

誘発目地による ひび割れ対策の手引き（案）

平成30年4月

**国土交通省 四国地方整備局
四国技術事務所**

目次

1. はじめに	1
2. 適用の範囲	1
3. 誘発目地の構造	5
3.1 誘発目地の構造と種類	5
3.2 断面欠損率	11
4. 誘発目地の設置	17
4.1 設置間隔	17
4.2 設置位置	24
5. 他のひび割れ対策との併用	26
6. 施工上の留意点	31

<参考資料>

1. はじめに	44
2. コンクリートのひび割れ抑制対策	44
2.1 温度ひび割れ	44
2.2 温度ひび割れ抑制対策	44
2.2.1 温度ひび割れ抑制対策の基本	45
2.2.2 温度ひび割れ抑制対策の具体的方法	45
2.3 温度ひび割れ以外のひび割れ抑制対策	51
2.3.1 乾燥収縮ひび割れ	52
2.3.2 沈みひび割れ	52
3. 温度ひび割れ抑制対策事例	54
3.1 ひび割れ誘発目地	54
3.2 膨張材	56
3.3 断熱養生	57
3.4 鉄筋増量	58
3.5 ひび割れ抑制用ネット	59
4. 既往指針・手引き類	61

1. はじめに

コンクリート構造物では、セメントの水和熱や外気温などによる温度変化、乾燥収縮など外力以外の要因による変形が生じる場合があり、このような変形が拘束されるとひび割れが発生することがある。コンクリート構造物に発生したひび割れは、耐久性や水密性に影響を及ぼす場合があるため、できるだけ防止することが望ましい。

一方、コンクリート構造物には耐久性や水密性に大きな影響を及ぼさない微細なひび割れが発生する場合があるが、これらのひび割れを完全に防止することは経済面および施工管理面での負担が大きくなる。また、不規則に発生したひび割れを補修するのも施工管理面での負担が大きくなる。

近年ではコンクリートに発生するひび割れを制御し、発生したひび割れを計画的に補修する方法が採用されているが、誘発目地については標準的な使用方法等を示した手引き類がないため、工事毎に使用承諾を取っているのが現状である。そこで、本手引きは誘発目地によりコンクリートに発生するひび割れを制御する方法を取りまとめたものである。本手引きの作成にあたっては、四国地方整備局における過去 10 年間のひび割れ誘発目地の施工実績と初期ひび割れ発生状況を分析するとともに、既往の関係指針類も参考にした。

2. 適用の範囲

この手引きは、現場打ち鉄筋コンクリート構造物（設計基準強度 24N/mm² 以下）のうち、外部拘束による温度ひび割れの発生が予測され、かつ、普通ポルトランドセメントまたは高炉セメント B 種を使用する橋台、橋脚、擁壁、函渠および樋門を対象とする。

なお、橋台、橋脚、擁壁および函渠は、発生を制御するひび割れを幅 0.2mm 以上のものとし、樋門では幅 0.05mm 以上のものとする。

【解説】

①外部拘束による温度ひび割れ

外部拘束による温度ひび割れは、水和熱により上昇したコンクリート温度が降下する過程で、コンクリートの温度変形が外的に拘束されることにより発生するひび割れであり、部材を貫通して発生することが多い（図 2.1）。

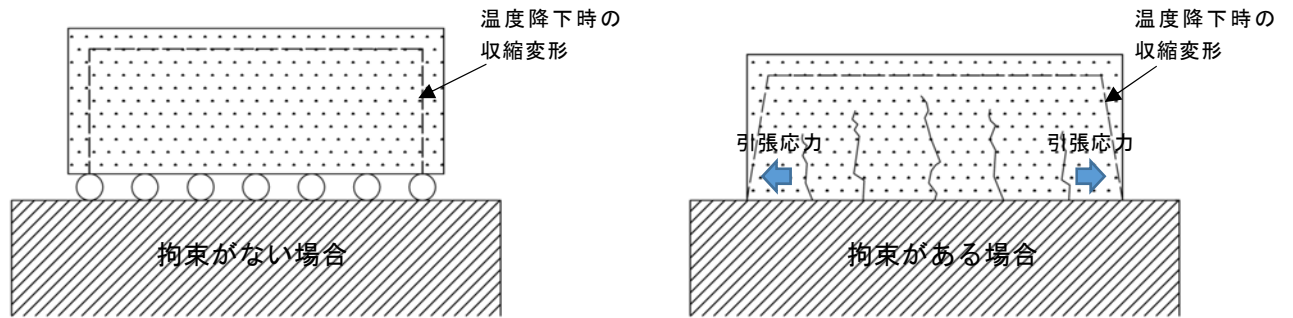


図 2.1 外部拘束によるひび割れの発生機構

壁状構造物を既設コンクリートの上に立ち上げる場合（図 2.2）、壁状構造物の温度は、コンクリートの硬化とともに上昇する。温度上昇の過程では、コンクリートの硬化が進んでいないため、温度上昇に伴うコンクリートの膨張変形が既設コンクリートに拘束されても、コンクリートに発生する応力は小さい。一方、コンクリート温度が最高点に達した後、常温まで降下する過程において、コンクリートには収縮変形が生じるが、この段階ではコンクリートの硬化が進んでいるため、壁状構造物の収縮変形が既設コンクリートに拘束されて発生する引張応力は大きくなる。このため、壁状構造物に発生した引張応力がコンクリートの引張強度を超えた時点で温度ひび割れが発生する。

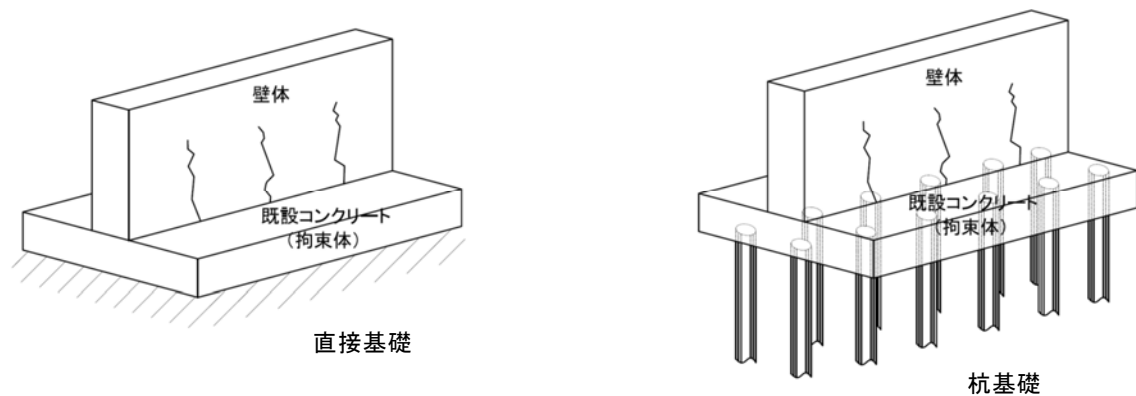


図 2.2 外部拘束による温度ひび割れの例

②ひび割れデータの調査

四国地方整備局管内において過去 10 年程度（平成 17 年度～平成 28 年度に完成した構造物を対象）に施工された橋台、橋脚、擁壁、函渠および樋門について、ひび割れ誘発目地の設置とひび割れ発生状況に関する調査・分析を行った（表 2.1）。本手引き（案）は、この調査・分析結果に基づいて作成したものである。

擁壁や函渠など、主として面外力を受ける壁状構造物では目地による分割が構造耐力に与える影響は小さいことから、ひび割れ誘発目地の設置は温度ひび割れ制御のために有効である。

表 2.1 データを収集した構造物および堅壁の数量

	工事年度	対象構造物					合計
		橋脚	擁壁	樋門	橋台	函渠	
工事数	平成17年～平成28年	12	16	14	40	47	129
	ひび割れ発生	0	0	5	3	4	12
堅壁数	平成17年～平成28年	97	325	171	361	845	1799
	ひび割れ発生	0	0	25	23	34	82
	誘発目地設置	61	325	124	352	845	1707

③使用セメント

温度ひび割れ抑制のために、低発熱形セメント（低熱ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末やフライアッシュを比較的少量に用いた混合セメントなど）を使用する可能性があるが、ひび割れデータを収集した工事で使用されていたセメントは、主に普通ポルトランドセメントまたは高炉セメント B 種であることから、本手引き（案）は普通ポルトランドセメントまたは高炉セメント B 種を使用する工事を対象とする。

表 2.2 ひび割れデータ収集対象工事における使用セメント

セメント種類	工事数	割合
普通ポルトランドセメント	45	34.9%
高炉セメントB種	81	62.8%
早強ポルトランドセメント	1	0.8%
不明	2	1.6%
合計	129	

④対象とするひび割れ

「土木コンクリート構造物の品質確保について」（平成 13 年 3 月 29 日、国官技第 61 号、大臣官房技術調査課長）において、補修の要否に関するひび割れ幅の限度が表 2.3 のように示されている。そこで、これを参考にして抑制の対象とするひび割れを設定した。表 2.3 に示すように、補修を必要とするひび割れ幅(A)と補修を必要としないひび割れ幅(B)の間には補修の要否の区別が付かない範囲があるが、ここではより厳しい条件を取り、補修を必要としないひび割れ幅(B)から対象とするひび割れを設定した。橋台、橋脚、擁壁および函渠は、“耐久性からみた場合”（環境条件が“中間”、その他の要因が“大”）より、最大幅 0.2mm 以上のひび割れを対象とした。また、樋門は“防水性から見た場合”（その他の要因が“大”）より、最大幅 0.05mm 以上のひび割れを対象とした。

なお、本手引きにおけるひび割れ制御とは、「誘発目地によりひび割れを発生させる箇所をあらかじめ設定すること」を意味し、発生するひび割れ幅を制御することではない。

また、本手引きにおいて、単に「ひび割れ」とは、“ひび割れ誘発目地部以外の箇所”に発生したものと定義する。ひび割れ誘発目地部に発生したものは「目地上ひび割れ」と呼ぶ。

表 2.3 補修の要否に関するひび割れ幅の限度

区分		耐久性からみた場合			防水性からみた場合
		きびしい	中間	ゆるやか	—
その他の要因 1) 環境 2)					
(A)補修を必要とするひびわれ幅(mm)	大 中 小	0.4 以上 0.4 以上 0.6 以上	0.4 以上 0.6 以上 0.8 以上	0.6 以上 0.8 以上 1.0 以上	0.2 以上 0.2 以上 0.2 以上
(B)補修を必要としないひびわれ幅(mm)	大 中 小	0.1 以下 0.1 以下 0.2 以下	0.2 以下 0.2 以下 0.3 以下	0.2 以下 0.3 以下 0.3 以下	0.05 以下 0.05 以下 0.05 以下

注：1） その他の要因（大、中、小）とは、コンクリート構造物の耐久性及び防水性に及ぼす有害性の程度を示し、下記の要因の影響を総合して定める。

ひびわれの深さ・パターン、かぶり厚さ、コンクリート表面被覆の有無、材料・配（調）合、打継ぎなど。

2） 主として鉄筋の錆の発生条件の観点からみた環境条件。

3. 誘発目地の構造

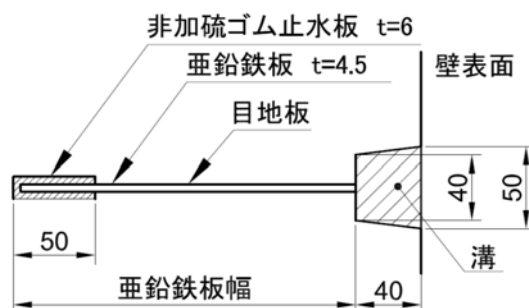
3.1 誘発目地の構造と種類

ひび割れ誘発目地の構造は構造物の強度および機能を害さないように定めるとともに、目地部の鉄筋の腐食を防止する方法、所定のかぶりを保持する方法、目地に用いる充填材の選定等について十分に配慮しなければならない。

【解説】

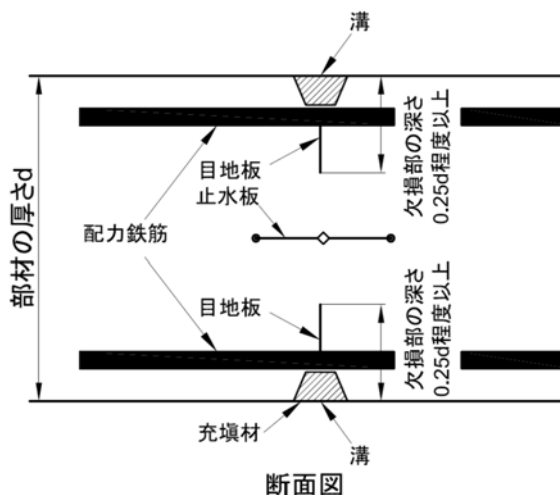
① 誘発目地の一般的な構造

ひび割れ誘発目地の一般的な構造を図 3.1 および図 3.2 に示す。誘発目地は、壁表面の溝と所要の断面欠損率を確保するための目地板（鉄板、塩ビ、プラスチック等）からなる。壁表面の溝は台形あるいはV形であり、溝にはシーリング材や樹脂モルタル等を充填する。



(コンクリート技術シリーズ 14、最新のマスコンクリート技術、p. 100、図-4.3.21 より引用、一部加筆)

図 3.1 ひび割れ誘発目地の例

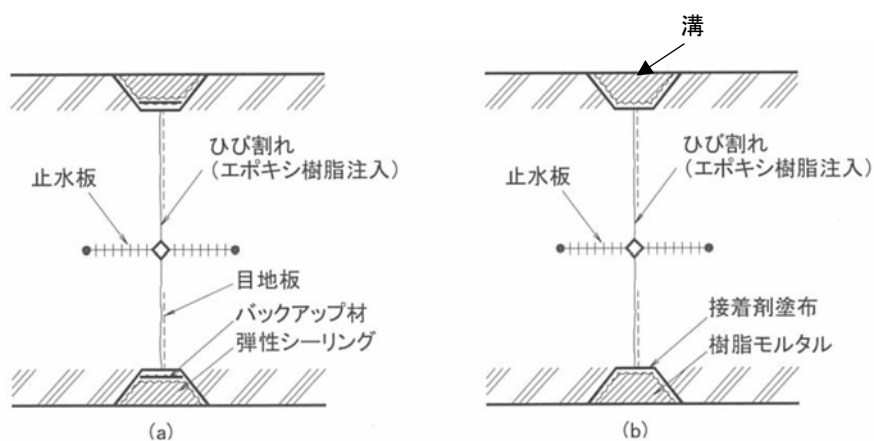


(2012年制定コンクリート標準示方書 [設計編]、p. 377、解説 図 4.7.1 より引用、一部加筆)

図 3.2 ひび割れ誘発目地の例

水密構造物に誘発目地を設ける場合は、その位置にあらかじめ止水板を設置しておくのがよい。ひび割れ誘発部からの漏水、鉄筋の腐食等が想定される場合には、図 3.3 に示す処置を行うが、これらの処置を必要としないタイプや止水タイプの製品を使用する場合には不要である。

なお、誘発目地部以外に発生した場合には補修を行う必要がある。



(2012年制定コンクリート標準示方書 [設計編]、p.377、解説 図4.7.2より引用、一部加筆)

図 3.3 ひび割れ誘発目地部の処置方法の例

②市販品の構造と特徴について

四国地整管内において使用実績の多い誘発目地について、それらの構造および特徴を表 3.1～表 3.4 に示す。市販品は、必要な工法を検討した上で、適用する壁厚や止水性、使用する型枠の材質および経済性等に応じて選択する。また、これらの市販品を使用する場合は、最新の技術資料やパンフレットで構造および特徴を確認することとする。

なお、これらの市販品の他にも市販されている誘発目地があり、また、市販品に限らず施工者が独自に製作した誘発目地もあるため、これらを用いることも可能である。

表 3.1 市販品誘発目地 (KB 目地) の構造および特徴

KB目地	メーカー名: 日本仮設株式会社									
タイプ	Aタイプ	Bタイプ	Sタイプ	Jタイプ						
図	<p>○特殊ブチルゴムがコンクリートと密着することにより、止水性を確保。 ○0.5MPaの水圧でも漏水せず、地下構造物にも適応可能。</p>	<p>○加工が容易で、あらゆる形状に対応可能。 ○止水性を要さない場所を使用。 ※止水効果はない。</p>	<p>○コンパクトなボディで、かぶり厚の小さな壁高欄、地覆に最適。加工も容易。 ○型枠への取付は釘固定で簡単。 ※簡易止水となっており、水圧に対する効果を保証するものではない。</p>	<p>○特殊ブチルゴムがコンクリートと密着することにより、止水性を確保。 ○0.5MPaの水圧でも漏水せず地下構造物にも適応可能。</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>H(mm)</td> </tr> <tr> <td>30型</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>50型</td> <td>50</td> </tr> </table>		H(mm)	30型	30	50型	50
		H(mm)								
30型	30									
50型	50									
構造	<p>A, B タイプ (壁状構造物設置例)</p>	<p>A, B タイプ (壁状構造物設置例)</p>	<p>S タイプ (壁高欄設置例)</p>	<p>Jタイプ (壁高欄設置例)</p>						
	<ul style="list-style-type: none"> KB目地本体・誘導鉄板で断面欠損。 化粧材を兼ねたKB目地本体-ブチルゴム部で止水。 KB目地本体は型枠にボルト(KB軸)固定、誘導鉄板は、KBホルダーにより、鉄筋にボルト固定。 	<ul style="list-style-type: none"> KB目地本体・誘導鉄板で断面欠損。 KB目地本体は型枠にボルト(KB軸)固定、誘導鉄板は、KBホルダーにより、鉄筋にボルト固定。 	<ul style="list-style-type: none"> KB目地本体・誘導鉄板で断面欠損。 特殊ブチルゴムで簡易止水。 高さ40mmと小さいため、配筋筋かぶり厚50mm以下にも使用可能 	<ul style="list-style-type: none"> 目地棒・KB目地Jタイプ本体・誘導鉄板で断面欠損。 化粧目地 (J20型)・KB目地Jタイプ本体・誘導鉄板で断面欠損。 Jタイプ本体-ブチルゴム部で止水。 Jタイプ本体・誘導鉄板は、KBホルダーJ型により、鉄筋ボルト固定。 						
加工性	<ul style="list-style-type: none"> 型枠脱型後に目地材を取り外す必要がなく、コンクリートに埋設しておけるため、コーキング作業が不要である。 型枠への取付はKB目地を蝶ナットで、誘導鉄板の固定はKBホルダーによりボルトで、簡単かつ強固に固定できる。 目地の加工は、様々な躯体形状に合わせて加工した物を、工場出荷するため、現場での加工作業が不要になる。 	<ul style="list-style-type: none"> 型枠脱型後に目地材を取り外す必要がなく、コンクリートに埋設しておけるため、コーキング作業が不要である。 型枠への取付は釘固定で簡単に行える。 	<ul style="list-style-type: none"> 発泡材の比率が高く、現場でのカットが容易なため高さ調節に対応できる。 型枠脱型後に目地材を取り外す必要がなく、コンクリートに埋設しておけるため、コーキング作業が不要である。 型枠への取付は釘固定で簡単に行える。 	<ul style="list-style-type: none"> KBホルダーJ型により、Jタイプ本体と誘導鉄板を同時に固定できるため、手間が少ない。 化粧目地を併用した場合、コーキング作業が不要となる。 KBホルダーJ型は、Jタイプ本体をスライドさせ鉄筋に固定するため、鉛直方向の位置決めが容易で、素早く行える。 本体の固定は全てボルト固定であるため、簡単かつ強固に緊結できる。 						
	<ul style="list-style-type: none"> 特殊ブチルゴムにより、コンクリートと化学結合し密着することで、0.5MPaの止水性能を確保している。 ひび割れ誘発性能が高いため、ひび割れを確実にブチルゴムに集中させ、結果として止水性能の向上に繋がる。 目地材のコンクリート内部側は特殊ブチルゴムにより、鉄筋かぶり内で止水効果があるため、鉄筋を水等による腐食から守り、構造物の品質を向上させる。 	<ul style="list-style-type: none"> 止水性を有していない。 	<ul style="list-style-type: none"> 特殊ブチルゴムで簡易的に止水することが可能である。しかし水圧に対しては弱く止水性は弱い。 	<ul style="list-style-type: none"> 特殊ブチルゴムにより、コンクリートと化学結合し密着することで、0.5MPaの止水性能を確保している。 ひび割れ誘発性能が高いため、ひび割れを確実にブチルゴムに集中させ、結果として止水性能の向上に繋がる。 目地材のコンクリート内部側は特殊ブチルゴムにより、鉄筋かぶり内で止水効果があるため、鉄筋を水等による腐食から守り、構造物の品質を向上させる。 						
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> 目地本体に突起があり、コンクリート内に埋め込まれるため、脱落の心配がない。その為、長期的に耐久性があり、維持管理費用の削減となる。 コンクリート表面に露出する部分は、軟質樹脂材であるため、長期的なコンクリートの温度伸縮に柔軟に対応して耐久性能と美観を確保している。 	<ul style="list-style-type: none"> コーキングが不要な上、特殊形状により脱落の心配がない。 本体表面は、衝撃や乾燥に強い軟質樹脂を採用しており、ひび割れ誘発目地部の劣化を抑える。 	<ul style="list-style-type: none"> 弾性シーリング材は、経年劣化した場合は脱落の可能性があるため、定期的な維持管理が必要である。化粧目地を用いることで、脱落の可能性が極めて低くなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 弾性シーリング材は、経年劣化した場合は脱落の可能性があるため、定期的な維持管理が必要である。化粧目地を用いることで、脱落の可能性が極めて低くなる。 						
	<ul style="list-style-type: none"> 地下構造物等の止水性を要する構造物に適用可能。断面欠損率45%~50%：壁厚2755mm以下 	<ul style="list-style-type: none"> 止水性を要さない構造物に適用可能。断面欠損率45%~50%：壁厚2755mm以下 	<ul style="list-style-type: none"> かぶり厚の小さな壁高欄、地覆に適している。断面欠損率45%~50%：壁厚2620mm以下 	<ul style="list-style-type: none"> 壁上構造物全般に使用可能。断面欠損率45%~50%：壁厚2755mm以下 						
NETIS登録番号	HK-040003-VE		HK-040003-V	HK-100037-V						

商品カタログ (平成 28 年 4 月)、技術資料 (平成 28 年 1 月) を基に作成

表 3.2 市販品誘発目地（スパンシール）の構造および特徴

スパンシール	メーカー名：早川ゴム株式会社																																																				
タイプ	A部材(A-10/20/40)	T部材(T-10/30)	BL部材(BL-50/100/200/250/350)																																																		
図	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>H</th> <th>B1</th> <th>B2</th> <th>B3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A-40</td> <td>40</td> <td>100</td> <td>30</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>A-20</td> <td>20</td> <td>80</td> <td>30</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>A-10</td> <td>10</td> <td>80</td> <td>35</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>		H	B1	B2	B3	A-40	40	100	30	40	A-20	20	80	30	20	A-10	10	80	35	10	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T-30</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>T-10</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>		H	T-30	30	T-10	10	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>B1</th> <th>B2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BL-50</td> <td>50</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>BL-100</td> <td>100</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>BL-200</td> <td>200</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>B1</th> <th>B2</th> <th>B3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BL-250</td> <td>250</td> <td>125</td> <td>62.5</td> </tr> <tr> <td>BL-350</td> <td>350</td> <td>175</td> <td>87.5</td> </tr> </tbody> </table>		B1	B2	BL-50	50	25	BL-100	100	50	BL-200	200	100		B1	B2	B3	BL-250	250	125	62.5	BL-350	350	175	87.5
		H	B1	B2	B3																																																
A-40	40	100	30	40																																																	
A-20	20	80	30	20																																																	
A-10	10	80	35	10																																																	
	H																																																				
T-30	30																																																				
T-10	10																																																				
	B1	B2																																																			
BL-50	50	25																																																			
BL-100	100	50																																																			
BL-200	200	100																																																			
	B1	B2	B3																																																		
BL-250	250	125	62.5																																																		
BL-350	350	175	87.5																																																		
構造	<ul style="list-style-type: none"> スパンシールA材で断面欠損。 ブチルゴム部で止水。 構造用鉄筋に結束線を使って取り付ける。 鉄筋被り部に配置され、化粧目地部へのひび割れを誘導する機能を有する。 	<ul style="list-style-type: none"> スパンシールT材で断面欠損。 ブチルゴム部で止水。 構造用鉄筋に結束線を使って取り付ける。 構造上施工が容易である。 	<ul style="list-style-type: none"> スパンシールBL材で断面欠損。 ブチルゴム部で止水。 構造用鉄筋に結束線を使って取り付ける。 断面欠損部材として断面欠損鋼板（W-300、W-500）を使用する。 																																																		
加工性	<ul style="list-style-type: none"> 構造用鉄筋に結束線を使って取り付けるため、施工が容易である。 コンクリート表面にシーリング処理を省くことができる埋め込み型の化粧目地材を設けることで、コンクリートの打設完了と共に目地が形成できる。 従来技術の化粧目地部分に埋め込み型の化粧目地材（無頭釘固定タイプ、ボルト固定タイプ）を設けることにより、型枠脱枠後の化粧目地にシール充填処理する工程を省略し、かつ、コンクリート表面への誘発性を向上する。 																																																				
止水性	<ul style="list-style-type: none"> 再生ブチルゴムとコンクリートが化学的に結合（接着）することで止水する。 鉄筋被り部でコンクリートと密着するブチルゴムを被覆した止水板の性能を有する誘発目地材を設けることで、鉄筋外側で浸入水を防ぎ、鉄筋を腐食より守る。 																																																				
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋被り部に設ける誘発目地材と化粧目地だけでは必要断面減少率が確保できない場合、鉄筋内部にも誘発目地材を配置するが、必要に応じて、先端に注入チューブを取付け、発生したひび割れに注入充填することが可能であり、耐久性に優れる。 壁部が2方向スラブで設計されている場合等は、ひび割れが主筋を横切るため構造性能に影響を及ぼすとされ、誘発目地を使用できないことが多かったが、樹脂等を注入充填できればコンクリートの強度低下を防ぐことができる。 																																																				
適用	鉄筋コンクリート壁状構造物の壁厚300mm～4000mmまで適用可能。 断面欠損率45%～50%：壁厚4000mm以下（A部材とBL部材の組合せ）	壁厚の薄い壁高欄などに適用可能。 断面欠損率45%～50%：壁厚285mm以下	鉄筋コンクリート壁状構造物の内部に配置され、断面欠損部材として適用可能。 断面欠損率45%～50%：壁厚4000mm以下（A部材とBL部材の組合せ）																																																		
NETIS登録番号	HR-990005-VE																																																				

商品カタログ（平成 29 年 6 月）、技術資料（平成 26 年 1 月）を基に作成

表 3.3 市販品誘発目地（トリガージョイント）の構造および特徴

トリガージョイント	メーカー名:アオイ化学工業株式会社																																														
タイプ	M部材(主部材)	L部材(副部材)																																													
図	<p>◆M部材</p> <p>目地板 [亜青質繊維系] (厚さ:15mm)</p> <p>粘着層</p> <p>粘着性止水材 (特殊ブチルゴム) (厚さ:15mm)</p> <p>成形目地キャップ (特殊硬質ゴム)</p> <p>無頭釘</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">M部材品番</th> <th colspan="3">製品高さHm(断面欠損幅)(Hm=H1+H2)</th> <th rowspan="2">製品長さ</th> </tr> <tr> <th>H1</th> <th>H2</th> <th>Hm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M-40型^{※2}</td> <td>25</td> <td>15</td> <td>40</td> <td rowspan="6">900</td> </tr> <tr> <td>M-50型^{※2}</td> <td>35</td> <td>15</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>M-70型^{※2}</td> <td>55</td> <td>15</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>M-50型(N)^{※3}</td> <td>55</td> <td></td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>M-70型(N)^{※3}</td> <td>70</td> <td></td> <td>70</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 ラップ長の最長は70mm ※2 M-40型、M-70型の止水タイプは、ジョイント部、最上下端部、及び止水材破損箇所には付属する「シート状」止水材で処理する。 ※3 M-50型(N)、M-70型(N):止水性能は有していない。</p>	M部材品番	製品高さHm(断面欠損幅)(Hm=H1+H2)			製品長さ	H1	H2	Hm	M-40型 ^{※2}	25	15	40	900	M-50型 ^{※2}	35	15	50	M-70型 ^{※2}	55	15	70	M-50型(N) ^{※3}	55		55	M-70型(N) ^{※3}	70		70	<p>◆L部材</p> <p>鉄筋取付幅</p> <p>断面欠損幅 H_L</p> <p>エキスパンドメタル</p> <p>絶縁被覆層</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>L部材品番</th> <th>断面欠損幅 H_L</th> <th>製品長さ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L-50型</td> <td>50</td> <td rowspan="6">1830 ※1</td> </tr> <tr> <td>L-100型</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>L-150型</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>L-200型</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>L-300型</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>L-400型</td> <td>400</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 ラップ長の最長は70mm ※2 M-40型、M-70型の止水タイプは、ジョイント部、最上下端部、及び止水材破損箇所には付属する「シート状」止水材で処理する。 ※3 M-50型(N)、M-70型(N):止水性能は有していない。</p>	L部材品番	断面欠損幅 H _L	製品長さ	L-50型	50	1830 ※1	L-100型	100	L-150型	150	L-200型	200	L-300型	300	L-400型	400
M部材品番	製品高さHm(断面欠損幅)(Hm=H1+H2)			製品長さ																																											
	H1	H2	Hm																																												
M-40型 ^{※2}	25	15	40	900																																											
M-50型 ^{※2}	35	15	50																																												
M-70型 ^{※2}	55	15	70																																												
M-50型(N) ^{※3}	55		55																																												
M-70型(N) ^{※3}	70		70																																												
L部材品番	断面欠損幅 H _L	製品長さ																																													
L-50型	50	1830 ※1																																													
L-100型	100																																														
L-150型	150																																														
L-200型	200																																														
L-300型	300																																														
L-400型	400																																														
構造	<ul style="list-style-type: none"> L部材と併用し、型枠に取り付ける。 追従性の高い柔軟なゴム部材と生コンクリート接着型の止水部で形成される 型枠側に設置する目地形成材をコンクリート表面側に埋設させることで、目地を形成する 	<ul style="list-style-type: none"> 必ずM部材と併用して使用する。 トリガージョイントの各部材の組み合わせにより、コンクリート壁厚に合わせて断面欠損率を調節することが可能である。 L部材で断面欠損 																																													
加工性	<ul style="list-style-type: none"> エキスパンドメタルには規則的に配列した多数の孔を有していることにより、取り付け作業の際、施工現場の状況に応じて臨機応変に結束線等の固定器具の取付位置を変更、増減するなど自由度が高い施工が可能である。 化粧目地形成材の固定に無頭釘を使用することにより、型枠への取付、打設後の部材からの取り外しが容易にできる。 型枠脱型後の化粧目地へのシール充填処理が省略され、経済性が向上する。 																																														
止水性	<ul style="list-style-type: none"> ブチルゴムを使用することにより、0.5MPa以下の水圧がかかる構造物でも止水効果を発揮。 M部材のブチルゴム部が止水性を確保している。また止水部のない構造タイプも存在する。 0.5MPaの水圧まで止水可能。 																																														
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> 成形目地キャップは、耐久性に優れた特殊ゴムを使用しており、ウェザーメーター促進対候性試験の結果、3500時間経過後も外観の変化が見られないように耐久性が高い。 																																														
適用	鉄筋コンクリート壁状構造物のコンクリート壁厚が300mm～2400mmまで、鉄筋かぶり厚は70mm以上で適用可能。金属製型枠を使用する構造物では適用できない。 断面欠損率45%～50%：壁厚2085mm以下																																														
NETIS登録番号	CG-080014-VE																																														

商品カタログ（平成25年6月）、技術資料（平成25年9月）を基に作成

表 3.4 市販品誘発目地 (ID ジョイント) の構造および特徴

IDジョイント	メーカー名:有限会社 イザキ		
タイプ	主部材(従来型)	主部材(IDジョイントS)	副部材
図	<p>主部材断面 ()は40型</p> <p>ジョイントパイプ φ6mm</p> <p>ブチルゴム t=2mm</p> <p>誘発スリット</p> <p>プラスチック板(材質:PVC)</p> <p>主部材取付</p>	<p>60.0 (40.0) - 30.0内は40型</p> <p>39.8 (19.8)</p> <p>35.0 (15)</p> <p>2.5 4.5 2.5</p> <p>固定用プラスチック釘 φ4.0 / 47mm</p> <p>ブチルゴム t=2mm</p> <p>ジョイントパイプ φ6mm</p> <p>固定用プラスチック釘 φ4.0mm / 47mm</p> <p>副部材</p> <p>副部材取付</p>	<p>副部材断面</p> <p>プラスチック板(材質:PVC)</p> <p>50・100・150・200・300・400・500</p> <p>副部材取付</p>
構造	<ul style="list-style-type: none"> 誘発目地材を設置した所定の位置にひび割れを発生させる。 主部材表面のブチルゴムにより高い防水性を発揮する。 注入機能が付いており注入材によるひび割れ発生箇所の充填が可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 主部材Sに設けた誘発スリットにより誘発目地材を設置した箇所にひび割れを発生させる。 主部材Sに設置している付着性の良いブチルゴムで防水性能が向上する。 型枠に直接主部材Sを取付けるため表面仕上げのシーリングが不要。 	<ul style="list-style-type: none"> 主部材と併用し、型枠に取り付ける。
加工性	<ul style="list-style-type: none"> 主部材には注入可能なスリットが設けてあり、発生させたひび割れ充填を行うことが容易である。 	<ul style="list-style-type: none"> 主部材Sはプラスチック釘で堅固に固定することができガタツキやズレがない。 	<ul style="list-style-type: none"> 副部材は専用固定金具にて簡単かつ確実に固定ができる。
止水性	<ul style="list-style-type: none"> ブチルゴム部で止水することが可能。 0.5MPa以上の水圧においても漏水防止効果がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 従来型に比べて止水性は劣る。 	-
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> 誘発目地(主部材)に注入機能が付いており注入材によるひび割れ発生箇所の充填が可能であり、構造物の耐久させる効果が大きい。また、鉄筋の保護にも効果がある。 注入材は、コンクリート内部に強い浸透力を持つ超微粒子(7~10nm)の無機質浸透性コロイダルシリカ溶液を使用することで、微細ひび割れの充填やコンクリート組織を緻密化することが可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 材質は、ASA樹脂が使用されており、耐候性、耐衝撃性がよく屋外用途に適する。 	-
適用	<ul style="list-style-type: none"> 壁状の現場打ち鉄筋コンクリート構造物で壁厚300mm以上のものに適用可能である。 断面欠損率45%~50%:壁厚2400mm以下 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水圧の影響を大きく受けない橋梁・函渠・擁壁等の構造物に適用できる。 断面欠損率45%~50%:壁厚2485mm以下 	-
NETIS登録番号	QS-100024-V		

商品カタログ(平成28年5月)、技術資料(平成22年7月)を基に作成

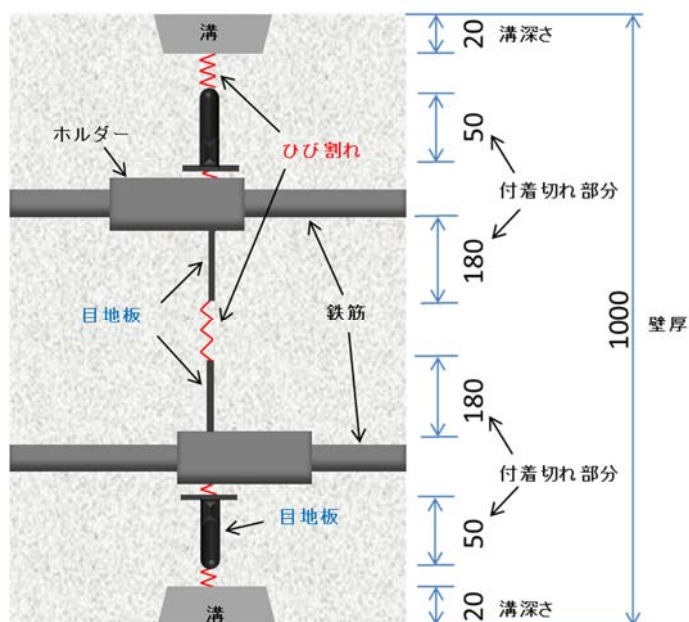
3.2 断面欠損率

誘発目地部の断面欠損率は50%程度を標準とする。

【解説】

①断面欠損率の定義

断面欠損率とは、両表面部の溝の深さと部材断面内に埋設してコンクリートの付着を切った部分の壁厚方向の幅の合計を壁厚で除した値をいう（図 3.4）。



$$\text{断面欠損率(\%)} = \frac{(20+50+180+180+50+20)}{1000} \times 100 = 50$$

図 3.4 誘発目地の断面欠損率の計算例

②各種指針類における断面欠損率

コンクリート標準示方書やマスコンクリートのひび割れ制御指針等の各種指針類における断面欠損率を表 3.5 に示す。

断面欠損率は、コンクリート標準示方書（土木学会）、コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き（案）（中国地整）およびひび割れ抑制のための参考資料（案）（橋脚、橋台、函渠、擁壁編）（東北地整）において「50%程度」または「50%程度以上」とされている。設計便覧（道路編）では「30%～50%を標準とする」とされている。

なお、「現場打ち鉄筋コンクリート構造物の誘発（収縮）目地によるひび割れ対策について」の一部変更について」（事務連絡、平成 25 年 8 月 27 日）において、誘発目地の欠損率は、従来の 30～50%から、「誘発（収縮）目地の欠損率は 50%程度を標準とする」と変更されている。

断面欠損率の設定にあたっては、各種指針類の値を参考にするとともに、これらの数値から大きくかけ離れていないことの確認を行った。

表 3.5 各種指針類における断面欠損率

名称	発行者	発行年	断面欠損率
コンクリート標準示方書	土木学会	平成 25 年	50%程度
マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016	日本コンクリート工学会	平成 28 年	40%程度以上
九州地区における土木コンクリート構造物設計・施工指針（案）	九州地整	平成 26 年	50%程度以上
コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き（案）	中国地整	平成 27 年	50%程度以上
ひび割れ抑制のための参考資料（案）（橋脚、橋台、函渠、擁壁編）	東北地整	平成 29 年	50%程度以上
設計便覧（道路編）	四国地整	平成 27 年	30%～50%
コンクリート構造物品質確保ガイド 2016	山口県	平成 28 年	50%程度
コンクリート構造物ひび割れ抑制対策マニュアル（案）	鳥取県	平成 28 年	50%程度以上

③ひび割れデータ分析結果

1) ひび割れ抑制対策の併用

誘発目地の他に下記のひび割れ抑制対策を実施した事例と他のひび割れ抑制対策を実施しなかった場合について、ひび割れ発生率（＝ひび割れ発生縦壁数÷調査対象とした全縦壁数）を比較したものを図 3.5 に示す。何れのひび割れ抑制対策においても、ひび割れ発生率は対策無しより大きくなっている。そこで、以降のデータ分析では、ひび割れ抑制対策を実施したものを含めて分析を行った。また、対象とするひび割れ幅の違いより、データの分析は樋門と樋門以外（橋台、橋脚、擁壁、函渠）とに分けて行った。

誘発目地の他のひび割れ抑制対策

- ・ ひび割れ抑制用ネットの設置（図中のネット）
- ・ ひび割れ抑制筋の設置（図中の鉄筋）
- ・ 養生マット等による養生の工夫（図中の養生）
- ・ 膨張材またはフライアッシュの使用（図中の混和材）
- ・ ひび割れ低減剤の使用（図中、その他）

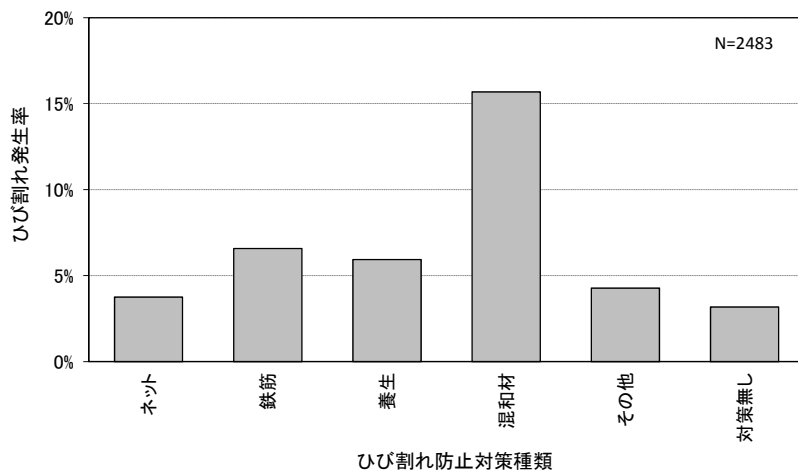


図 3.5 ひび割れ抑制対策とひび割れ発生率

2) 橋台、橋脚、擁壁、函渠

誘発目地部の断面欠損率 50%程度とは、ひび割れデータ調査において比較的データ数が多く、かつ、ひび割れ発生率の低い範囲である 45%～50%を示す。以下に、その理由を示す。

ひび割れデータ調査に基づく断面欠損率と縦壁数、工事件数の関係をそれぞれ図 3.6 および図 3.7 に示す。縦壁数は、断面欠損率 30%を超え 35%以下の範囲が最も多い。工事件数は断面欠損率 30%～50%の範囲に多く、この範囲の 5%毎の件数は同じ程度である。

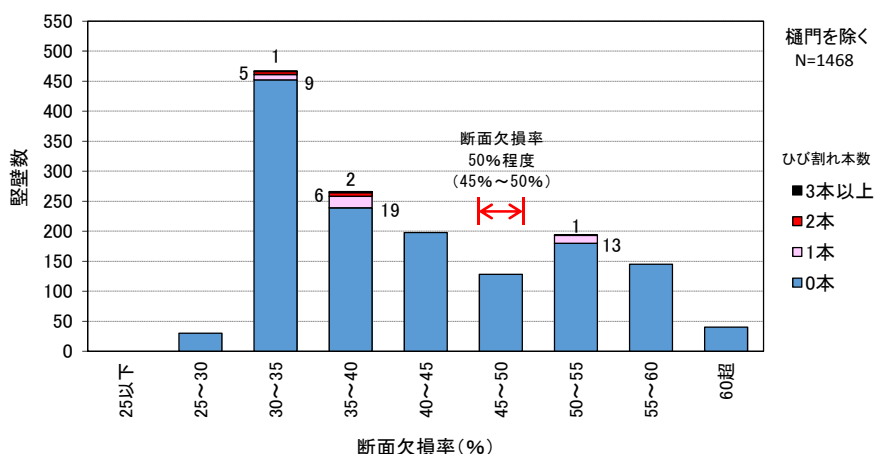


図 3.6 断面欠損率と縦壁数 (樋門を除く)

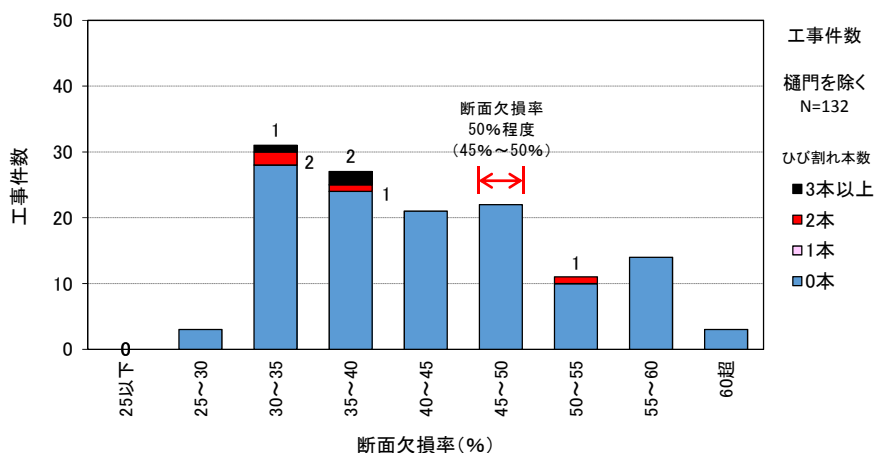


図 3.7 断面欠損率と工事件数 (樋門を除く)

断面欠損率とひび割れ発生率の関係を図 3.8 に示す。ひび割れの発生は、断面欠損率 30%を超え 40%以下、および、50%を超え 55%以下の範囲で見られ、その発生率は断面欠損率 35%を超え 40%以下において 10%程度、50%を超え 55%において 7%程度と、温度応力解析においてひび割れを防止したい場合のひび割れ発生確率 5%を超えている。断面欠損率が 55%を超えるとひび割れの発生は見られないが、断面欠損率が大きくなると、目地板も幅広にする必要があり、鉄筋との干渉等により設置が難しくなる。また、断面欠損率を大きくしすぎると、コンクリートの打込み時に誘発目地周辺の締固めが難しくなり、豆板などの不具合が生じやすく

なる。これらのことから、断面欠損率には上限を設けることとした。

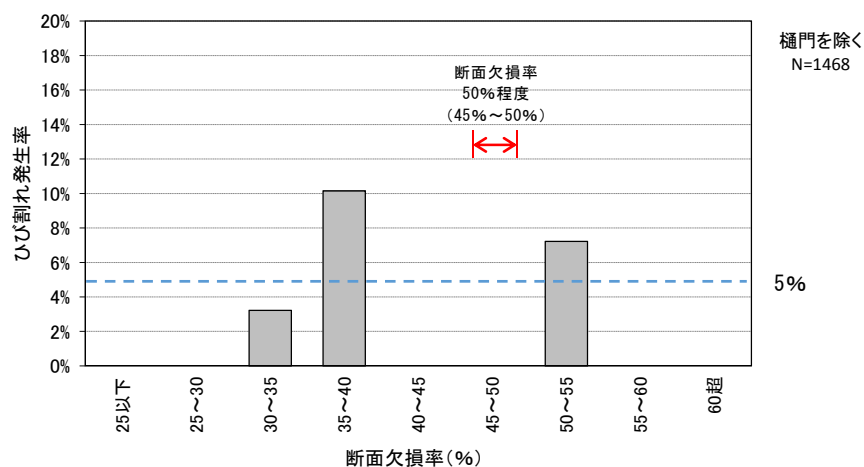


図 3.8 断面欠損率とひび割れ発生率（樋門を除く）

以上より、比較的データ数が多く、かつ、ひび割れ発生率の低い範囲である 45%～50 %が断面欠損率 50%程度の範囲となる。断面欠損率を 45%～50%の範囲にすることで、この範囲外で発生したひび割れを図 3.6 に示す堅壁数で約 6%、図 3.7 に示す工事件数で約 10%抑制できる可能性がある。

ひび割れが発生した 7 件の工事の詳細を表 3.6 に示す。誘発目地の他にひび割れ抑制対策を実施した場合でもひび割れが発生している。橋台 (No. 1) は断面欠損率が比較的大きく、設置間隔も短いにも拘らずひび割れが発生した特異事例である。

表 3.6 ひび割れ発生事例（樋門を除く）

No.	構造物	欠損率 (%)	設置間隔L (目地間隔L) (m)	コンクリート部材高さH (m)	L/H	コンクリート打設月	セメント	他対策	ひび割れ幅 (mm)	事務所
1	橋台	54.0	3.34~4.44	1.11~1.26	3.0~3.9	1	普通	鉄筋、養生	0.15~0.3	香川
2	橋台	-*	14.61	1.80	8.1	3	早強	無し	0.15~0.2	土佐
3	橋台	31.0、40.0	13.40~10.50	2.00~3.53	3.0~6.7	6~7	高炉B	無し	0.15~0.6	大洲
4	函渠	33.3	4.99	6.10	0.8	3	高炉B	ネット、鉄筋	0.25~0.4	徳島
5	函渠	32.2	5.43~6.20	6.00	0.9~1.0	5	高炉B	鉄筋	0.2~0.4	中村
6	函渠	39.6	5.0~5.8	4.50	1.1~1.3	2	普通	ネット、収縮低減剤	0.2~0.3	大洲
7	函渠	38.0	5.93	3.50	1.7	4	普通	無し	0.15~0.3	大洲

※: ひび割れ誘発目地の設置無し

L/H: 設置間隔Lとコンクリート部材高さHの比

3) 樋門

樋門の断面欠損率も樋門以外の構造物と同様に、50%程度（45%～50%）を標準とする。以下に、その理由を示す。

ひび割れデータ調査に基づく断面欠損率と縦壁数、工事件数の関係をそれぞれ図 3.9 および図 3.10 に示す。また、断面欠損率とひび割れ発生率の関係を図 3.11 に示す。断面欠損率は30%～40%の事例しかなく、その中で35%を超え40%以下の範囲でひび割れの発生が見られ、発生率は20%を超えている。

樋門の場合、30%を超え35%以下の範囲ではひび割れの発生は見られないが、この断面欠損率の範囲では、多くの指針類と不整合を生じる。また、縦壁数および工事件数ともにデータが少ない。そこで、樋門以外の構造物と同様に50%程度（45%～50%）を標準とすることとした。断面欠損率を45%～50%の範囲にすることで、縦壁数で約20%のひび割れを抑制できる可能性がある。

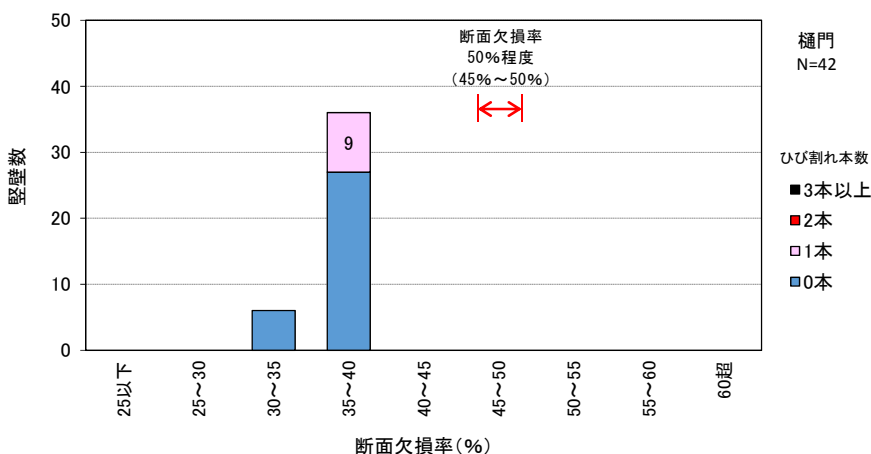


図 3.9 断面欠損率と縦壁数 (樋門)

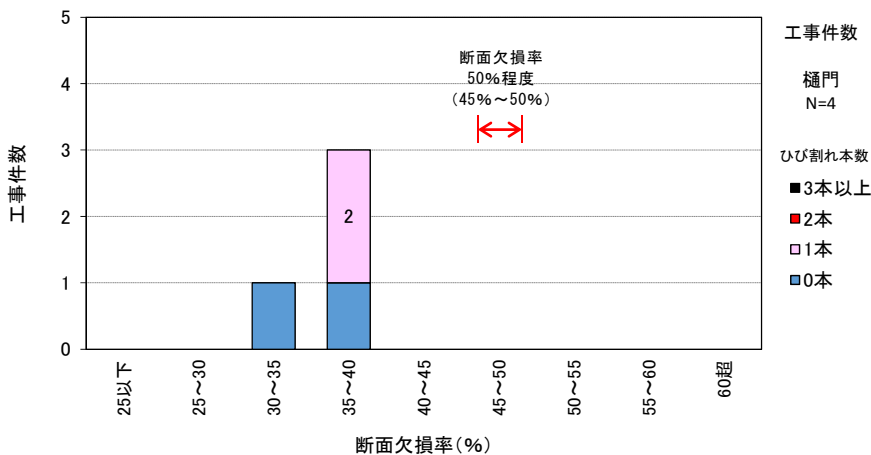


図 3.10 断面欠損率と工事件数 (樋門)

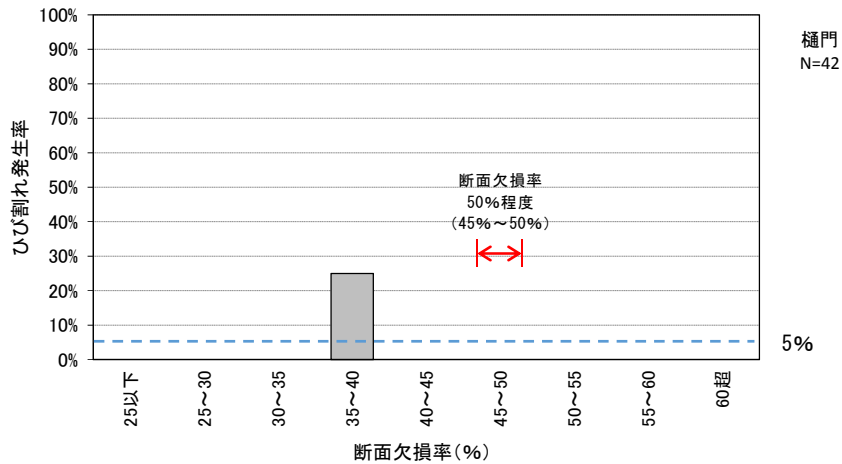


図 3.11 断面欠損率とひび割れ発生率（樋門）

ひび割れ誘発目地の設置が無かった 3 件を含むひび割れが発生した 5 件の工事の詳細を表 3.7 に示す。誘発目地の設置間隔（目地間隔）の比較的長い場合にひび割れが発生している。

表 3.7 ひび割れ発生事例（樋門）

No.	構造物	欠損率 (%)	設置間隔L (目地間隔L) (m)	コンクリート部材高さH (m)	L/H	コンクリート打設月	セメント	他対策	ひび割れ幅 (mm)	事務所
1	樋門	35.7	5.75~6	2.50	2.3~2.4	8	普通	無し	0.2~0.4	徳島
2	樋門	-※	9.3	3.40	2.7	12	普通	収縮低減剤	0.25	那賀川
3	樋門	-※	10.0~14.3	4.40	2.5~3.3	9~10	高炉B	膨張材	0.08~0.3	高知
4	樋門	-※	17.0	3.95	6.1	12	高炉B	ネット、養生	0.1	高知
5	樋門	40.0	6.25	2.65	2.4	8~10	普通	無し	0.05	中村

※: ひび割れ誘発目地の設置無し

L/H: 設置間隔Lとコンクリート部材高さHの比

4. 誘発目地の設置

4.1 設置間隔

ひび割れ誘発目地の間隔は 5.5m 以下を標準とし、最小でも 2.75m を確保するよう施工時期を考慮して適切に定めなければならない。

ひび割れ誘発目地の間隔 L および打込み高さ H は、 L/H が 1~2 の範囲になるように設定することが望ましい。

ひび割れ誘発目地の間隔は、温度応力解析により定めても良い。

【解説】

①各種指針類における設置間隔

コンクリート標準示方書やマスコンクリートのひび割れ制御指針等の各種指針類における設置間隔を表 4.1 に示す。設置間隔 L は、コンクリート部材の高さ（または1回の打込み高さ）H との比 L/H で規定されている場合と、長さで規定されている場合とに分かれている。長さで規定する場合は、打設時の温度を考慮することが重要である。

設置間隔の設定にあたっては、各種指針類の値を参考にするとともに、これらの数値から大きくかけ離れていないことの確認を行った。

表 4.1 各種指針類における設置間隔

名称	発行者	発行年	設置間隔
コンクリート標準示方書	土木学会	平成 25 年	コンクリート部材の高さの 1~2 倍程度
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協会	平成 20 年	1 回の打込み高さの 1~2 倍程度
九州地区における土木コンクリート構造物設計・施工指針（案）	九州地整	平成 26 年	コンクリート部材の高さの 1~2 倍程度
ひび割れ抑制のための参考資料（案） （橋脚、橋台、函渠、擁壁編）	東北地整	平成 29 年	壁厚が 500mm 以上の場合： コンクリート部材の高さの 0.9 倍以下 壁厚が 500mm 未満の場合： 4~5m 程度
設計便覧（道路編）	四国地整	平成 27 年	6.0m 以下（打設時の温度等を考慮して適切に定める）
コンクリート構造物品質確保ガイド 2016	山口県	平成 28 年	打込み時のコンクリート温度が低い時期：5.0m その他の時期：3.5m
コンクリート構造物ひび割れ抑制対策マニュアル（案）	鳥取県	平成 28 年	5m 程度以内

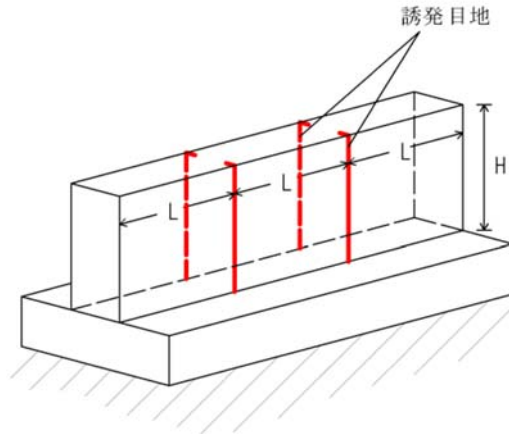


図 4.1 誘発目地の設置間隔イメージ

②ひび割れデータ分析結果

1) 橋台、橋脚、擁壁、函渠

ひび割れ誘発目地の間隔は、2.75m 以上 5.5m 以下を標準とする。以下に、その理由を示す。

ひび割れデータ調査に基づく目地間隔（縦壁長さ）と縦壁数、工事件数の関係をそれぞれ図 4.2 および図 4.3 に示す。また、目地間隔とひび割れ発生率の関係を図 4.4 に示す。

目地間隔は 4.5m を超え 5m 以下の範囲が最も多い。また、工事のほとんどは目地間隔 3m～6m である。ひび割れの発生が見られないのは、3m 以下、および、6.5m～10m の範囲であるが、これらの区間の縦壁数および工事件数は少ない。比較的縦壁数および工事件数の多い 3m～6m の範囲を見ると、ひび割れ発生率は 5m～5.5m (0.9%)、3m～4m (1.0%) で低くなっている。また、4m～4.5m、4.5m～5m でもひび割れ発生率は 4% 程度以下である。

このように、目地間隔 5.5m 以下は、比較的データ数が多く、かつ、ひび割れ発生率の低い範囲である。目地間隔を 5.5m 以下にすることで、縦壁数および工事件数でそれぞれ約 8% のひび割れを抑制できる可能性がある。

なお、ひび割れ誘発目地の最小間隔は、弱部となる可能性のあるものをできるだけ少なくするという観点から設けたものであり、最大間隔 5.5m の 1/2 となる 2.75m とした。

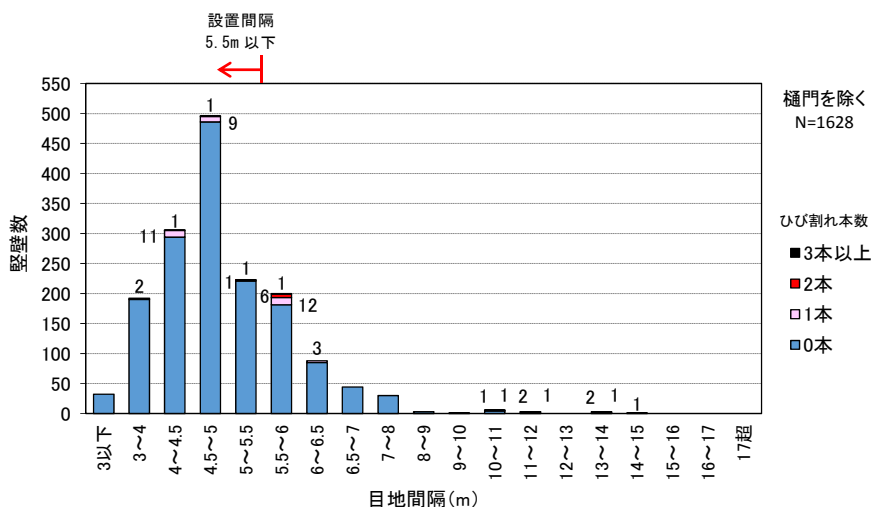


図 4.2 目地間隔と縦壁数（樋門を除く）

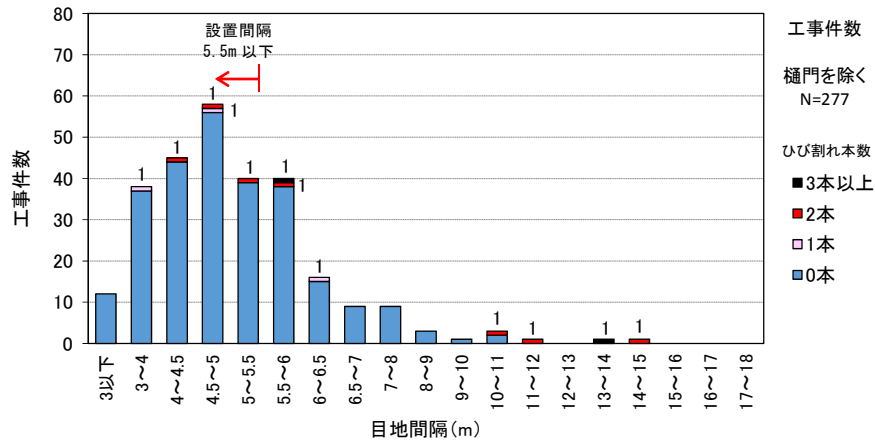


図 4.3 目地間隔と工事件数（樋門を除く）

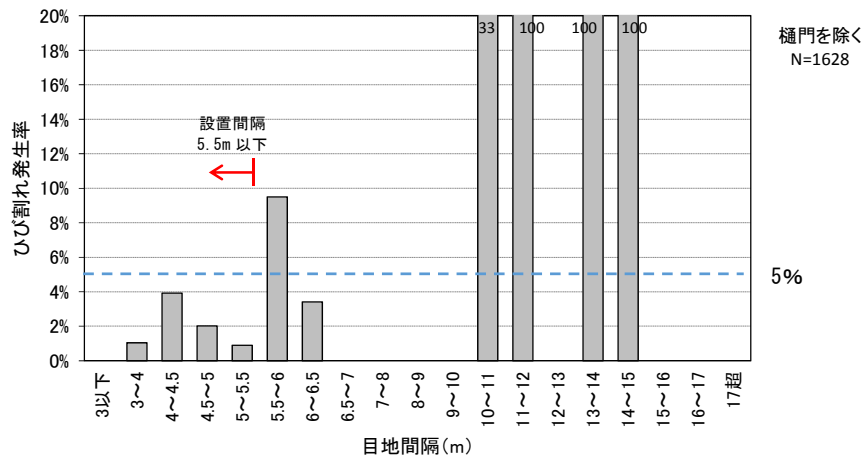


図 4.4 目地間隔とひび割れ発生率（樋門を除く）

2) 樋門

樋門におけるひび割れ誘発目地の間隔も樋門以外の構造物と同様に、2.75m 以上 5.5m 以下を標準とする。以下に、その理由を示す。

ひび割れデータ調査に基づく目地間隔と堅壁数、工事件数の関係をそれぞれ図 4.5 および図 4.6 に示す。また、目地間隔とひび割れ発生率の関係を図 4.7 に示す。

目地間隔は 3m を超え 4m 以下の範囲が最も多く、工事件数は目地間隔 6m 以下が多い。この範囲において、ひび割れの発生が見られないのは、5.5m 以下の範囲である。6.5m を超える範囲でもひび割れが見られない場合があるが、これらの区間の堅壁数および工事件数は少ない。

このように、目地間隔 5.5m 以下は、比較的数据数が多く、かつ、ひび割れが発生していない範囲である。樋門の場合、水密性を要求されることから、他の構造物より厳しい条件である、ひび割れ発生のない範囲とした。目地間隔を 5.5m 以下にすることで、堅壁数および工事件数でそれぞれ約 40%のひび割れを抑制できる可能性がある。

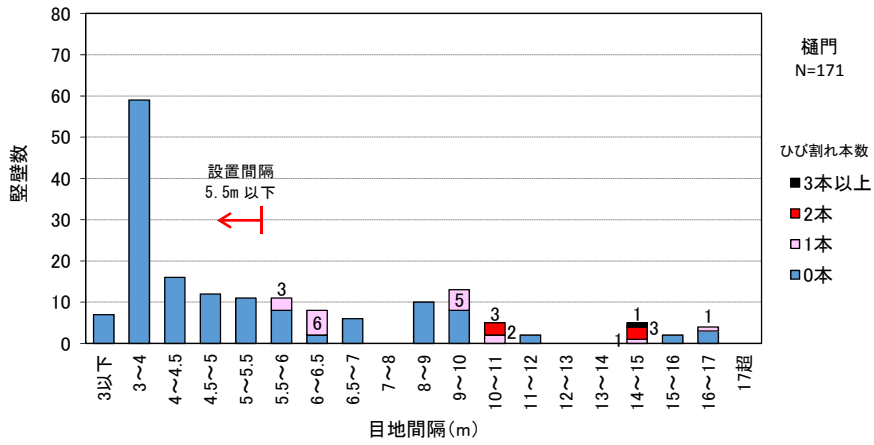


図 4.5 目地間隔と縦壁数（樋門）

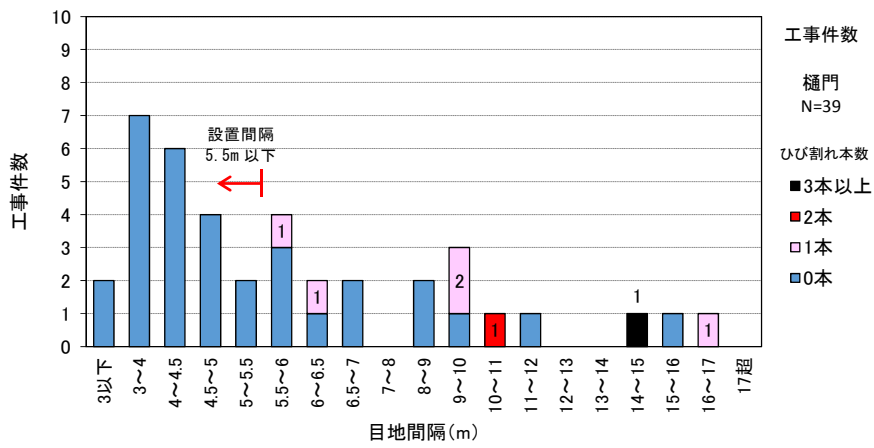


図 4.6 目地間隔と縦壁数（樋門）

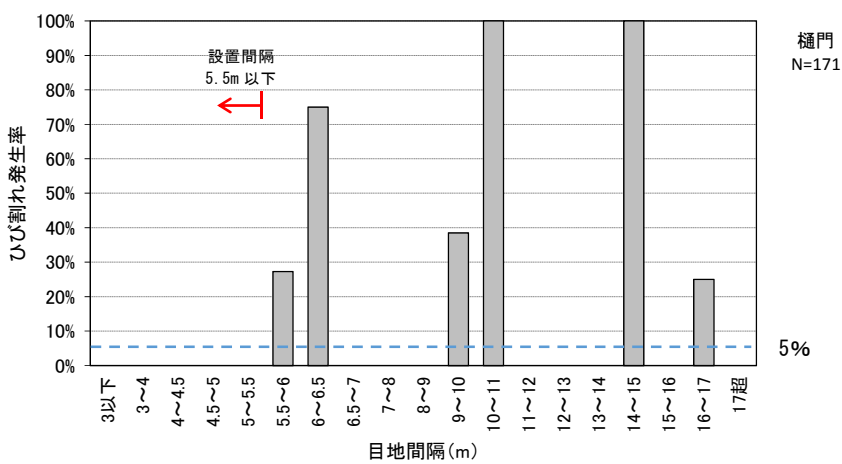
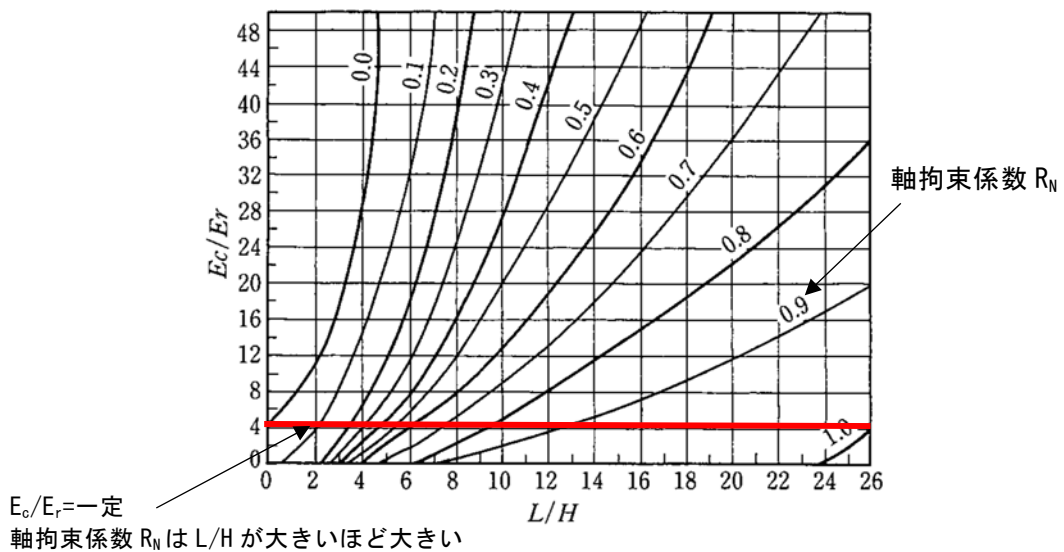


図 4.7 目地間隔とひび割れ発生率（樋門）

③設置間隔Lとコンクリート部材高さHの関係

コンクリート標準示方書等では、設置間隔を長さではなく、設置間隔Lとコンクリート部材の高さHとの比L/Hで示している。これは、温度ひび割れの発生原因である外部拘束がL/Hの影響を受けるためである。外部拘束が大きいほど、温度ひび割れが発生しやすくなる。図4.8は壁状構造物における外部拘束（ここでは軸拘束係数 R_N ）とL/Hの関係の一例を示したものである。任意の E_c/E_r （対象コンクリートと既設コンクリートの剛性比）において、L/Hが大きいほど外部拘束は大きくなるのが分かる。すなわち、L/Hが大きいほど、既設コンクリートによる拘束が大きくなるため、施工対象のコンクリートにひび割れが発生しやすくなる。



(2007年制定コンクリート標準示方書 [設計編]、p.337、解説 図3.1.4より引用、一部加筆)

図 4.8 軸拘束係数 R_N (壁状構造物)

図4.9は、ひび割れデータ調査に基づいて、ひび割れ誘発目地の設置間隔(または縦壁長さ)5.5m以下の場合について、設置間隔とL/Hの関係を示したものである。橋台や樋門の一部を除き、L/Hはほとんどが0.5~2の範囲にある。コンクリート標準示方書等では、L/Hの目安を1~2程度としているが、ひび割れが発生したもののほとんどがこの範囲を外れていることから、誘発目地の間隔および打込み高さは、L/Hが1~2の範囲になるように設定することが望ましいとした。なお、橋脚のように高い部材では、高さ方向に分割してコンクリートを打設することから、L/Hの算出に当たり、高さHはコンクリートの1回の打込み高さとする(図4.10)。

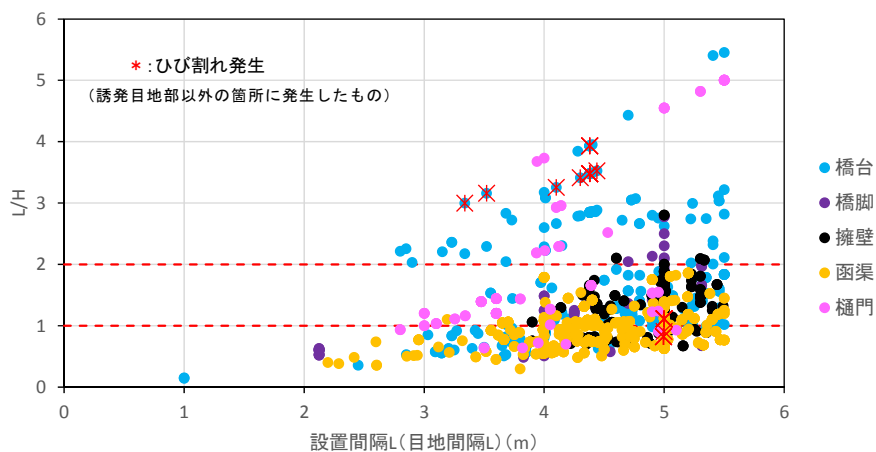


図 4.9 設置間隔 5.5m 以下における L/H

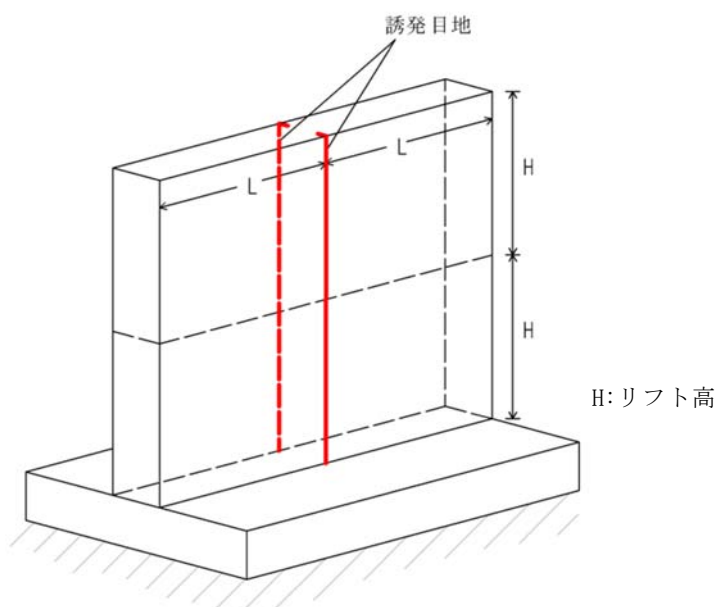


図 4.10 部材高さが高い場合の誘発目地設置イメージ

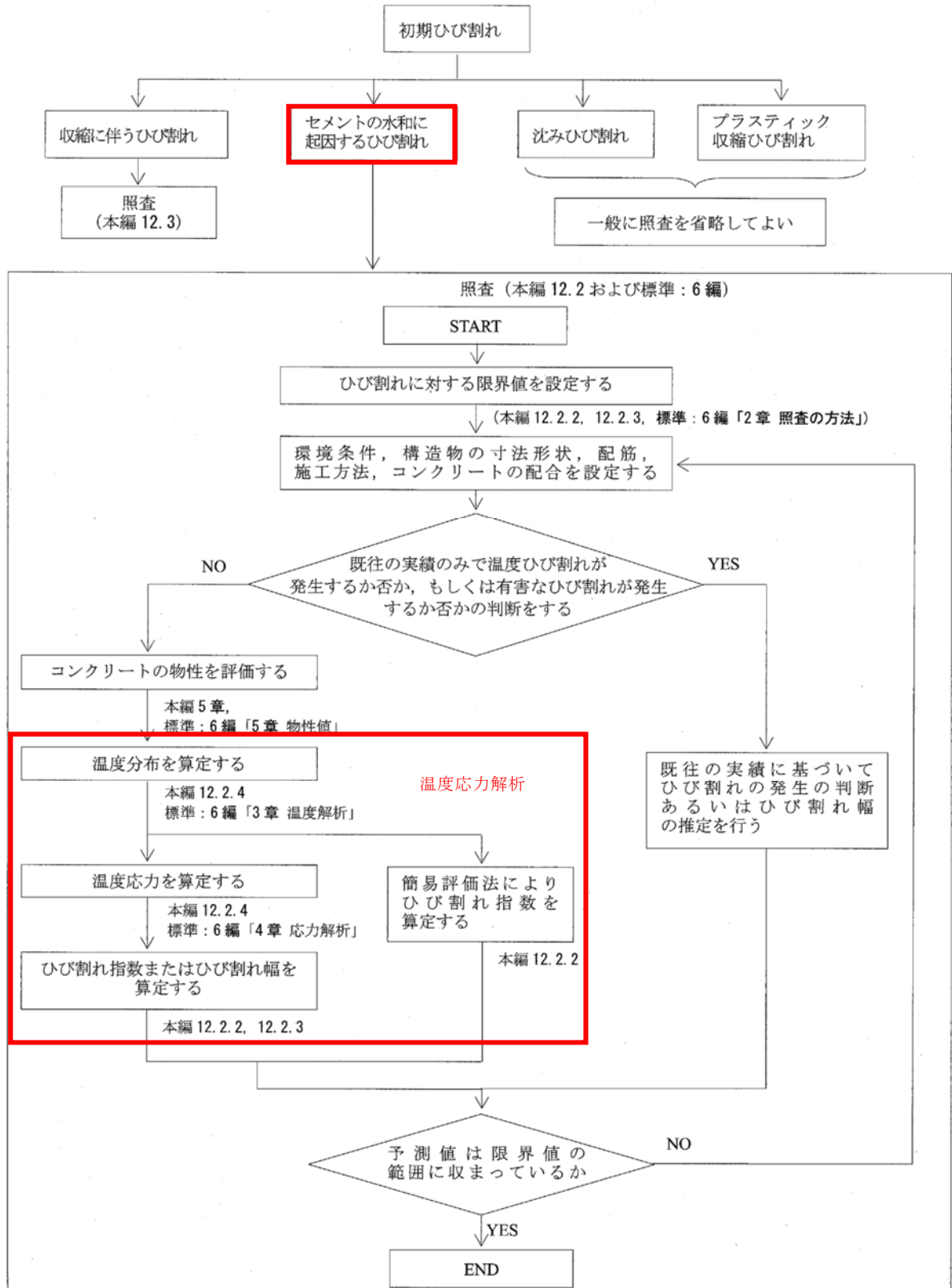
④設置間隔に関する留意点

コンクリート温度の高い夏季に施工する場合、一般に温度ひび割れが発生する可能性が高くなる。具体的な設置間隔については温度応力解析により求めることができる。

⑤温度応力解析

ひび割れ誘発目地の設置間隔は温度応力解析によって定めることができる。温度応力解析の標準的な方法は 2012 年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕に示されている。

図 4.11 に示すフローのうち、「セメントの水和に起因するひび割れ」に関するフローに従い、設定した誘発目地間隔において、ひび割れ指数がひび割れ発生確率に関する安全係数以上であることを照査する。ひび割れを防止したい場合、ひび割れ発生確率が 5%（安全係数 1.85 以上）となるようにする。



(2012年制定コンクリート標準示方書 [設計編]、p.92、解説 図 12.1.1 より引用、一部加筆)

図 4.11 初期ひび割れに対する照査のフロー

4.2 設置位置

ひび割れ誘発目地の設置位置は、構造物の強度および機能を害さないように、下部拘束の状況等を考慮して適切に定めなければならない。

【解説】

①設置位置に関する留意点

構造設計の前提条件を変えるような箇所（例えば、応力集中部、杭頭の位置（図 4.12）など）、および、誘発目地を設置する上で干渉する主筋やアンカー等の位置に誘発目地を設置することは避けなければならない。杭頭上は杭による拘束が大きいいため、この位置に誘発目地を設置すると、目地上ひび割れが発生しない可能性がある。

なお、当初予定した設置位置では所要の断面欠損率（45%～50%）を確保できない場合は、設置断面を変えるために設置位置をずらす等の対処を行うが、その場合にも下部拘束の状況等を考慮することは重要となる。

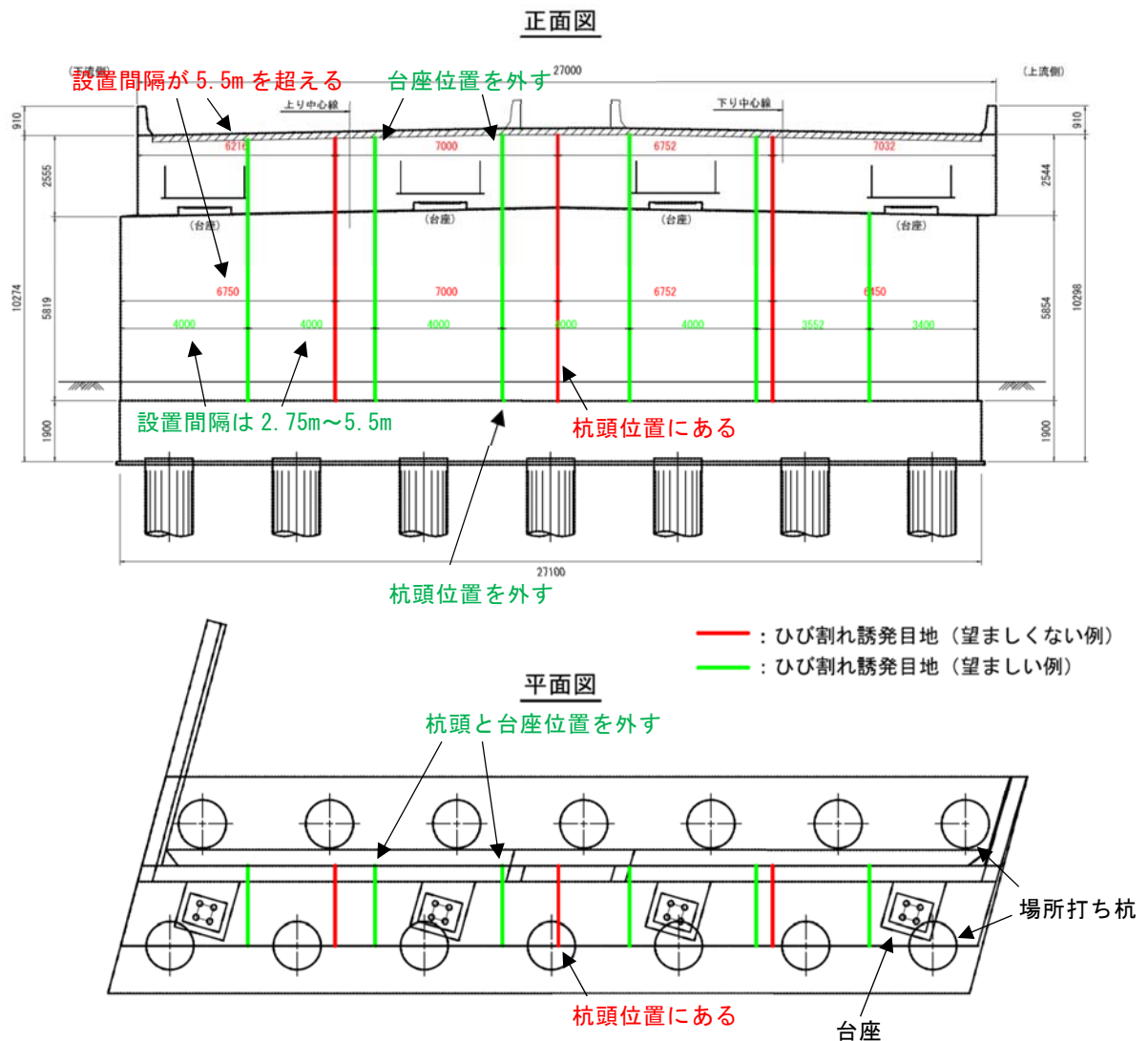


図 4.12 杭頭位置にひび割れ誘発目地を設置した望ましくない事例（橋台）

函渠では側壁に発生させた目地上ひび割れが上床版に延伸しないような配慮が必要となる。図 4.13 は、函渠において上床版のひび割れを防止するための施工例を示したものである。上ハンチ部に用心鉄筋（目地上ひび割れに直交する鉄筋）を配置し、上床版まで目地上ひび割れが延伸するのを防止している。

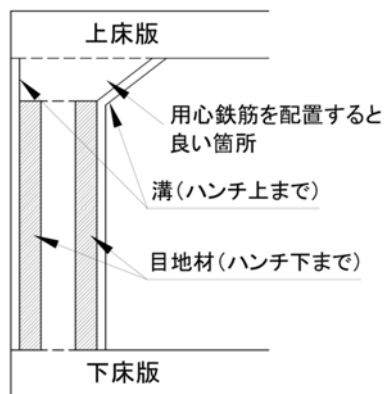


図 4.13 函渠における目地材の設置範囲

5. 他のひび割れ対策との併用

誘発目地以外のひび割れ抑制対策は、ひび割れ誘発目地と併用して実施することができる。

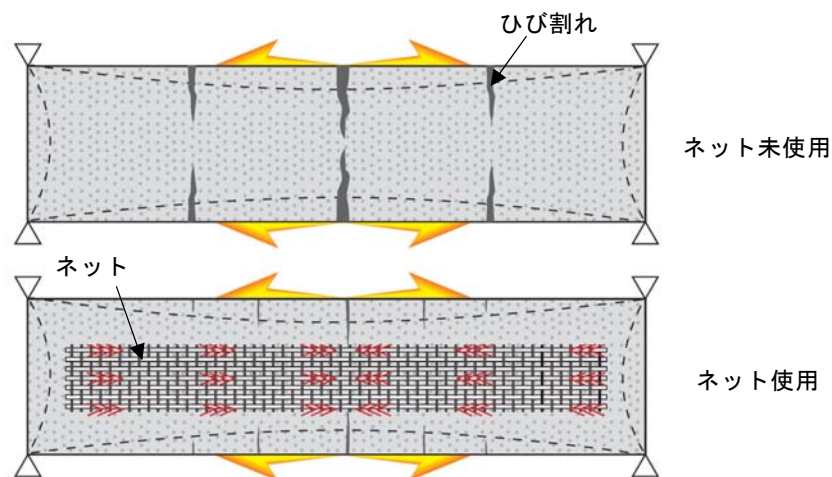
【解説】

誘発目地以外のひび割れ抑制対策として、ひび割れ抑制用ネット、膨張材、養生マット・断熱材による養生、収縮低減剤を以下に解説する。これらの対策は、四国地整管内の工事において適用された実績のあるものであり、誘発目地と併用して適用することが可能である。また、ひび割れデータ調査において四国地整管内での実績はないが、温度ひび割れ抑制対策として確立されている低発熱セメントについて解説する。やむを得ず誘発目地を所定の間隔（2.75m以上5.5m以下）に設置できない場合などには、これらの対策を併用することでひび割れ発生の可能性は低くなる。

①ひび割れ抑制用ネット

ひび割れ抑制用ネットは、ネットの素材が持つ高い引張剛性と、コンクリートとの良好な附着性能により、効率的に過大なひび割れを抑制するものである（図 5.1）。ネットの素材としては耐アルカリ性ガラス繊維やアラミド繊維がある。ネットは配力筋に結束することで容易に施工できる。

コンクリートの打込みは中心部より側面方向にコンクリートが移動するように打込む。ネットを設置した箇所に打込むコンクリートは、ネットが障害物となり材料分離や豆板等が生じ易くなっているため、適切に締め固める必要がある。



（ハイパーネット 60 のカタログより引用、太平洋マテリアル（株）、一部加筆）

図 5.1 ネットによるひび割れ抑制概念図



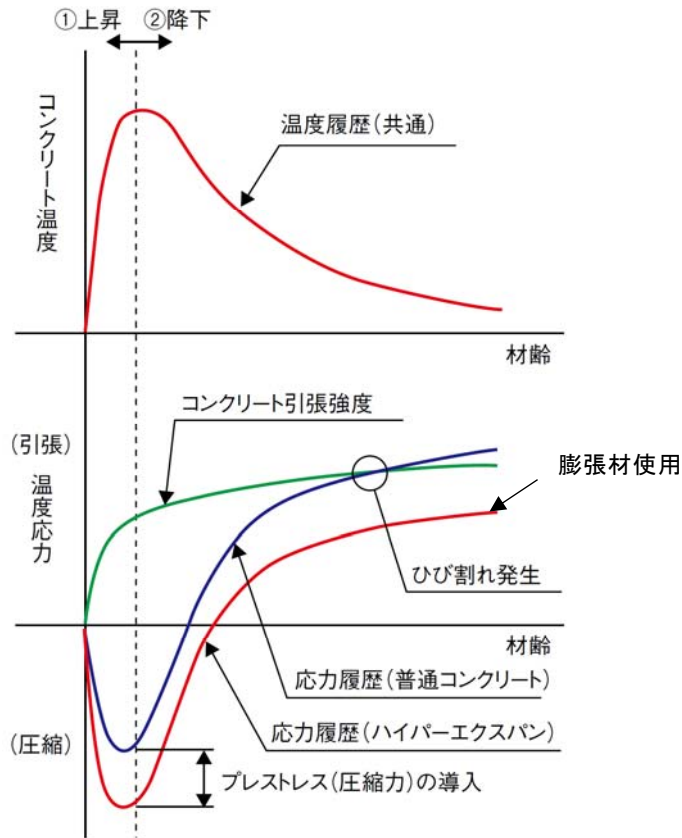
写真 5.1 ひび割れ抑制用ネットの施工例

②膨張材

温度ひび割れを抑制するためには、一般に、コンクリートの体積変化を抑制すること、引張応力を低減することが重要である。コンクリートの体積変化を抑制する方法には、温度上昇を抑制する方法および収縮ひずみを低減する方法がある。膨張材の使用は、コンクリートの体積変化を抑制する方法のうち、収縮ひずみを低減する方法である。

膨張材は、セメントおよび水とともに練り混ぜた場合、水和反応によってエトリンガイトあるいは水酸化カルシウムの結晶を生成して、その結晶成長あるいは生成量の増大によりコンクリートを膨張させる混和材である。図 5.2 に示すように、膨張材を使用したコンクリートは膨張によって導入される圧縮力によって引張応力を低減することにより、ひび割れの発生を抑制できる。

なお、膨張材を使用してその性能を発揮させるためには、十分な水分が必要であり、コンクリート打設直後の養生だけでなく、材齢初期においても湿潤養生が重要となる。



(ハイパーエクспанのカタログより引用、太平洋マテリアル(株)、一部加筆)

図 5.2 膨張材によるマスコンクリートにおける温度ひび割れ抑制効果

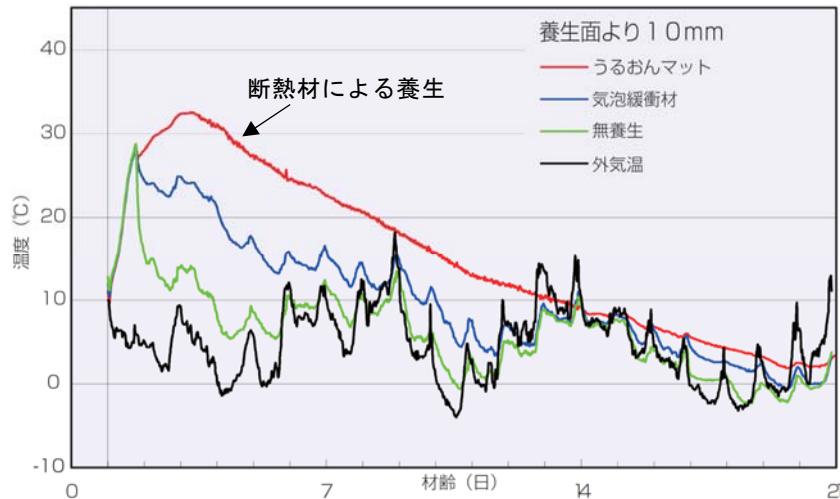
③養生マット・断熱材による養生

養生マット・断熱材による養生は、コンクリートの体積変化を抑制する方法のうち、温度上昇を抑制する方法である。

コンクリートの打込み後は、直射日光、風、急激な乾燥および寒気からコンクリートを保護するように適切な養生を行う必要がある。また、部材の内部と表面の温度差が大きくなるようにすること、部材全体のコンクリート温度をできるだけ緩やかに外気温に近付けることが重要である。これらのための養生方法として、養生マットや断熱材による養生がある。

図 5.3 は養生方法の違いによるコンクリート温度（養生面より 10mm の位置）を比較したものである。断熱材による養生を行うとコンクリート温度の急激な低下を抑制できることが分かる。

なお、温度上昇時の過剰な養生はコンクリート温度の上昇に繋がり、逆に温度ひび割れの危険性が高くなるので注意が必要である。



(うるおんマットのカタログより引用、早川ゴム(株)、一部加筆)

図 5.3 断熱材による養生の実施例

④収縮低減剤

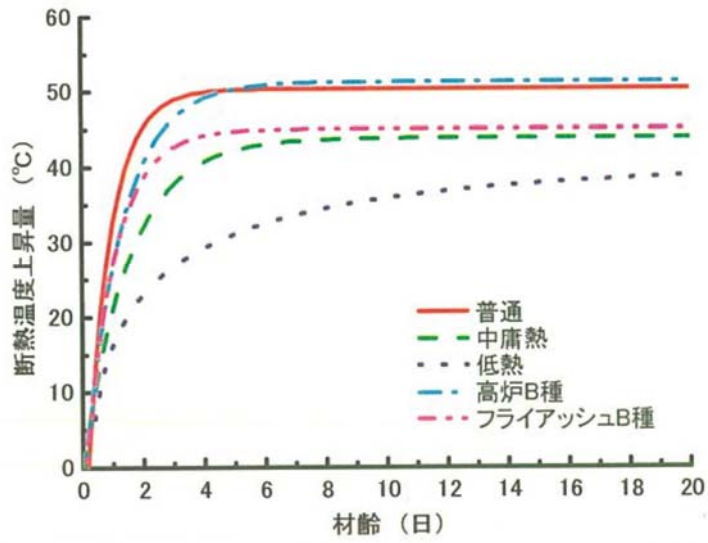
収縮低減剤はコンクリート中の自由水の表面張力を低減し、毛細管張力を減少させることにより乾燥収縮を抑制し、ひび割れを抑制する目的で使用される混和剤である。収縮低減剤は温度応力の低減には直接寄与しないが、乾燥収縮を抑制することにより、温度収縮と乾燥収縮の複合作用による収縮ひび割れの抑制には有効である。収縮低減剤には、コンクリート練混ぜ水と置き換えて使用するものと、コンクリート表面に塗布するものがある。

コンクリート表面に塗布するタイプの収縮低減剤は、型枠脱型後すぐに施工するが、コンクリートの硬化を遅延させる場合があるので、特に冬期の場合、コンクリート圧縮強度が十分に発現(5N/mm²以上)した後に施工する必要がある。

⑤低発熱セメント

低発熱セメントの使用は、コンクリートの体積変化を抑制する方法のうち、温度上昇を抑制する方法である。

図 5.4 は各種セメントを用いたコンクリートの断熱温度上昇曲線を示したものである。低熱ポルトランドセメントや中庸熱ポルトランドセメントでは、断熱温度上昇が小さいことに加えて緩やかに水合が進み温度上昇速度が小さくなるため、部材の温度上昇を抑制することができる。フライアッシュセメントはセメントをフライアッシュで置き換えて使用することから、普通ポルトランドセメントを単独で使用したものと比べてセメント分が少ないため、断熱温度上昇および温度上昇速度ともに小さくなる。



マスコンクリートのひび割れ制御指針、p. 23、
 解説図-3. 3. 1 (b)、日本
 コンクリート工学会

(マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008、p. 23、解説図-3. 3. 1 (b) より引用)

図 5.4 各種セメントを用いたコンクリートの断熱温度上昇曲線 (打込み温度 20°Cの場合)

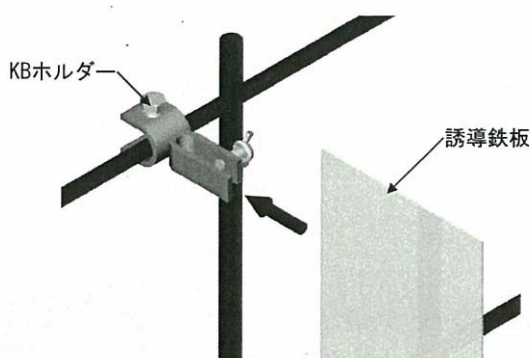
6. 施工上の留意点

- (1) 誘発目地材は所定の位置から移動しないように堅固に設置しなければならない。
- (2) 温度ひび割れの防止あるいはひび割れ幅の制御が計画どおりに行えるように、打込み面および型枠面に対して適切に養生しなければならない。
- (3) 目地上ひび割れが耐久性等から有害と判断される場合は、補修を行わなければならない。
- (4) ひび割れを補修した場合、その施工記録を保管しなければならない。

【解説】

(1)について

目地上ひび割れを発生させるためには、誘発目地材（溝、目地板）を一直線上に、左右対称に配置することが重要である。そのために、誘発目地材は所定の位置から移動しないように、堅固に設置しなければならない。誘発目地の設置例を図 6.1 に示す。また、コンクリートの打込み時において、落下させたコンクリートが誘発目地に直接当たらないように注意するとともに、締固め時においては棒状バイブレータが誘発目地に直接当たらないように注意する必要がある。誘発目地材が移動したことが原因と考えられるひび割れの例を写真 6.1 に示す。



(KB 目地技術資料より引用)



(スパンシール誘発目地材技術資料より引用)

図 6.1 誘発目地の設置例



写真 6.1 誘発目地の位置に発生しなかったひび割れの事例

なお、誘発目地材の固定金具についても、耐久性の確保の観点から所定のかぶりを確保することが重要である。また、型枠に設置した誘発目地材がコンクリートの側圧により移動することがないように、型枠の設計にも留意する必要がある。

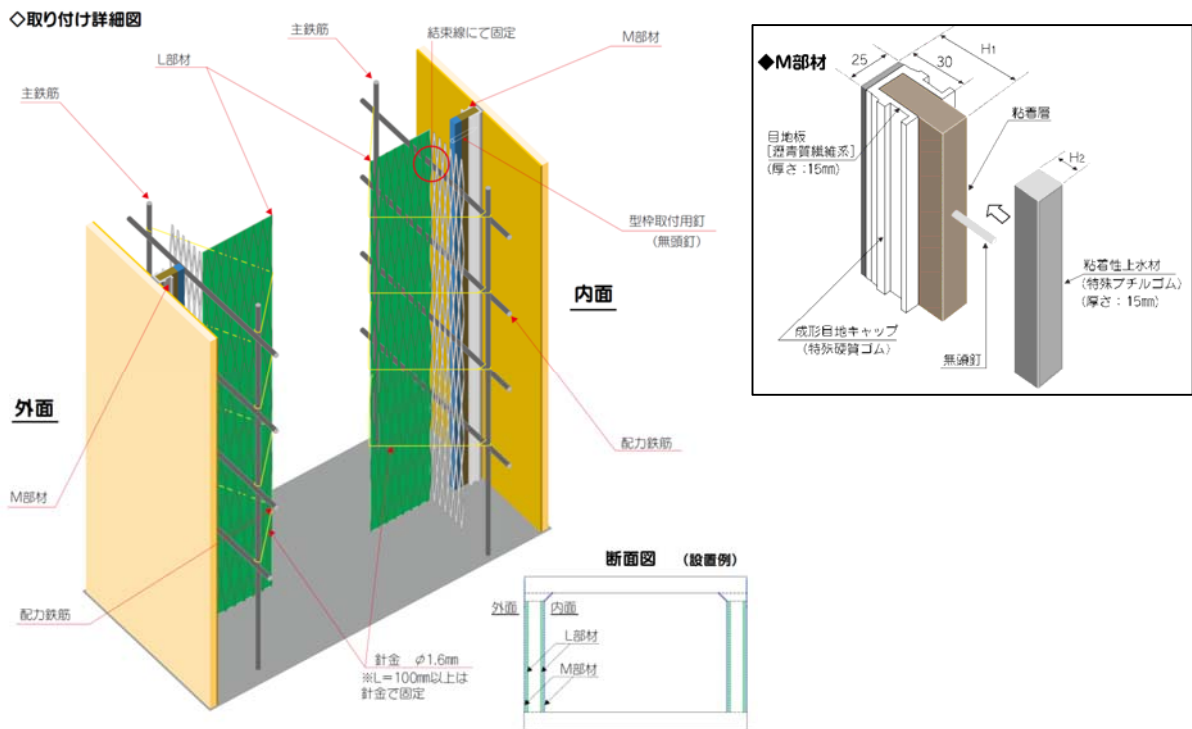
誘発目地材によってはその表面が保護フィルムで覆われている場合がある。そのような誘発目地材の場合、コンクリートの打込み前に保護フィルムを取り外すことが重要である。

(2)について

コンクリートの打込み後、外気温の急激な変化、風などの影響により表面が急冷される場合は、必要に応じてシート養生(コンクリート表面をブルーシートなどで覆う養生)などの保温、防風、乾燥対策を行う必要がある。また、コンクリートが最高温度に達した後も表面の温度を急激に降下させないこと、および、できるだけ緩やかにコンクリート温度と外気温が平衡に達するように養生することが重要である。

(3)について

型枠脱型後、目地上ひび割れが発生していることを確認することが望ましい。外部拘束による温度ひび割れは材齢7日～30日程度で発生することが多い。なお、市販されている誘発目地には溝の処置材が一体化しているものがあるため(図6.2)、部材表面で目地上ひび割れを確認することは難しい場合があるが、部材上面で確認できる場合もある(写真6.2)。



(トリガージョイントのパフレットより引用)

図 6.2 処置材と一体化した誘発目地の例

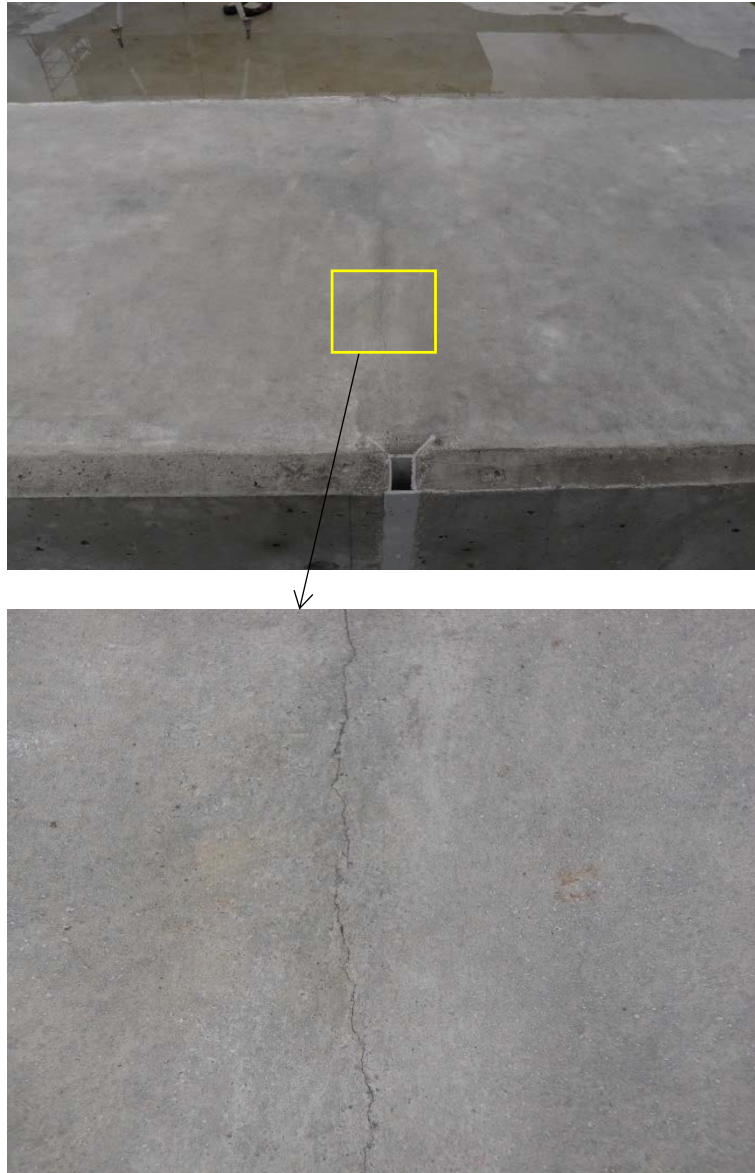


写真 6.2 部材上面で確認できる目地上ひび割れの例

目地上ひび割れ誘発後、誘発部からの止水や鉄筋の腐食防止を必要とする場合は、コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2013-（日本コンクリート工学会）等を参考に適切な補修を行う必要がある。目地上ひび割れ補修の要否の判断は、「土木コンクリート構造物の品質確保について」（国官技第 61 号、平成 13 年 3 月 29 日）（表 6.1）を参考にするとよい。橋台、橋脚、擁壁および函渠は、“耐久性からみた場合”（環境条件が“中間”、その他の要因が“大”）より、最大幅 0.2mm 以上のひび割れを補修対象としている。また、樋門は“防水性から見た場合”（その他の要因が“大”）より、最大幅 0.05mm 以上のひび割れを対象としている。目地上ひび割れの補修は、ひび割れ幅が大きくなる冬期に行うのが望ましい。なお、ひび割れ幅の拡大が予想される場合は、ひび割れ幅の拡大が収束したことを確認して補修することが重要である。図 6.3 は表面の溝の処置方法の例を示したものである。

表 6.1 補修の要否に関するひび割れ幅の限度

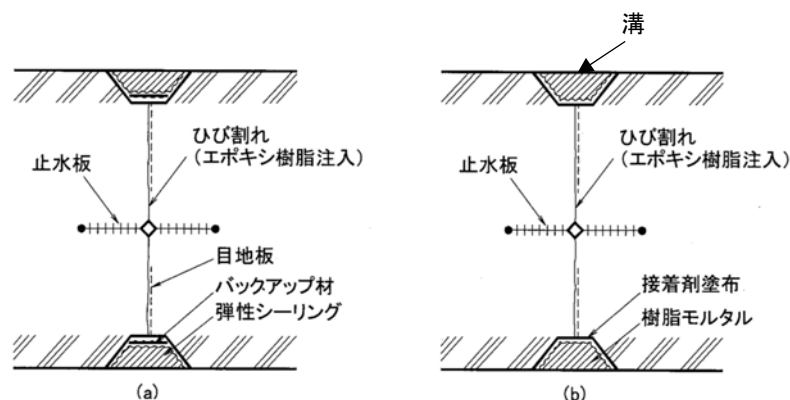
区分		耐久性からみた場合			防水性からみた場合
		きびしい	中間	ゆるやか	
環境 2) その他の要因 1)					—
(A)補修を必要とする ひびわれ幅(mm)	大	0.4 以上	0.4 以上	0.6 以上	0.2 以上
	中	0.4 以上	0.6 以上	0.8 以上	0.2 以上
	小	0.6 以上	0.8 以上	1.0 以上	0.2 以上
(B)補修を必要としない ひびわれ幅(mm)	大	0.1 以下	0.2 以下	0.2 以下	0.05 以下
	中	0.1 以下	0.2 以下	0.3 以下	0.05 以下
	小	0.2 以下	0.3 以下	0.3 以下	0.05 以下

注：1) その他の要因（大、中、小）とは、コンクリート構造物の耐久性及び防水性に及ぼす有害性の程度を示し、下記の要因の影響を総合して定める。

ひびわれの深さ・パターン、かぶり厚さ、コンクリート表面被覆の有無、材料・配（調）合、打継ぎなど。

2) 主として鉄筋の錆の発生条件の観点からみた環境条件。

（「土木コンクリート構造物の品質確保について」より引用）



(コンクリート標準示方書 [設計編]、p.377、解説 図 4.7.2 より引用、一部加筆)

図 6.3 ひび割れ誘発目地部の処置方法の例

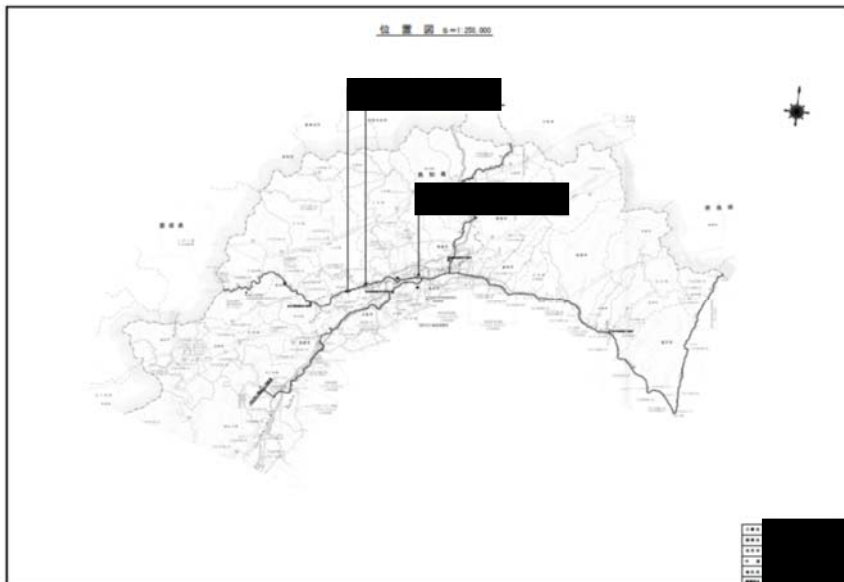
(4)について

ひび割れを補修した場合、工事完成後の維持管理にあたっての基礎資料とするため、その施工記録（ひび割れ調査票を含む）を完成図等の工事記録とともに保管することが重要である。ひび割れ調査票の例を以下に示す。

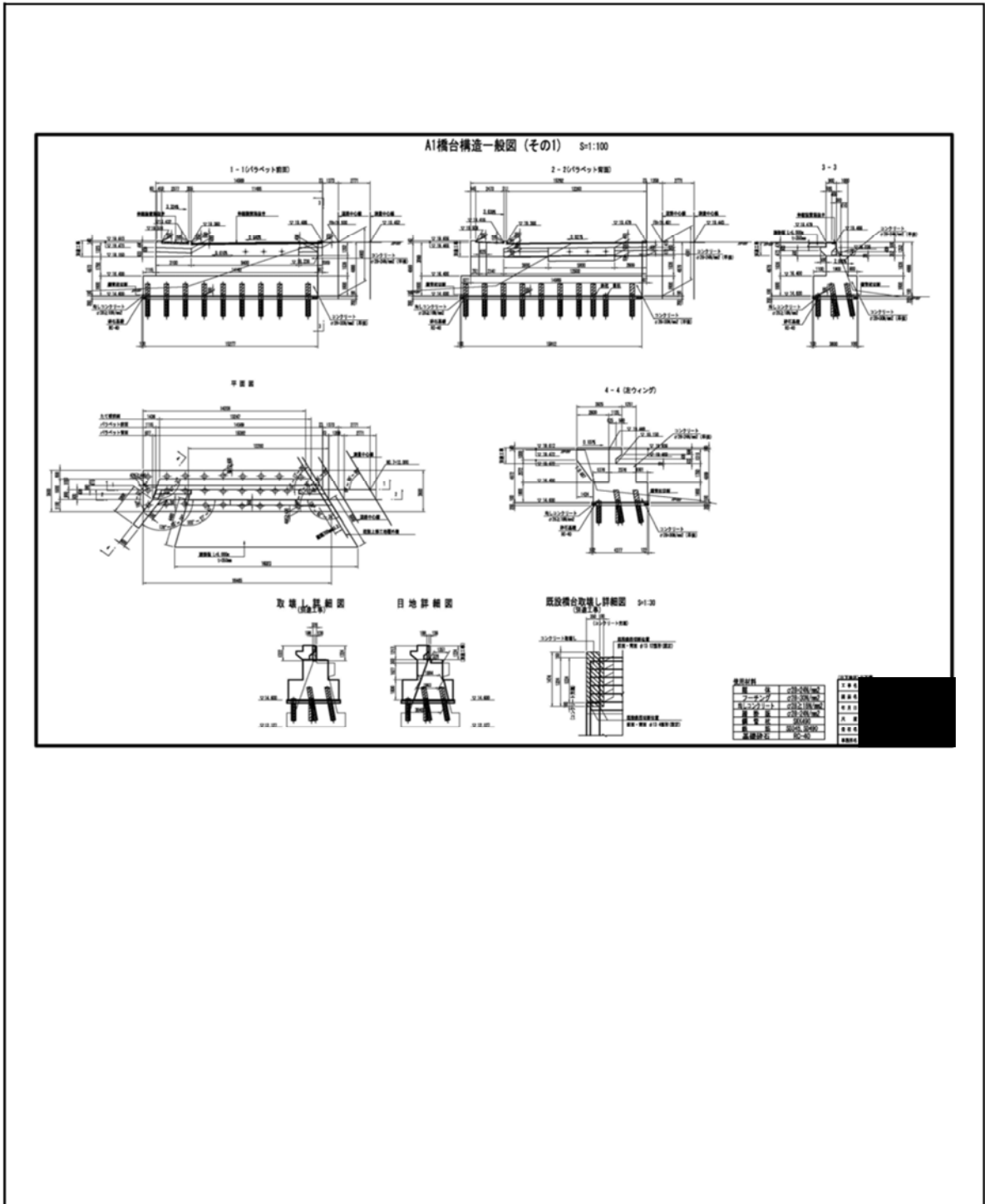
ひび割れ調査票（1）

工 事 名	
請 負 者 名	
構 造 物 名	橋台工 A1橋台
現場代理人名	
主任技術者名	
監理技術者名	
測 定 者 名	

位 置	No.7+12.000		
構 造 物 形 式	逆T式橋台		
構 造 物 寸 法	W=15.277 H=4.900		
竣 工 年 月 日			
適 用 仕 様 書	平成24年3月 道路橋示方書		
コンクリートの種類	24-8-20H		
コンクリートの設計基準強度	24 N/mm^2	コンクリートの呼び強度	24 N/mm^2
海岸からの距離	海上、海岸沿い、海岸から 10 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（ ）		



ひび割れ調査票（2）

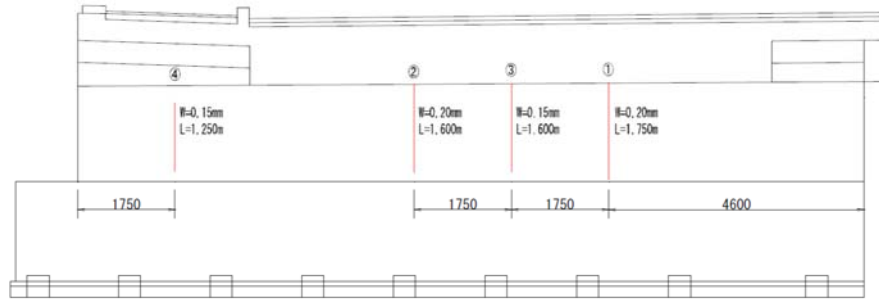


ひび割れ調査票（3）

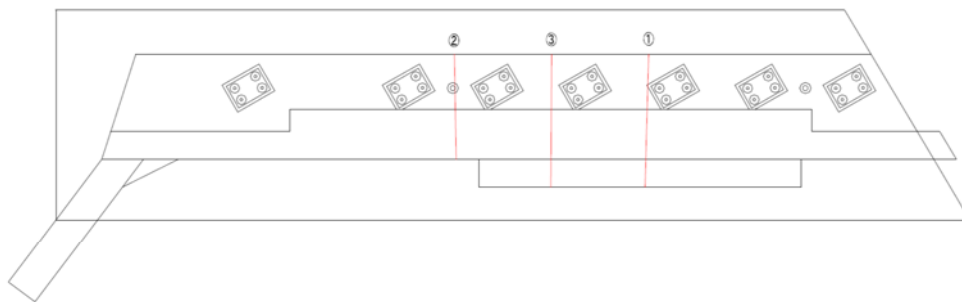
ひび割れ	有、無	本数：1～2本、3～5本、多数
		ひび割れ総延長 約 ## m
		最大ひび割れ幅（○で囲む） 0.2mm以下、0.3mm以下、 0.4mm以下、0.5mm以下、 0.6mm以下、0.8mm以下、 _____ mm
		発生時期（○で囲む） 数時間～1日、数日、数10日以上、不明
		規則性：有、無
		形態：網状、表層、貫通、表層or貫通
		方向：主筋鉄筋方向、直角方向、両方向、 鉄筋とは無関係

ひび割れ調査票（４）

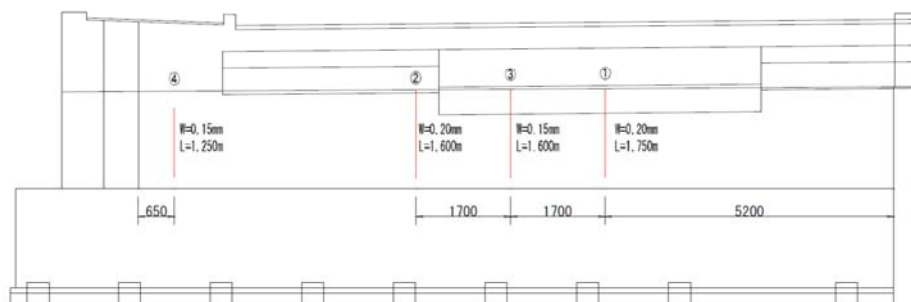
パラペット前面



平面図



パラペット背面



ひび割れ調査票（5）

事務所名		工事名	
請負者		工期	2015年6月5日 ~ 2016年3月31日
構造物名	橋台工 A1橋台		豎壁

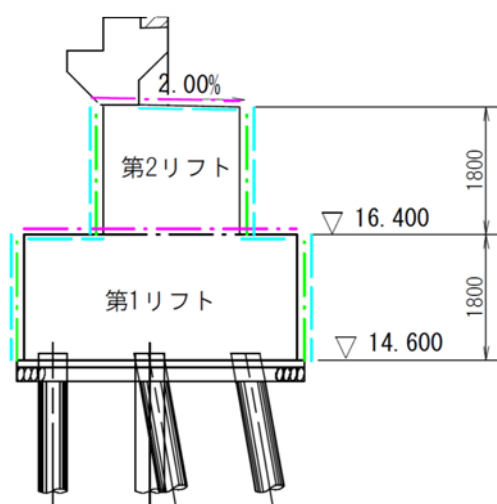
日付	橋台工 A1橋台				豎壁					
	1		2		3		4		長さ	最大幅
	長さ	最大幅	長さ	最大幅	長さ	最大幅	長さ	最大幅		
3月16日	1750	0.15	1600	0.15						
3月17日					1600	0.15	1250	0.15		

ひび割れ調査票（6）

ひび割れ対策

事務所名		工事名	
請負者		工期	2015年6月5日 ~ 2016年3月31日
構造物名	橋台工 A1橋台		縦壁

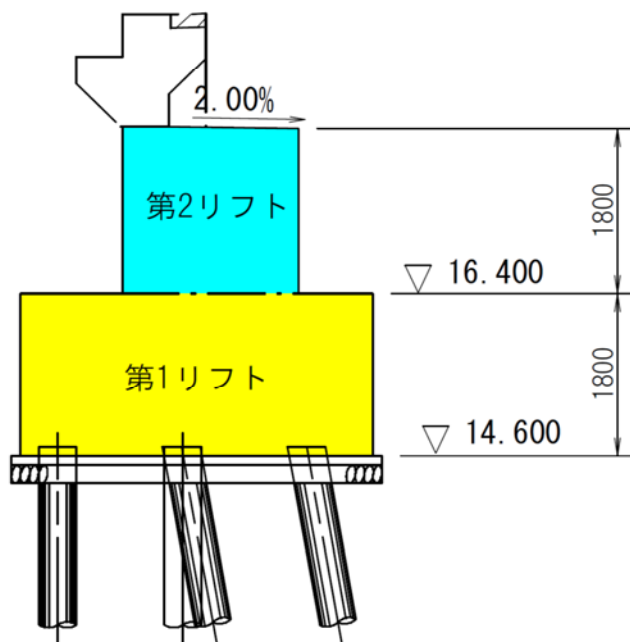
- ①側面部については、湿潤養生期間完了後及び所定強度発現後、脱型。
脱型後、直ぐに被膜養生剤を塗布、ビニール養生シールを貼付け、再度湿潤養生。
- ②天端部については、コンクリート天端仕上げ時に被膜養生剤を散布し、仕上げを行なった。
その後、気泡緩衝材(下)+保温マット(中)+ビニールシート(上)により、潤養生期間及び所定強度発現まで養生。
- ③温度計を設置し、中心部及び表面部の温度を測定し、温度差20℃以下に管理した。



- 型枠存知（所定強度を確認後、脱型）
- 気泡緩衝材（下）+保温マット（中）+ビニールシート（上）
- 被膜養生剤塗布

ひび割れ調査票（7）
 コンクリート打設リフト図

事務所名		工事名	
請負者		工期	2015年6月5日 ~ 2016年3月31日
構造物名	橋台工 A1橋台	縦壁	



コンクリート打設日

第1リフト	2016年2月16日
第2リフト	2016年3月10日

配筋情報

縦壁主鉄筋方向	外側	D25	@	250
	内側	D25	@	250
縦壁配力筋方向	外側	D16	@	150
	内側	D16	@	150
底版主鉄筋方向	上側	D16	@	250
	下側	D19	@	250
底版配力筋方向	上側	D16	@	250
	下側	D16	@	250

ひび割れ調査票（8）

コンクリート打設管理表

事務所名			工事名			
請負者			工期	2015年6月5日 ~ 2016年3月31日		
構造物名	橋台工 A1橋台			底盤		
打設日	2016年2月16日		天気	晴	打設時外気温	1.9 °C
打設時間	打設開始時間	7:00	打設終了時間	14:00		
コンクリート	呼び強度	30	スランプ	8 cm	骨材の最大寸法	20 mm
	セメント種類	H	水セメント比	47 %	単位セメント量	340 kg/m ³
	混和剤	AE減水剤	混和材	-	単位水量	160 kg/m ³
養生状況	脱型日	2016年2月22日		残置期間	6 日間	
	養生方法 (打設- 脱型前)	型枠面	型枠存知(湿潤養生期間以上)			
		打設面	気泡緩衝材(下)+保温マット(中)+ビニールシート(上)			
	養生方法(脱 型後)	型枠面	被膜養生剤+接着性ビニールシート(3M)			
		打設面	気泡緩衝材(下)+保温マット(中)+ビニールシート(上)			
		養生(湿潤状態)終了日	2016年2月25日	養生(湿潤状態)期間	9	日間
コンクリート 温度計測	初期温度	7.2 °C	最高温度	59.5 °C	温度上昇量	52.3 °C
		最高温度に到達した時間	38 h後	外気温と同じになった時期	- 日後	
その他ひび割れ対策として養生等で配慮した事項 ①天端被膜養生剤を散布しコテ仕上げ ②側面部は被膜養生剤を脱型直後塗布 ③中心部と表面の温度差を20以下で管理し、所定強度以上を確認後、中心部28°Cで断熱養生開放						

<問合せ先>

国土交通省 四国地方整備局

四国技術事務所 品質調査課

Tel : (0 8 7) 8 4 5 - 3 1 3 5

誘発目地によるひび割れ対策の手引き（案）

参考資料

目次

1. はじめに.....	44
2. コンクリートのひび割れ抑制対策.....	44
2.1 温度ひび割れ.....	44
2.2 温度ひび割れ抑制対策.....	44
2.2.1 温度ひび割れ抑制対策の基本.....	45
2.2.2 温度ひび割れ抑制対策の具体的方法.....	45
2.3 温度ひび割れ以外のひび割れ抑制対策.....	51
2.3.1 乾燥収縮ひび割れ.....	52
2.3.2 沈みひび割れ.....	52
3. 温度ひび割れ抑制対策事例.....	54
3.1 ひび割れ誘発目地.....	54
3.2 膨張材.....	56
3.3 断熱養生.....	57
3.4 鉄筋増量.....	58
3.5 ひび割れ抑制用ネット.....	59
4. 既往指針・手引き類.....	61

1. はじめに

この参考資料は、「誘発目地によるひび割れ対策の手引き（案）」を補完することを目的として、コンクリートの温度ひび割れ等、コンクリートに発生する初期ひび割れの発生要因や抑制対策の概要等を解説するものである。

2. コンクリートのひび割れ抑制対策

2.1 温度ひび割れ

温度ひび割れとは、セメントの水和発熱および自己収縮に伴うコンクリートの体積変化が拘束されるために発生する温度応力により引き起こされるひび割れである。コンクリートの体積変化の拘束には、内部拘束と外部拘束がある。内部拘束はコンクリートの表面と内部の温度差から生じるものであり、これによるひび割れは施工初期の段階に発生する。一方、外部拘束はコンクリートの温度変形が外的に拘束されて生じるものであり、これによるひび割れは材齢がある程度進んだ段階で発生する。これらの温度ひび割れはマスコンクリートに特徴的なひび割れである。

なお、マスコンクリートとは「部材あるいは構造物の寸法が大きく、セメントの水和熱による温度上昇の影響を考慮して設計・施工しなければならないコンクリートあるいはコンクリート構造物」（2012年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕）である。マスコンクリートとして取扱うべき構造物の寸法は、構造形式、コンクリートの使用材料、配合および施工の諸条件によりそれぞれ異なるが、広がりのあるスラブについてはおおそ厚さ 80～100cm 以上、下端が拘束された壁では厚さ 50cm 以上が目安となる。

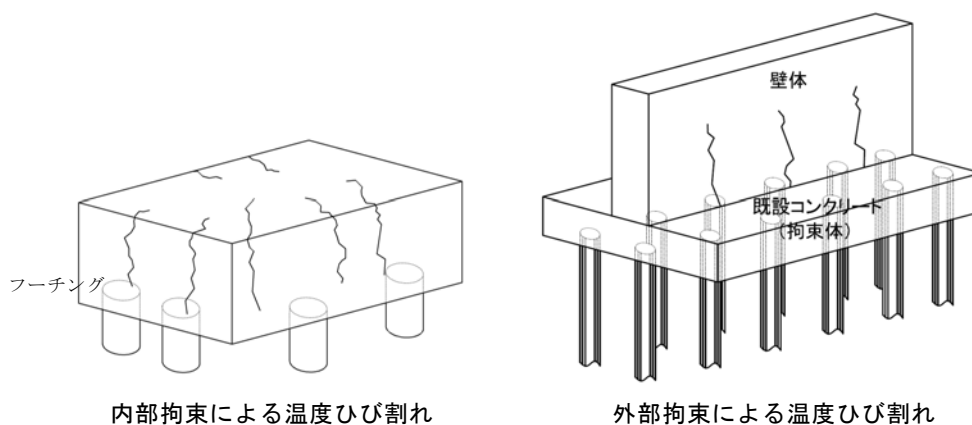


図 2.1 温度ひび割れの例

2.2 温度ひび割れ抑制対策

コンクリートの温度ひび割れ抑制の目的は、温度ひび割れの発生を防止することによって、構造物が要求性能（安全性、使用性、耐久性、美観など）を満足できるようにすることである。

鉄筋コンクリート部材の曲げ耐力は、引張鋼材の降伏強度でほぼ決まるため、温度ひび割れの発生によって耐力が大きく低下することはない。しかし、構造設計の前提条件を変えるようなひび割れは、構造物の安全性に影響する可能性があるため、発生を抑制する必要がある。

水密性や気密性を要求される構造物では、温度ひび割れによって大きな影響を受ける場合がある。また、温度ひび割れの発生に伴う剛性低下により、たわみ量の増大や振動性状の変化を引き起こし、使用性が失われる場合がある。このような使用性を要求される構造物では温度ひび割れの発生を抑制する必要がある。

温度ひび割れの幅が許容値を超えると、ひび割れを通してコンクリートおよび鋼材の劣化を促進する因子（酸素、二酸化炭素、水、塩化物イオンなど）がコンクリート内部に供給され、想定を超える速さで劣化が進行する。

以上を踏まえて、ここでは、コンクリートの温度ひび割れ抑制方法の基本的考え方および具体的な方法を示す。

2.2.1 温度ひび割れ抑制対策の基本

温度ひび割れを抑制するには、「コンクリートの体積変化を抑制する」こと、「引張応力を低減する」ことが基本であり、これらを単独あるいは併用して行うことになる。「コンクリートの体積変化を抑制」する方法には、コンクリートの温度上昇を制御する方法およびコンクリートの収縮ひずみを低減する方法がある。コンクリートの温度上昇を制御する方法は、温度応力を抑制する最も直接的な方法である。また、「引張応力を低減する」方法には、ひび割れ誘発目地の設置および水和熱抑制型超遅延剤の使用がある。ひび割れ誘発目地の具体的な方法は「誘発目地によるひび割れ対策の手引き（案）」に示す。

以下に具体的な方法を示す。

「コンクリートの体積変化を抑制する方法」

①コンクリートの温度上昇を制御する方法

- ・水和発熱の小さいセメントの使用
- ・混和材料の使用
- ・単位セメント量の低減
- ・材料温度の低減
- ・コンクリートの打込み時期・時間
- ・打込み方法
- ・養生方法

②コンクリートの収縮ひずみを低減する方法

- ・熱膨張係数の小さい骨材の使用
- ・膨張材の使用

「引張応力を低減する方法」

- ・ひび割れ誘発目地の設置
- ・水和熱抑制型超遅延剤の使用

2.2.2 温度ひび割れ抑制対策の具体的方法

(1) 水和発熱の小さいセメントの使用

セメントは、コンクリートの強度および耐久性を満足するとともに、できるだけ温度上昇が小さく、自己収縮等が小さいものを構造物の種類、使用環境、施工条件などを考慮して適切に選定する。一般にマスコンクリートに用いられるセメントは、普通ポルトランドセメント、中

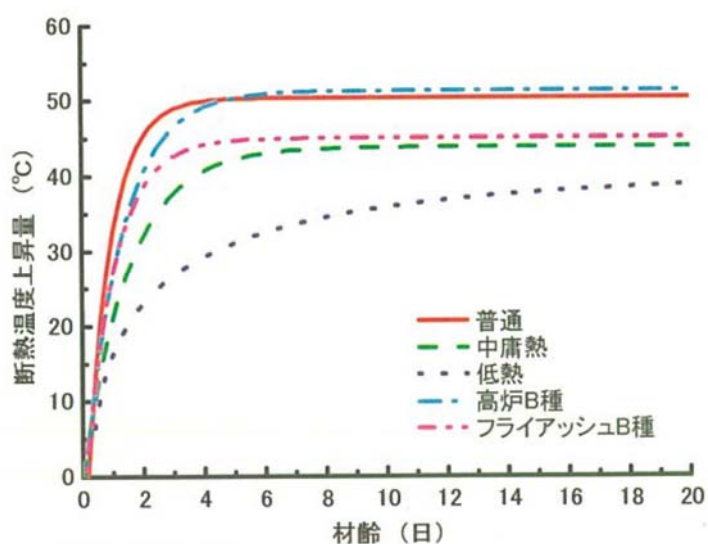
庸熱ポルトランドセメント、低熱ポルトランドセメントおよび混合セメントB種である。

低熱ポルトランドセメントや中庸熱ポルトランドセメントでは、断熱温度上昇が小さいことに加えて緩やかに水和が進み温度上昇速度が小さくなるため、部材の温度上昇を抑制することができる。

フライアッシュセメントはセメントをフライアッシュで置き換えて使用することから、普通ポルトランドセメントを単独で使用したもの比べてセメント分が少ないため、断熱温度上昇および温度上昇速度ともに小さくなる。

高炉セメントB種は従来温度ひび割れ対策用として使用されていたが、近年、断熱温度上昇量が普通ポルトランドセメントと同等であること、自己収縮が大きいこと等からその効果が小さいことが明らかにされており留意が必要である。

なお、マスコンクリートに適したセメントは、一般に湿潤養生が十分でないとき、強度発現の低下、中性化深さの増大、凍害による表面劣化の増大を招くため、養生には十分な配慮が必要である。



(マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008 より引用)

図 2.2 各種セメントを用いたコンクリートの断熱温度上昇曲線 (打込み温度 20°Cの場合)

(2) 混和材料の使用

混和材料は混和剤と混和材に区分される。AE 減水剤など、薬品的に少量用いられるものを混和剤と呼び、フライアッシュや高炉スラグ微粉末など、使用量が比較的多く、それ自体の容積がコンクリートの練上り容積に算入されるものを混和材と呼ぶ。

混和剤は、コンクリートの所要の品質を確保し、かつ、単位水量を減少させて単位セメント量を削減できるもの、または、セメントの水和発熱速度の抑制に有効なものを選定する。単位セメント量の削減できるものとしては、高性能 AE 減水剤、AE 減水剤、流動化剤がある。また、セメントの水和発熱速度を抑制するための水和熱抑制剤がある。

混和材を用いる場合は、コンクリートの所要の品質を確保し、かつ、単位セメント量を削減できるもの、または、温度応力によるひび割れ発生の抑制に有効なものを選定する。水和発熱およびその速度の低減に有効なものとしてはフライアッシュがある。また、高炉スラグ微粉末

は多量に使用すれば水和発熱速度の低減に有効な混和材である。なお、フライアッシュは品質変動の大きい場合があるため、事前に品質を確認するのが望ましい。高炉スラグ微粉末は比表面積が大きくなると初期の温度上昇速度、終局断熱温度上昇量および自己収縮が大きくなるため注意が必要である。

(3) 単位セメント量の低減

単位セメント量は、コンクリートの温度上昇に最も大きな影響を与えることから、コンクリートが所要の品質を確保できる範囲内で、できるだけ少なくする。単位セメント量を削減する具体的な方法を下記に示す。なお、下記には現実には難しいと思われる方法も含まれている。

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

(4) 材料温度の低減

マスコンクリートとしてのコンクリートの製造においては、コンクリートの強度発現に悪影響を及ぼさない範囲で、できるだけその練上り温度を低くするよう制御することが重要である。コンクリート温度を低減させるための一般的な方法を下記に示す。

- ・冷水を用いる
- ・練混ぜ水の一部に氷を用いる
- ・液体窒素や冷風を用いる

また、暑中のコンクリート運搬時におけるコンクリート温度の上昇防止対策として、写真 2.1 のように、アジテータ車のドラムにカバーを被せる方法がある。カバーには、水の気化熱を利用するタイプや断熱シートを用いたタイプがある。



((株)HANDWAY ホームページより引用)

写真 2.1 アジテータ車のドラムカバーの例

(5) コンクリートの打込み時期・時間

コンクリートの練上り温度を抑えるために、夜間または早朝にコンクリートの製造、打込みを行う。

(6) 打込み方法

壁状構造物では、高さ方向の分割による温度上昇量の差異は少ないが、1回に施工する高さHによって、1回の施工延長Lとの比L/Hが異なってくるため拘束度が変化し、温度ひび割れ制御に影響を与える。一般に高さを高くするほどL/Hが小さくなり有利になるが、コンクリートの打込み時に型枠に作用する側圧が大きくなること、コンクリートの締固めが不十分になりやすいことなど施工上不利になる。これらを総合的に考慮して高さ方向の分割を決定する。

(7) 養生方法

養生方法には、打ち込まれたコンクリートの温度上昇を抑えるために行われるポストクーリング（パイプクーリングやエアークーリングなど）と、構造物断面内の温度差を低減するために保温効果を有する材料でコンクリート表面を覆う方法（保温養生）がある。いずれの方法においても、コンクリートを湿潤状態に保つことが重要であるとともに、コンクリートが最高温度に達した後も表面温度を急激に低下させないこと、できるだけ緩やかにコンクリート温度と外気温が平衡に達するように配慮することが重要となる。これらのための養生方法として、養生マットや断熱材による養生がある。型枠脱型後においてコンクリート表面の急激な乾燥を抑制するための養生マットとして、写真 2.2 のように側壁にも使用可能なものがある。

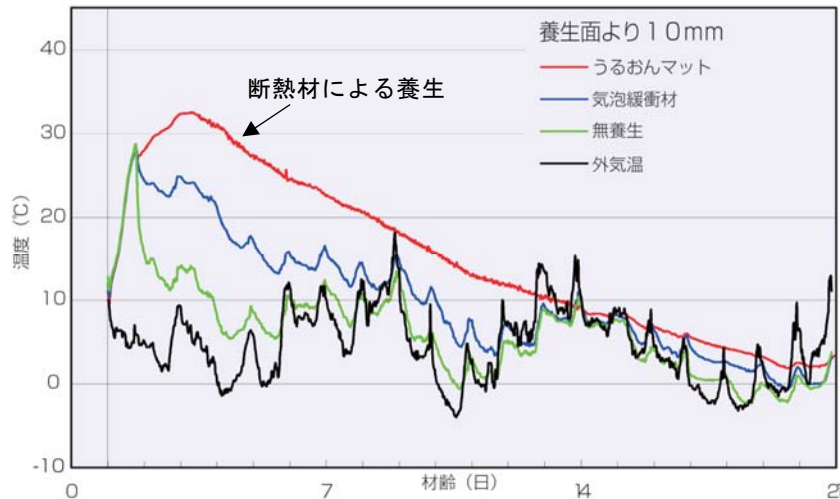
図 2.3 は養生方法の違いによるコンクリート温度（養生面より 10mm の位置）を比較したものである。断熱材による養生を行うとコンクリート温度の急激な低下を抑制できる。

なお、温度上昇時の過剰な養生はコンクリート温度の上昇に繋がり、逆に温度ひび割れの危険性が高くなるので注意が必要である。



（アクアマットのパンフレット（早川ゴム株式会社）より引用）

写真 2.2 側壁にも使用可能な養生マット（コンクリート表面の乾燥抑制）



(うるおんマットのパンフレット (早川ゴム株式会社) より引用、一部加筆)

図 2.3 断熱材による養生の実施例

(8) 熱膨張係数の小さい骨材の使用

コンクリートの水和発熱による体積変化は、打込み時のコンクリート温度と考慮時点の温度との差に熱膨張係数を乗じたものとなる。したがって、コンクリートの巨視的な体積変化を低減させるためには、温度上昇を低下させるだけでなく、熱膨張係数の小さな材料を選択することも有効である。各種岩石の熱膨張係数を表 2.1 に示す。

表 2.1 岩種別による骨材およびこれを用いたコンクリートの熱膨張係数

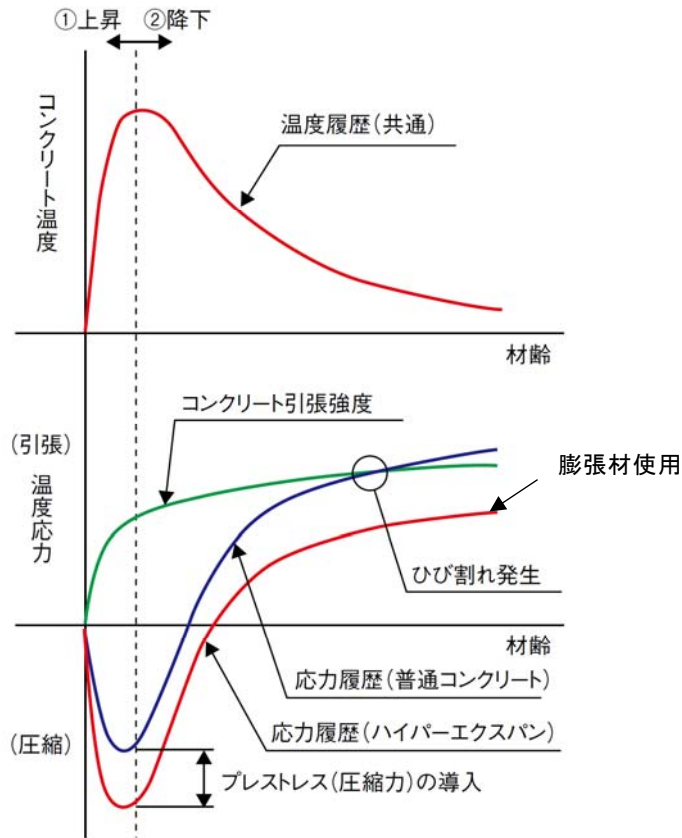
岩石種別	代表的な割合含有量(wt%)	骨材の熱膨張係数 (10 ⁻⁶ /°C)				試験した岩石資料の数	コンクリートの熱膨張係数 (10 ⁻⁶ /°C)	
		最小	最大	最大変化	平均		測定最小値	測定最大値
チャート	94	7.4	13.0	5.6	11.8	50	11.4	12.2
珪岩	94	7.0	13.2	6.2	10.3	28	11.7	14.6
石英岩	94						9.0	13.2
砂岩	84	4.3	12.1	7.8	9.3	43	9.2	13.3
大理石	僅少	-2.2	16.0	18.2	8.3	35	4.1	7.4
珪酸質石灰岩	45	3.6	9.7	6.1	8.3	6	8.1	11.0
花崗岩	66	1.8	11.9	10.1	6.8	79	8.1	10.3
輝緑岩	50	4.5	8.5	4.0	6.8	4		
玄武岩	51	4.0	9.7	5.7	6.4	18	7.9	10.4
石灰岩	僅少	-1.8	11.7	13.5	5.5	125	4.3	10.3
砂利	5~95						9.0	13.7

(マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008、p. 33、解説表-3.3.3 より引用)

(9) 膨張材の使用

膨張材は、セメントおよび水とともに練り混ぜた場合、水和反応によってエトリンガイトあるいは水酸化カルシウムの結晶を生成して、その結晶成長あるいは生成量の増大によりコンクリートを膨張させる混和材である。図 2.4 に示すように、膨張材を使用したコンクリートは膨張によって導入される圧縮力によって引張応力を低減することにより、ひび割れの発生を抑制できる。

なお、膨張材を使用する場合、膨張過程におけるエトリンガイトあるいは水酸化カルシウムの生成時には、十分な水分の供給が必要であり、特に、材齢初期における湿潤養生が重要となる。

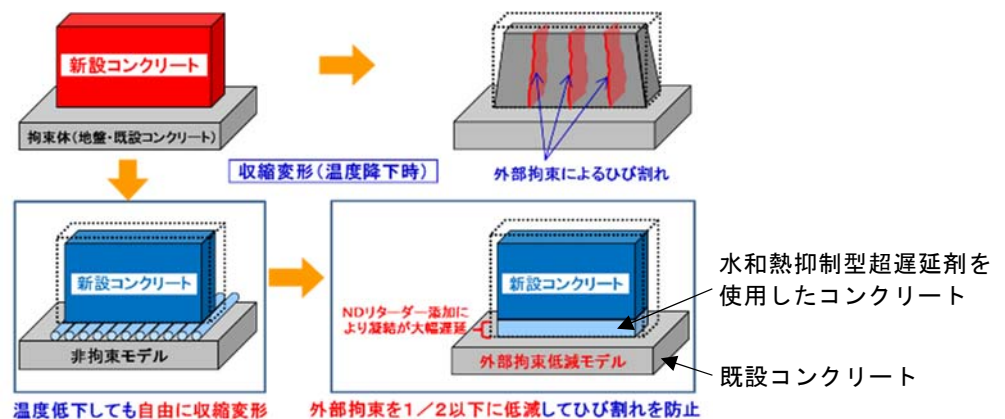


(太平洋ハイパーエクспанのパンフレット(太平洋マテリアル株式会社)より引用、一部加筆)

図 2.4 膨張材によるマスコンクリートにおける温度ひび割れ抑制効果

(10) 水和熱抑制型超遅延剤の使用

水和熱抑制型超遅延剤は、コンクリートの長期圧縮強度を低下させることなく、凝結時間を2日～90日程度まで遅延させることができるグルコン酸塩等の有機系化合物を添加した混和剤である。図 2.5 に示すように、水和熱抑制型超遅延剤を用いたコンクリートを既設コンクリートと新設コンクリートの間に施工することにより、新設コンクリートに発生する引張応力を低減し、外部拘束による温度ひび割れが抑制できる。



(水和熱抑制型超遅延剤“NDリターダー”のパンフレット(日本コンクリート技術(株))より引用、一部加筆)

図 2.5 水和熱抑制型超遅延剤の使用による引張応力の低減

2.3 温度ひび割れ以外のひび割れ抑制対策

コンクリートに発生するひび割れは、表 2.2 に示すように多種多様な原因によるが、「A. コンクリートの材料的性質に関係するもの」、「B. 施工に関係するもの」、「C. 使用・環境条件に関係するもの」および「構造・外力などに関係するもの」に大別できる。ここでは、温度ひび割れと同様の初期ひび割れである乾燥収縮ひび割れおよび沈みひび割れを取り上げ、それらの発生要因と抑制対策を示す。

表 2.2 ひび割れ発生の原因

大分類	中分類	小分類	番号	原因	
A 材料	使用材料	セメント	A1	セメントの異常凝結	
			2	セメントの水和熱	
			3	セメントの異常膨張	
		骨材	4	骨材に含まれている泥分	
			5	低品質な骨材	
			6	反応性骨材(アルカリ骨材反応)	
	コンクリート		7	コンクリート中の塩化物	
			8	コンクリートの沈下・ブリーディング	
			9	コンクリートの乾燥収縮	
			10	コンクリートの自己収縮	
B 施工	コンクリート	練混ぜ	B1	混和材料の不均一な分散	
			2	長時間の練混ぜ	
		運搬 打込み	3	ポンプ圧送時の配合の不適切な変更	
			4	不適切な打込み順序	
			5	急速な打込み	
		締固め 養生	6	不適切な締固め	
			7	硬化前の振動や載荷	
			8	初期養生中の急激な乾燥	
		打継ぎ		9	初期凍害
				10	不適切な打継ぎ処理
	鋼材	鋼材配置	11	鋼材の乱れ	
			12	かぶり(厚さ)の不足	
	型枠	型枠	13	型枠のはらみ	
			14	型枠からの漏水	
			15	型枠の初期除去	
			16	支保工の沈下	
	その他	コールドジョイント PCグラウト	17	不適切な打重ね	
			18	グラウト充てん不良	
C 使用環境	熱・水分作用	温度・湿度	C1	環境温度・湿度の変化	
			2	部材両面の温度・湿度の差	
			3	凍結融解の繰返し	
			4	火災	
			5	表面加熱	
	化学作用		6	酸・塩類の化学作用	
			7	中性化による内部鋼材のさび	
			8	塩化物の浸透による内部鋼材のさび	
D 構造・外力	荷重	長期的な荷重	D1	設計荷重以内の長期的な荷重	
			2	設計荷重を超える長期的な荷重	
		短期的な荷重	3	設計荷重以内の短期的な荷重	
			4	設計荷重を超える短期的な荷重	
	構造設計		5	断面・鋼材量不足	
			6	構造物の不同沈下	
	支持条件		7	凍上	
E その他				その他	

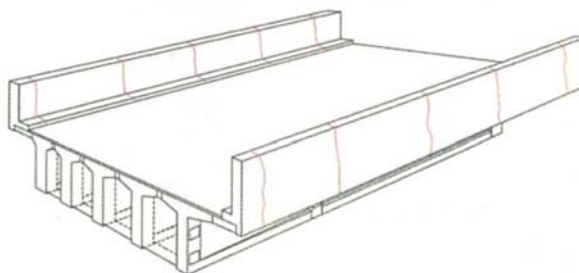
: 乾燥収縮ひび割れに係わる要因
: 沈みひび割れに係わる要因

(コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2013-より引用、一部加筆)

2.3.1 乾燥収縮ひび割れ

(1) 発生要因

コンクリート打設後、湿潤養生を終了すると、コンクリート表面から水分が蒸発し乾燥する。乾燥に伴いコンクリートは収縮するが、コンクリートが周囲に拘束され自由に変形できる状態にない場合はひび割れが発生する。このひび割れを“乾燥収縮ひび割れ”と呼んでいる。



(コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2013-、p. 48、解説図-3.3.1 より引用)

図 2.6 乾燥収縮ひび割れの例

(2) 抑制対策

乾燥収縮ひび割れの抑制対策を下記に示す。

①収縮を低減する

- ・単位水量の低減

良質な骨材の使用（粒形が良い、微粒分が少ない等）

良質なフライアッシュの使用（粒形が良い、未燃炭素含有量が少ない）

減水率の高い混和剤の使用（高性能 AE 減水剤など）

- ・弾性係数の大きい骨材の使用
- ・収縮低減剤の使用
- ・膨張材の使用

②収縮応力を低減する

- ・ひび割れ誘発目地の設置

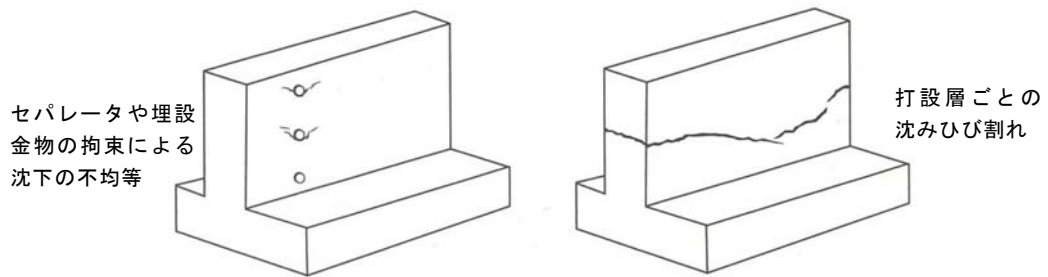
③ひび割れ抵抗性を向上させる

- ・短繊維の使用（繊維補強コンクリート）

2.3.2 沈みひび割れ

(1) 発生要因

打設終了後のコンクリートは凝結するまでの過程で徐々に沈下する。コンクリートの沈下が鋼材やセパレータにより抑えられると、鋼材やセパレータ、打重ね面に沿ってひび割れが発生する。このひび割れを“沈みひび割れ”と呼んでいる。



(コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2013-, p.47、解説図-3.3.1 より引用)

図 2.7 沈みひび割れの例

(2) 抑制対策

沈みひび割れの抑制対策を下記に示す。

- ①単位水量を減らしブリーディングの少ないコンクリートとする。
- ②適切な速度でコンクリートを打込む（一般には30分当たり1～1.5m程度）。
- ③適切な時期（再振動によってコンクリートの締固めが可能な範囲で、できるだけ遅い時期）に再振動を行う。

3. 温度ひび割れ抑制対策事例

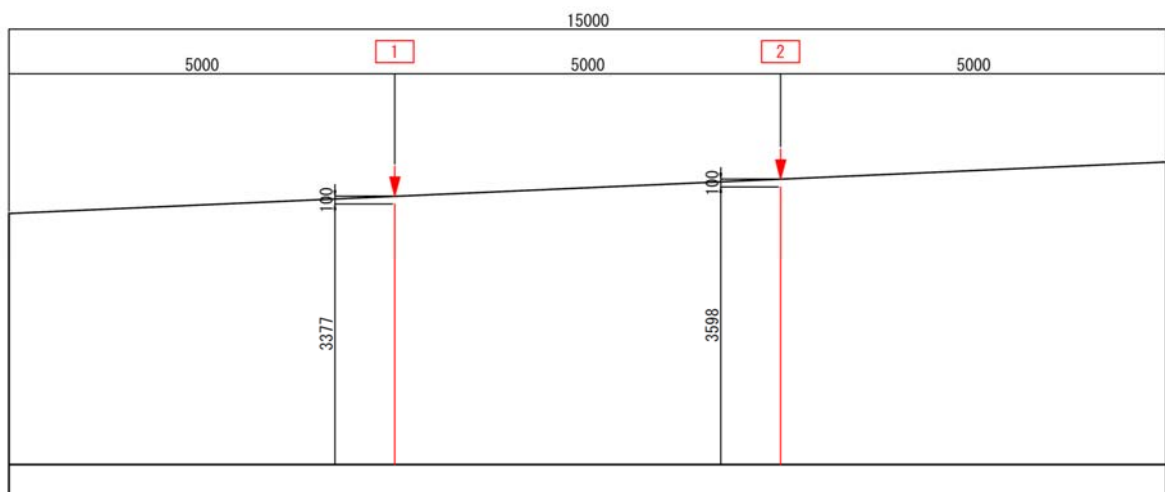
3.1 ひび割れ誘発目地

この事例は、逆 T 擁壁にひび割れ誘発目地を設置し、ひび割れ発生を防止したものである。

工事場所：高知県いの町

誘発目地		縦壁構造				打設時期	ひび割れ発生 の有無
設置間隔 L (m)	断面欠損率 (%)	長さ (m)	高さ H (m)	厚さ (m)	L/H		
5.0	48.0	15.000	3.488	0.400	1.4	10月～12月	無

たて壁前面



断面図

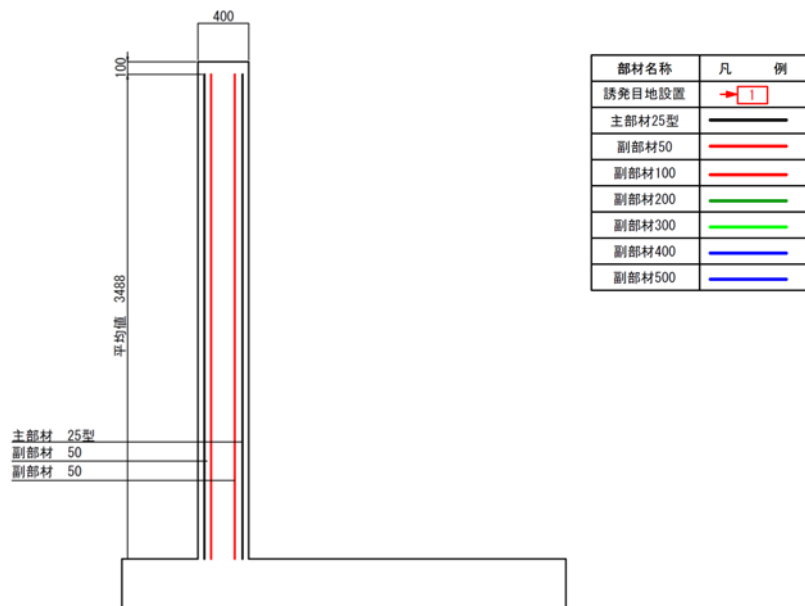


図 3.1 誘発目地設置位置図（擁壁）

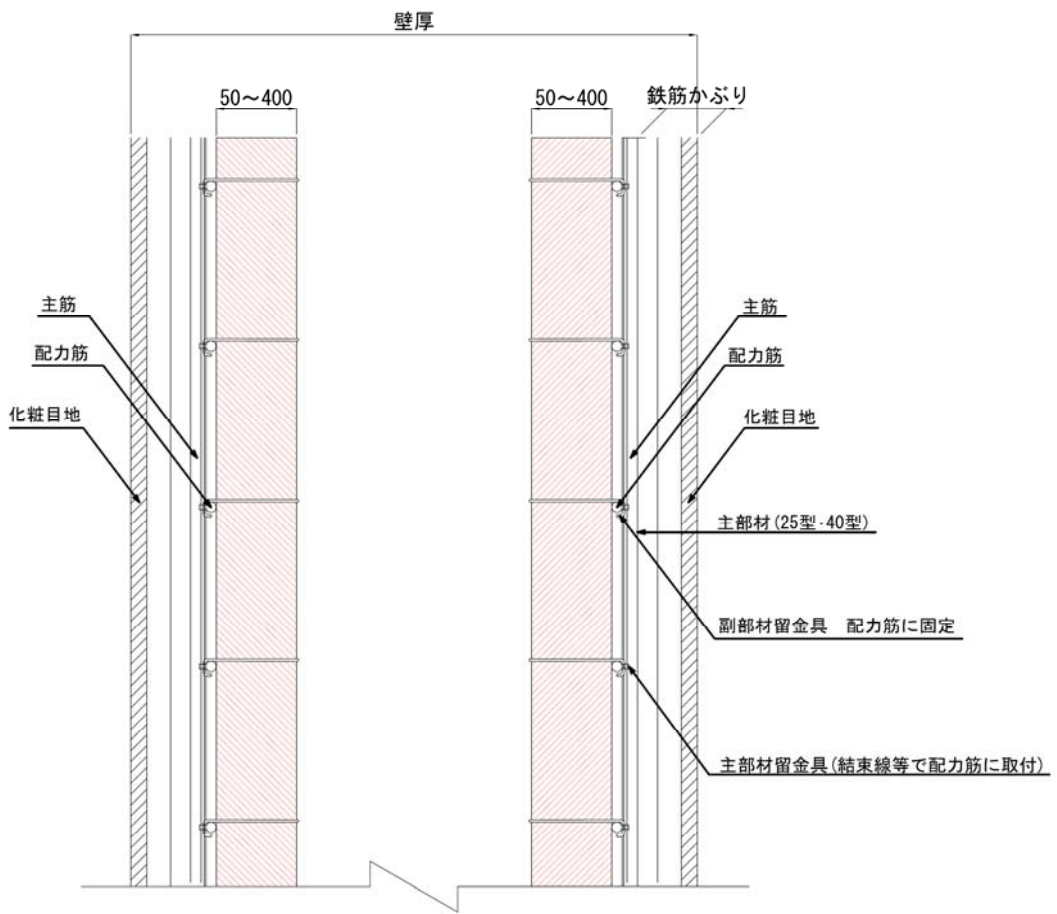


図 3.2 誘発目地取付詳細図



ID ジョイント
(株) イザキ

図 3.3 誘発目地取付け図

3.2 膨張材

この事例は、膨張材（石灰系）を使用して、樋門本体内工（側壁、頂版）のひび割れを防止したものである。

工事場所：愛媛県大洲市

誘発目地		縦壁構造				打設時期	ひび割れ発生 の有無
設置間隔 L (m)	断面欠損率 (%)	長さ (m)	高さ H (m)	厚さ (m)	L/H		
無	無	8.500	3.500	0.500	2.4	10月	無

表 3.1 コンクリート配合

呼び強度 (N/mm ²)	スラン プ (cm)	水セメ ント比 (%)	骨材最 大寸法 (mm)	単位量 (kg/m ³)					
				水	高炉セ メントB種	膨張材	細骨材	粗骨材	混和剤
27	12	53.5	20	162	303	20	903	1114	3.333

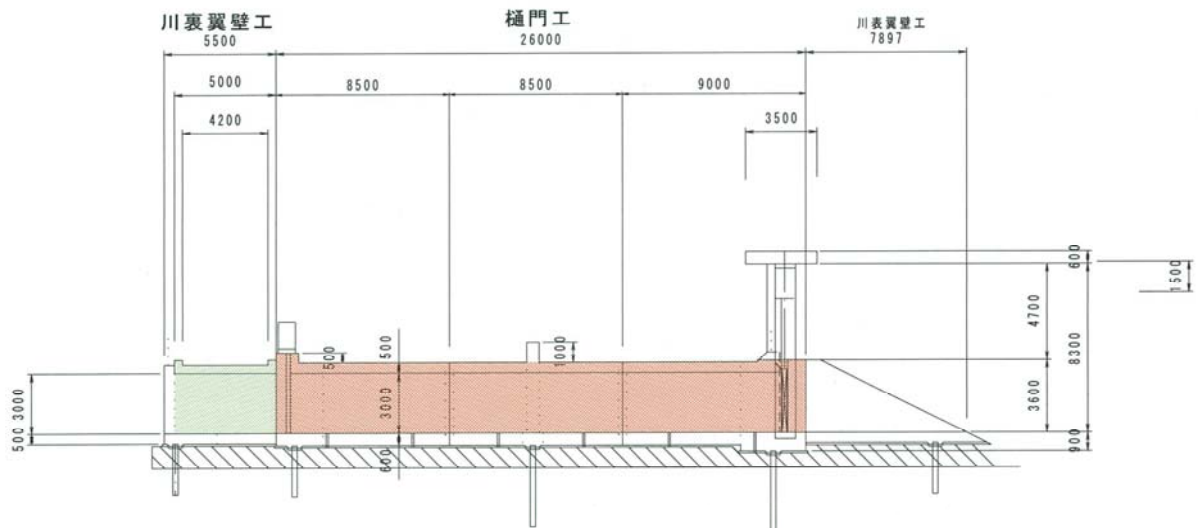


図 3.4 本体内工側面図

3.3 断熱養生

この事例は、昼夜の温度変化によるコンクリートの収縮を低減するため、脱型直後のコンクリート側面に気泡緩衝材（通称：プチプチシート）を直接コンクリートに巻き付け、コンクリートを保温しひび割れを防止したものである

工事場所：徳島県小松島市

誘発目地		縦壁構造				打設時期	ひび割れ発生の有無
設置間隔 L (m)	断面欠損率 (%)	長さ (m)	高さ H (m)	厚さ (m)	L/H		
6.216～7.032	34.6、36.8	26.952、 27.000	2.212～ 3.600	1.0	1.8～ 3.1	6月～8月	無

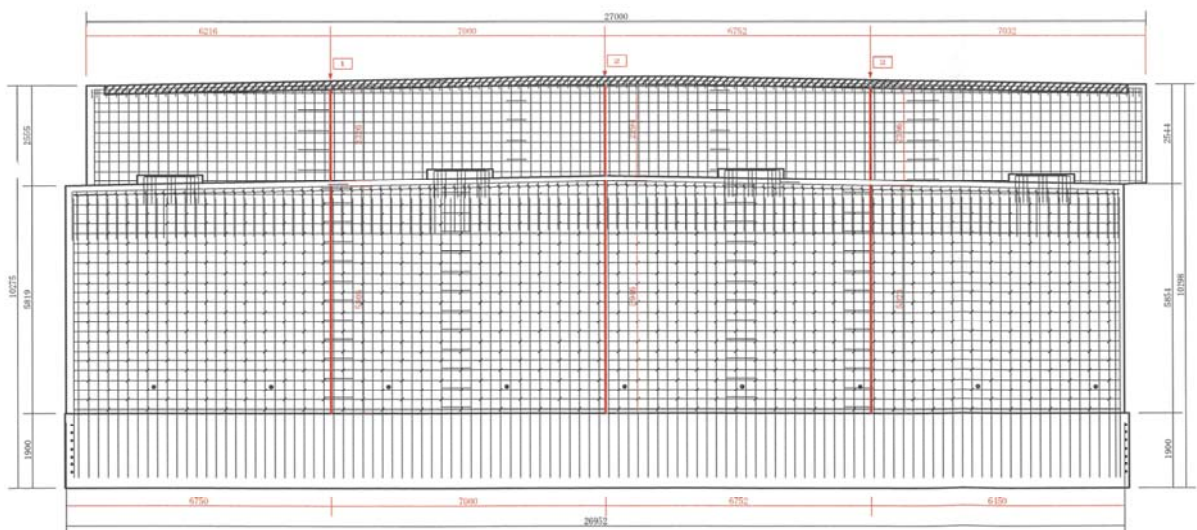


図 3.5 誘発目地設置位置図（橋台）



写真 3.1 気泡緩衝材を用いた養生

3.4 鉄筋増量

この事例は、橋台堅壁に補強鉄筋（D13）を設置したものである。補強鉄筋は、堅壁の下部（フーチングとの境界付近）に設置し、フーチングの拘束による温度ひび割れを防止している。

工事場所：香川県東かがわ市

誘発目地		堅壁構造				打設時期	ひび割れ発生 の有無
設置間隔 L (m)	断面欠損率 (%)	長さ (m)	高さ H (m)	厚さ (m)	L/H		
7.918、 8.524	42.0	16.442	3.450	2.000	2.3、 2.5	2月	無

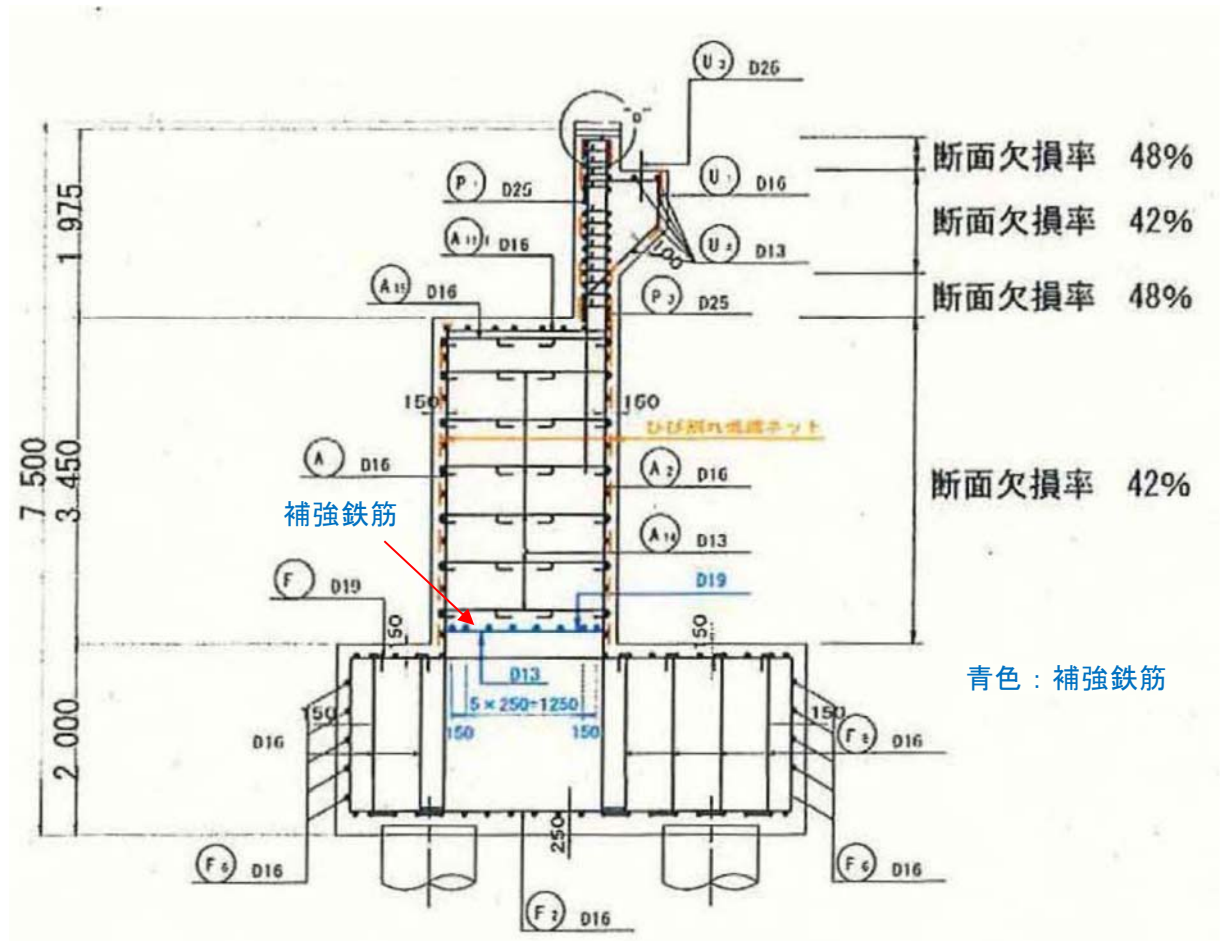


図 3.6 補強鉄筋の設置位置

3.5 ひび割れ抑制用ネット

この事例は、橋台縦壁に誘発目地とともにひび割れ抑制用ネットを設置し、ひび割れを防止したものである。

工事場所：高知県芸西村

誘発目地		縦壁構造				打設時期	ひび割れ発生 の有無
設置間隔 L (m)	断面欠損率 (%)	長さ (m)	高さ H (m)	厚さ (m)	L/H		
3.736～ 5.225	40.0	17.961	4.000	3.100	0.9～ 2.0	10月	無

正面図

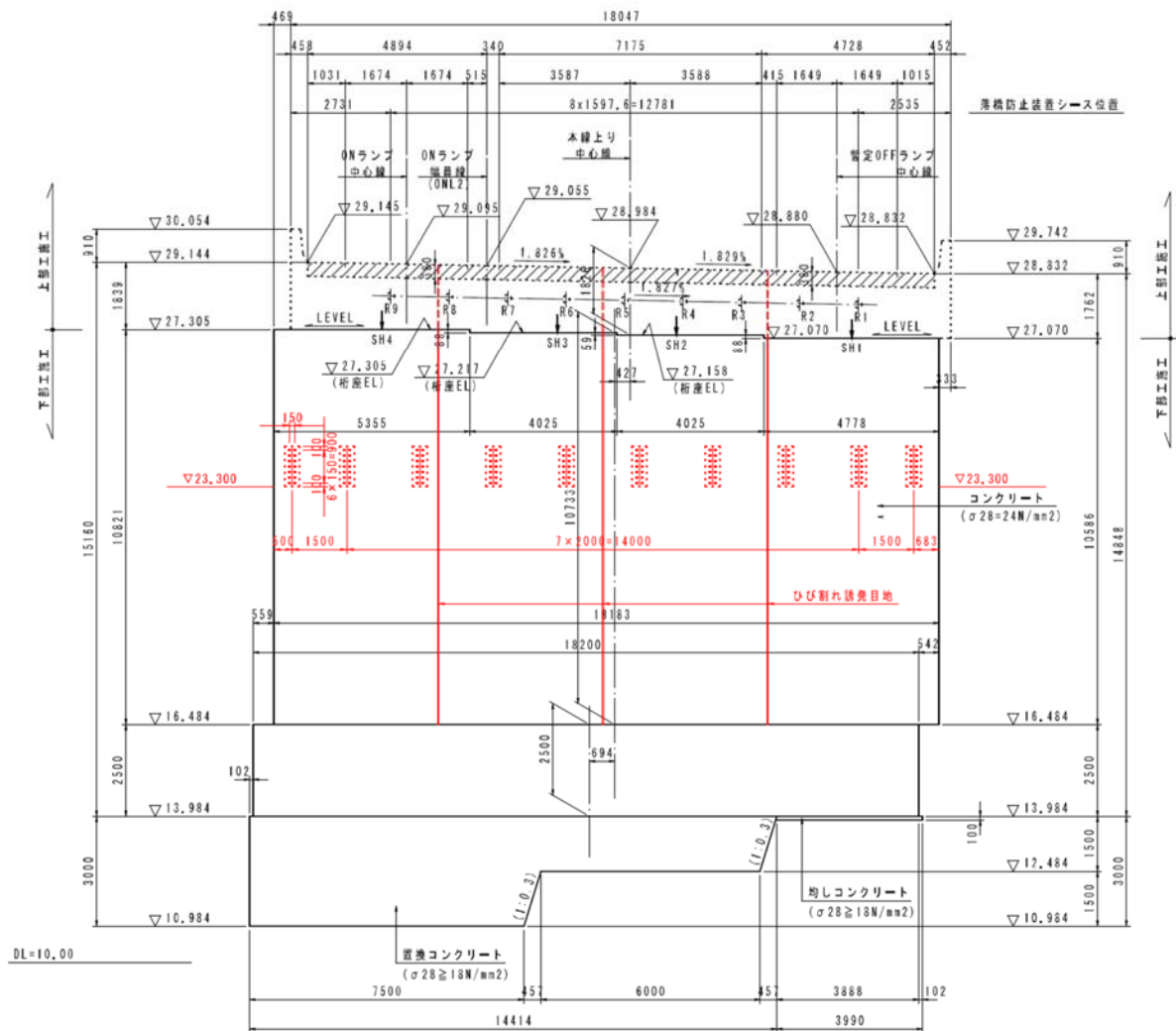


図 3.7 誘発目地設置位置図 (橋台)

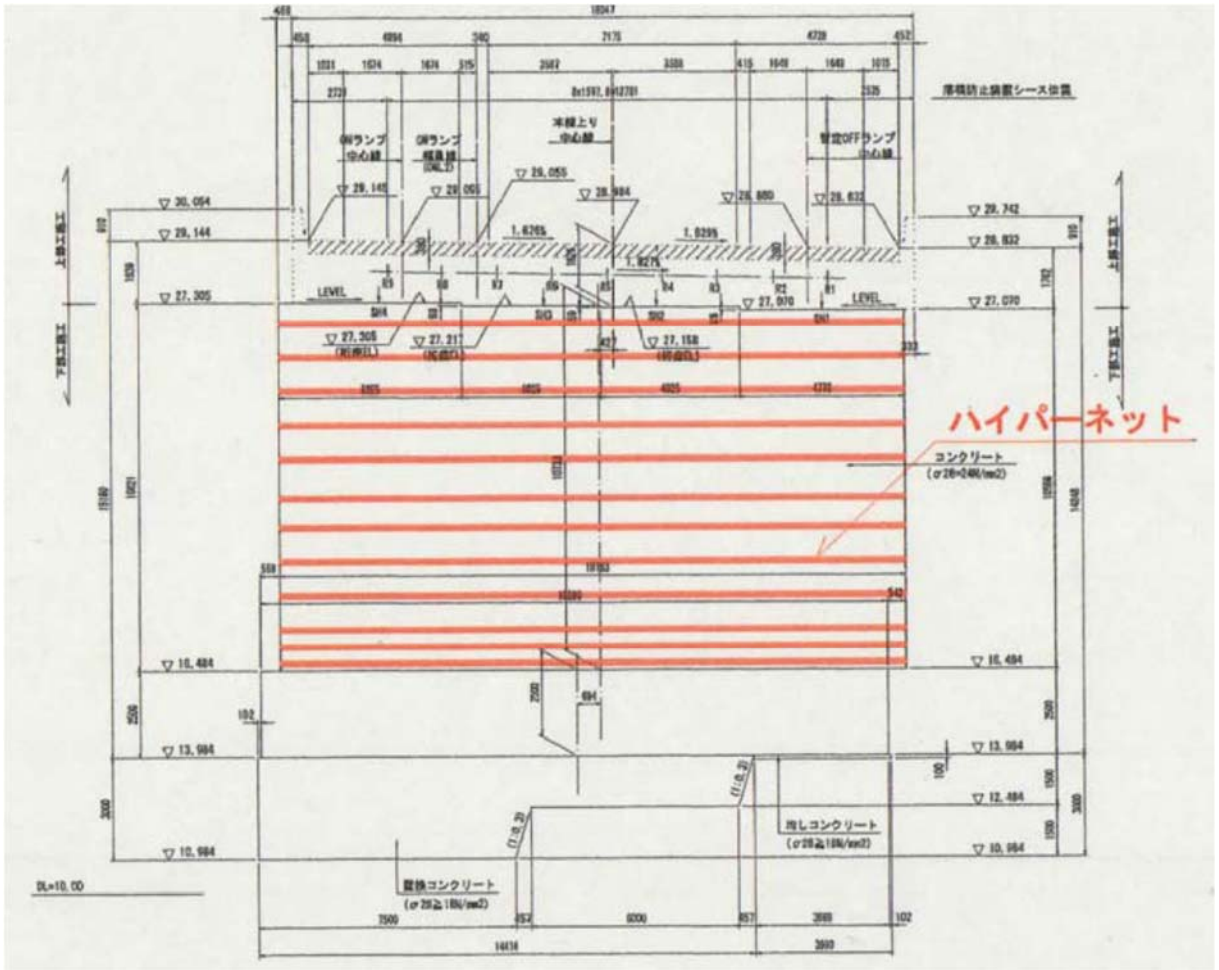


図 3.8 ひび割れ抑制用ネット設置位置図 (橋台)



(ハイパーネット 60 のカタログより引用、太平洋マテリアル (株))

写真 3.2 ひび割れ抑制用ネット

4. 既往指針・手引き類

本手引き（案）を作成するに当たり参考にした指針・手引き類（表 4.1）について、誘発目地の設置間隔および断面欠損率に関する記載内容を以下に示す。

表 4.1 ひび割れ誘発目地に関する記載のある指針・手引き類の一覧

名称	発行者	発行年
コンクリート標準示方書	土木学会	平成 25 年
マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016	日本コンクリート工学会	平成 28 年
九州地区における土木コンクリート構造物設計・施工指針（案）	九州地整	平成 26 年
コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き（案）	中国地整	平成 27 年
ひび割れ抑制のための参考資料（案） （橋脚、橋台、函渠、擁壁編）	東北地整	平成 29 年
設計便覧（道路編）	四国地整	平成 27 年
コンクリート構造物品質確保ガイド 2016	山口県	平成 28 年
コンクリート構造物ひび割れ抑制対策マニュアル（案）	鳥取県	平成 28 年

(1) コンクリート標準示方書（土木学会）

②2012 年制定コンクリート標準示方書 設計編 4.7 ひび割れ誘発目地【解説】 p. 376

一般的には、誘発目地の間隔は、コンクリート部材の高さの 1～2 倍程度とし、その断面欠損率は 50%程度とするのがよい。

②2012 年制定コンクリート標準示方書 施工編 9.9 ひび割れ誘発目地【解説】 p. 132

一般的には、誘発目地の間隔はコンクリート部材の高さの 1～2 倍程度とし、その断面欠損率は 50%程度とすることで確実に誘発できる場合が多い。

(2) 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）

3.3.3 外部拘束を低減する方法【解説】 pp. 34～35

ひび割れ誘発目地の間隔のおおよその目安は、1 回の打込み高さの 1～2 倍程度であるが、詳細には、温度応力解析結果に基づいて決定するのがよい。

たとえば、目地構造においては、図-3.3.7 に示すように、誘発箇所での断面減少を 40%程度以上とするのがよい。

(3) 九州地区における土木コンクリート構造物設計・施工指針（案）（九州地整）

2.3 初期ひび割れに対する照査 2.3.1 一般【解説】 p. 2-17

一般的には、誘発目地の間隔は、コンクリート部材の高さの 1～2 倍程度とし、その断面欠損率は 50%程度以上とすることで確実に誘発できることが多い。

3.10 ひび割れ誘発目地の計画【解説】 p. 3-16

ひび割れ誘発目地の断面欠損率は、従来から 30～50%程度が必要とされていたが、壁部材などのように温度応力によって発生する断面貫通ひび割れ（外部拘束温度ひび割れの場合など）を誘発するためには、誘発目地の間隔をコンクリート部材の高さの 1～2 倍程度、断面欠損率を 50%程度以上とするのがよい。

(4) コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き（案）（中国地整）

設計編 3.3. 温度ひび割れ対策 ポイント p. 11

ひび割れ誘発目地の断面欠損率は 50%程度以上に設定

設計編 3.3. 温度ひび割れ対策 解説 p. 11

下端が拘束され外部拘束が卓越するような壁部材等においては、あらかじめひび割れ誘発目地を設置することで、ひび割れを特定した場所に直線に誘発し補修を行いやすいように対処しておくことは、耐久性や見た目の観点からも有効な対策の一つである。この場合断面欠損率は 50%程度以上とする。

(5) ひび割れ抑制のための参考資料（案）（橋脚、橋台、函渠、擁壁編）（東北地整）

2-2. ひび割れ抑制対策の考え方 pp. 7～8

○誘発目地の仕様について

- (a) 壁厚が 500mm 以上の場合、L/H0.9 以下の間隔で設置し、壁厚が 500mm 未満の場合には、4～5m 程度の間隔で設置する。
- (b) 誘発目地の断面欠損率を 50%程度以上とすることで、ひび割れを確実に誘発できる場合が多い。

(6) 設計便覧（道路編）（四国地整）

第 3 章 擁壁 3. 目地の間隔および構造 3-1 目地の間隔 p. 3-12

擁壁の目地は、表 3-4-1 の標準間隔に設けるものとする。

表 3-4-1 目地の標準間隔（単位：m）

種 別	伸 縮 目 地	ひび割れ誘発目地
無筋コンクリート擁壁	10.0	5.0
鉄筋コンクリート擁壁	20.0	6.0m 以下 注 1)

注 1) ひび割れ誘発目地は 6 m 以下とし、打設時の温度等を考慮して適切に定める。

【その他の注意事項】

- ① ひび割れ誘発目地の欠損率は 30～50%を標準とする。
- ② ひび割れ誘発目地については、適切な防水対策を行うこと。
- ③ ひび割れ誘発目地は配力筋に直角方向とし、主筋に直角方向に設置してはならない。
- ④ 気温の高い時期、時間のコンクリート打設をできる限り避ける。

(7) コンクリート構造物品質確保【ガイド】2016（山口県）

3.3.3.2 目地の設置によるひび割れ抑制【解説】 p. 61

誘発目地が適切に機能するためには断面欠損率の設定が重要となることから、標準示方書設計編[7 編：鉄筋コンクリートの前提および構造細目] (4)・標準示方書施工編[施工標準] (3) を参照するとよい。

次に、平成 18 年の試行施工の中でボックスカルバートをモデルに温度応力解析を行い、解析結果をもとに、打込み時のコンクリート温度による誘発目地設置間隔の目安を決定した。その結果を表 3.3.4 に示す。ただし、暑中コンクリートとなる日平均気温が 25℃ 以上の場合はコンクリート打込み温度が高くなり、誘発目地の設置だけではひび割れの抑制が困難であるため、打込み時期をずらす等の考慮が必要となる。

表 3.3.4 誘発目地間隔の目安

打込み時期	誘発目地間隔
打込み時のコンクリート温度が低い時期	5.0m
その他の時期	3.5m
暑中コンクリートとなる場合	打込み時期をずらす等の考慮が必要

(8) コンクリート構造物ひび割れ抑制対策マニュアル（案）（鳥取県）

4.1 橋台 4.1.1 設計段階 p. 16

(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。

（鳥取県試案）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。

4.3 ボックスカルバート 4.3.1 設計段階 p. 37

(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。

（鳥取県試案）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こととし、断面欠損率は 50%程度以上とする。