

コンクリート構造物初期ひび割れ対策 事例集（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. コンクリートのひび割れ抑制対策.....	1
2.1 ひび割れの発生要因と抑制対策.....	1
2.2 温度ひび割れ.....	3
2.2.1 発生要因.....	3
2.2.2 抑制対策.....	3
2.3 乾燥収縮ひび割れ.....	4
2.3.1 発生要因.....	4
2.3.2 抑制対策.....	5
2.4 沈みひび割れ.....	5
2.4.1 発生要因.....	5
2.4.2 抑制対策.....	6
3. ひび割れ抑制対策事例.....	7
3.1 温度ひび割れ.....	7
3.1.1 水和発熱の小さいセメントの使用.....	7
3.1.2 混和材料の使用.....	8
3.1.3 単位セメント量の低減.....	8
3.1.4 材料温度の低減.....	8
3.1.5 コンクリートの打込み時期・時間.....	9
3.1.6 打込み方法.....	9
3.1.7 養生方法.....	9
3.1.8 熱膨張係数の小さい骨材の使用.....	11
3.1.9 膨張材の使用.....	12
3.1.10 水和熱抑制型超遅延剤の使用.....	13
3.2 乾燥収縮抑制対策.....	14
3.2.1 高性能 AE 減水剤の使用.....	14
3.2.2 良質なフライアッシュの使用.....	15
3.2.3 収縮低減剤の使用.....	16
3.2.4 膨張材の使用.....	16
3.3 沈みひび割れの抑制対策.....	17
3.3.1 高性能 AE 減水剤の使用.....	17
3.3.2 適切な打込み速度.....	17
3.3.3 適切な時期の再振動.....	17
4. 詳細事例.....	18
4.1 ひび割れ誘発目地.....	18

4.2 膨張材.....	22
4.3 断熱養生.....	24
4.4 鉄筋増量.....	27
4.5 ひび割れ抑制用ネット.....	29
5. 収集資料.....	31
5.1 既往指針・手引き類.....	31
6. 収集構造物資料.....	55
7. 収集工事統計処理.....	59

1. はじめに

「コンクリート構造物初期ひび割れ対策事例集(案)」は、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および抑制対策について解説するものである。特に、コンクリートの温度ひび割れ抑制対策については詳細事例を挙げて解説する。

また、この事例集には、「誘発目地によるひび割れ対策の手引き(案)」の作成に当たり参考とした既往指針・手引き類および収集した工事データを取りまとめている。

2. コンクリートのひび割れ抑制対策

2.1 ひび割れの発生要因と抑制対策

コンクリートに発生するひび割れは、表 2.1 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するもの」、「B. 施工に関するもの」、「C. 使用・環境条件に関するもの」および「D. 構造・外力などに関するもの」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 2.1 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當な変更
			4	不適當な打込み順序
			5	急速な打込み
		締固め 養生	6	不適當な締固め
			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	不適當な打継ぎ処理
	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	不適當な打重ね
			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
	支持条件		6	構造物の不同沈下
			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)

2.2 温度ひび割れ

2.2.1 発生要因

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よそ厚さ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。

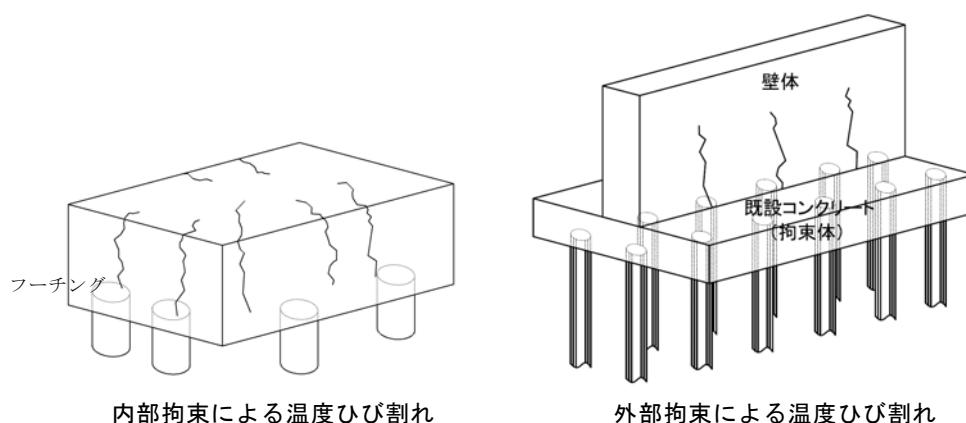


図 2.1 温度ひび割れの例

2.2.2 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。

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

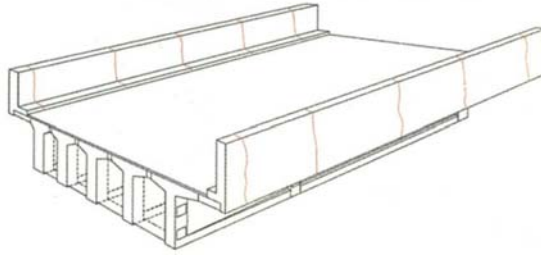
「引張応力を低減する方法」

- ・ひび割れ誘発目地の設置
- ・水和熱抑制型超遅延剤の使用

2.3 乾燥収縮ひび割れ

2.3.1 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-より引用)

図 2.2 乾燥収縮ひび割れの例

2.3.2 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

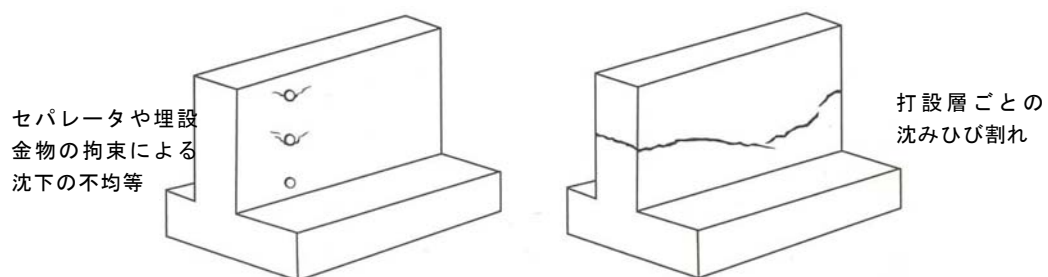
③ひび割れ抵抗性を向上させる

- ・短繊維の使用（繊維補強コンクリート）

2.4 沈みひび割れ

2.4.1 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-より引用)

図 2.3 沈みひび割れの例

2.4.2 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. ひび割れ抑制対策事例

3.1 温度ひび割れ

3.1.1 水和発熱の小さいセメントの使用

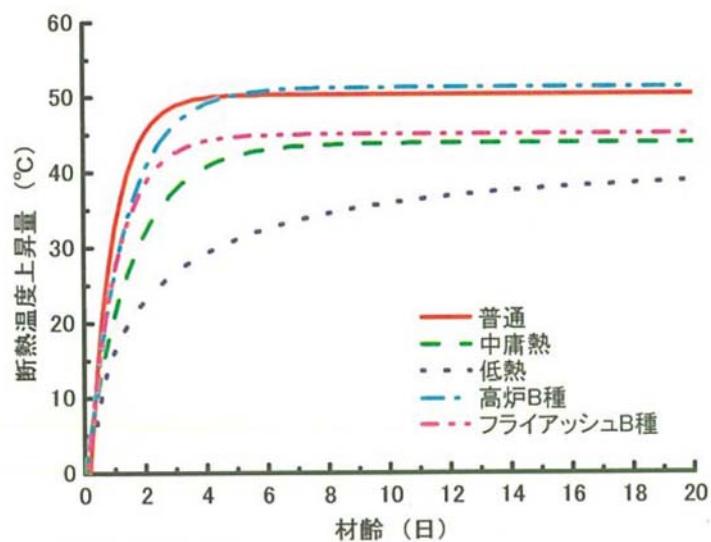
セメントは、コンクリートの強度および耐久性を満足するとともに、できるだけ温度上昇が小さく、自己収縮等が小さいものを構造物の種類、使用環境、施工条件などを考慮して適切に選定する。一般にマスコンクリートに用いられるセメントは、普通ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメント、低熱ポルトランドセメントおよび混合セメントB種である。

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 3.1 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)

3.1.2 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。

3.1.3 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

3.1.4 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 3.1 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 3.1 アジテータ車のドラムカバーの例

3.1.5 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。

3.1.6 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。

3.1.7 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 3.2 のように側壁にも使用可能なものがある。

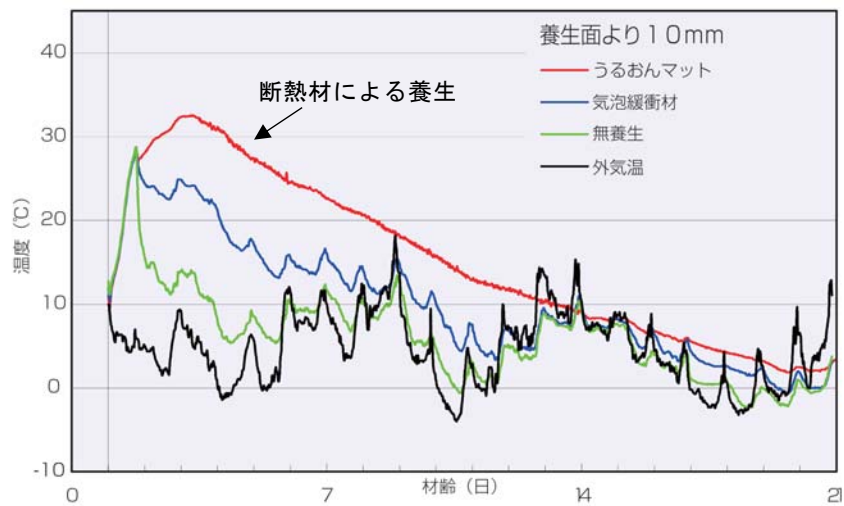
図 3.2 は養生方法の違いによるコンクリート温度（養生面より 10mm の位置）を比較したものである。断熱材による養生を行うとコンクリート温度の急激な低下を抑制できる。

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 3.2 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 3.2 断熱材による養生の実施例

3.1.8 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 3.1 に示す。

表 3.1 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

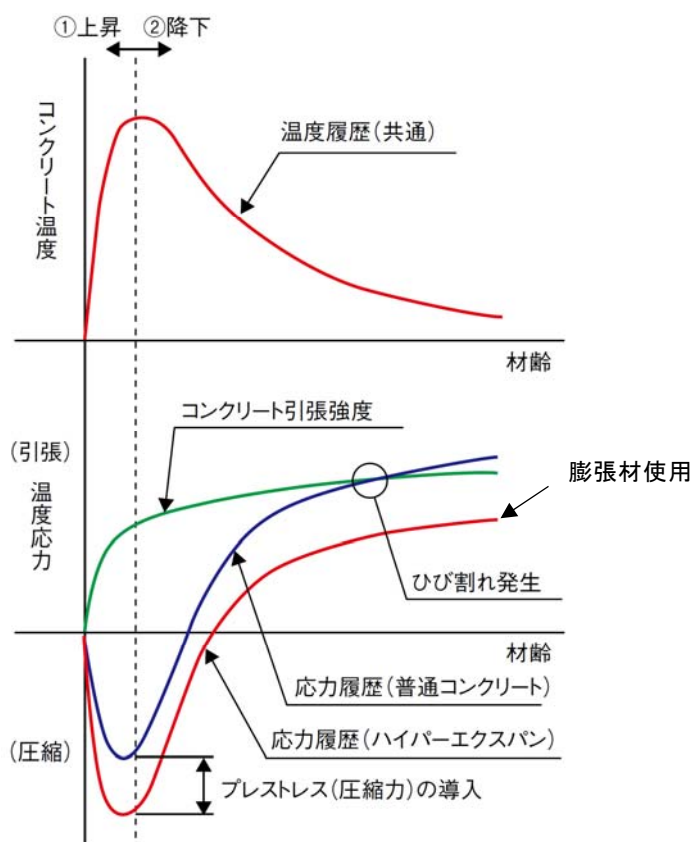
岩石種別	代表的な骨材含有量(wt%)	骨材の熱膨張係数 (10 ⁻⁶ /°C)				試験した岩石資料の数	コンクリートの熱膨張係数 (10 ⁻⁶ /°C)	
		最小	最大	最大変化	平均		測定最小値	測定最大値
チャート	94	7.4	13.0	5.6	11.8	50	11.4	12.2
珪岩	94	7.0	13.2	6.2	10.3	28	11.7	14.6
石英岩	94						9.0	13.2
砂岩	84	4.3	12.1	7.8	9.3	43	9.2	13.3
大理石	僅少	-2.2	16.0	18.2	8.3	35	4.1	7.4
珪酸質石灰岩	45	3.6	9.7	6.1	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 より引用)

3.1.9 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グラ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 3.3 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グラ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。

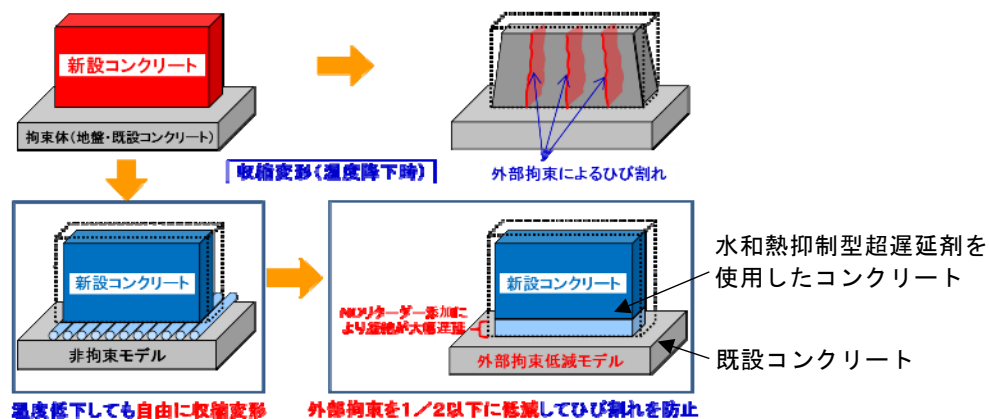


(太平洋ハイパーエキスパンのパンフレットより引用、一部加筆)

図 3.3 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

3.1.10 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 3.4 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リーダー”のパフレットより引用、一部加筆)

図 3.4 水和熱抑制型超遅延剤の使用による引張応力の低減

3.2 乾燥収縮抑制対策

3.2.1 高性能 AE 減水剤の使用

コンクリートの乾燥収縮は単位水量の影響を大きく受けることから、減水率の高い混和剤を使用して、単位水量の削減が図られている。表 3.2 に示すように、減水率の高い混和剤には、高性能減水剤や高性能 AE 減水剤などがあるが、現場打ちコンクリートには、スランプ保持性能に優れている高性能 AE 減水剤を使用する機会が多い。高性能減水剤はコンクリート製品工場において使用される機会が多い。

高性能 AE 減水剤は、高い減水性能と優れたスランプ保持性能を有する混和剤であり、その主成分により、便宜上、ポリカルボン酸系、ナフタリン系、アミノスルホン酸系およびメラミン系の 4 種類に分類されている。

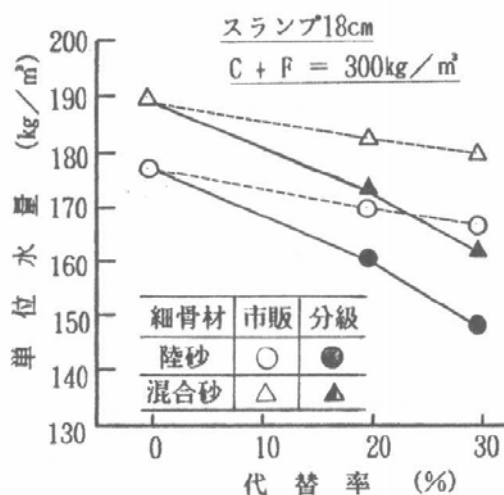
四国地整では「高性能 AE 減水剤を用いた流動化コンクリート配合設計の手引き（案）」が整備されており、平成 27 年度において改訂版が作成された。

表 3.2 化学混和剤の性能（JIS A 6204 コンクリート用化学混和剤）

項目	AE 剤	高性能減水剤	硬化促進剤	減水剤			AE 減水剤			高性能 AE 減水剤		流動化剤		
				標準形	遅延形	促進形	標準形	遅延形	促進形	標準形	遅延形	標準形	遅延形	
減水率	%	6 以上	12 以上	—	4 以上	4 以上	4 以上	10 以上	10 以上	8 以上	18 以上	18 以上	—	—
ブリーディング量の比	%	—	—	—	—	100 以下	—	70 以下	70 以下	70 以下	60 以下	70 以下	—	—
ブリーディング量の差	cm ³ /cm ²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.10 以下	0.20 以下
凝結時間の差	始発	-60~ +60	+90 以下	—	-60~ +90	+60~ +210	+30 以下	-60~ +90	+60~ +210	+30 以下	-60~ +90	+60~ +210	-60~ +90	+60~ +210
	終結	-60~ +60	+90 以下	—	-60~ +90	0~ +210	0 以下	-60~ +90	0~ +210	0 以下	-60~ +90	0~ +210	-60~ +90	0~ +210
圧縮強度比	材齢 1 日	—	—	120 以上	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	材齢 2 日 (5℃)	—	—	130 以上	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	材齢 7 日	95 以上	115 以上	—	110 以上	110 以上	115 以上	110 以上	110 以上	115 以上	125 以上	125 以上	90 以上	90 以上
	材齢 28 日	90 以上	110 以上	90 以上	110 以上	110 以上	110 以上	110 以上	110 以上	110 以上	115 以上	115 以上	90 以上	90 以上
長さ変化比	%	120 以下	110 以下	130 以下	120 以下	120 以下	120 以下	120 以下	120 以下	120 以下	110 以下	110 以下	120 以下	120 以下
凍結融解に対する抵抗性 (相対動弾性係数 %)		60 以上	—	—	—	—	—	60 以上	60 以上	60 以上	60 以上	60 以上	60 以上	60 以上
経時変化量	スランプ	cm	—	—	—	—	—	—	—	—	6.0 以下	6.0 以下	4.0 以下	4.0 以下
	空気量	%	—	—	—	—	—	—	—	—	±1.5 以内	±1.5 以内	±1.0 以内	±1.0 以内

3.2.2 良質なフライアッシュの使用

フライアッシュは本来、その球形粒子のボールベアリング効果により、コンクリートの流動性を高め、単位水量を削減できる混和材である。近年、球形粒子を持つ良質なフライアッシュの入手は難しくなっているが、石炭灰を分級し良質なフライアッシュだけを取り出した分級フライアッシュが販売されている。分級フライアッシュは JIS A 6201 コンクリート用フライアッシュ(表 3.3)の I 種に分類され、ブレーン比表面積が 5,000cm²/g 以上と高く、一般に使用されている JIS A 6201 の II 種品に比べて細かい粒子となっている。そのため、図 3.5 に示すように大幅な減水効果が期待でき、乾燥収縮ひび割れの抑制に寄与する。



石井ほか：分級フライアッシュを使用した高性能混和材に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、10-2、p.11、1988より引用

図 3.5 分級フライアッシュの代替率と単位水量の関係

表 3.3 フライアッシュの品質 (JIS A 6201 コンクリート用フライアッシュ)

項目		種類	フライアッシュ I 種	フライアッシュ II 種	フライアッシュ III 種	フライアッシュ IV 種
二酸化けい素		%	45.0 以上			
水分		%	1.0 以下			
強熱減量 ⁽¹⁾		%	3.0以下	5.0以下	8.0以下	5.0以下
密度		g/cm ³	1.95以上			
粉末度 ⁽²⁾	45 μmふるい残分 (網ふるい方法) ⁽³⁾	%	10以下	40以下	40以下	70以下
	比表面積 (ブレーン方法)	cm ² /g	5 000以上	2 500以上	2 500以上	1 500以上
フロー値比		%	105以上	95以上	85以上	75以上
活性度指数	%	材齢28日	90以上	80以上	80以上	60以上
		材齢91日	100以上	90以上	90以上	70以上

注⁽¹⁾ 強熱減量に代えて、未燃炭素含有率の測定を JIS M 8819 又は JIS R 1603 に規定する方法で行い、その結果に対し強熱減量の規定値を適用してもよい。

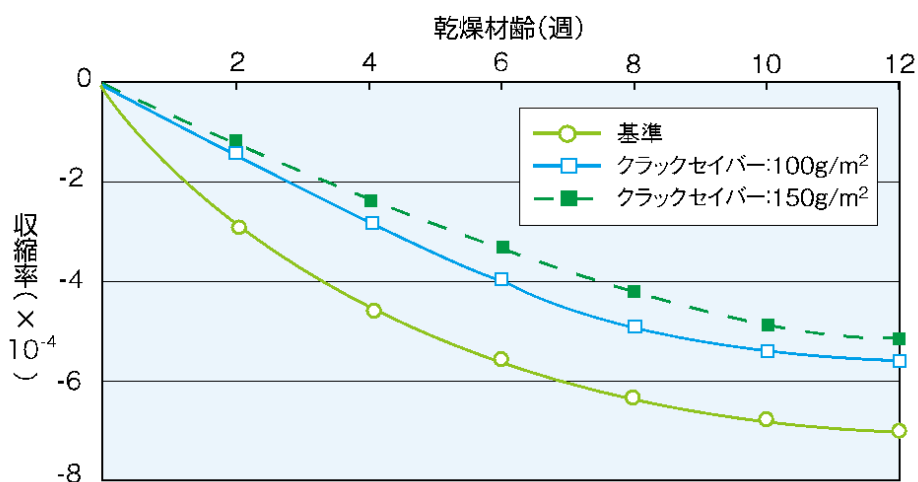
⁽²⁾ 粉末度は、網ふるい方法又はブレーン方法による。

⁽³⁾ 粉末度を網ふるい方法による場合は、ブレーン方法による比表面積の試験結果を参考値として併記する。

3.2.3 収縮低減剤の使用

収縮低減剤は硬化コンクリート細孔溶液中の水の表面張力を小さくし、乾燥したときの収縮力を低減させる機能を持つ混和剤である。収縮低減剤にはコンクリート練混ぜ時に混合するタイプとコンクリート養生後にコンクリート表面に含浸させるタイプがある。四国では後者のタイプが多く技術提案されている。

図 3.6 は収縮低減剤を用いた場合の収縮率の経時変化を示したものである。収縮低減剤を使用しない場合（基準）に比べて収縮率が小さいことが分かる。なお、コンクリート養生後にコンクリート表面に含浸させるタイプの収縮低減剤を使用する場合、コンクリートの圧縮強度が所要の強度（ $5\text{N}/\text{mm}^2$ ）以上となったのを確認して施工することが重要である。



(クラックセイバーのパフレットより引用、太平洋マテリアル株式会社)

図 3.6 乾燥材齢と収縮率の関係

3.2.4 膨張材の使用

膨張材は乾燥収縮の抑制対策としても有効である。施工上の留意点等は前述したとおりである。

3.3 沈みひび割れの抑制対策

3.3.1 高性能 AE 減水剤の使用

沈みひび割れは単位水量が多くブリーディングの多いコンクリートで発生しやすいことから、高性能 AE 減水剤を使用して単位水量を減らし、ブリーディングの少ないコンクリートとする。

3.3.2 適切な打込み速度

30 分当たり 1～1.5m 程度の適切な打設速度でコンクリートの打込みを行う。また、張出し部分を持つコンクリート構造物、壁または柱とスラブまたははりとは連続しているコンクリート構造物等では、断面の異なるそれぞれの部分でコンクリートに生じる沈下の程度に差があり、そのために、一度にコンクリートを打込むと断面の変わる境界面にひび割れが発生することが多い。したがって、コンクリートは断面の変わる場所でいったん打ち止め、そのコンクリートの沈下が落ち着いてから張出し部分等の上層コンクリートを打込む。コンクリートの沈下が落ち着くのは 1～2 時間程度である。

3.3.3 適切な時期の再振動

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。打終わりから比較的早い時期（15 分～60 分程度）で、練混ぜ開始から 120 分（気温が 25℃ を超える場合は 90 分）以内が目安となる。その際、再振動を行うと、コンクリートの側圧が大きくなる可能性があるため、型枠はあらかじめ再振動を想定した設計を行う必要がある。

4. 詳細事例

4.1 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。コンクリートの打設時期は 10 月～12 月であり、温度ひび割れの防止には比較的条件の良い時期である。

使用された誘発目地は写真 4.1 に示す ID ジョイントである。

誘発目地間隔は、3.9m、4.167m および 5m の 3 パターンであり、断面欠損率はいずれも 48.0% である。

誘発目地は、図 4.4 に示すように、全長 43.101m において 6 箇所設置されている。

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		
3.9～5.0	48.0	15.000	3.488	0.400	1.4	10月～12月	無

たて壁前面

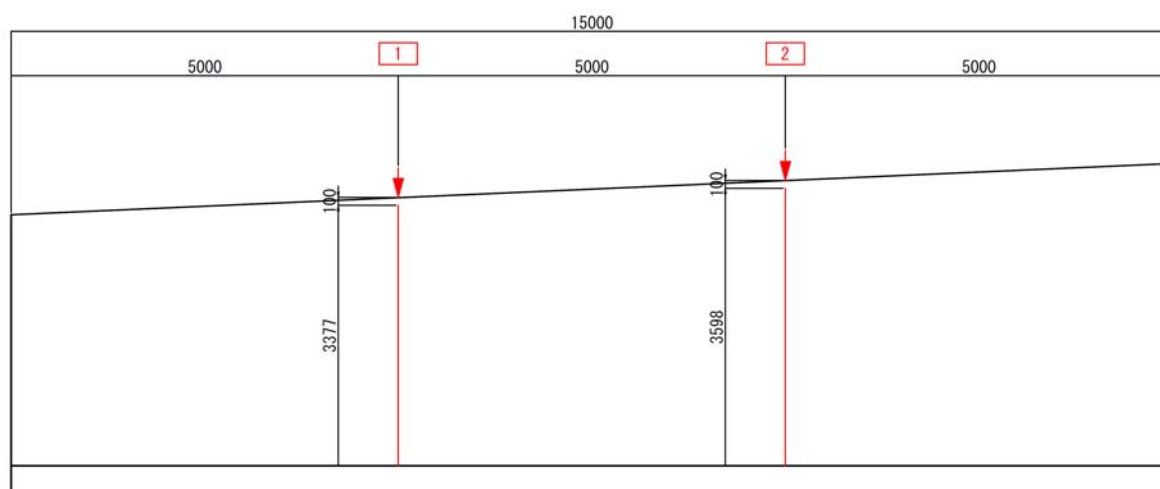


図 4.1 誘発目地設置位置図（逆 T 擁壁）

断面図

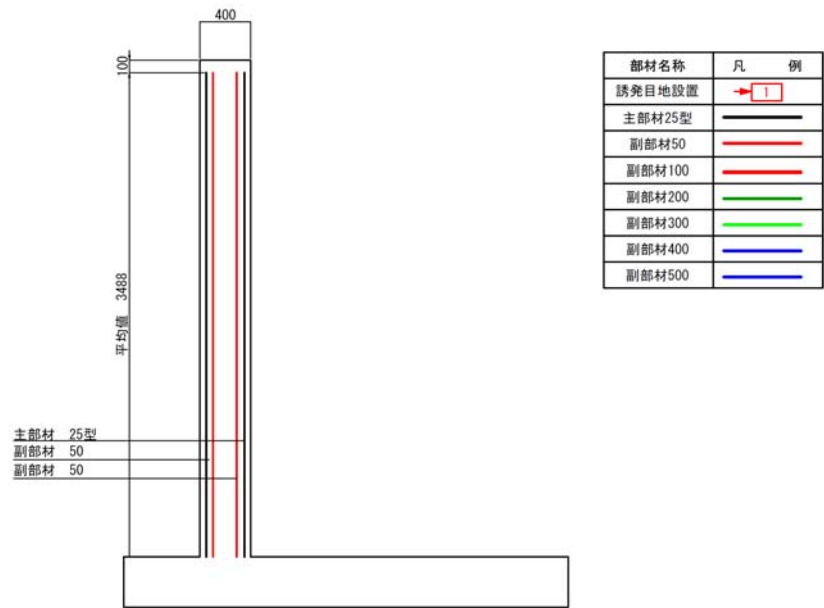


図 4.2 誘発目地設置位置図 (逆T擁壁)

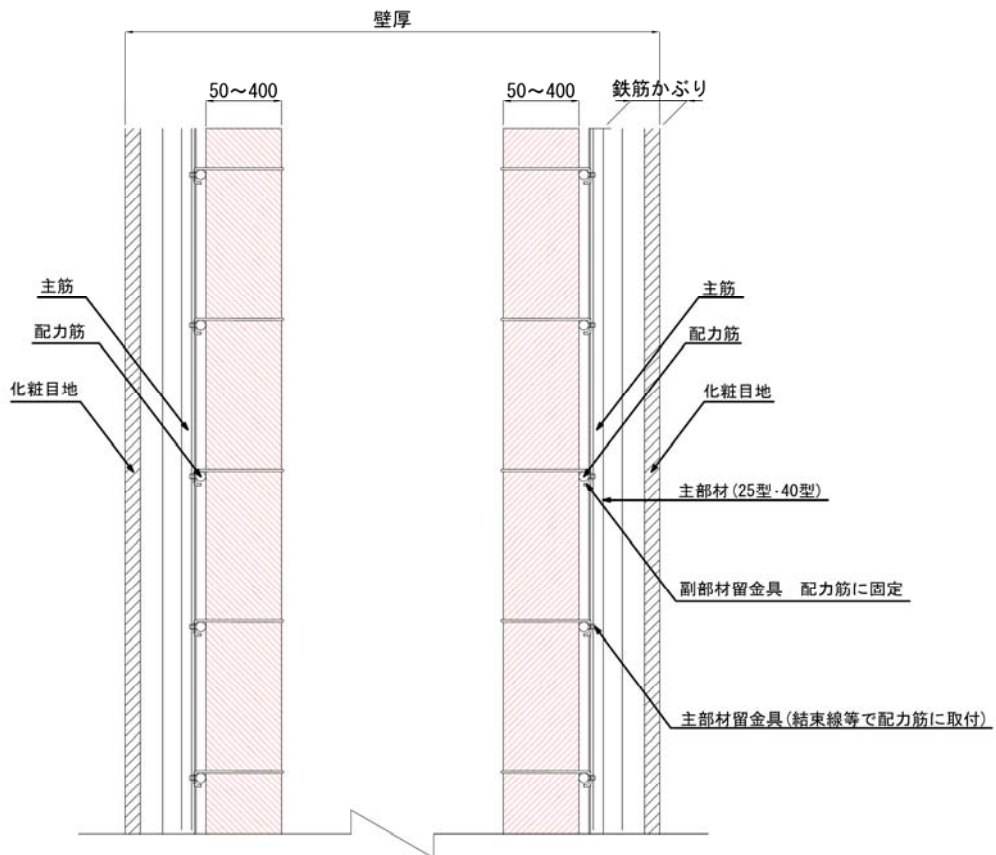


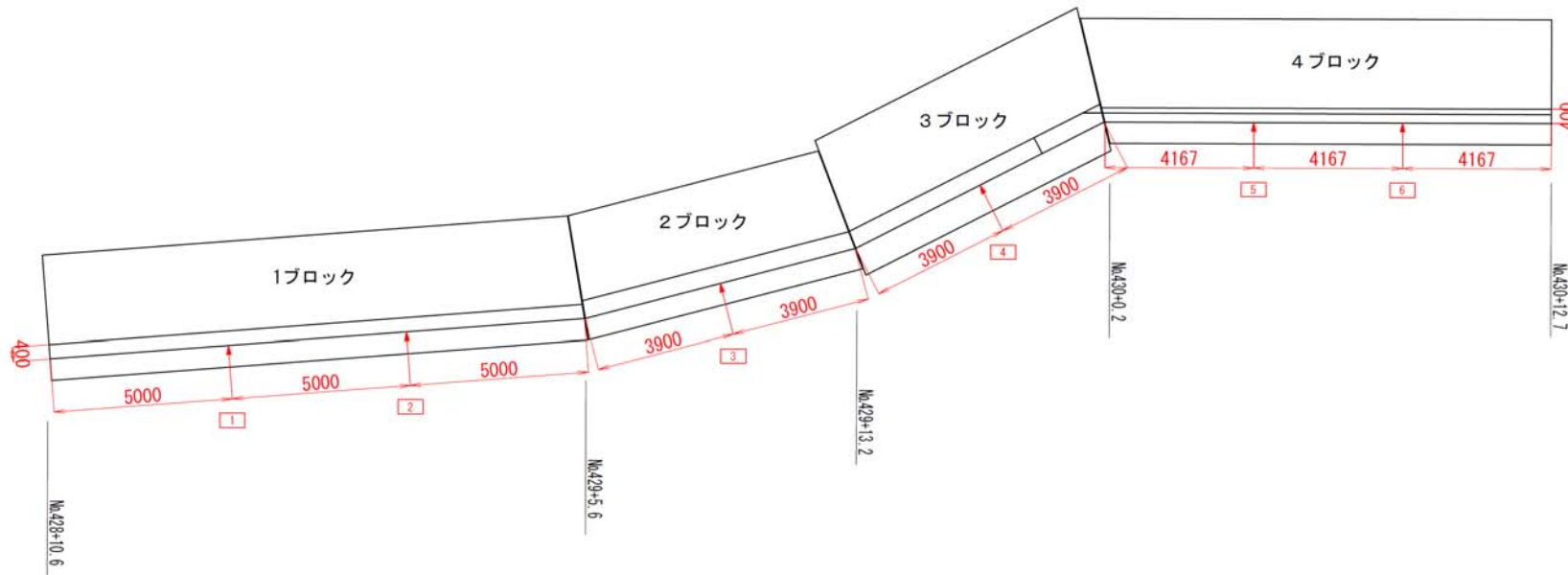
図 4.3 誘発目地取付詳細図



ID ジョイント
(有) イザキ

写真 4.1 誘発目地取付イメージ

平面図



部材名称	凡 例
誘発目地設置	→ 1
主部材25型	—
副部材50	—
副部材100	—
副部材200	—
副部材300	—
副部材400	—
副部材500	—

図 4.4 誘発目地計画図

4.2 膨張材

この事例は、膨張材（石灰系、図 4.6）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。

膨張材は、コンクリートの沈下により鉄筋下部に空隙が生ずる恐れがあるので、空隙発生を防止する目的で使用されている。

膨張材の使用量は $20\text{kg}/\text{m}^3$ であり、一般的な収縮補償レベルの使用量である。

この事例ではひび割れ誘発目地が設置されておらず堅壁の長さは 8.5m と比較的長い、ひび割れの発生は報告されていない。

コンクリート打設後の初期養生を確実に行ったことにより、膨張材の性能が発揮されたものと考えられる。

施工計画によると、養生マットによる7日間の養生期間がとられている。

工事場所：愛媛県大洲市

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		
無	無	8.500	3.500	0.500	2.4	10月	無

表 4.1 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

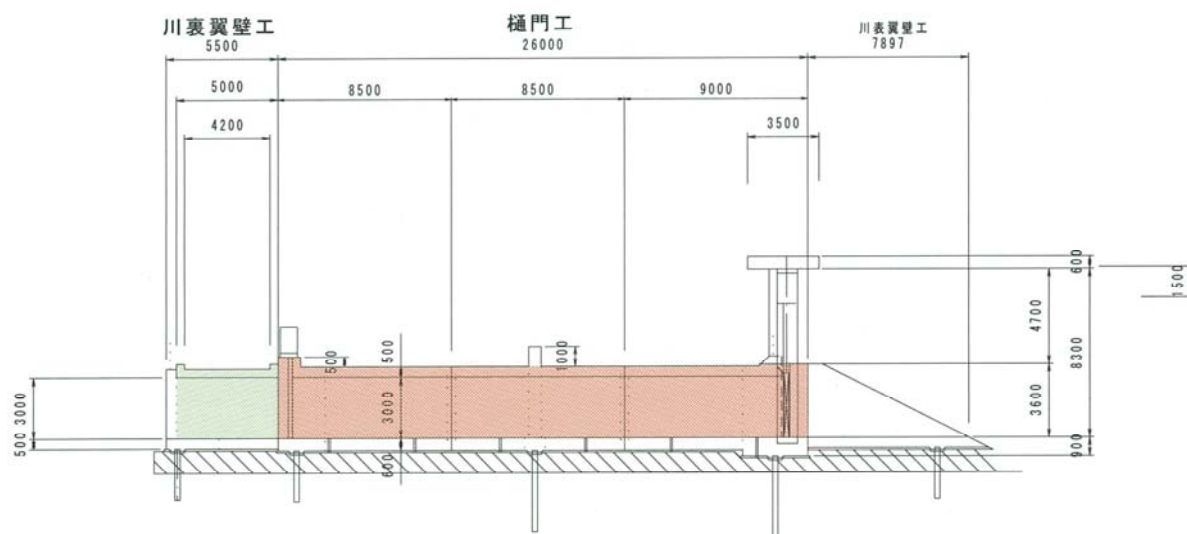
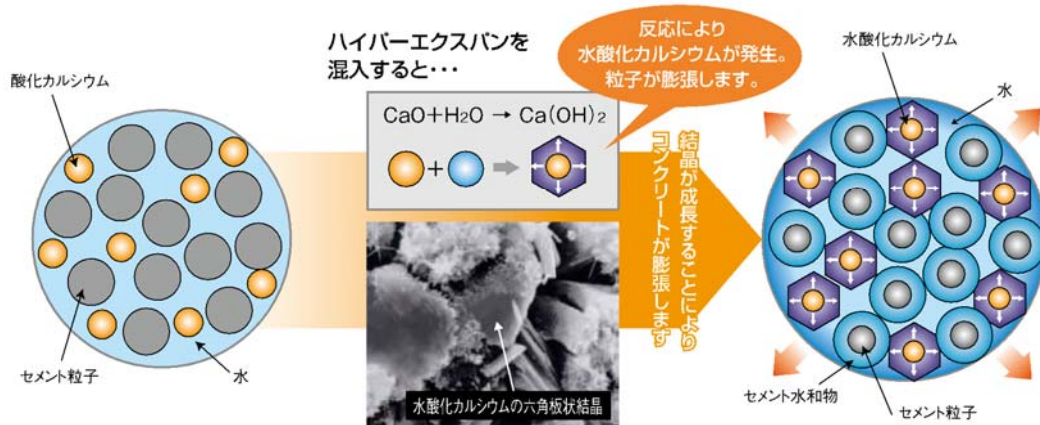


図 4.5 本体内工側面図

酸化カルシウム(CaO)と水(H₂O)が反応して、水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)になります。このとき水酸化カルシウムの粒子が膨張し、コンクリートを適度に膨張させます。



ハイパーエクспанの成分・物性

製品名	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	化学成分(%)							
			強熱減量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	f-CaO
構造用	3.16	3,450	0.9	4.8	1.2	0.8	76.3	0.6	15.4	50.0
M (水和熱抑制型)	3.16	3,450	4.3	4.8	1.2	0.8	73.5	0.6	14.8	48.2

●ハイパーエクспанMの強熱減量は、水和熱抑制剤の影響でJIS規格値を満足しておりません。土木学会では強熱減量以外の品質を確認するとともに膨張コンクリートの品質を満足することを確認してから用いるとしています。(土木学会コンクリート標準示方書「施工編」参照)
f-CaO(フリーライム) 未反応の遊離酸化カルシウム(CaO) 水和反応により膨張性を示します。

(太平洋ハイパーエクспанのパフレットより引用、太平洋マテリアル)

図 4.6 使用された膨張材(石灰系)の成分、物性

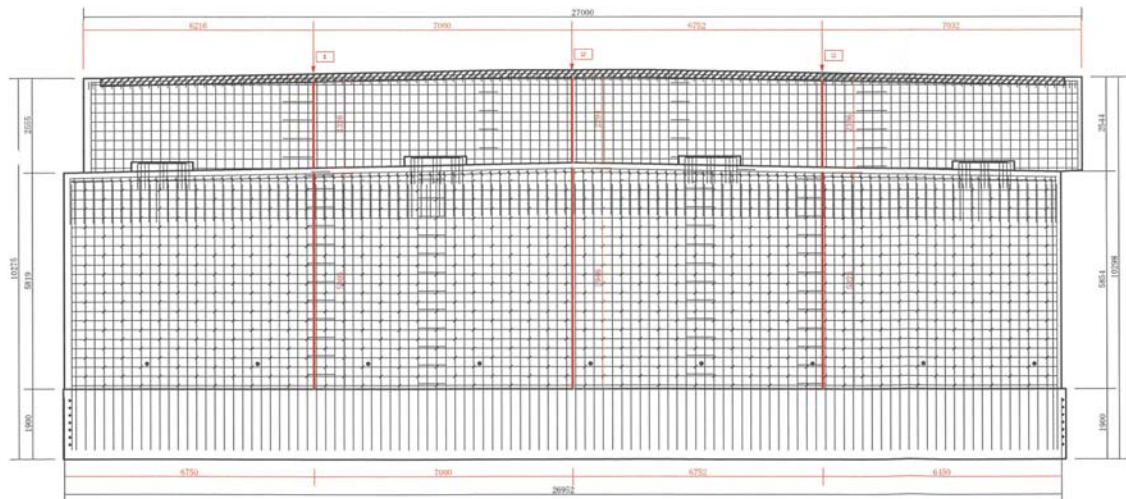
4.3 断熱養生

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（写真 4.2）。

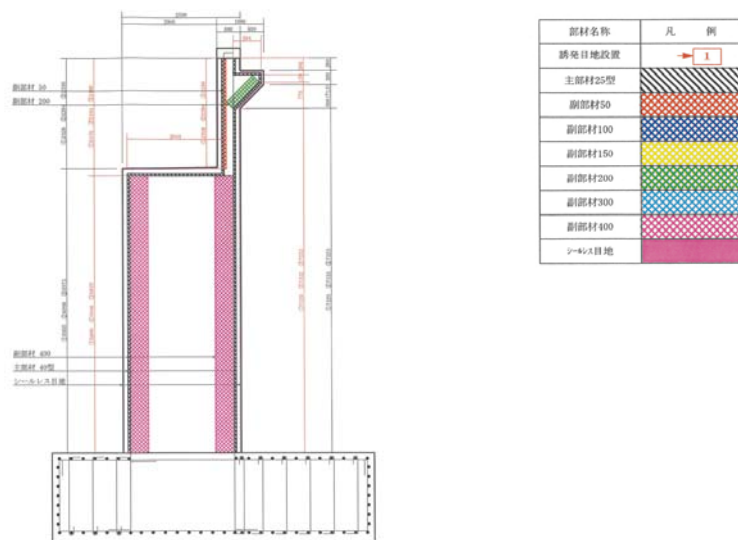
なお、ひび割れ抑制対策として、他に、保温養生マット（図 4.9）および高性能収縮低減剤が使用されている。

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



正面図

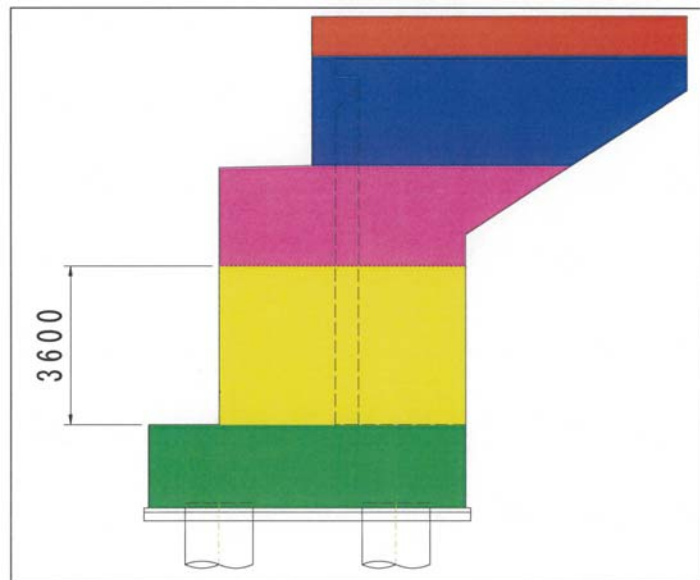


断面図

図 4.7 誘発目地設置位置図（橋台）

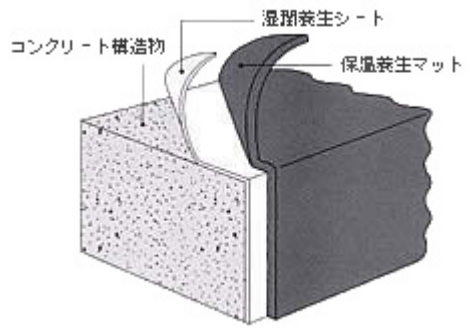


写真 4.2 気泡緩衝材を用いた養生

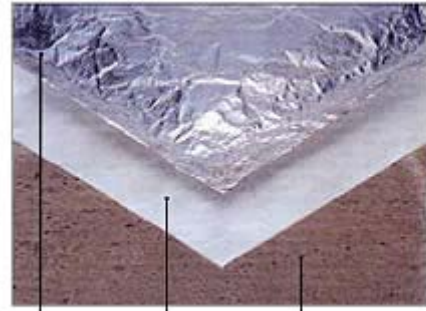


5回目	4 m ³
4回目	52 m ³
3回目	180 m ³
2回目	255 m ³
1回目	347 m ³

図 4.8 コンクリート打設リフト割り



「Qマット」模式図



保温養生マット 湿阻養生シート コンクリート構造物

「Qマット」構成

(東洋紡 HP より引用)

図 4.9 使用された保温養生マット

4.4 鉄筋増量

この事例は、橋台豎壁に補強鉄筋（D13）を設置したものである（図 4.10）。

補強鉄筋は、豎壁の下部（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。

耐久性に影響を及ぼす幅 0.2mm 以上のひび割れは防止できているが、幅 0.08mm のひび割れは発生している。発生したひび割れは接着型止水板で補修されている。

なお、この事例では、他のひび割れ抑制対策として、ひび割れ抑制用ネット（4.5 に示す）および躯体をブルーシートで覆う保温養生が行われている。

工事場所：香川県東かがわ市

誘発目地		豎壁構造				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*

※：補修が必要な幅 0.2mm 以上のひび割れは発生していない。

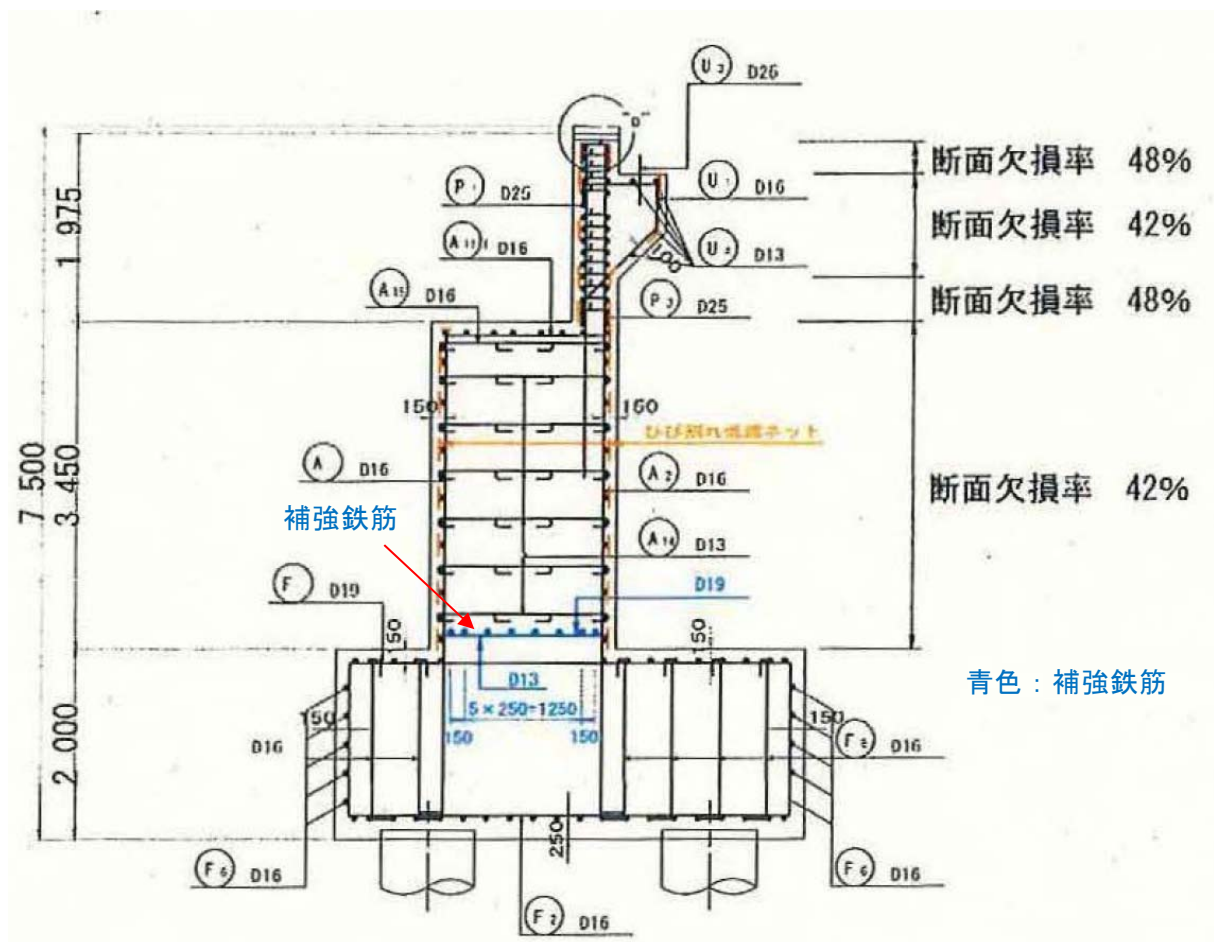


図 4.10 補強鉄筋の設置位置

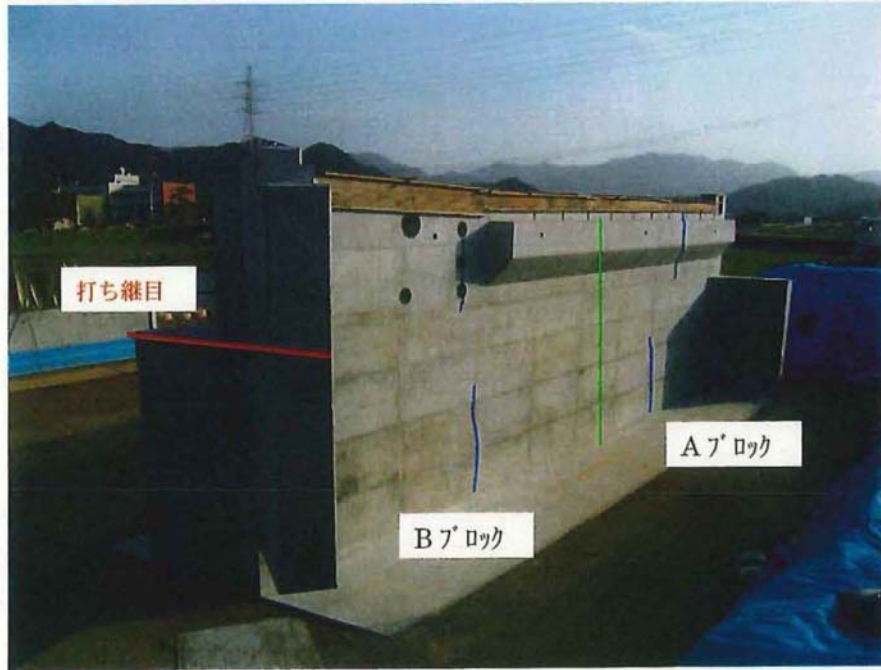


写真 4.3 全体写真

4.5 ひび割れ抑制用ネット

この事例は、橋台豎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。

ひび割れ抑制用ネットは鉄筋に取り付けるため（写真 4.4）、鉄筋間隔が狭くなっていることと同じであり、コンクリートの打込み時にはコンクリートが確実に締固められるように留意する必要がある。

コンクリートの打込み時にはネットが所定の位置から外れないように留意する必要がある。

工事場所：高知県芸西村

誘発目地		豎壁構造				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

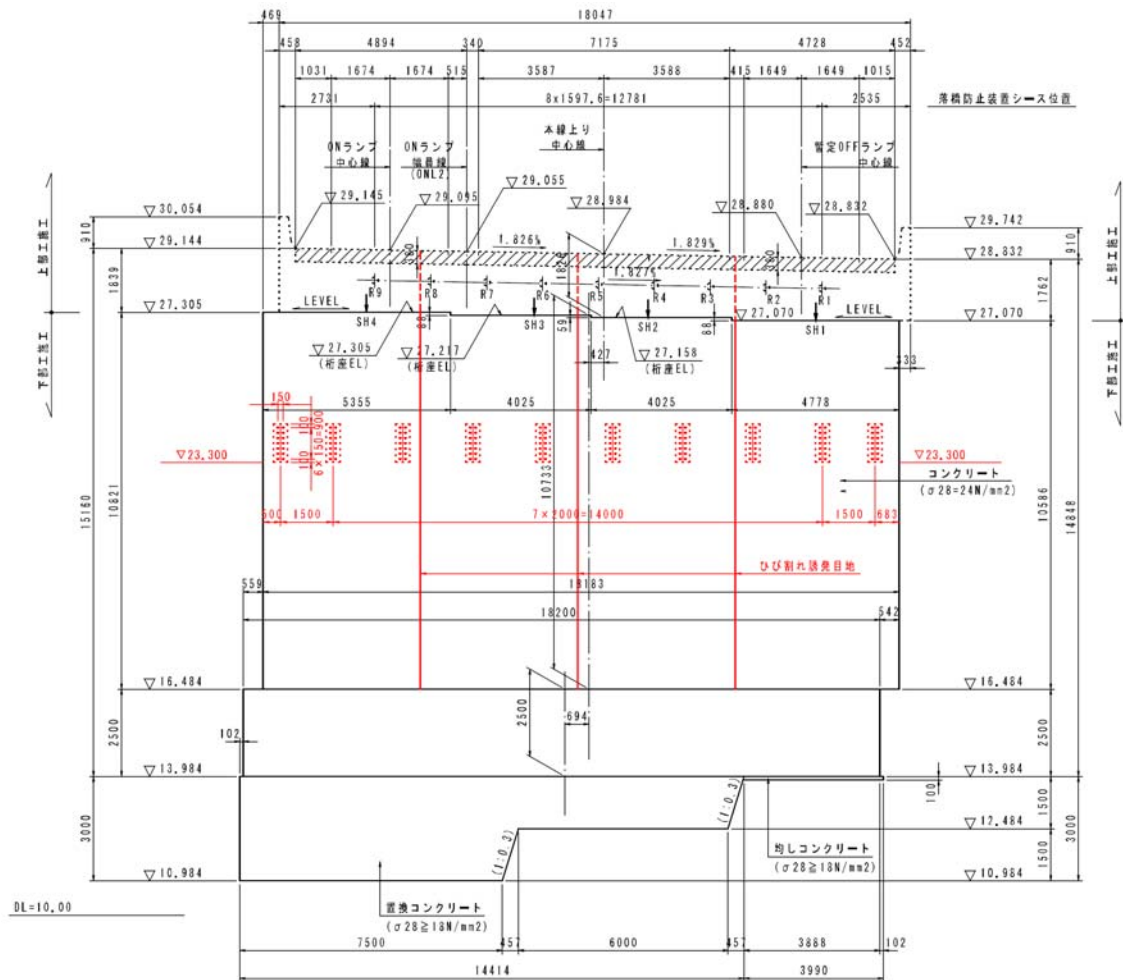


図 4.11 誘発目地設置位置図（橋台）

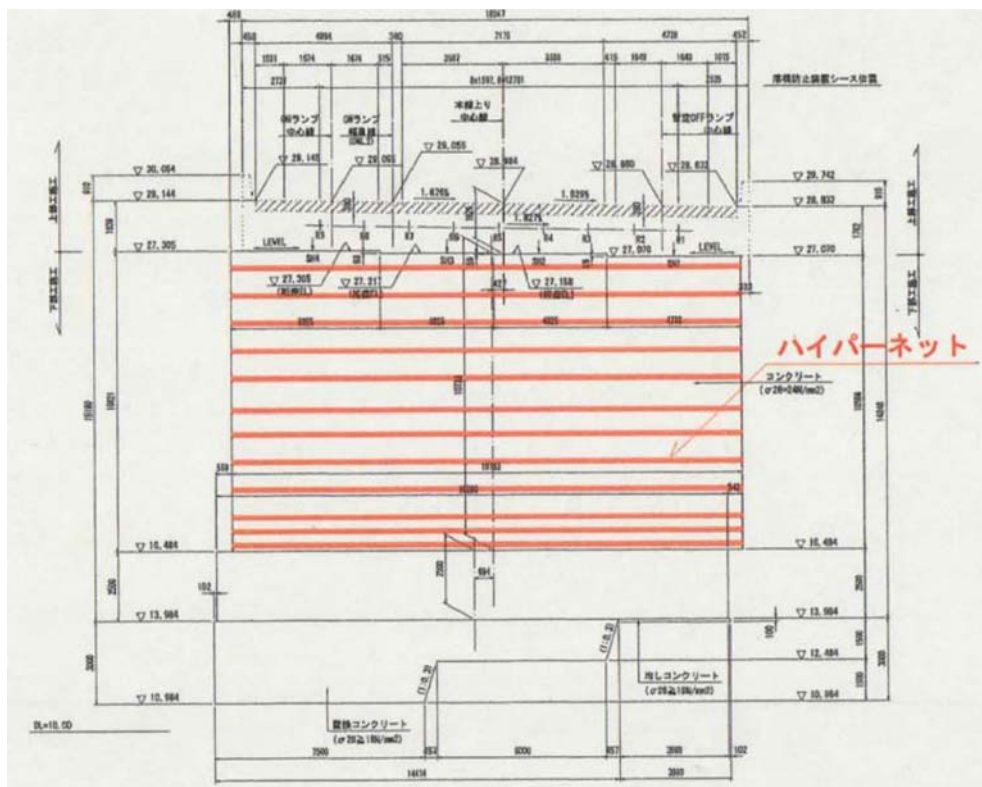


図 4.12 ひび割れ抑制用ネット設置位置図 (橋台)



(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)

写真 4.4 ひび割れ抑制用ネット

5. 収集資料

5.1 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 5.1）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 5.1 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）

①2012 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 以上の橋台縦壁には 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。

コンクリート

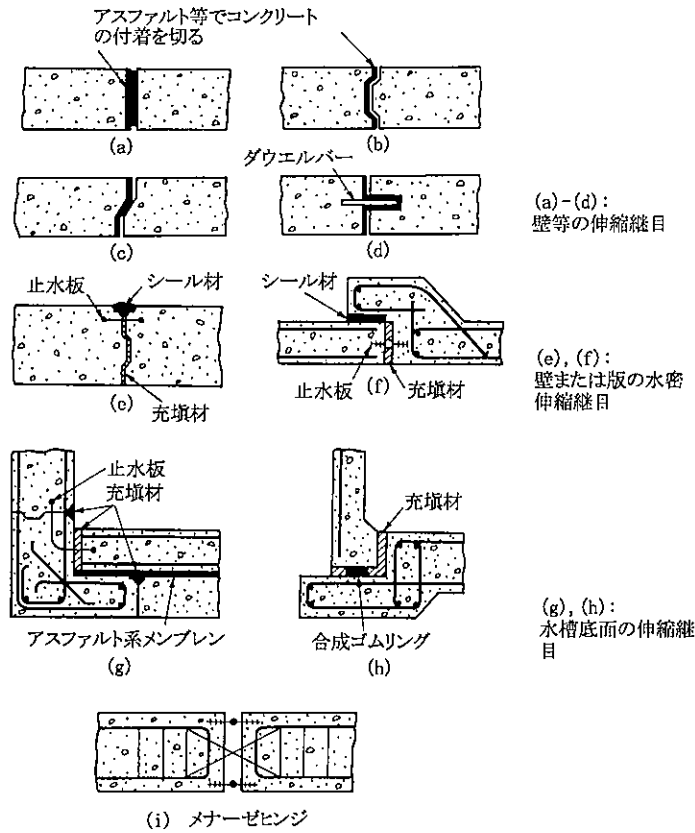
2012年制定

STANDARD SPECIFICATIONS
FOR CONCRETE STRUCTURES-2012,

Design

標準示方書

設計編



解説 図 4.6.1 各種伸縮継目

(3) について 伸縮継目の間げきに土砂，その他の入り込むおそれがあるときは，目地材を用いるのがよい。目地材としては，アスファルト系，ゴム発泡体系，樹脂発泡体系等の目地板，シール材および充填材が用いられている。また，水密を要する構造物の伸縮継目には，適度の伸縮性をもつ止水板を用いるのがよい。止水板としては，銅板，ステンレス板，塩化ビニル樹脂，ゴム製などが用いられている。

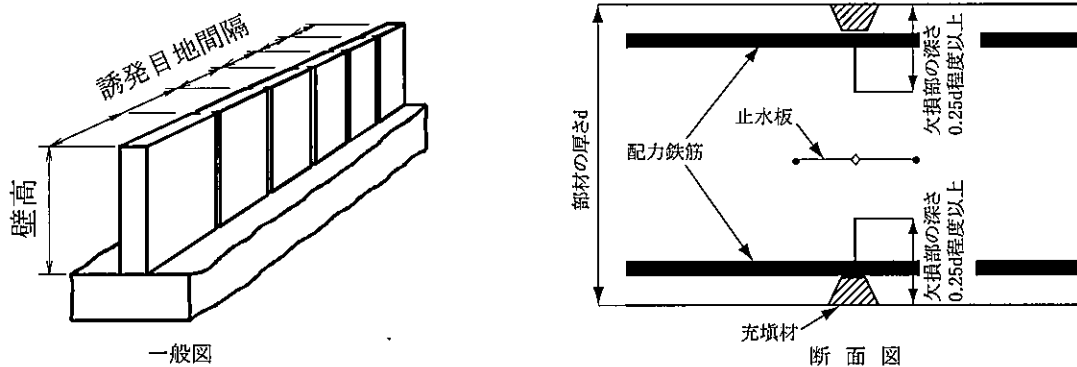
4.7 ひび割れ誘発目地

ひび割れの制御を目的として，ひび割れ誘発目地を設ける場合は，構造物の強度および機能を害さないように，その構造および位置を定めなければならない。

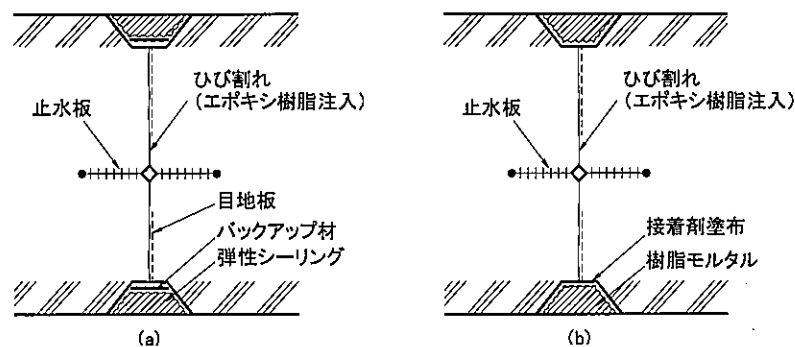
【解説】 コンクリート構造物の場合は，セメントの水和熱や外気温などによる温度変化，乾燥収縮など外力以外の要因による変形が生じることがあり，このような変形が拘束されるとひび割れが発生することがある。したがって，あらかじめ定められた場所にひび割れを集中させる目的で所定の間隔で断面欠損部を設けておき，ひび割れを人為的に生じさせるひび割れ誘発目地を設けるのである。ひび割れ誘発目地を設ける場合には，誘発目地の間隔および断面欠損率を設定するとともに，目地部の鉄筋の腐食を防止する方法，所定のかぶりを保持する方法，目地に用いる充填材の選定等について十分な配慮が必要である。一般的には，誘発目地の間隔は，コンクリート部材の高さの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。断面欠損率は、両表面の溝状欠損部の深さと断面内に埋設して付着を切った部分の壁厚方向の幅の合計を元の壁厚で除した値である。

ひび割れ誘発目地の例を解説図4.7.1に示す。断面欠損部の溝は、台形以外にV形にする場合がある。また、断面内には鉄筋の他、はく離剤を塗布した塩化ビニルパイプ等を埋設する場合もある。水密構造物にひび割れ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などの止水対策を施しておくのがよい。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、解説図4.7.2に示す処置を行う。



解説図4.7.1 ひび割れ誘発目地の例



解説図4.7.2 ひび割れ誘発目地部の処置方法の例

4.8 水密構造

水密性を要する鉄筋コンクリート構造物では、有害なひび割れが発生するのを防ぐように、配筋、打継目および伸縮目地の間隔および配置等を定めなければならない。

【解説】 水密性を要する鉄筋コンクリート構造物では、水密性の大きいコンクリートを用いることが必要であるが、特に設計において、ひび割れを少なくするように留意することが大切である。このため、温度変化、乾燥収縮、基礎の不等沈下等に対して、鉄筋を十分に配置したり、鉄筋の応力度を小さく制限したり、適当な間隔および位置に伸縮目地および打継目を設けたりして、有害なひび割れが発生する可能性を少なく

コンクリート

2012年制定

STANDARD SPECIFICATIONS
FOR CONCRETE STRUCTURES-2012,
Materials and Construction

標準示方書

施工編

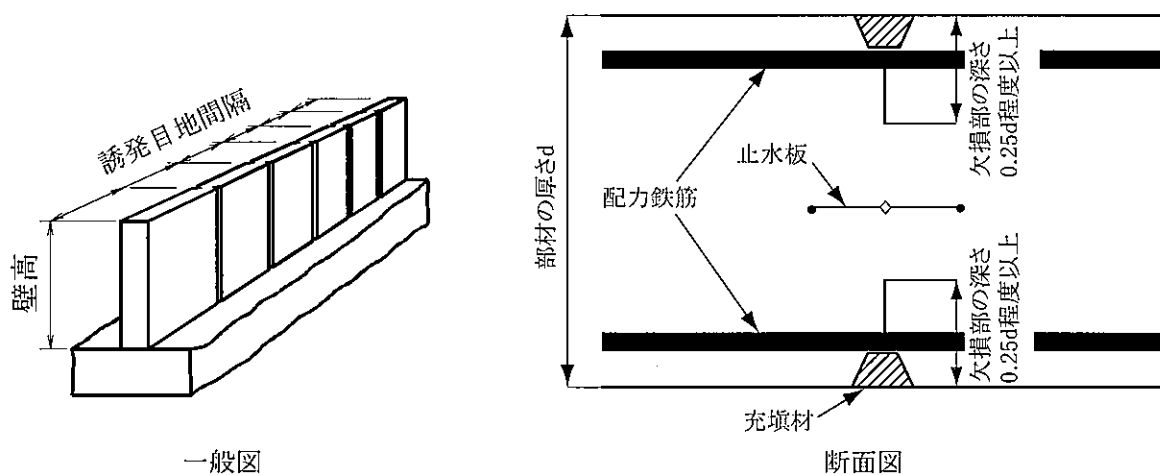
9.9 ひび割れ誘発目地

ひび割れ誘発目地は、設計図書で定めた構造とし、所定の位置に設けなければならない。

【解説】 コンクリート構造物の場合は、セメントの水和熱や外気温等による温度変化、乾燥収縮等、外力以外の要因による変形が生じ、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。したがって、あらかじめ定められた位置にひび割れを集中させる目的で所定の間隔で断面欠損部を設けておき、ひび割れを人為的に生じさせるひび割れ誘発目地を設けることがある。ひび割れ誘発目地については設計段階で考慮しておく必要があるが、設計図書に定められていない場合には、設計者と協議して適切な位置および構造のものを設ける必要がある。

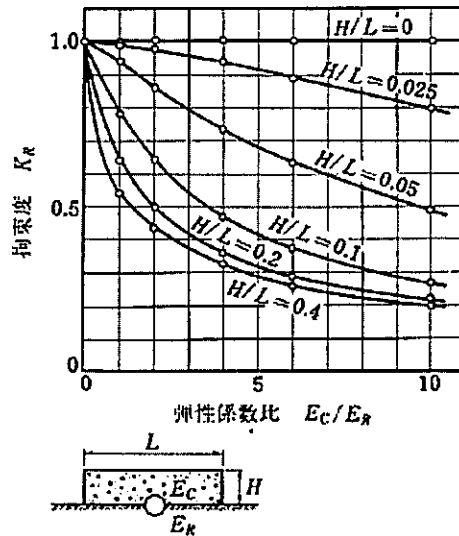
ひび割れ誘発目地を設ける場合には、誘発目地の間隔および断面欠損率を設定するとともに、目地部の鉄筋の腐食を防止する方法、所定のかぶりを保持する方法、目地に用いる充填材の選定等について十分な配慮が必要である。一般的には、誘発目地の間隔はコンクリート部材の高さの1～2倍程度とし、その断面欠損率は50%程度以上とすることで確実に誘発できる場合が多い。断面欠損率は、両表面の溝状欠損部の深さと断面内に埋設して付着を切った部分の壁厚方向の幅の合計を元の壁厚で除した値である。

断面が比較的大きな部材に対するひび割れ誘発目地の例を解説図9.9.1に示す。断面欠損部の溝は台形以外にV形にする場合がある。また、断面内には鉄板のほか、剝離剤を塗布した塩化ビニルパイプ等を埋設する場合もある。水密構造物にひび割れ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等の止水対策を施し、溝状欠損部にはシーリング材や樹脂モルタル等を充填するのがよい。



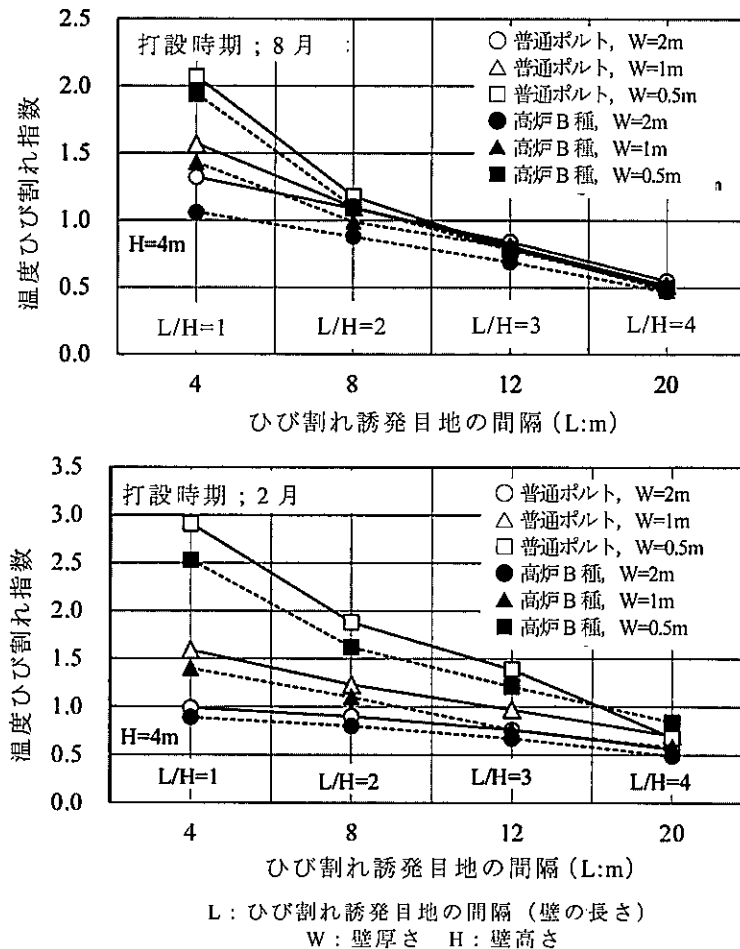
解説 図 9.9.1 ひび割れ誘発目地の例

マスコンクリートの ひび割れ制御指針2016



解説図-3.3.5 拘束度—ブロック形状—弾性係数（ヤング係数）比の関係 [16]

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。壁状構造物における壁の長さに応じた温度ひび割れ指数を試算した結果を、解説図-3.3.6に示す[3]。壁の長さが短く、壁厚さが小さいほど、温度ひび割れ指数は大きくなっている。

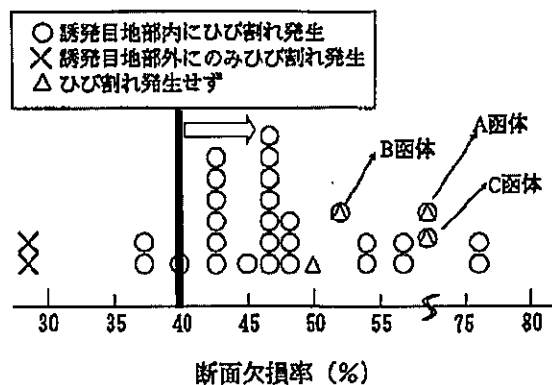


解説図-3.3.6 壁状構造物の温度ひび割れ指数の計算値

ひび割れ誘発目地の設置は、構造物の耐力に影響を及ぼすことから、スラブ状構造では一般に困難であることが多い。しかし、擁壁、水槽壁、トンネル覆工コンクリート、ボックスラーメンなどの、主として面外力を受ける壁状構造物では、目地による分割が耐力に与える影響は小さく、温度ひび割れの制御のためにひび割れ誘発目地が有効となる。

ひび割れ誘発目地の配置は、外部拘束が卓越する場合に有効であり、目地は、部材形状が急に変化する部分や箱抜きなどによって応力が集中しやすい部分に設置すると効果的である。予定する箇所に温度ひび割れを確実に誘発し、構造物の所要の性能を満足するように、ひび割れ誘発目地の種類および構造を定めなければならない。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[3]とするのがよい。これに関わるひび割れ誘発目地の施工については、5.3.2に記載しているので、併せて検討するのがよい。

ひび割れ誘発目地の位置や構造は、施工計画書および設計図面に明記しなければならない。



解説図-3.3.7 誘発目地における断面欠損率とひび割れ発生の関係[3]

3.3.4 温度ひび割れ幅を制御する方法

温度ひび割れの幅をひび割れ幅の限界値以下とするためには、温度応力を低減する適切な方法を採用した上で、適切な量の鉄筋を適切な位置に配置しなければならない。

【解説】

温度ひび割れの幅は、温度ひび割れ指数と鉄筋比に依存するので、その制御は、温度応力の低減または温度ひび割れ幅を制御するための鉄筋の配置、あるいはその両者により行う必要がある。その場合、温度ひび割れ幅をできる限り小さくするためには、3.3.2および3.3.3で規定した体積変化を抑制する方法、拘束度を低減する方法を併用し、温度応力を極力小さくするのが効果的である。

解説図-3.3.8に示すように、温度ひび割れの幅は温度降下量とは線形の関係にあり、温度上昇を抑制すればひび割れ幅が小さくなることが分かる[17]。また、鉄筋比の大きい方が温度ひび割れ幅を小さく抑制できることが分かる。

解説図-3.3.9には、温度ひび割れが生じた断面における鉄筋応力度とひび割れ幅の関係の例を示している[17]が、鉄筋応力度と温度ひび割れ幅は、鉄筋比0.25~0.93%の範囲で直線関係にあることがわかる。

以上のように、鉄筋を適切に配置することで温度ひび割れの幅を制御することができる。

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）

平成 26 年 4 月

国 土 交 通 省
九 州 地 方 整 備 局

2.3 初期ひび割れに対する照査

2.3.1 一般

- (1) 初期ひび割れが，構造物の所要の性能に影響しないことを確認しなければならない。
- (2) 既往の施工実績から問題のないことが知られている構造物については，照査を省略してもよい。
- (3) ひび割れの制御を目的としてひび割れ誘発目地を設ける場合は，構造物の機能を損なわないように，その構造および位置を定めなければならない。

【解説】(1)について 施工段階に発生するひび割れ（初期ひび割れ）には，沈みひび割れ，プラスチック収縮ひび割れ，乾燥に伴うひび割れ，温度ひび割れ（セメントの水和に起因するひび割れ）がある。このうち，沈みひび割れは骨材の沈下や材料分離によって鉄筋上面や変断面部に発生し，プラスチック収縮ひび割れはブリーディング水の上昇速度に比べて表面からの水分の蒸発量が大きい場合に生じるおそれがあるが，適切な施工を行えば一般に防ぐことができる。本指針(案)3章に従って施工すれば，問題となる沈みひび割れやプラスチック収縮ひび割れを防ぐことができるので，照査を省略することができる。

温度ひび割れは，水和反応により温度が上昇したコンクリートが外気からの冷却を受け，コンクリート内部と表面との間に生じた温度差により表面に引張応力が生じて表面ひび割れが発生する場合（内部拘束）と，コンクリートの温度降下時に生じる体積収縮が岩盤や旧コンクリートなどにより拘束されて引張応力が生じて貫通ひび割れが発生する場合（外部拘束）とがある。また，実際の構造物においてはこれら両者が同時に作用する場合が多い。

乾燥に伴うひび割れは，主に脱型後に急激な乾燥を受けた場合に，コンクリート中の水分が逸散し体積収縮を生じてコンクリート表面に発生するひび割れと収縮が他の部材等により拘束された場合に生じるひび割れである。

安全性，使用性および耐久性などは，これらの初期ひび割れが施工段階で発生しないことを前提としているが，近年，拘束の程度の大きい壁部材や橋梁の橋脚（フーチングおよび柱部材）において，セメントの水和熱や乾燥収縮が主要因とされるひび割れが多く散見される。したがって，初期ひび割れに対する照査は長寿命構造物を構築する上で重要である。

(2)について これまでの九州地方整備局管内における施工実績から，施工段階で発生する初期ひび割れが構造物の所要の性能に影響しないことが明らかにされていれば，照査を省略することができる。

(3)について ひび割れ誘発目地を設ける場合には，あらかじめ定められた位置にひび割れを集中させる目的で，誘発目地の間隔および断面欠損率を設定するとともに，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な配慮が必要である。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。壁状構造物に所定の断面欠損部を設けるためには，壁の両表面に鉛直方向の溝状欠損部を配置する方法や，さらに壁断面内に鋼板や鉄板を埋設するほか，剥離剤を塗布してコンクリートとの付着を切って応力集中を誘発する（塩化ビニルパイプ等を壁断面内に埋設する）方法がある。水密構造物にひび割れ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などの止水対策を施し，溝状欠損部にはシーリング材や樹脂モルタル等を充填するのがよい。

継目」および「9.7 アーチの打継目」として、それぞれ施工における原則が示されているので、これらに準拠して計画する。

3.10 ひび割れ誘発目地の計画

ひび割れ誘発目地の計画は、構造物の所要の性能が損なわれないように位置、構造、施工方法および処理方法などについて適切に定めなければならない。

【解 説】ここでは、目地の種類として代表的なひび割れ誘発目地について述べる。

コンクリート構造物の場合は、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ことがあり、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。ひび割れ誘発目地は、このようなひび割れをあらかじめ決めた位置に集中させる目的で、計画的に設置する目地である。ひび割れ誘発目地については、設計段階に設ける場合と施工計画段階で設ける場合の両者がある。設計図書にひび割れ誘発目地が設けてある場合は、これに従って施工計画を立てることを原則とする。

また、施工計画段階でひび割れ誘発目地を必要と判断した場合には、誘発目地の間隔および断面欠損率を設定するとともに、目地部の鉄筋腐食を防止する方法、所定のかぶりを保持する方法、目地処理に用いる充填材の選定等について十分な配慮が必要である。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。

一方、ひび割れの主な原因が乾燥収縮と想定される場合の誘発目地は、壁部材であっても壁厚が比較的厚い（1m程度以上）ときにはひび割れが貫通していないことも多い。有害なひび割れを避ける場合5m程度の間隔、ひび割れを発生させない場合3m程度の間隔で、断面欠損率も50%以下で設定できる場合もある。ただし、使用材料、施工環境および部材寸法により、確実にひび割れを所定の位置に誘発させるための最適な設置間隔や断面欠損率は異なるため、計画するにあたっては過去の実績なども考慮してこれらを適切に選定する必要がある。

なお、目地にひび割れを誘導させた後は、ひび割れの進展や幅の拡大が収まった時点でその個所をシールして、ひび割れから鉄筋腐食因子などが内部に侵入しないように処理する必要がある。このため、このシールが容易となるように、ひび割れ誘発目地設置部のコンクリート表面をあらかじめカットしておき、ひび割れが目地に誘導された後にシーリング材や樹脂モルタルなど、環境条件や構造物に要求される耐久性のレベルに応じた適切な材料を用いてそのカット部を充填し、目地をシールする。また、水密性が要求される部材に目地を設置する場合には、目地部の適当な位置に止水板を設置し、目地に導入されたひび割れからの漏水を防止するための対策を施さなければならない。

コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き (案)

【設計編】

中国地方整備局 中国技術事務所

平成 27 年 3 月

3. ひび割れ抑制対策

3.3. 温度ひび割れ対策

ポイント

■ひび割れ誘発目地の断面欠損率は 50%程度以上に設定

解説

1. 温度ひび割れ対策

①温度ひび割れ照査の結果、ひび割れ指数が 1.0 未満の場合には、以下に示すひび割れ抑制対策を行う（併用可）。

(1)温度変化を小さくして、コンクリートの体積変化を抑制する方法

(2)温度降下による収縮ひずみを低減して、コンクリートの体積変化を抑制する方法

(3)発生する温度応力を低減する方法

②この中でも、(1)の温度変化を小さくすることが温度ひび割れ抑制の基本であり、最初に検討すべき項目である。その手法としては、プレクーリングによる材料温度の低減、打込みの時間や時期の工夫、打込み量の低減、単位セメント量の低減、急冷を防止する養生、水和発熱の小さいセメントの使用などが挙げられ、比較的容易に対応できるものもある。

③一般に、単位セメント量が 10kg/m^3 小さくなると最高温度が 1°C 低下し、プレクーリングによりセメントだけでは 8°C 、骨材だけでは 2°C 、練混ぜ水だけでは 4°C 低下させるとコンクリートの温度が 1°C 低下する。

2. 温度ひび割れ対策の検討

①温度ひび割れ抑制対策を検討するには、1 つもしくは複数の対策パターンを抽出し、対策効果の程度および施工性や経済性等について総合的に比較し、最も適切な対策工法を選定する必要がある。

②温度収縮や乾燥収縮によるひび割れの対策は、事前に照査を行い比較的成本をかけて対策を施しても、施工時期の気温等にも左右されるため、完全にひび割れを防止あるいは抑制することは困難である。

3. ひび割れ誘発目地の設置

①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。

ひび割れ抑制のための参考資料（案）

（橋脚、橋台、函渠、擁壁編）

平成29年 1月

国土交通省 東北地方整備局

○誘発目地の仕様について

(a) 壁厚が 500mm 以上の場合、 $L/H \leq 0.9$ 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。なお、打込み後のコンクリートの最高温度からコンクリート温度が環境温度と同じになるまでの温度低下量を 35°C 以下となるように単位セメント量、コンクリート打設温度等の管理を行うのがよい。(図 2-⑦参照)

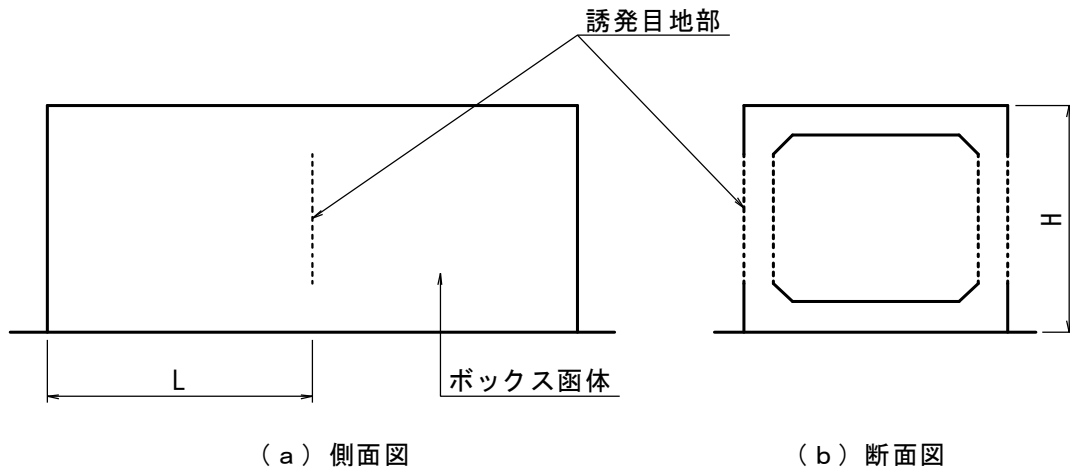
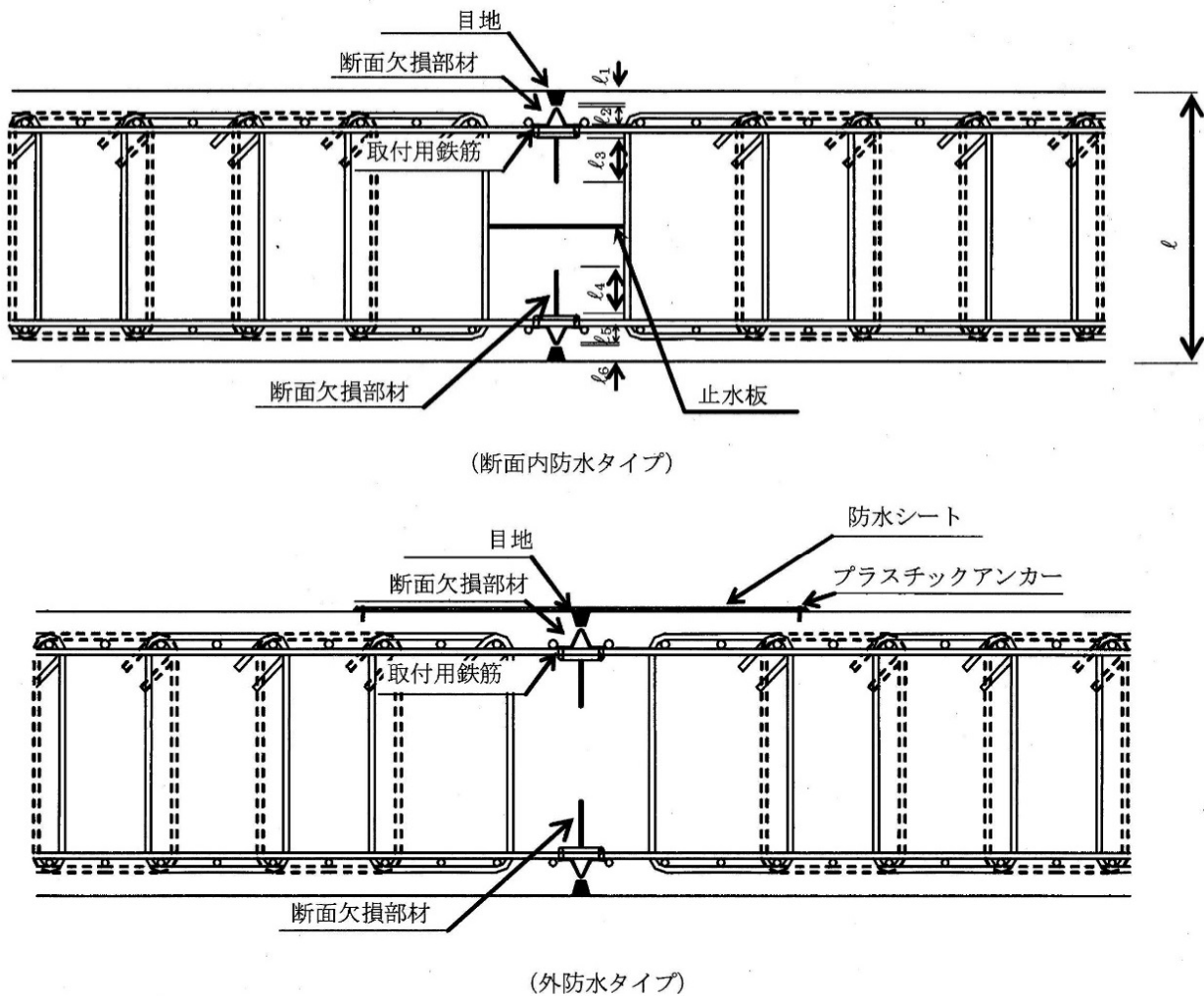


図 2-⑦ ひび割れ誘発目地概略図

(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。断面欠損率は、両表面の溝状欠損部の深さと断面内に埋設して付着を切った部分の壁厚方向の幅の合計を元の壁厚で除した値である(図2-⑧参照)。誘発目地部には止水板を設置しておく等の止水対策を施し、溝状欠損部にはシーリング材等を充填するのがよい。




$$\text{断面欠損率} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6}{l} \times 100(\%)$$

図2-⑧ ひび割れ誘発目地の詳細例

(4) について

RC 擁壁には、通常、伸縮目地が 10m 程度の間隔で設置される。RC 擁壁においては、伸縮目地以外のひび割れ抑制対策を講じる必要はなく、必要に応じて伸縮目地における止水を適切に行うこと。

コンクリート構造物品質確保ガイド 【ガイド】

2 0 1 6 

平成28年4月

山口県土木建築部

3.3.3.2 目地の設置によるひび割れ抑制

目地の設置によるひび割れ抑制は、主に外部拘束による温度ひび割れが発生しやすい、ボックスカルバート側壁、擁壁類たて壁、剛性防護柵に適用する。

【解 説】

目地の設置によるひび割れ抑制は、誘発目地を設置することにより、特定の位置にひび割れを生じさせ、他の位置への発生を抑制する対策である。

目地の設置によるひび割れ抑制は、外部拘束を受ける比較的薄い部材に適切な対策であり、主としてボックスカルバート側壁、逆T型擁壁・L型擁壁・U型擁壁等の擁壁類たて壁、剛性防護柵およびその類似構造物が対象となる。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。

平成17年の試験施工で施工したボックスカルバート(全31ブロック)は伸縮目地間隔が10～15m程度、側壁の誘発目地間隔は3～4m程度であった。このうち、側壁の誘発目地以外にひび割れが発生した5ブロックではコンクリート打込み温度が30℃以上であった。一方、側壁の誘発目地以外にひび割れが発生しなかった26ブロックでは、コンクリート打込み温度が概ね30℃未満であった。試験施工では、気温の高い時期のコンクリート打込みを避ける等によりコンクリート打込み温度を下げ、誘発目地を3～4m程度の間隔で設置することで、ひび割れを抑制することができた。

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℃以上の場合に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。試験施工の結果や、試行施工で行った温度応力解析結果の詳細については、対策資料⁽¹⁾3.3節を参照されたい。

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

なお、誘発目地に発生したひび割れにより水密性が損なわれることが懸念されることもあることから、誘発目地部およびその周辺部の水密性の確保に十分な配慮が必要となる。

コンクリート構造物ひび割れ抑制対策マニュアル
(案)

平成 28 年 3 月

鳥 取 県

4.1.1 設計段階

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

発注者：

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

① 従来の方法（既往の施工実績があるため温度応力解析は課さない）

② ひび割れの制御を考慮した方法

②-1 鳥取県試案を適用する方法（温度応力解析は課さない）

②-2 温度応力解析等を課し、ひび割れ指数ないしはひび割れ幅を規定する方法

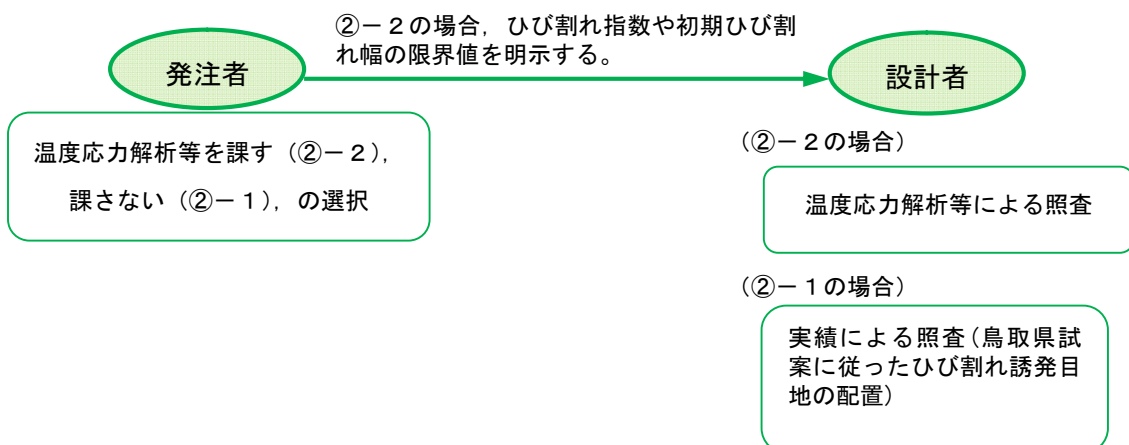
発注者・設計者：

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

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

(4) 上記②-1による方法の場合、ひび割れ誘発目地の配置は以下に従う。

（鳥取県試案）躯体幅が10m以上の橋台堅壁には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する。ひび割れ誘発目地の断面欠損率は50%程度以上とし、配置本数はできる限り奇数とし、1本であれば延長中央、3本であれば1/4点・中央・3/4点とする。



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

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

4.3.1 設計段階

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

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

発注者:

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

① 従来の方法(既往の施工実績があるため温度応力解析は課さない)

② ひび割れの制御を考慮した方法

②-1 鳥取県試案を適用する方法(温度応力解析は課さない)

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

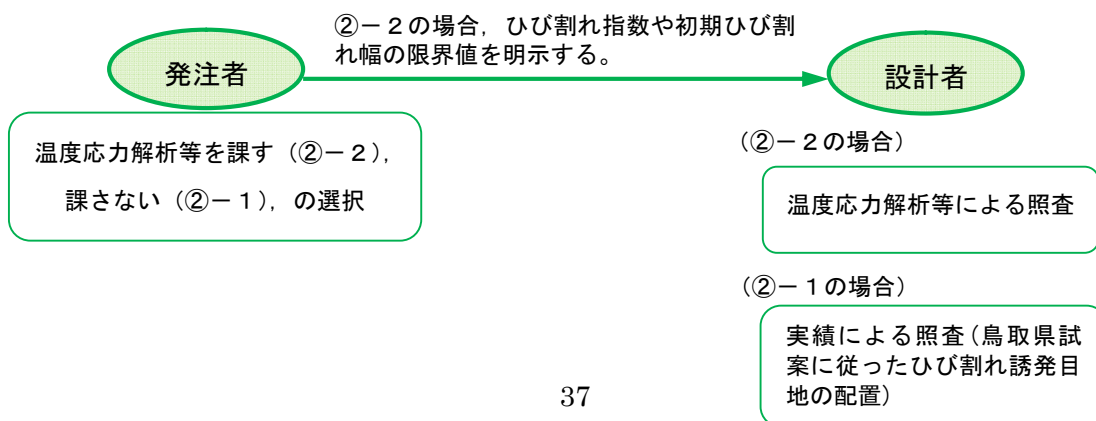
発注者・設計者:

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

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

(4) 上記②-1による方法の場合, ひび割れ誘発目地の配置は以下に従う。

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



6. 収集構造物資料

工事記録を収取した構造物のリストを表 6.1～表 6.3 に示す。

表 6.1 工事記録を収集した構造物リスト

那賀河川事務所

発注年度	調査工事番号	工事名称	対象構造物	誘発目地	誘発目地間隔	コンクリート配合表	コンクリート使用材料	コンクリート品質管理	コンクリート打設管理	施工方法	ひび割れ調査	補修方法	その他ひび割れ抑制対策
2012	平成24年 NA305	平成24年度 深瀬川樋門新設工事	樋門	×	×	×	×	●	●	●	●	●	●
2012	平成24年 NA307	平成23-24年度 深瀬築堤護岸工事	擁壁	●	●	●	×	●	●	●	●	●	×

高知河川国道事務所

発注年度	調査工事番号	工事名称	対象構造物	誘発目地	誘発目地間隔	コンクリート配合表	コンクリート使用材料	コンクリート品質管理	コンクリート打設管理	施工方法	ひび割れ調査	補修方法	その他ひび割れ抑制対策
2007	平成19年 KO051	平成19年度 波介川新居橋下部工事	橋台	●	●	●	●	●	×	●	×	×	×
2009	平成21年 KO007	平成21-22年度 波介川水交番樋門新設工事	樋門	×	×	●	●	●	●	●	●	●	●
2009	平成21年 KO008	平成21-22年度 岩積樋門改築工事	樋門	×	×	●	●	●	×	●	●	×	●
2008	平成20年 KO011	平成20-22年度 後川樋門改築工事	樋門	×	×	●	●	●	●	●	●	●	●

中村河川国道事務所

発注年度	調査工事番号	工事名称	対象構造物	誘発目地	誘発目地間隔	コンクリート配合表	コンクリート使用材料	コンクリート品質管理	コンクリート打設管理	施工方法	ひび割れ調査	補修方法	その他ひび割れ抑制対策
2014	平成25年 NA203	平成25年度 拳ノ川改良第1工事	函渠	●	●	●	●	×	×	×	×	×	●
2012	平成24年 NA204	平成24年度 芳奈改良外工事	函渠	●	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2011	平成23年 NA211	平成23年度 早咲改良工事	函渠	●	●	×	×	●	×	×	×	×	●
2011	平成23年 NA223	平成22-23年度 芳奈改良外工事	函渠	●	●	●	●	●	×	×	×	×	●
2009	平成21年 NA230	平成21年度 辻の川改良外工事	函渠	●	●	●	●	×	×	×	×	×	×
2009	平成21年 NA232	平成20-21年度 不破樋門新設工事	樋門	●	●	●	●	×	×	×	●	×	×
2008	平成20年 NA234	平成20年度 辻の川改良第3工事	函渠	●	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2007	平成19年 NA239	平成19年度 平田改良工事	函渠	●	●	●	●	●	×	×	●	●	●
2014	平成25年 NA251	平成25-26年度 拳ノ川改良工事	橋台	×	×	●	●	●	×	●	●	×	×
2014	平成26年 NA252	平成26年度 金上野改良外工事	函渠	●	●	●	●	●	×	●	×	×	×
2014	平成26年 NA253	平成26年度 橋川改良外工事	函渠	●	●	●	●	●	×	●	×	×	●
2014	平成26年 NA301	平成26-27年度 押ノ川改良外工事	函渠	●	×	●	●	●	×	●	●	×	×
2014	平成26年 NA302	平成26-27年度 和田改良外工事	函渠	●	●	●	●	●	×	●	●	×	×

大洲河川国道事務所

発注年度	調査工事番号	工事名称	対象構造物	誘発目地	誘発目地間隔	コンクリート配合表	コンクリート使用材料	コンクリート品質管理	コンクリート打設管理	施工方法	ひび割れ調査	補修方法	その他ひび割れ抑制対策
2012	平成24年 OO007	平成24-25年度 芳原川橋下部第2工事	橋脚	×	×	●	●	●	●	●	●	×	●
2011	平成23年 OO010	平成23年度 上老松堤防第1工事	擁壁	●	●	●	●	●	×	●	×	×	●
2011	平成23年 OO013	平成22-23年度 高田改良第2工事	函渠	●	●	●	●	●	×	×	●	×	×
2010	平成22年 OO017	平成22年度 大和橋下部第6工事	橋台	●	●	●	●	●	×	×	●	●	×
2010	平成22年 OO018	平成22年度 近家改良第1工事	函渠	●	×	●	●	●	●	●	×	×	●
2010	平成22年 OO020	平成22-23年度 大和橋下部第2工事	橋脚	×	×	×	×	●	×	●	●	×	×
2011	平成23年 OO021	平成22-23年度 近家外改良第2工事	函渠	●	●	●	●	●	×	×	●	×	×
2007	平成19年 OO033	平成19年度 多田樋門工事	樋門	×	×	●	●	●	●	●	●	×	●
2013	平成25年 OO052	平成25-26年度 芳原川橋床版外工事	函渠	●	●	●	●	●	×	×	×	×	×

●：収集できたもの ×：収集できなかったもの

表 6.2 工事記録を収集した構造物リスト

香川河川国道事務所

発注年度	調査工事番号	工事名称	対象構造物	誘発目地	誘発目地間隔	コンクリート配合表	コンクリート使用材料	コンクリート品質管理	コンクリート打設管理	施工方法	ひび割れ調査	補修方法	その他ひび割れ抑制対策
2013	平成25年	KA001	平成25年度 番屋川2号橋下部工事	橋台	●	●	●	●	●	×	×	×	●
2011	平成23年	KA009	平成22-23年度 湊改良工事	函渠	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2011	平成23年	KA011	平成22-23年度 川東改良工事	擁壁・函渠	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2010	平成22年	KA012	平成22年度 与田川橋下部第3工事	橋脚	●	●	●	●	×	×	●	×	●
2010	平成22年	KA013	平成22年度 与田川橋下部第2工事	橋脚	●	●	●	●	×	×	●	×	●
2009	平成21年	KA016	平成21年度 与田川橋下部工事	橋台	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2009	平成21年	KA017	平成21年度 湊川橋下部第2工事	橋台	●	●	●	●	×	×	●	×	●
2009	平成21年	KA019	平成21-22年度 湊改良外工事	函渠	●	●	●	●	×	×	×	×	●
2009	平成21年	KA020	平成21年度 中筋改良工事	擁壁・函渠	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2008	平成20年	KA021	平成20-21年度 川東改良第2工事	擁壁・函渠	●	●	●	●	●	×	●	×	×
2008	平成20年	KA051	平成20-21年度 川東改良第1工事	橋台	●	●	×	×	×	●	×	×	×
2010	平成22年	KA053	平成22年度 与田川橋下部第1工事	橋台	●	●	×	×	×	×	×	×	×
2011	平成23年	KA054	平成23年度 湊川橋下部外1件工事	橋脚	●	●	●	●	×	×	×	×	×

徳島河川国道事務所

発注年度	調査工事番号	工事名称	対象構造物	誘発目地	誘発目地間隔	コンクリート配合表	コンクリート使用材料	コンクリート品質管理	コンクリート打設管理	施工方法	ひび割れ調査	補修方法	その他ひび割れ抑制対策
2013	平成25年	TO201	平成25年度 法花谷改良工事	橋台・擁壁・函渠	●	●	●	●	×	×	●	×	×
2013	平成25年	TO202	平成25年度 谷島堤防外1件工事	樋門	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2012	平成24年	TO204	平成24年度 前原改良(その1)工事	函渠	●	●	●	●	×	×	●	●	●
2012	平成24年	TO206	平成24-25年度 山口谷川左岸堤防工事	樋門	●	●	●	×	×	×	●	●	×
2011	平成23年	TO208	平成23-24年度 山口谷川右岸堤防(その3)工事	樋門	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2011	平成23年	TO209	平成23-25年度 ほたる川排水機場新設工事	樋門	●	●	●	●	×	×	●	●	●
2011	平成23年	TO210	平成23-24年度 大浦改良(その1)工事	橋台	●	●	●	●	×	×	●	×	×
2011	平成23年	TO214	平成22-23年度 山陰谷川樋門新設工事	樋門	●	●	●	●	×	×	●	●	●
2011	平成23年	TO216	平成22-23年度 天王谷橋下部工事	橋台	●	●	●	●	●	×	●	×	●
2010	平成22年	TO219	平成22年度 新喜来取水施設改築工事	樋門	●	●	●	●	●	●	×	×	●
2009	平成21年	TO223	平成21年度 園瀬川新橋下部工事	橋脚	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2009	平成21年	TO224	平成21年度 園瀬川新橋下部(その2)工事	橋台	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2009	平成21年	TO225	平成21-22年度 新那賀川橋下部工事	橋台	●	●	●	●	×	×	●	×	●
2008	平成20年	TO228	平成20年度 川西高架橋下部工事	橋台	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2008	平成20年	TO230	平成20年度 国府高架橋下部工事	函渠	●	●	●	×	×	×	×	×	●
2014	平成26年	TO252	平成26年度 原ヶ崎高架橋外下部工事	擁壁	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2014	平成26年	TO253	平成26年度 江田高架橋下部(その3)外工事	橋台	●	●	×	×	×	×	×	×	×
2011	平成23年	TO254	平成22-23年度 山口谷川右岸堤防工事	擁壁	●	●	●	●	×	×	×	×	●
2011	平成23年	TO257	平成23-24年度 山陰谷川樋門新設工事(樋門)	樋門	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2011	平成23年	TO258	平成23-24年度 山口谷川右岸堤防(その1)工事	樋門	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2012	平成24年	TO259	平成24-25年度 前原改良工事	函渠	●	●	×	×	×	●	●	×	×
2013	平成25年	TO260	平成24-25年度 田浦橋下部工事	橋台	●	●	×	×	×	×	×	×	×
2013	平成25年	TO261	平成25年度 神田瀬川橋下部(その1)工事	橋台	●	●	●	●	×	●	×	×	×
2014	平成26年	TO262	平成26年度 立江・櫛淵改良外工事	函渠	●	●	●	●	×	●	●	×	×
2013	平成25年	TO263	平成25年度 神田瀬川橋下部(その2)工事	橋台	●	●	●	●	×	●	×	×	×
2014	平成26年	TO264	平成26年度 上岩脇改良(その2)工事	函渠	●	●	●	●	●	×	●	×	×
2015	平成27年	TO301	平成27年度 小松島Cランプ橋外下部工事	橋台	●	×	●	●	×	×	×	×	●
2014	平成26年	TO302	平成26-27年度前原改良外工事	橋台	●	×	●	●	×	×	×	×	×
2014	平成26年	TO303	平成26-27年度 州津改良外工事	橋台	●	●	●	●	×	●	×	×	×
2014	平成26年	TO304	平成26年度 立江橋下部工事	橋台	●	●	●	●	●	●	●	×	●
2014	平成26年	TO305	平成26年度 江田高架橋下部(その2)工事	橋台	●	×	●	●	×	×	×	×	●

●：収集できたもの ×：収集できなかったもの

表 6.3 工事記録を収集した構造物リスト

土佐国道事務所

発注年度	調査工事番号	工事名称	対象構造物	誘発目地	誘発目地間隔	コンクリート配合表	コンクリート使用材料	コンクリート品質管理	コンクリート打設管理	施工方法	ひび割れ調査	補修方法	その他ひび割れ抑制対策
2013	平成25年	TO102	平成25年度 鎌田改良工事	函渠	●	●	●	●	×	×	●	×	×
2013	平成25年	TO108	平成25年度 西浦改良第3工事	函渠	●	●	●	●	×	×	●	×	●
2013	平成25年	TO112	平成25年度 伊達野高架橋下部工事	橋台	●	●	●	●	●	×	×	×	×
2012	平成24年	TO118	平成24年度 西浦改良工事	函渠	●	●	●	●	×	×	●	×	×
2012	平成24年	TO120	平成24-25年度 伊達野地区高架橋下部工事	橋台	●	●	●	●	×	●	●	●	×
2011	平成23年	TO121	平成23年度 土居高架橋下部外第1工事	橋台	●	●	●	●	×	●	●	●	●
2011	平成23年	TO123	平成23年度 奥大坂改良工事	函渠	●	●	●	●	×	×	×	×	●
2011	平成23年	TO135	平成22-23年度 香宗川橋下部外工事	函渠	●	●	●	●	×	×	●	●	●
2008	平成20年	TO148	平成20-21年度 須川谷橋下部工事	橋台	●	●	●	●	×	×	×	×	●
2014	平成26年	TO172	五台山第1高架橋外1橋下部工事	橋台	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2015	平成27年	TO173	平成27年度 小籠側道橋下部外2件工事	橋台	×	×	●	●	×	●	●	×	×
2013	平成25年	TO174	平成25年度 是友改良工事	函渠	●	●	●	●	×	●	●	●	●
2008	平成20年	TO176	平成19-20年度 吹井高架橋下部外1件工事	橋台	●	●	●	●	●	●	●	×	×
2011	平成23年	TO177	平成22-23年度 是友改良工事	函渠	●	●	●	●	●	●	×	×	●
2011	平成23年	TO178	平成22-23年度 夜須改良工事	函渠	●	●	●	●	●	×	×	×	●
2013	平成25年	TO179	平成25-26年度 伊達野改良第1工事	函渠	●	●	●	●	●	×	×	×	×
2011	平成23年	TO180	平成23-24年度 東野改良外1件工事	函渠、擁壁	●	●	●	●	×	●	×	×	×
2011	平成23年	TO181	平成23年度 徳王子改良外1件工事	函渠、橋台	●	●	×	×	●	×	×	×	×
2014	平成26年	TO182	平成26年度 鎌田改良工事	函渠、擁壁	●	●	●	●	×	●	●	●	×
2013	平成25年	TO183	平成25-26年度 衣笠改良工事	函渠、擁壁	●	●	●	●	×	●	×	×	×
2014	平成26年	TO184	平成26年度 是友地区外改良工事	擁壁	●	●	●	●	×	●	×	×	×
2014	平成26年	TO185	平成26年度 天神改良工事	擁壁	●	●	●	●	×	●	×	×	×
2014	平成26年	TO186	平成26年度 西浦改良工事	函渠	●	●	●	●	×	●	●	●	●
2014	平成26年	TO187	平成26-27年度 西浦地区外改良工事	擁壁	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2011	平成23年	TO188	平成23年度 関改良外工事	函渠	●	●	●	●	×	●	×	×	●
2012	平成24年	TO189	平成24-25年度 関高架橋上部工事	橋台	●	●	●	●	×	●	●	×	●
2011	平成23年	TO192	平成23年度 枝川高架橋下部外工事	橋脚、橋台	●	●	●	●	×	●	●	×	●

松山河川国道事務所

発注年度	調査工事番号	工事名称	対象構造物	誘発目地	誘発目地間隔	コンクリート配合表	コンクリート使用材料	コンクリート品質管理	コンクリート打設管理	施工方法	ひび割れ調査	補修方法	その他ひび割れ抑制対策
2013	平成25年	MA001	平成25-26年度 川之江橋下部工事	橋台	●	●	●	●	×	×	●	×	●
2012	平成24年	MA006	平成24年度 古谷改良第2外1件工事	函渠	●	●	●	●	●	×	●	×	●
2012	平成24年	MA007	平成24年度 古谷改良工事	函渠	●	●	●	●	×	×	×	×	×
2011	平成23年	MA014	平成23-24年度 下吾川改良工事	橋台・擁壁・函渠	●	●	●	●	●	×	●	×	●
2011	平成23年	MA015	平成23-24年度 伊予跨線橋下部工事	橋台・擁壁	●	●	●	●	●	×	●	×	●
2010	平成22年	MA020	平成22年度 井門外改良工事	函渠	●	●	●	●	●	×	●	×	●
2011	平成23年	MA021	平成22-23年度 石手川橋下部第2工事	橋脚	●	●	●	●	●	×	●	×	●
2014	平成26年	MA052	平成25-26年度 伊予跨線橋下部工事	橋台	●	●	●	●	●	●	●	×	●
2014	平成26年	MA053	平成25-26年度 長沢第1高架橋下部工事	橋脚、橋台	●	●	●	●	●	●	●	×	●
2015	平成27年	MA054	平成26-27年度 余戸南第4高架橋下部(P19, 20)工事	橋脚	×	×	●	●	×	●	●	×	●
2014	平成26年	MA055	平成26年度 朝倉南地区外改良工事	函渠	●	●	×	×	●	×	×	×	×
2013	平成25年	MA101	平成25年度 朝倉第2高架橋下部工事	橋脚	×	×	●	●	●	●	●	×	●
2012	平成24年	MA103	平成24-25年度 朝倉南改良外1件工事	函渠	●	×	●	●	×	×	×	×	●
2012	平成24年	MA104	平成24年度 朝倉第1高架橋下部第2工事	橋台、橋脚	×	×	●	●	×	×	●	×	●
2015	平成27年	MA105	平成27-28年 朝倉第4高架橋下部工事	橋台	×	×	●	●	×	×	●	×	●

●：収集できたもの ×：収集できなかったもの

7. 収集工事統計処理

収集した工事データを下記の関係について取りまとめた。

1. 目地間隔とひび割れ

- ・ 目地間隔とひび割れ発生率（対縦壁数、対工事件数）の関係
- ・ 目地間隔とひび割れ発生縦壁数、工事件数の関係
- ・ 誘発目地以外の対策によるひび割れ発生率の比較

2. 断面欠損率とひび割れ

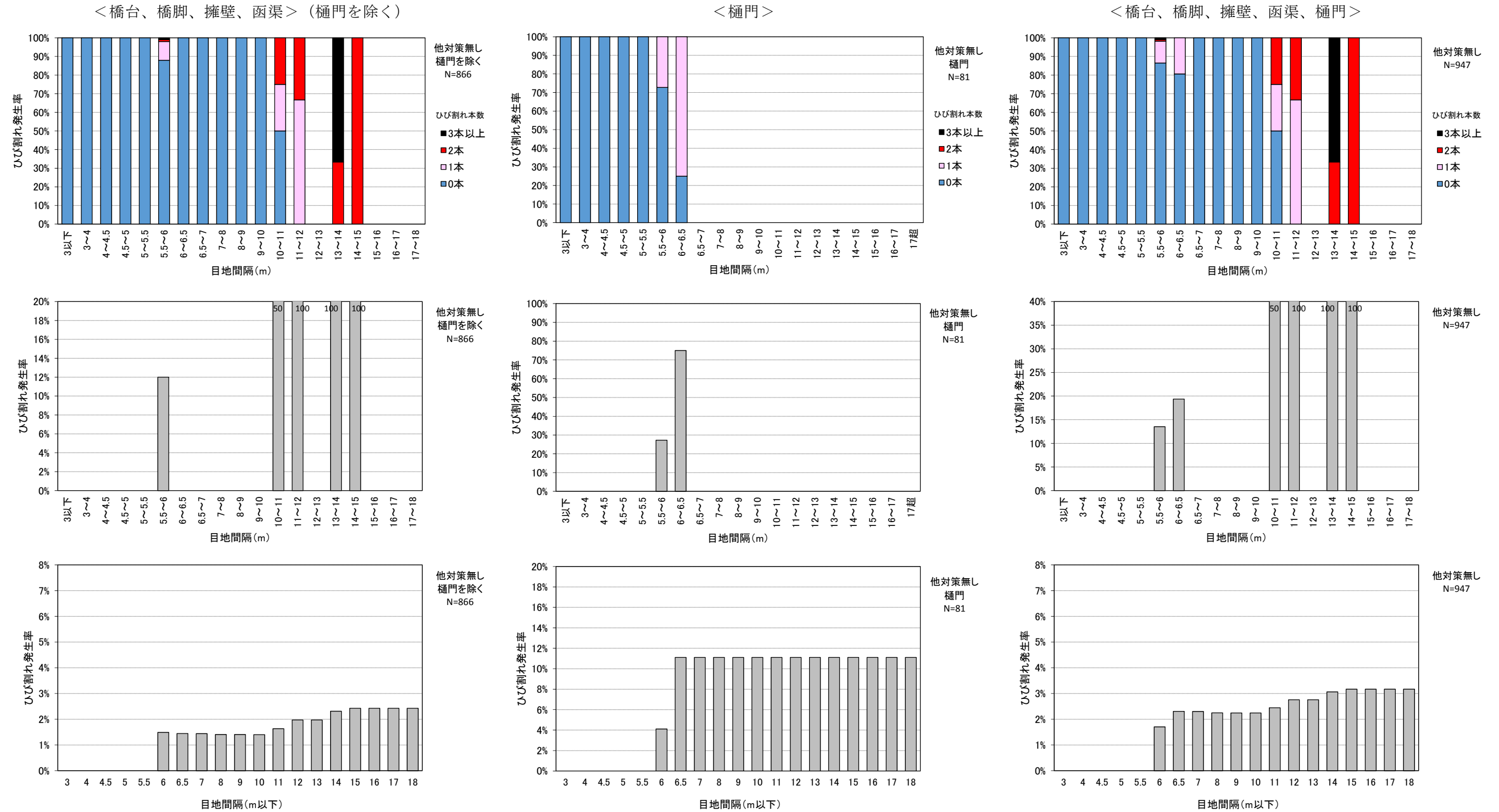
- ・ 断面欠損率とひび割れ発生率（対縦壁数、対工事件数）の関係
- ・ 断面欠損率とひび割れ発生縦壁数、工事件数の関係
- ・ 誘発目地以外の対策によるひび割れ発生率の比較

3. 目地間隔 L と 縦壁高さ H の比 L/H とひび割れ

- ・ L/H とひび割れ発生率の関係
- ・ L/H とひび割れ発生縦壁数の関係

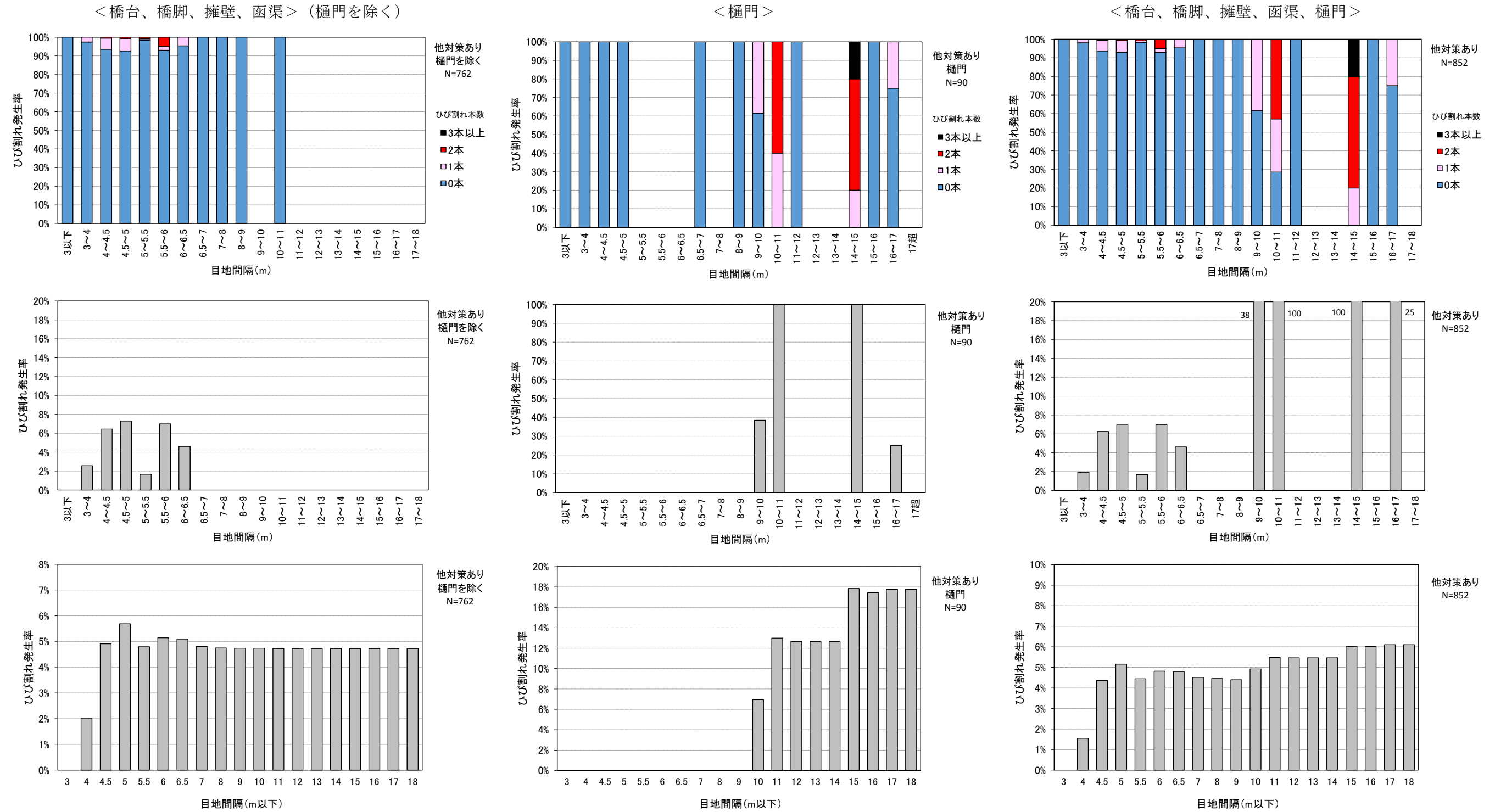
1. 目地間隔とひび割れ

●目地間隔とひび割れ発生率（対縦壁数）の関係（誘発目地以外のひび割れ対策無し）



1. 目地間隔とひび割れ

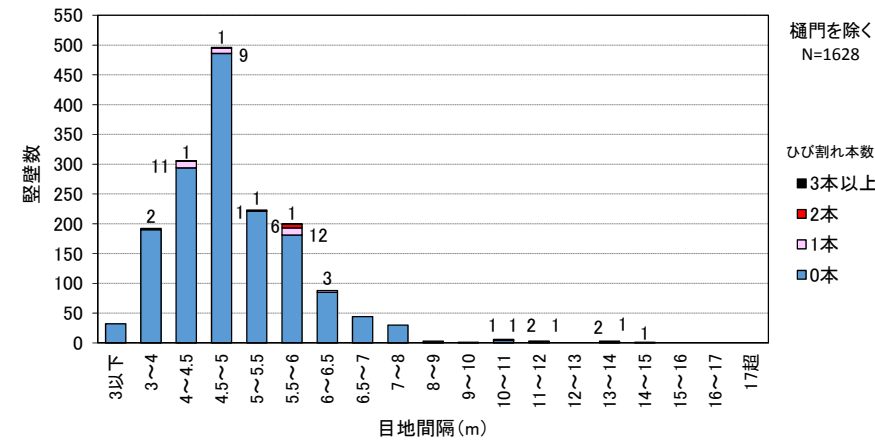
●目地間隔とひび割れ発生率（対縦壁数）の関係（誘発目地以外のひび割れ対策あり）



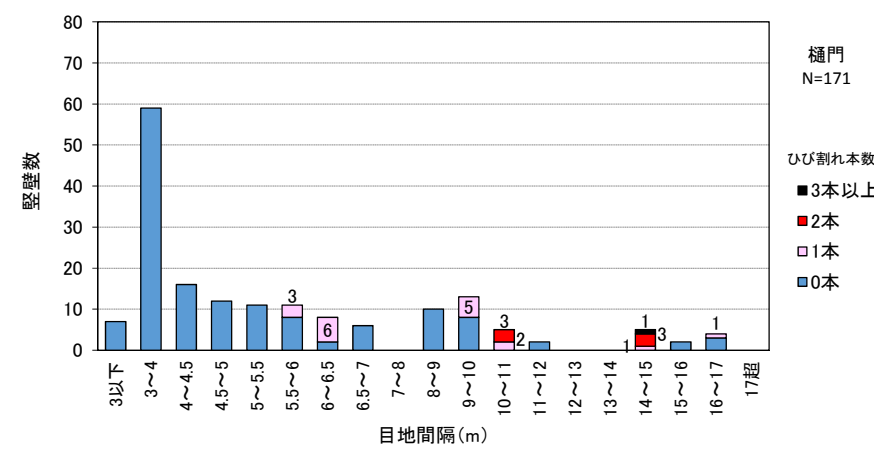
1. 目地間隔とひび割れ

●目地間隔とひび割れ発生縦壁数の関係（全てのデータ）

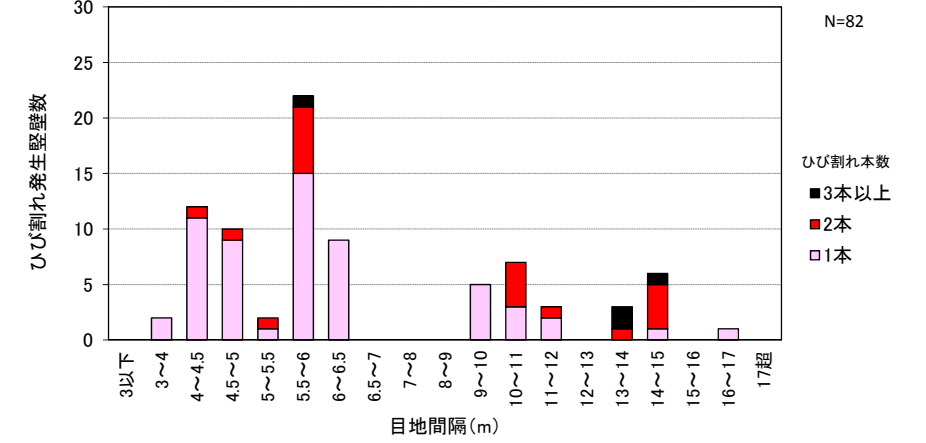
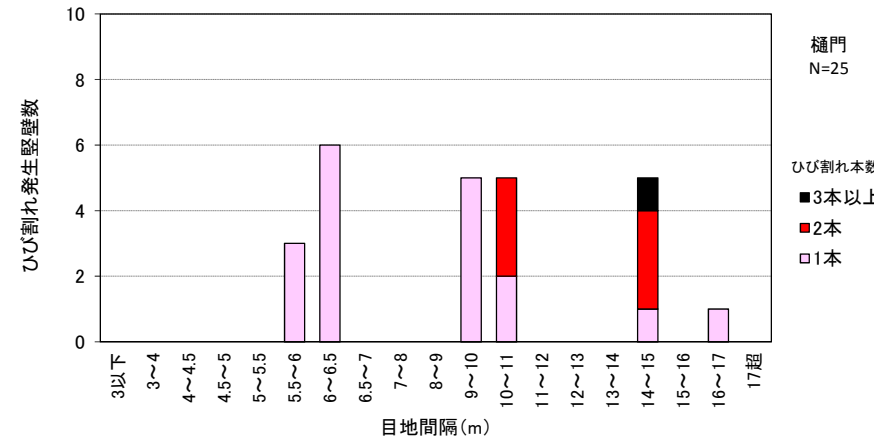
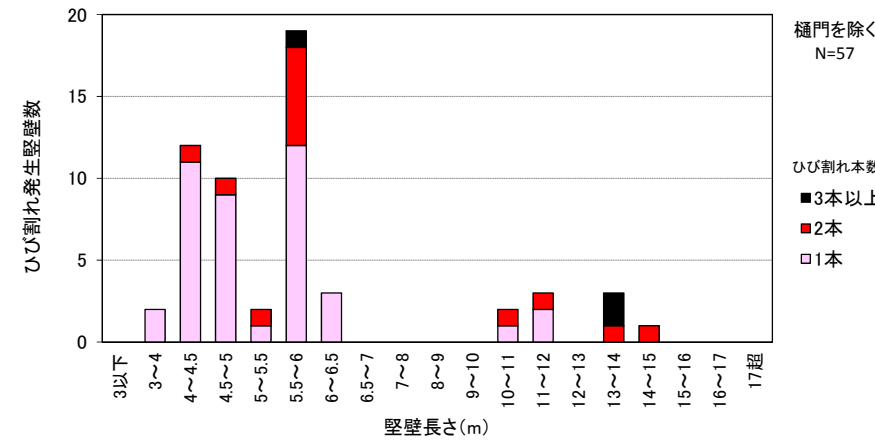
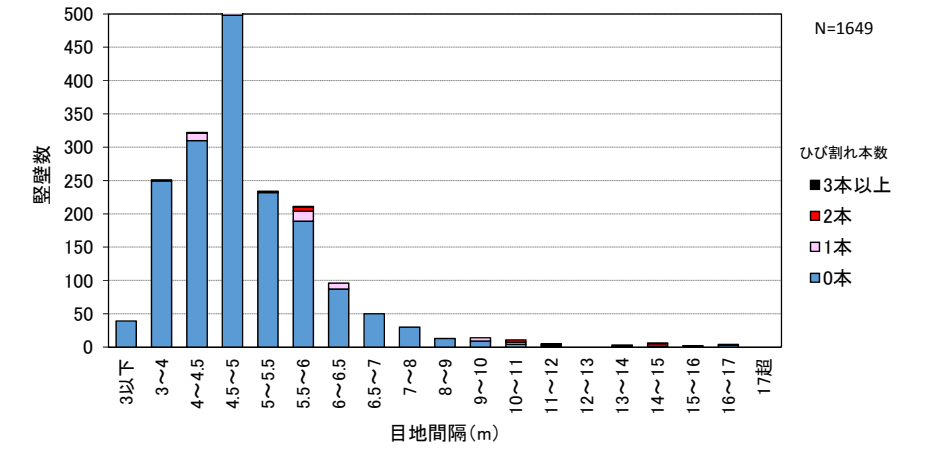
<橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



<樋門>



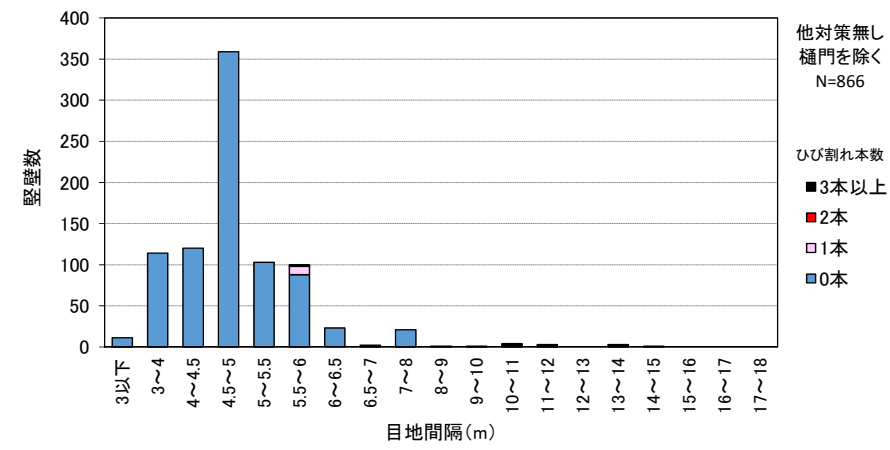
<橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>



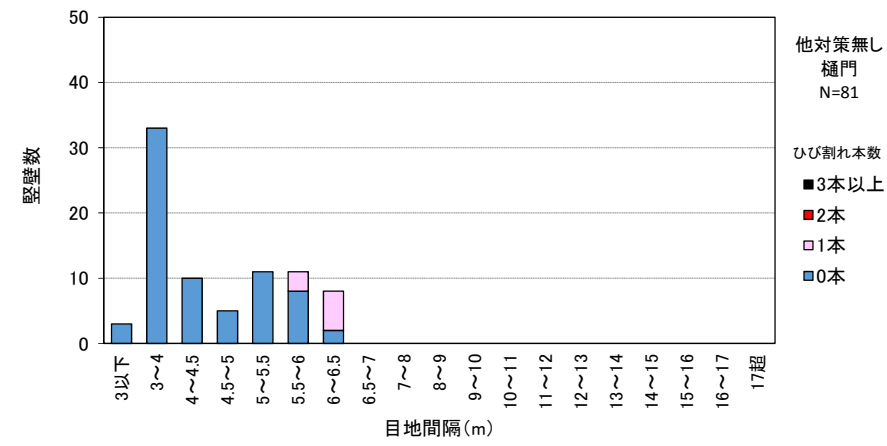
1. 目地間隔とひび割れ

●目地間隔とひび割れ発生縦壁数の関係（誘発目地以外のひび割れ対策無し）

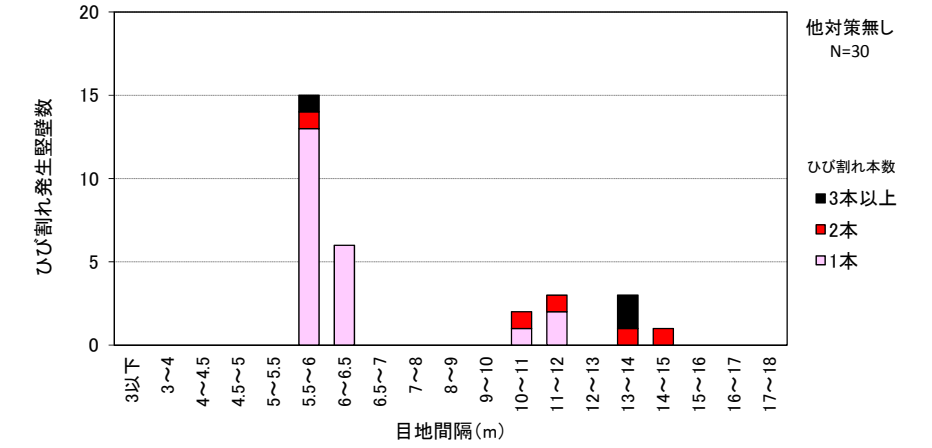
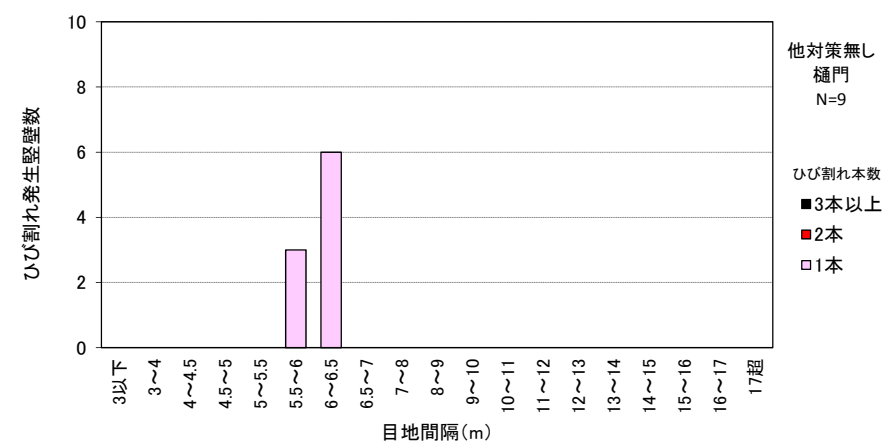
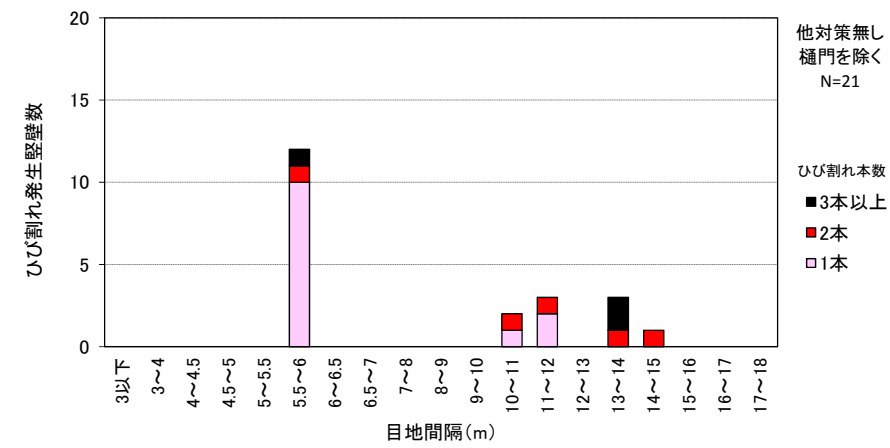
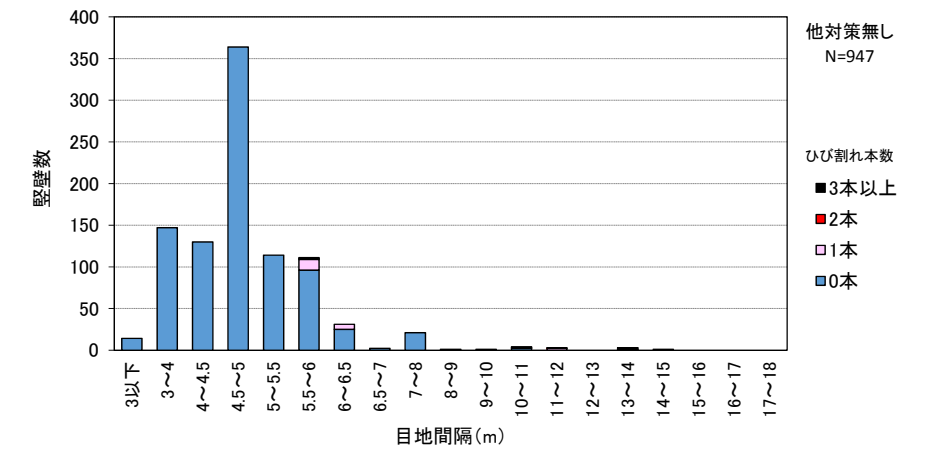
<橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



<樋門>



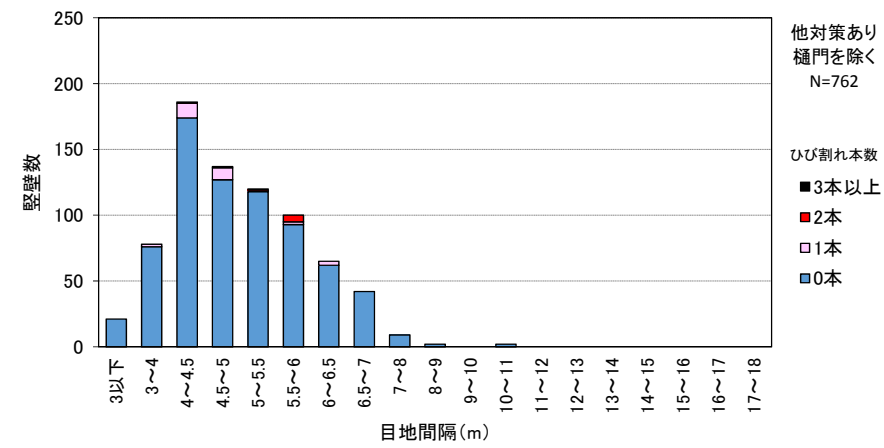
<橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>



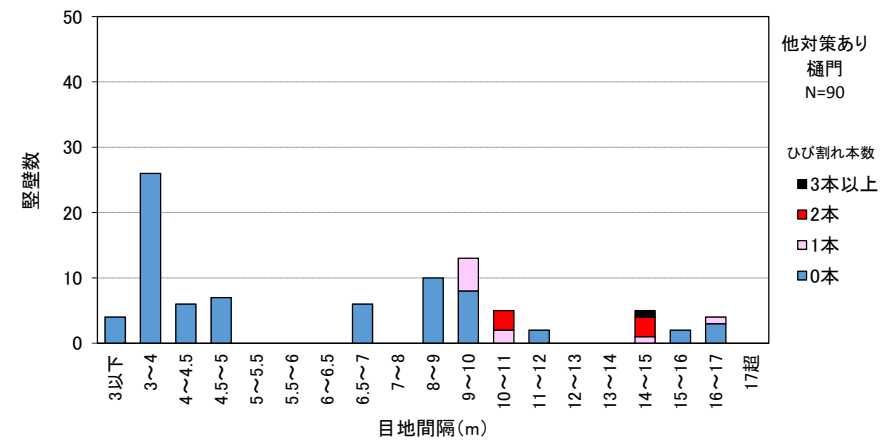
1. 目地間隔とひび割れ

●目地間隔とひび割れ発生縦壁数の関係（誘発目地以外のひび割れ対策あり）

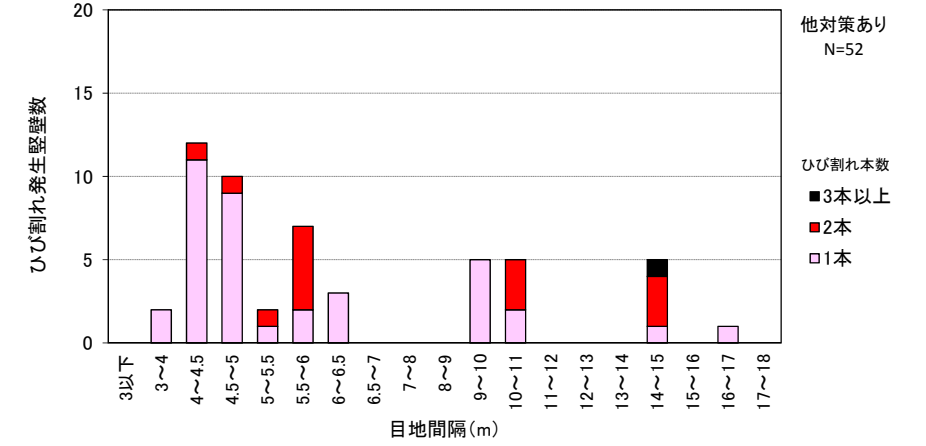
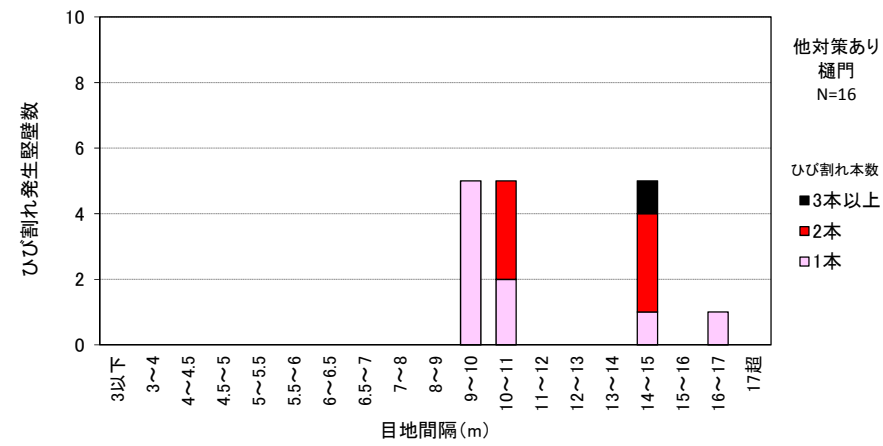
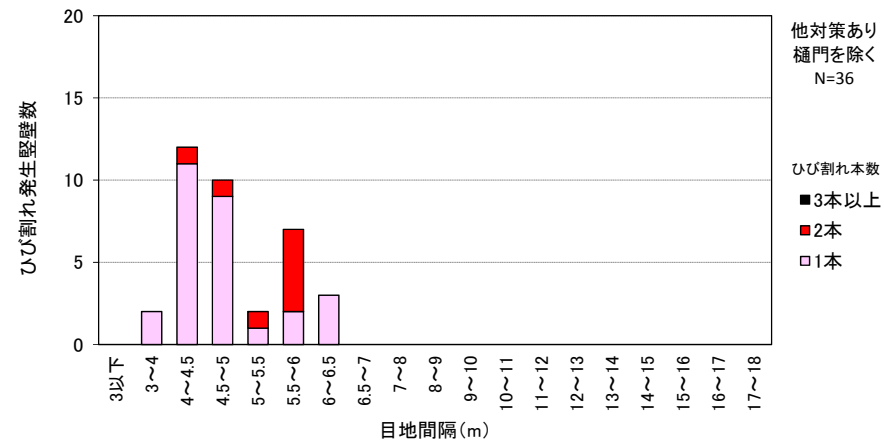
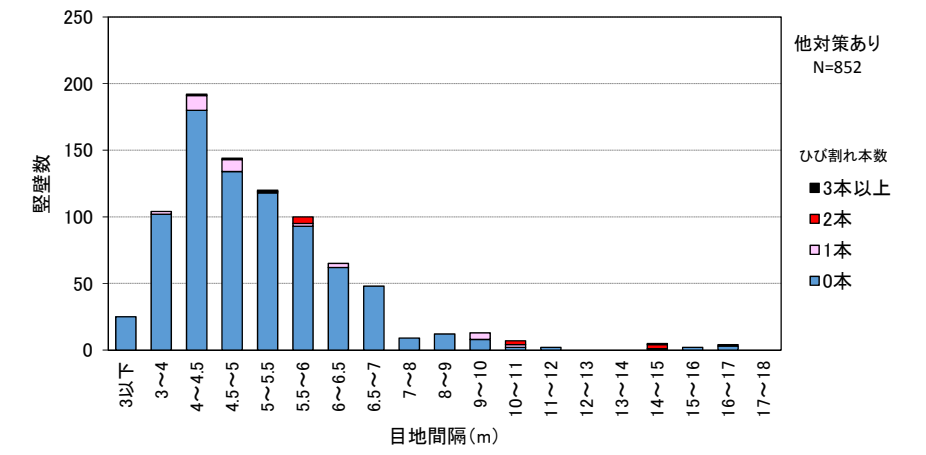
<橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



<樋門>

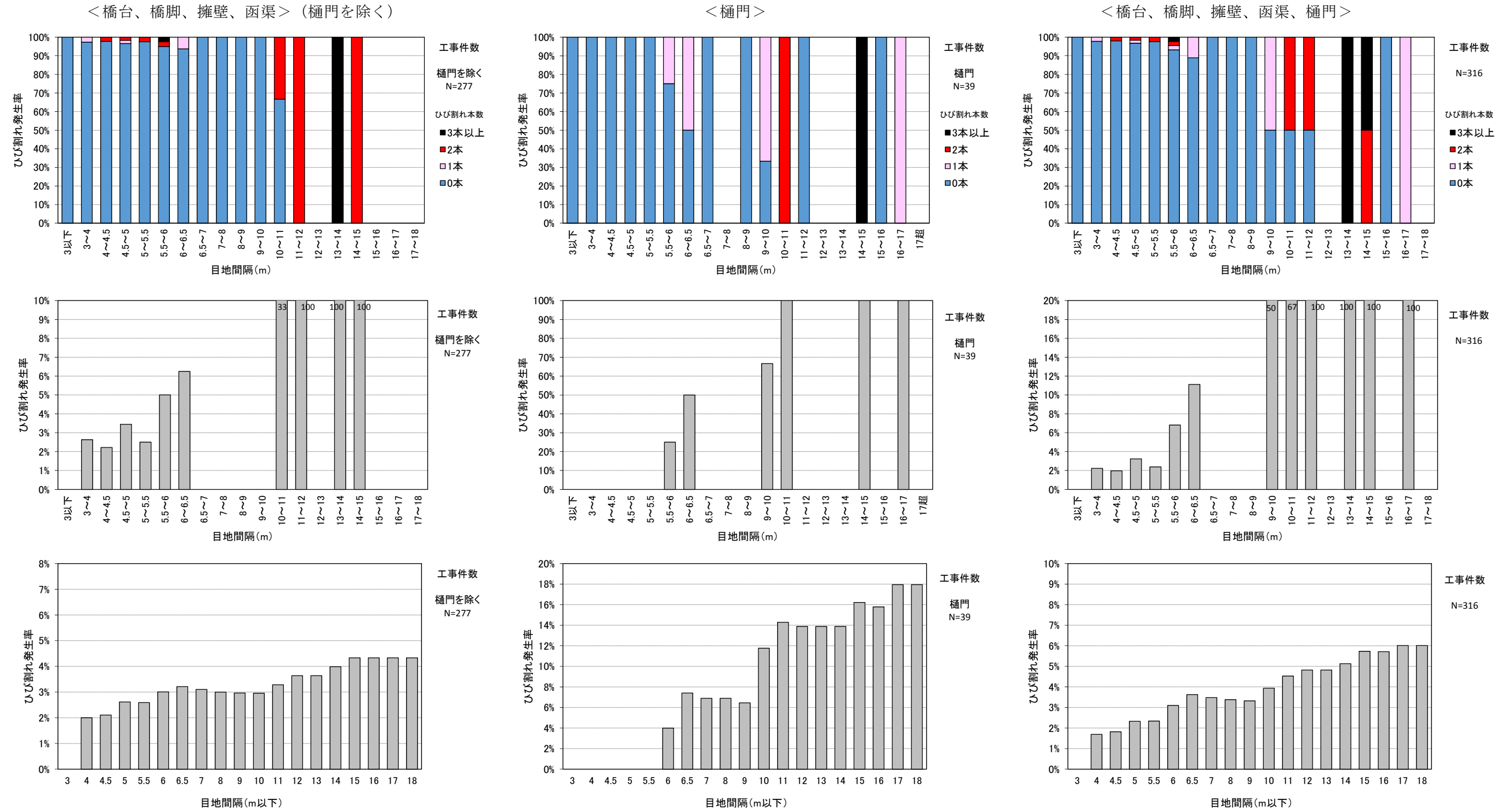


<橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>



1. 目地間隔とひび割れ

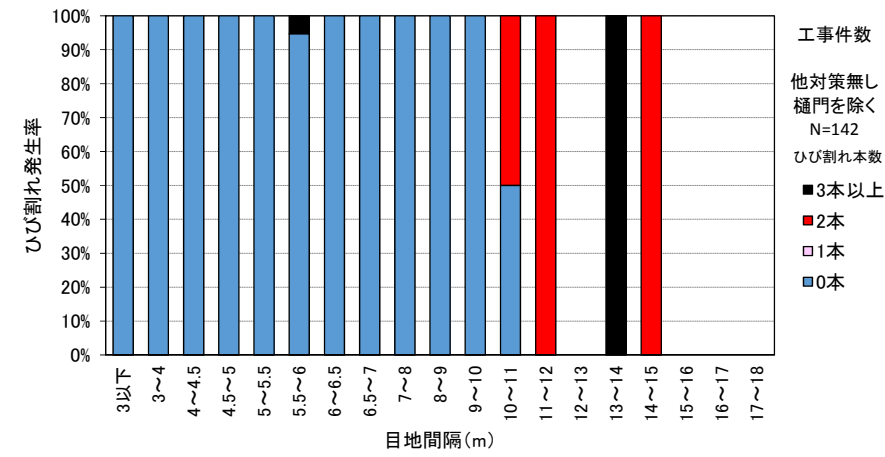
●目地間隔とひび割れ発生率（対工事件数）の関係（全てのデータ）



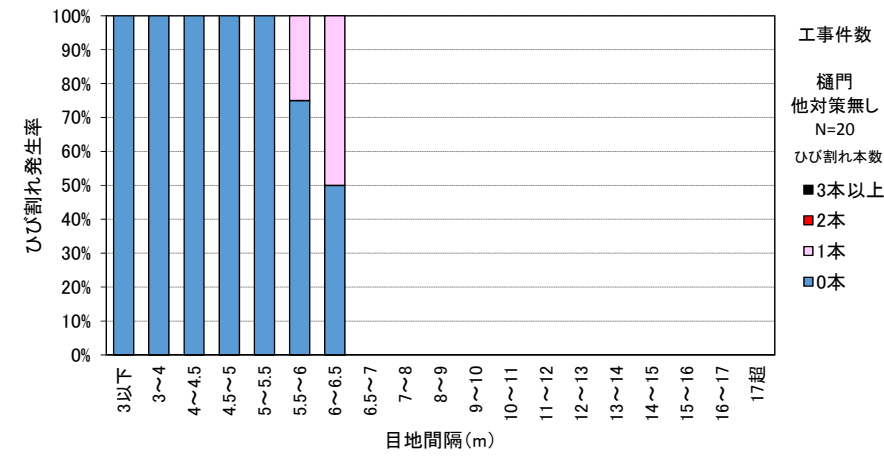
1. 目地間隔とひび割れ

●目地間隔とひび割れ発生率（対工事件数）の関係（誘発目地以外のひび割れ対策無し）

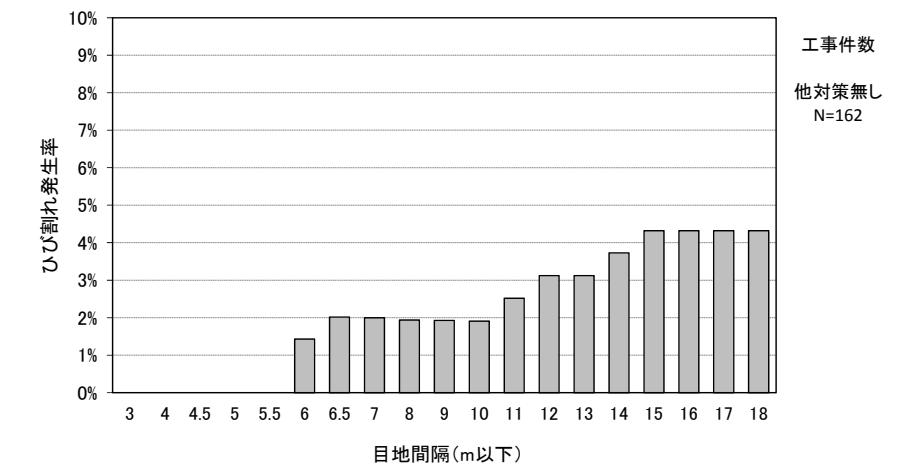
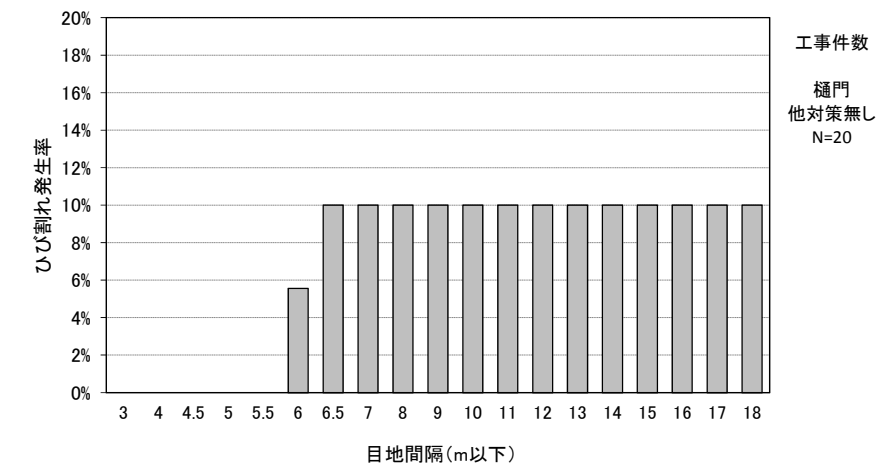
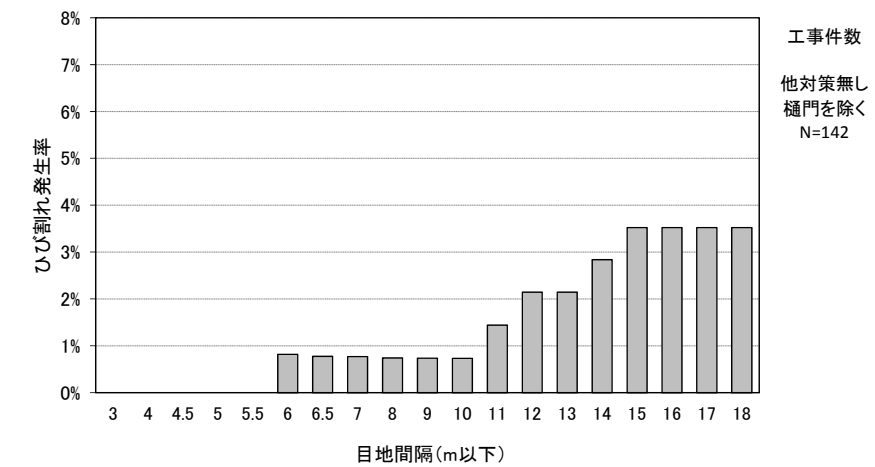
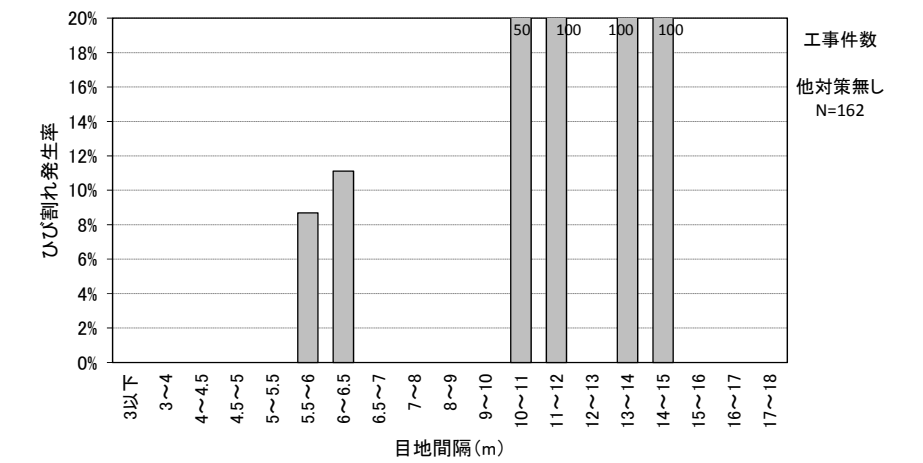
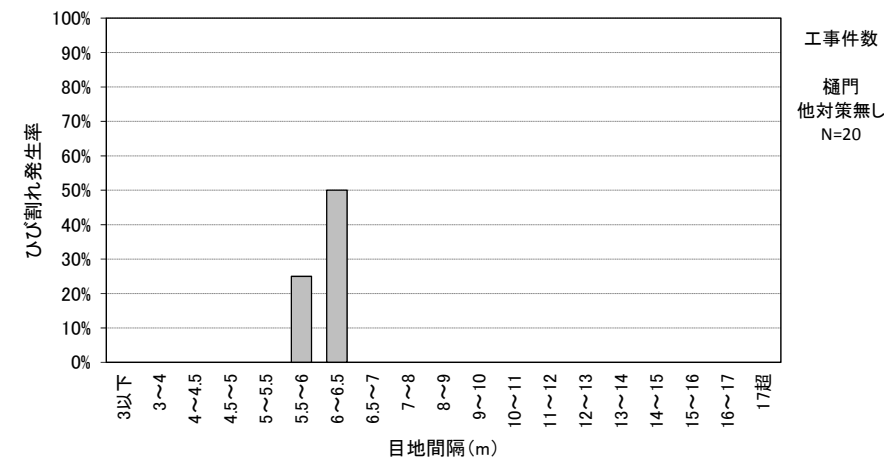
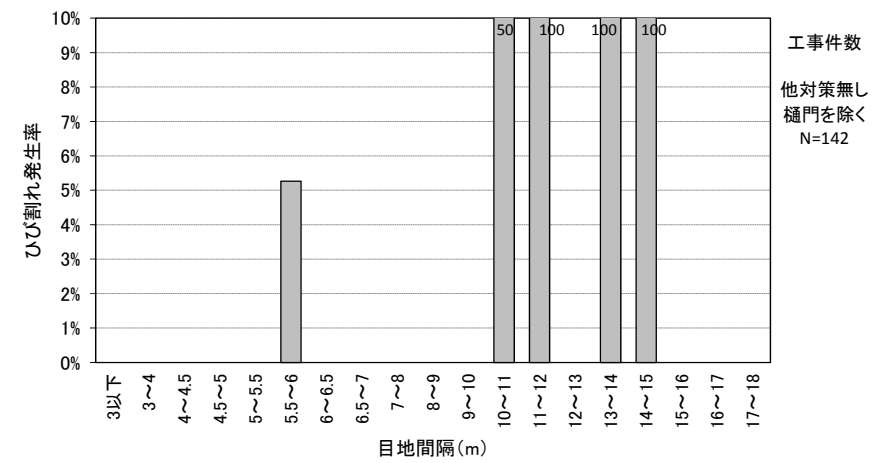
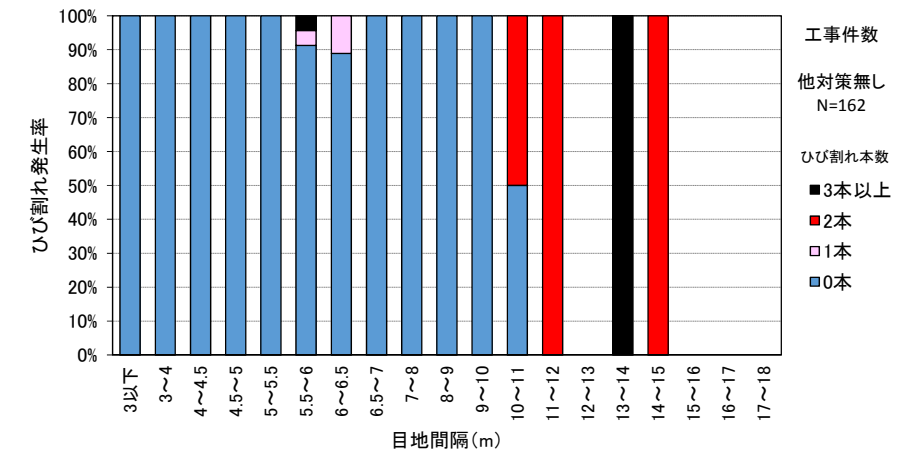
<橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



<樋門>



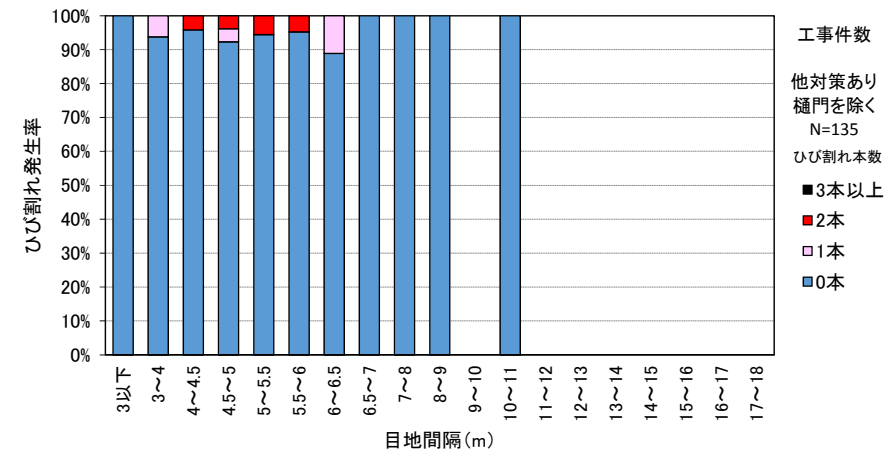
<橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>



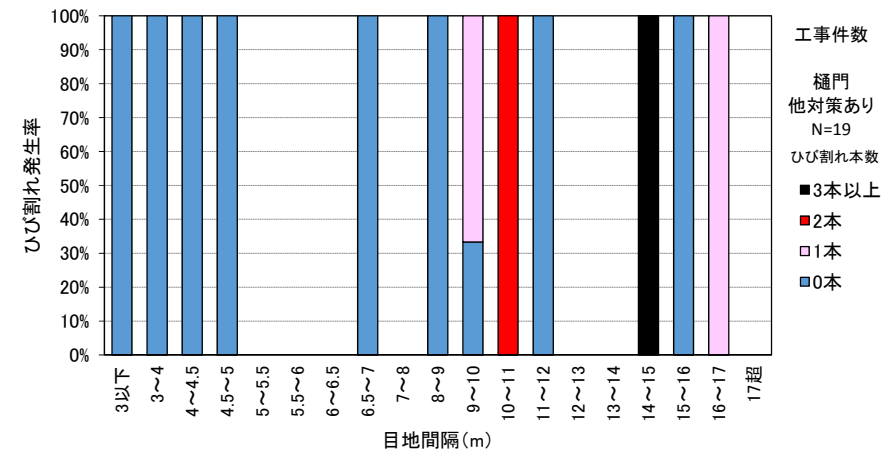
1. 目地間隔とひび割れ

●目地間隔とひび割れ発生率（対工事件数）の関係（誘発目地以外のひび割れ対策あり）

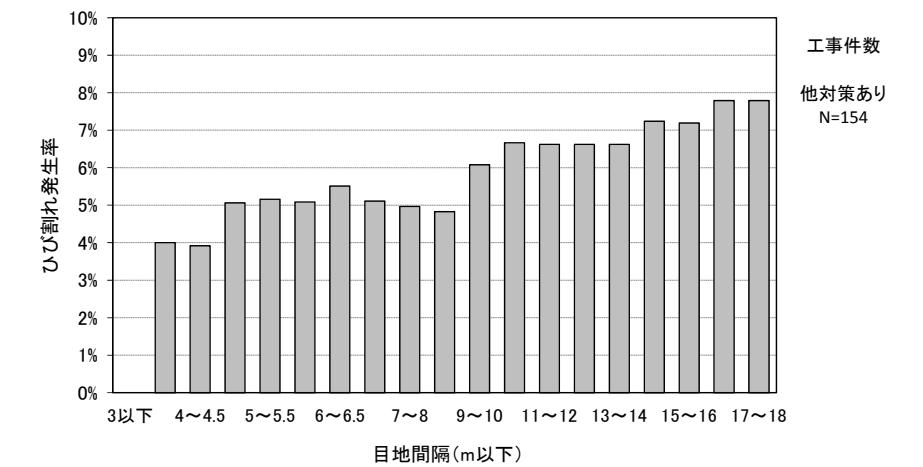
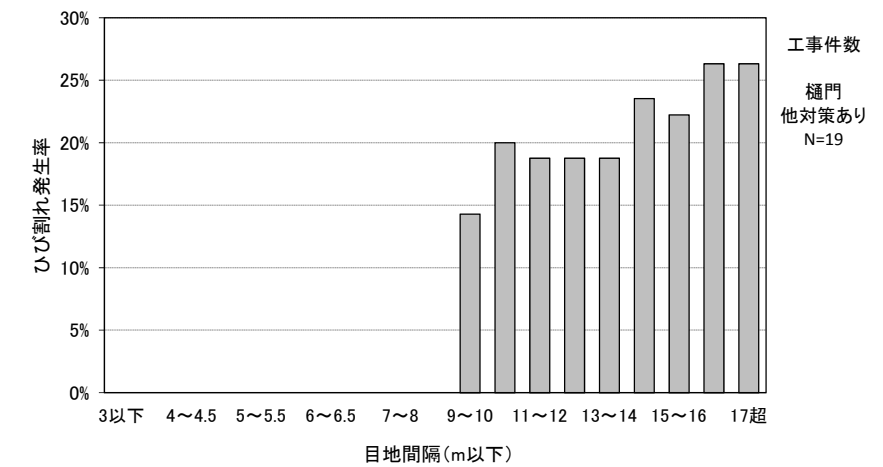
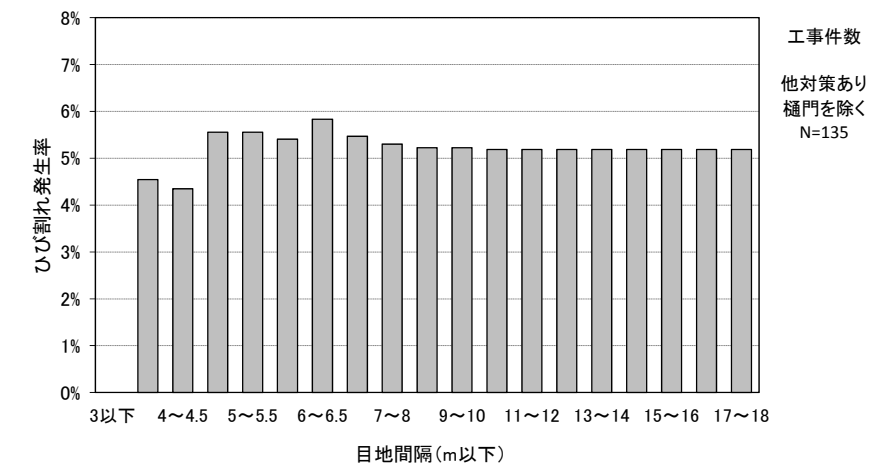
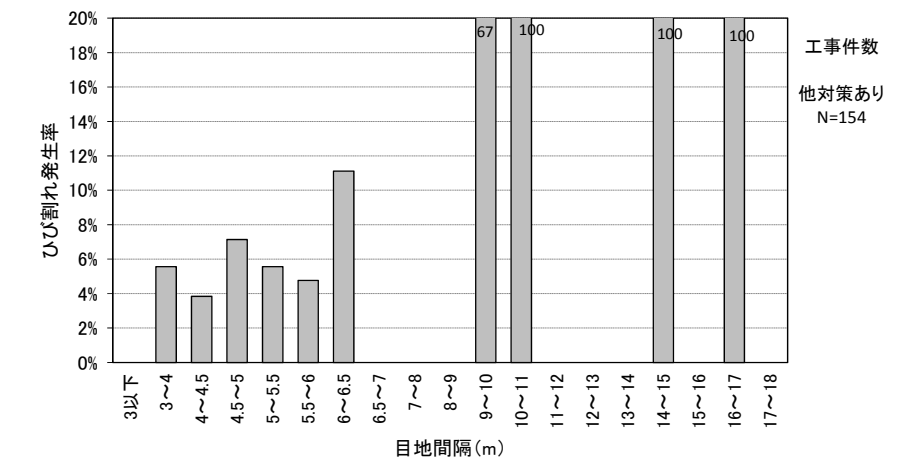
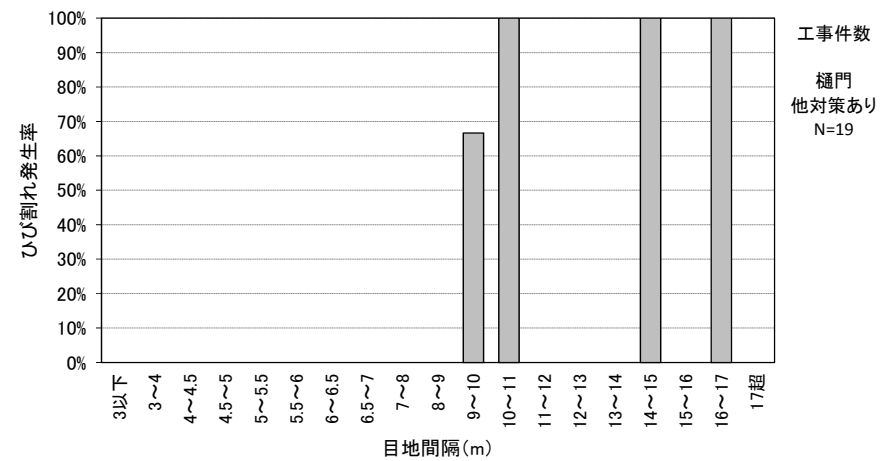
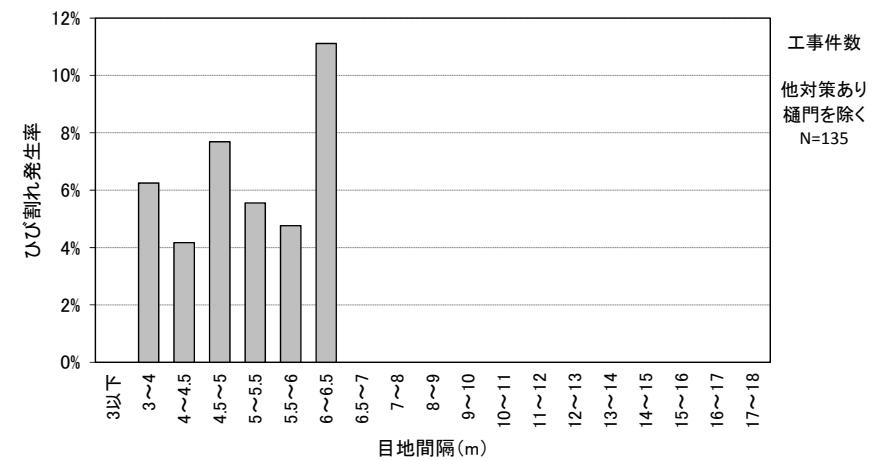
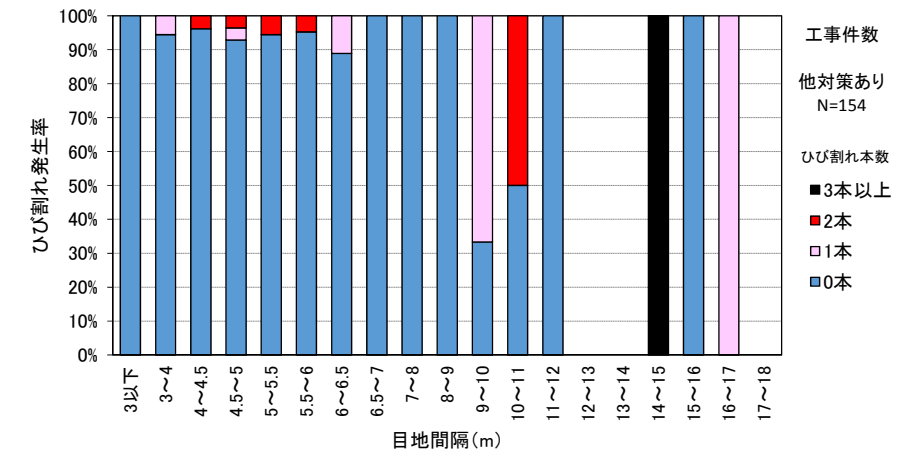
<橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



<樋門>



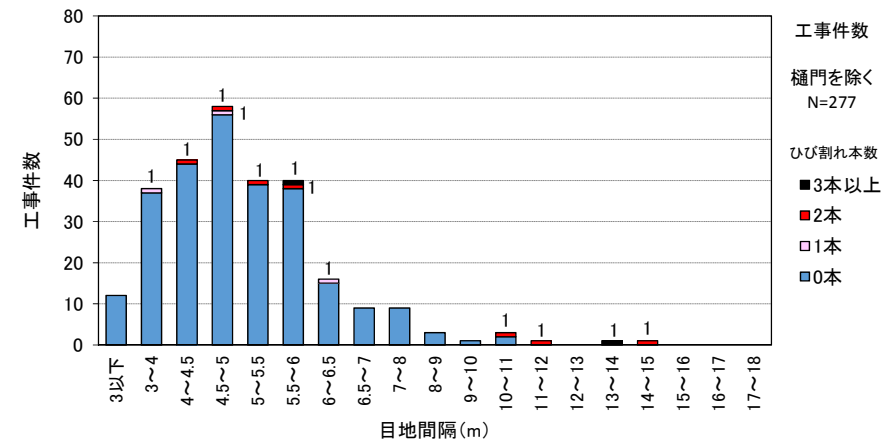
<橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>



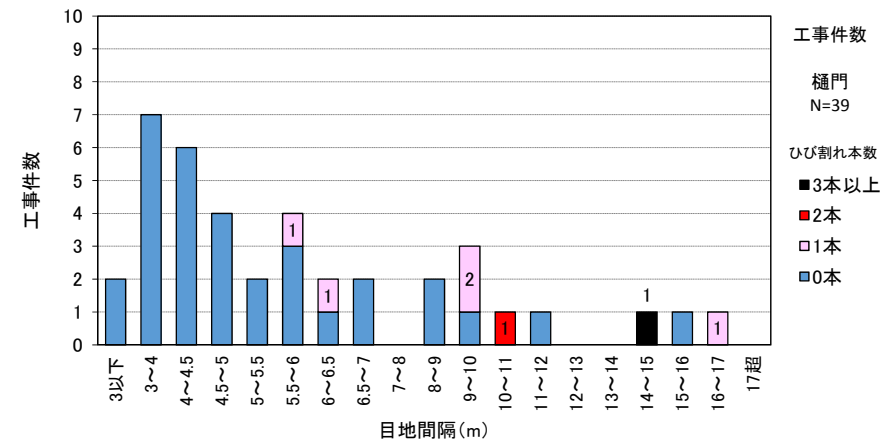
1. 目地間隔とひび割れ

●目地間隔とひび割れ発生工事件数の関係（全てのデータ）

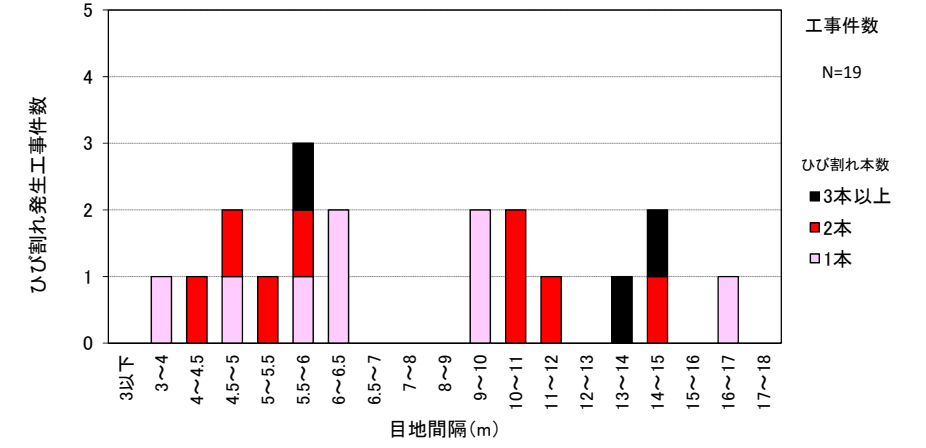
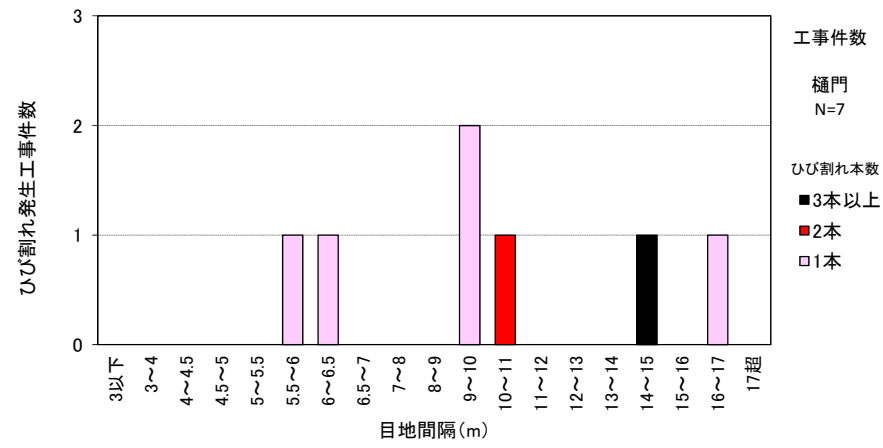
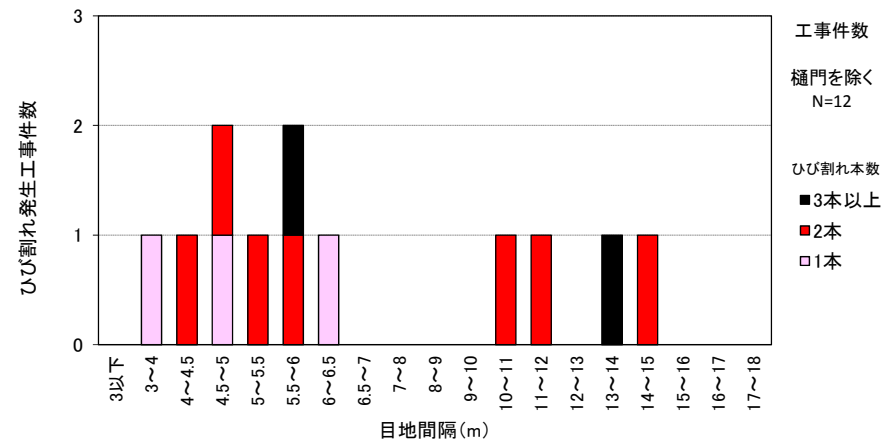
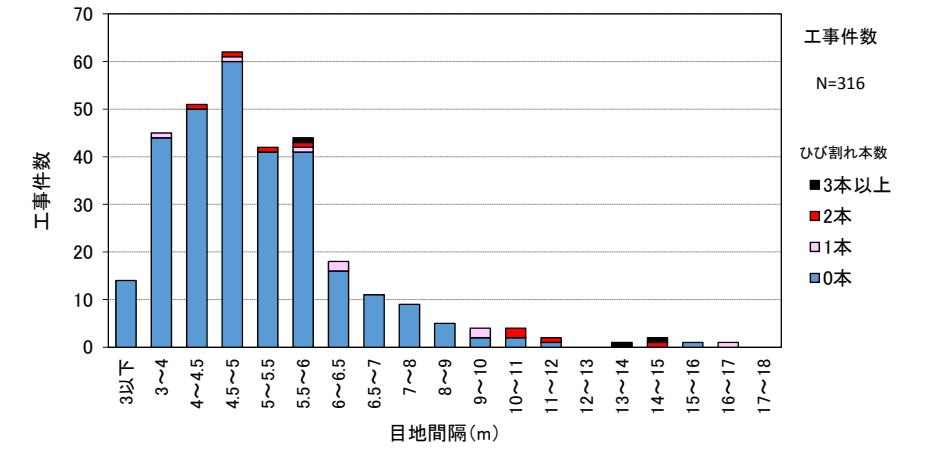
<橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



<樋門>



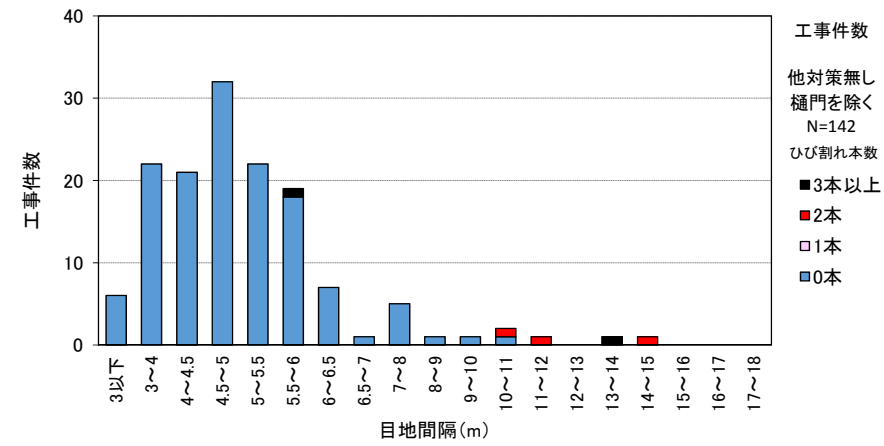
<橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>



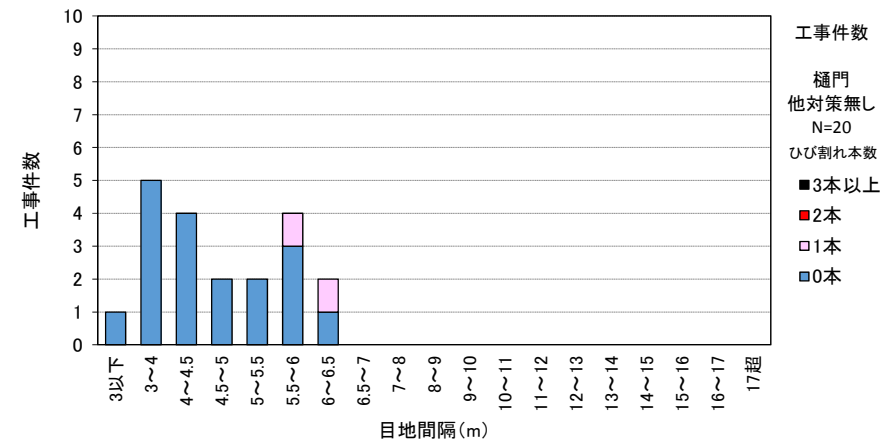
1. 目地間隔とひび割れ

●目地間隔とひび割れ発生工事件数の関係（誘発目地以外のひび割れ対策無し）

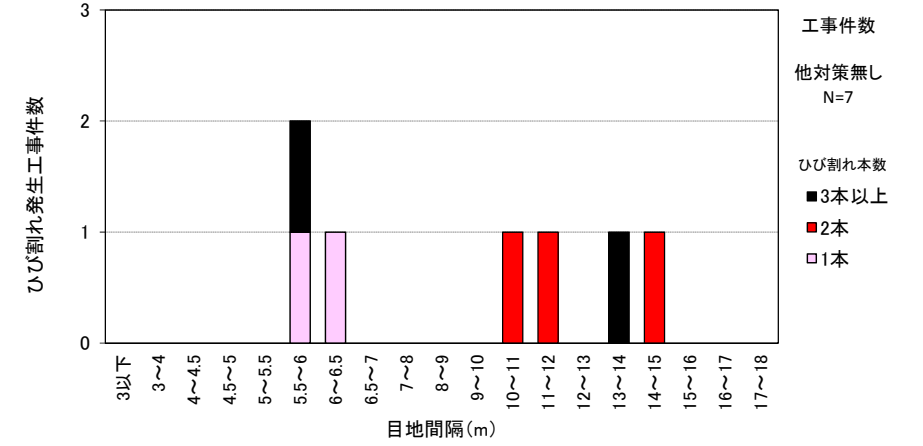
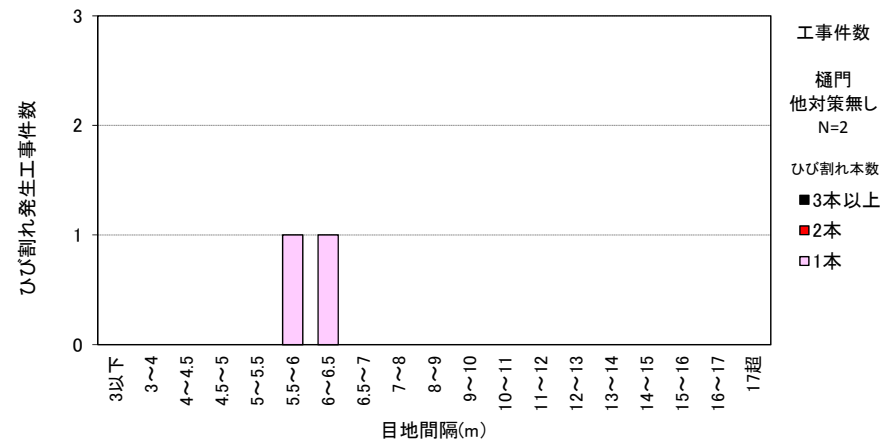
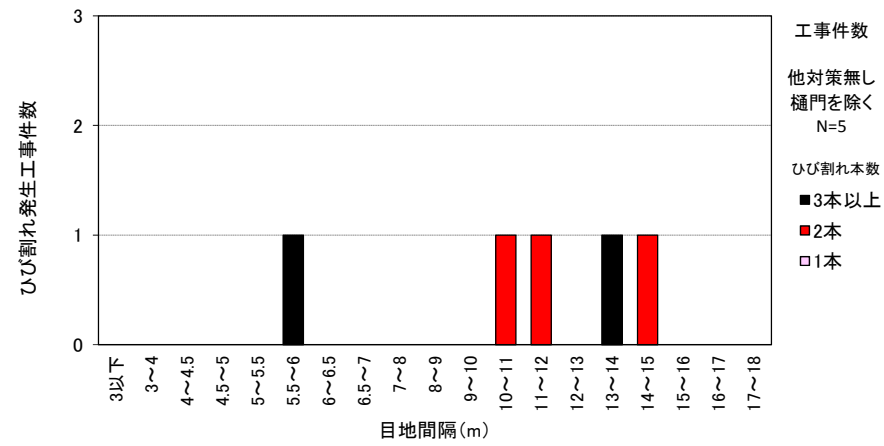
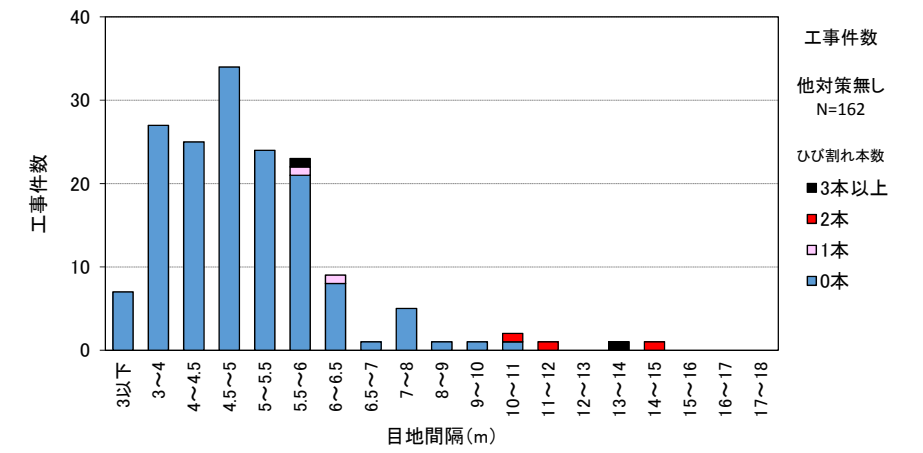
<橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



<樋門>



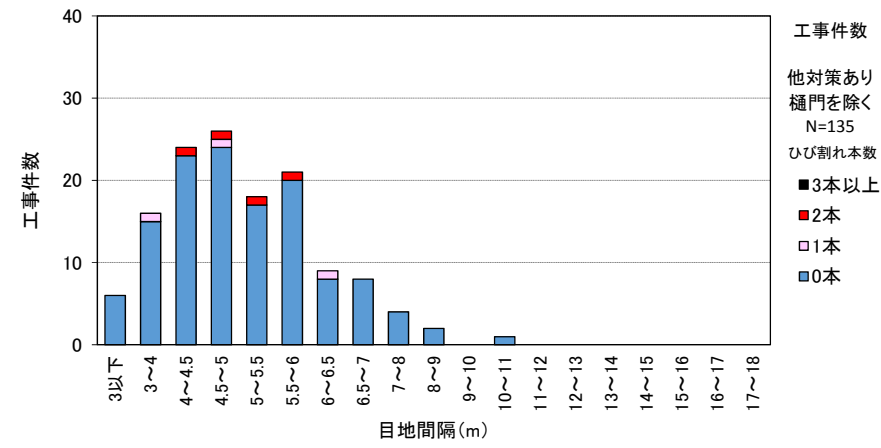
<橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>



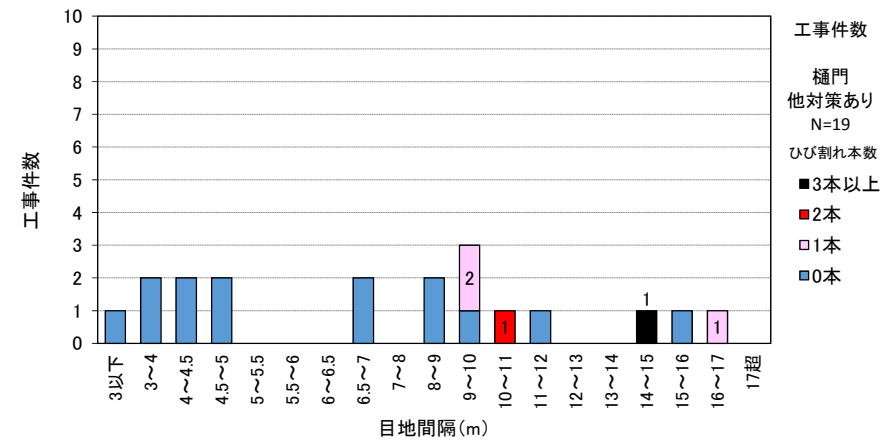
1. 目地間隔とひび割れ

●目地間隔とひび割れ発生工事件数の関係（誘発目地以外のひび割れ対策あり）

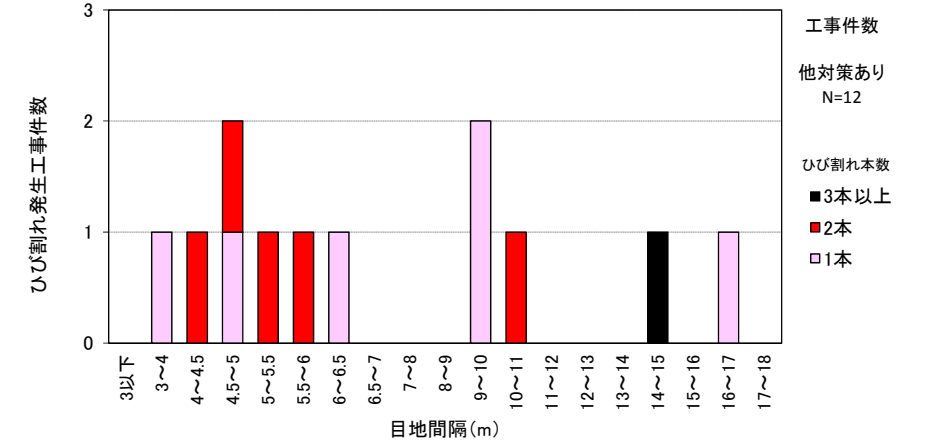
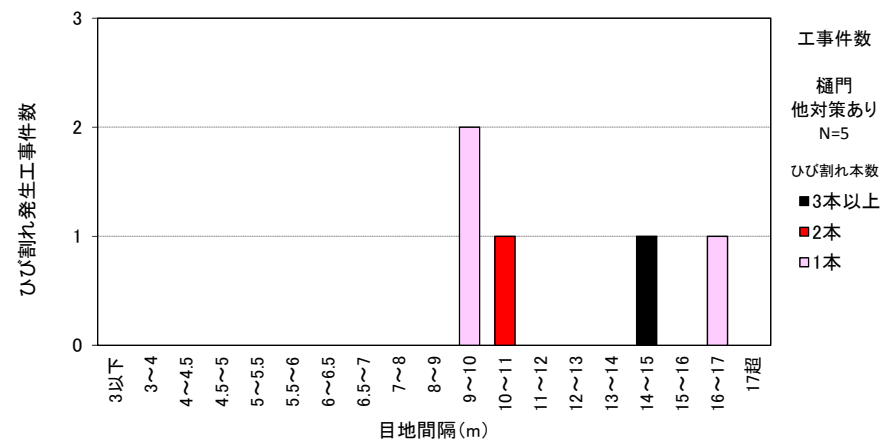
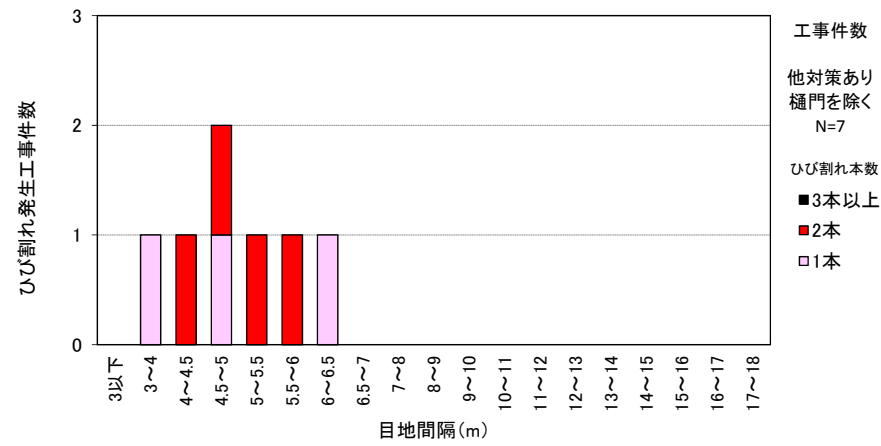
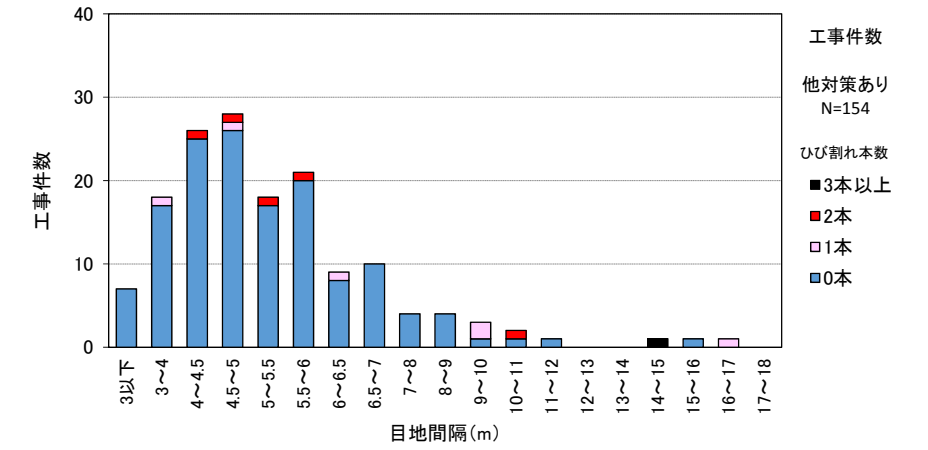
<橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



<樋門>



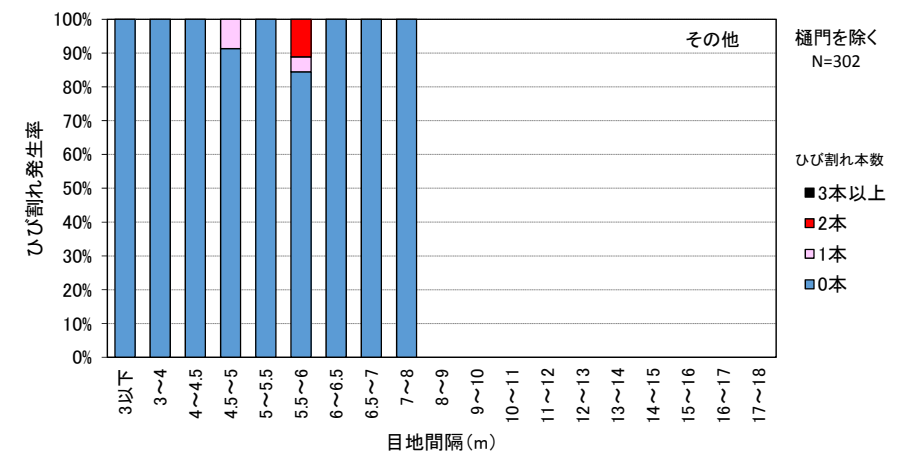
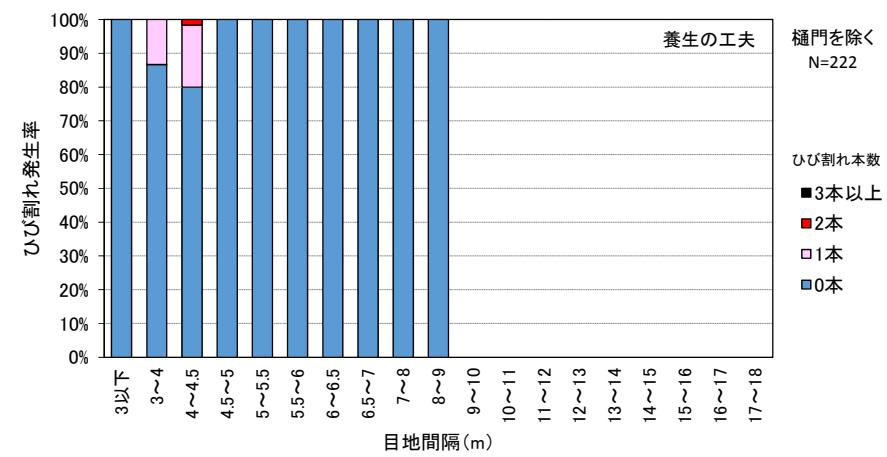
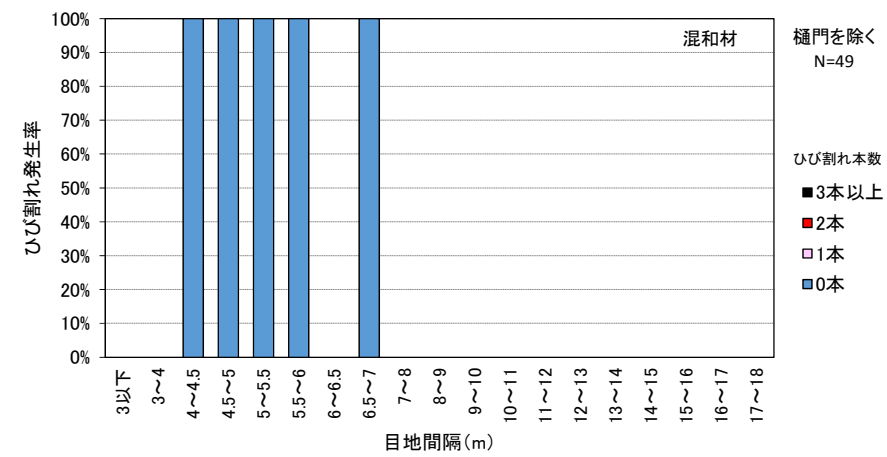
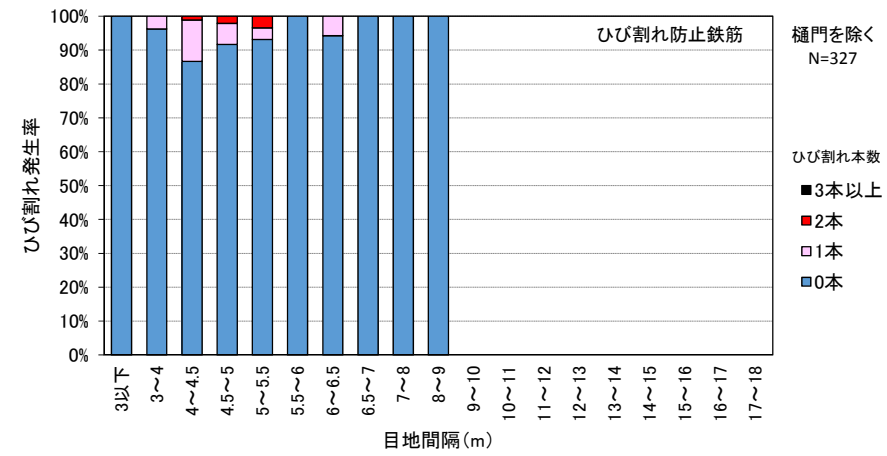
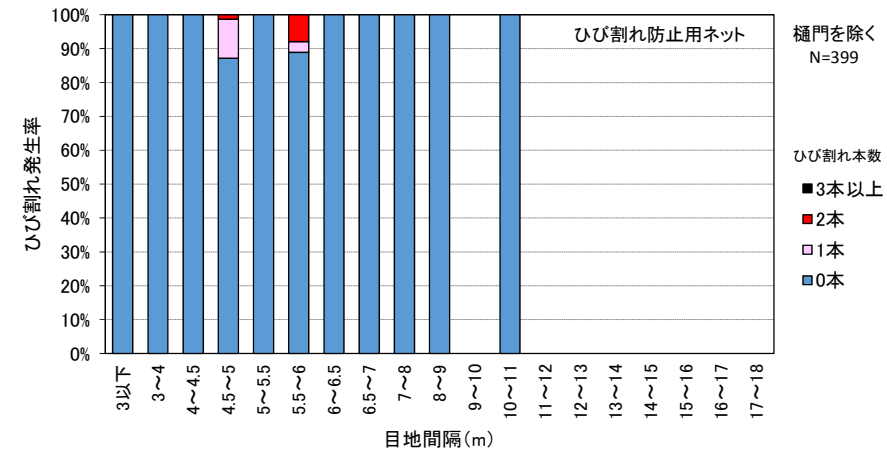
<橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>



1. 目地間隔とひび割れ

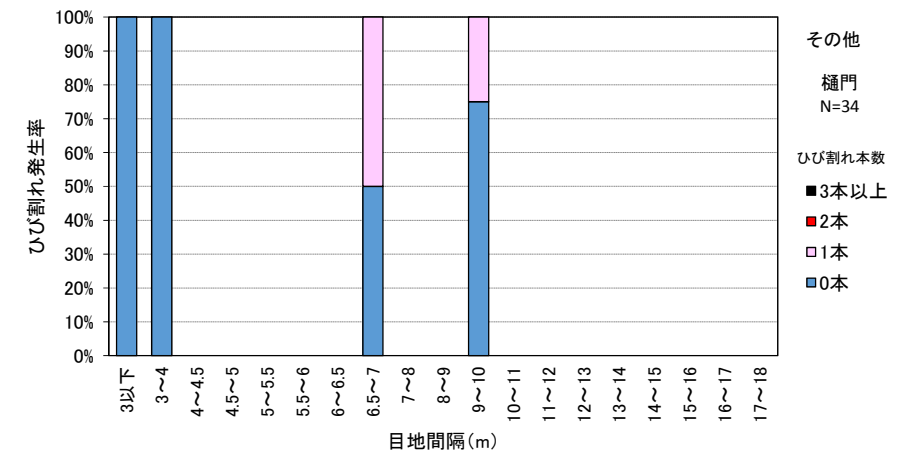
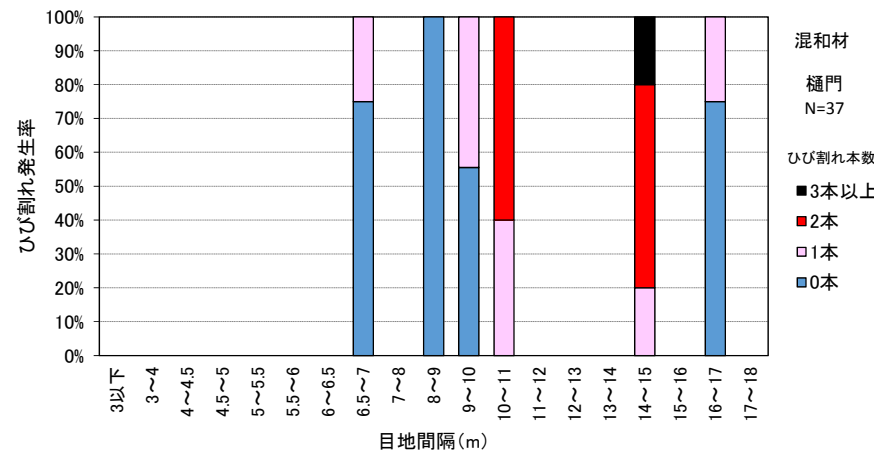
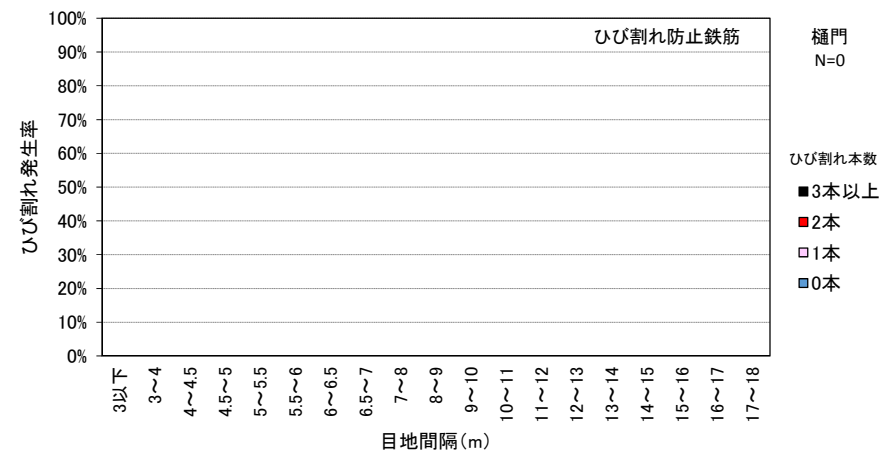
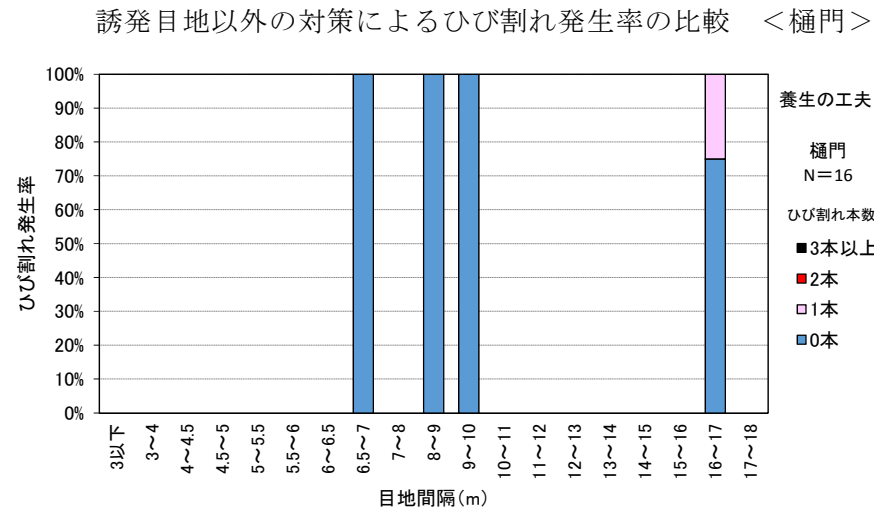
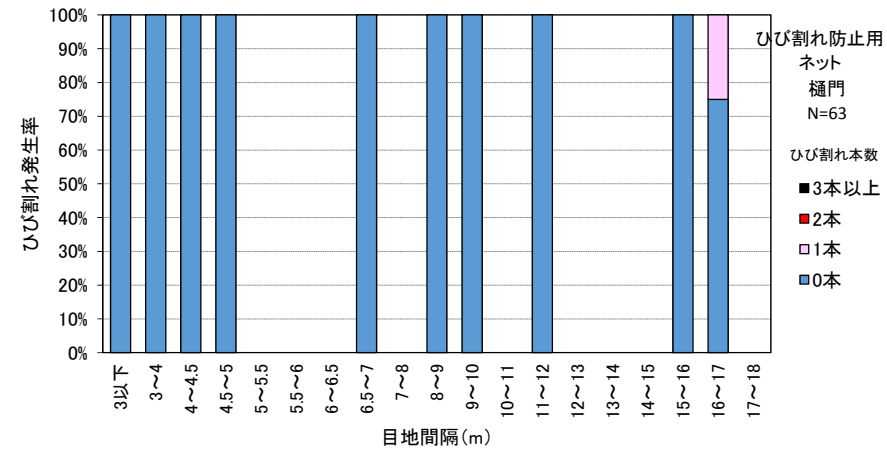
● 目地間隔とひび割れ発生率（対縦壁数）の関係

誘発目地以外の対策によるひび割れ発生率の比較 <橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



1. 目地間隔とひび割れ

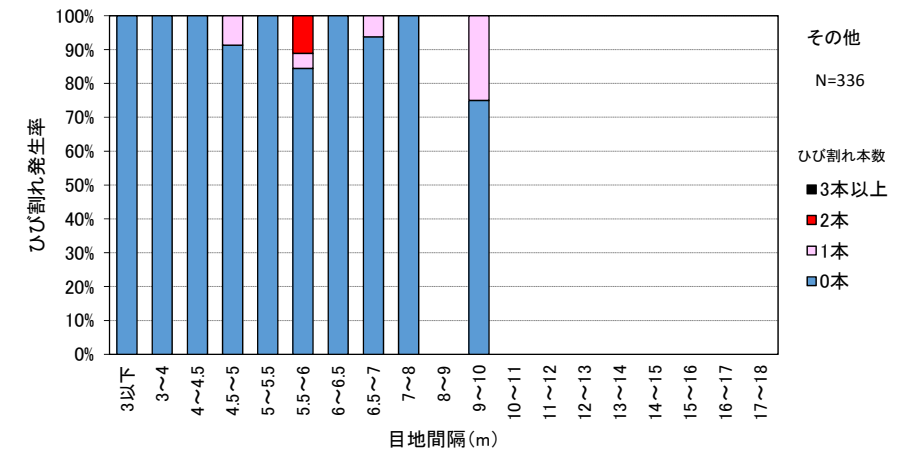
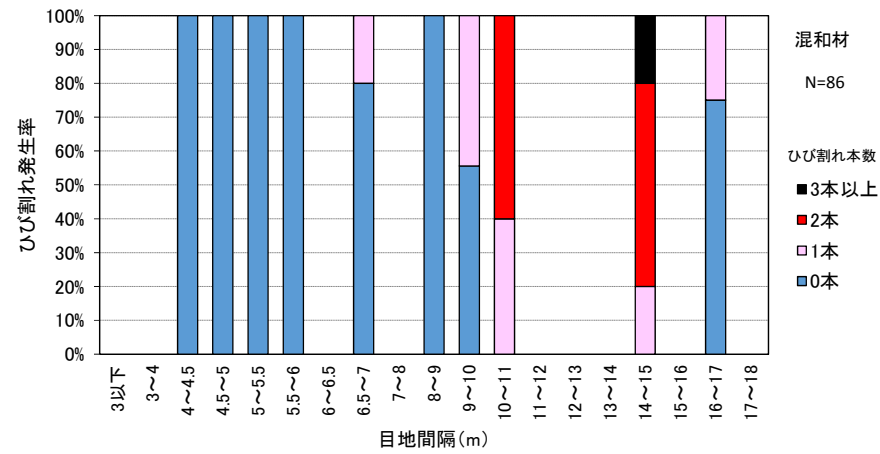
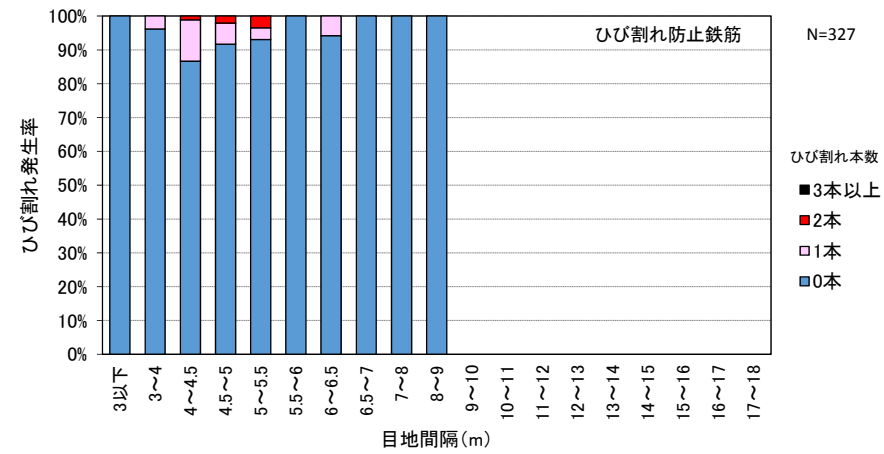
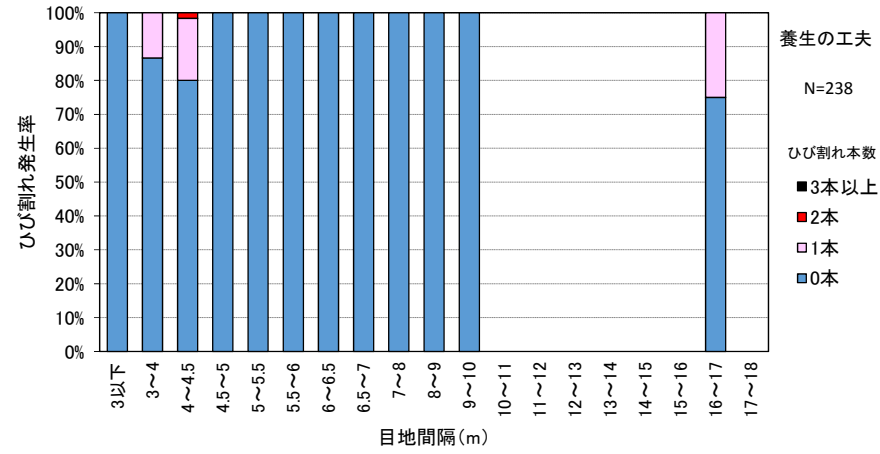
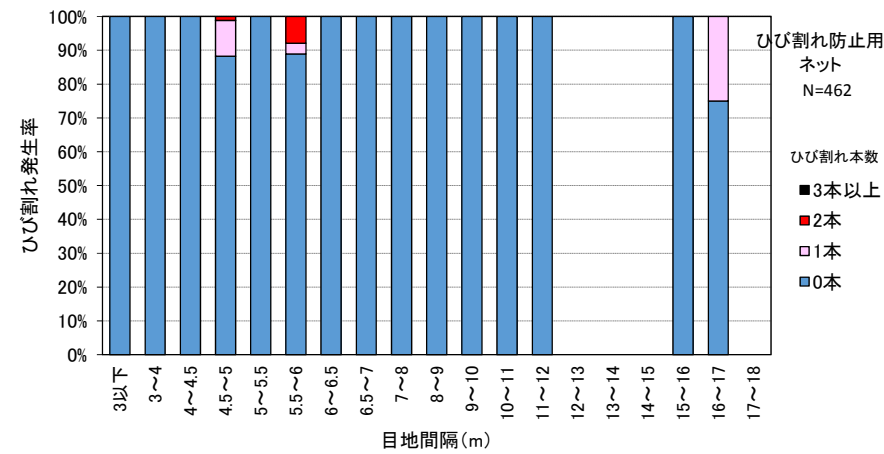
●目地間隔とひび割れ発生率（対縦壁数）の関係



1. 目地間隔とひび割れ

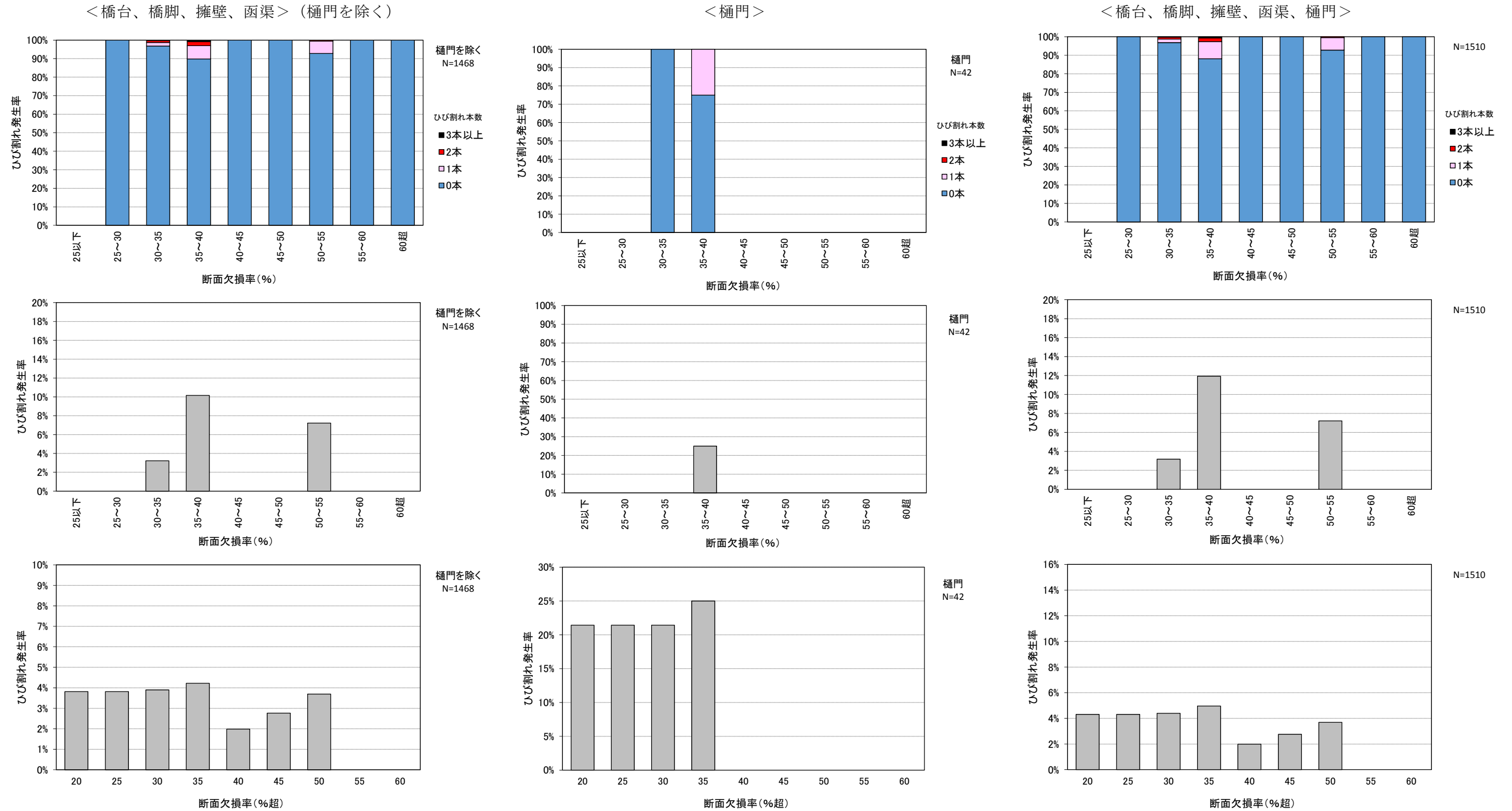
●目地間隔とひび割れ発生率（対縦壁数）の関係

誘発目地以外の対策によるひび割れ発生率の比較 <橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>



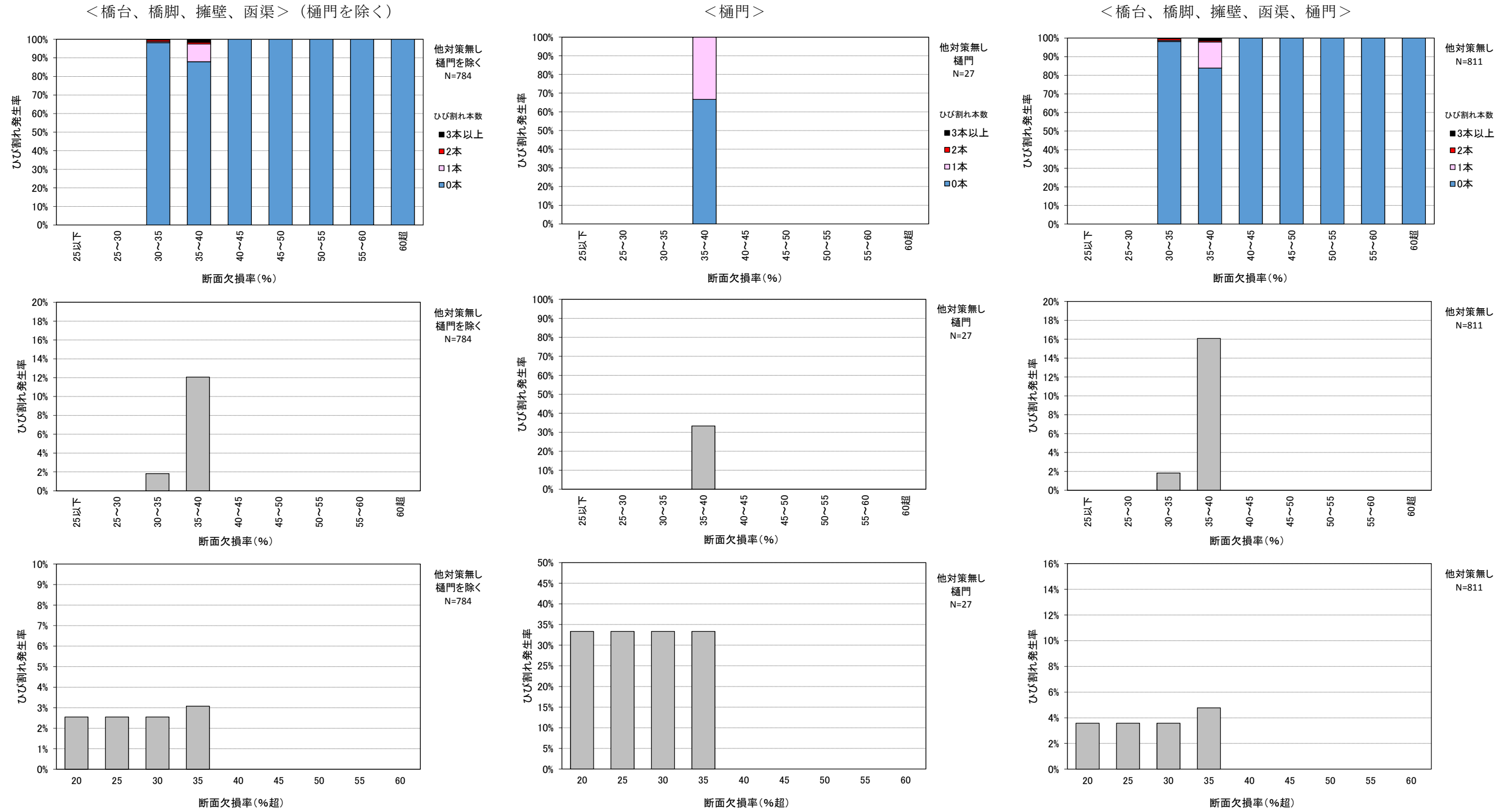
2. 断面欠損率とひび割れ

●断面欠損率とひび割れ発生率（対縦壁数）の関係（全てのデータ）



2. 断面欠損率とひび割れ

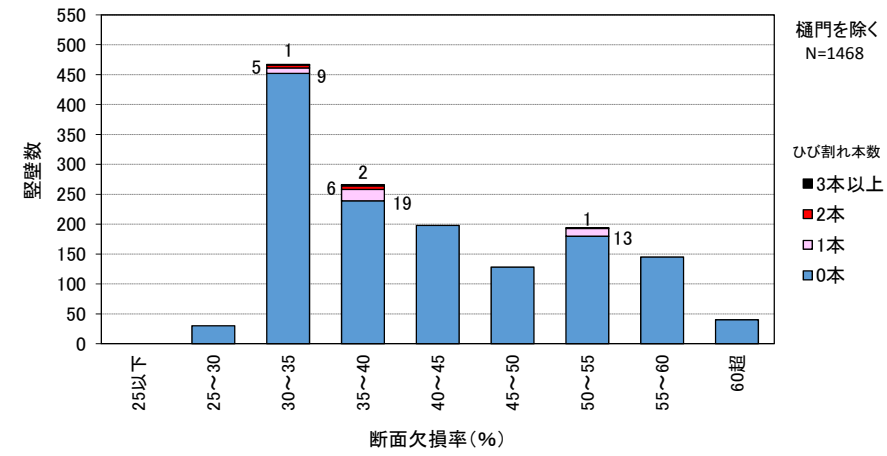
●断面欠損率とひび割れ発生率（対縦壁数）の関係（誘発目地以外のひび割れ対策無し）



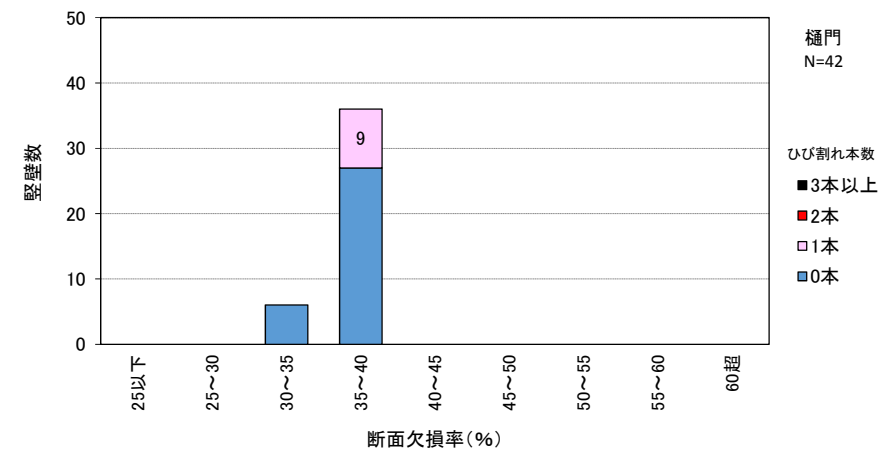
2. 断面欠損率とひび割れ

●断面欠損率とひび割れ発生縦壁数の関係（全てのデータ）

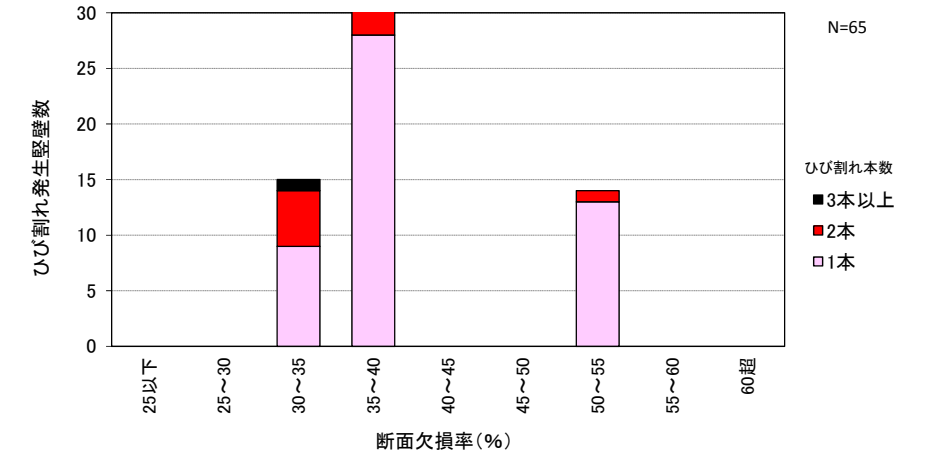
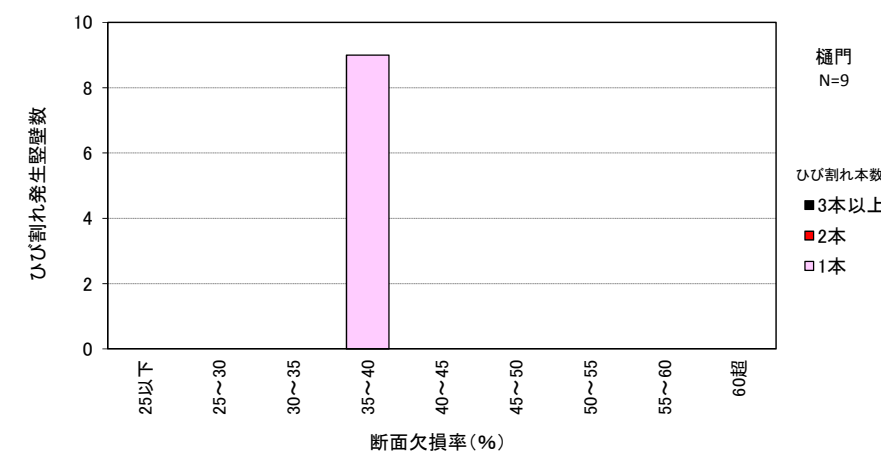
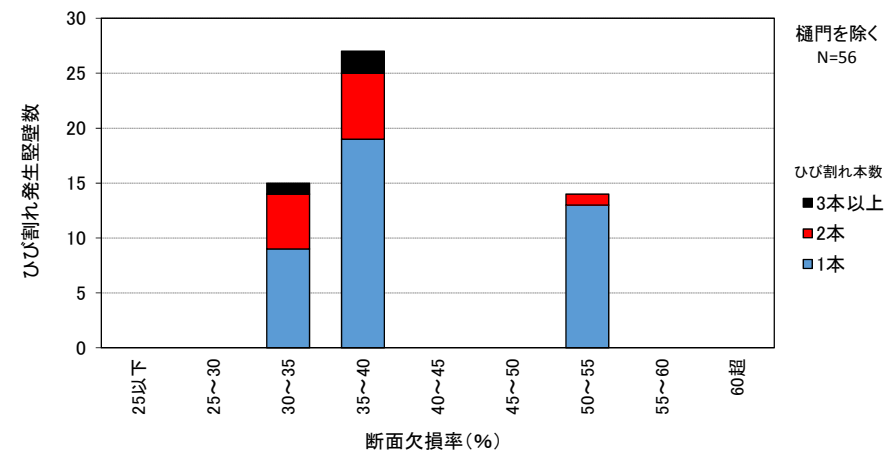
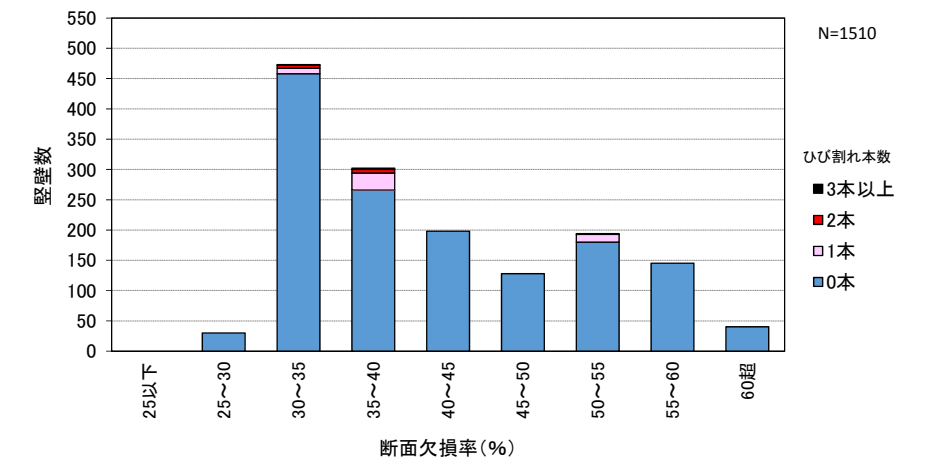
<橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



<樋門>



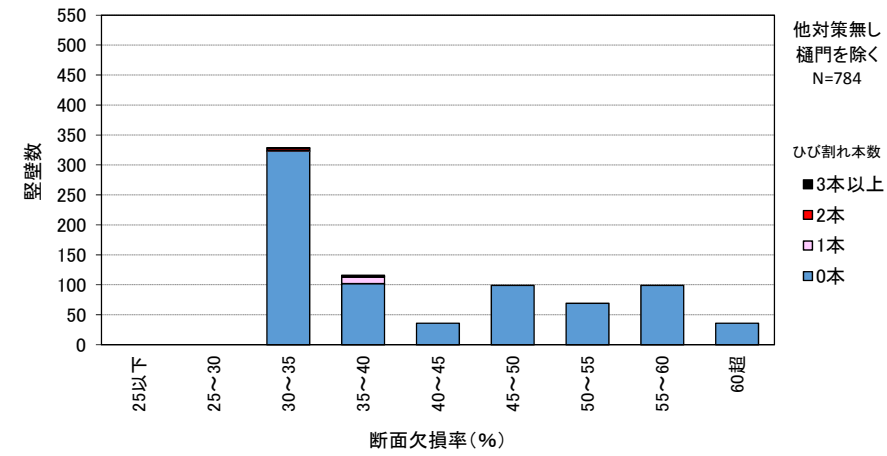
<橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>



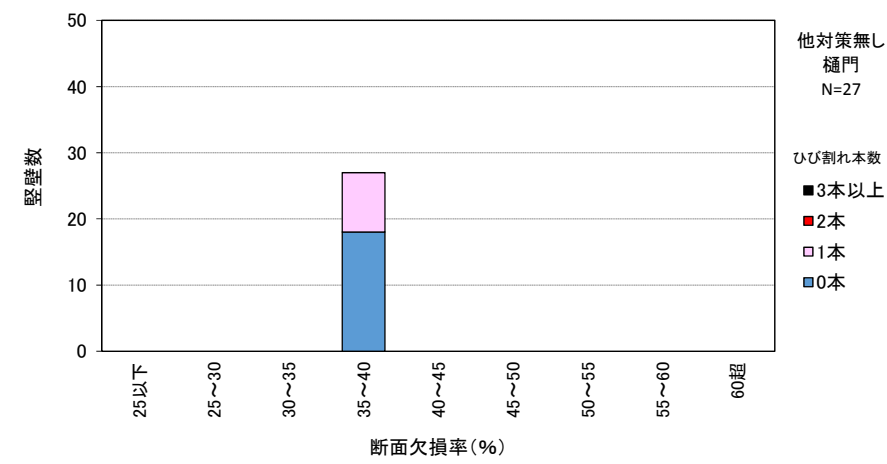
2. 断面欠損率とひび割れ

●断面欠損率とひび割れ発生縦壁数の関係（誘発目地以外のひび割れ対策無し）

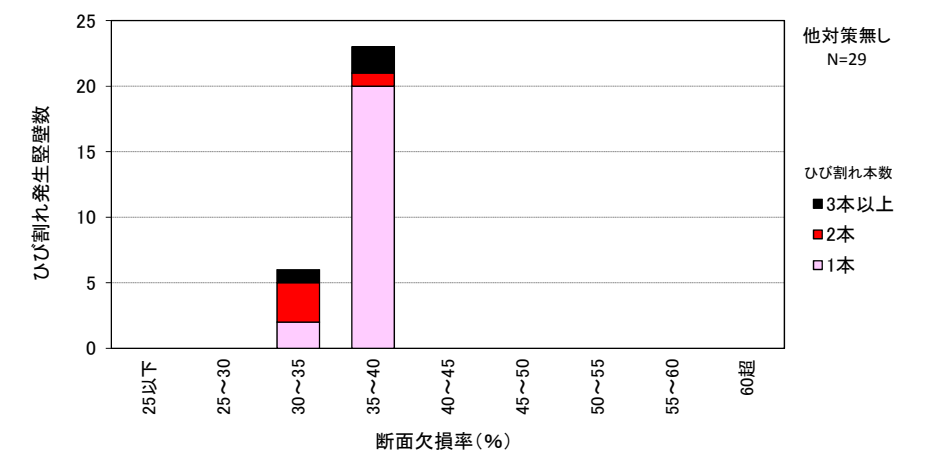
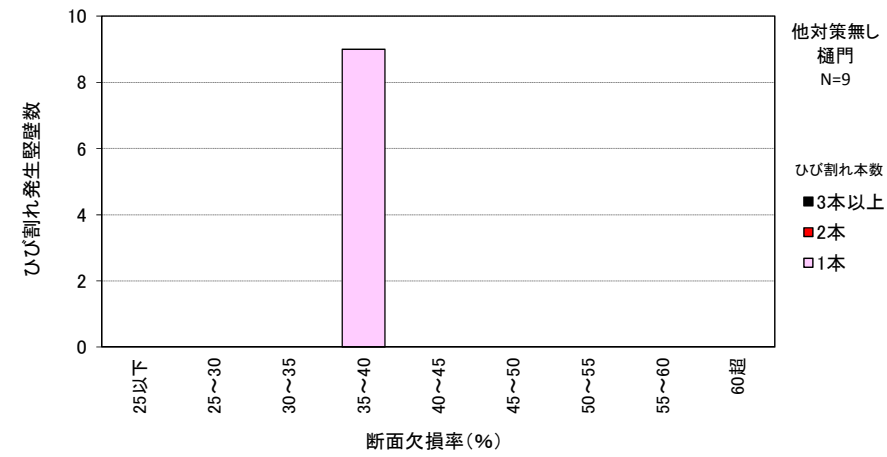
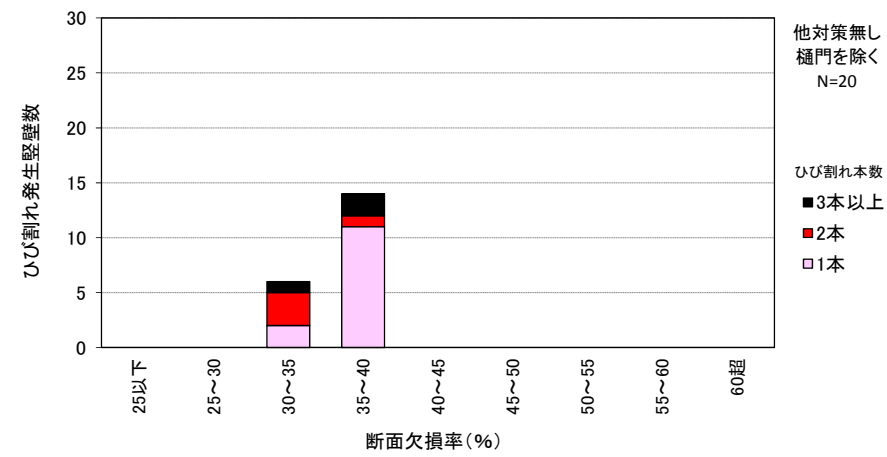
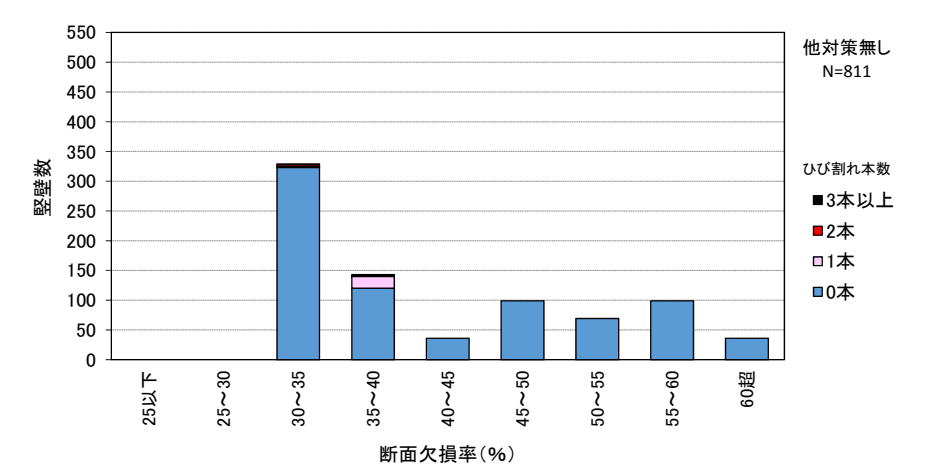
<橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



<樋門>



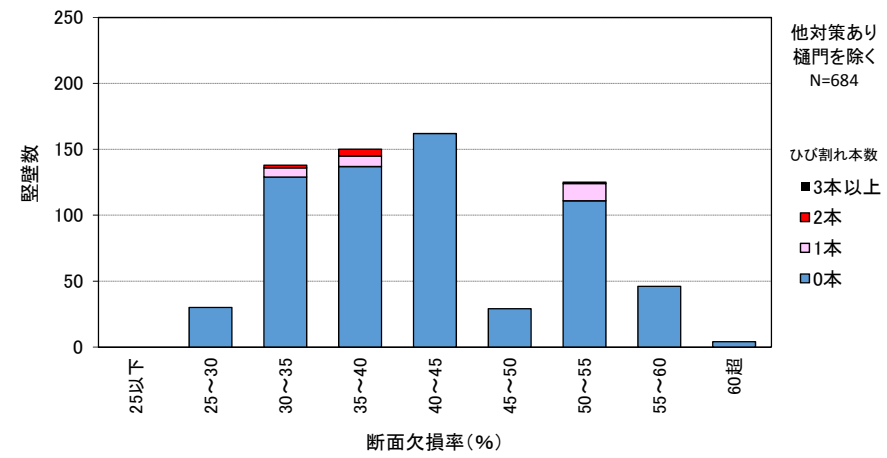
<橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>



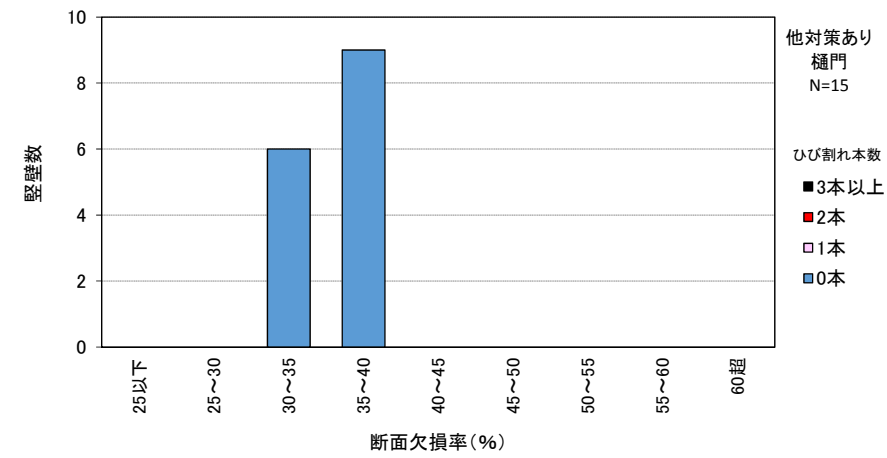
2. 断面欠損率とひび割れ

●断面欠損率とひび割れ発生縦壁数の関係（誘発目地以外のひび割れ対策あり）

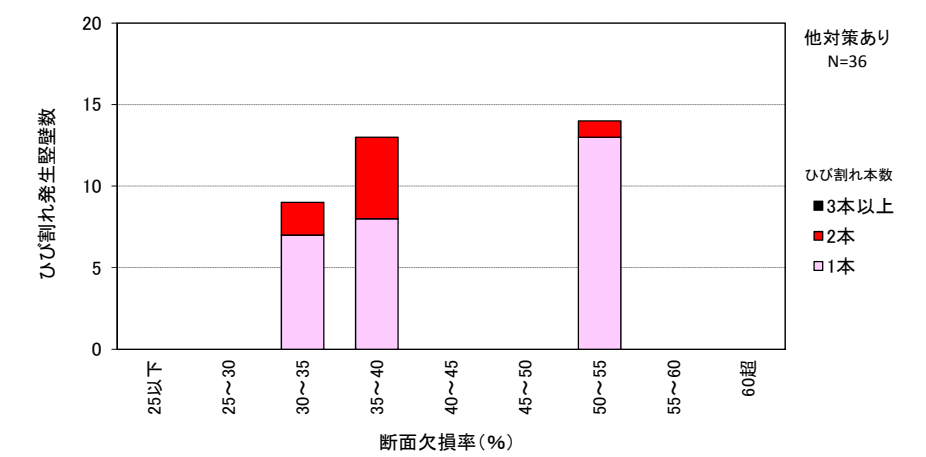
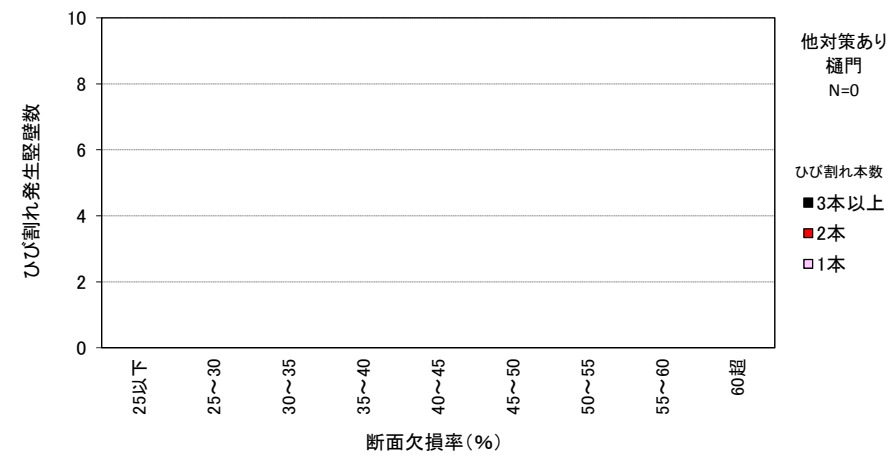
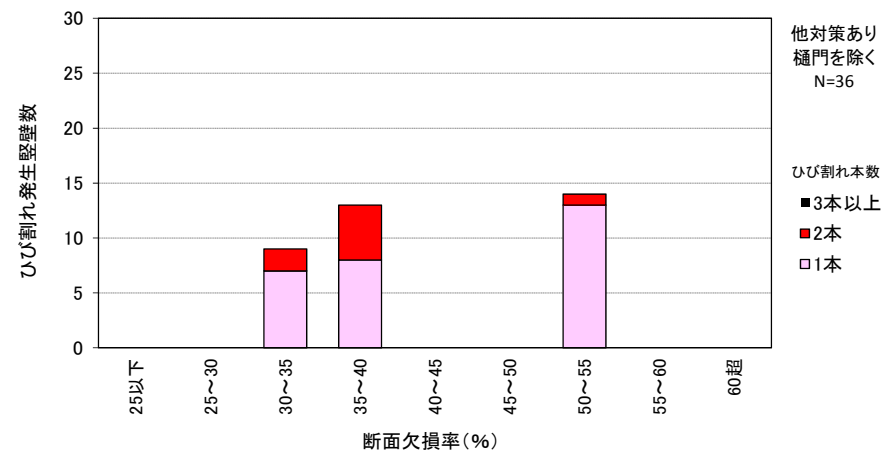
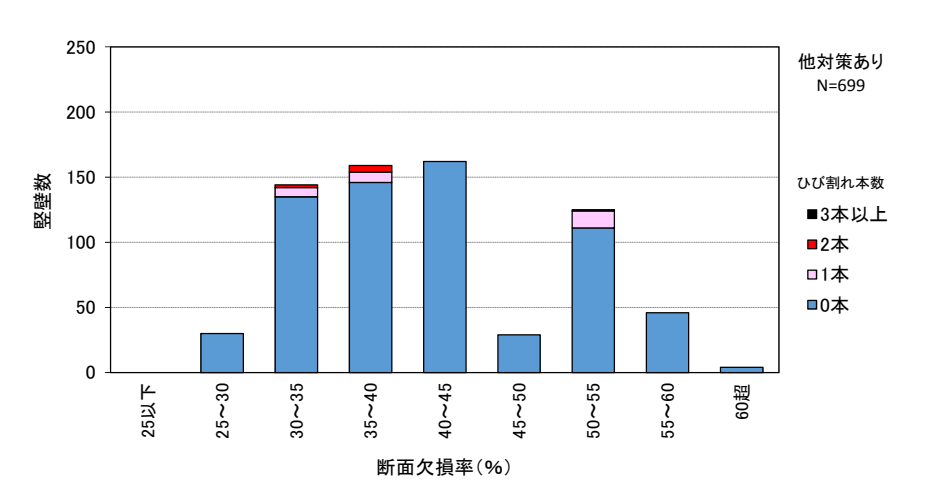
<橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



<樋門>

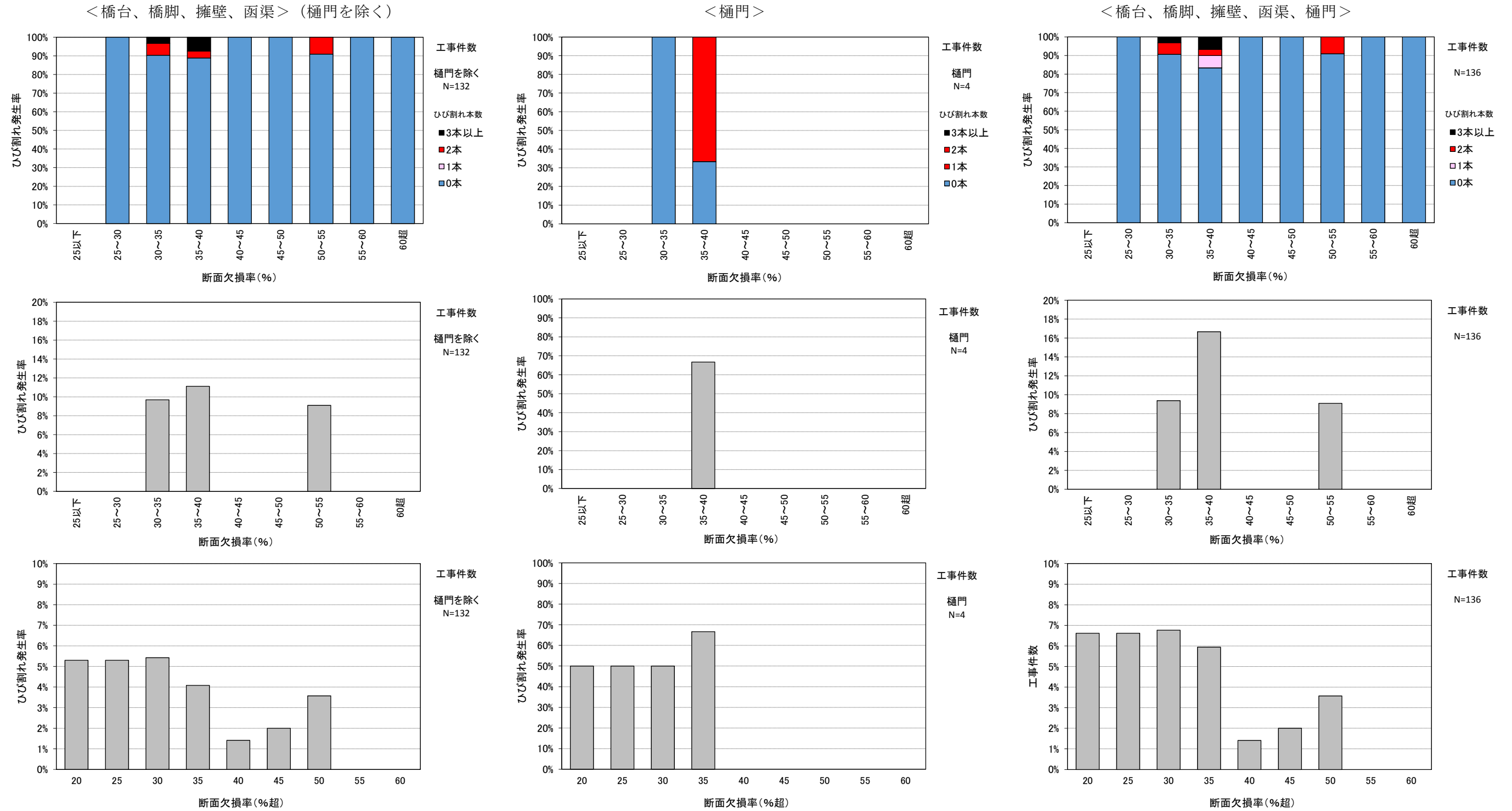


<橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>



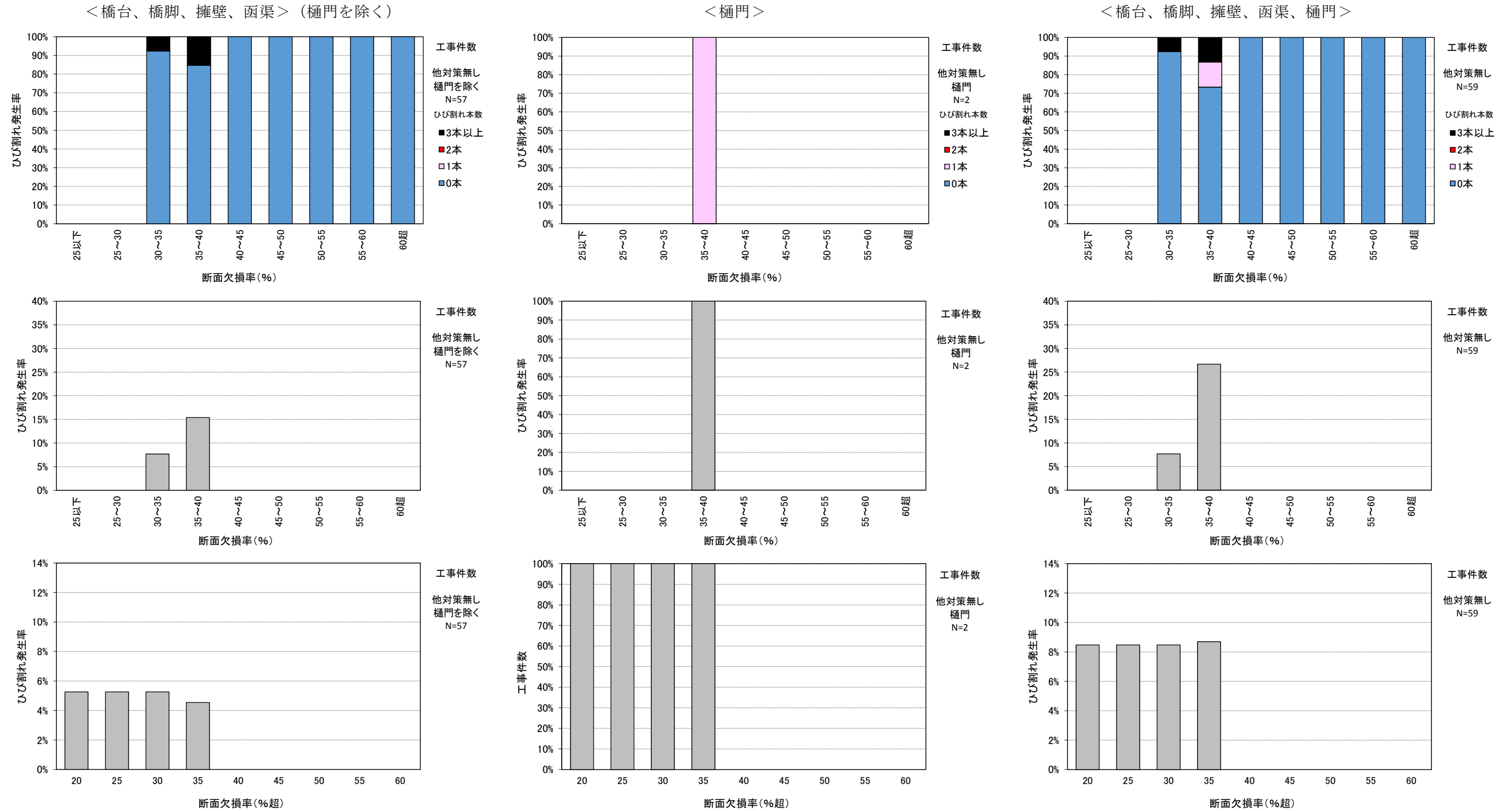
2. 断面欠損率とひび割れ

●断面欠損率とひび割れ発生率（対工事件数）の関係（全てのデータ）



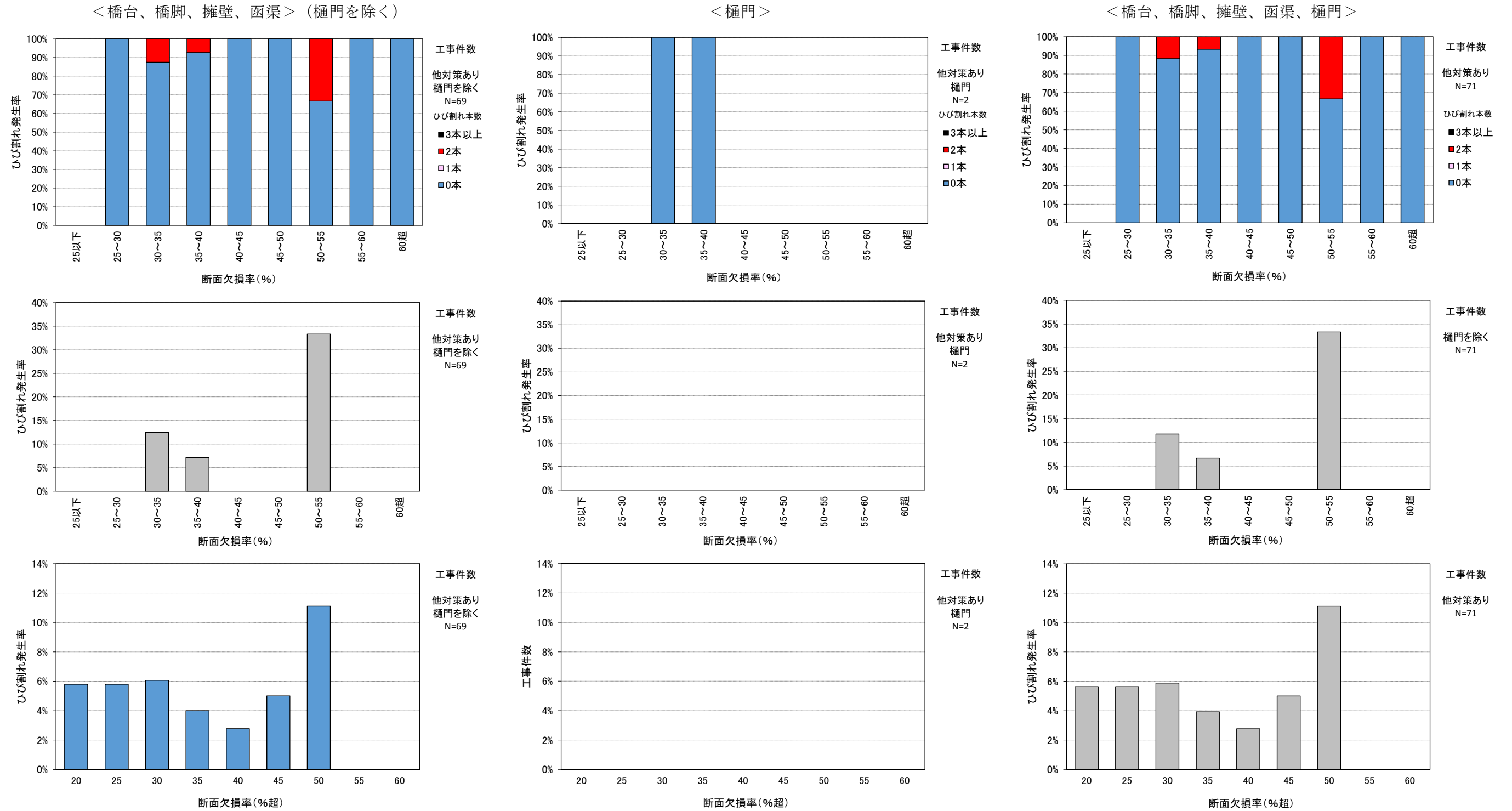
2. 断面欠損率とひび割れ

●断面欠損率とひび割れ発生率（対工事件数）の関係（誘発目地以外のひび割れ対策無し）



2. 断面欠損率とひび割れ

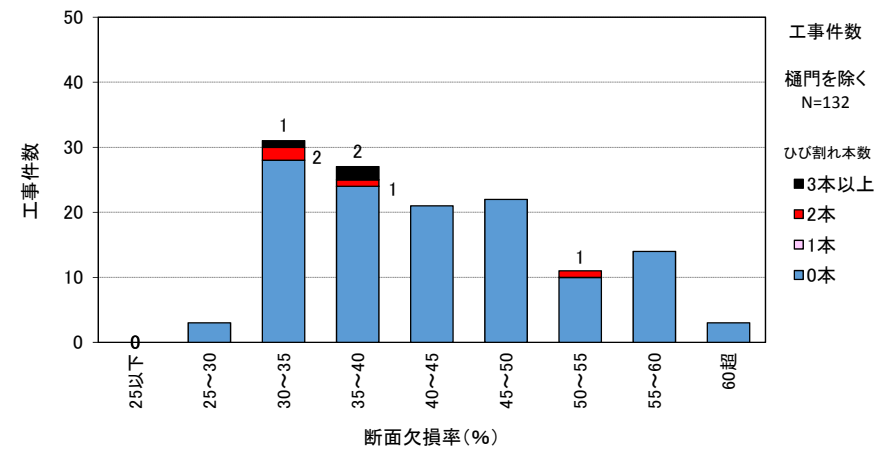
●断面欠損率とひび割れ発生率（対工事件数）の関係（誘発目地以外のひび割れ対策あり）



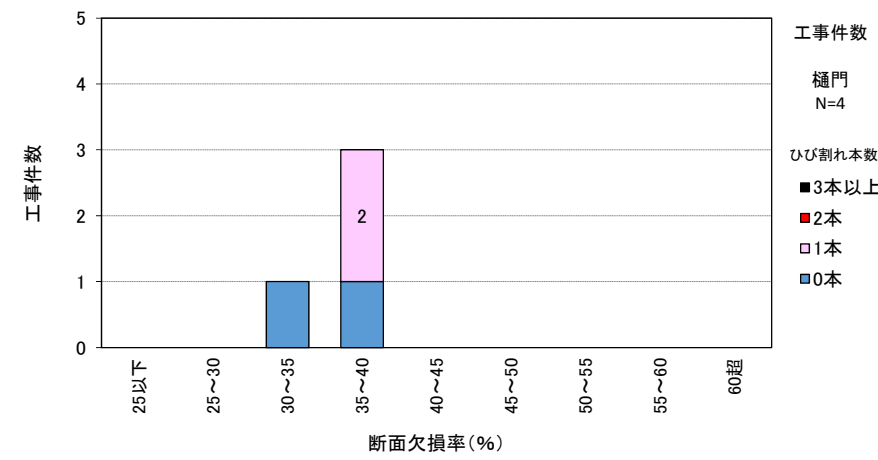
2. 断面欠損率とひび割れ

●断面欠損率とひび割れ発生工事件数の関係（全てのデータ）

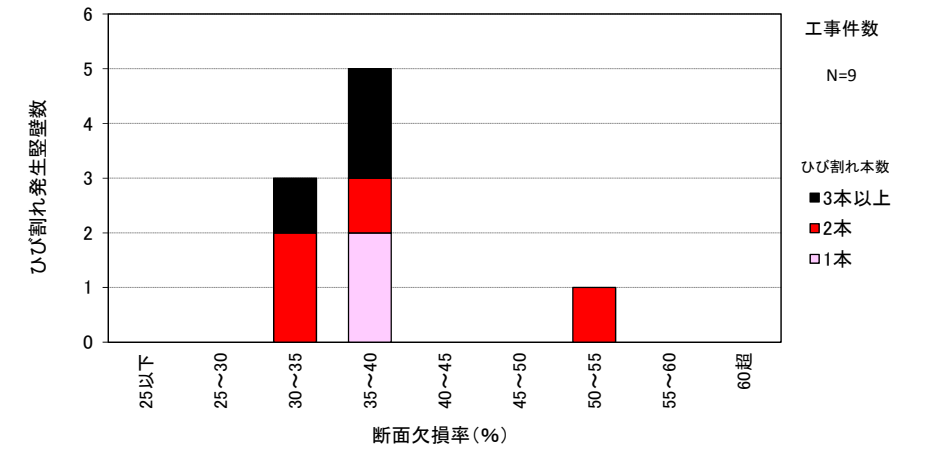
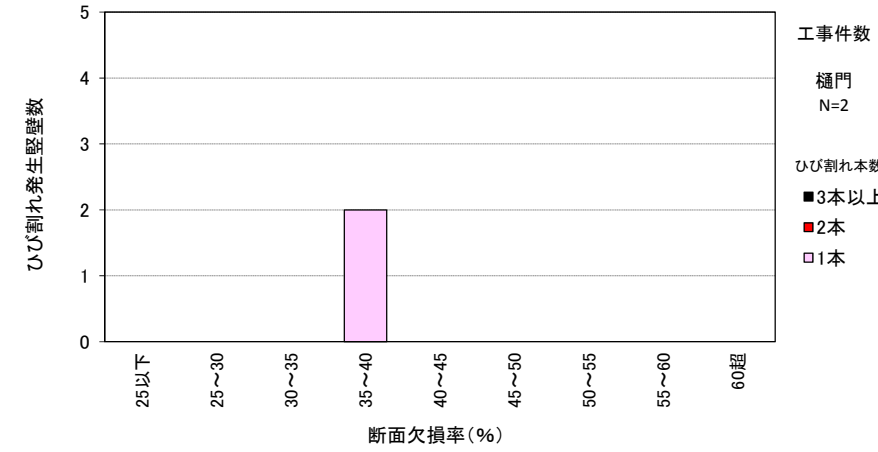
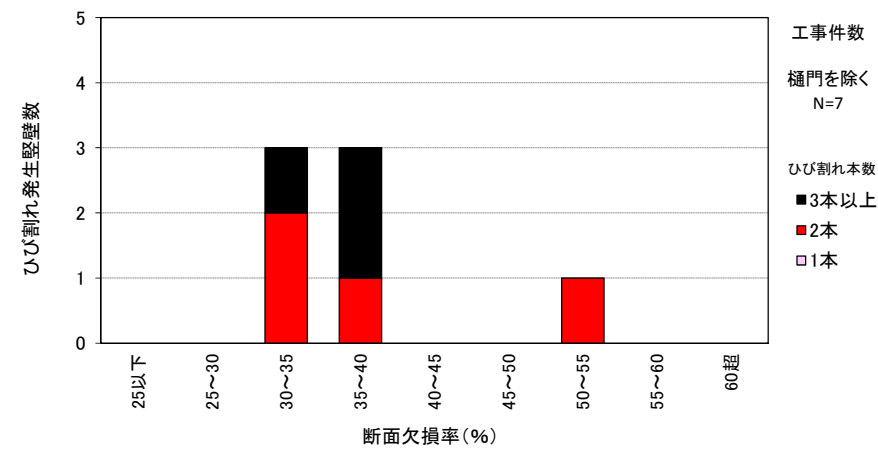
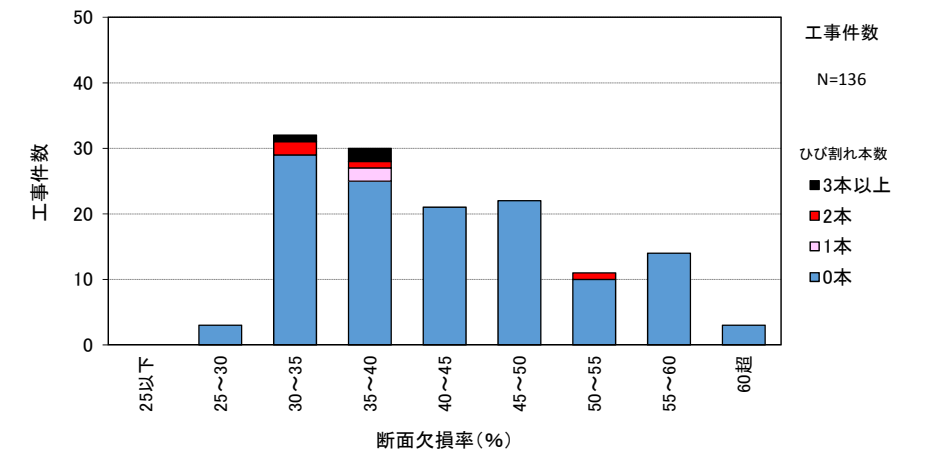
<橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



<樋門>



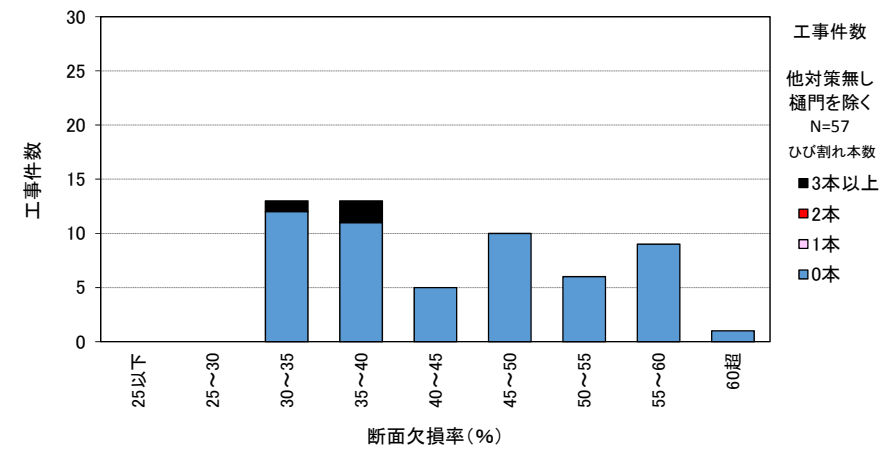
<橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>



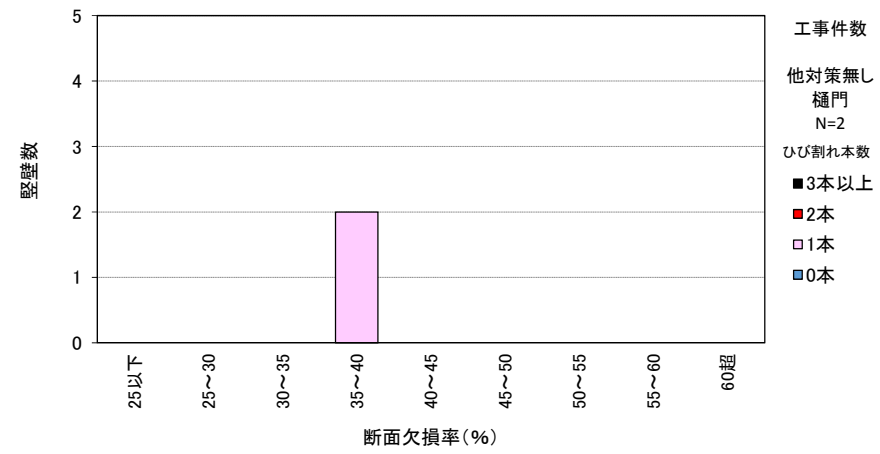
2. 断面欠損率とひび割れ

●断面欠損率とひび割れ発生工事件数の関係（誘発目地以外のひび割れ対策無し）

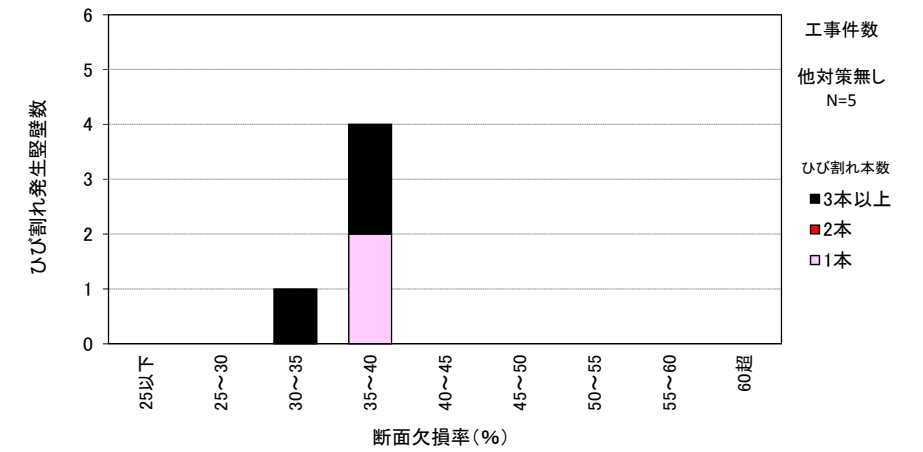
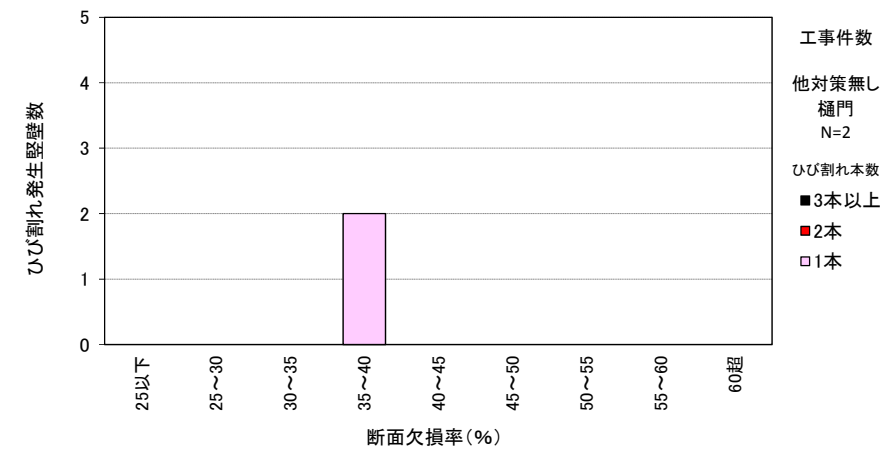
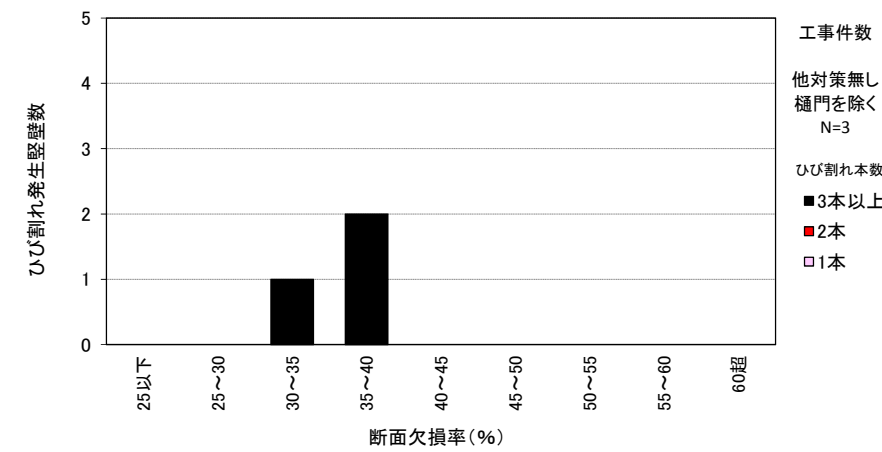
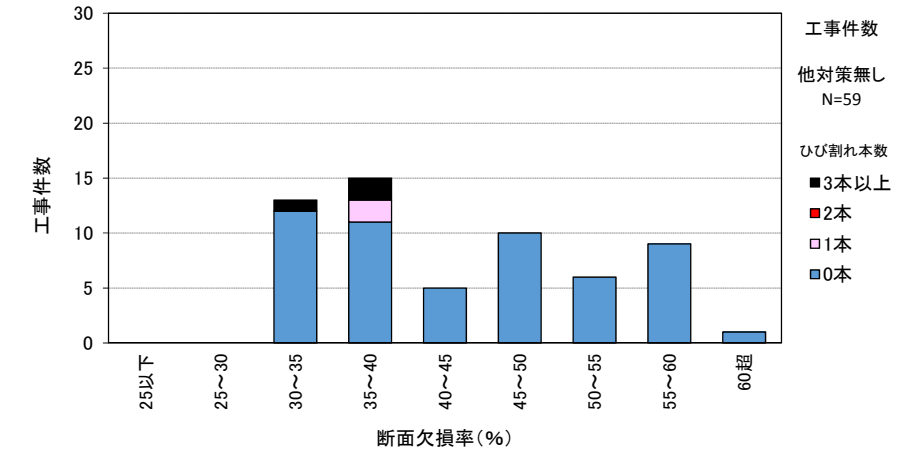
<橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



<樋門>



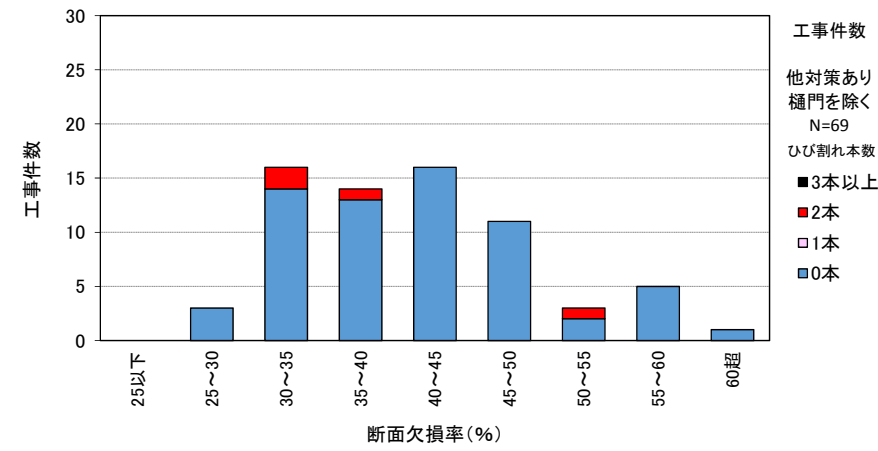
<橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>



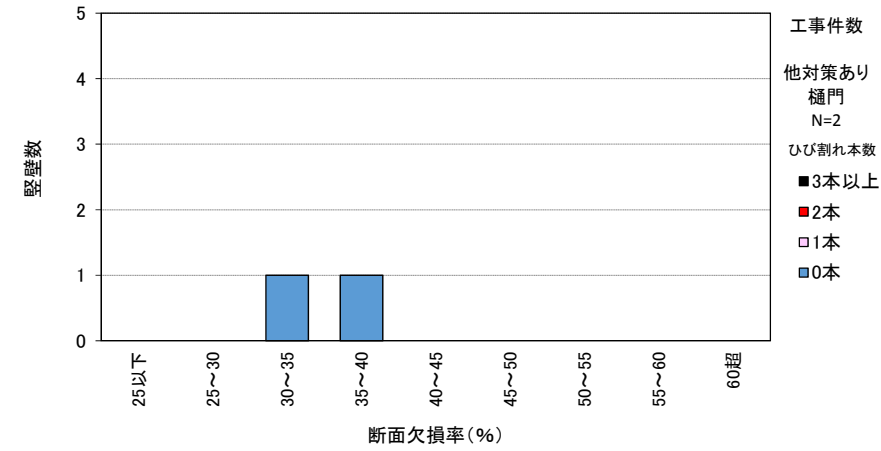
2. 断面欠損率とひび割れ

●断面欠損率とひび割れ発生工事件数の関係（誘発目地以外のひび割れ対策あり）

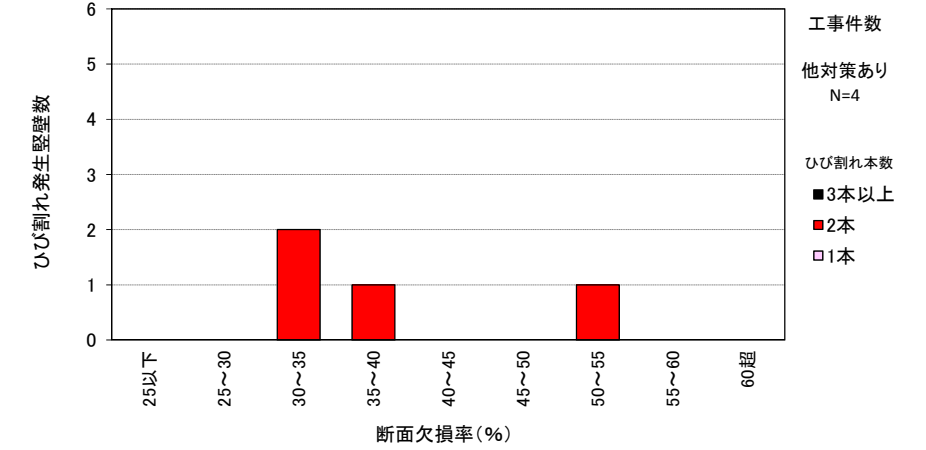
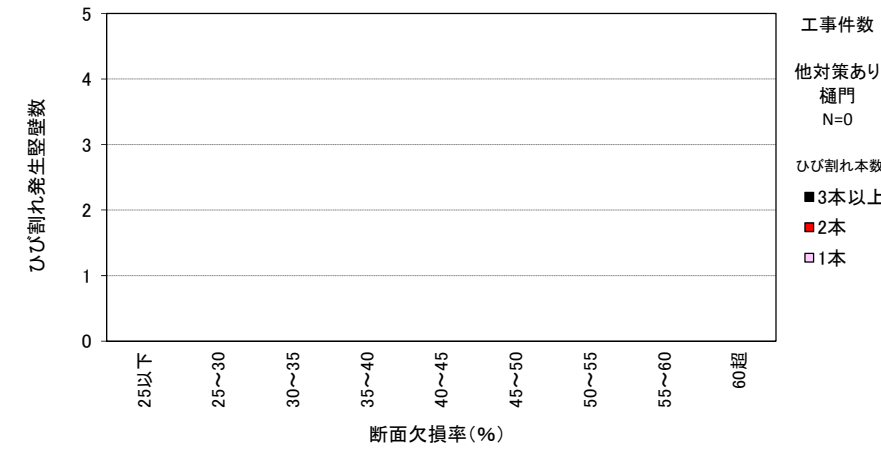
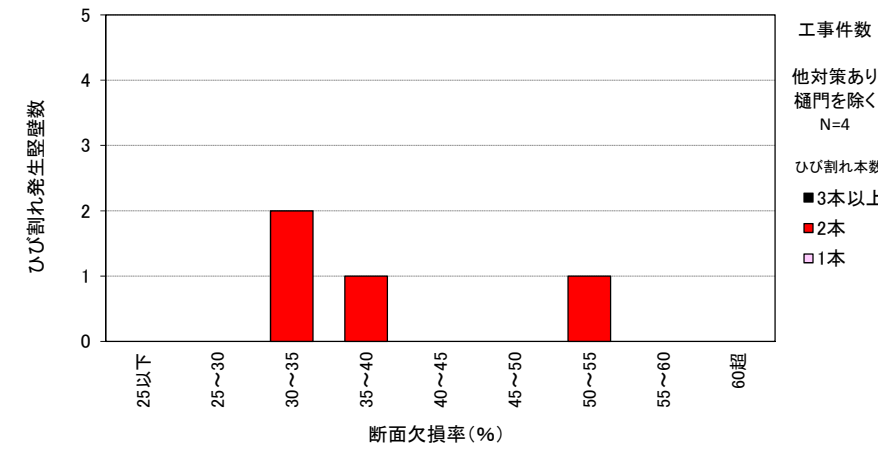
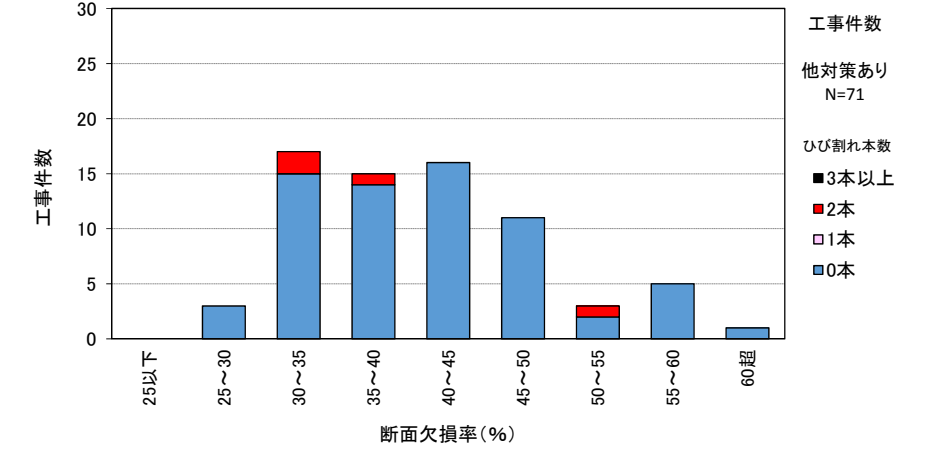
<橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



<樋門>



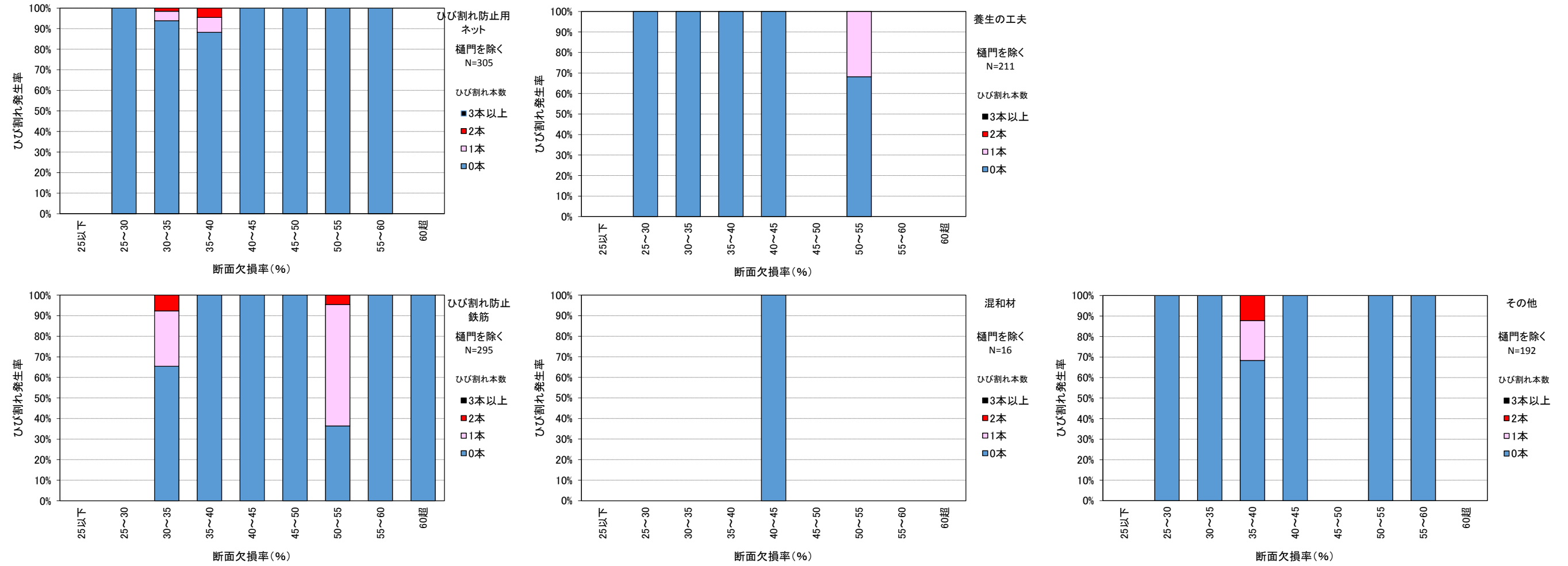
<橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>



2. 断面欠損率とひび割れ

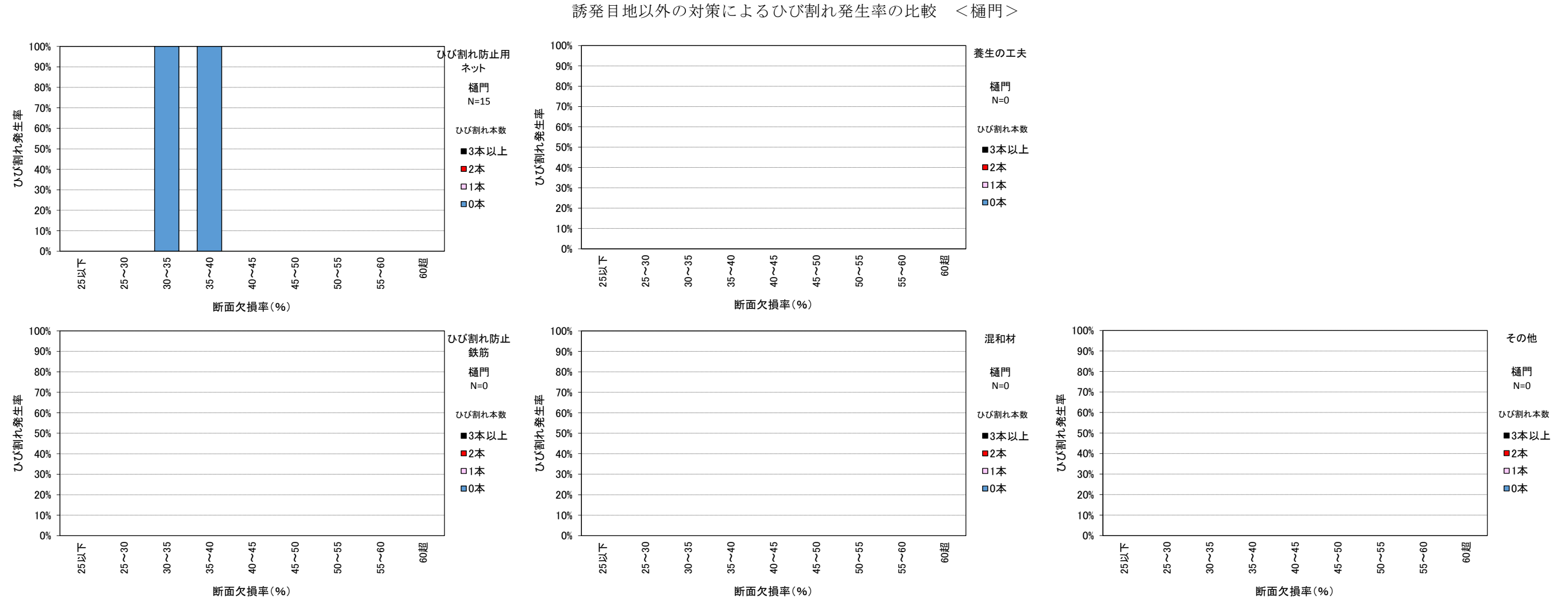
●目地間隔とひび割れ発生率（対縦壁数）の関係

誘発目地以外の対策によるひび割れ発生率の比較 <橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



2. 断面欠損率とひび割れ

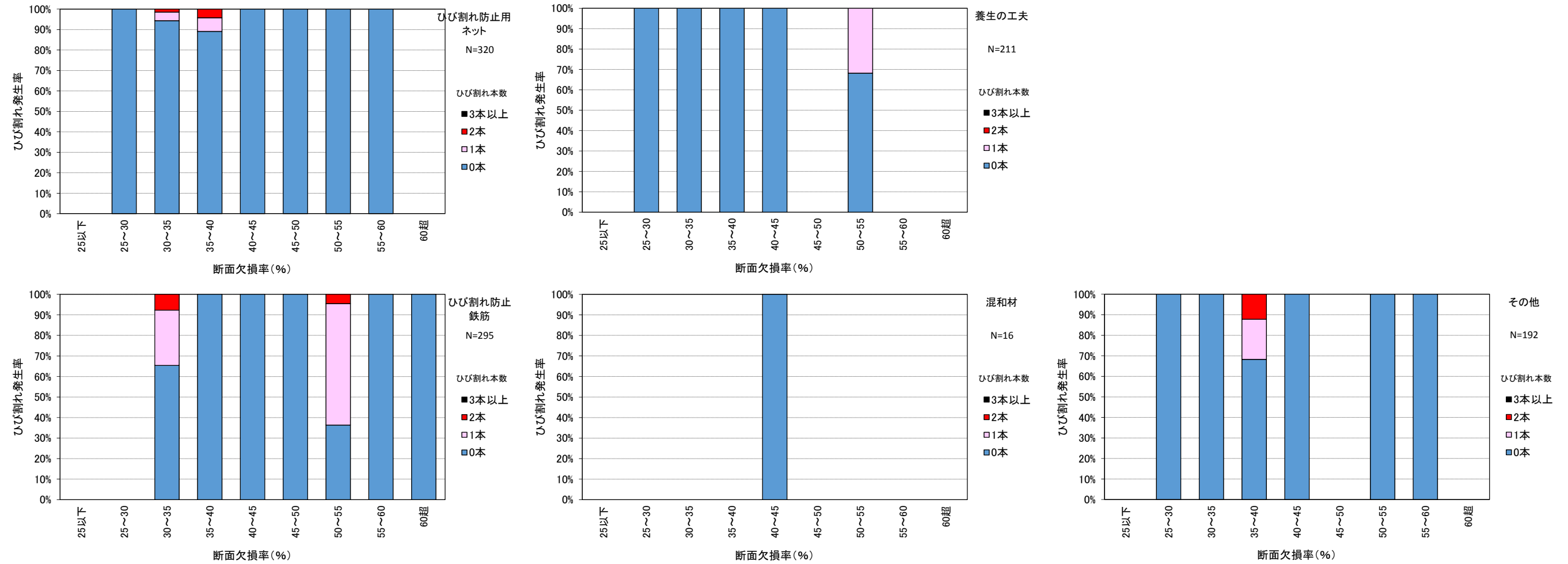
●目地間隔とひび割れ発生率（対縦壁数）の関係



2. 断面欠損率とひび割れ

●目地間隔とひび割れ発生率（対縦壁数）の関係

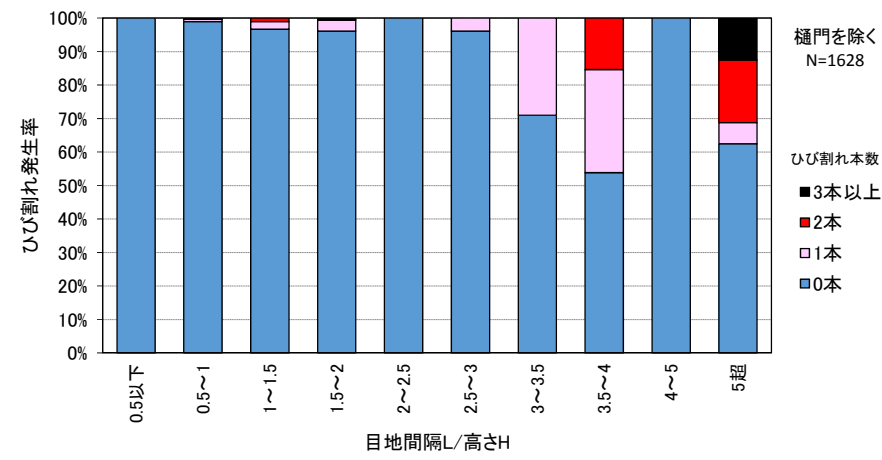
誘発目地以外の対策によるひび割れ発生率の比較 <橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>



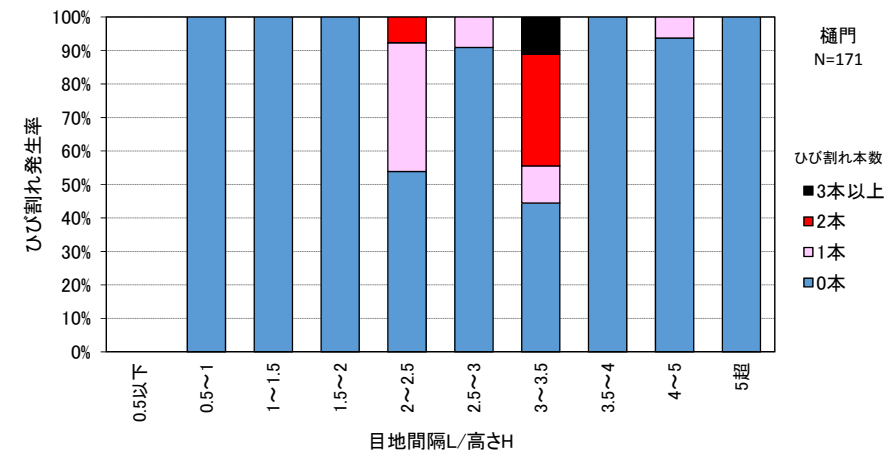
3. L/H とひび割れ < 橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門 >

● 目地間隔 L と 縦壁高さ H の比 L/H と ひび割れ発生率 (対 縦壁数) の 関係 (全てのデータ)

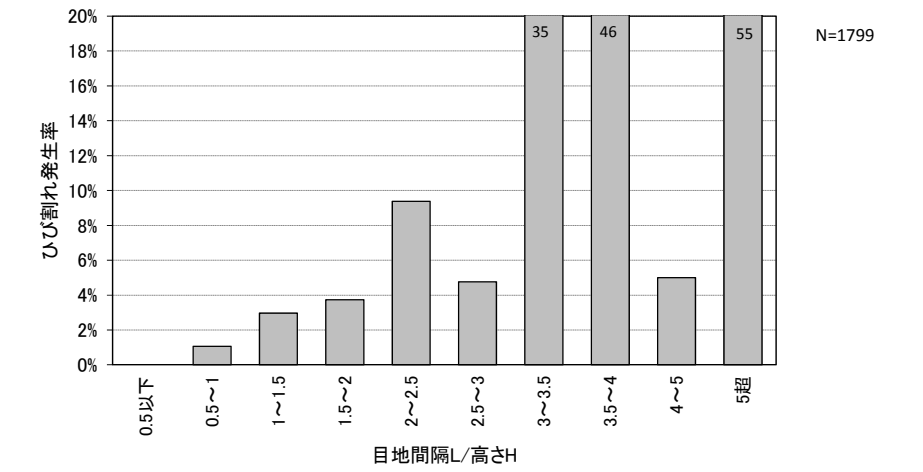
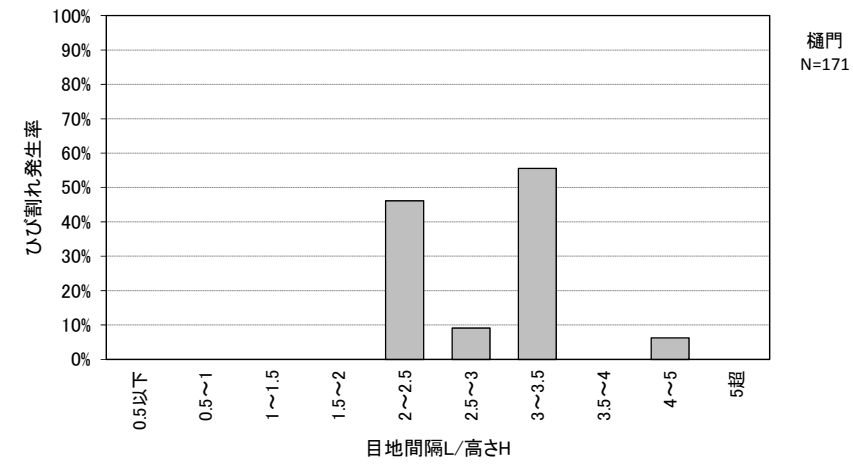
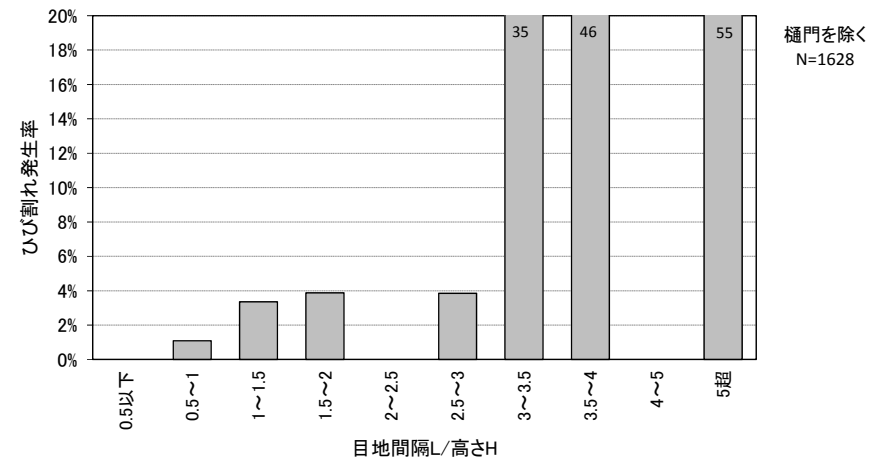
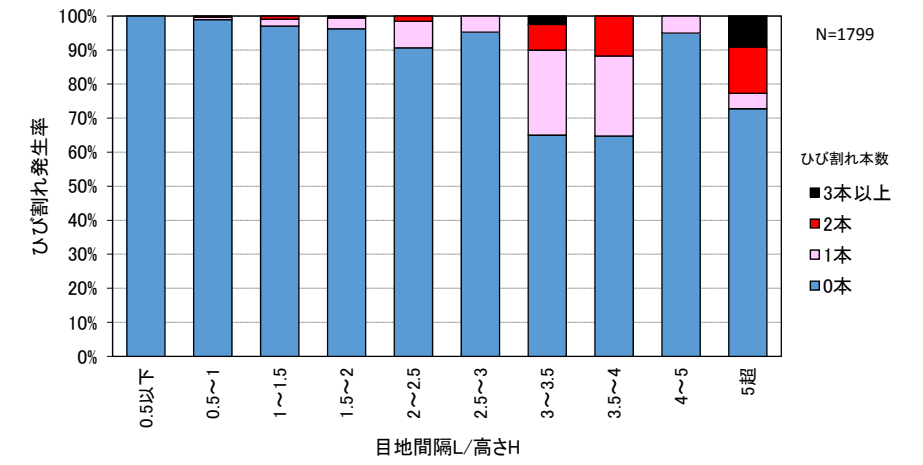
< 橋台、橋脚、擁壁、函渠 > (樋門を除く)



< 樋門 >



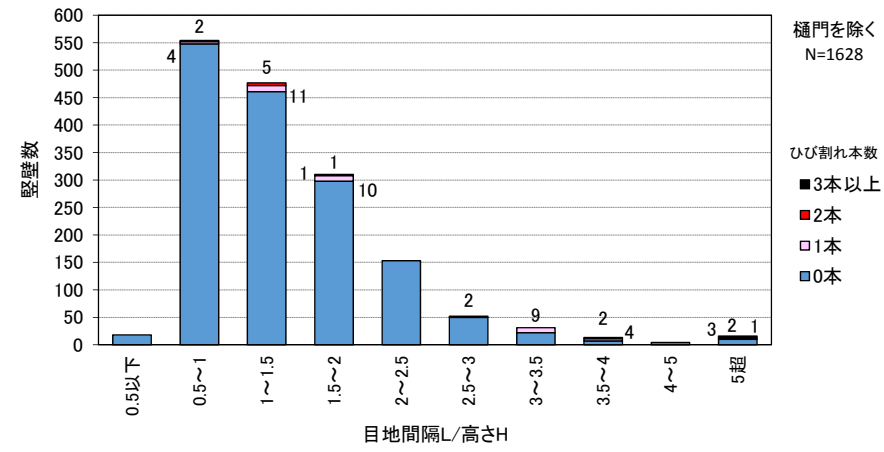
< 橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門 >



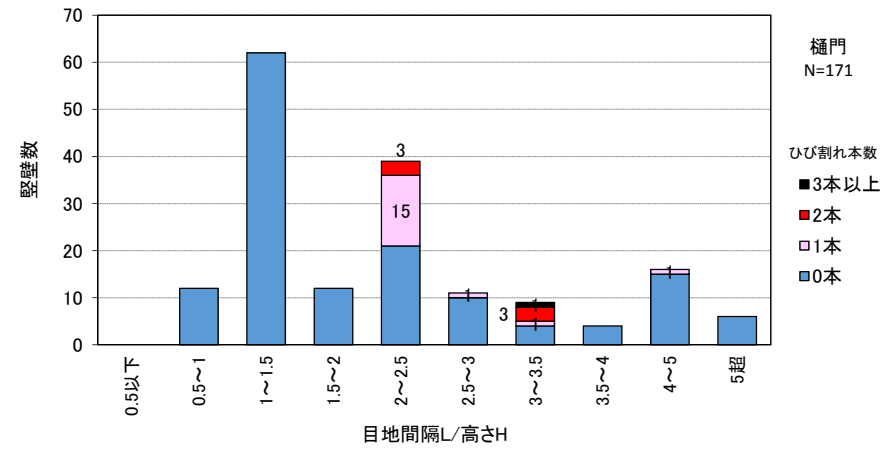
3. L/H とひび割れ <橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>

●目地間隔Lと縦壁高さHの比L/Hとひび割れ発生縦壁数の関係（全てのデータ）

<橋台、橋脚、擁壁、函渠>（樋門を除く）



<樋門>



<橋台、橋脚、擁壁、函渠、樋門>

