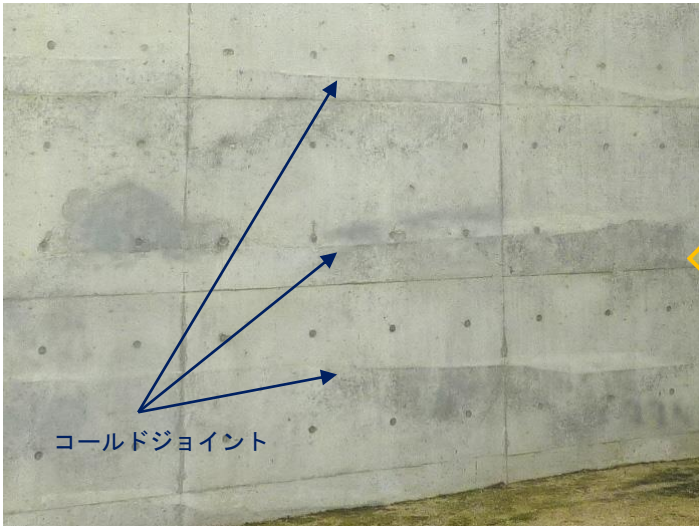


写真-1 沈みひび割れの例（型枠用セパレータ、Pコンによるもの）



踏掛版の上面

写真-2 沈みひび割れの例（上面鉄筋によるもの）



橋台の縦壁・翼壁背面

写真-3 コールドジョイントの例



橋梁壁高欄の上面

写真-4 表面の急激な乾燥によるひび割れの例

表-1 施工に起因するひび割れ一覧

発生原因別の種類	概要
沈みひび割れ（沈下ひび割れ，沈降ひび割れ）	コンクリートの打込み直後の沈みやブリーディングによる変位を埋設鉄筋，型枠用セパレータ，表面の型枠などが拘束することによって生じるひび割れ。ブリーディングが多いコンクリートに生じやすい。（写真-1, 2）
コールドジョイント	コンクリートを層状に打込む場合，先に打込んだ層と後から打込んだ層の間が完全に一体化していない不連続な面のこと。上下層の打重ね時間間隔が長くなることで生じやすい。（写真-3）
打込み後の急激な乾燥によるひび割れ	コンクリートの打込み後，上面の急激な水分の蒸発によって表面に生じる網目状のひび割れ。ブリーディングの上昇量に比べて表面からの水分の蒸発量が多い場合に生じやすい。（写真-4）
初期凍害によるひび割れ	コンクリート打込み後の硬化前に，表面付近の水分が凍結，体積膨張することによって生じるひび割れ。コンクリート表面が氷点下にさらされた場合に生じ，寒中コンクリートの養生不足が原因となりやすい。
型枠のはらみや支保工の沈下によるひび割れ	コンクリートが硬化し始める時期に型枠や支保工が変形，移動することによって生じるひび割れ。型枠や支保工の強度，剛性の不足，または支保工を支持する地盤の支持力不足が原因となる。
強度発現が十分でない時期の振動や荷重によるひび割れ	コンクリートの強度発現が十分でない時期に，振動を受けたり荷重がかけられたりすることによって生じるひび割れ。
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 混和材料の不均一な分散，長時間の練混ぜなど，練混ぜが原因となるもの ・ 不適切な打込み順序，急速な打込みなど，打込みが原因となるもの ・ 不適切な締固めなど，締固めが原因となるもの ・ 鋼材配置の乱れ，かぶり不足，など鋼材配置が原因となるもの ・ 不適切な打継ぎ処理など，打継ぎが原因となるもの ・ 型枠の早期除去など，型枠が原因となるもの ・ グラウトの充てん不良

(2) 温度ひび割れ

打込み後のコンクリートは、水和熱により時間の経過とともに温度が上昇し、最高温度に達した後は降下し、外気温に近づいていく（図-1）。この温度上昇時および下降時において生じるコンクリートの変形が拘束された場合にひび割れが発生することがある。このひび割れを「温度ひび割れ」という。変形の拘束の仕方によって内部拘束温度ひび割れと外部拘束温度ひび割れに分類される（図-2）。

これらひび割れの特徴としては、内部拘束温度ひび割れは表面近くに生じ、温度ピークに達する前に生じるものが多く、外部拘束温度ひび割れは貫通し、温度ピーク以降に生じるものが多い。写真-5 に外部拘束温度ひび割れの発生例を示す。

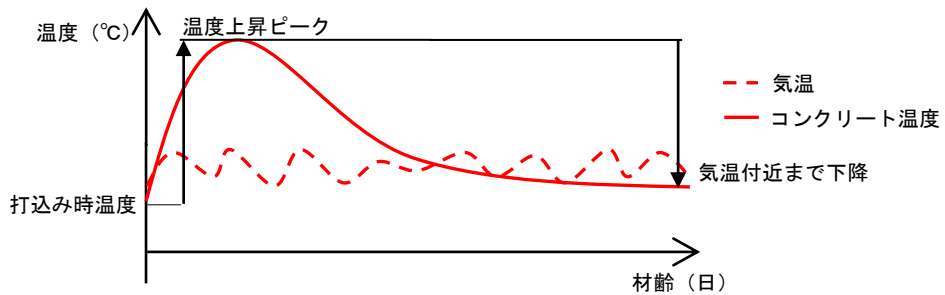


図-1 コンクリート打込み後の温度変化

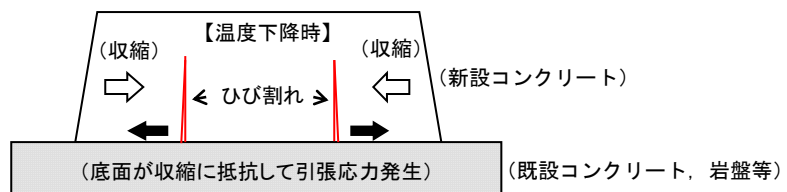
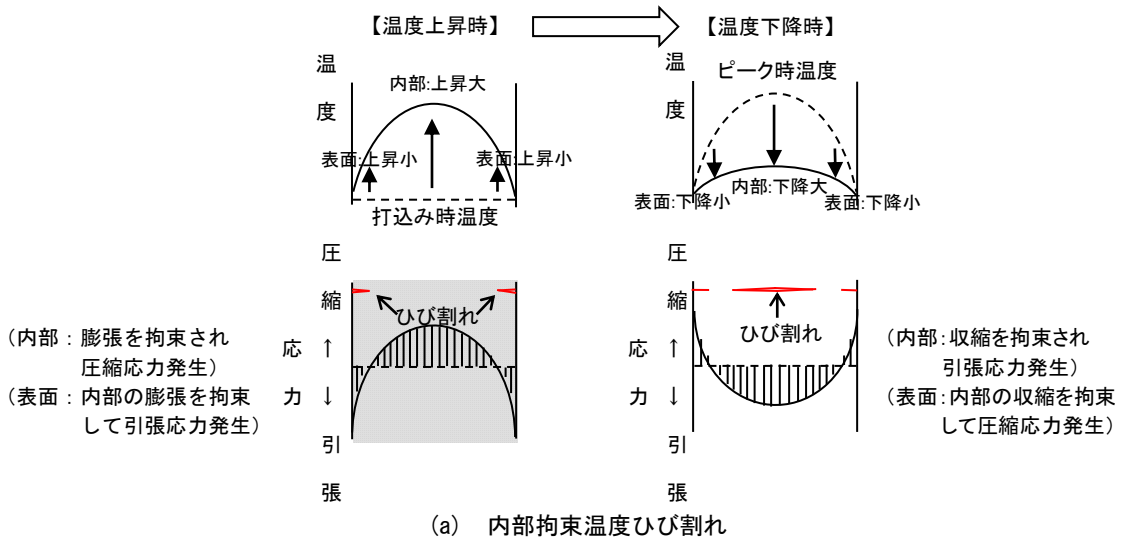
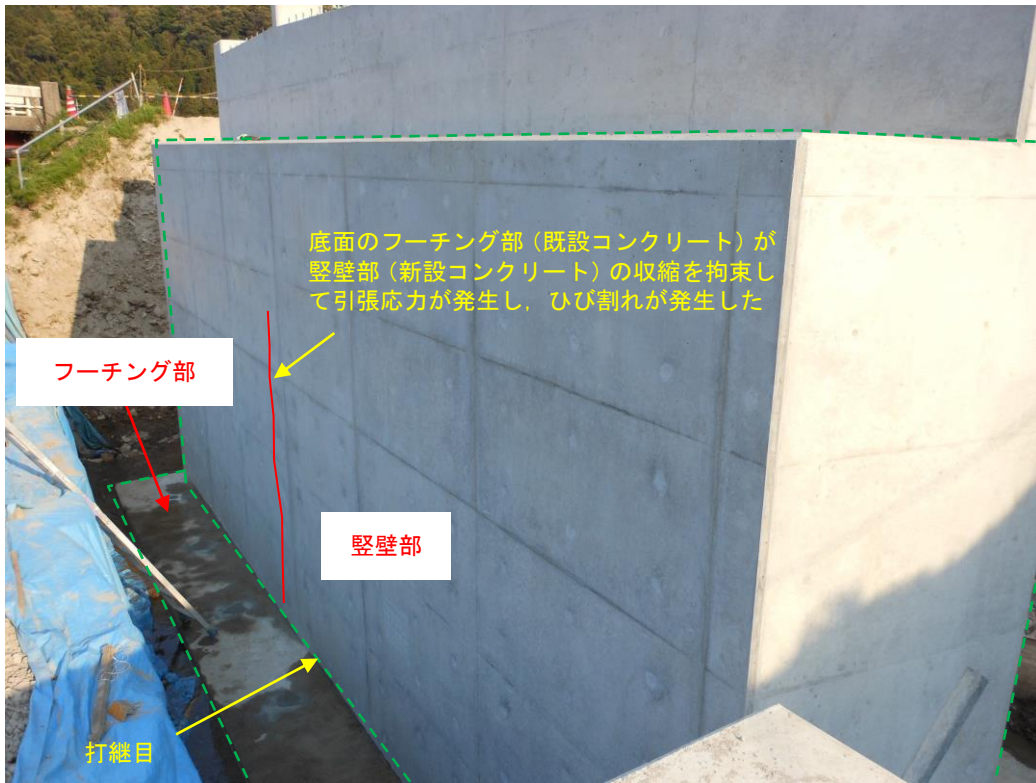
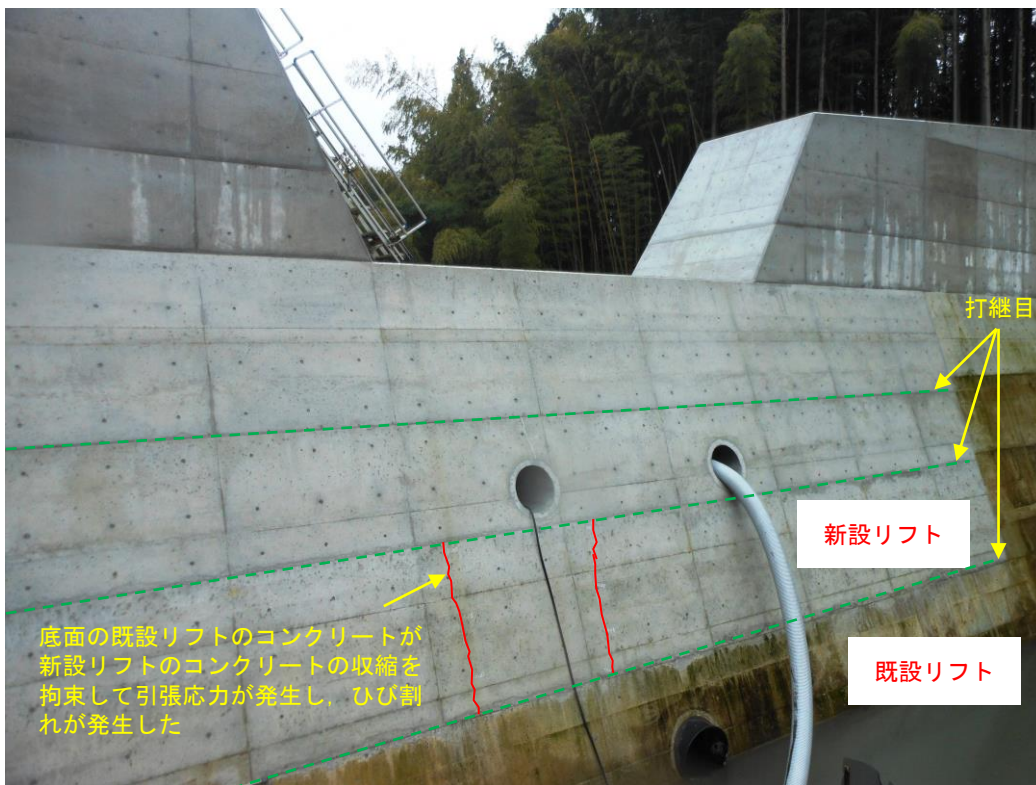


図-2 温度ひび割れのメカニズム



(a) 橋台縦壁の正面



(b) 砂防堰堤の背面

写真-5 外部拘束温度ひび割れの発生例

(3) 収縮ひび割れ

コンクリートは時間の経過とともに水和反応の進行や内部に含まれる水分の逸散によって収縮する。前者を自己収縮，後者を乾燥収縮という（図-3）。これらの収縮による変形が拘束された場合に発生するひび割れを「収縮ひび割れ」という。とくに乾燥収縮によるひび割れは，表面部から発生し，橋梁の地覆・壁高欄等の断面の薄い部材や開口部の隅角部，さらには風通しがよく乾燥の影響を受けやすいボックスカルバートの内空部などにおいて発生しやすい。写真-6 に乾燥収縮ひび割れの発生例を示す。

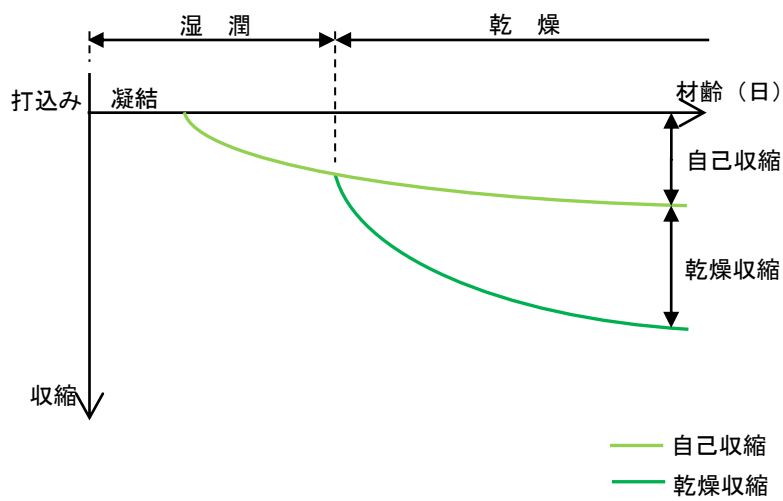
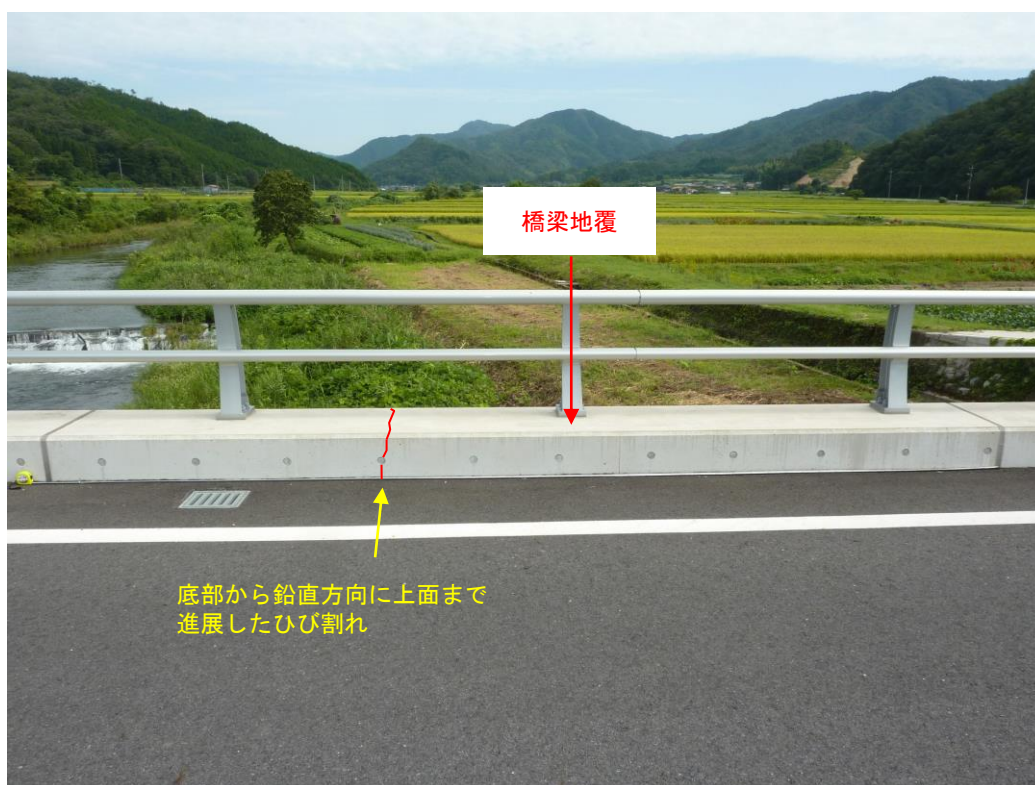
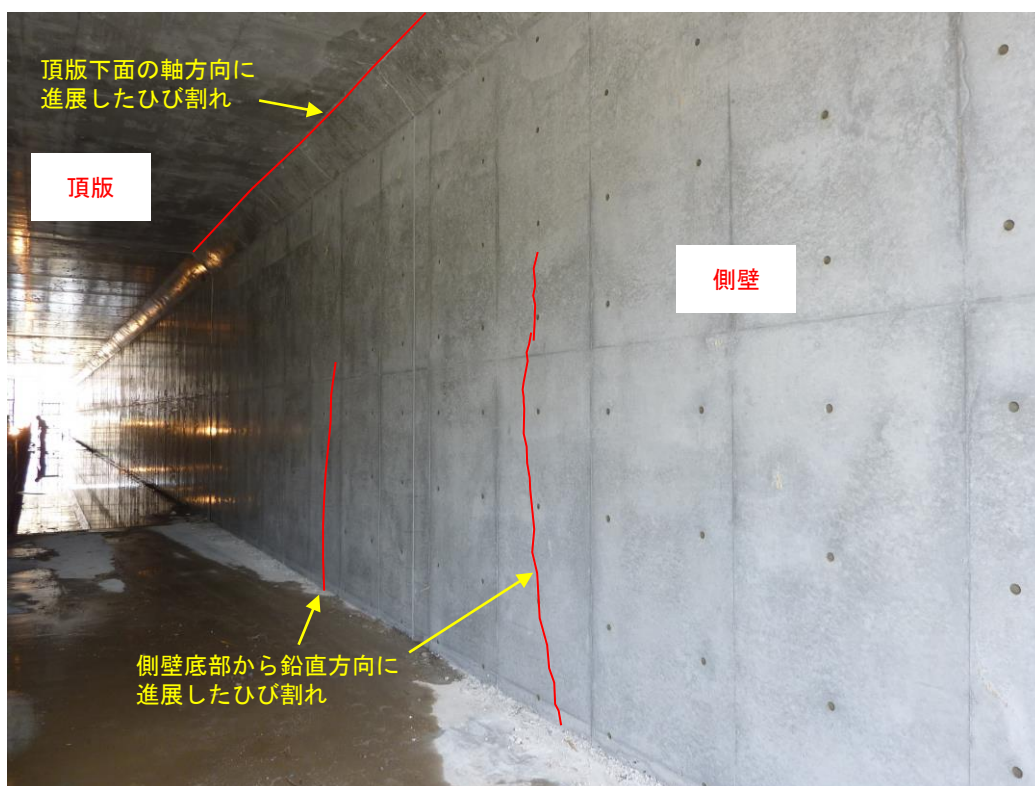


図-3 コンクリート収縮の概念図



(a) 橋梁地覆の表面



(b) ボックスカルバートの内空部側壁，頂版

写真-6 乾燥収縮ひび割れの発生例

3. 2 初期ひび割れ抑制対策

コンクリート構造物の施工にあたっては、予想される初期ひび割れの種類ごとに基本的な考え方に則ってひび割れ抑制対策を講じるものとするが、具体的には、施工する構造物の形状・寸法、施工時期および施工箇所環境条件などに応じて、最適と思われる抑制対策を講じる必要がある。より確実な効果を期待するためには、場合によっては複数の抑制対策を講じることも有効である。

ここでは、初期ひび割れを抑制するための基本的な考え方と、具体的なひび割れ抑制対策例を示す。

(1) 施工に起因するひび割れ

施工においては、共通仕様書および2017コンクリート標準示方書に示されている基本事項を遵守することが原則である。具体的には、沈みひび割れ抑制対策として打込時の注意点やコールドジョイント抑制対策として打重ね時間間隔の規定などを遵守することである。施工に起因して生じやすいひび割れ抑制対策を一括して表-2に示す。

表-2 一般的なひび割れ抑制対策例（施工に起因するひび割れ）

	ひび割れの種類	基本的な対策	具体的な対応
施工に起因するひび割れ	沈みひび割れ（沈下ひび割れ, 沈降ひび割れ）	ブリーディングが少なくなるように、材料分離の少ない均一なコンクリートを用いる。 内部鋼材等が沈下を拘束する箇所は沈下終了後に再度締め固めを行う。断面寸法に急変部がある場合は、断面の変わる箇所でいったん打ち止め、沈下を落ち着かせる。 とくに高さのある壁や柱では、急速な打込みをしない。	沈みひび割れが発生した場合、直ちにタンピングや再振動を行い、これを消す。 スラブまたは梁が壁または柱と連続している構造の場合、壁または柱のコンクリートの沈下がほぼ終了してからスラブまたは梁のコンクリートを打込む。 打ち上がり速度は30分あたり1.0～1.5m程度を標準とする。
	コールドジョイント	打重ね時間間隔をできる限り短くし、適切に締め固めて各層を一体化させる。	2層以上に分けて打込む場合、許容打重ね時間間隔は、外気温が25℃を超える場合で2.0時間、25℃以下の場合で2.5時間を標準とする。また、バイブレーターを下層に10cm程度挿入し、上下層が一体となるように締め固める。
	打込み直後の表面の急激な乾燥によるひび割れ	打込み直後のコンクリート表面を急激に乾燥させないようにする。	打込み直後から、コンクリート表面に日光や風が直接当たらないようにシート等で覆う。
	初期凍害によるひび割れ	打込み後に、コンクリートが凍結しないようにする。	初期凍害を防止できる強度が得られるまでコンクリート温度を5℃以上に保ち、その後急冷しないように2日間は0℃以上に保つようにする。
	型枠のはらみや支保工の沈下によるひび割れ	型枠および支保工は、荷重に対して必要な強度と剛性を有するものとし、適切に計画、施工する。	型枠・支保工の強度、剛性は構造計算によって確認する。 打込み前、計画通りの構造であるか必ずチェックする。
	十分な強度が発現する前の振動や載荷によるひび割れ	打込み後一定期間（養生期間（表-5））は、有害な作用の影響を受けないようにする。	工事車両の通行など想定外の外力による荷重、振動を受けないようにする。

(2) 温度ひび割れ

温度ひび割れは、水和熱による温度変化と、それにともなうコンクリート内部と外部の温度差が原因で生じる。そのため、ひび割れ抑制には、コンクリートの内部と表面の温度差を小さくする、水和熱を小さくすることが基本となる。具体的には、単位セメント量を少なくする、低発熱型セメントを用いる、養生温度を制御する、パイプクーリングやコンクリートの製造時に水・骨材等の材料をあらかじめ冷却するプレクーリングを施す、などがある。温度ひび割れに対する抑制対策をまとめて表-3に示す。

表-3 一般的なひび割れ抑制対策例（温度ひび割れ）

ひび割れの種類	基本的な対策	具体的な対応
温度ひび割れ	コンクリート内部と表面の温度差を小さくする。	コンクリート内部と表面の温度差が大きくなるように、表面の保温や湿潤養生に冷水を用いないなど、急激な温度変化を制御した適切な養生をする。
		練混ぜ水、骨材等の材料の冷却、運搬車・ポンプ配管へのカバーや散水など温度上昇抑制などにより、打込み時のコンクリート温度が上がらないようにする。
		パイプクーリング等打込み後のコンクリートの冷却や、1回に打込む範囲（高さ・長さ）を小さくすることなどにより、コンクリートの温度上昇を抑える。
	水和熱を小さくする。	高性能 AE 減水剤等の化学混和剤の使用による単位水量減少や、高炉スラグ微粉末等の混和材をセメントの一部に置き換えることなどにより、単位セメント量を少なくする。
		中庸熱、水和熱の小さい低発熱型のセメントを使用する。
	収縮にともない発生する応力を小さくする。	ひび割れ誘発目地を設置する。
	ひび割れ幅を制御する。	ひび割れ制御鉄筋などの補強材を配置する。
	強度（引張強度）、伸び能力、あるいは変形能の大きなコンクリートを用いる。	繊維補強コンクリートを使用する。
その他	PC 鋼材を配置しプレストレスを与える。	
	膨張材を使用する。	

(3) 収縮ひび割れ

収縮ひび割れはコンクリートの収縮が原因で生じる。そのため、収縮ひび割れの抑制には、収縮を小さくするような対策を講じることが基本となる。具体的には、単位水量を少なくすること、混和剤あるいは混和材の使用により収縮を低減することなどがある。収縮ひび割れの抑制対策をまとめて表-4に示す。

表-4 一般的なひび割れ抑制対策例（収縮ひび割れ）

ひび割れの種類	基本的な対策	具体的な対応
収縮ひび割れ	収縮を小さくする。	高性能 AE 減水剤の使用などにより、単位水量を少なくする。
		収縮低減性を有する混和剤あるいは混和材の使用により収縮を低減する。
		表面を乾燥させないように、湿潤養生期間を守るなど適切な養生をする。
	収縮にともない発生する応力を小さくする。	ひび割れ誘発目地を設置する。
	ひび割れ幅を制御する。	ひび割れ制御鉄筋などの補強材を配置する。
	強度（引張強度）、伸び能力、あるいは変形能の大きなコンクリートを用いる。	繊維補強コンクリートを使用する。
その他		P C 鋼材を配置し、プレストレスを導入する。
		膨張材を使用する。

4章 構造物別の初期ひび割れとその抑制対策

ひび割れ事例集で示した4つの構造物（橋台、橋梁地覆・壁高欄、ボックスカルバート、砂防堰堤・谷止工）について、発生しやすい初期ひび割れを具体的に挙げ、これらのひび割れを中心に、設計、工事発注、生コンクリート製造、施工の各段階で実施し得る抑制対策を以下に示す。

なお、これまでの鳥取県におけるひび割れ事例や、鳥取県がひび割れ抑制対策の効果確認を目的として平成25～26年において行った、現場ひび割れ調査と試験施工の結果などに基づき、一般的なひび割れ抑制対策に加えて鳥取県が推奨するひび割れ抑制対策（**鳥取県対策**）を文中に示した。

「**鳥取県対策**」は、ひび割れ抑制対策を実施するコンクリート構造物に適用する事項として取り扱うものとし、発注者は設計・施工にあたっては、以下の①、②のいずれかを選択する。

- ① 従来の発注（既往の施工実績があるため温度応力解析は課さない）
- ② ひび割れの制御を考慮した発注
 - ②-1 **鳥取県対策**を適用する発注（温度応力解析は課さない）
 - ②-2 温度応力解析等を課し、ひび割れ指数ないしはひび割れ幅を規定する発注

4. 1 橋台

(1) ひび割れの発生パターン

橋台に発生するひび割れは、フーチング上の堅壁、堅壁上の胸壁（パラペット）など、既設コンクリート上に打継いだ底部から鉛直方向に進展する形状が多い（図-4 (a)）。これらのひび割れは、コンクリートの収縮を底面に接する既設コンクリートが拘束することが原因で生じる温度ひび割れや乾燥収縮ひび割れ、あるいはこれらが複合したひび割れである。堅壁は断面寸法が大きく水和熱によるコンクリート内部と表面の温度差が大きいため温度ひび割れが生じやすい。一方、パラペットは断面寸法が比較的小さく、とくに前面は常時外気にさらされることが多いため乾燥収縮ひび割れが生じやすい。また、堅壁はコンクリート打設量が多いため施工時にコールドジョイントが生じやすい（図-4 (b)）。

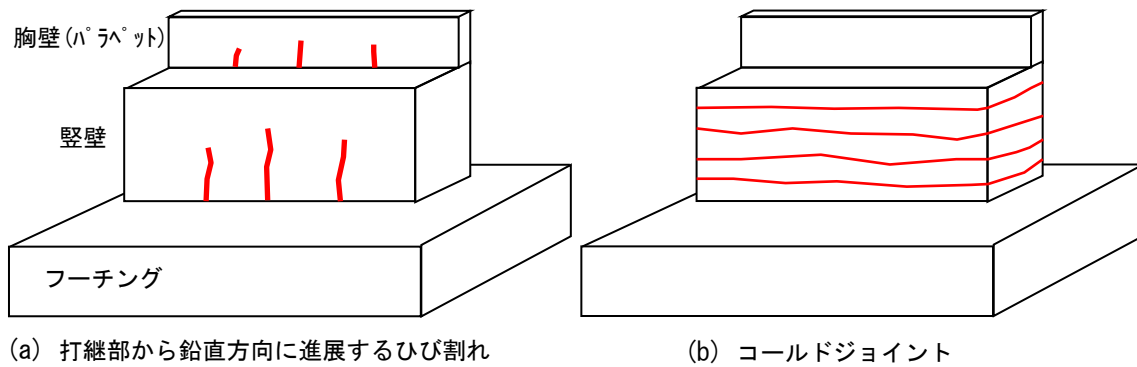


図-4 橋台に発生しやすいひび割れ

(2) 設計, 工事発注, 生コンクリート製造, 施工の各段階でのひび割れ抑制対策

ここでは, 設計, 工事発注, 生コンクリート製造, 施工の各段階で, 発注者, 設計者, 生コン製造者, 施工者の四者が行うひび割れ抑制対策を示す。各段階の役割分担を表-7(4章末尾 59 頁) に示す。

4.1.1 設計段階

設計段階におけるひび割れ抑制のためのポイントは, 発注者と設計者が鳥取県対策の内容を十分に理解し, それを反映した設計をすることである。

発注者:

- (1) 温度ひび割れの懸念がある(とくに躯体厚が 50cm 以上の) 場合には, 以下の①, ②のいずれかを選択する。

① 従来の方法(既往の施工実績があるため温度応力解析は課さない)

② ひび割れの制御を考慮した方法その他の対策

②-1 鳥取県対策を適用する方法(温度応力解析は課さない)

②-2 温度応力解析等を課し, ひび割れ指数ないしはひび割れ幅を規定する方法

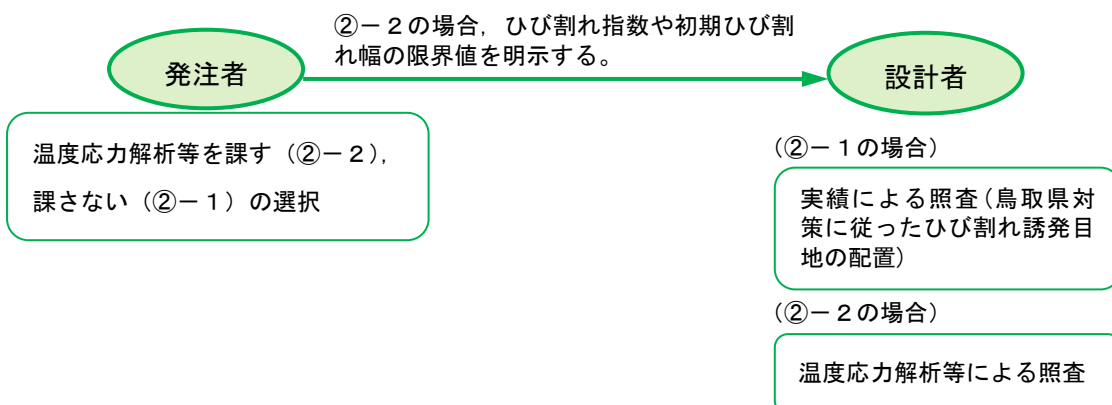
発注者・設計者:

- (2) 発注者は, 上記②-2の「温度応力解析等を課す」場合, 構造物に求められる所要の性能に悪影響を与えないように, 構造物の重要度, 環境条件, 過去の実績等に基づいて適正なひび割れ指数ないしは初期ひび割れ幅の限界値を設定しなければならない。設計者はこれに対して初期ひび割れの照査を行う。

- (3) 温度応力解析等による照査の結果, 設定したひび割れ指数や初期ひび割れ幅の限界値が満足されない場合は, 発注者と設計者はさらに具体的な対策について協議する。

- (4) 上記②-1による方法の場合, ひび割れ誘発目地の配置は以下に従う。

(鳥取県対策) 躯体幅が 10 m 以上の橋台堅壁には 5 m 程度以内にひび割れ誘発目地を設ける。ひび割れ誘発目地の構造, 配置は構造物の機能を損なわないようにする。ひび割れ誘発目地の断面欠損率は 50 % 程度以上とし, 配置本数はできる限り奇数とし, 1 本であれば延長中央, 3 本であれば 1/4 点・中央・3/4 点とする。



【解説】

(1) について

一般に堅壁は断面寸法が大きなマスコンクリートであり、温度ひび割れが生じやすい。「2017 コンクリート標準示方書〔設計編〕〔施工編〕」によれば、下端が拘束された壁では厚さ 50 cm 以上のものをマスコンクリートと考えてよいとされており、堅壁のほとんどがこれに該当することになる。「共通仕様書 第 1 編 1-3-11-2 1.」によれば、マスコンクリートの施工にあたっては、事前にセメントの水和熱による温度応力および温度ひび割れに対する十分な検討を行わなければならない。この場合の検討方法には大きく分けて既存の実績による照査と温度応力解析による照査の 2 つの方法があり、いずれかの方法を用いればよい。
← (2017 コンクリート標準示方書〔設計編：本編〕12-1(3)および解説文)

(2), (3) について

設計段階での構造物の耐久性、安全性、使用性、復旧性の照査では、所要の性能に影響を及ぼすような初期ひび割れは発生していないことを前提としているため、設計段階で初期ひび割れに対する照査を行わなければならない。初期ひび割れの照査に温度応力解析を用いる場合は、適正なひび割れ指数ないしは初期ひび割れ幅の限界値を設定しておく必要がある。
← (2017 コンクリート標準示方書〔設計編：本編〕12-1(1))

(4) について

初期ひび割れの照査に既存の実績を用いる場合は、ひび割れ誘発目地の配置を検討する。「共通仕様書 第 1 編 1-3-6-7 9.」によれば、温度変化や乾燥収縮などにより生じるひび割れを集中させる目的で、必要に応じてひび割れ誘発目地を設置するものとしており、「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (日本道路協会) (8.2.2 幅の大きい躯体の設計)」⁸⁾ では、躯体幅が 15 m 程度以上であればひび割れ誘発目地を設けるのがよいとされている。「土木工事設計マニュアル (中国地方整備局) (第 3 編 道路編 第 5 章 橋梁 第 3 節 下部工)」⁶⁾、「設計便覧 (案) (近畿地方整備局) (第 3 編 道路編 第 7 章 橋梁下部工 第 2 節 橋台・橋脚)」⁷⁾ にも同様の規定がある。しかし、これまでの鳥取県におけるひび割れ事例やひび割れ抑制を目的とした試験施工の結果によれば、躯体幅が 10 m 以上の堅壁の場合には 1 本以上のひび割れが発生していることが多い。このような状況を鑑みて、躯体幅が 10 m 以上の橋台堅壁には 5 m 程度以内にひび割れ誘発目地を設けることを**鳥取県対策**とした。

配置本数をできる限り奇数としたのは、これまでの橋台のひび割れ事例の傾向や「マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008 (日本コンクリート工学会) (5.2.3 ひび割れ誘発目地)」⁴⁾ を参考にしたもので、断面欠損率 50 % 程度以上は、ひび割れを確実に誘発目地に誘導するために改訂された「2017 コンクリート標準示方書」の規定による。過密な配筋などでひび割れ誘発目地の配置が困難な場合には個別の検討とする。

なお、ひび割れ誘発目地の配置は、支承や落橋防止構造の機能を損なわないように注意する。

4.1.2 工事発注段階

工事発注段階におけるひび割れ抑制のためのポイントは、設計段階で検討したひび割れ抑制の目的と対策の妥当性を確認し、その結果を施工段階に反映していくことである。

- (1) 発注者は、気温の高い時期のコンクリート打込みを極力避けるように工事を計画する。この時期にコンクリートを打込む工事を発注する場合は、温度ひび割れ抑制対策について検討する。
- (2) 発注者は、コンクリート打込み後の養生期間を確実に確保できるように工期を設定する。
- (3) 発注者は、初期ひび割れ抑制を含め、設計の意図を明示して工事を発注する。

発注者

実際の発注時期、設定された工期において、設計段階で検討したひび割れ抑制の目的と対策の妥当性を確認し、その結果を反映して、設計図書を作成する。

(発注)

【解説】

(1) について

温度ひび割れは、コンクリート内部と表面の温度差が原因で生じるため、抑制するには昼夜の気温差が大きい時期の施工を避けるのが望ましい。とくに、冬期は外気温が低いために注意が必要である。コンクリート温度自体を低く抑えることも有効であり、気温の高い日のコンクリート打込みも避けるのが望ましい。これらの時期にコンクリートを打込む工事を発注する可能性がある場合は、設計発注時に温度ひび割れ抑制対策について検討することとする。

(2) について

養生期間はひび割れ抑制に大きく関与するため、工期設定において養生期間を確保することを明記した。

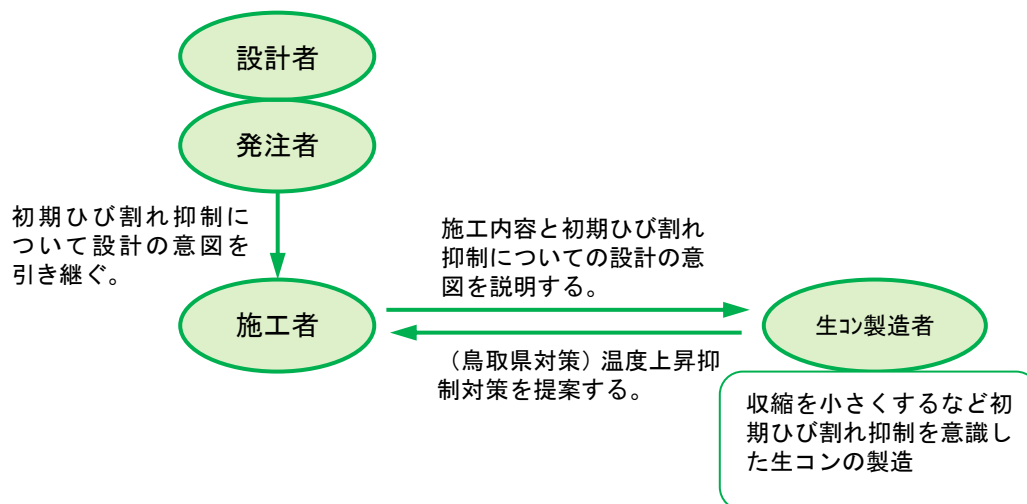
(3) について

設計段階で初期ひび割れ抑制について検討した結果が施工段階に確実に引き継がれるように、発注図書に設計の意図を盛り込む。

4.1.3 生コンクリート製造段階

生コンクリート製造段階におけるひび割れ抑制のためのポイントは、生コン製造者はできる限り収縮を小さくし、打込み時のコンクリート温度を低くする、温度上昇を抑える、などの工夫をすることで、初期ひび割れ抑制の目的を発注者、設計者、施工者と共有・協働することである。

- (1) 生コン製造者は、施工者と工事についての綿密な打合わせを行い、施工内容を把握するとともに、ひび割れ抑制についての設計の意図を発注者、設計者から確実に引き継ぐ。
- (2) 生コン製造者は、コンクリートの打込み作業時は現場と密接な連絡を取り合い、現場の状況に合わせて適切なタイミングで生コンクリートを出荷できるようにする。
- (3) 生コン製造者は、乾燥収縮によるひび割れ抑制として、できる限り収縮量の少ない生コンクリートを製造することに努める。
- (4) (鳥取県対策) 生コン製造者は、マスコンクリートや昼夜の気温差が大きい時期の打込みの場合、コンクリートの打込み時および打込み後の温度上昇をできる限り抑えるような対策を提案する。



【解説】

(1) について

生コンクリートの品質はコンクリート構造物の性能に影響する。そのため、生コン製造者と発注者、設計者、施工者は、初期ひび割れ抑制についての設計の意図や施工内容を把握、共有しておくことがコンクリート構造物のひび割れ抑制のためにも重要である。

(2) について

コンクリートの出荷に関しては、現場での打込み速度に比べて生コンクリートの出荷ペースが早い場合、運搬車現場到着後の打込みまでの待ち時間が長くなり、打込みに許容される作業時間が短くなる。これに合わせて無理に打込み速度を速めると、締固め作業が不十分となり、充てん不足や沈みひび割れを起しやすくなる。一方、出荷ペースが遅い場合、既に打込んだ箇所との打重ね時間間隔が長くなり、コールドジョイントが生じやすくなる。このような観点から、現場の作業状況に合わせた適切なタイミングでの生コンクリートの出荷が重要となる。

(3) について

乾燥収縮によるひび割れを抑制する観点からは、できる限り収縮量の少ない生コンクリートを供給することが望ましい。配合面からは、単位水量を小さくする、膨張材、収縮低減性を有する混和剤の使用、混和材料の使用、などが有効である。「2017 コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準] 4.6.1」には、単位水量が大きくなると乾燥収縮が増加するため、単位水量の上限値が設定されている。←（粗骨材の最大寸法 20～25 mm：175 kg/m³，粗骨材の最大寸法 40 mm：165 kg/m³，ただし無筋コンクリートや場所打ち杭等のように乾燥収縮の影響を考慮しなくてもよい場合にはこれを超えて設定しても良い。）

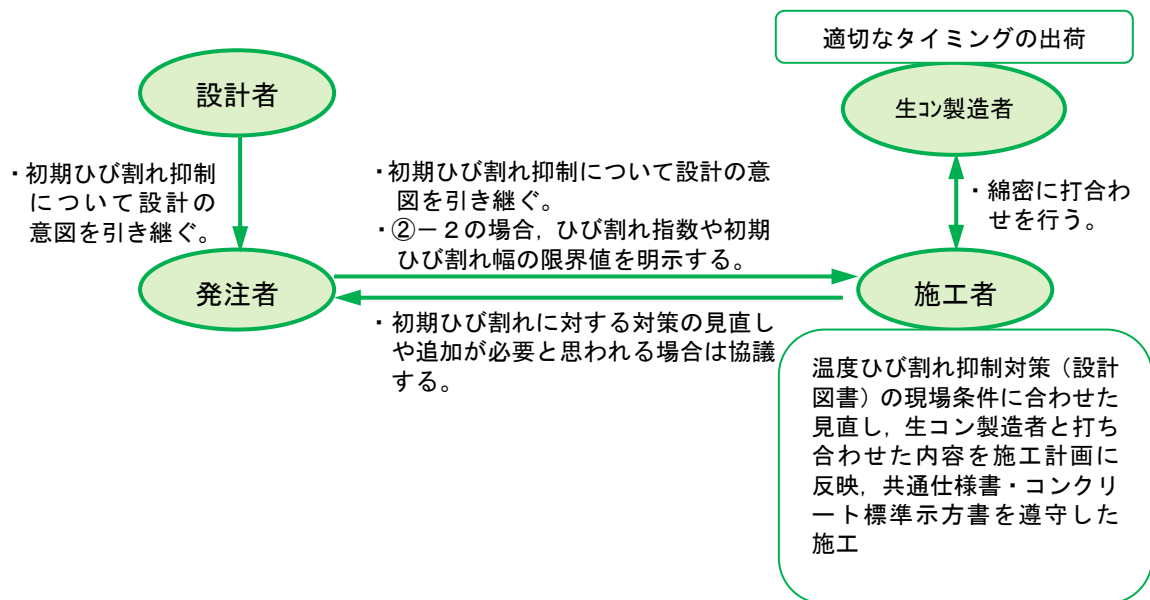
(4) について

温度ひび割れの抑制のため、コンクリート打込み後のピーク温度を抑えることが有効であるが、そのために生コンクリートの打込み時の温度を抑えるのがよい。製造段階での具体的な方策としては、地下水使用など各材料の温度を下げることで製造時のコンクリート温度を下げる、トラックアジテータのドラムにカバーを装着して運搬時の温度上昇を抑制するなどが考えられる。生コン製造工場によって対応可能な方策が異なるため、生コン製造者からの対策の提案とした。

4.1.4 施工段階

施工段階におけるひび割れ抑制のためのポイントは、発注者、設計者、生コン製造者、施工者が連携してひび割れ抑制に関与すること、共通仕様書および2017コンクリート標準示方書に示された基本事項を遵守することである。施工段階としては、「工事発注直後」、「施工計画時」、「施工時」の3つの段階がある。

- (1) 工事発注直後、発注者と設計者はひび割れ抑制についての目的と具体的な対策を施工者に確実に引き継ぐ。
- (2) 施工計画時、ひび割れ抑制対策については、施工者は生コン製造者とひび割れ抑制対策について打合わせを行い、打合せ内容を反映するとともに、現場でのひび割れ抑制対策についても具体的に記載する。特に養生はひび割れ抑制に大きく影響するため出来るだけ詳細に計画する。
- (3) 施工時、施工者は共通仕様書および2017コンクリート標準示方書に示された基本事項を遵守して施工し、発注者は土木工事監督基準に基づき、コンクリート打設時に打設方法等について現場の確認を行う。
- (4) 養生については、共通仕様書等によるほか、**鳥取県対策**に従う。



【解説】

(1) について【 工事発注直後 → 施工計画時 → 施工時 】

発注者と設計者は、設計段階、工事発注段階において、初期ひび割れに対する検討を行った場合、施工者にその主旨を確実に伝達する。施工者は、設計照査を行い、疑義がある場合

や追加の対策が必要と思われる場合は、発注者と協議する。

とりわけ、温度ひび割れに対する検討内容については、設計段階で想定していた施工時期や施工条件が変わった場合には、発注者と設計者および施工者が施工段階で見直すものとする。

(2) について【 工事発注直後 → 施工計画時 → 施工時 】

施工者は、生コン製造者に施工内容を伝えるとともに、練混ぜから荷卸しまでの運搬時間を短縮する、トラックアジテータのドラムにカバーを装着して運搬時の温度上昇を抑制する、などの温度上昇を抑える対策について生コン製造者と打合せを行い、施工計画に盛り込む。

施工計画書には具体的な施工方法を記載するが、ひび割れ抑制対策についても、温度ひび割れ抑制対策であれば、コンクリート内部と表面の温度差を小さくする方法や水和熱を小さくする方法などについて、乾燥収縮ひび割れ抑制対策であれば、収縮を小さくする方法や収縮にともない発生する応力を小さくする方法などについて具体的に記載する。

養生については、コンクリートの露出面を養生用マット・ぬらした布等で覆う、散水を行う、湛水を行う、などの方法がある。湿潤状態の保持は、硬化した後のコンクリートの表面のち密化、長期強度の増進、乾燥収縮の低減などに寄与し、収縮ひび割れ抑制に有効である。さらに、冬期などにおいては保温養生を併用すると、急激な温度変化を防ぎ、温度ひび割れ抑制に効果がある。そのため、**鳥取県対策**においては、**施工者は、施工計画書に養生日数や脱型後の養生方法などを含めて、養生の詳細についてできる限り具体的に記載することにした。**

(3) について【 工事発注直後 → 施工計画時 → 施工時 】

施工者は、共通仕様書および2017コンクリート標準示方書〔施工編〕に示された基本事項を遵守する。以下、ひび割れ抑制に関連する事項を抜粋する。

コンクリート打込みまで

- ・型枠のはらみ、支保工の沈下によるひび割れの防止のため、コンクリートの打込み前に型枠、支保工が堅固に固定されていることを確かめなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-2 3. および2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7-4-1(1)）
- ・コールドジョイント防止のため、コンクリートと接して吸水のおそれのあるところは、あらかじめ湿らせておかねばならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-2 4. および2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7.4.1(3)(4)）
- ・急激な凝結による悪影響を避けるため、型枠および鉄筋等が直射日光を受けて高温になるおそれのある場合は、散水および覆い等の適切な処置を講じなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-9-2 2. および2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕13.6(1)）

コンクリート打込み時

- ・「共通仕様書 第1編 1-3-9-2 3.」では、打込み時のコンクリート温度は35℃以下としているが、昨今、我が国における夏期の外気温は全国的に高くなりつつあることもあり、コンクリート温度が35℃を超える場合も考えられる。コンクリート温度が35℃を超えた状況下においてやむを得ずコンクリートを打設しなければならない場合には、コンクリートが所要の品質を確保できることを確かめなければならない。具体的には、フレッシュコンクリートの品質に及ぼす影響、硬化コンクリートの強度に及ぼす影響、およびコンクリートの施工に及ぼす影響を確認し、温度ひび割れに対する照査を行う。←（2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕13-6(3)）
- ・フレッシュコンクリートの品質は、練上がりからの時間の経過とともに変化する。そのため、コンクリートを速やかに運搬し、直ちに打込み、十分に締め固めなければならない。練り混ぜてから打ち終わるまでの時間は、原則として、外気温が25℃を超える場合で1.5時間、25℃以下の場合で2時間を超えないものとする。この時間を超えて施工せざるを得ないことが想定される場合は、計画段階で監督員と協議しなければならない。なお、この時間中においても、打込まれたコンクリートを日光、風雨等に対し保護しなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-4 1. および2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7.2）
- ・コールドジョイントの防止のため、(a)一区画内のコンクリートの一層を打設が完了するまで連続して打設しなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-4 10. および2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7.4.2(4)）(b)コンクリートを2層以上に分けて打込む場合、上層のコンクリートの打込みは、下層のコンクリートが固まり始める前に行い、バイブレーターを下層のコンクリートに10 cm 程度挿入し、上層と下層が一体となるように入念に締め固めなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-4 14. , 1-3-6-5 3.）(c)コールドジョイントが発生しないよう、施工区間の面積、コンクリートの供給能力、打重ね時間間隔を定めなければならない。許容打重ね時間間隔は、外気温が25℃を超える場合で2.0時間、25℃以下の場合で2.5時間を標準とする。←（2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7-4-2(6)）

コンクリート打込み後

- ・沈下ひびわれが発生した場合、直ちにタンピングや再振動を行い、これを消さなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-6 2. および2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7.6(2)）
- ・コンクリートの露出面を養生用マット、ぬらした布等でこれを覆うか、または散水、湛水を行い、少なくとも表-5 の期間、常に湿潤状態を保たなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-9 2. および2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕8.2(2)）

表-5 コンクリートの湿潤養生期間

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

- ・日平均気温が 25℃を超える時期に施工することが想定される場合には、暑中コンクリートとしての施工を行うことを標準とし、打込み終了後、速やかに養生を開始し、コンクリートの表面を乾燥から保護しなければならない。また、気温が高く湿度が低い場合には、打込み直後の急激な乾燥によってひび割れが生じることがあるので、直射日光、風等を防ぐために必要な処置を施さなければならない。←(共通仕様書 第1編 1-3-9-3および2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕13.7)
- ・日平均気温が 4℃以下になることが予想されるときは、寒中コンクリートとしての施工を行わなければならない。コンクリートの打込み終了後ただちにシートあるいはその他材料で表面を覆い、養生を始めるまでの間のコンクリートの表面の温度の急冷を防ぐとともに、打込み後の初期に凍結しないように保護し、特に風を防がなければならない。コンクリートに給熱する場合、コンクリートが局部的に乾燥または熱せられることのないようにしなければならない。また、保温養生終了後、コンクリート温度を急速に低下させてはならない。養生中のコンクリートの温度は 5℃以上に保たなければならない。養生期間については、表-6の日数以上とするのを標準とする。なお、表-6の養生期間の後、さらに2日間はコンクリート温度を 0℃以上に保たなければならない。また、湿潤養生を施す日数として表-5に示す期間を満足する必要がある。←(共通仕様書 第1編 1-3-10-3 2. 3. 4. 5. および 2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕12.6 (2) (3) (4) (6))

表-6 寒中コンクリートの養生期間

断面		普通の場合		
		普通ポルトランド	早強ポルトランド 普通ポルトランド + 促進剤	混合 セメントB種
型枠の取外し直後に 構造物が曝される環境	セメントの種類			
	養生温度			
(1) コンクリート表面が水で 飽和される頻度が高い場合	5℃	9日	5日	12日
	10℃	7日	4日	9日
(2) コンクリート表面が水で 飽和される頻度が低い場合	5℃	4日	3日	5日
	10℃	3日	2日	4日

注：W/C=55%の場合を示した。W/Cがこれと異なる場合は増減する。

(4) について

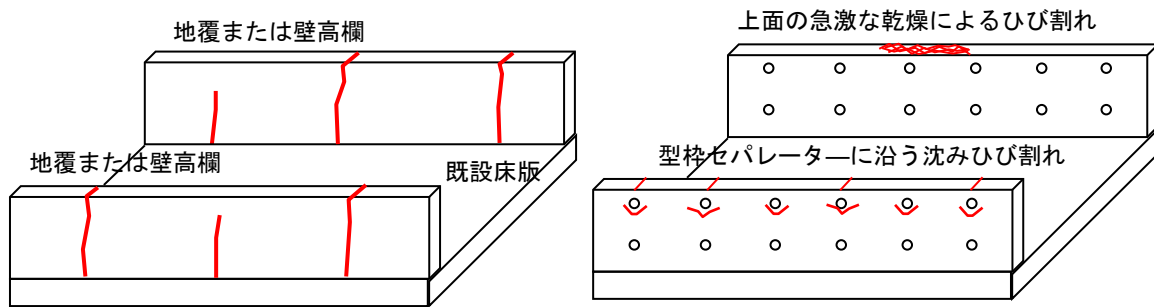
- ・(鳥取県対策) 発注者は、現地立会等により養生状況の確認を行う。
- ・温度ひび割れを抑制するための原則は、コンクリート内部と表面との温度差をできる限り小さくすることである。そのため、養生については、冬期や昼夜の温度差が大きい時期には保温性の高い型枠の使用や全体をシート等で覆うこと等により保温する。湿潤養生に用いる水が湧水などで低温の場合には温度を高めた水を用いるなどの対策を講じて急激な温度変化を防ぐような養生を行う。特に、保温養生を実施する場合には、養生期間を十分にとり、保温養生終了後においてもコンクリートに急激な温度変化を避けるような対策を講じる。また、養生終了後に急激な乾燥を防ぐ対策も講じる。

4. 2 橋梁地覆・壁高欄

(1) ひび割れの発生パターン

ひび割れは既設床版コンクリートに打継いだ底部から鉛直方向に進展する形状が多い(図-5 (a))。このようなひび割れはコンクリートの収縮を底面の既設床版コンクリートが拘束することが原因で生じる温度ひび割れ、ないしは乾燥収縮ひび割れ、あるいはこれらが複合したひび割れである。地覆・壁高欄は横断面が小さく、常時外気にさらされる環境のため乾燥収縮によるひび割れが生じやすい。また、床版の変形や振動の影響を直接受ける箇所であるため、例えば、上下線反復施工や既設橋の拡幅部などでは、養生期間中に隣接する車線に車両が走行した場合、床版が振動してひび割れの発生や進行を助長しやすい。

また、上面の急激な乾燥による微細なひび割れが生じたり、型枠セパレーターに沿う沈みひび割れが生じやすい(図-5 (b))。



(a) 打継部から鉛直方向に進展するひび割れ

(b) 打込み直後に発生するひび割れ

図-5 橋梁地覆・壁高欄に発生しやすいひび割れ

(2) 設計, 工事発注, 生コンクリート製造, 施工の各段階でのひび割れ抑制対策

ここでは, 設計, 工事発注, 生コンクリート製造, 施工の各段階で, 発注者, 設計者, 生コン製造者, 施工者の四者が行うひび割れ抑制対策を示す。各段階の役割分担を表-7(4章末尾 59 頁) に示す。

4.2.1 設計段階

設計段階におけるひび割れ抑制のためのポイントは, 発注者と設計者が鳥取県対策の内容を十分に理解し, それを反映した設計をすることである。

(1) 発注者は, 橋梁地覆・壁高欄については, ①または②-1による鳥取県対策(温度応力解析を課さない)を適用する。

① 従来の方法(既往の施工実績があるため温度応力解析は課さない)

②-1 鳥取県対策を適用する方法(温度応力解析は課さない)

(2) ひび割れ誘発目地の配置は以下に従う。

(鳥取県対策) 橋梁の地覆・壁高欄(鋼床版上を除く。)には, 支間部にひび割れ誘発目地を配置する。配置間隔は延長 4 m 程度の間隔とし, 止水性を確保した構造とする。また多径間連続構造の場合, 中間支点上付近に必ず伸縮目地(幅 10 mm 程度の遊間)を設ける。



【解説】

(1) について

鳥取県対策(初期ひび割れ制御)に基づく方法とする場合は, ②-1(温度応力解析を課さない)または②-2(温度応力解析等を課す)のいずれかの方法を用いることとしているが, 橋梁地覆・壁高欄は断面積が小さく, 同様断面の実績が多数あることから, 実績による方法として②-1(温度応力解析を課さない)によって良いこととする。ただし, 断面寸法や環境条件等により「温度応力解析による評価」が必要と思われる場合はこの限りではない。

(2) について

鳥取県においては, 橋梁の地覆や壁高欄(鋼床版上を除く。)に対して初期ひび割れ制御を指向して(2)の条項を規定した。

「共通仕様書 第1編 1-3-6-79.」によれば、温度変化や乾燥収縮などにより生じるひび割れを集中させる目的で、必要に応じてひび割れ誘発目地を設置するものとしている。実際においても地覆・壁高欄にひび割れ誘発目地（Vカット）を設置している事例は多いが、配置間隔は数mから10mの範囲で様々である。

「土木工事設計マニュアル（中国地方整備局）（第3編 道路編 第5章 橋梁 第7節 諸構造）」⁶⁾には「伸縮継目（膨脹目地）は、端支点および中間支点上に設置することを原則とし、誘発目地（Vカット）は、5m間隔を標準として設置する。ただし、鋼床版上に施工される場合等、温度変化による収縮によってひび割れが生じる恐れがある場合は、誘発目地（Vカット）間隔を3～5mとすることが望ましい。なお、Vカット（切欠き）部には弾性シーリング材によるコーキングを行うこと。」と記載されている。また、「設計便覧(案)（近畿地方整備局）第3編 道路編 第6章 橋梁上部工 第1節 設計一般）」⁷⁾によれば、「RC床版上の場合、連続桁の地覆、壁高欄の目地は中間支点上付近に伸縮目地（瀝青繊維質板 10mm）、また、支間部には間隔10m程度で誘発目地（Vカット）を設置する。鋼床版の場合には、鋼床版上の鉄筋コンクリート高欄および中央分離帯に、ひびわれ対策として伸縮目地を10m程度の間隔で設置する。伸縮目地部については、高欄端部と同様に考えて補強構造とし、目地部には瀝青繊維質板を設置する。」と記載されている。

しかし、これまでの鳥取県におけるひび割れ事例や現場調査結果によれば、通常のRC床版上の場合でもひび割れ誘発目地（Vカット）間隔が4mを超える場合には、ひび割れが発生していることが多いことから、橋梁上部工の地覆・壁高欄（鋼床版上を除く。）においては4m程度の間隔に止水性を確保した構造のひび割れ誘発目地を設けることを**鳥取県対策**とした。また、連続構造の中間支点付近上に目地がない事例では、ほとんどの場合この箇所にはひび割れが生じていたことから、連続構造の中間支点付近上には必ず伸縮目地を設けることとした。

4.2.2 工事発注段階

工事発注段階におけるひび割れ抑制のためのポイントは、設計段階で検討したひび割れ抑制の目的と対策の妥当性を確認し、その結果を施工段階に反映していくことである。

- (1) 発注者は、気温の高い時期のコンクリート打込みを極力避けるように工事を計画する。この時期にコンクリートを打込む工事を発注する場合は、温度ひび割れ抑制対策について検討する。
- (2) 発注者は、コンクリート打込み後の養生期間を確実に確保できるように工期を設定する。
- (3) 発注者は、初期ひび割れ抑制を含め、設計の意図を明示して工事を発注する。

発注者

実際の発注時期、設定された工期において、設計段階で検討したひび割れ抑制の目的と対策の妥当性を確認し、その結果を反映して、設計図書を作成する。 → (発注)

【解説】

(1) について

温度ひび割れは、コンクリート内部と表面の温度差が原因で生じるため、抑制するには昼夜の気温差が大きい時期の施工を避けるのが望ましい。とくに、冬期は外気温が低いために注意が必要である。コンクリート温度自体を低く抑えることも有効であり、気温の高い日のコンクリート打込みも避けるのが望ましい。これらの時期にコンクリートを打込む工事を発注する可能性がある場合は、設計発注時に温度ひび割れ抑制対策について検討することとする。

(2) について

養生期間はひび割れ抑制に大きく関与するため、工期設定において養生期間を確保することを明記した。

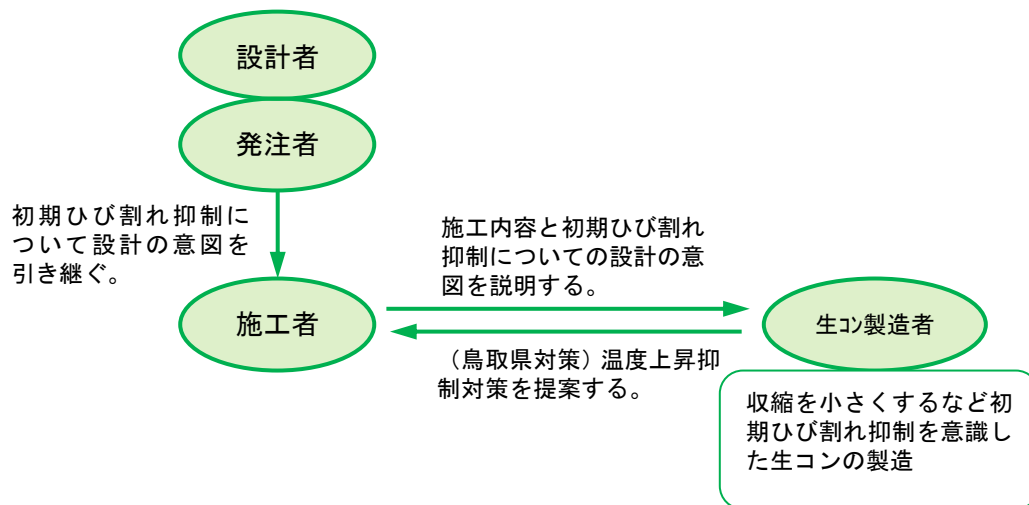
(3) について

設計段階で初期ひび割れ抑制について検討した結果が施工段階に確実に引き継がれるように、発注図書に設計の意図を盛り込む。

4.2.3 生コンクリート製造段階

生コンクリート製造段階におけるひび割れ抑制のためのポイントは、生コン製造者はできる限り収縮を小さくし、打込み時のコンクリート温度を低くする、温度上昇を抑える、などの工夫をすることで、初期ひび割れ抑制の目的を発注者、設計者、施工者と共有・協働することである。

- (1) 生コン製造者は、施工者と工事についての綿密な打合わせを行い、施工内容を把握するとともに、ひび割れ抑制についての設計の意図を発注者、設計者から確実に引き継ぐ。
- (2) 生コン製造者は、コンクリートの打込み作業時は現場と密接な連絡を取り合い、現場の状況に合わせて適切なタイミングで生コンクリートを出荷できるようにする。
- (3) 生コン製造者は、乾燥収縮によるひび割れ抑制として、できる限り収縮量の少ない生コンクリートを製造することに努める。



【解説】

(1) について

生コンクリートの品質はコンクリート構造物の性能に影響する。そのため、生コン製造者と発注者、設計者、施工者は、初期ひび割れ抑制についての設計の意図や施工内容を把握、共有しておくことがコンクリート構造物のひび割れ抑制のためにも重要である。

(2) について

コンクリートの出荷に関しては、現場での打込み速度に比べて生コンクリートの出荷ペースが早い場合、運搬車現場到着後の打込みまでの待ち時間が長くなり、打込みに許容される

作業時間が短くなる。これに合わせて無理に打込み速度を速めると、締固め作業が不十分となり、充てん不足や沈みひび割れを起こしやすくなる。一方、出荷ペースが遅い場合、既に打込んだ箇所との打重ね時間間隔が長くなり、コールドジョイントが生じやすくなる。このような観点から、現場の作業状況に合わせた適切なタイミングでの生コンクリートの出荷が重要となる。

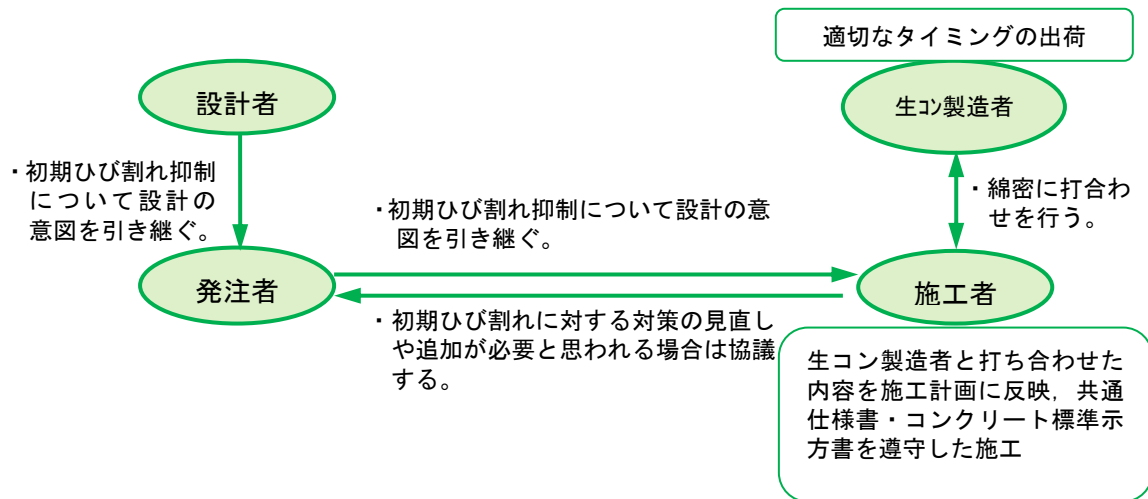
(3) について

乾燥収縮によるひび割れを抑制する観点からは、できる限り収縮量の少ない生コンクリートを供給することが望ましい。配合面からは、単位水量を小さくする、膨張材、収縮低減性を有する混和剤の使用、混和材料の使用、などが有効である。「2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕4.6.1」には、単位水量が大きくなると乾燥収縮が増加するため、単位水量の上限値が設定されている。←（粗骨材の最大寸法 20～25 mm：175 kg/m³，粗骨材の最大寸法 40 mm：165 kg/m³，ただし無筋コンクリートや場所打ち杭等のように乾燥収縮の影響を考慮しなくてもよい場合にはこれを超えて設定しても良い。）

4.2.4 施工段階

施工段階におけるひび割れ抑制のためのポイントは、発注者、設計者、生コン製造者、施工者が連携してひび割れ抑制に関与すること、共通仕様書および2017コンクリート標準示方書に示された基本事項を遵守することである。施工段階としては、「工事発注直後」、「施工計画時」、「施工時」の3つの段階がある。

- (1) 工事発注直後、発注者と設計者はひび割れ抑制についての目的と具体的な対策を施工者に確実に引き継ぐ。
- (2) 施工計画時、ひび割れ抑制対策については、施工者は生コン製造者とひび割れ抑制対策について打合わせを行い、打合せ内容を反映するとともに、現場でのひび割れ抑制対策についても具体的に記載する。特に養生はひび割れ抑制に大きく影響するため出来るだけ詳細に計画する。
- (3) 施工時、施工者は共通仕様書および2017コンクリート標準示方書に示された基本事項を遵守して施工し、発注者は土木工事監督基準に基づき、コンクリート打設時に打設方法等について現場の確認を行う。
- (4) 養生については、共通仕様書等によるほか、**鳥取県対策**に従う。



【解説】

(1) について【 工事発注直後 → 施工計画時 → 施工時 】

発注者と設計者は、設計段階、工事発注段階において、初期ひび割れに対する検討を行った場合、施工者にその主旨を確実に伝達する。施工者は、設計照査を行い、疑義がある場合や追加の対策が必要と思われる場合は、発注者と協議する。

(2) について【 工事発注直後 → 施工計画時 → 施工時 】

施工者は、生コン製造者に施工内容を伝えるとともに、練混ぜから荷卸しまでの運搬時間

を短縮する、トラックアジテータのドラムにカバーを装着して運搬時の温度上昇を抑制する、などの温度上昇を抑える対策について生コン製造者と打合せを行い、施工計画に盛り込む。

施工計画書には具体的な施工方法を記載するが、ひび割れ抑制対策についても、温度ひび割れ抑制対策であれば、コンクリート内部と表面の温度差を小さくする方法や水和熱を小さくする方法などについて、乾燥収縮ひび割れ抑制対策であれば、収縮を小さくする方法や収縮にともない発生する応力を小さくする方法などについて具体的に記載する。

養生については、コンクリートの露出面を養生用マット・ぬらした布等で覆う、散水を行う、湛水を行う、などの方法がある。湿潤状態の保持は、硬化した後のコンクリートの表面の密化、長期強度の増進、乾燥収縮の低減などに寄与し、収縮ひび割れ抑制に有効である。さらに、冬期などにおいては保温養生を併用すると、急激な温度変化を防ぎ、温度ひび割れ抑制に効果がある。そのため、**鳥取県対策**においては、**施工者は、施工計画書に養生日数や脱型後の養生方法などを含めて、養生の詳細についてできる限り具体的に記載することにした。**

(3) について【 工事発注直後 → 施工計画時 → **施工時** 】

施工者は、共通仕様書および2017コンクリート標準示方書〔施工編〕に示された基本事項を遵守する。以下、ひび割れ抑制に関連する事項を抜粋する。

コンクリート打込みまで

- ・型枠のはらみ、支保工の沈下によるひび割れ防止のため、コンクリートの打込み前に型枠、支保工が堅固に固定されていることを確かめなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-2 3. および2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7-4-1(1)）
- ・コールドジョイント防止のため、コンクリートと接して吸水のおそれのあるところは、あらかじめ湿らせておかねばならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-2 4. および2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7.4.1(3)(4)）
- ・急激な凝結による悪影響を避けるため、型枠および鉄筋等が直射日光を受けて高温になるおそれのある場合は、散水および覆い等の適切な処置を講じなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-9-2 2. および2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕13.6(1)）

コンクリート打込み時

- ・「共通仕様書 第1編 1-3-9-2 3.」では、打込み時のコンクリート温度は35℃以下としているが、昨今、我が国における夏期の外気温は全国的に高くなりつつあることもあり、コンクリート温度が35℃を超える場合も考えられる。コンクリート温度が35℃を超えた状況下においてやむを得ずコンクリートを打設しなければならない場合には、コンクリートが所要の品質を確保できることを確かめなければならない。具体的には、フレッシュ

コンクリートの品質に及ぼす影響，硬化コンクリートの強度に及ぼす影響，およびコンクリートの施工に及ぼす影響を確認し，温度ひび割れに対する照査を行う。←（2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕13-6(3)）

- ・フレッシュコンクリートの品質は，練上がりからの時間の経過とともに変化する。そのため，コンクリートを速やかに運搬し，直ちに打込み，十分に締め固めなければならない。練り混ぜてから打ち終わるまでの時間は，原則として，外気温が 25℃を超える場合で 1.5 時間，25℃以下の場合で 2 時間を超えないものとする。この時間を超えて施工せざるを得ないことが想定される場合は，計画段階で監督員と協議しなければならない。なお，この時間中においても，打込まれたコンクリートを日光，風雨等に対し保護しなければならない。←（共通仕様書 第 1 編 1-3-6-4 1. および 2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7.2）
- ・コールドジョイントの防止のため，(a) 一区画内のコンクリートの一層を打設が完了するまで連続して打設しなければならない。←（共通仕様書 第 1 編 1-3-6-4 10. および 2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7.4.2(4)）(b) コンクリートを 2 層以上に分けて打込む場合，上層のコンクリートの打込みは，下層のコンクリートが固まり始める前に行い，バイブレーターを下層のコンクリートに 10 cm 程度挿入し，上層と下層が一体となるように入念に締め固めなければならない。←（共通仕様書 第 1 編 1-3-6-4 14. ，1-3-6-5 3.）(c) コールドジョイントが発生しないよう，施工区間の面積，コンクリートの供給能力，打重ね時間間隔を定めなければならない。許容打重ね時間間隔は，外気温が 25℃を超える場合で 2.0 時間，25℃以下の場合で 2.5 時間を標準とする。←（2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7-4-2(6)）

コンクリート打込み後

- ・沈下ひびわれが発生した場合，直ちにタンピングや再振動を行い，これを消さなければならない。←（共通仕様書 第 1 編 1-3-6-6 2. および 2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7.6 (2)）
- ・コンクリートの露出面を養生用マット，ぬらした布等でこれを覆うか，または散水，湛水を行い，少なくとも表-5 の期間，常に湿潤状態を保たなければならない。←（共通仕様書 第 1 編 1-3-6-9 2. および 2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕8.2(2)）

表-5 コンクリートの湿潤養生期間

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

- ・日平均気温が 25℃を超える時期に施工することが想定される場合には，暑中コンクリー

トとしての施工を行うことを標準とし、打込み終了後、速やかに養生を開始し、コンクリートの表面を乾燥から保護しなければならない。また、気温が高く湿度が低い場合には、打込み直後の急激な乾燥によってひび割れが生じることがあるので、直射日光、風等を防ぐために必要な処置を施さなければならない。←(共通仕様書 第1編 1-3-9-3および2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕13.7)

- 日平均気温が 4℃以下になることが予想されるときは、寒中コンクリートとしての施工を行わなければならない。コンクリートの打込み終了後ただちにシートあるいはその他材料で表面を覆い、養生を始めるまでの間のコンクリートの表面の温度の急冷を防ぐとともに、打込み後の初期に凍結しないように保護し、特に風を防がなければならない。コンクリートに給熱する場合、コンクリートが局部的に乾燥または熱せられることのないようにしなければならない。また、保温養生終了後、コンクリート温度を急速に低下させてはならない。養生中のコンクリートの温度は 5℃以上に保たなければならない。養生期間については、表-6 の日数以上とするのを標準とする。なお、表-6 の養生期間の後、さらに 2 日間はコンクリート温度を 0℃以上に保たなければならない。また、湿潤養生を施す期間は表-5 に示す日数を満足する必要がある。←(共通仕様書 第1編 1-3-10-3 2. 3. 4. 5. および 2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕12.6 (2) (3) (4) (6))

表-6 寒中コンクリートの養生期間

断面 セメントの種類		普通の場合		
		普通ポルトランド	早強ポルトランド 普通ポルトランド + 促進剤	混合 セメントB種
型枠の取外し直後に 構造物が曝される環境	養生温度			
	(1) コンクリート表面が水で 飽和される頻度が高い場合	5℃	9 日	5 日
10℃		7 日	4 日	9 日
(2) コンクリート表面が水で 飽和される頻度が低い場合	5℃	4 日	3 日	5 日
	10℃	3 日	2 日	4 日

注：W/C=55%の場合を示した。W/Cがこれと異なる場合は増減する。

(4) について

- ・(鳥取県対策) 発注者は、現地立会等により養生状況の確認を行う。
- ・温度ひび割れを抑制するための原則は、コンクリート内部と表面との温度差をできる限り小さくすることである。そのため、養生については、冬期や昼夜の温度差が大きい時期には保温性の高い型枠の使用や全体をシート等で覆うこと等により保温する。湿潤養

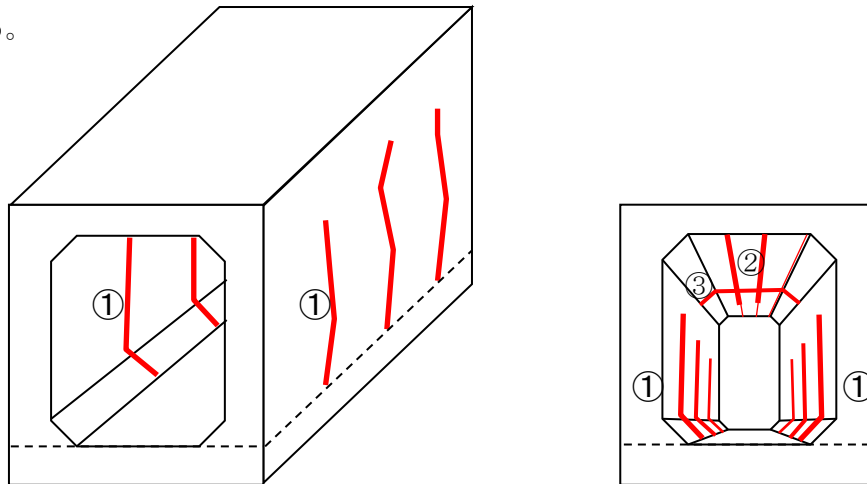
生に用いる水が湧水などで低温の場合には温度を高めた水を用いるなどの対策を講じて急激な温度変化を防ぐような養生を行う。特に、保温養生を実施する場合には、養生期間を十分にとり、保温養生終了後においてもコンクリートに急激な温度変化を避けるような対策を講じる。また、養生終了後に急激な乾燥を防ぐ対策も講じる。

- ・強度発現途中の初期材齢において、床版が振動するとひび割れの発生や進行を助長しやすいため、上下線反復施工や既設橋の拡幅部などでは、養生期間中に隣接する車線に車両が走行して振動を与えないようにすること。

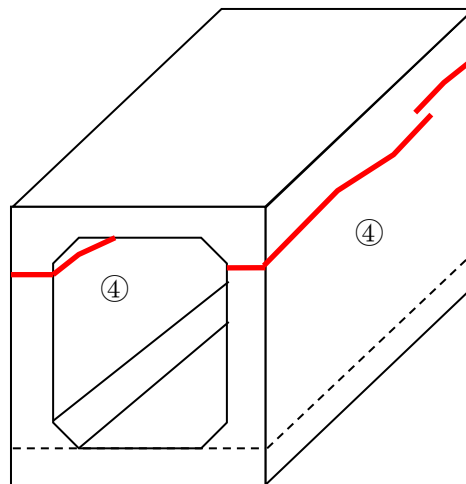
4. 3 ボックスカルバート

(1) ひび割れの発生パターン

図-6 に、ボックスカルバートに発生しやすいひび割れを示す。ひび割れは底版に打継いだ側壁底部から鉛直上方に進展するもの（図-6(a)中の①）が多く、その他に頂版下面の軸方向に発生するもの（同②）や頂版下面軸直角方向に発生するもの（同③）などが見られる。ボックスカルバートでは、底版打設後に側壁・頂版を打継ぐ施工手順が多く、側壁部のひび割れ①は底版による外部拘束によって生じた温度ひび割れや乾燥収縮ひび割れである。ひび割れ②、③は内空部表面の乾燥収縮によるものが多いが、ひび割れ②については支保工の沈下や施工時の盛土、車両等の上載荷重が原因で生じた曲げひび割れであることもある。また、側壁と頂版は連続して打込まれるため、側壁上部の頂版部とそれ以外の頂版部分では打込み高さが異なるので両者の沈下量に差が生じ、その境界付近に沈下ひび割れも発生しやすい（図-6(b)中の④）。なお、地盤の不同沈下、盛土や埋戻し時の偏土圧によりひび割れが生じることもある。



(a) 打継部から鉛直方向に進展するひび割れや内空部に見られるひび割れ



(b) 側壁と頂板の境界付近に発生する沈みひび割れ

図-6 ボックスカルバートに発生しやすいひび割れ

(2) 設計, 工事発注, 生コンクリート製造, 施工の各段階でのひび割れ抑制対策

ここでは, 設計, 工事発注, 生コンクリート製造, 施工の各段階で, 発注者, 設計者, 生コン製造者, 施工者の四者が行うひび割れ抑制対策を示す。各段階の役割分担を表-7(4章末尾 59 頁) に示す。

4.3.1 設計段階

設計段階におけるひび割れ抑制のためのポイントは, 発注者と設計者が鳥取県対策の内容を十分に理解し, それを反映した設計をすることである。

発注者および設計者は, 軟弱地盤などで地盤支持力が不足する場合には, 地盤の不同沈下を防ぐための対策をあらかじめ講じておかなければならない。

発注者:

(1) 温度ひび割れの懸念がある(特に躯体厚が 50cm 以上の) 場合には, 以下の①, ②のいずれかを選択する。

① 従来の方法(既往の施工実績があるため温度応力解析は課さない)

② ひび割れの制御を考慮した方法

②-1 鳥取県対策を適用する方法(温度応力解析は課さない)

②-2 温度応力解析等を課し, ひび割れ指数ないしはひび割れ幅を規定する方法

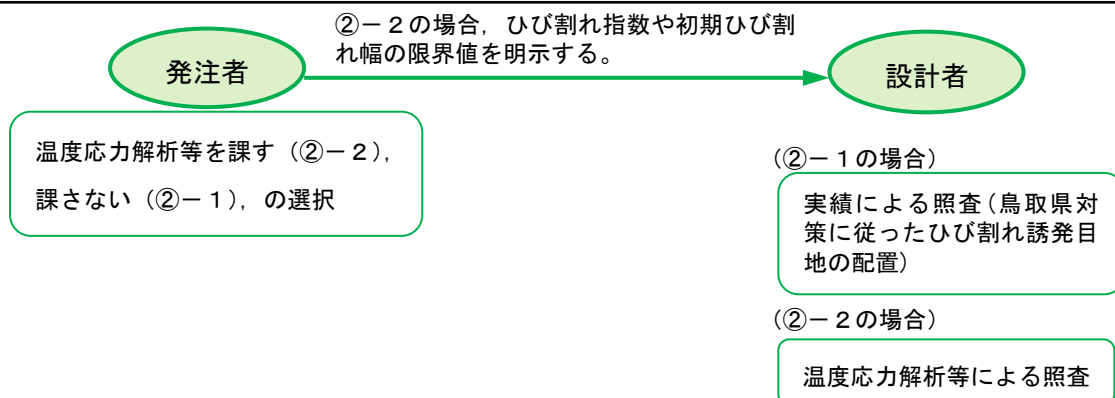
発注者・設計者:

(2) 発注者は, 上記②-2の「温度応力解析等を課す」場合, 構造物に求められる所要の性能に悪影響を与えないように, 構造物の重要度, 環境条件, 過去の実績等に基づいて適正なひび割れ指数ないしは初期ひび割れ幅の限界値を設定しなければならない。設計者はこれに対して初期ひび割れの照査を行う。

(3) 温度応力解析等による照査の結果, 設定したひび割れ指数や初期ひび割れ幅の限界値が満足されない場合は, 発注者と設計者はさらに具体的な対策について協議する。

(4) 上記②-1による方法の場合, ひび割れ誘発目地の配置は以下に従う。

(鳥取県対策) ボックスカルバートの側壁部には 5m 程度以内にひび割れ誘発目地を設ける。ひび割れ誘発目地の構造, 配置は構造物の機能を損なわないように定めるとし, 断面欠損率は 50 % 程度以上とする。



【解説】

(1) について

一般にボックスカルバートは底版上に側壁、頂版を打継ぐことが多く、外部拘束温度ひび割れが生じやすい。「2017 コンクリート標準示方書 [設計編] [施工編]」によれば、下端が拘束された壁では厚さ 50 cm 以上のものをマスコンクリートと考えてよいとされており、ボックスカルバートの場合も壁厚が 50 cm 以上のものはこれに該当することになる。「共通仕様書 第 1 編 1-3-11-2 1.」によれば、マスコンクリートの施工にあたっては、事前にセメントの水和熱による温度応力および温度ひび割れに対する十分な検討を行わなければならない。この場合の検討方法には大きく分けて既存の実績による照査と温度応力解析による照査の 2 つの方法があり、いずれかの方法を用いればよい。← (2017 コンクリート標準示方書 [設計編：本編] 12-1(3)および解説文)

(2), (3) について

設計段階での構造物の耐久性、安全性、使用性、復旧性の照査では、所要の性能に影響を及ぼすような初期ひび割れは発生していないことを前提としているため、設計段階で初期ひび割れに対する照査を行わなければならない。初期ひび割れの照査に温度応力解析を用いる場合は、適正なひび割れ指数ないしは初期ひび割れ幅の限界値を設定しておく必要がある。← (2017 コンクリート標準示方書 [設計編：本編] 12-1(1))

(4) について

初期ひび割れの照査に既存の実績を用いる場合は、ひび割れ誘発目地の配置を検討する。「共通仕様書 第 1 編 1-3-6-7 9.」によれば、温度変化や乾燥収縮などにより生じるひび割れを集中させる目的で、必要に応じてひび割れ誘発目地を設置するものとしており、「道路土工カルバート工指針(日本道路協会)(5-7 場所打ちボックスカルバートの設計)」⁹⁾では、コンクリートの乾燥収縮や不同沈下等によるひび割れを防止するため、基礎の条件にかかわらず 10~15 m 程度の間隔に継手(伸縮目地)を設けることを原則としており、「設計便覧(案)(近畿地方整備局)(第 3 編 道路編 第 5 章 ボックスカルバート 第 9 節 ボックスカルバートの継手(標準))」⁷⁾にも同様の記載がある。また、「土木工事設計マニュアル(中国地方整備局)(第 3 編 道路編 第 2 章 道路改良 第 3 節 ボックスカルバート)」⁶⁾では、10~15m 程度の間隔に継手(伸縮目地)を設けることを原則としたうえで、伸縮目地間においてひび割れを所定の位置に集中させるため、5~8 m 間隔でひび割れ誘発目地を設置することとしている。参考のため、ひび割れ誘発目地の設置範囲例を図-7 に示す。

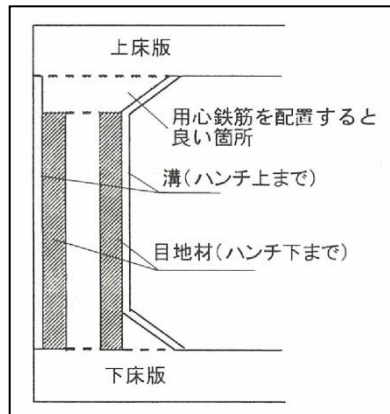


図-7 ボックスカルバートのひび割れ誘発目地の設置範囲例

(「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)」⁴⁾ より抜粋)

しかし、これまでの鳥取県におけるひび割れ事例によれば、ボックスカルバートにおいては延長が 10 m 以上の場合、側壁部に 1 本以上のひび割れが発生していたケースが多かった。このため、ボックスカルバートの側壁部には 5 m 程度以内にひび割れ誘発目地を設けることを**鳥取県対策**とした。

4.3.2 工事発注段階

工事発注段階におけるひび割れ抑制のためのポイントは、設計段階で検討したひび割れ抑制の目的と対策の妥当性を確認し、その結果を施工段階に反映して行くことである。

- (1) 発注者は、気温の高い時期のコンクリート打込みを極力避けるように工事を計画する。
この時期にコンクリートを打込む工事を発注する場合は、温度ひび割れ抑制対策について検討する。
- (2) 発注者は、コンクリート打込み後の養生期間を確実に確保できるように工期を設定する。
- (3) 発注者は、初期ひび割れ抑制を含め、設計の意図を明示して工事を発注する。

発注者

実際の発注時期、設定された工期において、設計段階で検討したひび割れ抑制の目的と対策の妥当性を確認し、その結果を反映して、設計図書を作成する。

(発注)

【解説】

(1) について

温度ひび割れは、コンクリート内部と表面の温度差が原因で生じるため、抑制するには昼夜の気温差が大きい時期の施工を避けるのが望ましい。とくに、冬期は外気温が低いために注意が必要である。コンクリート温度自体を低く抑えることも有効であり、気温の高い日のコンクリート打込みも避けるのが望ましい。これらの時期にコンクリートを打込む工事を発注する可能性がある場合は、設計発注時に温度ひび割れ抑制対策について検討することとする。

(2) について

養生期間はひび割れ抑制に大きく関与するため、工期設定において養生期間を確保することを明記した。

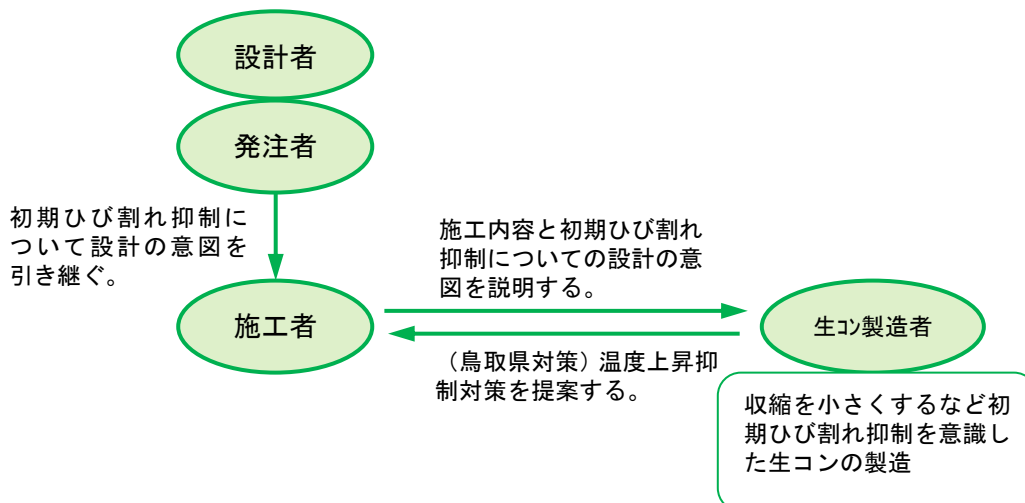
(3) について

設計段階で初期ひび割れ抑制について検討した結果が施工段階に確実に引き継がれるように、発注図書に設計の意図を盛り込む。

4.3.3 生コンクリート製造段階

生コンクリート製造段階におけるひび割れ抑制のためのポイントは、生コン製造者はできる限り収縮を小さくし、打込み時のコンクリート温度を低くする、温度上昇を抑える、などの工夫をすることで、初期ひび割れ抑制の目的を発注者、設計者、施工者と共有・協働することである。

- (1) 生コン製造者は、施工者と工事についての綿密な打合わせを行い、施工内容を把握するとともに、ひび割れ抑制についての設計の意図を発注者、設計者から確実に引き継ぐ。
- (2) 生コン製造者は、コンクリートの打込み作業時は現場と密接な連絡を取り合い、現場の状況に合わせて適切なタイミングで生コンクリートを出荷できるようにする。
- (3) 生コン製造者は、乾燥収縮によるひび割れ抑制として、できる限り収縮量の少ない生コンクリートを製造することに努める。
- (4) (鳥取県対策) 生コン製造者は、マスコンクリートや昼夜の気温差が大きい時期の打込みの場合、コンクリートの打込み時および打込み後の温度上昇をできる限り抑えるような対策を提案する。



【解説】

(1) について

生コンクリートの品質はコンクリート構造物の性能に影響する。そのため、生コン製造者と発注者、設計者、施工者は、初期ひび割れ抑制についての設計の意図や施工内容を把握、共有しておくことがコンクリート構造物のひび割れ抑制のためにも重要である。

(2) について

コンクリートの出荷に関しては、現場での打込み速度に比べて生コンクリートの出荷ペースが早い場合、運搬車現場到着後の打込みまでの待ち時間が長くなり、打込みに許容される作業時間が短くなる。これに合わせて無理に打込み速度を速めると、締固め作業が不十分となり、充てん不足や沈みひび割れを起しやすくなる。一方、出荷ペースが遅い場合、既に打込んだ箇所との打重ね時間間隔が長くなり、コールドジョイントが生じやすくなる。このような観点から、現場の作業状況に合わせた適切なタイミングでの生コンクリートの出荷が重要となる。

特にボックスカルバートの場合、沈みひび割れ防止のため、側壁部を打込んだあと沈下が落ち着くのを待ってから頂版部の打込みを開始するため、特に綿密な現場との連絡の取り合いが重要となる。

(3) について

乾燥収縮によるひび割れを抑制する観点からは、できる限り収縮量の少ない生コンクリートを供給することが望ましい。配合面からは、単位水量を小さくする、膨張材、収縮低減性を有する混和剤の使用、混和材料の使用、などが有効である。「2017 コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準] 4.6.1」には、単位水量が大きくなると乾燥収縮が増加するため、単位水量の上限値が設定されている。←（粗骨材の最大寸法 20～25 mm：175 kg/m³，粗骨材の最大寸法 40 mm：165 kg/m³，ただし無筋コンクリートや場所打ち杭等のように乾燥収縮の影響を考慮しなくてもよい場合にはこれを超えて設定しても良い。）

特に、ボックスカルバートの内空面は風の通り抜けによって表面が乾燥しやすく乾燥収縮によるひび割れが生じやすいため、ひび割れ抑制対策として収縮量の少ない生コンクリートを用いることが有効である。

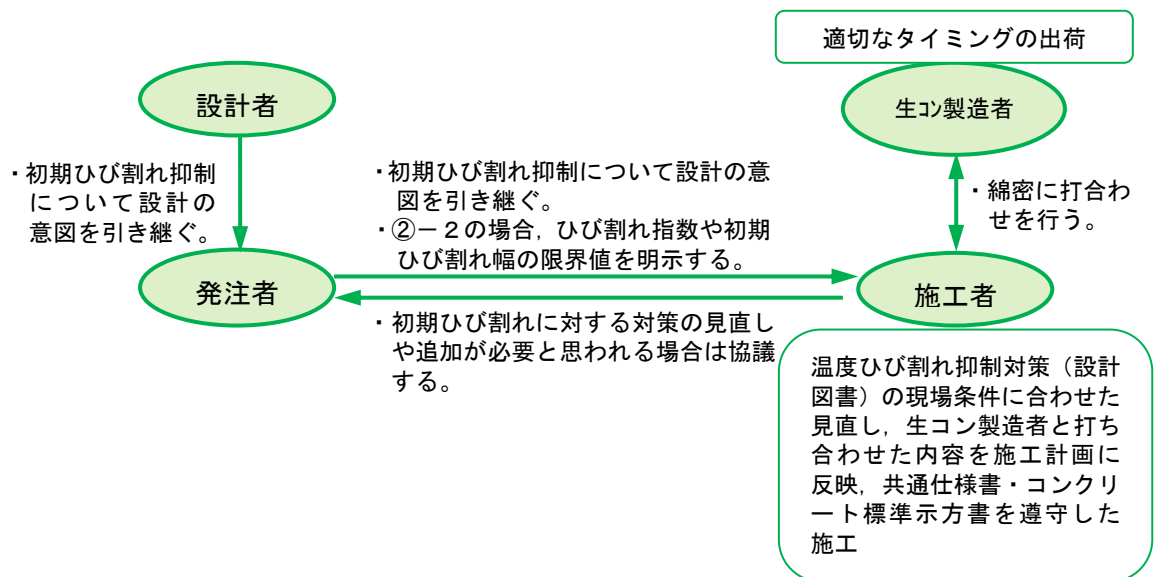
(4) について

温度ひび割れの抑制のため、コンクリート打込み後のピーク温度を抑えることが有効であるが、そのために生コンクリートの打込み時の温度を抑えるのがよい。製造段階での具体的な方策としては、地下水使用など各材料の温度を下げることで製造時のコンクリート温度を下げる、トラックアジテータのドラムにカバーを装着して運搬時の温度上昇を抑制する、などが考えられる。生コン製造工場の設備によって対応可能な方策が異なるため、生コン製造者からの対策の提案とした。

4.3.4 施工段階

施工段階におけるひび割れ抑制のためのポイントは、発注者、設計者、生コン製造者、施工者が連携してひび割れ抑制に関与することと、共通仕様書および20122017コンクリート標準示方書に示された基本事項を遵守することである。施工段階としては、「工事発注直後」、「施工計画時」、「施工時」の3つの段階がある。

- (1) 工事発注直後、発注者と設計者はひび割れ抑制についての目的と具体的な対策を施工者に確実に引き継ぐ。
- (2) 施工計画時、ひび割れ抑制対策については、施工者は生コン製造者とひび割れ抑制対策について打合わせを行い、打合せた内容を反映するとともに、現場でのひび割れ抑制対策についても具体的に記載する。特に養生はひび割れ抑制に大きく影響するため出来るだけ詳細に計画する。
- (3) 施工時、施工者は共通仕様書および2017コンクリート標準示方書に示された基本事項を遵守して施工し、発注者は土木工事監督基準に基づき、コンクリート打設時に打設方法等について現場の確認を行う。
- (4) 養生については、共通仕様書等によるほか、**鳥取県対策**に従う。



【解説】

(1) について【 工事発注直後 → 施工計画時 → 施工時 】

発注者と設計者は、設計段階、工事発注段階において、初期ひび割れに対する検討を行った場合、施工者にその主旨を確実に伝達する。施工者は、設計照査を行い、疑義がある場合や追加の対策が必要と思われる場合は、発注者と協議する。

とりわけ、温度ひび割れに対する検討内容については、設計段階で想定していた施工時期

や施工条件が変わった場合には、発注者と設計者および施工者が施工段階で見直すものとする。

軟弱地盤の場合、発注者および設計者は施工者に設計段階で検討した地盤支持力の検討内容や支持力不足対策について確実に伝達する。

(2) について【 工事発注直後 → 施工計画時 → 施工時 】

施工者は、生コン製造者に施工内容を伝えるとともに、練混ぜから荷卸しまでの運搬時間を短縮する、トラックアジテータのドラムにカバーを装着して運搬時の温度上昇を抑制する、などの温度上昇を抑える対策について生コン製造者と打合せを行い、施工計画に盛り込む。

施工計画書には具体的な施工方法を記載するが、ひび割れ抑制対策についても、温度ひび割れ抑制対策であれば、コンクリート内部と表面の温度差を小さくする方法や水和熱を小さくする方法などについて、乾燥収縮ひび割れ抑制対策であれば、収縮を小さくする方法や収縮にともない発生する応力を小さくする方法などについて具体的に記載する。

養生については、コンクリートの露出面を養生用マット・ぬらした布等で覆う、散水を行う、湛水を行う、などの方法がある。湿潤状態の保持は、硬化した後のコンクリートの表面のち密化、長期強度の増進、乾燥収縮の低減などに寄与し、収縮ひび割れ抑制に有効である。さらに、冬期などにおいては保温養生を併用すると、急激な温度変化を防ぎ、温度ひび割れ抑制に効果がある。そのため、**鳥取県対策**においては、**施工者は、施工計画書に養生日数や脱型後の養生方法などを含めて、養生の詳細についてできる限り具体的に記載することにした。**

(3) について【 工事発注直後 → 施工計画時 → 施工時 】

施工者は、共通仕様書および2017コンクリート標準示方書〔施工編〕に示された基本事項を遵守する。以下、ひび割れ抑制に関連する事項を抜粋する。

コンクリート打込みまで

- ・型枠のはらみ、支保工の沈下によるひび割れの防止のため、コンクリートの打込み前に型枠、支保工が堅固に固定されていることを確かめなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-2 3. および2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7-4-1(1)）
- ・コールドジョイント防止のため、コンクリートと接して吸水のおそれのあるところは、あらかじめ湿らせておかねばならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-2 4. および2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7.4.1(3)(4)）
- ・急激な凝結による悪影響を避けるため、型枠および鉄筋等が直射日光を受けて高温になるおそれのある場合は、散水および覆い等の適切な処置を講じなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-9-2 2. および2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕13.6(1)）

コンクリート打込み時

- ・「共通仕様書 第1編 1-3-9-2 3.」では、打込み時のコンクリート温度は 35℃以下としているが、昨今、我が国における夏期の外気温は全国的に高くなりつつあることもあり、コンクリート温度が 35℃を超える場合も考えられる。コンクリート温度が 35℃を超えた状況下においてやむを得ずコンクリートを打設しなければならない場合には、コンクリートが所要の品質を確保できることを確かめなければならない。具体的には、フレッシュコンクリートの品質に及ぼす影響、硬化コンクリートの強度に及ぼす影響、およびコンクリートの施工に及ぼす影響を確認し、温度ひび割れに対する照査を行う。←（2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕13-6(3)）
- ・フレッシュコンクリートの品質は、練上がりからの時間の経過とともに変化する。そのため、コンクリートを速やかに運搬し、直ちに打込み、十分に締め固めなければならない。練り混ぜてから打ち終わるまでの時間は、原則として、外気温が 25℃を超える場合で 1.5 時間、25℃以下の場合で 2 時間を超えないものとする。この時間を超えて施工せざるを得ないことが想定される場合は、計画段階で監督員と協議しなければならない。なお、この時間中においても、打込まれたコンクリートを日光、風雨等に対し保護しなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-4 1. および 2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7.2）
- ・コールドジョイントの防止のため、(a)一区画内のコンクリートの一層を打設が完了するまで連続して打設しなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-4 10. および 2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7.4.2(4)）(b)コンクリートを 2 層以上に分けて打込む場合、上層のコンクリートの打込みは、下層のコンクリートが固まり始める前に行い、バイブレーターを下層のコンクリートに 10 cm 程度挿入し、上層と下層が一体となるように入念に締め固めなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-4 14. , 1-3-6-5 3.）(c)コールドジョイントが発生しないよう、施工区間の面積、コンクリートの供給能力、打重ね時間間隔を定めなければならない。許容打重ね時間間隔は、外気温が 25℃を超える場合で 2.0 時間、25℃以下の場合で 2.5 時間を標準とする。←（2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7-4-2(6)）

コンクリート打込み後

- ・沈下ひびわれが発生した場合、直ちにタンピングや再振動を行い、これを消さなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-6 2. および 2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7.6(2)）
- ・コンクリートの露出面を養生用マット、ぬらした布等でこれを覆うか、または散水、湛水を行い、少なくとも表-5 の期間、常に湿潤状態を保たなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-9 2. および 2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕8.2(2)）

表-5 コンクリートの湿潤養生期間

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

- 日平均気温が 25℃を超える時期に施工することが想定される場合には、暑中コンクリートとしての施工を行うことを標準とし、打込み終了後、速やかに養生を開始し、コンクリートの表面を乾燥から保護しなければならない。また、気温が高く湿度が低い場合には、打込み直後の急激な乾燥によってひび割れが生じることがあるので、直射日光、風等を防ぐために必要な処置を施さなければならない。←(共通仕様書 第1編 1-3-9-3および2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕13.7)
- 日平均気温が 4℃以下になることが予想されるときは、寒中コンクリートとしての施工を行わなければならない。コンクリートの打込み終了後ただちにシートあるいはその他材料で表面を覆い、養生を始めるまでの間のコンクリートの表面の温度の急冷を防ぐとともに、打込み後の初期に凍結しないように保護し、特に風を防がなければならない。コンクリートに給熱する場合、コンクリートが局部的に乾燥または熱せられることのないようにしなければならない。また、保温養生終了後、コンクリート温度を急速に低下させてはならない。養生中のコンクリートの温度は 5℃以上に保たなければならない。養生期間については、表-6の日数以上とするのを標準とする。なお、表-6の養生期間の後、さらに2日間はコンクリート温度を 0℃以上に保たなければならない。また、湿潤養生を施す日数として表-5に示す期間を満足する必要がある。←(共通仕様書 第1編 1-3-10-3 2. 3. 4. 5. および 2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕12.6 (2) (3) (4) (6))

表-6 寒中コンクリートの養生期間

断面		普通の場合		
		普通ポルトランド	早強ポルトランド 普通ポルトランド + 促進剤	混合 セメントB種
型枠の取外し直後に 構造物が曝される環境	養生温度	セメントの種類		
	(1) コンクリート表面が水で 飽和される頻度が高い場合	5℃	9日	5日
10℃		7日	4日	9日
(2) コンクリート表面が水で 飽和される頻度が低い場合	5℃	4日	3日	5日
	10℃	3日	2日	4日

注：W/C=55%の場合を示した。W/Cがこれと異なる場合は増減する。

(4) について

- ・(鳥取県対策) 発注者は、現地立会等により養生状況の確認を行う。
- ・温度ひび割れを抑制するための原則は、コンクリート内部と表面との温度差をできる限り小さくすることである。そのため、養生については、冬期や昼夜の温度差が大きい時期には保温性の高い型枠の使用や全体をシート等で覆うこと等により保温する。湿潤養生に用いる水が湧水などで低温の場合には温度を高めた水を用いるなどの対策を講じて急激な温度変化を防ぐような養生を行う。特に、保温養生を実施する場合には、養生期間を十分にとり、保温養生終了後においてもコンクリートに急激な温度変化を避けるような対策を講じる。また、養生終了後に急激な乾燥を防ぐ対策も講じる。
- ・土工を施工する場合は、躯体完成後、土かぶり厚の小さな段階での作業車両等の载荷や盛土、埋戻し時の偏土圧など、施工時に有害な外力を作用させないように注意する。施工上やむを得ない場合は、事前に安全性について検討し、発注者と協議する。

4. 4 砂防堰堤・谷止工

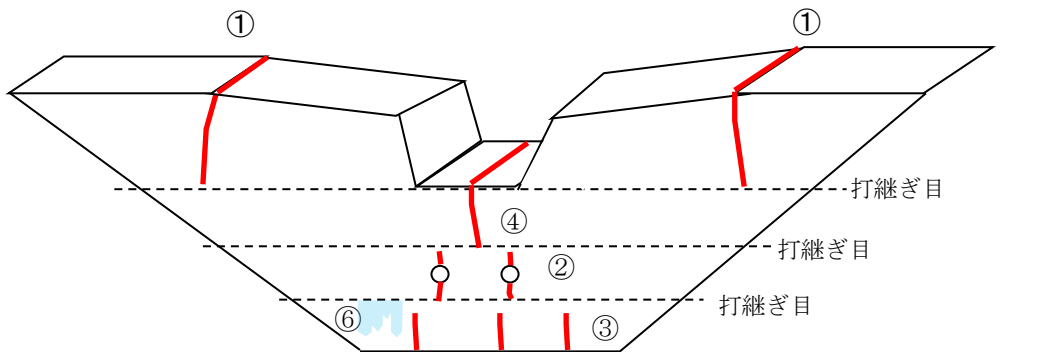
(1) ひび割れの発生パターン

図-8 に示すように、砂防堰堤・谷止工に見られるひび割れは、岩盤上や既設リフトのコンクリート上に打継いだ際、底部から鉛直方向に進展する形状が多い。これらはコンクリートの収縮を既設底面が拘束することが原因の温度ひび割れや乾燥収縮ひび割れである。

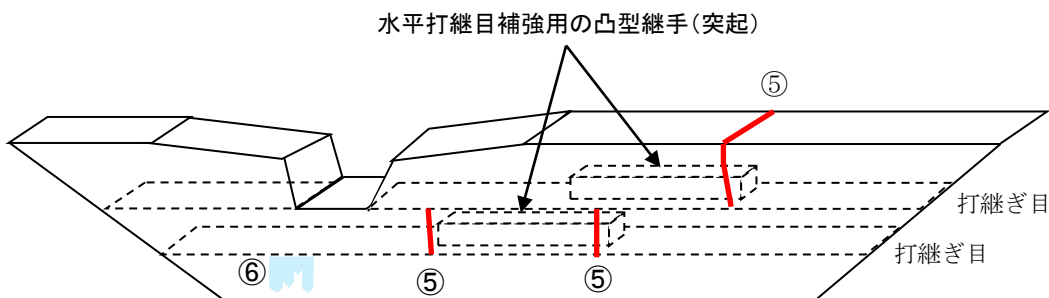
砂防堰堤・谷止工は断面寸法が大きいいため、温度ひび割れが生じやすい。

特に砂防堰堤では、断面急変部 (図-8(a)中の①)、水抜き孔による断面欠損部 (同②)、岩盤上に打継いだ最下段のリフト (同③)、および水通し部 (同④) において、ひび割れが発生しやすい。一方、谷止工においては、砂防堰堤と同様のひび割れに加えて水平打継目補強用の凸型継手 (突起) 部周辺が断面欠損部となりひび割れが発生しやすい (図-8(b)中の⑤)。

砂防堰堤・谷止工では、打継ぎ目表面からひび割れではないが漏水が生じることもある (図-8(a), (b)中の⑥)。



(a) 打継目から鉛直方向に進展するひび割れや断面急変部、欠損部などに見られるひび割れ



(b) 谷止工に見られるズレ止め補強突起部のひび割れ

図-8 砂防堰堤・谷止工に発生しやすいひび割れ

(2) 設計, 工事発注, 生コンクリート製造, 施工の各段階でのひび割れ抑制対策

ここでは, 設計, 工事発注, 生コンクリート製造, 施工の各段階で, 発注者, 設計者, 生コン製造者, 施工者の四者が行うひび割れ抑制対策を示す。各段階の役割分担を表-7(4章末尾 59 頁) に示す。

4.4.1 設計段階

設計段階におけるひび割れ抑制のためのポイントは, 発注者と設計者が鳥取県対策の内容を十分に理解し, それを反映した設計をすることである。

発注者:

(1) 温度ひび割れの懸念がある(特に躯体厚が 50cm 以上の) 場合には, 以下の①, ②のいずれかを選択する。

① 従来の方法(既往の施工実績があるため温度応力解析は課さない)

② ひび割れの制御を考慮した方法

②-1 鳥取県対策を適用する方法(温度応力解析は課さない)

②-2 温度応力解析等を課し, ひび割れ指数ないしはひび割れ幅を規定する方法

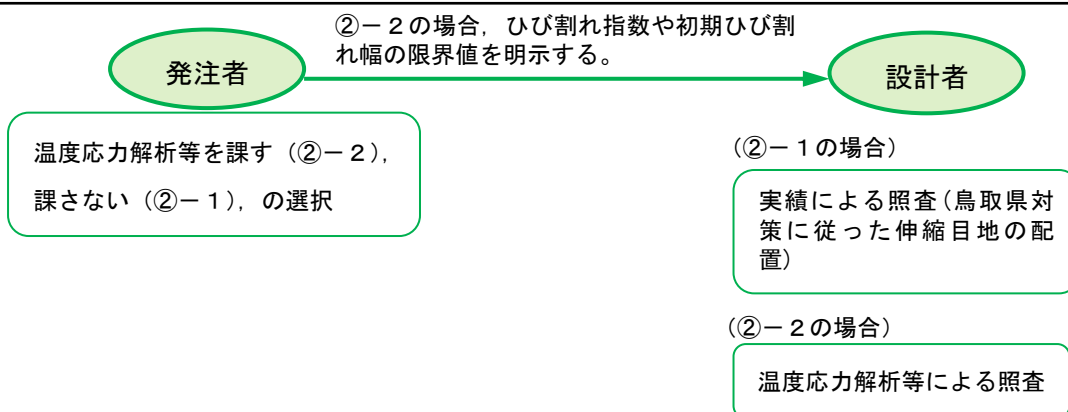
発注者・設計者:

(2) 発注者は, 上記②-2の「温度応力解析等を課す」場合, 構造物に求められる所要の性能に悪影響を与えないように, 構造物の重要度, 環境条件, 過去の実績等に基づいて適正なひび割れ指数ないしは初期ひび割れ幅の限界値を設定しなければならない。設計者はこれに対して初期ひび割れの照査を行う。

(3) 温度応力解析等による照査の結果, 設定したひび割れ指数や初期ひび割れ幅の限界値が満足されない場合は, 発注者と設計者はさらに具体的な対策について協議する。

(4) 上記②-1による方法の場合, 伸縮目地の配置は以下に従う。

(鳥取県対策) 砂防堰堤・谷止工などの水平打継面がある断面寸法の大きな無筋コンクリート部材では, 延長 10 m 程度毎に 1 箇所の伸縮目地を設け, 1 リフトの高さを共通仕様書の規定の範囲内でできる限り小さくする。



【解説】

(1) について

一般に砂防堰堤・谷止工は断面寸法が大きなマスコンクリートであり、温度ひび割れが生じやすい。「2017 コンクリート標準示方書〔設計編〕〔施工編〕」によれば、下端が拘束された壁では厚さ 50 cm 以上のものをマスコンクリートと考えてよいとされており、これによると砂防堰堤・谷止工のほとんどがこれに該当することになる。「共通仕様書 第 1 編 1-3-11-2 1.」によれば、マスコンクリートの施工にあたっては、事前にセメントの水和熱による温度応力および温度ひび割れに対する十分な検討を行わなければならない。この場合の検討方法には大きく分けて既存の実績による照査と温度応力解析による照査の 2 つの方法があり、いずれかの方法を用いればよい。← (2017 コンクリート標準示方書〔設計編：本編〕 12-1(3)および解説文)

設計段階での構造物の耐久性、安全性、使用性、復旧性の照査では、所要の性能に影響を及ぼすような初期ひび割れは発生していないことを前提としているため、設計段階で初期ひび割れに対する照査を行わなければならない。初期ひび割れの照査に温度応力解析を用いる場合は、適正なひび割れ指数ないしは初期ひび割れ幅の限界値を設定しておく必要がある。← (2017 コンクリート標準示方書〔設計編：本編〕 12-1(1))

(4) について

初期ひび割れの照査に既存の実績を用いる場合は、伸縮目地の配置間隔について検討する。「砂防技術指針（鳥取県県土整備部治山砂防課，以下「砂防指針」という。）第 2 編 第 1 章 3-9-3」¹⁰⁾によれば、堰堤袖直角方向のひび割れに対処するため、堰堤の延長が 20 m 以上となる場合には概ね 10 m ～15 m 毎に 1 箇所の伸縮目地を設けるものとされており、「治山技術指針（鳥取県県土整備部治山砂防課）」¹¹⁾によれば、鉛直打継目をコンクリートのひび割れ軽減を目的として設けるものとし、堤長が 25 m を超えるコンクリート治山ダムについては、堤長方向の各ブロックの長さが 10 m ～15 m 程度となるように配置するものとされている。「治山技術基準解説（日本治山治水協会）(3-13)」¹²⁾にも同様の記載がある。

しかし、鳥取県におけるこれまでのひび割れ事例によれば、延長が 10 m 以上の場合に 1 本以上のひび割れが発生していることが多いことから、砂防堰堤・谷止工には延長 10 m 程度毎に 1 箇所の伸縮目地を設けることを**鳥取県対策**とした。ただし、設計的に不具合がある場合は、別途検討のうえ個別に協議対応することとする。

4.4.2 工事発注段階

工事発注段階におけるひび割れ抑制のためのポイントは、設計段階で検討したひび割れ抑制の目的と対策の妥当性を確認し、その結果を施工段階に反映していくことである。

- (1) 発注者は、気温の高い時期のコンクリート打込みを極力避けるように工事を計画する。この時期にコンクリートを打込む工事を発注する場合は、温度ひび割れ抑制対策について検討する。
- (2) 発注者は、コンクリート打込み後の養生期間を確実に確保できるように工期を設定する。
- (3) 発注者は、初期ひび割れ抑制を含め、設計の意図を明示して工事を発注する。

発注者

実際の発注時期、設定された工期において、設計段階で検討したひび割れ抑制の目的と対策の妥当性を確認し、その結果を反映して、設計図書を作成する。

(発注)

【解説】

(1) について

温度ひび割れは、コンクリート内部と表面の温度差が原因で生じるため、抑制するには昼夜の気温差が大きい時期の施工を避けるのが望ましい。とくに、冬期は外気温が低いために注意が必要である。コンクリート温度自体を低く抑えることも有効であり、気温の高い日のコンクリート打込みも避けるのが望ましい。これらの時期にコンクリートを打込む工事を発注する可能性がある場合は、設計発注時に温度ひび割れ抑制対策について検討することとする。

(2) について

養生期間はひび割れ抑制に大きく関与するため、工期設定において養生期間を確保することを明記した。

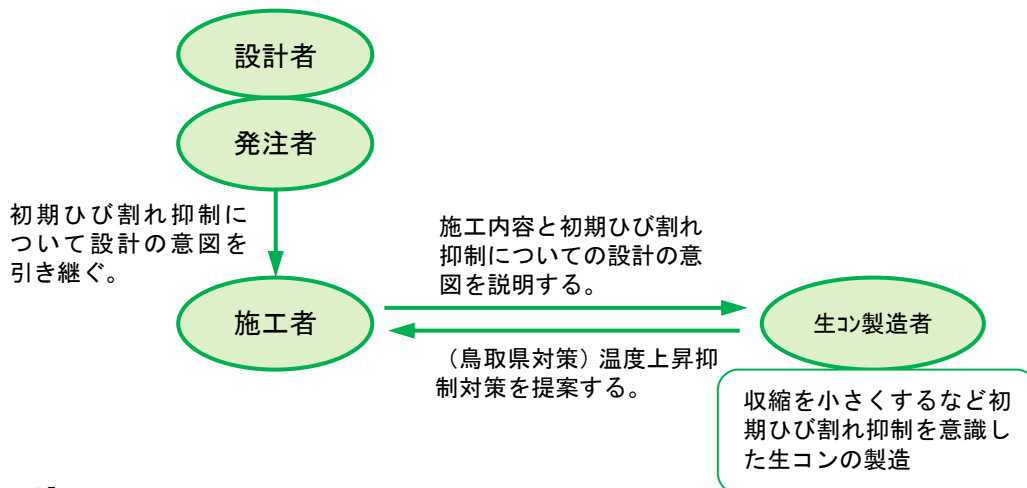
(3) について

設計段階で初期ひび割れ抑制について検討した結果が施工段階に確実に引き継がれるように、発注図書に設計の意図を盛り込む。

4.4.3 生コンクリート製造段階

生コンクリート製造段階におけるひび割れ抑制のためのポイントは、生コン製造者はできる限り収縮を小さくし、打込み時のコンクリート温度を低くする、温度上昇を抑える、などの工夫をすることで、初期ひび割れ抑制の目的を発注者、設計者、施工者と共有・協働することである。

- (1) 生コン製造者は、施工者と工事についての綿密な打合わせを行い、施工内容を把握するとともに、ひび割れ抑制についての設計の意図を発注者、設計者から確実に引き継ぐ。
- (2) 生コン製造者は、コンクリートの打込み作業時は現場と密接な連絡を取り合い、現場の状況に合わせて適切なタイミングで生コンクリートを出荷できるようにする。
- (3) 生コン製造者は、乾燥収縮によるひび割れ抑制として、できる限り収縮量の少ない生コンクリートを製造することに努める。
- (4) (鳥取県対策) 生コン製造者は、マスコンクリートや昼夜の気温差が大きい時期の打込みの場合、コンクリートの打込み時および打込み後の温度上昇をできる限り抑えるような対策を提案する。



【解説】

(1) について

生コンクリートの品質はコンクリート構造物の性能に影響する。そのため、生コン製造者と発注者、設計者、施工者は、初期ひび割れ抑制についての設計の意図や施工内容を把握、共有しておくことがコンクリート構造物のひび割れ抑制のためにも重要である。

(2) について

コンクリートの出荷に関しては、現場での打込み速度に比べて生コンクリートの出荷ペースが早い場合、運搬車現場到着後の打込みまでの待ち時間が長くなり、打込みに許容される作業時間が短くなる。これに合わせて無理に打込み速度を速めると、締固め作業が不十分となり、充てん不足や沈みひび割れを起しやすくなる。一方、出荷ペースが遅い場合、既に打込んだ箇所との打重ね時間間隔が長くなり、コールドジョイントが生じやすくなる。このような観点から、現場の作業状況に合わせた適切なタイミングでの生コンクリートの出荷が重要となる。

(3) について

乾燥収縮によるひび割れを抑制する観点からは、できる限り収縮量の少ない生コンクリートを供給することが望ましい。配合面からは、単位水量を小さくする、膨張材、収縮低減性を有する混和剤の使用、混和材料の使用、などが有効である。「2017 コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準] 4.6.1」には、単位水量が大きくなると乾燥収縮が増加するため、単位水量の上限値が設定されている。←（粗骨材の最大寸法 20～25 mm：175 kg/m³，粗骨材の最大寸法 40 mm：165 kg/m³，ただし無筋コンクリートや場所打ち杭等のように乾燥収縮の影響を考慮しなくてもよい場合にはこれを超えて設定しても良い。）

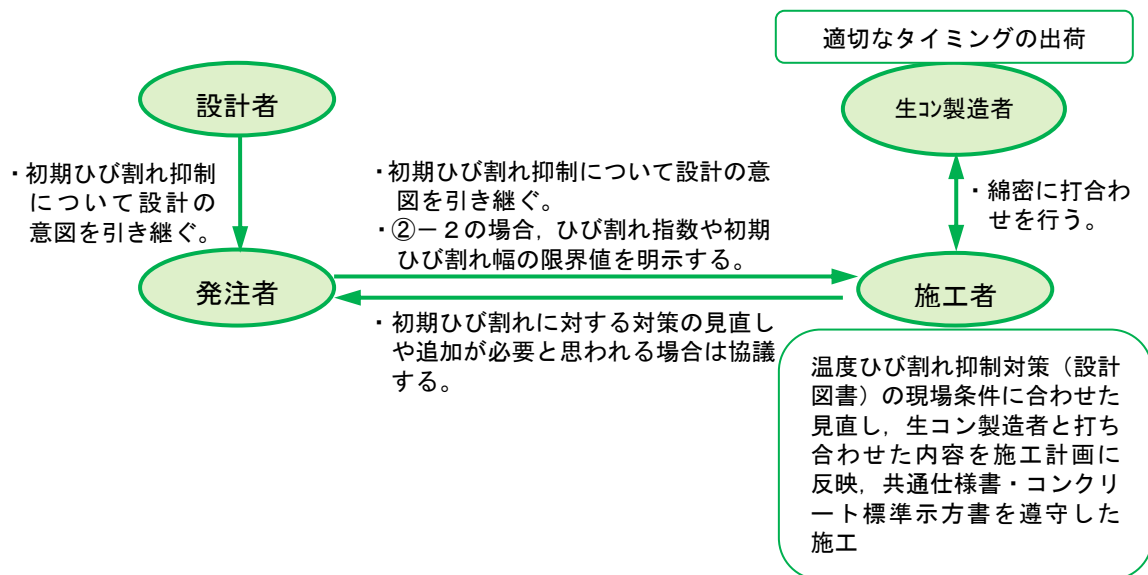
(4) について

温度ひび割れの抑制のため、コンクリート打込み後のピーク温度を抑えることが有効であるが、そのために生コンクリートの打込み時の温度を抑えるのがよい。製造段階での具体的な方策としては、地下水使用など各材料の温度を下げることで製造時のコンクリート温度を下げる、トラックアジテータのドラムにカバーを装着して運搬時の温度上昇を抑制する、などが考えられる。生コン製造工場の設備によって対応可能な方策が異なるため、生コン製造者からの対策の提案とした。

4.4.4 施工段階

施工段階におけるひび割れ抑制のためのポイントは、発注者、設計者、生コン製造者、施工者が連携してひび割れ抑制に関与することと、共通仕様書および2017コンクリート標準示方書に示された基本事項を遵守することである。施工段階としては、「工事発注直後」、「施工計画時」、「施工時」の3つの段階がある。

- (1) 工事発注直後、発注者と設計者はひび割れ抑制についての目的と具体的な対策を施工者に確実に引き継ぐ。
- (2) 施工計画時、ひび割れ抑制対策については、施工者は生コン製造者とひび割れ抑制対策について打合わせを行い、打合せた内容を反映するとともに、現場でのひび割れ抑制対策についても具体的に記載する。特に養生はひび割れ抑制に大きく影響するため出来るだけ詳細に計画する。
- (3) 施工時、施工者は共通仕様書、2017コンクリート標準示方書および砂防技術指針に示された基本事項を遵守して施工し、発注者は土木工事監督基準に基づき、コンクリート打設時に打設方法等について現場の確認を行う。
- (4) 養生については、共通仕様書等によるほか、**鳥取県対策**に従う。



【解説】

(1) について【 工事発注直後 → 施工計画時 → 施工時 】

発注者と設計者は、設計段階、工事発注段階において、初期ひび割れに対する検討を行った場合、施工者にその主旨を確実に伝達する。施工者は、設計照査を行い、疑義がある場合や追加の対策が必要と思われる場合は、発注者と協議する。

とりわけ、温度ひび割れに対する検討内容については、設計段階で想定していた施工時期や施工条件が変わった場合には、発注者と設計者および施工者が施工段階で見直すものとする。

(2) について【 工事発注直後 → **施工計画時** → 施工時 】

施工者は、生コン製造者に施工内容を伝えるとともに、練混ぜから荷卸しまでの運搬時間を短縮する、トラックアジテータのドラムにカバーを装着して運搬時の温度上昇を抑制する、などの温度上昇を抑える対策について生コン製造者と打合せを行い、施工計画に盛り込む。

施工計画書には具体的な施工方法を記載するが、ひび割れ抑制対策についても、温度ひび割れ抑制対策であれば、コンクリート内部と表面の温度差を小さくする方法や水和熱を小さくする方法などについて、乾燥収縮ひび割れ抑制対策であれば、収縮を小さくする方法や収縮にともない発生する応力を小さくする方法などについて具体的に記載する。

養生については、コンクリートの露出面を養生用マット・ぬらした布等で覆う、散水を行う、湛水を行う、などの方法がある。湿潤状態の保持は、硬化した後のコンクリートの表面のち密化、長期強度の増進、乾燥収縮の低減などに寄与し、収縮ひび割れ抑制に有効である。さらに、冬期などにおいては保温養生を併用すると、急激な温度変化を防ぎ、温度ひび割れ抑制に効果がある。そのため、**鳥取県対策**においては、**施工者は、施工計画書に養生日数や脱型後の養生方法などを含めて、養生の詳細についてできる限り具体的に記載することにした。**

一般に、砂防堰堤・谷止工は水平方向、鉛直方向に分割して施工するが、温度ひび割れ抑制のため、1回に打込む区間をできる限り小さく、旧コンクリートの打ち込み後、新コンクリートを打継ぐまでの期間を、共通仕様書の規定を遵守した上でできる限り短く設定する。

1回に打込む区画が大きいほど、水和熱によるコンクリート内部と外部の温度差が大きくなり温度ひび割れが発生しやすくなるため、温度ひび割れ抑制のために1回に打込む区画をできる限り小さくするのが良い。「共通仕様書 第8編 8-1-8-4 8.」によれば、1リフトの高さは0.75 m 以上2.0 m 以下とし、同一区画内は、連続して打込むものとするが、**(鳥取県対策)1リフトの高さを共通仕様書の規定の範囲内でできる限り小さくする。**また、「砂防指針(第4編 第3章 第1節)」によれば、1区間の長さは10～15 m 程度とされているが、これまでのひび割れ事例の傾向から、延長10 m 毎に1箇所の伸縮目地を設けるのがひび割れ抑制に有効と思われる。

新旧コンクリートを打継ぐ期間は、「共通仕様書 第8編 8-1-8-1 5.」によれば、「旧コンクリートの材齢が0.75 m 以上～1.0 m 未満リフトの場合は3日(中2日)、1.0 m 以上～1.5 m 未満のリフトの場合は4日(中3日)1.5 m 以上2.0 m 以下のリフトの場合は5日(中4日)に達した後に新コンクリートを打継がなければならない。」とされている。しかし、コンクリートを長い日数にわたって打止めておくことは、できるだけ避けなければならない。←(砂防指針(第4編 第3章 第1節)) 旧コンクリートの打ち込み後の水和熱によ

って上昇した温度は、表面からの放熱によって低下していくため、早期に新コンクリートを打継ぐと放熱を妨げることとなり、内部拘束による温度ひび割れが発生しやすくなる。また、逆に長期間開けると新旧コンクリートの温度差が大きくなり、外部拘束による温度ひび割れが発生しやすくなる。よって、共通仕様書の規定を遵守した上で、できる限り速やかに打継ぐのが良い。

(3) について【 工事発注直後 → 施工計画時 → **施工時** 】

施工者は、共通仕様書および2017コンクリート標準示方書〔施工編〕に示された基本事項を遵守する。以下、ひび割れ抑制に関連する事項を抜粋する。

コンクリート打込みまで

- ・型枠のはらみ、支保工の沈下によるひび割れの防止のため、コンクリートの打込み前に型枠、支保工が堅固に固定されていることを確かめなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-2 3. および2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7-4-1(1)）
- ・コールドジョイント防止のため、コンクリートと接して吸水のおそれのあるところは、あらかじめ湿らせておかねばならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-6-2 4. および2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕7.4.1(3)(4)）
- ・急激な凝結による悪影響を避けるため、型枠および鉄筋等が直射日光を受けて高温になるおそれのある場合は、散水および覆い等の適切な処置を講じなければならない。←（共通仕様書 第1編 1-3-9-2 2. および2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕13.6(1)）
- ・打継面の一体化、漏水の防止のため、コンクリートを打込む基礎岩盤および水平打継目のコンクリートについては、あらかじめ吸水させ、湿潤状態にしたうえで、モルタルを塗り込むように敷均さなければならない。また、モルタルの配合は本体コンクリートの品質を損なうものであってはならない。また、敷き込むモルタルの厚さは平均厚で、岩盤では2cm程度、水平打継目では1.5cm程度とするものとする。←共通仕様書 第8編 8-1-8-4 2. および3.)
- ・打継面の一体化、漏水の防止のため、水平打継目の処理については、圧力水等により、レイトンス、雑物を取り除き、コンクリート表面を粗にし、清掃しなければならない。←（共通仕様書 第8編 8-1-8-4 4.）

コンクリート打込み時

- ・「共通仕様書 第1編 1-3-9-2 3.」では、打込み時のコンクリート温度は35℃以下としているが、昨今、我が国における夏期の外気温は全国的に高くなりつつあることもあり、コンクリート温度が35℃を超える場合も考えられる。コンクリート温度が35℃を超えた状況下においてやむを得ずコンクリートを打設しなければならない場合には、コンクリ

ートが所要の品質を確保できることを確かめなければならない。具体的には、フレッシュコンクリートの品質に及ぼす影響、硬化コンクリートの強度に及ぼす影響、およびコンクリートの施工に及ぼす影響を確認し、温度ひび割れに対する照査を行う。← (2017 コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準] 13-6(3))

- ・フレッシュコンクリートの品質は、練上がりからの時間の経過とともに変化する。そのため、コンクリートを速やかに運搬し、直ちに打込み、十分に締め固めなければならない。練り混ぜてから打ち終わるまでの時間は、原則として、外気温が 25 °C を超える場合で 1.5 時間、25 °C 以下の場合で 2 時間を超えないものとする。この時間を超えて施工せざるを得ないことが想定される場合は、計画段階で監督員と協議しなければならない。なお、この時間中においても、打込まれたコンクリートを日光、風雨等に対し保護しなければならない。← (共通仕様書 第 1 編 1-3-6-4 1. および 2017 コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準] 7.2)
- ・コールドジョイントの防止のため、(a) 一区画内のコンクリートの一層を打設が完了するまで連続して打設しなければならない。← (共通仕様書 第 1 編 1-3-6-4 10. および 2017 コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準] 7.4.2(4)) (b) コンクリートを 2 層以上に分けて打込む場合、上層のコンクリートの打込みは、下層のコンクリートが固まり始める前に行い、バイブレーターを下層のコンクリートに 10 cm 程度挿入し、上層と下層が一体となるように入念に締め固めなければならない。← (共通仕様書 第 1 編 1-3-6-4 14. , 1-3-6-5 3.) (c) コールドジョイントが発生しないよう、施工区間の面積、コンクリートの供給能力、打重ね時間間隔を定めなければならない。許容打重ね時間間隔は、外気温が 25 °C を超える場合で 2.0 時間、25 °C 以下の場合で 2.5 時間を標準とする。← (2017 コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準] 7-4-2(6))

コンクリート打込み後

- ・沈みひび割れの防止のため、沈下ひびわれが発生した場合、直ちにタンピングや再振動を行い、これを消さなければならない。← (共通仕様書 第 1 編 1-3-6-6 2. および 2017 コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準] 7.6(2))
- ・コンクリートの露出面を養生用マット、ぬらした布等でこれを覆うか、または散水、湛水を行い、少なくとも表-5 の期間、常に湿潤状態を保たなければならない。← (共通仕様書 第 1 編 1-3-6-9 2. および 2017 コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準] 8.2(2))

表-5 コンクリートの湿潤養生期間

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

- ・日平均気温が 25℃を超える時期に施工することが想定される場合には、暑中コンクリートとしての施工を行うことを標準とし、打込み終了後、速やかに養生を開始し、コンクリートの表面を乾燥から保護しなければならない。また、気温が高く湿度が低い場合には、打込み直後の急激な乾燥によってひび割れが生じることがあるので、直射日光、風等を防ぐために必要な処置を施さなければならない。←(共通仕様書 第1編 1-3-9-3および2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕13.7)
- ・日平均気温が 4℃以下になることが予想されるときは、寒中コンクリートとしての施工を行わなければならない。コンクリートの打込み終了後ただちにシートあるいはその他材料で表面を覆い、養生を始めるまでの間のコンクリートの表面の温度の急冷を防ぐとともに、打込み後の初期に凍結しないように保護し、特に風を防がなければならない。コンクリートに給熱する場合、コンクリートが局部的に乾燥または熱せられることのないようにしなければならない。また、保温養生終了後、コンクリート温度を急速に低下させてはならない。養生中のコンクリートの温度は 5℃以上に保たなければならない。養生期間については、表-6の日数以上とするのを標準とする。なお、表-6の養生期間の後、さらに2日間はコンクリート温度を 0℃以上に保たなければならない。また、湿潤養生を施す日数として表-5に示す期間を満足する必要がある。←(共通仕様書 第1編 1-3-10-3 2. 3. 4. 5. および 2017コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕12.6 (2) (3) (4) (6))

表-6 寒中コンクリートの養生期間

断面		普通の場合		
		普通ポルトランド	早強ポルトランド 普通ポルトランド + 促進剤	混合 セメントB種
型枠の取外し直後に 構造物が曝される環境	セメントの種類			
	養生温度			
(1) コンクリート表面が水で 飽和される頻度が高い場合	5℃	9 日	5 日	12 日
	10℃	7 日	4 日	9 日
(2) コンクリート表面が水で 飽和される頻度が低い場合	5℃	4 日	3 日	5 日
	10℃	3 日	2 日	4 日

注：W/C=55%の場合を示した。W/Cがこれと異なる場合は増減する。

(4) について

- ・(鳥取県対策) 発注者は、現地立会等により養生状況の確認を行う。
- ・温度ひび割れを抑制するための原則は、コンクリート内部と表面との温度差をできる限り小さくすることである。そのため、養生については、冬期や昼夜の温度差が大きい時期には保温性の高い型枠の使用や全体をシート等で覆うこと等により保温する。湿潤養生に用いる水が湧水などで低温の場合には温度を高めた水を用いるなどの対策を講じて急激な温度変化を防ぐような養生を行う。特に、保温養生を実施する場合には、養生期間を十分にとり、保温養生終了後においてもコンクリートに急激な温度変化を避けるような対策を講じる。また、養生終了後に急激な乾燥を防ぐ対策も講じる。

表-7 各段階の役割分担表

	設計段階	工事発注段階	生コンクリート製造段階	施工段階
発注者	<ul style="list-style-type: none"> 温度ひび割れの懸念がある（とくに躯体厚が50cm以上の）場合には、以下の①、②のいずれかを選択する。 <ul style="list-style-type: none"> ① 従来の方法（既往の施工実績があるため温度応力解析は課さない） ② ひび割れの制御を考慮した方法 <ul style="list-style-type: none"> ②-1 鳥取県対策を適用する方法（温度応力解析は課さない） ②-2 温度応力解析等を課し、ひび割れ指数ないしはひび割れ幅を規定する方法 上記②-2の場合、ひび割れ指数ないしは初期ひび割れ幅の限界値を適正に設定する。 温度応力解析等による照査の結果、設定したひび割れ指数や初期ひび割れ幅の限界値が満足されない場合は、さらに具体的な対策について検討する。 上記②-1の場合、ひび割れ誘発目地、伸縮目地の配置は鳥取県対策に従う。 	<ul style="list-style-type: none"> 温度ひび割れ抑制のため、昼夜の気温差が大きい時期や気温の高い時期のコンクリート打込みを極力避けるように工事を計画する。また、これらの時期にコンクリートを打込む工事を発注する場合は、温度ひび割れ抑制対策について検討する。 コンクリート打込み後の養生期間を確実に確保できるように工期を設定する。 発注者は、ひび割れ抑制を含め、設計の意図を反映して工事を発注する。 	<ul style="list-style-type: none"> 施工者を通じてひび割れ抑制についての設計の意図を生コン製造者に確実に引き継ぐ。 	<ul style="list-style-type: none"> 工事発注直後、ひび割れ抑制についての設計の意図を施工者に確実に引き継ぐ。 施工時、発注者は適宜現場の確認を行う。 （鳥取県対策）養生状況の確認を行う。
設計者	<ul style="list-style-type: none"> 上記②-2の場合、発注者が設定したひび割れ指数ないしは初期ひび割れ幅の限界値に対して初期ひび割れの照査を行う。 温度応力解析等による照査の結果、設定したひび割れ指数や初期ひび割れ幅の限界値が満足されない場合は、さらに具体的な対策について検討する。 「実績による評価（温度応力解析はしなくてもよい）」の場合は、鳥取県対策を参考としてひび割れ誘発目地や伸縮目地を設ける。 上記②-1の場合、ひび割れ誘発目地、伸縮目地の配置は鳥取県対策に従う。 		<ul style="list-style-type: none"> 施工者を通じてひび割れ抑制についての設計の意図を生コン製造者に確実に引き継ぐ。 	<ul style="list-style-type: none"> 工事発注直後、ひび割れ抑制についての設計の意図を施工者に確実に引き継ぐ。
施工者			<ul style="list-style-type: none"> 生コン製造者と工事についての綿密な打合わせを行い、施工内容とひび割れ抑制についての設計の意図を説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 工事受注直後、ひび割れ抑制についての設計の意図を発注者、設計者から確実に引き継ぐ。 施工計画作成時、生コン製造者とひび割れ抑制対策について打合わせを行い、打合せた内容を反映するとともに、ひび割れ抑制対策について具体的に記載する。 施工時、鳥取県土木工事共通仕様書やコンクリート標準示方書に示された基本事項を遵守して施工する。 養生については、鳥取県対策に従う。
生コン製造者			<ul style="list-style-type: none"> 施工者と工事についての綿密な打合わせを行い、施工内容を把握するとともに、ひび割れ抑制についての設計の意図を発注者、設計者から確実に引き継ぐ。 コンクリートの打込み作業時は現場と密接な連絡を取り合い、現場の状況に合わせて適切なタイミングで生コンクリートを出荷できるようにする。 できる限り収縮量の少ない生コンクリートを作ることに努める。 （鳥取県対策）マスコンクリートや昼夜の気温差が大きい時期の打込みの場合、コンクリートの打込み時の温度をできる限り抑えるような対策を提案する。 	<ul style="list-style-type: none"> 施工者の施工計画作成時、施工者とひび割れ抑制対策について打合わせを行う。

参考図書

以下に、当マニュアルの作成にあたり参考とした図書を示す。

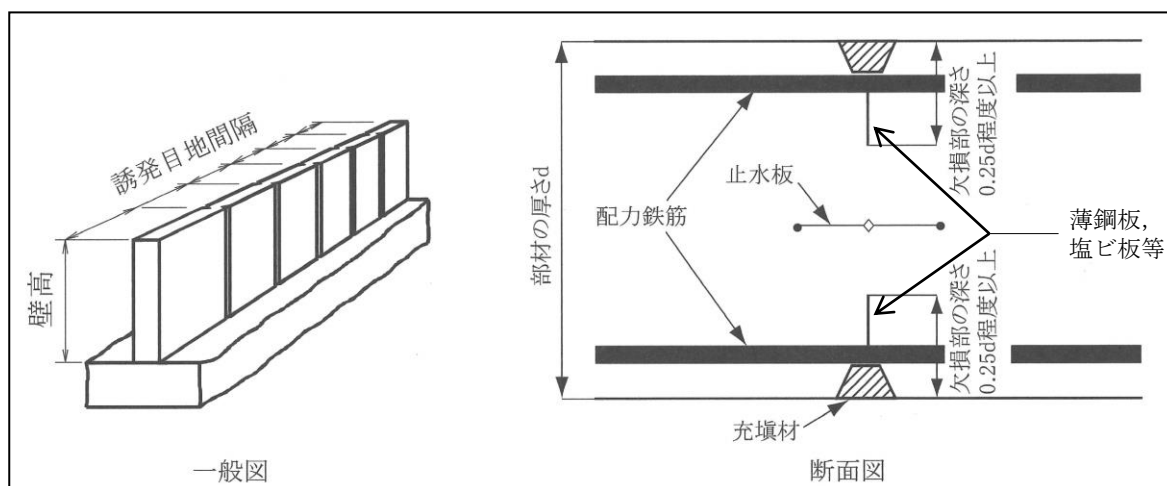
- 1) 鳥取県土木工事共通仕様書 令和3年, 鳥取県県土整備部, 2021
- 2) 2017年制定 コンクリート標準示方書 [施工編], 土木学会, 2017
- 3) 2017年制定 コンクリート標準示方書 [設計編], 土木学会, 2017
- 4) マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016, 日本コンクリート工学会, pp. 97~99, 2016
- 5) ひび割れ事例集 平成25年10月, 鳥取県県土整備部, 2013
- 6) 土木工事設計マニュアル(第3編 道路編)令和3年4月, 国土交通省中国地方整備局, p. 3-5-151~3-5-152, pp. 3-5-244~3-5-247, pp. 3-2-59~3-2-63, 2021
- 7) 設計便覧(案) (第3編 道路編) 平成24年4月, 国土交通省近畿地方整備局, pp. 7-33~7-34, p. 6-12, pp. 5-24~5-26, 2012
- 8) 道路橋示方書・同解説 IV下部構造編 平成29年11月, 日本道路協会, pp. 91~92, 2017
- 9) 道路土工カルバート工指針(平成21年度版) 平成22年3月, 日本道路協会, pp. 130~133, 2010
- 10) 砂防技術指針 平成26年10月, 鳥取県県土整備部治山砂防課, pp. 2-76~2-77, 2014
- 11) 治山技術指針 平成22年3月, 鳥取県県土整備部治山砂防課, p. 50, 2010
- 12) 平成21年版 治山技術基準解説 総則・山地治山編, 日本治山治水協会, pp. 208~209, 2009

[鳥取県が推奨するひび割れ抑制対策（鳥取県対策）の解説]

1. 目地の設置について

- (1) 橋台堅壁などの下面を打ち継ぐ断面寸法の大きな鉄筋コンクリート部材では、躯体幅が 10 m 以上の場合には、5 m 程度以内にひび割れ誘発目地を設ける。ひび割れ誘発目地の構造、配置は構造物の機能を損なわないようにする。ひび割れ誘発目地の断面欠損率は 50 % 程度以上とし、配置本数はできる限り奇数とし、1 本であれば延長中央、3 本であれば 1/4 点・中央・3/4 点とする。
- (2) ボックスカルバートの側壁部には 5 m 程度以内にひび割れ誘発目地を設ける。ひび割れ誘発目地の構造、配置は構造物の機能を損なわないように定めることとし、断面欠損率は 50 % 程度以上とする。

ひび割れ誘発目地の配置間隔はこれまでのひび割れ事例の傾向や試験施工の結果に基づいた。橋台部の配置本数を奇数としたのは、これまでのひび割れ事例では躯体幅中央に生じるケースや、さらに 1/4 点、3/4 点に生じるケースが多かったことや「マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008（日本コンクリート工学会）（5.2.3 ひび割れ誘発目地）」を参考とした。また断面欠損率 50 % 程度以上は、「2017 コンクリート標準示方書〔設計編：本編〕（12 章初期ひび割れに対する照査 12-1 一般）」、「2017 コンクリート標準示方書〔設計編：標準〕（7 編鉄筋コンクリートの前提および構造細目 4 章その他の構造細目 4-6-3 ひび割れ誘発目地）」、および「2017 コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕（9 章継目 9-3-3 ひび割れ誘発目地）」の記載を参考とした。

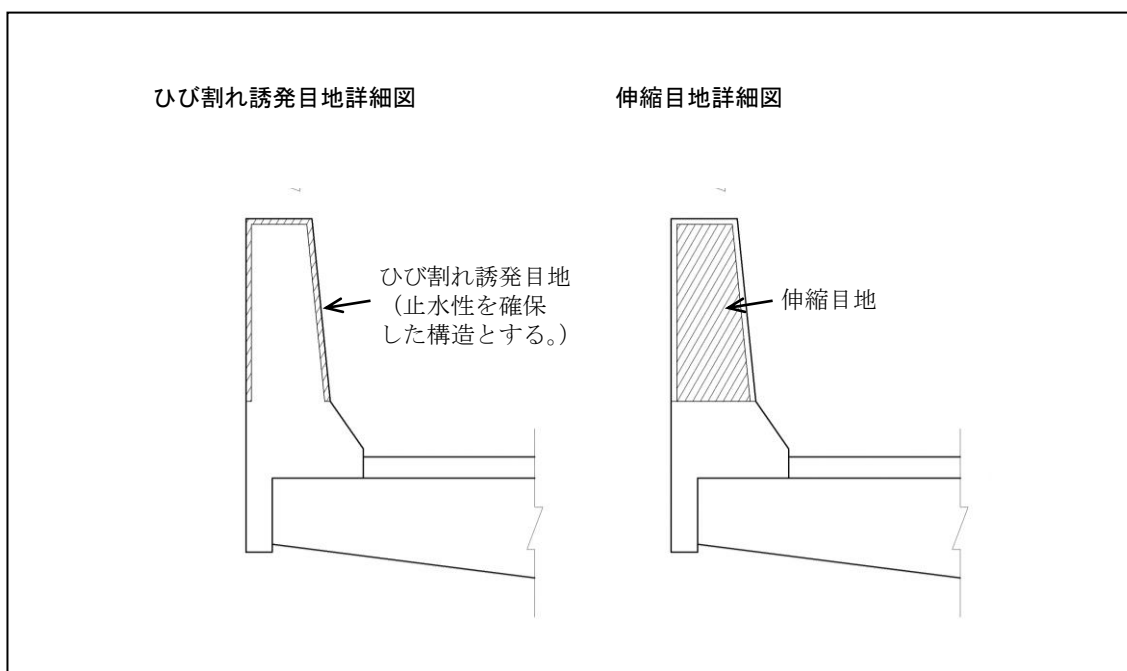


《「2017 年制定コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕」より抜粋》

付図-1 ひび割れ誘発目地の設置例

- (3) 橋梁の地覆・壁高欄（鋼床版上を除く。）のひび割れ抑制対策として支間部にひび割れ誘発目地を配置する場合は、配置間隔は延長 4 m 程度の間隔とし、止水性を確保した構造とする。また多径間連続構造の場合、中間支点上付近に必ず伸縮目地（幅 10 mm 程度の遊間）を設ける。

ひび割れ誘発目地の配置間隔は、これまでのひび割れ事例の傾向や現場調査の結果に基づいた。橋梁の地覆・壁高欄は常時風雨にさらされる箇所であり、目地部の鉄筋の腐食を防止するため、止水性を確保した構造とする。

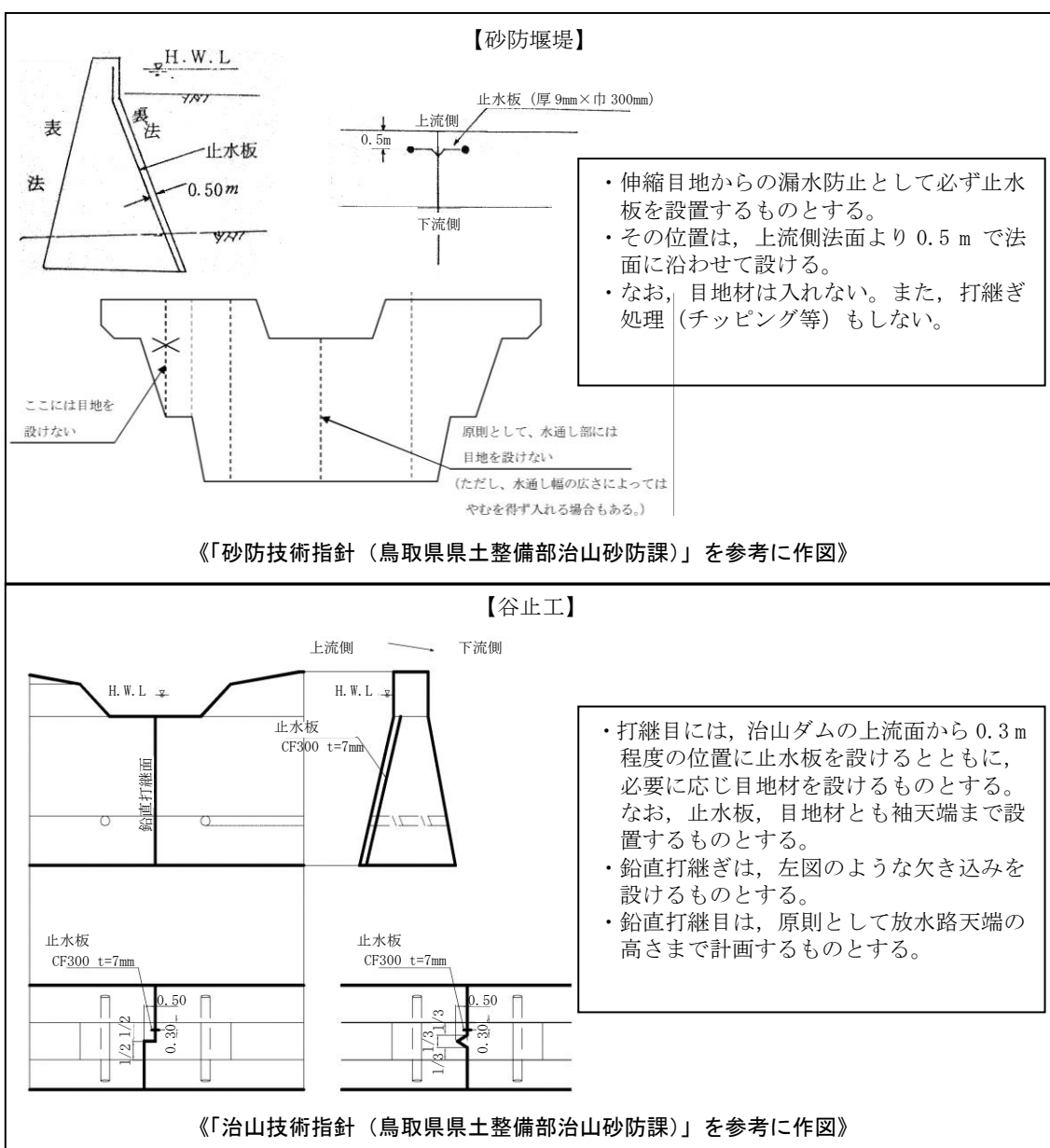


《「土木工事設計マニュアル（中国地方整備局）（第3編 道路編）」および「設計便覧(案)（近畿地方整備局）（第3編 道路編）」を参考に作図》

付図-2 橋梁壁高欄のひび割れ誘発目地，伸縮目地の設置例

(4) 砂防堰堤・谷止工などの水平打継面がある断面寸法の大きな無筋コンクリート部材では、延長 10 m 程度毎に 1 箇所の伸縮目地を設け、1 リフトの高さを共通仕様書の規定の範囲内でできる限り小さくする。

伸縮目地の配置間隔は、これまでのひび割れ事例が長さ 10 m を超えるものに多かったことに基づいた。設計的に不具合がある場合は、別途検討のうえ個別に協議対応することとする。共通仕様書では 1 リフトの高さは 0.75 m 以上 2.0 m 以下と規定されているが、温度ひび割れ抑制のためにはできる限り小さい方が良く、これまでの実績によると 1.0 m 程度とすると効果が大きくなるものと思われる。



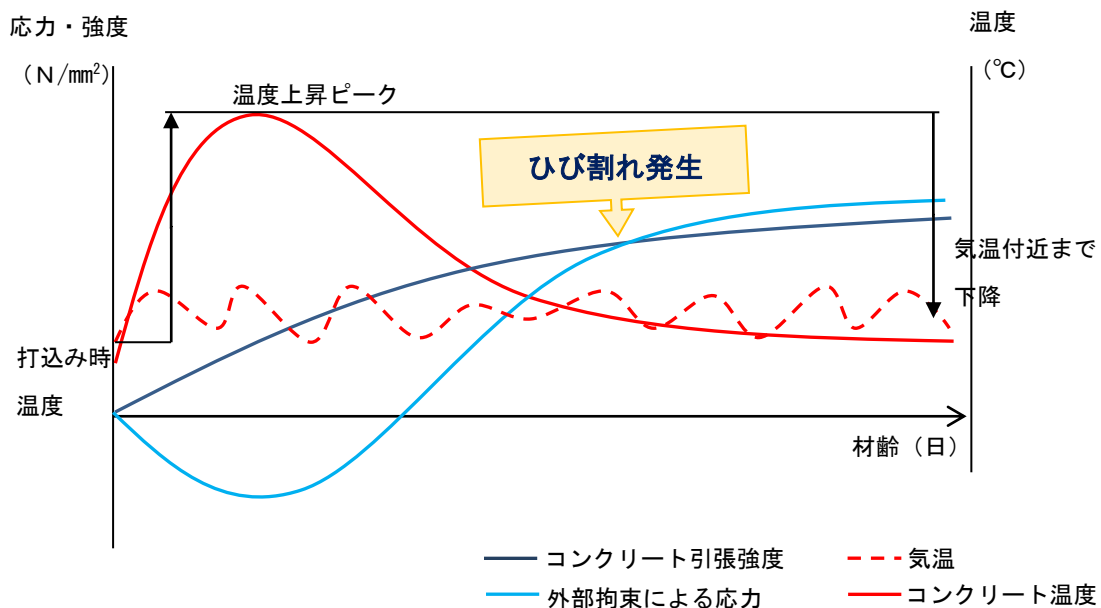
付図-3 砂防堰堤・谷止工の伸縮目地

2. 養生について

- (1) 温度ひび割れを抑制するための原則は、コンクリート内部と表面との温度差をできる限り小さくすることである。そのため、養生については、冬期や昼夜の温度差が大きい時期には保温性の高い型枠の使用や全体をシート等で覆うこと等により保温する。湿潤養生に用いる水が湧水などで低温の場合には温度を高めた水を用いるなどの対策を講じて急激な温度変化を防ぐような養生を行う。特に、保温養生を実施する場合には、養生期間を十分にとり、保温養生終了後においてもコンクリートに急激な温度変化を避けるような対策を講じる。また、養生終了後に急激な乾燥を防ぐ対策も講じる。
- (2) 施工者は、施工計画書に養生日数や脱型後の養生方法などを含めて、養生の詳細についてできる限り具体的に記載して実施し、発注者は、現地立会等により養生状況の確認を行う。

温度ひび割れの原因となる水和熱による温度変化は比較的材齢の早い時期に生じるが、この時期のコンクリート強度はまだ発現途中であり比較的小さい。よって、若材齢におけるコンクリート表面の保護、コンクリートの強度発現を早くする湿潤養生、コンクリート内部と表面の温度差を小さくするための保温養生が温度ひび割れ抑制にとっても重要な役割を果たす。しかし、養生の重要性については周知の事実であるものの、現実には工程確保のために十分な養生期間が確保できない場合や型枠脱型後の養生がおろそかになる場合、あるいは計画不足などのために、養生がなおざりにされることもあり得る。そこで、確実に養生が実施されるように、施工者は施工計画の時点で具体的な計画※を立てて施工計画書に記載し、発注者は実施状況の確認を行うこととする。

(※湿潤状態の形態（散水、湛水等）・具体的方法（例えば散水であれば、ジョウロ使用・高圧洗浄機使用等の手段、養生マット等の種類、散水頻度、水の供給源・運搬方法など）、湿潤養生日数、夜間・休日の体制、湿潤養生期間内に脱型した場合の脱型後の養生についての計画、など。)



付図-4 材齢初期のコンクリートの温度変化，強度発現，発生応力の関係の模式図

3. 生コンクリート製造について

- (1) 生コン製造者は、マスコンクリートや昼夜の気温差が大きい時期の打込みの場合、コンクリートの打込み時および打込み後の温度上昇をできる限り抑えるような対策を提案する。

温度ひび割れの抑制のため、コンクリート打込み後のピーク時の温度を抑えることが有効であるが、そのために生コンクリートの打込み時の温度を抑えるのが良い。製造段階での具体的な方策としては、地下水使用など各材料の温度を下げることで製造時の温度を下げる、トラックアジテータのドラムにカバーを装着して運搬時の温度上昇を抑制する、などが考えられる。生コン製造工場の設備によって対応可能な方策が異なるため、生コン製造者からの対策の提案が望ましい。

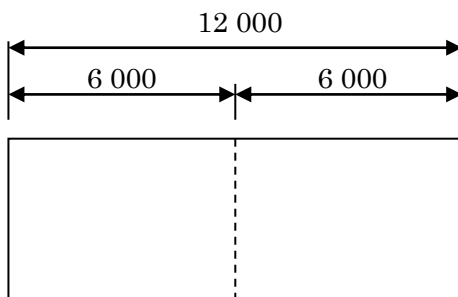
ひび割れ誘発目地の設置例

ひび割れ誘発目地の設置間隔は「5 m 程度」としているが、5 m 程度は、概ね 4 m ~ 6 m の範囲と考えて良いものとする。

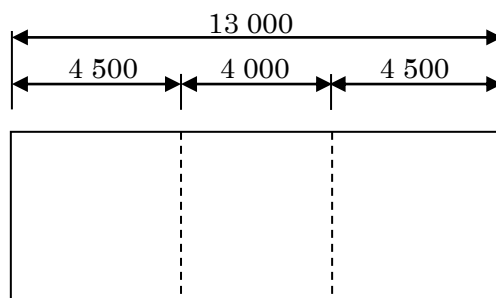
ひび割れ誘発目地の設置例を以下に示す。

※点線はひび割れ誘発目地の位置

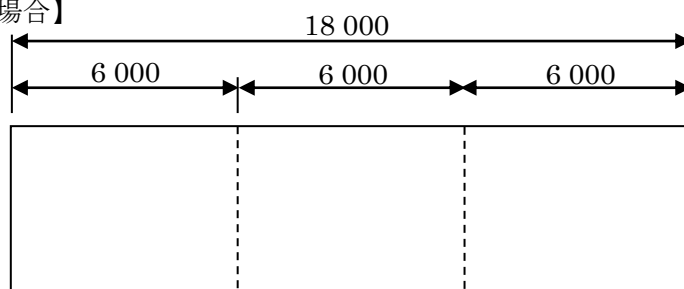
【躯体幅 12m の場合】



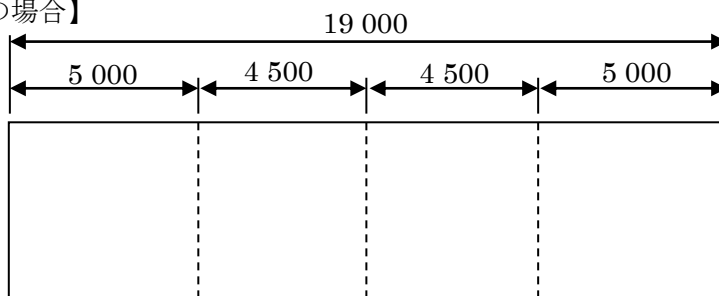
【躯体幅 13m の場合】



【躯体幅 18m の場合】



【躯体幅 19m の場合】



付 録

既設構造物の現場ひび割れ調査および新設構造物のひび割れ抑制対策に係るモデル試験施工の結果について

1. はじめに

鳥取県が平成 25～26 年度に行った既設構造物についての現場調査およびひび割れ抑制対策に係る試験施工の結果を以下に示す。これらは、コンクリート構造物長寿命化対策事業の一環で、コンクリートの初期ひび割れを抑制するための有効な対策を探る目的で行ったものである。具体的には、温度ひび割れ・収縮ひび割れの抑制対策として知られているいくつかの対策について、既設構造物を対象とした実態調査と新設構造物を対象にした試験施工を行い、それぞれの効果を確認した。

2. 現場ひび割れ調査

2.1 概要

橋梁上部工の地覆・壁高欄の温度ひび割れ・収縮ひび割れ抑制対策との一つとして「Vカット配置」がよく知られているが、鳥取県として配置間隔の規定が無く、実際の構造物においても配置の有無や配置間隔は統一されておらず、Vカットが配置されているもののひび割れの発生が報告された事例も多く見られる。そこで、平成 20～24 年度における鳥取県建設技術センターのひび割れ事例を対象にVカット配置の現状を調査するとともに、平成 24 年度以降に完成した橋梁を対象に地覆・壁高欄のVカット配置間隔とひび割れ発生状況についての実態調査を行った。

2.2 結果と考察

平成 20～24 年度における鳥取県建設技術センターのひび割れ事例の調査結果を表-2-1に、平成 24 年度以降に完成した橋梁の調査結果を表-2-2 に示す。

平成 20～24 年度におけるひび割れ事例の調査箇所の中でVカットの配置は約 6 割であったが、平成 24 年度以降に完成した橋梁の調査箇所ではそのほとんどでVカットが配置されていて、Vカットの配置が以前よりも一般的に行われるようになってきたことが伺われた。

Vカットの配置間隔については両調査とも 3 m～10 m とまちまちであるが、配置間隔が 4 m を超える箇所についてはそのほとんどで幅 0.20 mm 以内のひび割れが発生しており、配置間隔が広いほどひび割れ本数が多かった。配置間隔が 4 m 以内の箇所ではおおむね（約半数）ひび割れは無かったが、鳥取県建設技術センターの事例では、配置間隔が 4 m 以内であっても車両走行など床版の振動の影響でひび割れが生じたと思われる事例が 2 件あった。

以上より、調査結果の範囲では地覆・壁高欄のひび割れ防止のためにはVカットを 4 m 以内の間隔で配置することがかなり有効になると思われた。また、床版の振動の影響がある場合はVカットを配置してもひび割れ防止が期待できないものと思われ、ひび割れ防止

のためには、とくに養生中の床版の振動が無いように注意する必要がある。

表-2-1 平成 20～24 年度の鳥取県建設技術センターのひび割れ事例の調査結果

調査箇所	橋梁諸元				調査結果			
	上部工形式	橋長 (m)	支間長 (m)	その他	地覆・ 壁高欄	ひび割れ誘発目地		ひび割れ発生状況
						有・無	配置間隔	
橋梁a	鋼2径間連続非合成箱桁橋	82.000	48.700+31.700		地覆	無し	—	L側・R側・歩車道境界 0.20mm以下多数
橋梁b	PC2径間連続ホストンション方式T桁橋	68.000	28.700+361.700		壁高欄	有り	10m	A1-P1 目地間に0.10-0.20mm3本 P1-A2 目地間に0.10-0.20mm1本
橋梁c	単純鋼床版箱桁橋	83.000	81.400	鋼床版	壁高欄	有り	5m ※伸縮目地と交互	壁部の目地間に0.05mm1本,下の地覆部に0.05mm多数
橋梁d	ホストンション方式PC3径間単純コンボ橋	103.000	32.75+33.40+32.75	1週間以内に 車両走行有り	地覆	有り	4m	L側 目地間に0.05-0.10mm1本 R側 目地間に0.05-0.20mm1本
橋梁e	丸ロード工	—	—	丸ロード工	地覆	有り	6m	ガードレールポスト部1箇所に0.05mm1本
橋梁f	鋼単純合成版桁橋	42.400	41.600	反復施工有り	地覆	無し	—	L側 0.05-0.15mm4本 R側 0.05-0.10mm9本
橋梁g	プレテンション方式PC単純床版橋	15.000	14.000		地覆	無し	—	L側・R側 0.05mm3本
橋梁h	プレテンション方式PC単純床版橋	15.800	15.120	既設橋拡幅, 既設橋施工時供用有り	地覆	有り	3m	目地間に0.05mm1本

表-2-2 平成 24 年度以降に完成した橋梁の調査結果

調査箇所	橋梁諸元				調査結果				
	上部工形式	橋長 (m)	支間長 (m)	その他	地覆・ 壁高欄	ひび割れ誘発目地		ひび割れ発生	
						有・無	配置間隔	有・無	発生状況
橋梁A	PC2径間連続プレテンション方式T桁橋	40.400	19.370+19.370	膨張材使用	地覆	有り	5m	有り	目地間に0.05-0.10mm数本
橋梁B	PC2径間連続プレテンション方式床版橋	43.600	20.721+20.721	膨張材使用	地覆	有り	4m	無し	—
橋梁C	プレテンション方式PC単純床版橋	17.100	16.400	膨張材使用	地覆	有り	5.5m	有り	歩車道境界部の目地間に0.05mm4本,両外側地覆無し
橋梁D	鋼単純合成版桁橋	30.700	29.900	歩道橋	地覆	無し	—	無し	—
橋梁E	プレテンション方式PC単純床版橋	15.000	14.339	—	地覆	無し	—	有り	車道地覆0.05-0.10mm1本 歩道無し
橋梁F	RC16径間連続ガルバ-T桁橋+鋼床版桁橋	357.910	5.410+23.020+5.410	膨張材使用 配合変更 (24-8-20N)	地覆	有り	6m 4m	有り 有り	目地間に0.05-0.10mm数本 目地間に0.05mm1本
橋梁G	鋼3+3+6+4径間連続非合成少数版桁橋	131.0+95.0+240.0+123.0	36.7+38.0+54.3,28.85+36.0+28.85,37.35+4x42.0+33.35,27.85+35.0+33.5+25.15	—	壁高欄	有り	10m 5m	有り※ 無し※	※遠望目視、外側のみ
橋梁H	鋼2径間連続細幅箱桁橋(合成床版)	78.500	28.650+48.150	—	地覆	有り	4m	無し	—
橋梁I	鋼5径間連続非合成細幅箱桁橋	237.000	50.000+60.000+45.000+45.000+35.000	鋼床版,膨張材使用	地覆	有り	5m ※伸縮目地と交互	有り	目地間に0.05mm数本
橋梁J	ホストンション方式PC単純コンボ橋	33.600	31.490(上り線) 28.236(下り線)	膨張材使用 配合変更 (27-8-20N)	地覆	有り	6m	無し	—
橋梁K	プレテンション方式PC単純床版橋	16.400	15.740	配合変更 (27-8-20BB)	地覆	有り	4m	無し	—
橋梁L	鋼2径間連続非合成版桁橋	101.000	49.450+49.450	配合変更 (27-8-20BB)	地覆	有り	10m	有り	目地間に0.05-0.10mm数本
橋梁M	ホストンション方式PC単純コンボ橋	40.300	39.100	膨張材使用	地覆	有り	5m	有り	目地間に0.05-0.20mm4本
橋梁N	プレテンション方式PC単純床版橋	16.000	15.320	配合変更 (30-8-20N)	地覆	有り	4.2m	有り	目地間に0.05-0.10mm1本
橋梁O	プレテンション方式PC単純床版橋	15.800	15.120	既設橋拡幅, 既設橋施工時供用有り	地覆	有り	3m	有り	目地間に0.05mm1本

3. モデル試験施工

3.1 概要

橋梁下部工の橋台堅壁、胸壁（パラペット）やボックスカルバート側壁など既設コンクリート上に打継ぐ箇所では、コンクリートの収縮を底部の既設コンクリートが拘束することで、底部から鉛直方向に進展するひび割れが発生しやすい。とくに延長が 10m を超えるような長い場合に顕著となるため、対策としてひび割れ誘発目地を配置する事例が多い。しかし、ひび割れ誘発目地を配置してもひび割れが発生する場合もあり、「ひび割れ事例集（鳥取県土木整備部）」の橋台のひび割れ事例の中でもいくつか見られた。

そこで、ひび割れ抑制対策として「膨張材」、「収縮低減タイプの AE 減水剤」の使用によりコンクリートの収縮自体を抑制する対策に着目し、ひび割れ抑制効果を検証するため実構造物を対象に試験施工を行った。「膨張材」は、ひび割れ抑制対策の一つとして以前からよく用いられているもので、生コン工場が使用する混和剤メーカーの製品で添加量が $20\text{kg}/\text{m}^3$ の低添加型とした。「収縮低減タイプの AE 減水剤」は、生コン製造時に通常用いられる AE 減水剤に代えて収縮低減タイプの AE 減水剤とするもので、生コン工場が使用する混和剤メーカーの製品としたが、混和剤メーカーのカタログによれば各社製品とも収縮量が 5～15%低減することができるとされていた。

試験施工の対象構造物は、フーチング上の堅壁、堅壁上の胸壁（パラペット）と打継ぎ回数が多い橋梁橋台とし、延長が 10m を超えるものとした。

3.2 結果と考察

試験箇所と実施する抑制対策の組合せを表-3-1 に示す。橋梁 1 では、A2 橋台の堅壁に「収縮低減タイプの AE 減水剤」を用い、胸壁（パラペット）に「膨張材」を用いた。比較のため、A1 橋台の堅壁、胸壁（パラペット）は対策無しとした。橋梁 2 では、A1 橋台の堅壁に「収縮低減タイプの AE 減水剤」を用い、胸壁（パラペット）に「膨張材」を用いた。

表-3-1 に試験結果を示すが、橋梁 1 では、対策有り・無しとも同じで、堅壁には脱型直後に中央付近の鉛直方向に 1 本のひび割れ（最大ひび割れ幅 0.10 mm）が発生し、胸壁（パラペット）にはひび割れは無かった。一方、橋梁 2 では、堅壁には脱型直後に中央付近の鉛直方向に 1 本のひび割れ（最大ひび割れ幅 0.15 mm）が発生し、胸壁（パラペット）には材齢 4 ヶ月で中央付近の鉛直方向に 1 本のひび割れ（最大ひび割れ幅 0.05 mm）が発生した。

橋梁 1, 2 の堅壁に発生したひび割れは発生時期が早くマスコンクリートであるため、温度ひび割れと思われ、橋梁 2 の胸壁（パラペット）に発生したひび割れは発生時期が遅く、乾燥収縮によるひび割れと思われた。

一方、試験室においてコンクリート打込み時に採取した供試体（ $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 40\text{cm}$ ）の長さ変化を測定した。橋梁 1 では「収縮低減タイプの AE 減水剤」、「膨張材」を使用したものは対策無しのものに比べて収縮量が小さかった。橋梁 2 では「収縮低減タイプの AE 減水剤」を使用したものは「膨張材」を使用したものに比べて収縮量が小さかった。

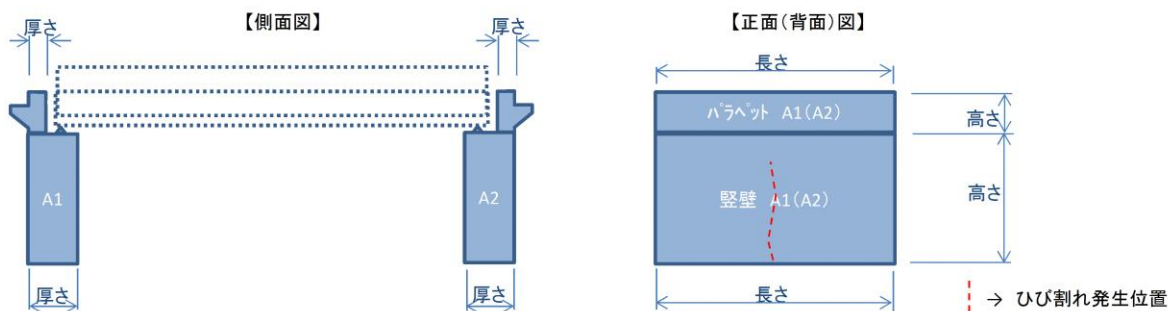
以上より、「膨張材」,「収縮低減タイプの AE 減水剤」の使用はコンクリートの収縮を低減するが、今回の試験範囲では構造物のひび割れ抑制には顕著な効果が見られなかった。

表-3-1 試験施工の結果

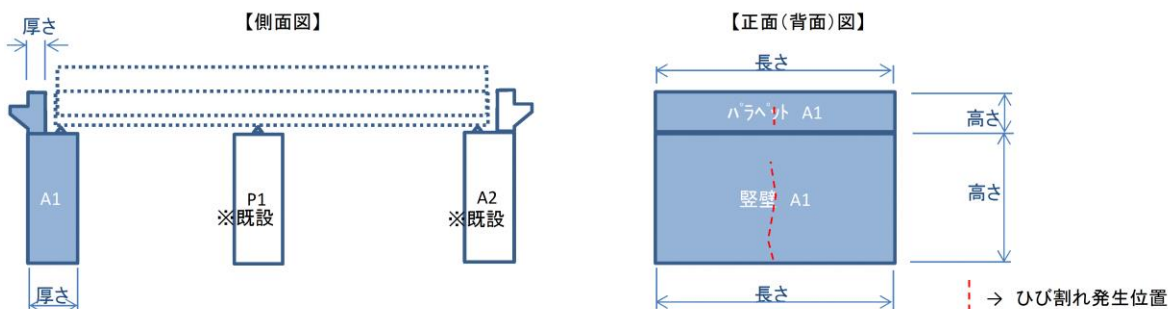
試験箇所		実施する抑制対策	配合	構造寸法 (mm)			打込み時期	試験結果		
				長さ	高さ	厚さ		収縮量 (長さ変化 $(\times 10^{-6})$) [※]	ひび割れ発生 有・無 (最大幅)	確認時期
橋梁1	A1橋台縦壁	無し	24-8-20 BB (粗骨材に石灰石使用)	11,513	4,759	1,400	4月	500	有り (0.10mm)	材齢20日 (脱型6日後)
	A2橋台縦壁	収縮低減タイプのAE減水剤(A社製)使用		11,257	3,755	1,400	6月	470	有り (0.10mm)	材齢14日 (脱型4日後)
	A1橋台パラペット	無し		11,241	1,141	500	4月	500	無し	—
	A2橋台パラペット	膨張材(B社製)使用 (20kg/m ³)		11,085	1,145	500	6月	430	無し	—
橋梁2	A1橋台縦壁	収縮低減タイプのAE減水剤(C社製)使用	24-8-20 BB	12,318	4,350	2,000	11月	580	有り (0.15mm)	材齢22日 (脱型時)
	A1橋台パラペット	膨張材(B社製)使用 (20kg/m ³)		12,318	2,440	500	12月	660	有り (0.05mm)	材齢4ヶ月

※材齢1日から7日まで水中養生し7日以降は恒温室で乾燥させた供試体について、材齢1日からの長さ変化を測定した。ここでの収縮量は、初期の自由膨張ピーク時から乾燥182日後までの長さ変化(収縮量)とした。

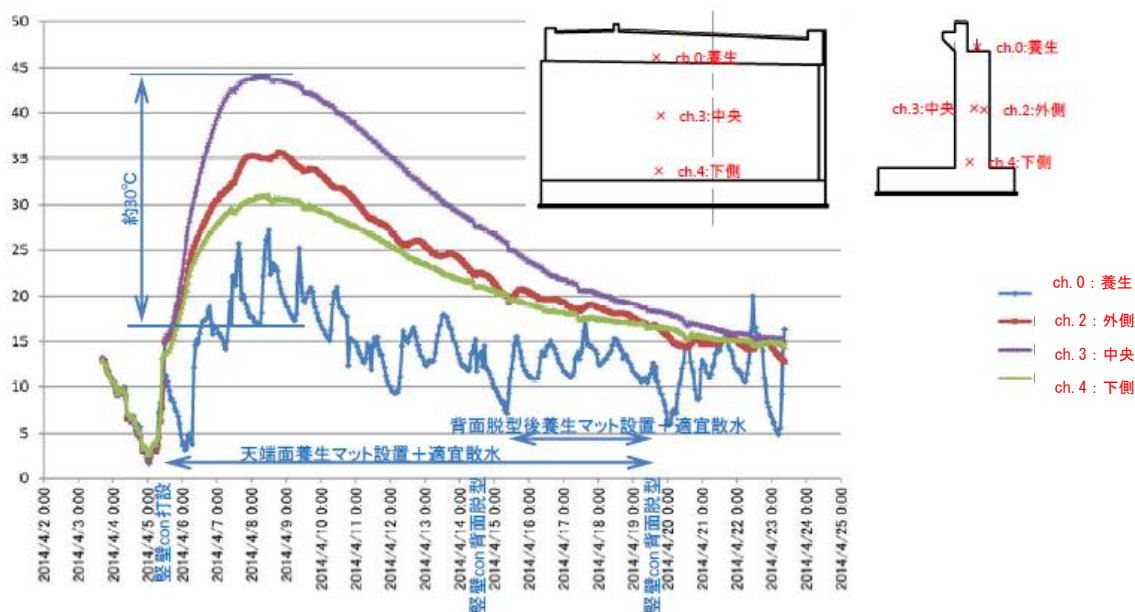
(a) 橋梁 1



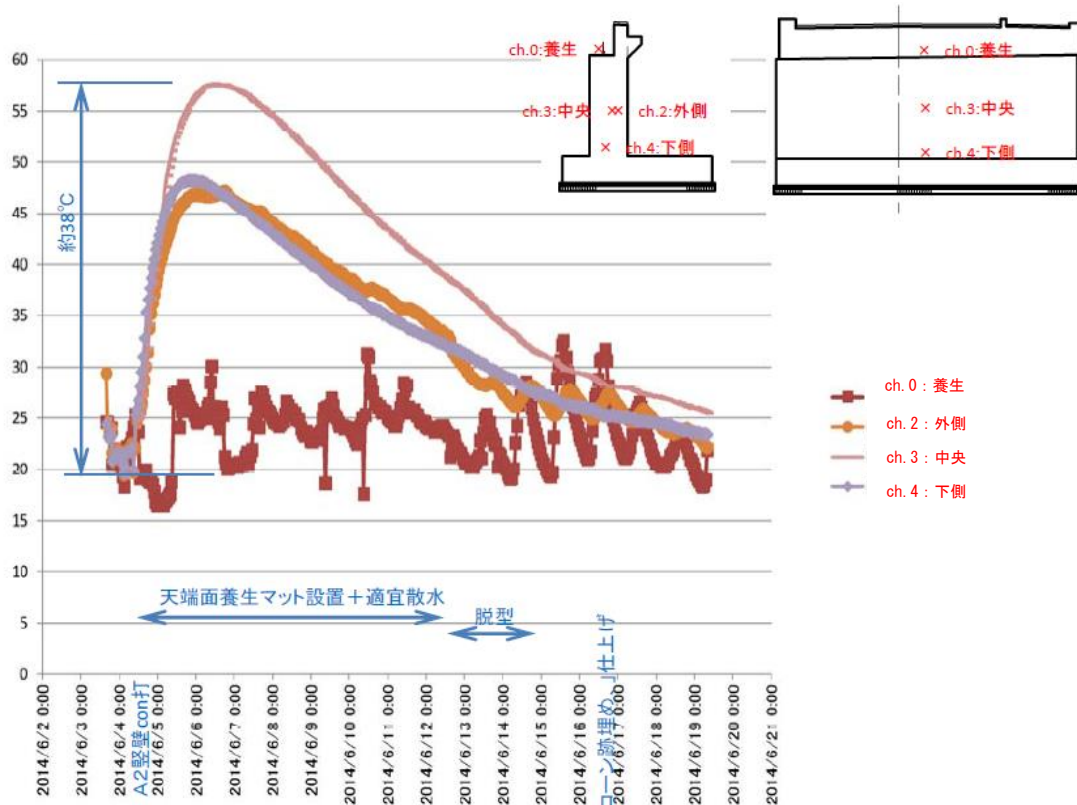
(b) 橋梁 2



また、以下にコンクリート打込み後の温度測定記録を示すが、堅壁においてはいずれも打込み後 3~4 日後にピークとなり、ピーク時の内部と表面付近の温度差は、橋梁 1 の A1 橋台（4 月打込み）、橋梁 2 の A1 橋台（11 月打込み）で約 30℃，橋梁 1 の A2 橋台（6 月打込み）で約 40℃であり、この内外の温度差が温度ひび割れの主因であると思われる。

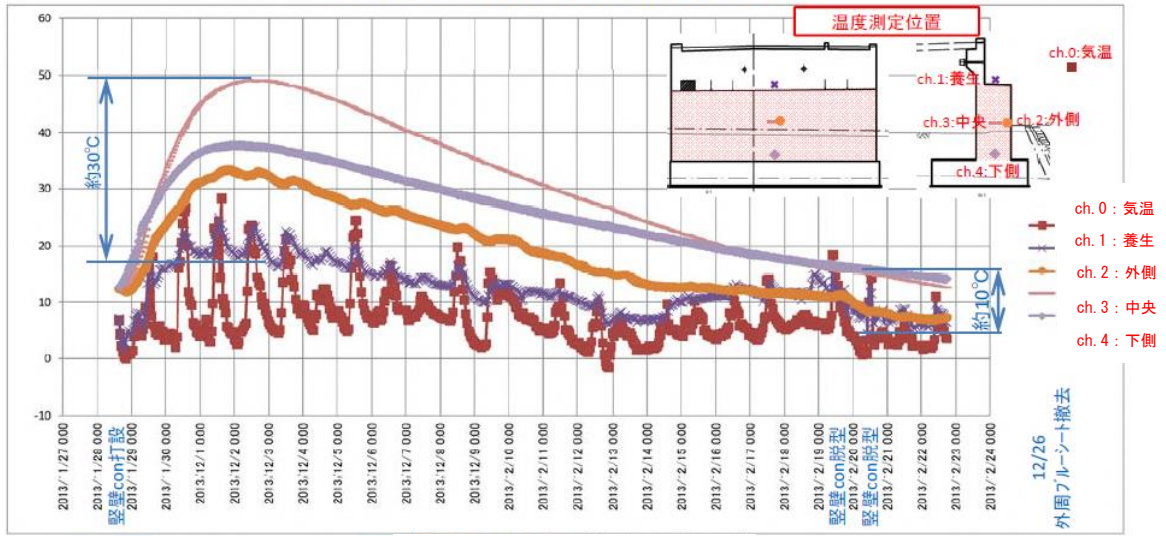


【橋梁 1 A1 橋台】 堅壁コンクリートの打込み後の温度記録



【橋梁 1 A2 橋台】 堅壁コンクリートの打込み後の温度記録

【橋梁 2 A1 橋台】 縦壁コンクリートの打込み後の温度記録と養生状況



4. 現場ひび割れ調査とひび割れ抑制対策に係るモデル試験施工のまとめ

橋梁地覆・壁高欄のひび割れ抑制対策として、Vカットの配置が一般的に行われているが、今回の調査結果より、配置間隔を4 m以内とすることでより確実な効果が期待できるものと思われる。橋梁地覆・壁高欄は、直射日光、風雨、寒冷地における凍結防止剤散布など、直接耐久性を脅かす外的作用を受ける箇所である。内部鉄筋は床版に埋め込まれているため、内部鉄筋の腐食が将来的には床版の耐久性にも影響する可能性がある。さらに最も第三者に対して目立つ箇所であり美観上の観点からも、ひび割れ発生の防止に努めることが望ましいと思われる。

橋台堅壁など既設コンクリート上に打継ぐ箇所のひび割れ抑制対策として、膨張材、収縮低減タイプのAE減水剤の使用について試験施工を行ったが、今回の試験施工の範囲ではひび割れ抑制には顕著な効果は確認ができなかった。膨張材、収縮低減タイプのAE減水剤によってコンクリートの収縮自体を抑制することはできると思われるが、構造物の長さが長くなると収縮量も大きくなり、コンクリートの伸び能力を超える場合にひび割れが発生するものと思われる。これまでのひび割れ事例でも、構造物の長さが10 m程度を超える場合に鉛直方向のひび割れが発生するものが見られ、今回の試験施工においても長さが10 mを超える橋台であった。よって、構造物の長さが10 m程度を超える場合のひび割れ抑制対策としては、ひび割れが発生するものとして発生位置を制御する「ひび割れ誘発目地の設置」が最も有効と思われる。ただし、ひび割れ誘発目地を設置しても目地部にひび割れを集めきれない事例も見られたため、目地部に確実にひび割れを集めるためには断面欠損率を大きくする必要があり、2017コンクリート標準示方書に従い断面欠損率を50%程度とすることで、ひび割れ誘発目地のより確実な効果が期待できるものと思われる。