

温度ひび割れ制御対策の手引き（案） 巻末資料

—目次—

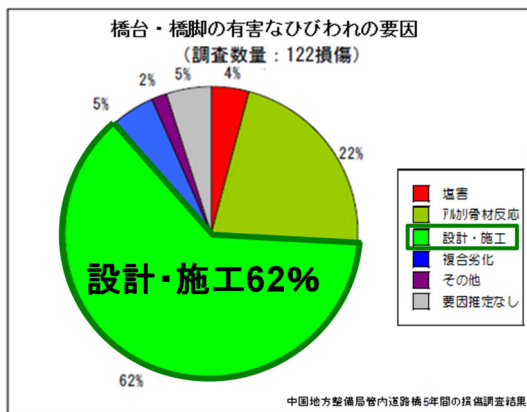
1. 中国地方の課題	1
2. コンクリート施工記録の様式	6
3. 山口 DB を活用した実績による照査	24
3.1. 山口 DB とは	24
3.2. 山口 DB の検索方法	24
3.3. 山口 DB を活用した実績による照査例	25
3.3.1. 山口 DB 適用の判断について	25
3.3.2. 山口 DB を活用した実績による照査の具体的な検討例 ³⁾ 資 1-16~1-24	26
4. 九州地方整備局の簡易推定資料による照査	35
4.1. 九州地方整備局の簡易推定資料について	35
4.2. 九州地方整備局の簡易推定資料の入手方法	35
4.3. 九州地整の簡易推定資料による照査例 ⁶⁾ 資 2-I-1~2-I-10	36
4.3.1. モデル構造物の条件	36
4.3.2. 適用条件の確認	37
4.3.3. 簡易推定資料を用いた簡易照査	38
5. 温度応力解析例 ⁷⁾ p.27~36	45
5.1. 温度応力解析例の条件	45
5.1.1. 温度応力解析例の条件（2次元解析）	46
5.1.2. 温度応力解析例の条件（3次元解析）	50
6. 温度ひび割れに関する事例	55
【参考文献】	63

1. 中国地方の課題

本手引き（案）は温度ひび割れ制御対策に関する各段階の担当者の役割、検討事項をまとめたものであり、次の（1）～（6）に示した中国地整における議題を考慮して作成した。

- (1) 中国地方における下部工のひび割れの要因は設計・施工に起因するものが多い。
- (2) 設計段階で温度ひび割れ照査・対策の検討を行っている場合は少ない。
- (3) 温度ひび割れ対策の検討・実施は、施工者負担で対策を実施している場合が多く、施工者へ（金銭的な）負担が偏っている。
- (4) 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り、設計段階における照査が重要である。
- (5) 温度ひび割れ対策を実施していても、検討が不十分な事例がある。
- (6) 発注者の温度ひび割れに対する技術力・意識を向上させる必要がある。

- (1) 中国地方における下部工のひび割れの要因は設計・施工に起因するものが多い。
設計・施工に起因するひび割れの中に温度応力によるひび割れも含まれる。



※設計・施工における要因：荷重・桁挙動の影響、乾燥収縮、温度応力、打設不良（コールドジョイント）、施工不良（豆板）、製作・施工不良、施工時型枠等の影響、不良打継ぎ、締固め不足、打設・養生等の影響、材料分離等の施工の影響

図 1.1 中国地方整備局における下部工の有害なひび割れの要因 ¹⁾ p.17



図 1.2 橋台に発生した温度ひび割れ ¹⁾ p.21

■コンクリートのひび割れが劣化因子の侵入経路となる

図 1.3 にひび割れからの劣化因子の侵入に関するイメージ図を示す。コンクリートが健全な場合、劣化因子の侵入が抑制され、鉄筋が腐食から守られている。しかし、ひび割れが発生している場合、ひび割れが劣化因子の侵入経路となり、劣化損傷が発生・進行するため、これを制御することが重要である。温度ひび割れは第 2 章に示した通り、貫通ひび割れとなる場合が多いことから、設計・施工に起因する初期ひび割れを防止することは重要である。

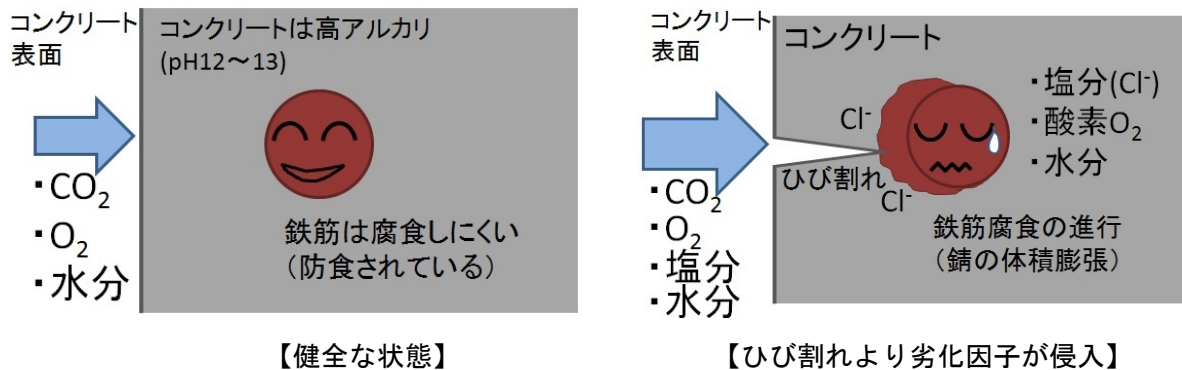


図 1.3 ひび割れからの劣化因子の侵入について ¹⁾ p.18

■コンクリートひび割れと塩分浸透

コンクリートにひび割れが存在すると、そこから塩分が侵入し、鉄筋腐食が容易に発生・進行する。図 1.4 に例として EPMA 分析の結果を示す。ひび割れの発生によって、鋼材の腐食に対する耐久性に大きな影響を及ぼさないコンクリート構造物を構築することが重要である。

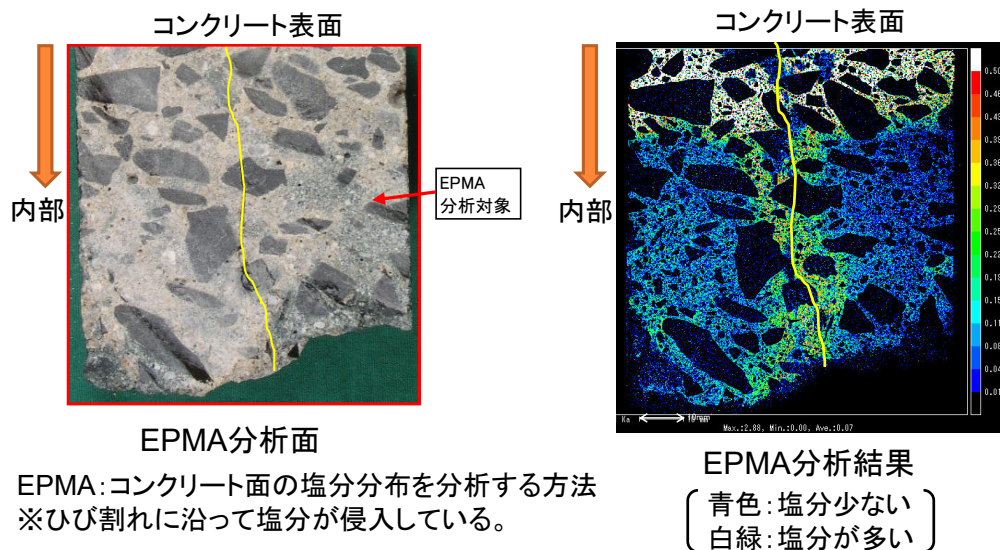


図 1.4 塩分浸透分析例 ¹⁾ p.20

(2) 設計段階で温度ひび割れ照査・対策の検討を行っている場合は少ない。

R3 年度に中国技術事務所を実施した中国地整管内の温度ひび割れ制御対策の実態調査によると、重要構造物（第1章1.2の適用範囲の構造物）である87構造物のうち検討していたのは7構造物であり、その他の80構造物（全体の約9割）では設計段階で温度ひび割れ制御対策の検討が行われていなかった。また、

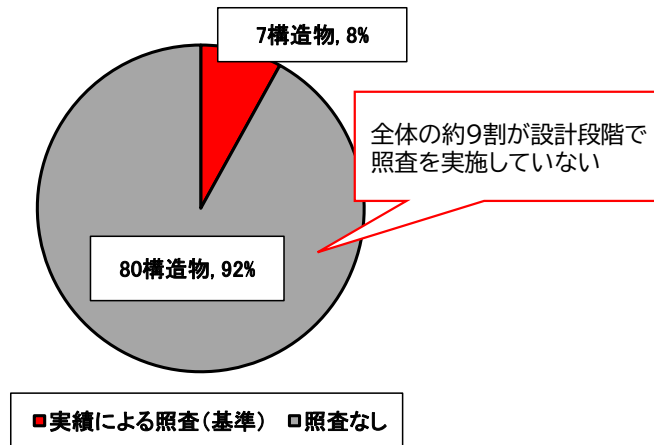


図 1.5 設計段階における温度ひび割れ対策検討の有無

- (3) 温度ひび割れ対策の検討・実施は、施工者負担で対策を実施している場合が多く、施工者へ（金銭的な）負担が偏っている。

R3 年度に中国技術事務所でも実施した中国地整管内の温度ひび割れ制御対策の実態調査によると、重要構造物（第 1 章 1.2 の適用範囲の構造物）である 87 構造物のうち実際に活用されているか温度ひび割れ制御対策が実施された構造物は 49 構造物であった。さらに、そのうち、詳細を確認できたものは 29 構造物であり、このうち半数以上（17 構造物）が「承諾」（施工者からの提案であり、施工者が費用負担）で対策を実施していた。

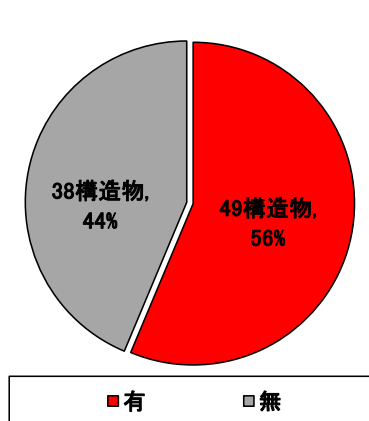
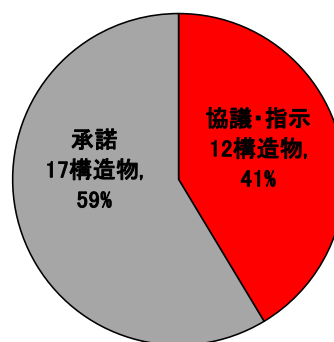


図 1.6 温度ひび割れ制御対策の有無
（全 87 構造物）



※20 構造物は協議内容不明

図 1.7 施工段階における温度ひび割れ制御
対策内容の協議について

- (4) 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り、設計段階における照査が重要である。

(5) 温度ひび割れ対策を実施していても、検討が不十分な事例がある。

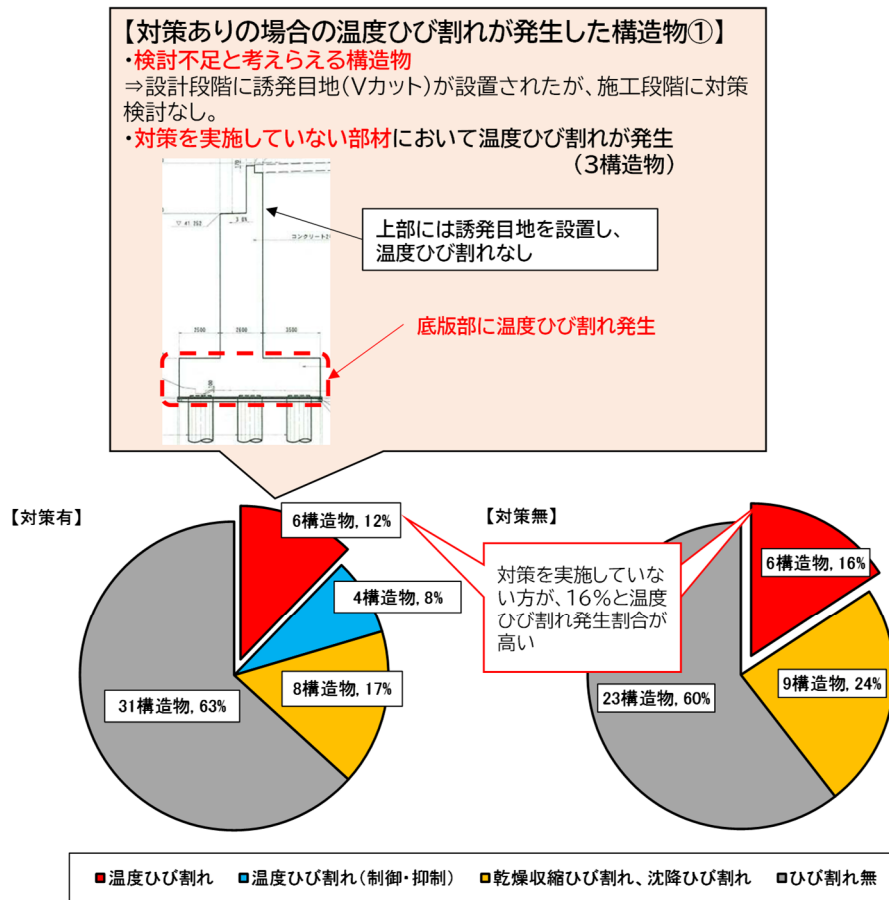


図 1.8 温度ひび割れ制御対策の有無および温度ひび割れの発生状況

(6) 発注者の温度ひび割れに対する技術力・意識を向上させる必要がある。

発注者（職員）に関しては、温度ひび割れ制御対策として何が問題でどう対処すべきかを理解し、必要な対策を指示する必要がある。

2. コンクリート施工記録の様式

- リフト図
- コンクリート打込み管理表
- 施工状況把握チェックシート
- 打設・養生方法の記録
- 誘発目地記録
- 環境に関する記録
- 表層目視評価
- 表層透気試験
- ひび割れ調査票

● コンクリート施工記録の様式_リフト図³⁾様1-1

リフト図

○基本情報

発注者(事務所名)		受注者	
路線・河川・地区等		工期	～
工事名		工区	
施工場所		緯度	経度
構造物名			
構造物詳細		リフト名	

打込みリフト図

正面図

側面図

○構造

構造物種類	
構造形式	
打込み部位	

○寸法

厚さ	m
長さ(幅)	m
リフト高	m

○配筋

主鉄筋	前面	
	背面	
配力筋	前面	
	背面	
設計純かぶり		
鉄筋量(mm ²)		

○ひび割れ抑制対策

補強鉄筋	
配筋状況(タイプA)	
タイプA段数	段
配筋状況(タイプB)	
誘発目地間隔	m
断面欠損率(%)	%
膨張材	kg/m ³
補強鉄筋量(mm ²)	
その他の対策	

○鉄筋比

鉄筋比(対策前)	%
鉄筋比(実施)	%

● コンクリート施工記録の様式_コンクリート打込み管理表 3) 様 1-2

コンクリート打込み管理表

○基本情報

路線・河川・地区等		工期	～
工事名		工区	
構造物名			
構造物詳細		リフト名	

○コンクリート

材料・配合	呼び強度	N/mm ²	スランブ	cm	骨材最大寸法	mm	
	水セメント比	%	単位セメント量	kg/m ³	粗骨材産地		
	セメント種類	セメント会社					
	混和剤	混和材		細骨材産地			
	生コン工場						
品質管理試験	試料採取時期	打込み開始時	150m ³ 打込み時又は午後	300m ³ 打込み時	試験許容値		
	スランブ	cm	cm	cm			
	空気量	%	%	%			
	塩化物イオン量	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³ 以下		
	コンクリート温度	°C	°C	°C			
	打込み時外気温	°C	°C	°C			
	7日強度	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²			
	28日強度	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²			

○運搬・打込み・締固め

打込み日			天気		下側リフト打込み日	
型枠種類			下側リフト打継目処理		打継ぎ間隔	日
運搬	現場までの運搬時間	分	現場待機時間	分	荷卸し時間	分/台
	現場内運搬方法		ポンプ圧送距離	m	ポンプ車台数	台
打込み	開始時刻		終了時刻			
	リフト高	m	打込み量	m ³	打込み速度	m/h
締固め	ハイレータ台数	台	ハイレータ人数	人	ハイレータ予備	台
	ホース筒先	人				

○コンクリート温度履歴

初期温度	°C	最高温度	°C	温度上昇量	°C	
最高温度に到達した時間		時間後				

○養生

脱型日		残置期間	日
養生方法	型枠面		
	打込み面		
養生（湿潤状態）期間	日		

- コンクリート施工記録の様式_コンクリート打込み管理表（温度計測①）³⁾ 様 1-3
 コンクリート打込み管理表（温度計測その1）

○基本情報

路線・河川・地区等		工期	～
工事名		工区	
構造物名			
構造物詳細		リフト名	

日時	天気	計測時刻	コンクリート温度	外気温	備考
1900/1/0			℃	℃	打込み日の仕上げ時、又は、養生開始時に1回計測することが望ましい
1900/1/1 (日)	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	
1900/1/2 (月)	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	
1900/1/3 (火)	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	
1900/1/4 (水)	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	
1900/1/5 (木)	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	
1900/1/6 (金)	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	
1900/1/7 (土)	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	
1900/1/8 (日)	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	
1900/1/9 (月)	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	
1900/1/10 (火)	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	
1900/1/11 (水)	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	
1900/1/12 (木)	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	
1900/1/13 (金)	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	
1900/1/14	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	
1900/1/15 (日)	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	
1900/1/16 (月)	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	
1900/1/17 (火)	朝		℃	℃	
	昼		℃	℃	
	夕		℃	℃	

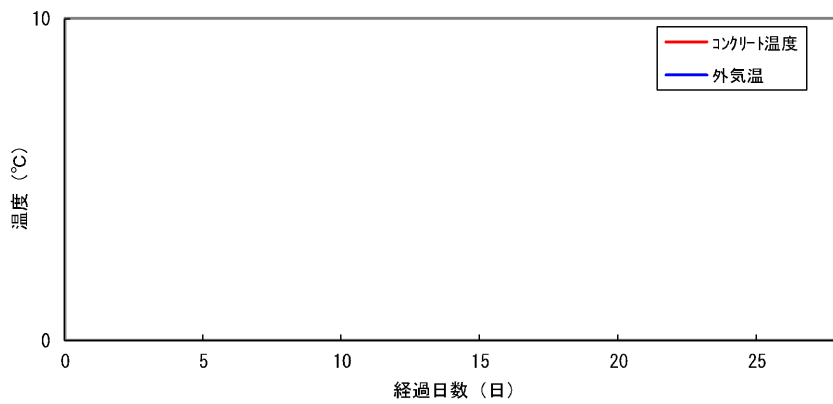
- コンクリート施工記録の様式_コンクリート打込み管理表（温度計測②）³⁾ 様 1-4
 コンクリート打込み管理表（温度計測その2）

○基本情報

路線・河川・地区等		工期	～
工事名		工区	
構造物名			
構造物詳細		リフト名	

日時	天気	計測時刻	コンクリート温度	外気温	備考
1900/1/18 (水)		朝	°C	°C	
		昼	°C	°C	
		夕	°C	°C	
1900/1/19 (木)		朝	°C	°C	
		昼	°C	°C	
		夕	°C	°C	
1900/1/20 (金)		朝	°C	°C	
		昼	°C	°C	
		夕	°C	°C	
1900/1/21 (土)		朝	°C	°C	
		昼	°C	°C	
		夕	°C	°C	
1900/1/22 (日)		朝	°C	°C	
		昼	°C	°C	
		夕	°C	°C	
1900/1/23 (月)		朝	°C	°C	
		昼	°C	°C	
		夕	°C	°C	
1900/1/24 (火)		朝	°C	°C	
		昼	°C	°C	
		夕	°C	°C	
1900/1/25 (水)		朝	°C	°C	
		昼	°C	°C	
		夕	°C	°C	
1900/1/26 (木)		朝	°C	°C	
		昼	°C	°C	
		夕	°C	°C	
1900/1/27 (金)		朝	°C	°C	
		昼	°C	°C	
		夕	°C	°C	

コンクリート温度・外気温計測結果



● コンクリート施工記録の様式_施工状況把握チェックシート 5) p.37~38

・チェック頻度:1回/日または構造物の重要度と工事の規模に応じて20~150m³毎に1回実施

・チェック項目を実施できなかった場合は「その理由」を、また、チェック項目を実施したが問題があった場合は「今後の対応」を、備考欄に簡潔にコメントすること

コンクリート構造物の品質確保・向上のチェックリスト				チェック実施者	
【施工編】				所属	
1/2				実施年月日	
施工編				優先順位	
手引き(案)の目次	チェック項目	チェック	備考	必須項目	必要に応じて実施する項目
1 基本原則(施工段階)	・設計図書の記載事項を十分理解し、施工計画を立案したか				○
	・施工前の三者会議で引き継ぎ事項、不明確事項を確認・協議したか				○
	・施工後の三者会議で品質に対する効果や課題などを設計者・発注者へフィードバックしたか				○
	・材料メーカーと連携し、品質向上・耐久性向上方法を検討したか				○
	・品質向上・耐久性向上の協議結果を確実に記録したか				○
	・施工計画、施工記録、品質向上・耐久性向上対策を確実に整理・記録したか				○
2 温度ひび割れ抑制対策	・温度応力が問題となる場合は、マスコンクリートとしての対策を行ったか				○
	・設計の温度応力解析条件と現場条件は合致しているか				○
	・施工前に使用材料、施工方法、ひび割れ誘発目地使用の検討をしたか			○	
	・温度ひび割れ抑制で単位水量の低減を検討したか				○
	・コンクリートの温度変化を確認しながら施工したか				○
3 コンクリート配合設計の流れ	・設計図書の設計基準強度や耐久性に関する特性値を確認したか			○	
	・粗骨材の最大寸法、スランプ、水セメント比、セメントの種類、単位水量、単位セメント量、空気量等の参考値を確認したか			○	
4 コンクリートの配合決定・確認	・スランプを適切に設定したか(一般に荷卸し時で12cmを標準としてよい)				○
	・単位セメント量・単位水量・水セメント比が上限値を超えていないか			○	
	・粗骨材の最大寸法は、鉄筋のあき・かぶり厚が考慮されているか			○	
	・セメントの種類・混和材は、温度応力解析結果が考慮されているか				○
5 生コン工場選定	・工場の選定は、現場までの運搬時間、コンクリートの製造能力、運搬車数、工場の製造設備、品質管理状態等を考慮して行ったか				○
	・生コン工場は◎マークを承認されているか				○
6 現場巡視の必要性	・コンクリート標準示方書の記載事項を確認し、忠実に実行したか				○
	・次段階へ移る前に、チェックリストに基づく確認を行ったか				○
7 鉄筋工	・鉄筋は図面通りに堅固に組み立てているか				○
	・スペーサーの設置、鉄筋の正確な曲げ加工、結束線による鉄筋固定、かぶり厚の検測を確実に行ったか			○	
	・かぶり内に結束線はないか			○	
8 型枠工・支保工	・型枠は締固めのしやすさを考慮し、必要に応じて開口および扉を設けているか				○
	・支保工施工前に強度計算・上げ越し等の検討を行ったか				○
	・型枠・支保工の解体前に圧縮強度を確認したか			○	
	・かぶりコンクリートの緻密性向上のため、透水性型枠等の特殊型枠の使用を検討したか				○
9 運搬・受入れ	・運搬装置・打込み設備は汚れていないか			○	
	・コンクリート打込み作業人員に余裕を持たせているか			○	
	・レディーミクストコンクリートの受入れ検査は、規格値を満足しているか			○	

注)本チェック項目は、当たり前の部分もあるが基本に立ち戻ってチェックしているものである

・チェック頻度：1回／日または構造物の重要度と工事の規模に応じて20～150m³毎に1回実施

・チェック項目を実施できなかった場合は「その理由」を、また、チェック項目を実施したが問題があった場合は「今後の対応」を、備考欄に簡潔にコメントすること

コンクリート構造物の品質確保・向上のチェックリスト 【施工編】	チェック実施者	
	所属	
	実施年月日	年 月 日

施工編				優先順位	
手引き(案)の目次	チェック項目	チェック	備考	必須項目	必要に応じて実施する項目
10 打込み	・打込みは、コンクリートが均質で材料分離がないように考慮したか			○	
	・型枠面は湿らせているか			○	
	・打込み前に鉄筋・型枠の確認、異物の除去の確認を行ったか			○	
	・鉄筋や型枠が所定の位置から動かないことを確認したか			○	
	・ポンプや配管内面の潤滑性を確保するため、先送りモルタルの圧送等の処置を施しているか			○	
	・横移動が不要となる適切な位置に、コンクリートを垂直に降ろしているか			○	
	・計画した打継目以外では連続して打込んでいるか			○	
	・打込み1層の高さは40～50cm以下としているか			○	
	・打重ね時間間隔は適切か			○	
	・吐出口と打込み面までの高さは1.5m以下としているか			○	
	・練り混ぜてから打ち終わるまでの時間は適切であるか			○	
	・コンクリートの表面が水平になるように打ち込んでいるか			○	
・表面にブリーディング水がある場合には、これを取り除いてからコンクリートを打ち込んでいるか			○		
11 締固め	・締固めは、コンクリート中の余分な空気を追い出し、密実なコンクリートになるように配慮したか			○	
	・予備の棒状バイブレータを準備しているか				○
	・発電機のトラブルがないよう、事前にチェックをしているか				○
	・配筋の密な部分は入念に締固めたか				○
	・棒状バイブレータは下層のコンクリート中に10cm程度挿入したか				○
	・棒状バイブレータを鉛直に挿入し、挿入間隔は50m以下としたか				○
	・振動機を横移動させていないか、打込んだコンクリートを横移動していないか				○
	・棒状バイブレータは、穴が残らないように徐々に引き抜いているか				○
	・棒状バイブレータは鉄筋に触れなかったか				○
・かぶりコンクリートの密実性確保のため、かぶり部への締固めの実施を検討したか					○
12 再振動※ ※中技実験結果による	・再振動は打ち終わりから15～60分かつ練混ぜから120分以内(外気温が25℃を超える場合は90分)に行ったか				○
	・挿入間隔は、使用バイブレータ径の10倍以下としたか				○
13 打継ぎ	・打継目は温度応力、乾燥収縮等によるひび割れの発生を考慮して、位置を決めているか				○
	・既コンクリート表面のレイタンス等は取り除き、ぬらしているか				○
14 仕上げ	・仕上げの前に上面の水を除去したか				○
	・木ごてでほぼ所定の高さ・形にならしたか、指で押してもへこみにくい程度に固まってから金ごてによる仕上げを行ったか				
15 養生	・打込み後はシート等で水分の逸散を防止したか				○
	・露出面、打上がり面は湛水、散水、湿布、養生マット等で給水養生したか				○
	・せき板に接する面は強度が発現し、温度が降下してからせき板を外して給水養生したか				○
	・湿潤状態を保つ期間は適切であるか				○
16 かぶりコンクリートの品質確保・向上	・構造物の耐久性確保・向上のため、かぶりコンクリートの密実性、緻密性に考慮したか				○
	・密実性確保(品質確保)のため、かぶり部への締固めの実施を検討したか				○
	・緻密性確保(品質確保)のため、養生を適切に実施したか				○
	・緻密性向上(品質向上)のため、透水性型枠等の特殊型枠の使用を検討したか				

注)本チェック項目は、当たり前の部分もあるが基本に立ち戻ってチェックしているものである

- コンクリート施工記録の様式_誘発目地記録²⁾ p.58

誘発目地記録

工事名	
請負者名	
構造物名	
現場代理人名	
主任技術者名	
監理技術者名	

目地設置理由	
--------	--

・解析結果

	部位	安全指数	ひび割れ幅
誘発目地無し			
誘発目地有り			

・誘発目地概要

目地設置箇所	
目地設置間隔	
目地材質	

※以下の資料を添付すること

- ・工事打合せ簿（協議）
- ・誘発目地設置図
- ・温度応力解析資料

- コンクリート施工記録の様式_環境に関する記録²⁾ p.59

環境に関する記録

工事名	
請負者名	
構造物名	
現場代理人名	
主任技術者名	
監理技術者名	
測定者名	





















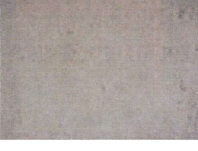
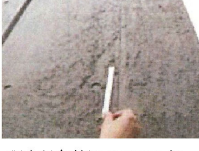

海岸からの距離	海上、海岸沿い、海岸から k m
周辺環境①	工場、住宅・商業地、農地、山地、その他 ()
周辺環境②	普通地、雪寒地、その他 ()
直下周辺環境	河川・海、道路、その他 ()

気象条件	1. 気 温 : 2. 湿 度 : 3. 降水量 : 4. 凍害危険度 :
------	------------------------------------------------

供給塩化物量	1. 塩害対策区分 : 2. 凍結抑制剤の種類・散布量 : 3. 海水・飛沫 :
--------	------------------------------------------------

備 考	
-----	--

● コンクリート施工記録の様式_表層目視評価 ④ p.18

項目	基準				不適合
	一般的に「良」とされる範囲				
	4点	3点	2点	1点	
表面の色つや	 ・色が均一で、全体的に色の変化がない	 ・部分的な色むらがある	 ・部分的に剥離剤が攪拌されたような色むらが発生している	 ・2点の状態よりも劣る	構造物の管理者から不都合と判定される状態で補修を要するもの
沈みひび割れ	 ・Pコン近傍にも沈みひび割れがない	 ・日視調査範囲のPコンのおおむね1/5以上に沈みひび割れが発生 ・Pコン直径の3倍以上の長さのひずみひび割れが発生	 ・日視調査範囲のPコンのおおむね1/2以上に沈みひび割れが発生 ・Pコン直径の5倍以上の長さの沈みひび割れが発生	 ・2点の状態よりも劣る	
表面気泡	 ・気泡がほとんどない (目安: おおむね50個以下/m ²)	 ・5mm以下の気泡が認められる (目安: おおむね50個以下/m ²)	 ・10mm以下の気泡が認められる (目安: おおむね50個以下/m ²)	 ・2点の状態よりも劣る	
打重ね線	 ・近接では打重ね線が認められるもの、約10m離れた遠方からは認められない	 ・約10m離れた遠方から、打重ね線が認められる	 ・約10m離れた遠方から、打重ね線がはっきり認められる	 ・2点の状態よりも劣る	
型枠継目のノロ漏れ	 ・調査対象範囲にノロ漏れがほとんど認められない	 ・調査対象範囲のおおむね1/10以上にノロ漏れが認められる	 ・調査対象範囲のおおむね1/3以上にノロ漏れが認められる	 ・2点の状態よりも劣る	
砂すじ	 ・調査対象範囲に砂すじがほとんど認められない	 ・調査対象範囲のおおむね1/10以上に砂すじが認められる	 ・調査対象範囲のおおむね1/3以上に砂すじが認められる	 ・2点の状態よりも劣る	

豆板については、「なし」を4点、「ある」を不適合と評価する。

- ・「4点」：最高品質、「3点」：平均的な品質、「2点」：所定の要求性能は満足するものの、現状の材料・施工を見直す必要のある品質、「1点」：「2点」の状態より劣る品質
- ・一般に「良」とされる4～1点の状態を対象として、より品質の高いものを施工の工夫で目指すことを目的としている。

表層目視評価記録表

/ 頁

構造物名: _____

評価者氏名: _____

測定箇所: _____

日時・時間: _____

測定時天候: _____

評価回数: _____ 回目(打設後経過年数 _____)

測定箇所番号					
①表面の色つや					
②沈みひび割れ					
③表面気泡					
④打重ね線					
⑤型枠打継ぎ目のノロ漏れ					
⑥砂すじ					
備考					

【構造物概略図】
 ※構造物の目視評価判定箇所が分かるよう、手書きでポンチ絵を記載。

N

W E

正面図 S
平面図

表層透気試験記録

/ 頁

構造物名:	測定者氏名:
測定箇所:	測定日時・時間:
打設日:	測定時天候:
測定時のコンクリートの材齢: 日(ヶ月)	測定時気温:
脱型時のコンクリートの材齢: 日(ヶ月)	測定時湿度:
コンクリートの養生条件:	
コンクリートの追加養生:	

測定箇所番号			
コンクリートの含水率	%		
表層透気係数(KT値)	$\times 10^{-16} \text{m}^2$		
測定深さ	cm		
判定	グレード		
備考			

【構造物概略図】
 ※構造物の測定箇所が分かるよう、手書きでポンチ絵を記載。

N

W E

S
正面図 平面図

【表面状況写真】

- コンクリート施工記録の様式_ひび割れ調査票①²⁾ p.50

ひび割れ調査票 (1)

工 事 名	
請 負 者 名	
構 造 物 名	(工種・種別・細別等構造物が判断出来る名称)
現場代理人名	
主任技術者名	
監理技術者名	
測 定 者 名	

位 置	測定 No.		
構 造 物 形 式			
構 造 物 寸 法			
竣 工 年 月 日	平成 年 月 日		
適 用 仕 様 書			
コンクリートの種類			
コンクリートの設計基準強度	N/mm ²	コンクリートの呼び強度	N/mm ²
海岸からの距離	海上、海岸沿い、海岸から Km		
周 辺 環 境 ①	工場、住宅・商業地、農地、山地、その他 ()		
周 辺 環 境 ②	普通地、雪寒地、その他 ()		
直下周辺環境	河川・海、道路、その他 ()		
<p>構造物位置図 (1/50, 000を標準とする)</p> <p>添付しない場合は (別添資料一〇参照) と記入し、資料提出</p>			

- コンクリート施工記録の様式_ひび割れ調査票②²⁾ p.51

ひび割れ調査票（2）

構造物一般図

添付しない場合は
（別添資料－○参照）と記入し、
資料提出

- コンクリート施工記録の様式_ひび割れ調査票③²⁾ p.52

ひび割れ調査票 (3)

ひび割れ	有・無	本数：1～2本、3～5本、多数
		ひび割れ総延長 約 m
		最大ひび割れ幅 (○で囲む) 0.2mm以下、0.3mm以下 0.4mm以下、0.5mm以下 0.6mm以下、0.8mm以下 _____ mm
		発生時期 (○で囲む) 数時間～1日、数日、数10日以上、不明
		規則性：有・無
		形態：網状、表層、貫通、表層or貫通
		方向：主鉄筋方向、直角方向、両方向 鉄筋とは無関係

- コンクリート施工記録の様式_ひび割れ調査票④²⁾ p.53

ひび割れ調査票（４）

ひび割れ発生状況のスケッチ図

添付しない場合は
(別添資料一〇参照) と記入し、
資料提出

- コンクリート施工記録の様式_ひび割れ調査票⑤²⁾ p.54

ひび割れ調査票（５）

構造物名 （工種・種別・細別等構造物が判断出来る名称）

ひび割れ発生箇所の写真

添付しない場合は
（別添資料－○参照）と記入し、
資料提出

3. 山口 DB を活用した実績による照査

3.1. 山口 DB とは

山口 DB とは、コンクリート施工記録を統一した様式で作成し、データを蓄積することで、コンクリートの品質確保のための有効な検証資料や、類似の新設構造物のひび割れ制御対策検討時の参考資料として活用することを目的としている。

山口県が取り組むコンクリート構造物の品質確保において、中核をなすものであり、工事の基本情報、構造諸元、ひび割れ制御対策、コンクリート材料、施工時の諸条件、打込み後のコンクリートの温度履歴、養生条件、発生したひび割れの情報など、コンクリート構造物施工時における様々な情報をリフトごとに記録したものである。

3.2. 山口 DB の検索方法

最新のコンクリート施工記録検索システムは、山口県建設技術センターのホームページからダウンロード可能である。

<https://www.yama-ctc.or.jp/concrete-hinshitu-kakuho>

3.3. 山口 DB を活用した実績による照査例

3.3.1. 山口 DB 適用の判断について

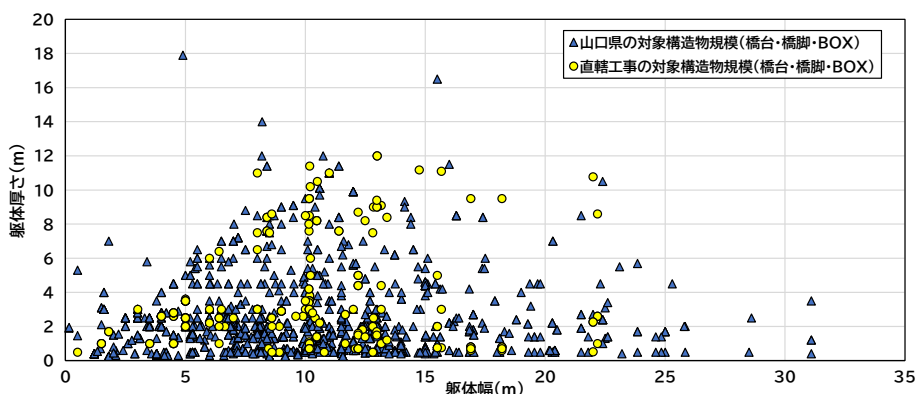
山口 DB を活用した実績による照査の適用にあたり、照査対象構造物が、山口 DB に蓄積されているデータの範囲内であるか確認する必要がある。図 3.1 より、既往の中国地整における直轄工事の対象構造物規模は概ね山口県の構造物規模と類似しているが、対象構造物規模が、山口 DB の構造物規模範囲から大きく外れる場合は、発注者と協議のうえ、温度応力解析等の適用を検討することが望ましい。

なお、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。

- (1) 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）※

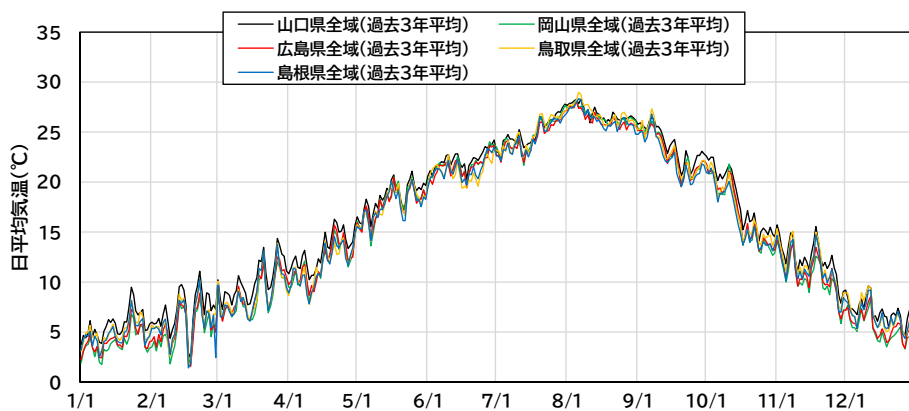
※山口県と中国地方の構造物規模（図 3.1）や地域性（図 3.2）について比較を行い、中国地方における山口 DB 適用の可能性は確認済み

- (2) 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



山口県と中国地整の工事の違いについて、構造物規模（躯体厚さ、幅）に着目し、山口 DB 内のデータの傾向を確認した。
⇒山口県と直轄工事の構造物規模に大きな違いは見られない。

図 3.1 山口県と直轄工事の対象構造物規模の比較



山口県と中国地整の工事の違いについて、地域性（気温）に着目し、山口 DB 内のデータの傾向を確認した。
⇒山口県と直轄工事の地域性（気温）に大きな違いは見られない。

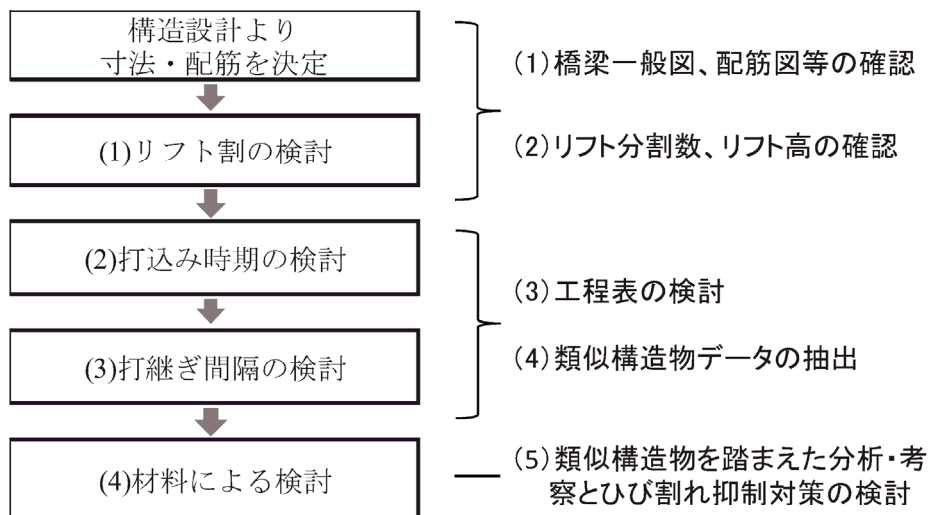
図 3.2 中国地方 5 県の気温比較

検討例②

主要県道〇〇〇〇線
〇〇橋(A1橋台、A2橋台)
〇〇市〇〇町 地内

1

1 検討の手順



2

(1) 橋梁一般図、配筋図等の確認

たて壁

		施工(設計)する構造物
打設時期	1月~4月	
構造	構造物	橋台
	部位	たて壁
寸法	全高	5.04m・4.84m
	リフト高	1.5~2.34m
	厚さ	1.4m
	幅	15.2m・23.2m
材料	補強材料	
	鉄筋比	0.09%

胸壁

		施工(設計)する構造物
打設時期	4月	
構造	構造物	橋台
	部位	胸壁
寸法	全高	1.1m
	リフト高	1.1m
	厚さ	0.40m
	幅	15.2m・23.2m
材料	補強材料	
	鉄筋比	0.68%

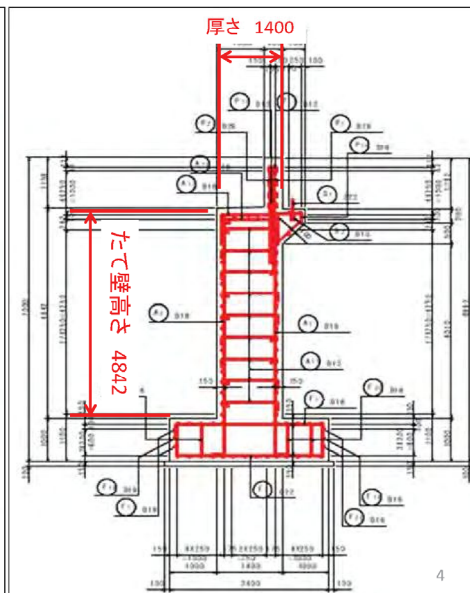
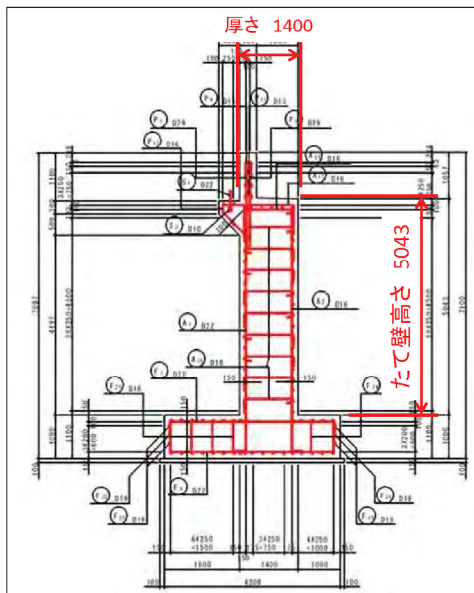


3

(1) 橋梁一般図、配筋図等の確認

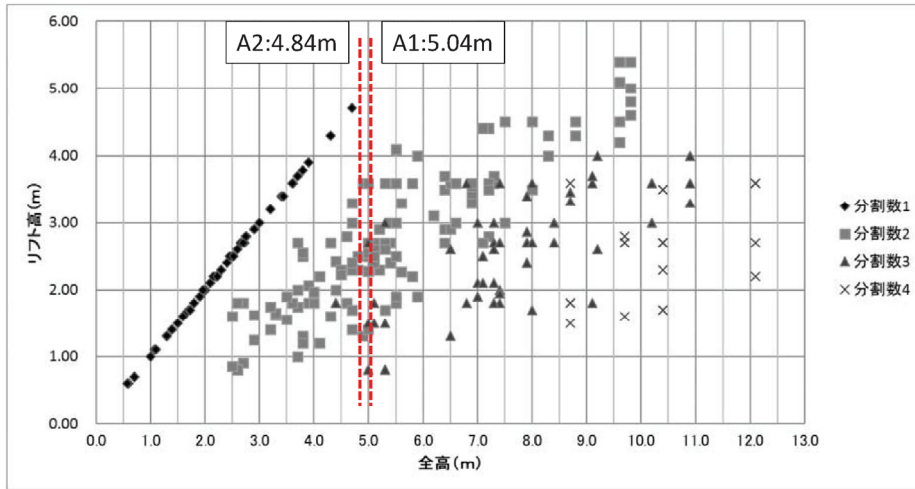
A1橋台 I期

A2橋台 I期



4

(2) リフト数、リフト高の確認



- ・ たて壁高5.0m程度でのリフト分割は2分割が多い。
- ・ 全高4.5~5.5mでリフト分割数2の場合の平均リフト高 2.62m

【検討結果】 A1橋台：切梁2段のため、3分割とする。
A2橋台：2分割とする。

5

(3) 工程表の検討

工程表									
A1	工種	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
1期	土工								
	土留工								
	鉄筋加工・組立								
	型枠設置								
	Con打込み(養生含む)								
	護岸工								
			フーチング	1リフト	2リフト	3リフト	脚壁		
A2	工種	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
1期	土工								
	鉄筋加工・組立								
	型枠設置								
	Con打込み(養生含む)								
	護岸工								
					フーチング	1リフト	2リフト	脚壁	

6

橋台たて壁

7

(4) 類似構造物データの抽出

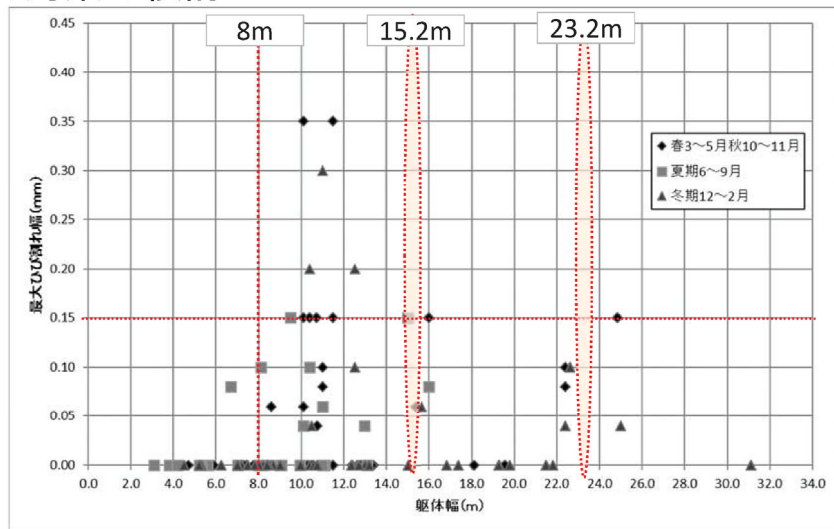
設定条件 「構造:橋台」「部位:たて壁」
 「打継ぎ間隔:20日以下」「厚さ:1.0m以上」

たて壁

		施工（設計） する構造物	【抽出条件】
打込み時期		1月～4月	-
打継ぎ間隔		15日以下	20日以下
構造	構造物	橋台	橋台
	部位	たて壁	たて壁
寸法	全高	5.04m・4.84m	-
	リフト高	1.5～2.34m	全て
	厚さ	1.4m	$1.0m \leq t$
	幅	15.2m・23.2m	全て
材料	補強材料		
	鉄筋比	0.09%	全て

8

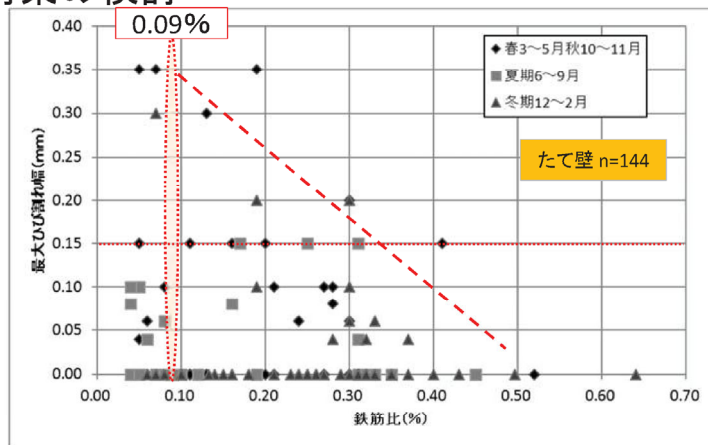
(5) 類似構造物を踏まえた分析・考察とひび割れ抑制対策の検討



○躯体幅が概ね8mを超えると、打込み時期を問わず、有害なひび割れが発生している。→ 打継ぎ間隔、材料による対策を検討する。

9

(5) 類似構造物を踏まえた分析・考察とひび割れ抑制対策の検討



○「鉄筋比・最大ひび割れ幅グラフ」から、打込み時期を問わず、鉄筋比が小さいと有害なひび割れが発生していることがわかる。
 ○原設計の鉄筋比0.09%では有害なひび割れが発生する恐れがあるため、補強鉄筋により鉄筋比を0.3%程度確保する必要があると考える。

10

(5)類似構造物を踏まえた分析・考察とひび割れ抑制対策の検討

<分析・考察>

○「鉄筋比・最大ひび割れ幅グラフ」から、打込み時期を問わず、鉄筋比が小さいと有害なひび割れが発生していることがわかる。

○原設計の鉄筋比0.09%では有害なひび割れが発生する恐れがあり、補強鉄筋により鉄筋比を0.30%程度確保する必要があると考える。

<ひび割れ抑制対策>

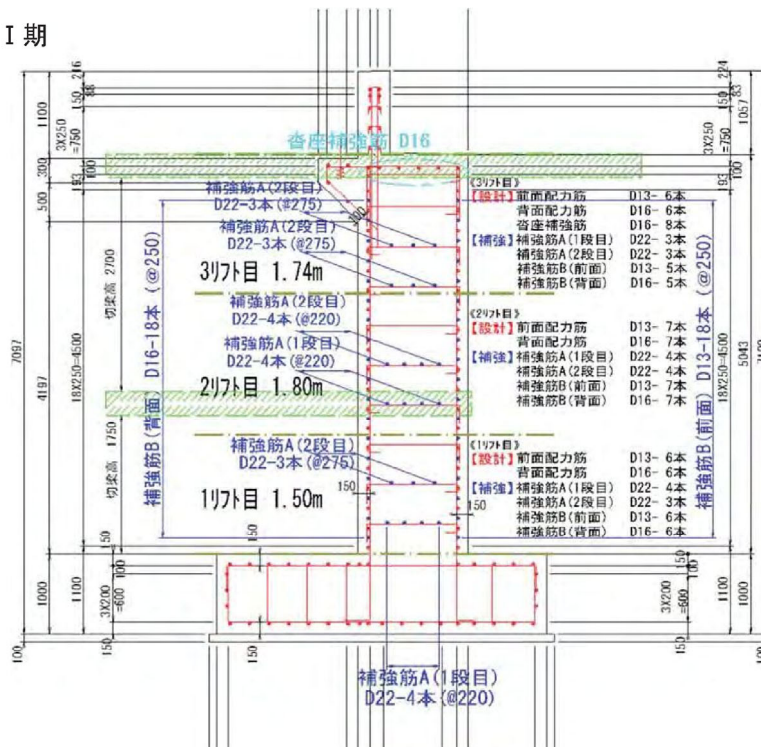
○橋台で有害なひび割れの発生が想定されることから、

0.30%程度を目標に補強鉄筋Aタイプ+Bタイプで検討

- ・ 補強鉄筋Aタイプ
中間帯鉄筋の下から2段に、@150程度以上を目安に配置する。
- ・ 補強鉄筋Bタイプ
配力筋相当径の鉄筋を、配力筋の間に@125で追加配置する。

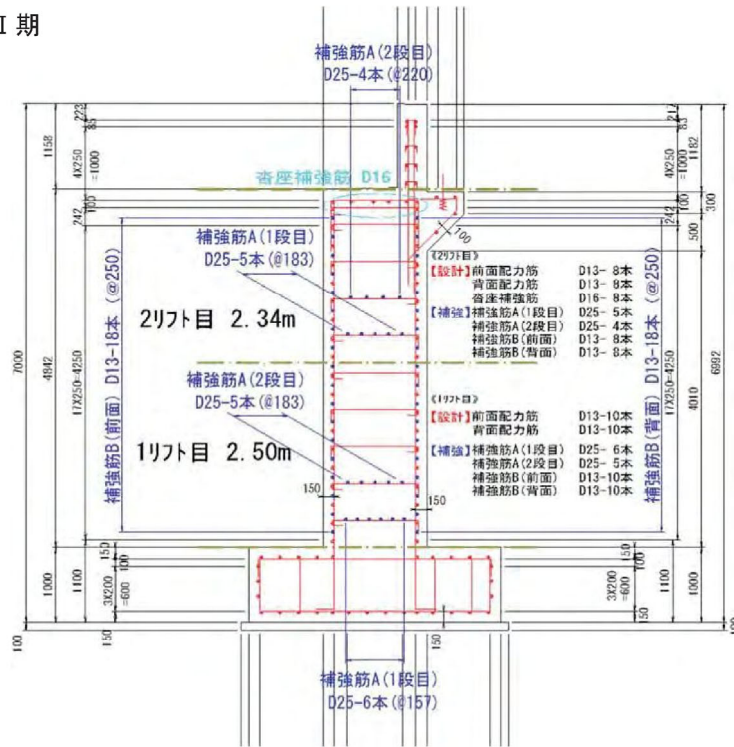
11

A1橋台 I期



12

A2橋台 I期



13

橋台胸壁

14

(4) 類似構造物データを抽出

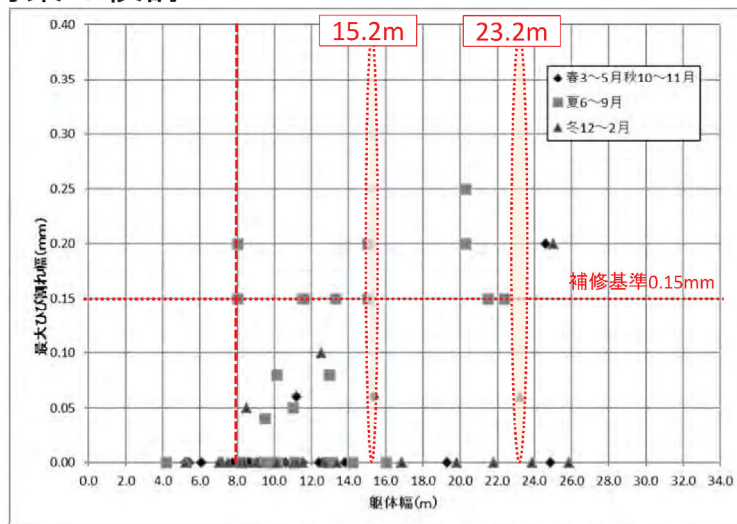
抽出条件 「構造:橋台」「部位:胸壁」
 「打継ぎ間隔:20日以下」「厚さ:1.0m以下」

胸壁

		施工（設計） する構造物	【抽出条件】
打込み時期		4月	-
打継ぎ間隔		15日以下	20日以下
構造	構造物	橋台	橋台
	部位	胸壁	胸壁
寸法	全高	1.1m	-
	リフト高	1.1m	全て
	厚さ	0.40m	$t \leq 1.0m$
	幅	15.2m・23.2m	全て
材料	補強材料		
	鉄筋比	0.68%	全て

15

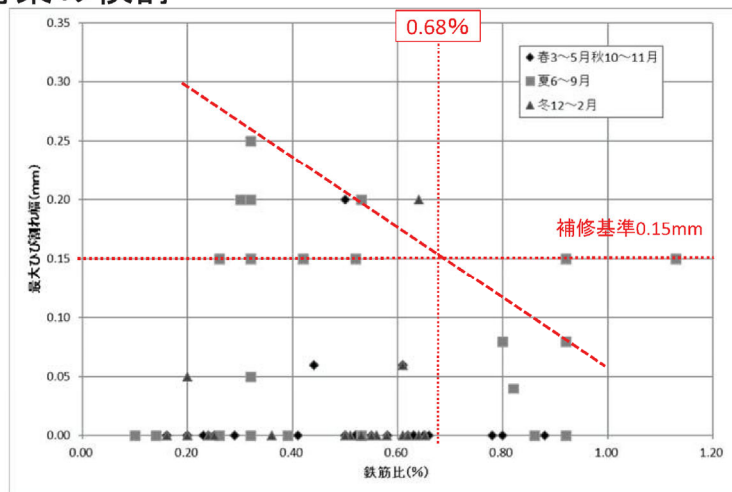
(5) 類似構造物を踏まえた分析・考察とひび割れ抑制 対策の検討



「幅・最大ひび割れ幅グラフ」から
 ○ 躯体幅が概ね8mを超えると、打込み時期を問わず、有害なひび割れが発生している。 → 材料による対策を検討する。

16

(5)類似構造物を踏まえた分析・考察とひび割れ抑制対策の検討



- 原設計0.68%程度の鉄筋比を確保すると概ね有害なひび割れは発生していない。
- 打込み時期を問わず、鉄筋比が小さいと有害なひび割れが発生している。

17

(5)類似構造物を踏まえた分析・考察とひび割れ抑制対策の検討

<分析・考察>

- 打継ぎ間隔が「20日」以下でも、有害なひび割れが発生している事例がある。
- 打込み時期を問わず、鉄筋比が小さいと有害なひび割れが発生している。
- 0.68%程度以上の鉄筋比を確保すると、概ね有害なひび割れは発生していない。

<ひび割れ抑制対策>

- 胸壁の鉄筋比 0.50%以上を確保する。
原設計0.68% → 補強鉄筋は不要とする。

18

4. 九州地方整備局の簡易推定資料による照査

4.1. 九州地方整備局の簡易推定資料について

温度応力解析は、2次元（CP法等）または、3次元有限要素法（FEM）等によりひび割れ指数を求め、温度ひび割れの照査を解析的に行うことができる手法であるが、実施する際の費用や労力が大きいことが課題である。

このため、九州地方整備局（以下、九州地整）では、あらかじめ、一般的な構造や各種の設計・施工条件を幅広く想定して様々な条件で温度応力解析を行い、ひび割れ指数の算出結果を図表化した資料が作成された。この資料を用いることにより、一般的な構造物におけるひび割れ指数の推定や、各種対策とその効果の確認を簡易に推定することができるため、「簡易推定資料」として活用されている。

ただし、九州地整の簡易推定資料の対象構造物は、橋台・橋脚等における壁・柱部材およびスラブ（フーチング）であるため、ボックスカルバートや擁壁等の照査には適用できない。

4.2. 九州地方整備局の簡易推定資料の入手方法

最新の資料は以下から入手可能である。

https://www.qsr.mlit.go.jp/for_company/kensetu_joho/kyoutu/concrete_r1.html

※「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）手引書（案）資料編」の一部として掲載

4.3. 九州地整の簡易推定資料による照査例 ⁶⁾ 資 2-I-1~2-I-10

4.3.1. モデル構造物の条件

本照査手順（例）に使用するモデル構造物の構造条件等を表 4.1 に示す。

表 4.1 条件一覧

構造条件	施工場所	福岡県			
	形状寸法	図 4.1 に示す通り			
コンクリートの材料条件等	配合	使用セメント	水セメント比	単位セメント量 (kg/m ³)	
		高炉セメント B 種	53%	300	
	物性値	熱伝導率 (W/m°C)	密度 (kg/m ³)	比熱 (kJ/kg°C)	
		2.7	2350	1.155	
		設計基準強度 (N/mm ²)		熱膨張係数 (/°C)	
		24.0 (材齢 28 日)		10×10 ⁻⁶	
地盤条件	種別	岩盤 (CH 級)			
	物性値	熱伝導率 (W/m°C)	密度 (kg/m ³)	比熱 (kJ/kg°C)	ヤング係数 (N/mm ²)
		3.45	2650	0.795	4000
施工条件・施工計画	打込み温度	外気温+5°C			
	初期温度	地盤の初期温度：15°C (地盤 5m 以深：固定)			
		コンクリートの初期温度：打込み温度			
	打設工程等	打設箇所	打設時期	外気温	打込み温度
		フーチング	1 月	9°C	14°C
		壁	2 月	5°C	10°C
	型枠存置期間	7 日、14 日			
	養生期間	リフト	境界面	養生方法および期間	
		フーチング	側面	材齢 7 日目まで合板、以降露出	
			打設面	打設日露出、材齢 2~8 日目まで養生マット、以降露出	
壁		側面	材齢 7 日目まで合板、以降露出		
	打設面	打設日露出、材齢 2~8 日目まで養生マット、以降露出			

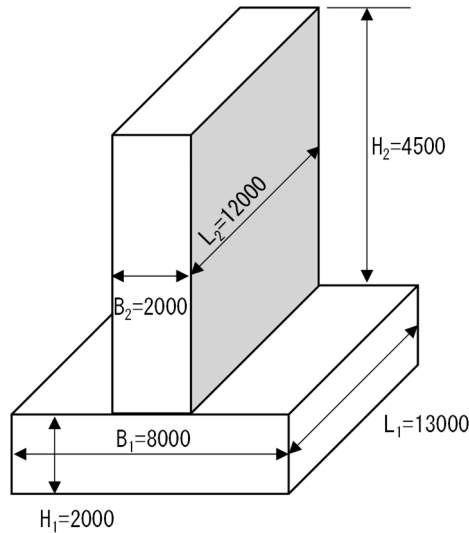


図 4.1 モデル構造物の寸法 (mm)

4.3.2. 適用条件の確認

ここでは、構造条件および材料・施工条件に関する照査資料の適用条件の確認方法について示す。

(1) 構造条件

構造物の寸法について、表 4.2 に示す通り、簡易推定資料が適用できる条件であるかを確認する。

表 4.2 構造条件と適用の可否

部材		適用可能な条件 (m)	対象構造物 (m)	可 (OK) or 否 (NO)
フーチング	幅 (B ₁)	3.0~10.0	8.0	OK
	高さ (H ₁)	1.8~3.5	2.0	OK
	長さ (L ₁)	5.0~15.0	13.0	OK
壁	壁厚 (B ₂)	1.2~2.8	2.0	OK
	壁高 (H ₂)	1.8~6.0	4.5	OK
	奥行 (L ₂)	4.0~12.0	12.0	OK

【すべての条件で適用可の場合】
材料条件等について確認を行う。

【上記以外の場合】
詳細照査を行う。

ここでは、構造条件については、適用可であるため、次に材料および施工条件等について確認する。

(2) 材料および施工条件

材料および施工条件について、表 4.3 に示す通り、簡易推定資料が適用できる条件であるかを確認する。

表 4.3 材料・施工条件と適用の可否

条件項目		適用可能な条件	対象構造物の条件	適 (OK) or 否 (NO)
材料条件	セメントの種類	高炉セメント B 種	高炉セメント B 種	OK
	単位セメント量 (kg/m ³)	375~310	300	OK
	設計基準強度 (N/mm ²)	24	24	OK
施工条件	型枠存置期間	7or14	7	OK
	養生期間	【側面】 材齢 7 (or14) 日まで合板、以降露出	適応条件と同条件	OK
		【打設面】 打設日露出。材齢 2~8 (or2~15) 日まで養生マット、以降露出	適用条件と同条件	OK
	コンクリート打設時外気温 (°C)	5~29	フーチング : 9 壁 : 5	OK

【すべての条件で適用可能な条件】

簡易推定資料（ひび割れ指数 1.0 の境界図、躯体寸法とひび割れ指数の関係図）を用いて簡易照査を行う。

【上記以外の場合】

適用否の条件について、条件設定を変更し、再度適用の可否を判定する。条件設定の変更ができない場合等は詳細照査を行う。

ここでは、材料・施工条件については、すべての条件で適用可であるため、簡易照査を行う。

4.3.3. 簡易推定資料を用いた簡易照査

ここでは、簡易推定資料を選定する際の区分条件、具体的な簡易照査手順について示す。

(1) 区分条件

境界図等は、寸法、地盤条件、型枠存置期間、外気温区分、打設時外気温で区分されており、に示す通り対象構造物における各条件の設定を行う。なお、地盤条件、外気温区分および打設時外気温の考え方については以下に示す。また、単位セメント量については、295 kg/m³ を基準とした増減によりひび割れ指数の補正を行うが、詳細については（2）簡易照査を参照されたい。

表 4.4 対象構造物における条件区分

寸法	図 4.1 参照
型枠存置期間	7
外気温区分	フーチング：加工機 壁：上昇期
打設時外気温（℃）	フーチング：9 壁：5
地盤条件	岩盤

- 地盤条件
地盤条件は、N 値が 50 以下の場合は「N 値」、それ以外は「岩盤」とする。
- 外気温区分
外気温区分は、表 4.5 に示す通り、コンクリート打設月を上昇期および下降期に置き換えるものとする。

表 4.5 外気温区分

外気温区分	コンクリート打設月
上昇期	2月から7月
加工機	8月から1月

- 打設時外気温
打設時外気温は、施工場所におけるコンクリート打設時期の過去の日平均気温等を参考に設定するとよい。

(2) 簡易照査

簡易照査は、(1) で整理した区分条件に合致するひび割れ指数 1.0 の境界図および躯体寸法とひび割れ指数の関係図より対象構造物のひび割れ指数を求め、それが 1.0 以上であるか否かを判定する。以下に手順を示す。

- ① ひび割れ指数 1.0 の境界図を用い、対象構造物のひび割れ指数が 1.0 以上であるか否かの大まかな判定を行う。
- ② ①においてひび割れ指数が 1.0 以上もしくは 1.0 に近似している場合は、躯体寸法とひび割れ指数の関係図を用い、対象構造物のひび割れ指数を推定する。その際、単位セメント量 295 kg/m^3 を基準とした、セメント量の増減によるひび割れ指数の補正を行う。
- ③ ②で推定したひび割れ指数が 1.0 以上であるか否かを確認する。

以下にモデル構造物による簡易照査を行う。

1) フーチング

① ひび割れ指数 1.0 の境界図による判定

○手順

- (a) 表 4.4 の条件に合致するひび割れ指数 1.0 の境界図を選定する。なお、境界図は「Ⅱ. ひび割れ指数簡易推定資料 詳細図集 (案) 1. スラブ (フーチング) におけるひび割れ指数 1.0 の境界」より選定する。その際は、早見表を活用するとよい。
- (b) 高さ:2 m と短辺長 (幅) :8 m を境界図にプロットし、大まかな判定を行う。

○結果

(c) 図 4.2 を選定した。(Ⅱ. ひび割れ指数簡易推定資料 詳細図集 (案) 頁 1-12)

- (a) 高さ等の条件をプロットするとその交点は「★」となる。型枠存置期間が 7 日ではひび割れ指数が 1.0 未満であり、型枠存置期間を 14 日にすれば、ひび割れ指数が 1.0 以上となることがわかる。ここでは、型枠存置期間を 7 日から 14 日に延長する対策をとるとし、②に進む。

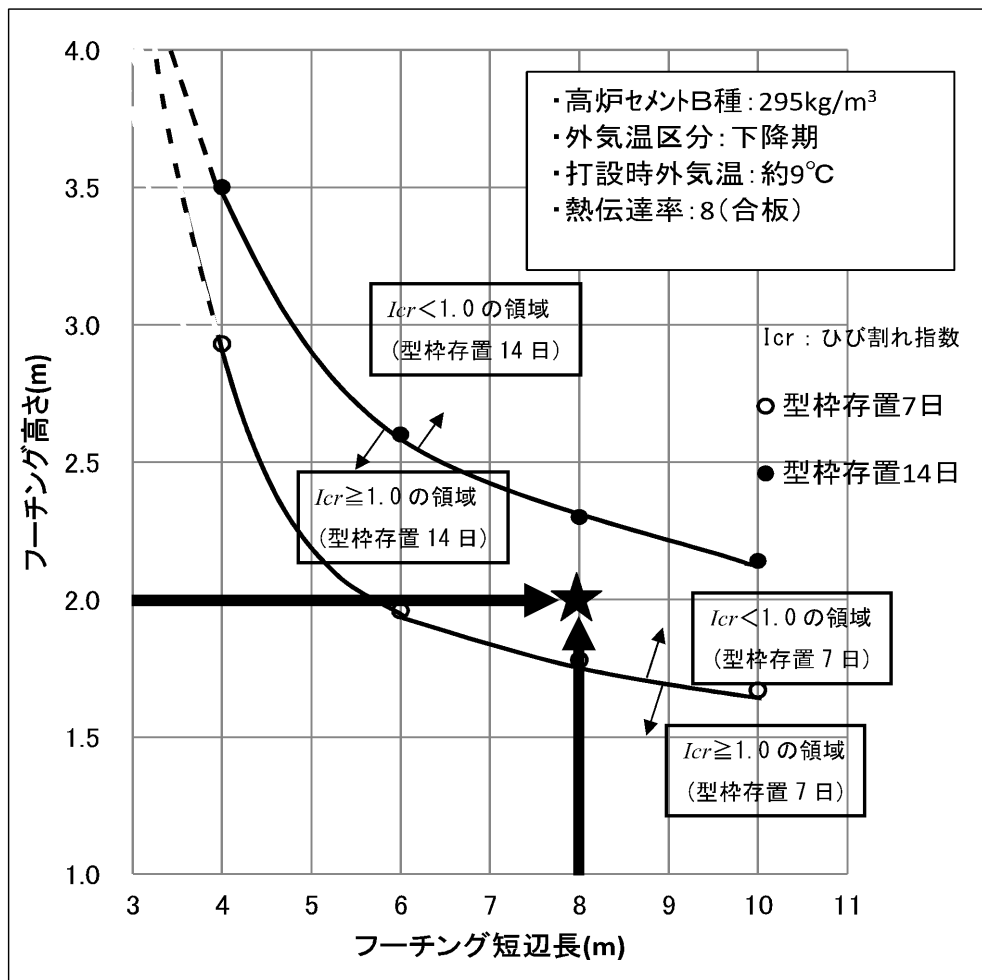


図 4.2 ひび割れ指数 1.0 の境界図 (フーチング、下降期、9°C、岩盤)

② 躯体寸法とひび割れ指数の関係図によるひび割れ指数の推定

○手順

- (a) 表 4.4 の条件に合致する躯体寸法とひび割れ指数の関係図を選定する。なお、関係図は「Ⅱ. ひび割れ指数簡易推定資料 詳細図集 (案) 3. スラブ (フーチング) における躯体寸法とひび割れ指数の関係」より選定する。その際は早見表を活用するとよい。
- (b) 高さ:2 m を関係図にプロットするか、奥行:13 m と高さを関係図とともに示している表に照らし、ひび割れ指数を推定する。
- (c) 下式により、セメント量の増減によるひび割れ指数の補正を行い、補正後のひび割れ指数を推定する。なお、補正係数 k に関する詳細については、「Ⅱ. ひび割れ指数簡易推定資料 詳細図集 (案) 5. 単位セメント量とひび割れ指数の関係」を参照されたい。

$$I_{cr}' = I_{cr} - h \quad (\text{式 1})$$

I_{cr}' : 補正後のひび割れ指数

I_{cr} : 関係図等より推定したひび割れ指数

h : 補正係数

$$h = (C - 295) \times k \quad (\text{式 2})$$

C : 対象構造物の単位セメント量 (kg/m^3)

k : 補正係数 (表 4.6 参照)

表 4.6 補正係数 k ($\times 10^{-3}$)

コンクリート 打設時外気温		約 5℃	約 9℃	約 13℃	約 17℃	約 21℃	約 25℃	約 29℃
フーチング (N 値)	上昇期	2.5	2.6	3.1	3.1	3.0	2.9	-
	下降期	-	2.2	2.5	3.0	2.9	2.8	2.8
フーチング (岩盤)	上昇期	3.1	2.8	3.0	3.2	3.5	3.6	-
	下降期	-	2.1	2.3	2.4	2.7	2.9	3.2
堅壁 (N 値)	上昇期	4.2	3.3	2.9	2.5	2.3	2.1	-
	下降期	-	3.2	3.0	2.6	2.3	2.2	2.0
堅壁 (岩盤)	上昇期	4.0	4.2	2.7	2.5	2.2	2.1	-
	下降期	-	3.0	2.8	2.5	2.2	2.1	1.9

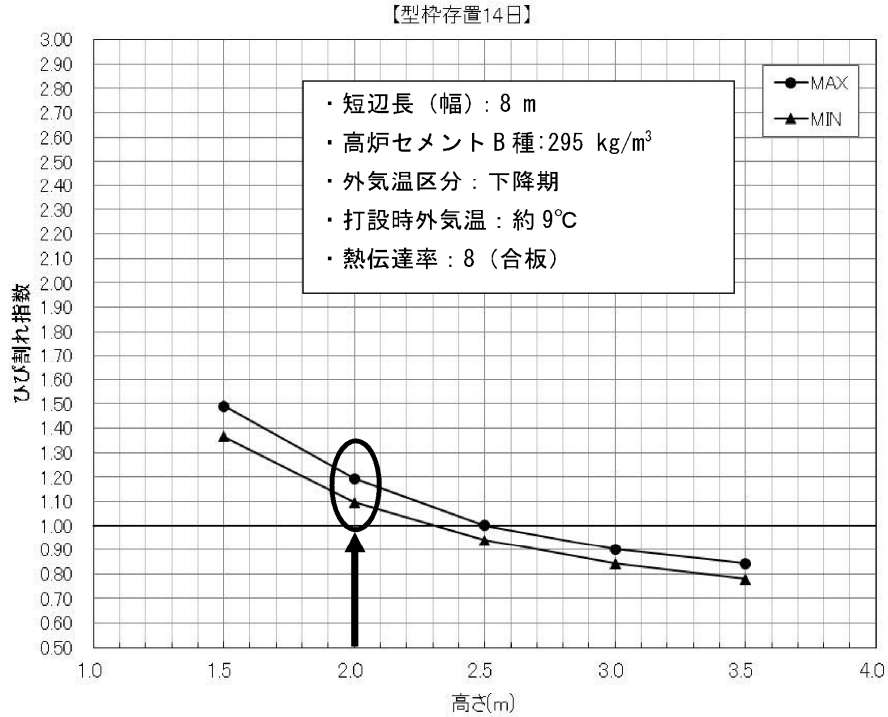
○結果

- (a) 図 4.3 を選定した。(Ⅱ. ひび割れ指数簡易推定資料 詳細図集 (案) 頁 3-108)
- (b) 関係図よりひび割れ指数 I_{cr} は 1.10~1.19、図 4.3 の表より、1.15 であることが推定できる。
- (c) 以下の通り補正計算を行い、補正後のひび割れ指数 I_{cr}' を 1.14 と推定した。より、補正係数 $k=2.1 \times 10^{-3}$ 、対象構造物のセメント量 $C=300$ (kg/m^3) これらを (式 2) に代入すると、

$$h = (300 - 295) \times 2.1 \times 10^{-3} = 0.01$$

これを (式 1) に代入すると、

$$I_{cr}' = 1.15 - 0.01 = 1.14$$



奥行 (m)	高さ (m)	Icr	奥行 (m)	高さ (m)	Icr	奥行 (m)	高さ (m)	Icr
5.0	1.5	1.41	9.0	1.5	1.36	13.0	1.5	1.40
5.0	2.0	1.10	9.0	2.0	1.14	13.0	2.0	1.15
5.0	2.5	0.94	9.0	2.5	1.00	13.0	2.5	0.97
5.0	3.0	0.84	9.0	3.0	0.90	13.0	3.0	0.89
5.0	3.5	0.78	9.0	3.5	0.82	13.0	3.5	0.83
7.0	1.5	1.37	11.0	1.5	1.42	15.0	1.5	1.43
7.0	2.0	1.16	11.0	2.0	1.13	15.0	2.0	1.19
7.0	2.5	0.98	11.0	2.5	0.98	15.0	2.5	0.98
7.0	3.0	0.87	11.0	3.0	0.90	15.0	3.0	0.88
7.0	3.5	0.80	11.0	3.5	0.84	15.0	3.5	0.83

図 4.3 躯体寸法とひび割れ指数の関係図（フーチング、8m、加工機、9°C、岩盤）

③ 躯体寸法とひび割れ指数の関係図によるひび割れ指数の推定

②で推定したひび割れ指数より、モデル構造物のフーチングについては、下記の対策を行うことでひび割れ指数が 1.0 以上であることが確認された。

条件項目	対策前	対策後
型枠存置期間	7 日間	14 日間
養生期間	【側面】 材齢 7 日まで合板、以降露出	【側面】 材齢 14 日まで合板、以降露出
	【打設面】 打設日露出面、材齢 2~8 日まで養生マット、以降露出	【打設面】 打設日露出面、材齢 2~15 日まで養生マット、以降露出

2) 縦壁

基本的には、1) フーチングで示した手順と同様であるため、ここでは詳細な説明等は省略する。

① ひび割れ指数 1.0 の境界図による判定

○手順

- (a) (b)フーチングと同様である。なお、境界図は「Ⅱ. ひび割れ指数簡易推定資料 詳細図集(案) 2. 縦壁におけるひび割れ指数 1.0 の境界」より選定する。その際は、早見表を活用するとよい。

○結果

- (a) 図 4.4 を選定した。(Ⅱ. ひび割れ指数簡易推定資料 詳細図集(案) 頁 2-13)
- (b) 壁幅: 12m 等の条件をプロットするとその交点は「▲」となり、ひび割れ指数が 1.0 未満であるが、壁幅を 6m とするとその交点は「★」となり、ひび割れ指数が 1.0 以上となる。

ここでは、壁幅方向の面の中央に誘発目地を設置する対策をとるとし、②に進む。

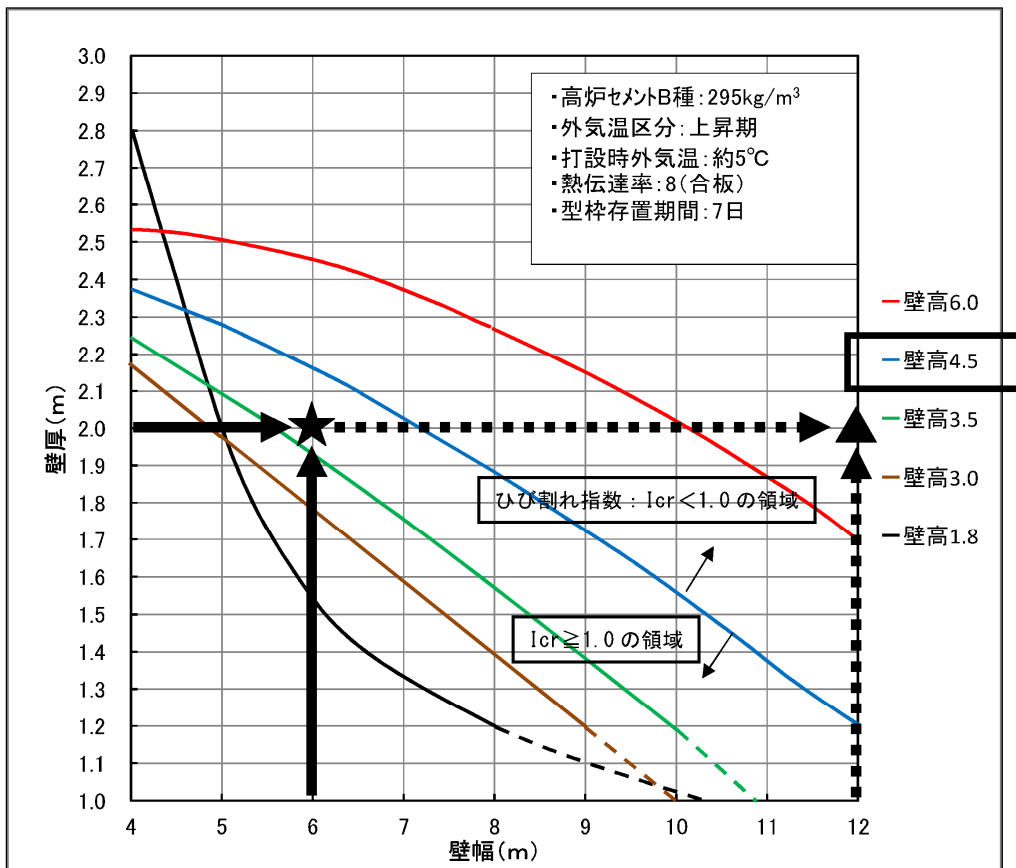


図 4.4 ひび割れ指数 1.0 の境界図 (壁部材、上昇期、5°C、岩盤、存置 7 日)

② 躯体寸法とひび割れ指数の関係図によるひび割れ指数の推定

○手順

(a) c) フーチングと同様である。なお、関係図は「Ⅱ. ひび割れ指数簡易推定資料 詳細図集(案) 3. 壁部材における躯体寸法とひび割れ指数の関係」より選定する。その際は早見表を活用するとよい。

(b) 壁厚：2m を関係図にプロットし、ひび割れ指数を推定する。

○結果

(a) 図 4.5 を選定した。(Ⅱ. ひび割れ指数簡易推定資料 詳細図集(案) 頁4-97)

(b) 壁厚：2m と奥行：6m の線の交点は「☆」となり、ひび割れ指数 I_{cr} は 1.04 であることが推定できる。

(c) 補正計算(補正係数 $k: 4.0 \times 10^{-3}$)を行い、補正後のひび割れ指数 I_{cr}' を 1.02 と推定した。

ここでは、壁幅方向の面の中央に誘発目地を設置する対策をとるとし、②に進む。

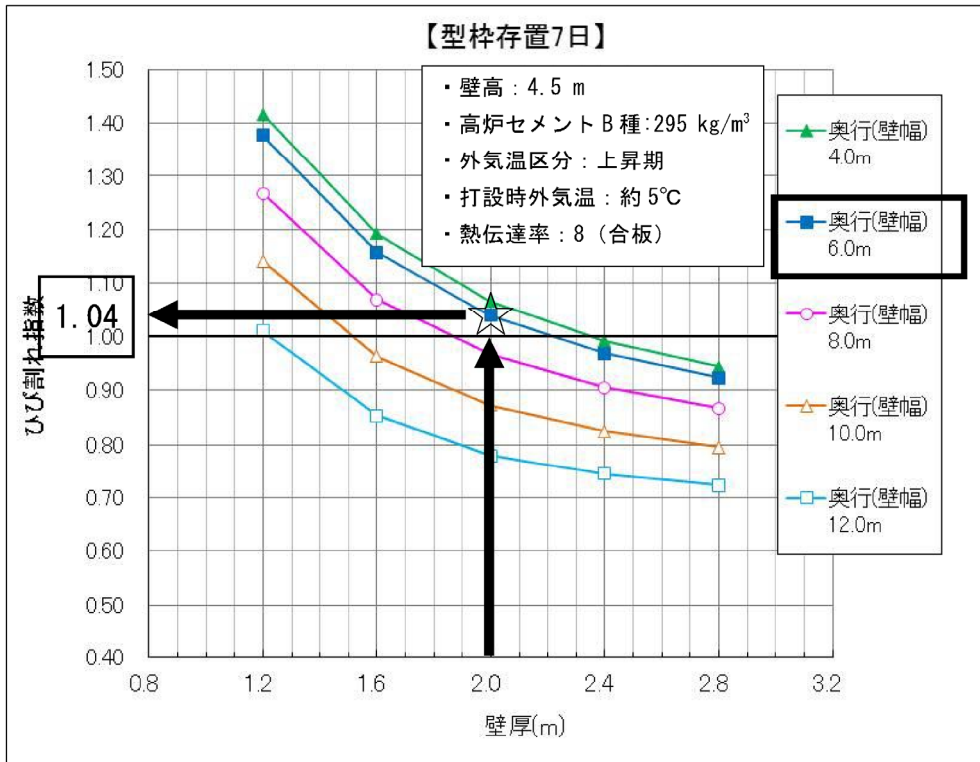


図 4.5 躯体寸法とひび割れ指数の関係図(壁部材、4.5m、上昇期、5°C、岩盤)

③ ひび割れ指数の確認

②で推定したひび割れ指数より、モデル構造物の縦壁については、下記の対策を行うことでひび割れ指数が 1.0 以上であることが確認された。

【対策】

- ・壁幅方向の面の中央に誘発目地を設置する。

5. 温度応力解析例 ⁷⁾ p.27~36

5.1. 温度応力解析例の条件

温度応力解析例の条件を以下の2つについて示す。

① 橋台工（2次元解析例の条件）

2017年制定コンクリート標準示方書[設計編]において、2次元解析法である「CP法を適用する際は、2007年制定コンクリート標準示方書[設計編]に従うのがよい」とある。また、「スラブ状構造物や壁状構造物等、形状が比較的単純で1方向の拘束応力が卓越するような場合には、CP法等の簡便な応力計算法を用いることができる」とある。

したがって、CP法を用いて温度応力解析を実施する事例紹介として、橋台工の2次元解析例の条件を示す。

② 橋脚工（3次元解析例の条件）

3次元有限要素法を用いて温度応力解析を実施する場合は、2017年制定コンクリート標準示方書[設計編]の解析手法や各種物性値の予測式を使用しなければならない。

3次元有限要素法を用いて温度応力解析を実施する事例紹介として、橋脚工の3次元解析例の条件を示す。

①、②共に、必要に応じて「マスコンクリートのひび割れ制御指針2016、コンクリート工学会」を参考にする。

本事例では、目標とするひび割れ指数（安全係数）は、以下の理由により1.0とした。

- 橋台・橋脚は高い水密性を必要としない構造であることから、ある程度のひび割れを許容することを想定する。
- ひび割れが発生した場合は、状況に応じて適切に処理することを想定する。

表 5.1 標準的なひび割れ発生確率と安全係数（橋台工（2次元解析）の場合）

対策レベル	ひび割れ発生確率	安全係数 γ_{cr}
ひび割れを防止したい場合	5%	1.75以上
ひび割れの発生をできるだけ制限したい場合	25%	1.45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※	85%	1.0以上

表 5.2 標準的なひび割れ発生確率と安全係数（橋脚工（3次元解析）の場合）

対策レベル	ひび割れ発生確率	安全係数 γ_{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。

5.1.1. 温度応力解析例の条件（2次元解析）

●橋台工

(1) 対象構造物

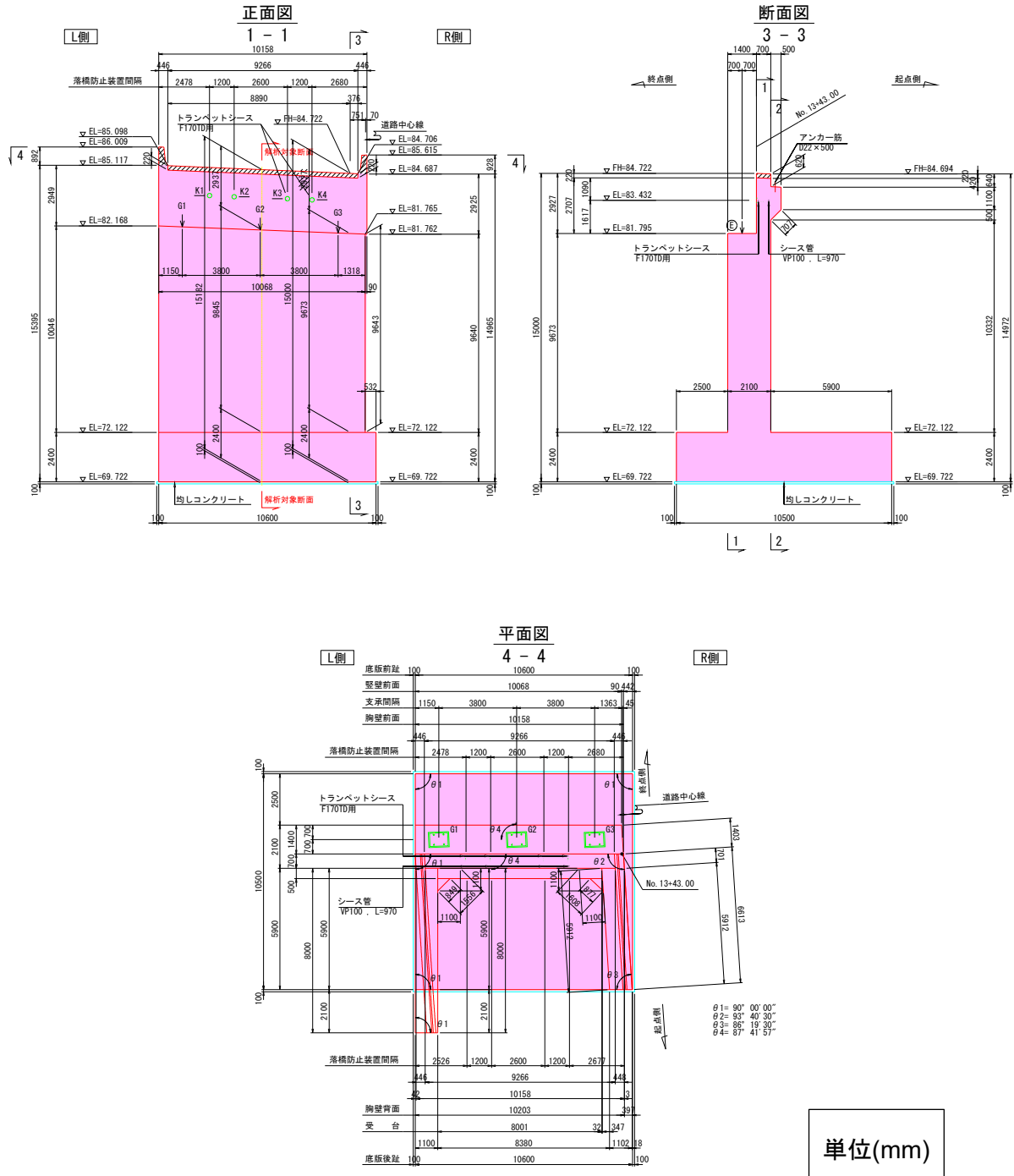


図 5.1 構造概略図（橋台工）

(2) 解析例の条件

基本解析（無対策）における温度解析条件を表 5.3、表 5.4、応力解析条件を表 5.5 に示す。

表 5.3 温度解析条件 その1

〔1〕構造条件等															
(a)	施工場所	広島県													
	形状寸法	図 1 に示す通り													
〔2〕対象構造物のモデル化															
モデル設定		2017 年制定コンクリート標準示方書【設計編】 p.325 [3.1 解析手法]に準拠 (マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016 p.53 [4.3.1 解析手法及び解析条件 解説]参照)													
〔3〕コンクリートの配合計画															
(b)	使用セメント	高炉セメント B 種													
	単位セメント量	310 kg/m ³													
(c)	水セメント比	55.0%													
			<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 水セメント量 55%以下、呼び強度 (24N/mm²・27N/mm²) の場合の単位セメント量の目安 </div> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>岡山県</td> <td>295 kg/m³~327kg/m³</td> </tr> <tr> <td>広島県</td> <td>289 kg/m³~329kg/m³</td> </tr> <tr> <td>山口県</td> <td>279 kg/m³~314kg/m³</td> </tr> <tr> <td>鳥取県</td> <td>289 kg/m³~321kg/m³</td> </tr> <tr> <td>島根県</td> <td>271 kg/m³~309kg/m³</td> </tr> </table>				岡山県	295 kg/m ³ ~327kg/m ³	広島県	289 kg/m ³ ~329kg/m ³	山口県	279 kg/m ³ ~314kg/m ³	鳥取県	289 kg/m ³ ~321kg/m ³	島根県
岡山県	295 kg/m ³ ~327kg/m ³														
広島県	289 kg/m ³ ~329kg/m ³														
山口県	279 kg/m ³ ~314kg/m ³														
鳥取県	289 kg/m ³ ~321kg/m ³														
島根県	271 kg/m ³ ~309kg/m ³														
〔4〕施工条件・施工計画															
(d)	外気温	気象庁ホームページ：広島県広島の平年値を採用（1981 年～2010 年の統計気温）													
(e)	打込み温度等	打込み温度	外気温+5℃												
		初期温度	・ コンクリート：打込み温度と同じ ・ 地盤：地盤表面を外気温(27.1℃)と同じとし、約 5m より深部を対象地域の年平均気温(16.3℃)とした。また、地盤表面～5.0 m 深部の間は線形補間を行い設定した。												
	温度固定境界	地盤最下部一列 16.3℃（広島の年平均気温）													
(f)	打設工程	リフト	リフト高さ	打設日	平均気温	打込み温度									
(g)	リフト割	第 1 リフト（フーチング）		H=2.4m	7/16	27.1℃	32.1℃								
		第 2 リフト（縦壁）		H=5.4m	8/1	28.7℃	33.7℃								
		第 3 リフト（縦壁）		H=4.445m	8/17	28.2℃	33.2℃								
		第 4 リフト（胸壁）		H=2.717m	9/1	27.1℃	32.1℃								
(h)	養生計画	リフト	熱伝達境界	養生方法および期間											
		第 1 リフト（フーチング）	打設面	打設日（露出面）→2～7 日（養生マット）→8 日～（露出面）											
			側面	打設日～7 日（合板）→8 日～（露出面）											
		第 2 リフト（縦壁）	打設面	打設日（露出面）→2～7 日（養生マット）→8 日～（露出面）											
			側面	打設日～7 日（合板）→8 日～（露出面）											
		第 3 リフト（縦壁）	打設面	打設日（露出面）→2～7 日（養生マット）→8 日～（露出面）											
			側面	打設日～7 日（合板）→8 日～（露出面）											
第 4 リフト（胸壁）	仕上面	打設日（露出面）→2～7 日（養生マット）→8 日～（露出面）													
側面	打設日～7 日（合板）→8 日～（露出面）														
熱伝達率	コンクリート露出部・地盤表面 14W/m ² ℃，養生マット 5W/m ² ℃，合板 8W/m ² ℃ 2017 年制定コンクリート標準示方書【設計編】p.326 解説表 3.2.1 参照（マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016 p.47 解説表- 4.2.4 参照）														

打込み間隔（打設工程）が短くなれば、L/H が小さくなれば、ひび割れ指数が向上

表 5.4 温度解析条件 その2

(マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008 p.57 [4.3.4 地盤・岩盤 解説]参照)

[5]材料特性値			
物性値		コンクリート 2007年制定コンクリート標準示方書【設計編】 p.343	地盤
(i)	熱伝導率	2.7 W/m ² °C (2.6~2.8)	4.42 W/m ² °C (1.7~5.2)
(j)	密度	2,400 kg/m ³	2,650 kg/m ³ (2,600~2,700)
(k)	比熱	1.155 kJ/kg°C (1.05~1.26)	0.8 kJ/kg°C (0.71~0.88)

表 5.5 応力解析条件

[6]コンクリート等の強度特性		
(l)	圧縮強度	2007年制定コンクリート標準示方書(設計編) p.340~342 ※設計基準強度 : 24 N/mm ² (材齢 28 日)
(m)	引張強度	
(n)	コンクリートのヤング係数	
(o)	熱膨張係数	10×10 ⁻⁶ /°C [2007年制定コンクリート標準示方書【設計編】 p.44]
(p)	拘束体(地盤)のヤング係数(Er)	840N/mm ² マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016 p.52 による。 地盤のヤング係数は 2.8×N 値で算出する。 N 値は換算 N 値の最大値を採用。 変形係数 300×2.8 = 840 N/mm ²
(q)	構造物長さ	図 1 参照
(r)	リフト割り(リフト高さ)	(g)参照
(s)	使用セメント	(b)参照

以下に解析条件の設定根拠について示す。

◆ 対象構造物のモデル化

「2017年制定コンクリート標準示方書【設計編】 p.325 [3.1 解析手法]」および「マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016 p.53 [4.3.1 解析手法及び解析条件 解説]」を参考に、以下の考え方にに基づきモデル化する。解析モデル図は図 5.2 に示すとおりである。

- 温度解析における熱の伝達や放熱等の影響を考慮して定める。
- 対象とする構造物が左右対称の場合は、一般に 1/2 モデルとする場合が多いが、本解析では 1/1 モデルとする（橋軸直角方向の断面図でみての 1/1 モデル）
- 要素分割は以下を基本とする。

・ 共 通

- 全要素 500mm 以下とし、重要な断面や放熱面近傍の 600mm 程度は 200mm 以下とする。ただし、解析モデルの 1 断面は 6 分割以上とする（地盤についてはこの限りではなく、構造物を中心に端部に向けて徐々に粗くする）。

・ 地 盤

- 深さは 10m 以上が適切とされているが、一般に 5m より深い地盤は一定温度となることが知られていることから 5m 以上とする。（基本的に構造物の高さ以上を確保する。）
- 幅は構造物の 2 倍以上を基本とする。

■解析モデル図

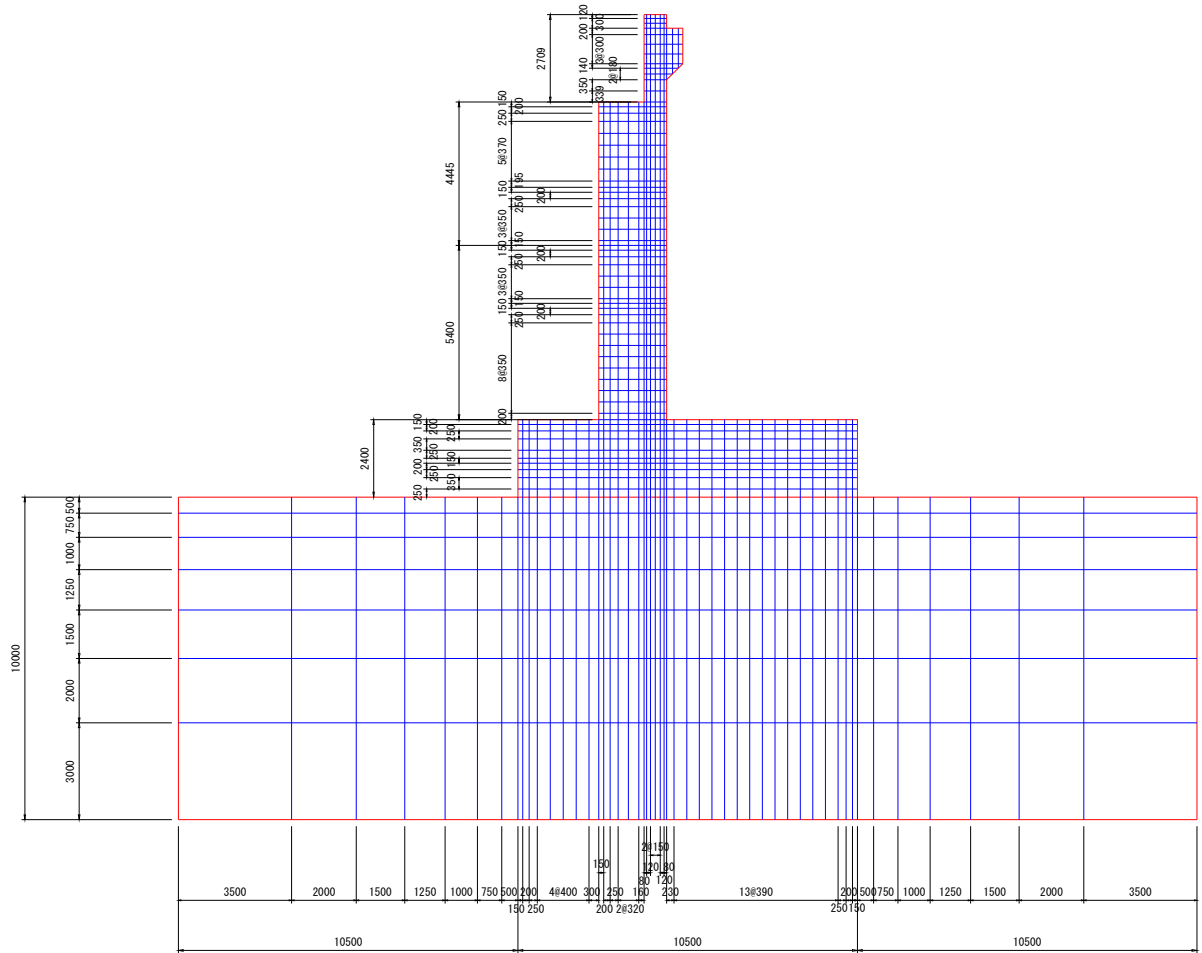
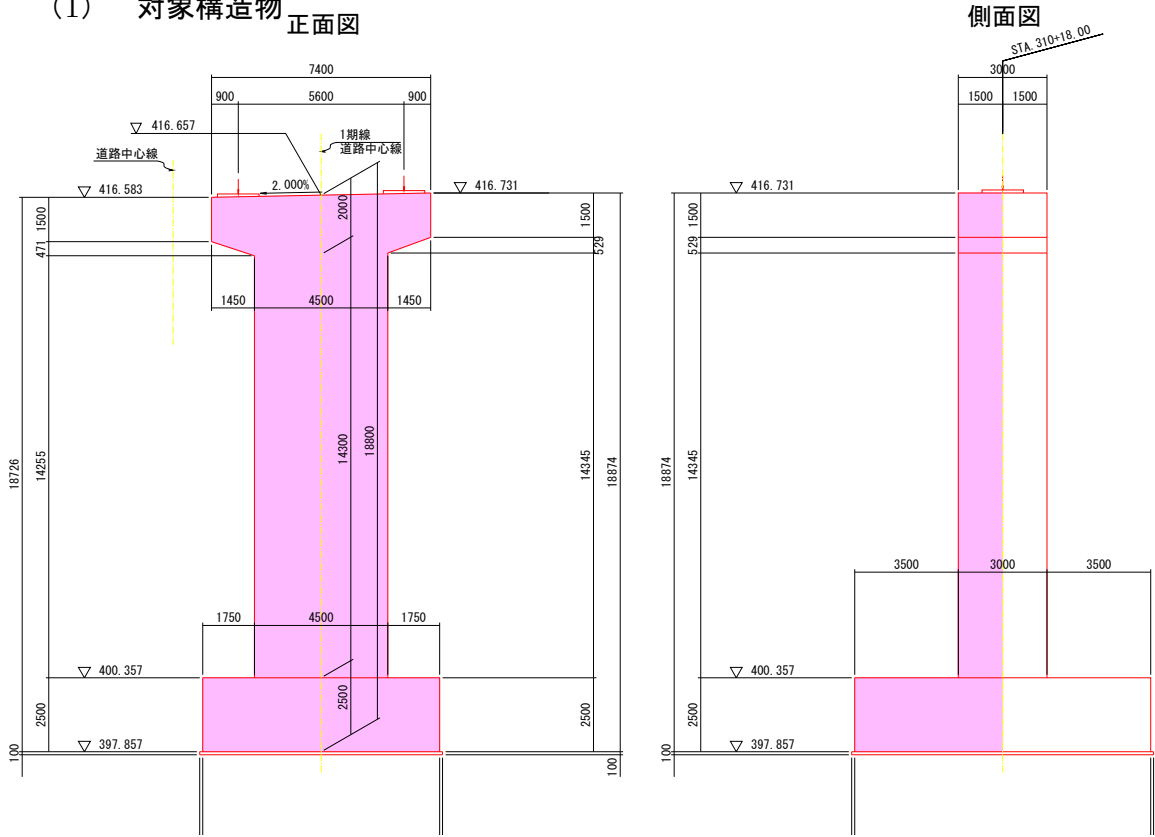


図 5.2 解析モデル図 (橋台工)

5.1.2. 温度応力解析例の条件（3次元解析）

●橋脚工

(1) 対象構造物 正面図



平面図

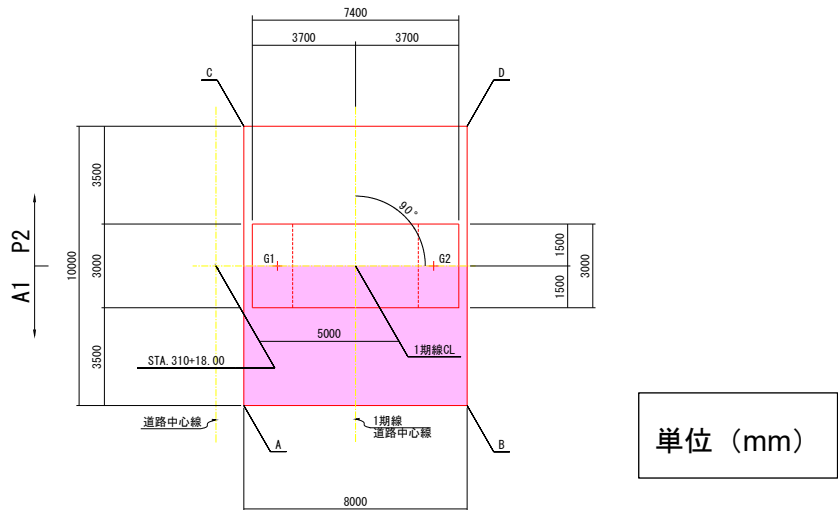


図 5.3 構造概略図（橋脚工）

(2) 解析例の条件

基本解析（無対策）における温度解析条件を表 5.6、表 5.7、応力解析条件を表 5.8 に示す。

表 5.6 温度解析条件

〔1〕構造条件等						
(a)	施工場所	広島県				
	形状寸法	図 3 に示す通り				
〔2〕対象構造物のモデル化						
モデル設定		2017 年制定コンクリート標準示方書【設計編】 p.325 [3.1 解析手法]に準拠 (マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016 p.53 [4.3.1 解析手法及び解析条件]参照)				
〔3〕コンクリートの配合計画						
(b)	使用セメント	高炉セメント B 種	水セメント量 55%以下、呼び強度 (24N/mm ² ・27N/mm ²) の場合の単位セメント量の目安			
	単位セメント量	フーチング:310 kg/m ³				
(c)	水セメント比	55.0%	岡山県	295 kg/m ³ ~327kg/m ³		
			広島県	289 kg/m ³ ~329kg/m ³		
			山口県	279 kg/m ³ ~314kg/m ³		
			鳥取県	289 kg/m ³ ~321kg/m ³		
			島根県	271 kg/m ³ ~309kg/m ³		
〔4〕施工条件・施工計画						
(d)	外気温	気象庁ホームページ：広島県広島の平年値を採用（1981 年～2010 年の統計気温）				
(e)	打込み温度等	打込み温度	外気温+5℃			
	初期温度	<ul style="list-style-type: none"> ・ コンクリート：打込み温度と同じ ・ 地 盤：地盤表面を外気温(27.1℃)と同じとし、約 5m より深部を対象地域の年平均気温(16.3℃)とした。また、地盤表面～5.0 m 深部の間は線形補間を行い設定した。 				
	温度固定境界	地盤最下部一列 16.3℃（広島の年平均気温）				
(f)	打設工程	リフト	リフト高さ	打設日	外気温	打込み温度
(g)	リフト割	第 1 リフト（フーチング）	H=2.5m	7/16	27.1℃	32.1℃
		第 2 リフト（柱①）	H=5.4m	8/1	28.7℃	33.7℃
		第 3 リフト（柱②）	H=5.4m	8/17	28.2℃	33.2℃
		第 4 リフト（柱③）	H=3.545m	9/1	27.1℃	32.1℃
		第 5 リフト（梁）	H=2.0m	9/15	24.6℃	29.6℃
(h)	養生計画	リフト	熱伝達境界	養生方法および期間		
		第 1 リフト (フーチング)	打設面	打設日(露出面)→2~7 日(養生マット)→8 日~(露出面)		
			側 面	打設日~7 日(合板)→8 日~(露出面)		
			仕上面	打設日(露出面)→2~7 日(養生マット)→8 日~(露出面)		
		第 2~4 リフト (柱部)	打設面	打設日(露出面)→2~7 日(養生マット)→8 日~(露出面)		
			側 面	打設日~7 日(合板)→8 日~(露出面)		
		第 5 リフト (梁部)	仕上面	打設日(露出面)→2~7 日(養生マット)→8 日~(露出面)		
側 面	打設日~7 日(合板)→8 日~(露出面)					
	熱伝達率	コンクリート露出部・地盤表面 14W/m ² ℃, 養生マット 5W/m ² ℃, 合板 8W/m ² ℃ 2017 年制定コンクリート標準示方書【設計編】 p.326 表 3.2.1 参照 (マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016 p.47 解説表-4.2.4)				

打込み間隔（打設工程）が短くなれば、L/H が小さくなれば、ひび割れ指数が向上

表 5.7 温度解析条件

〔5〕材料特性値		
物性値	コンクリート 2017年制定コンクリート標準示方書【設計編】 p.332	地盤 2017年制定コンクリート標準示方書【設計編】 p.336 (マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016 p.52 〔4.2.4 地盤・岩盤 解説〕参照)
(i) 熱伝導率	2.7 W/m ² °C (2.6~2.8)	4.42 W/m ² °C (1.7~5.2)
(j) 密度	2,296 kg/m ³	2,650 kg/m ³ (2,600~2,700)
(k) 比熱	1.155 kJ/kg°C (1.05~1.26)	0.8 kJ/kg°C (0.71~0.88)

表 5.8 応力解析条件

〔6〕コンクリート等の強度特性		
(l) 圧縮強度	2017年制定コンクリート標準示方書(設計編) p.332~334 ※設計基準強度 : 24 N/mm ² (材齢 28 日)	
(m) 引張強度		
(n) コンクリートのヤング係数		
(o) 熱膨張係数	高炉セメントB種: 12×10 ⁻⁶ /°C [2017年制定コンクリート標準示方書(設計編) p.44] (マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016 p.44〔4.2.2 コンクリート 解説〕参照)	
(p) 拘束体(地盤)のヤング係数(Er)	840N/mm ² マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016 p.52 による。 地盤のヤング係数は 2.8×N 値で算出する。 N 値は換算 N 値の最大値を採用。 変形係数 300×2.8 = 840 N/mm ²	
(q) 構造物長さ	図 3 参照	
(r) リフト割り(リフト高さ)	(g)参照	
(s) 使用セメント	(b)参照	

以下に解析条件の設定根拠について説明する。

◆ 対象構造物のモデル化

「2017年制定コンクリート標準示方書【設計編】 p.325 [3.1 解析手法]」および「マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016 p.53 [4.3.1 解析手法及び解析条件] 解説」を参考に、以下の考え方に基づきモデル化する。解析モデルは図 5.4、図 5.5 に示すとおりである。

- 温度解析における熱の伝達や放熱等の影響を考慮して定める。
- 対象とする構造物が左右対称の場合は、一般に 1/2 モデルとする場合が多く、本解析においても 1/2 モデルとする。
- 要素分割は以下を基本とする。
 - ・共通
 - 全要素 500mm 以下とし、重要な断面や放熱面近傍の 600mm 程度は 200mm 以下とする。ただし、解析モデルの 1 断面は 6 分割以上とする（地盤についてはこの限りではなく、構造物を中心に端部に向けて徐々に粗くする）。
 - ・地盤
 - 深さは 10m 以上が適切とされており、当該構造物では第 1 リフト下面より深さ 10m を確保する。
 - 幅は構造物の 2 倍以上を基本とする。

■解析モデル図

正面図

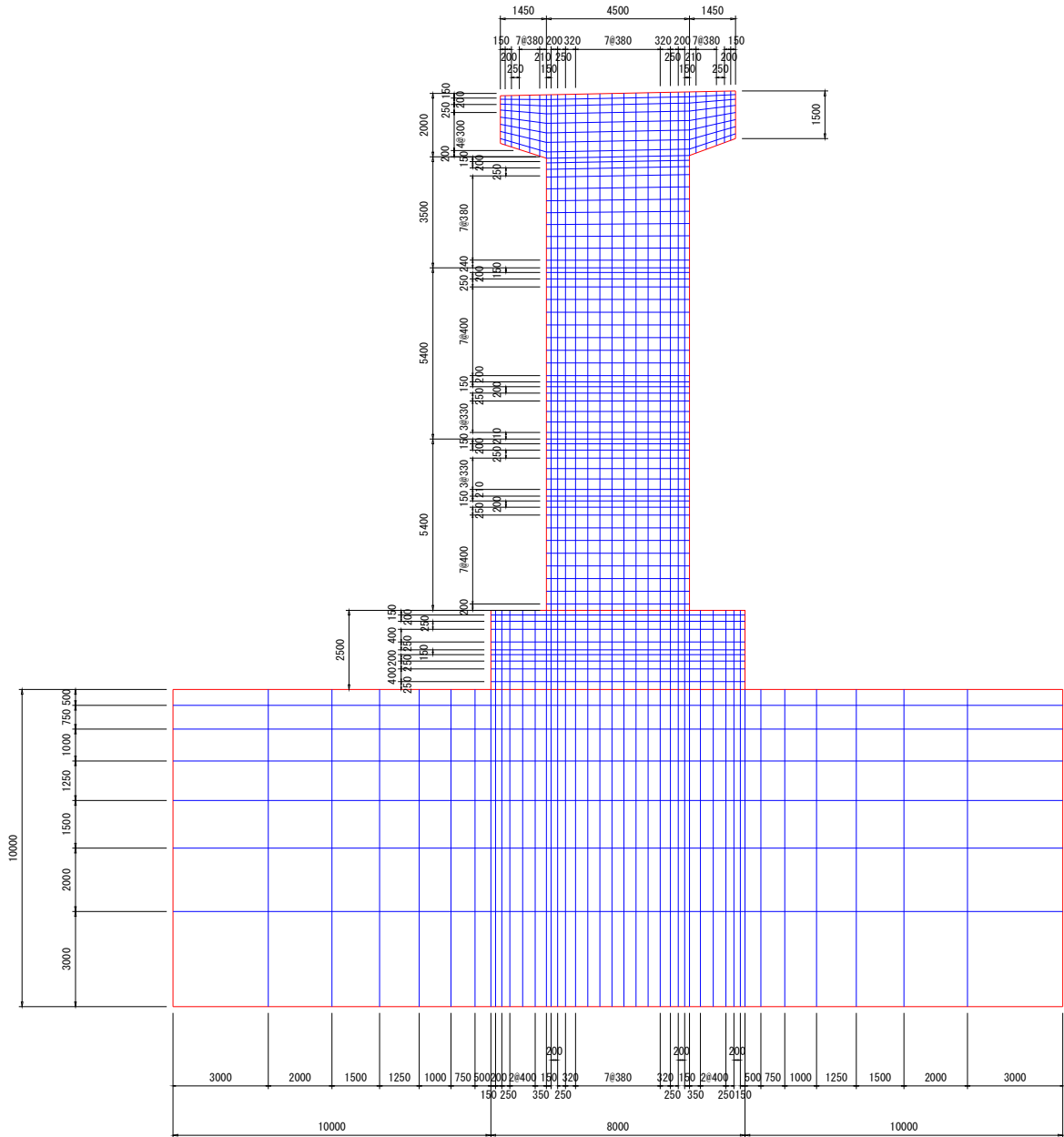


図 5.4 解析モデル図 正面図（橋脚工）

側面図

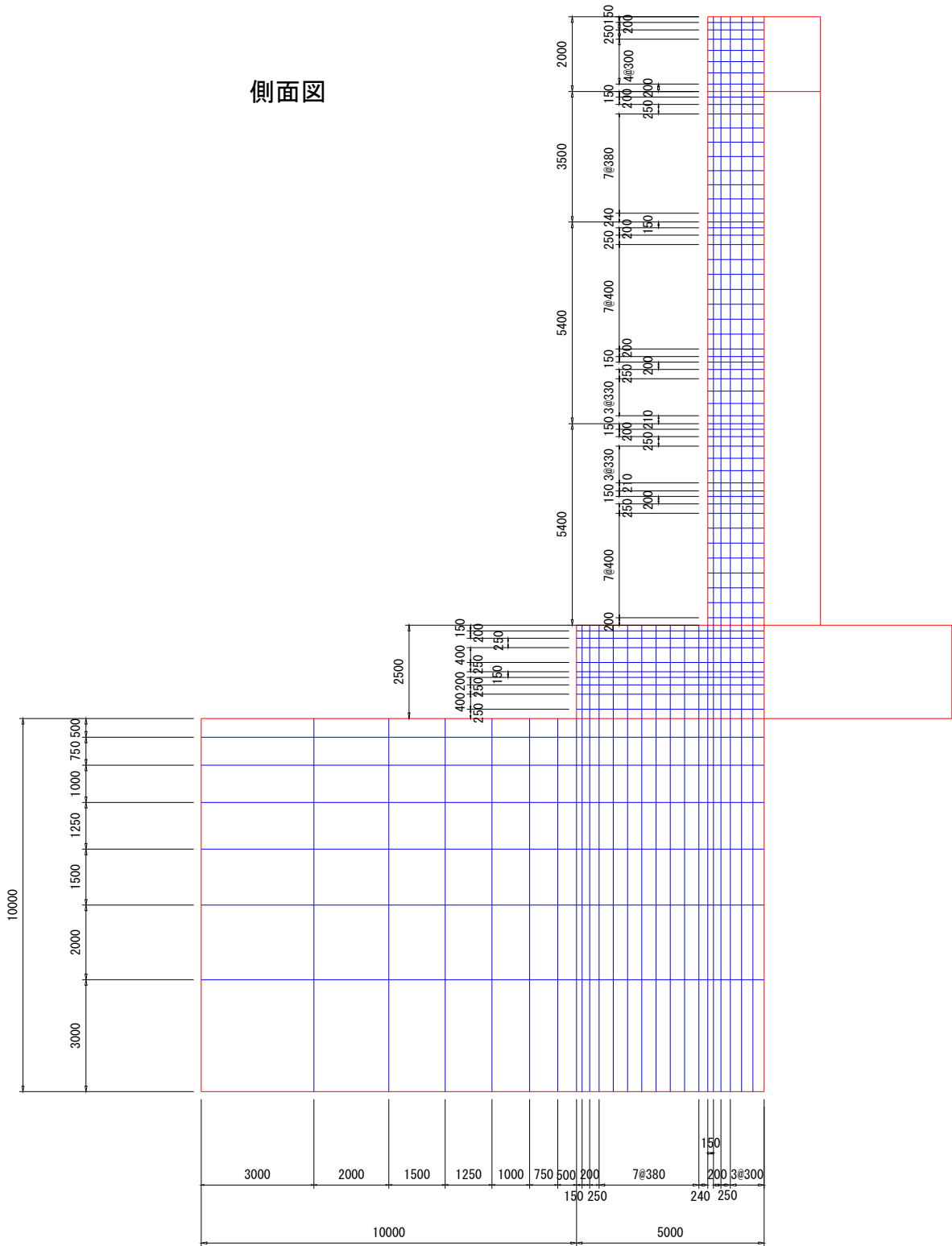
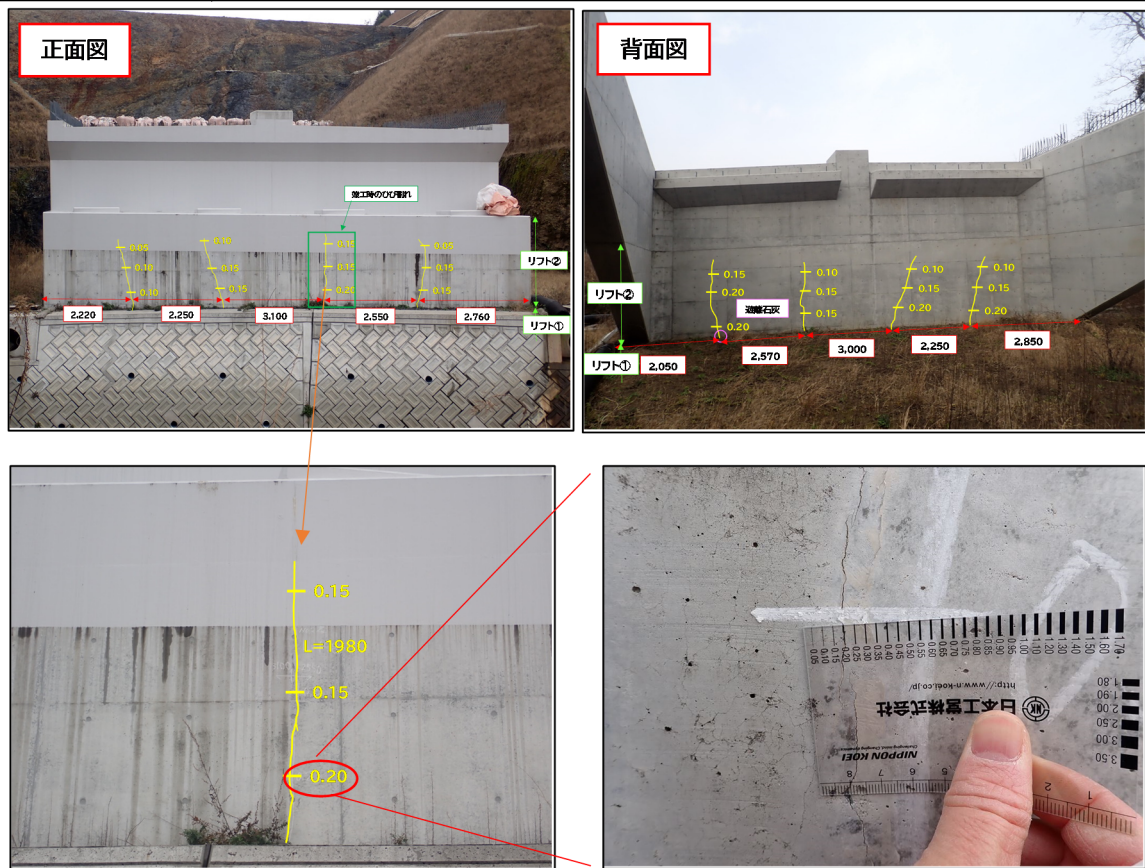


図 5.5 解析モデル図 側面図 (橋脚工)

6. 温度ひび割れに関する事例

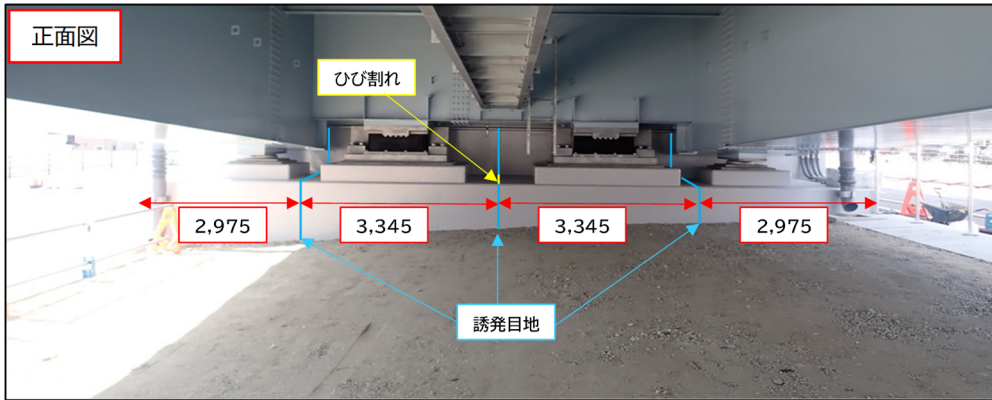
- 温度ひび割れ対策なしのため、ひび割れが発生した構造物
- 誘発目地を設置し、ひび割れを目地内に誘発できた構造物
- 耐アルカリ性ガラス繊維ネットを設置し、ひび割れ抑制できた構造物
- 補強鉄筋を設置し、ひび割れを抑制できた構造物
- 誘発目地を設置し、ひび割れを制御できた構造物
- 誘発目地を設置したが、温度ひび割れが発生した構造物

事例概要	温度ひび割れ対策なしのため、ひび割れが発生した構造物		
工種	橋台工(豎壁:前面、背面)	設置環境	一般屋外環境下
調査年月	2020年3月	追跡調査年月	2022年2月
打設年月(気温)	2020年2月(7℃)、3月(14℃)		
寸法	L=12.8m H=①2.9m ②5.9m W=2.0m	配合	27-12-20BB
打込み量	①:68m ³ ②:98.5m ³	単位セメント量	328kg/m ³
ひび割れ対策	[設計段階]なし [施工段階]なし		
ひび割れ状況	種別:温度ひび割れ 状況:打継目から鉛直方向に長さ約2m、正面と背面でそれぞれ等間隔に4本のひび割れ(最大ひび割れ幅0.20mm)が発生。うち3本は竣工時以降に発生したひび割れの可能性がある。竣工時に確認されたひび割れは補修されていたが、進展が確認された。		

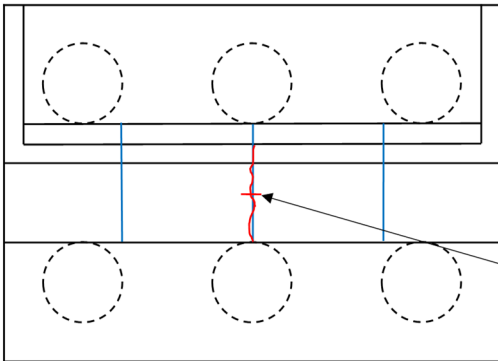


考察	<ul style="list-style-type: none"> ・温度ひび割れ対策を実施せず、温度ひび割れが発生した例である。 ・ひび割れは、打継ぎ目から垂直かつ等間隔に発生しており、前のリフトからの外部拘束による温度ひび割れであると考えられる。また、正面と背面でそれぞれ等間隔に4本温度ひび割れが発生していることから、豎壁を貫通したひび割れである可能性がある。 ・加えて、竣工検査時には、前面の中央にのみ温度ひび割れが発生している状況であったか、竣工から4か月でひび割れの本数、及び長さの進展が見られている。 ・この橋台はセメントの水和熱が大きくなる部材寸法(下端が拘束された壁状の部材で、厚さが50cm以上)に該当するため、温度ひび割れ対策について、適切に照査し、対策を実施することは重要である。 ・なお、温度ひび割れは、貫通ひび割れとなる場合があり、長期耐久性に影響を及ぼす可能性があることから、適切に照査し、対策を実施することが重要である。
----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

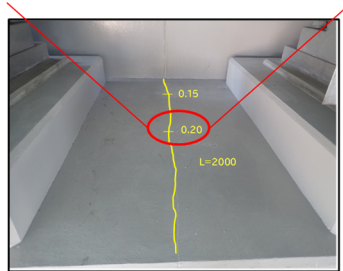
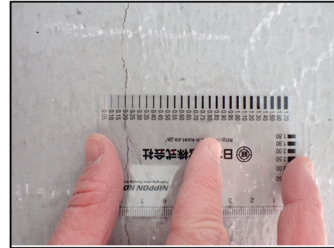
事例概要	誘発目地を設置し、ひび割れを目地内に誘発できた構造物		
工種	橋台工(豎壁:前面)	設置環境	塩害・腐食環境下
調査年月	2020年11月	追跡調査年月	2022年2月
打設年月(気温)	2020年9月(26℃)		
寸法	L=12.84m H=2.0m W=2.5m	配合	27-12-20BB(膨張材)
打込み量	69.9m ³	単位セメント量	303 kg/m ³
ひび割れ対策	[設計段階]なし [施工段階]ひび割れ誘発目地を設置。約3mピッチ、断面欠損率50%に設定		
ひび割れ状況	種別:温度ひび割れ 状況:表面塗装有。誘発目地設置箇所に幅0.2mm、長さ2mのひび割れが発生。 ※前面のみ調査実施		



平面図



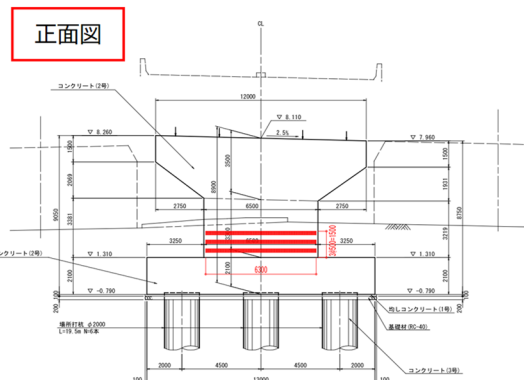
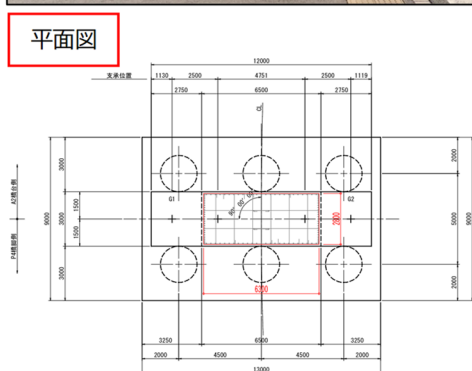
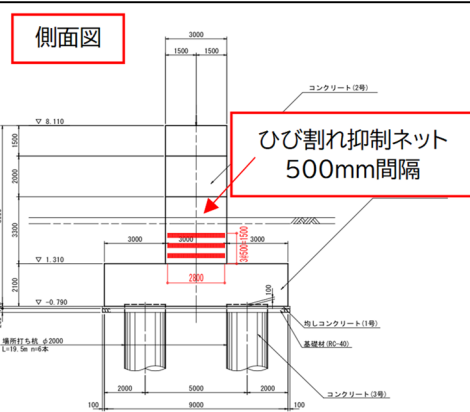
※背面は供用中により確認不可



考察

- ・ひび割れ誘発目地をコンクリート標準示方書の目安を満足した位置に設置し、ひび割れを制御できたと考えられる。
- ・設計段階では、温度ひび割れ対策の検討がされず、施工段階で対策の検討、及び実施された。
- ・この橋台はセメントの水和熱が大きくなる部材寸法(下端が拘束された壁状の部材で厚さが50cm以上)に該当するため、対策の検討、および必要に応じて実施することが重要である。
- ・塗装後の表層にひび割れが確認された。原因としては、気温差による膨張収縮、または塗装時に水和反応が進行中だったことが考えられる。

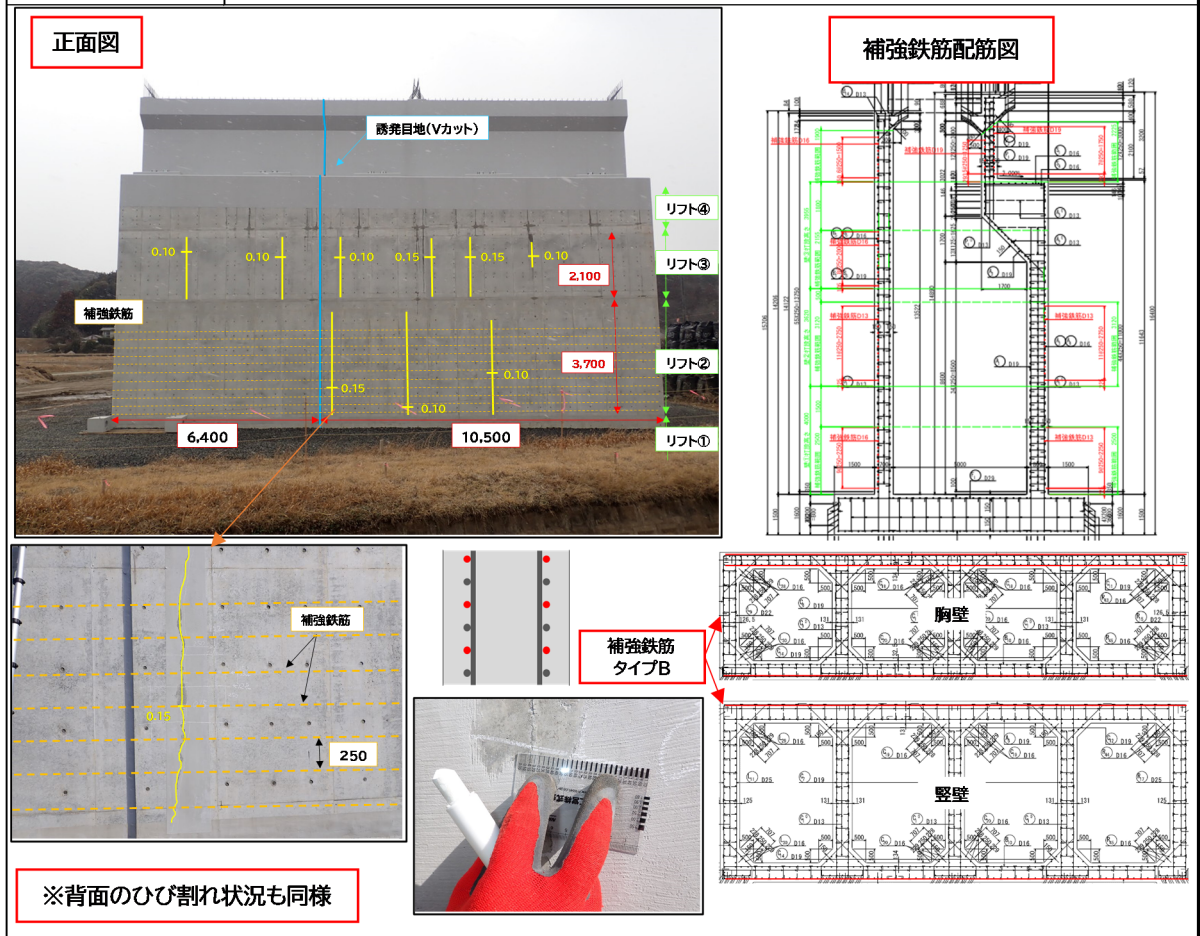
事例概要	耐アルカリ性ガラス繊維ネットを設置し、ひび割れ抑制できた構造物		
工種	橋脚工(柱)	設置環境	塩害・腐食環境下
調査年月	2020年11月	追跡調査年月	2022年2月
打設年月(気温)	2020年9月(26℃)		
寸法	L=6.5m H=3.219m W=3.0m	配合	27-12-20BB(膨張材)
打込み量	62.8m ³	単位セメント量	303 kg/m ³
ひび割れ対策	[設計段階]なし [施工段階]耐アルカリ性ガラス繊維ネットを設置。		
ひび割れ状況	ひび割れなし。		



※背面もひび割れなし

考察	<ul style="list-style-type: none"> ・施工段階で耐アルカリ性ガラス繊維ネットを設置したことにより、ひび割れを抑制できた可能性がある。 ・この橋脚はセメントの水和熱が大きくなる部材寸法(比較的断面が大きく柱状で、かつ短辺が80cm以上の部材であり、施工上水平打継目が設けられる構造物)に該当するため、マスコンクリートとして、底版部の外部拘束を考慮し、柱の下部に対策が実施された。対策の検討、および必要に応じて対策を実施することが重要である。
----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

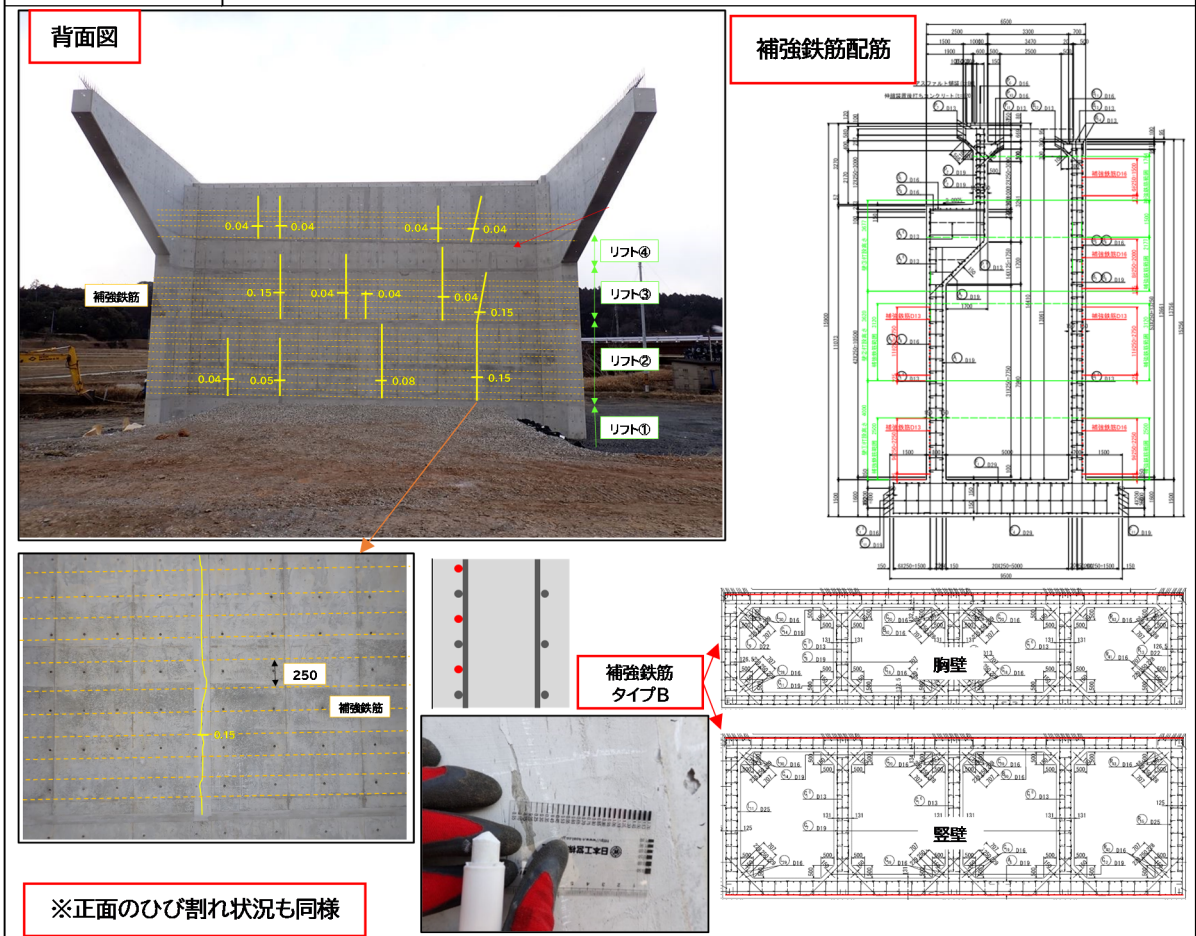
事例概要	補強鉄筋を設置し、ひび割れを抑制(幅0.2mm以下・分散して発生)できた構造物		
工種	橋台工(豎壁:前面)	設置環境	一般屋外環境下
調査年月	2021年11月	追跡調査年月	2022年2月
打設年月(気温)	2021年6月(30℃)、8月(31℃)、9月(24.5℃)		
寸法	L=16.9m H=①4.0m ②3.7m ③2.1m ④1.8m W=前壁0.8m、後壁0.7m(中空)	配合	27-12-20BB
打込み量	①:187m ³ ②:177m ³ ③:123m ³ ④:124m ³	単位セメント量	317 kg/m ³
ひび割れ対策	[設計段階]誘発目地(Vカット)を設置 [施工段階]温度応力解析を実施し、補強鉄筋設置(タイプB、250mmピッチ)		
ひび割れ状況	種別:温度ひび割れ 状況:打継目から鉛直方向に複数のひび割れが発生。最大ひび割れ幅は0.15mm。 全て竣工時に補修されており、進展は確認されなかった。 ※背面も同様のひび割れ状況		



考察

- ・補強鉄筋を設置したことでひび割れを抑制(幅0.20mm以下のひび割れが分散して発生)できたと考えられる。
- ・打込み時期が夏期であり、壁厚0.5m以上の構造物であることから、温度応力解析による照査を実施し、ひび割れ指数1.0を満足しない箇所に補強鉄筋を追加設置している(豎壁部は鉄筋比0.5%、胸壁部は0.3%)。
- ・ひび割れ誘発目地設置(設計段階で検討)されているが、Vカット目地であり、温度ひび割れに対する対策の効果として、補強鉄筋の効果が卓越して発揮されていると推察できる。
- ・この橋台はセメントの水和熱が大きくなる部材寸法(下端が拘束された壁状の部材で、厚さが50cm以上)に該当するため、温度ひび割れ対策について、適切に照査し、対策を実施することは重要である。


事例概要	補強鉄筋を設置し、ひび割れを抑制(幅0.2mm以下・分散して発生)できた構造物		
工種	橋台工(豎壁:背面)	設置環境	一般屋外環境下
調査年月	2021年11月	追跡調査年月	2022年2月
打設年月(気温)	2021年6月(30℃)、8月(31℃)、9月(24.5℃)		
寸法	L=18.2m H=①4.0m ②3.4m ③2.2m ④1.7m W=前壁0.8m、後壁0.7m(中空)	配合	27-12-20BB
打込み量	①:196m ³ ②:170m ³ ③:152m ³ ④:101m ³	単位セメント量	317 kg/m ³
ひび割れ対策	[設計段階]誘発目地(Vカット)を設置 [施工段階]温度応力解析を実施し、補強鉄筋設置(タイプB、250mmピッチ)		
ひび割れ状況	種別: 温度ひび割れ 状況: 打継目から鉛直方向に複数のひび割れ(最大ひび割れ幅0.15mm)が発生。 全て竣工時に補修されており、進展は確認されなかった。 ※前面も同様のひび割れ状況		



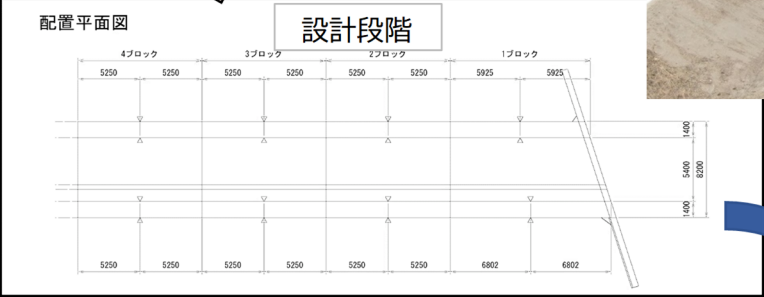
考察	<ul style="list-style-type: none"> ・補強鉄筋を設置したことでひび割れを抑制(幅0.20mm以下のひび割れが分散して発生)できたと考えられる。 ・打込み時期が夏期であり、壁厚0.5m以上の構造物であることから、温度応力解析による照査を実施し、ひび割れ指数1.0を満足しない箇所に補強鉄筋を追加設置している(豎壁部は鉄筋比0.5%、胸壁部は0.3%)。 ・ひび割れ誘発目地設置(設計段階で検討)されているが、Vカット目地であり、温度ひび割れに対する対策の効果として、補強鉄筋の効果が卓越して発揮されていると推察できる。 ・この橋台はセメントの水和熱が大きくなる部材寸法(下端が拘束された壁状の部材で、厚さが50cm以上)に該当するため、温度ひび割れ対策について、適切に照査し、対策を実施することは重要である。
----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

事例概要	誘発目地を設置し、ひび割れを制御できた構造物		
工種	函渠工(側壁、頂版、翼壁:1~4BL)	設置環境	一般屋外環境下
調査年月	2019年12月	追跡調査年月	2022年2月
打設年月(気温)	2019年10月(23.0℃)、11月(26℃)、11月(18℃)、11月(16℃)		
寸法	L=10.5~12.4m H=6.9m(側壁のみ5.0m) W=1.4m	配合	27-12-20BB
打込み量	①:288m ³ ②:375m ³ ③:286m ³ ④:287m ³	単位セメント量	327kg/m ³
ひび割れ対策	[設計段階]土木工事設計マニュアルに準じて誘発目地を設置 [施工段階]設置間隔を検討し、誘発目地を追加		
ひび割れ状況	温度ひび割れなし ※沈降ひび割れ、乾燥収縮ひび割れあり。		

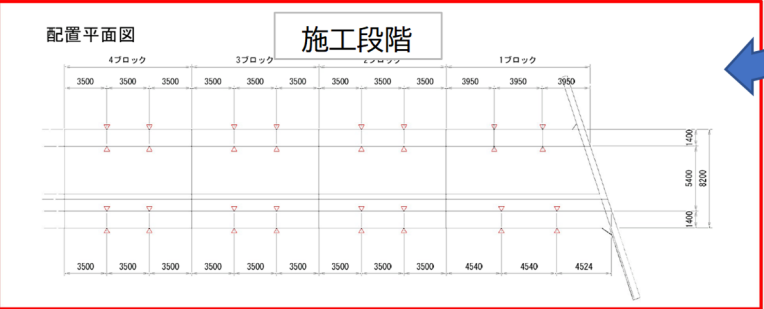
【誘発目地】
・設計段階において土木設計マニュアルに準拠し、5~8m間隔で誘発目地を設置



配置平面図 **設計段階**



配置平面図 **施工段階**

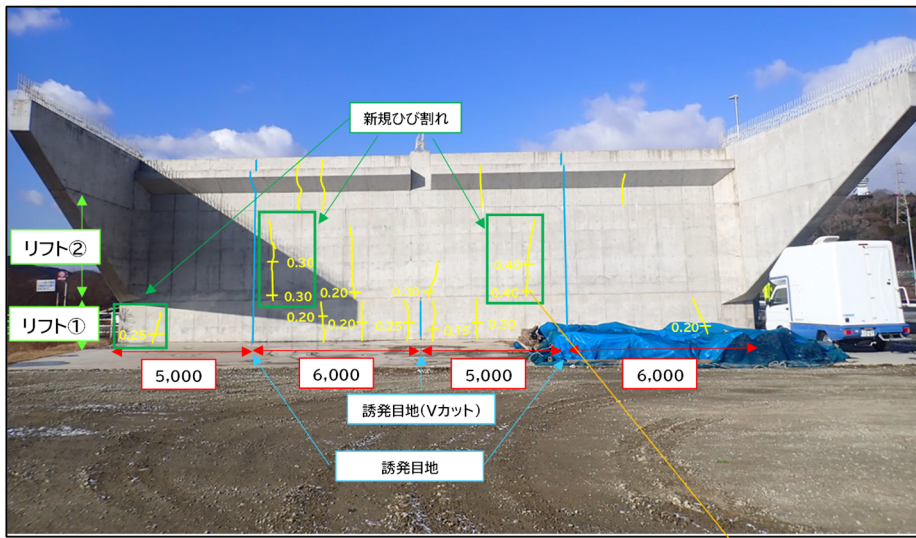


✓ 誘発目地目地間隔
・コンクリート部材の高さの1~2倍程度
・断面欠損率は50%程度以上

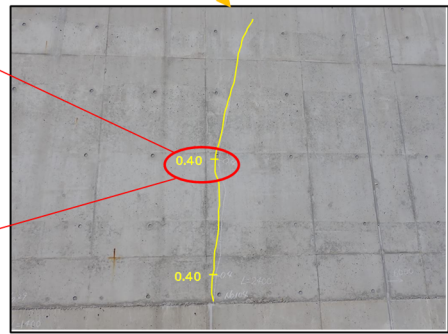
考察	<p>・設計段階で土木工事設計マニュアルに準じ誘発目地5~8mの間隔で誘発目地を設計された。施工段階では、コンクリート標準示方書、及びマスコン指針の記載を参考に誘発目地を追加で設置した。</p> <p>・竣工検査時には、温度ひび割れの発生は確認されず、対策の効果により、ひび割れを制御できたと考えらえる。</p> <p>・設計段階で設計された対策について、施工段階で対策の内容を再照査することは、重要であると言える。</p>
----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

事例概要	誘発目地を設置したが温度ひび割れが発生した構造物		
工種	橋台工(縦壁:背面)	設置環境	塩害・腐食環境下
調査年月	2019年11月	追跡調査年月	2022年2月
打設年月(気温)	2019年9月(23.9℃)、10月(20.5℃)		
寸法	L=22.0m H=①1.4m ②3.3m W=2.2m	配合	30-12-20BB
打込み量	①:69.2m ³ ②:164.5m ³	単位セメント量	357kg/m ³
ひび割れ対策	[設計段階]誘発目地(Vカット)を設置 [施工段階]誘発目地を追加		
ひび割れ状況	種別:温度ひび割れ 状況:打ち継ぎ目から鉛直方向に長さ約0.5~2.6mのひび割れ(最大ひび割れ幅0.40mm)が複数本発生。竣工時以降に発生したひび割れが3本確認された。竣工時のひび割れは補修されているが、進展が見られた。 ※前面も同様のひび割れ状況		

背面図



※正面のひび割れ状況も同様



考察	<ul style="list-style-type: none"> ・設計時に誘発目地(Vカット)が縦壁の1リフト目のみに設計されたが、施工時に不十分と判断し、誘発目地を追加した構造物である。温度ひび割れ対策が適当ではなかった可能性があり、対策を実施したにも関わらず、温度ひび割れが多数発生した。 ・誘発目地について、コンクリート標準示方書の目安では、間隔を「部材高さの1~2倍で設置すること」とあり、この縦壁では、縦壁①で約1.5~3m、縦壁②で約3~6mとなる。したがって、目安として、この縦壁においては誘発目地のみの対策を実施する場合には、3mピッチでの設置が望ましかったと推察される(温度応力解析等照査を実施したものではない。) ・加えて、単位セメント量が350kg/m³以上であり、富配合のコンクリートを使用しており、セメントの水和熱が大きくなりやすい材料であったと考えられる。温度ひび割れが多数発生し、中には、幅0.4mmのひび割れが発生していることに関係している可能性がある。 ・発生している温度ひび割れは前面、背面ともに多数確認され、前リフトによる外部拘束によるひび割れであり、貫通ひび割れの可能性がある。
----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

【参考文献】

- 1) 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）[コンクリート構造物の品質確保・向上に向けた取組み]（R4.3）
- 2) 東北地方整備局、コンクリート構造物の品質確保の手引き（案）（橋脚、橋台、函渠、擁壁編）（R4.7）
- 3) 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）
- 4) 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）[施工編（監督・検査）]（R4.3）
- 5) 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）[施工編]（R4.3）
- 6) 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）資料編（R1.9）
- 7) 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）