

2010. 11. 5 於:JCI中国支部講習会(岡山)

コンクリート構造物のひび割れ抑制 対策に関する講習会 —山口県の実践紹介—

徳山工業高等専門学校
土木建築工学科
田村 隆弘

1

1. はじめに

- コンクリート構造物の耐久性が議論されている中で、コンクリートの収縮ひび割れに対しては、今なお明確な「対策」が確立されておらず、建設現場での課題となっている。
- 山口県では、平成17年度に、ひび割れ抑制対策に関する試験施工を実施し、その後、県独自のひび割れ抑制対策システムを構築した。
- ここでは、ひび割れに係わる問題の現状と山口県の実践について紹介する。

2

2. コンクリートのひび割れ問題

1. ひび割れの影響→耐力、機能性、美観、耐久性

- 耐力 →ひび割れはあってもかまわない
- 機能性 →あってはならない
- 美観 →ないほうがよい
- 耐久性 →有害なひび割れはあってはならない(無害なひび割れはあっても良い)
 - 耐久性は時間が経たないと分からない(市民感覚)
 - 上記からひび割れはあっても良いのか、あってはいけないのか、分からない(作業員感覚)

3

2. ひび割れ幅の大きさ→“有害”なひび割れと“無害”なひび割れがある

- 有害なひび割れが発生した場合、工事評定で減点

3. ひび割れ対策

- 発生させない → 技術的には可能(大幅なコスト増)
- 無害なひび割れにコントロール → 難しい(最小限のコスト)
- ひび割れ抑制技術と性能の関係が明確でない(根拠ある運用が難しい)

4

全国都道府県の状況

Q1 貴都道府県において、ひび割れの観察・調査・補修基準に関して定めたものがありますか。

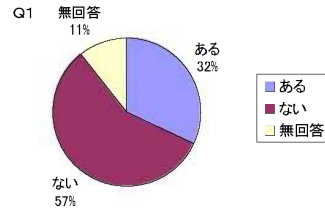


図2. 1 アンケート結果(Q1)

Q2 ひび割れ幅の測定は、クラックスケール、ルーペなどを用いるという記述があります。また、0.15mmまたは0.20mmという微細な数値の判定では、測定者の個人差が影響することも考えられます。貴都道府県において、ひび割れ幅を測定する方法を定めたものがありますか。

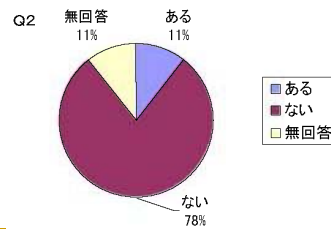


図2. 1 アンケート結果(Q2)

5

Q3 コンクリート構造物のひびわれは、外的要因(気温、湿度等)でひび割れ幅が変動します。貴都道府県において、ひび割れを測定する際の気候・時刻の条件や他の留意事項等を定めたものがありますか。

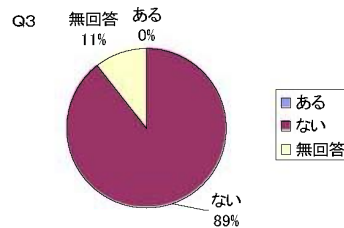


図2. 3 アンケート結果(Q3)

6

平成17年以前の構造物では

- ほとんどのコンクリート構造物(橋台、橋脚、ボックスカルバート)でひび割れが発生
- ボックスカルバートでは、ひび割れ誘発目地以外の場所や、頂版にひび割れ発生

コンクリートよろず研究会と山口県の出会い

- 徳山高専で、コンクリートの寺子屋
- 勉強の成果を講習会で発表←県職員の参加

9

3. 1. 2 試験施工の目的

- ひび割れの原因確認
 - 構造物毎の発生状況の調査
- 各種対策の性能確認
 - 水和熱の状況
 - 引張強度の発現状況
 - ひび割れ発生状況

表3. 1 ひび割れ(抑制)性能を確認した各種材料

セメント種類	高炉B種(基本)
	普通ポルトランド
	低熱ポルトランド
	早強ポルトランド
混和剤	高性能AE減水剤
	水和熱抑制型膨張材
補強材	溶接金網
	FRP繊維
	アラミド繊維
	ポリプロピレン短繊維
	ガラス繊維
	ひび割れ制御鉄筋

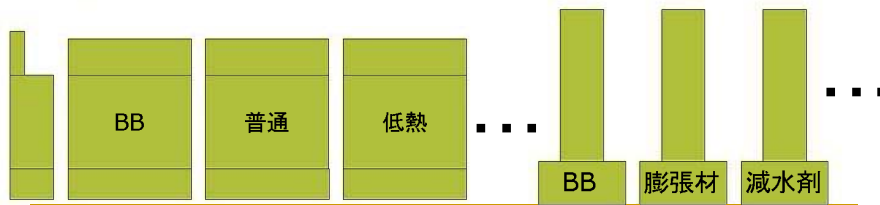
10

3. 1. 3 試験施工の内容

- 延長248mの(17のブロックからなる) BOXカルバートの8ブロックで各種抑制対策



- その他にも、7基のアバット、9基のピアーを対象



11

3. 1. 4 ボックスカルバートのひび割れ抑制対策



ボックスカルバートの打設温度とブロック幅 1mあたりひび割れ幅の関係

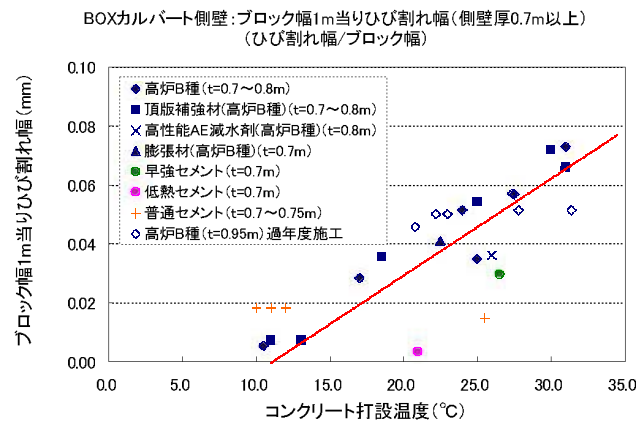


図3. 2 コンクリート打設温度とブロック幅1m当りひび割れ幅

13

3. 1. 5 橋台, 橋脚のひび割れ抑制対策



写真3. 2 試験施工に用いた橋台

橋台たて壁の結果(高炉B種:無対策)

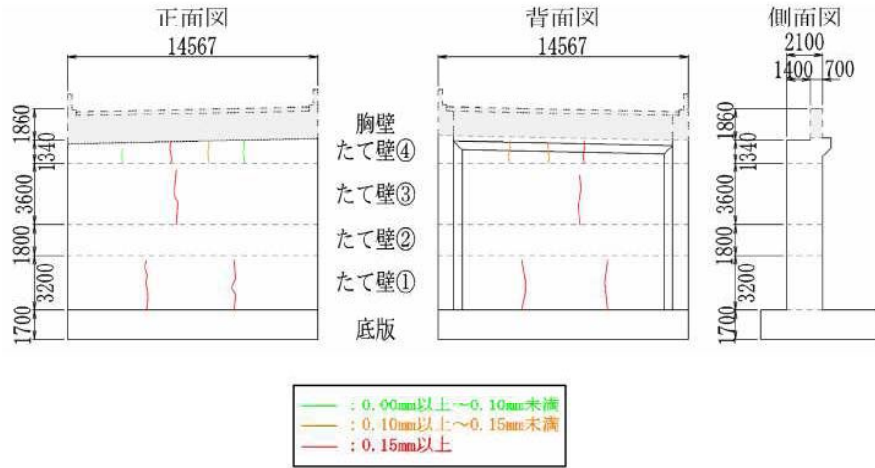


図3.3 橋台たて壁のひび割れ状況(高炉B:無対策)

15

橋台たて壁の結果(普通ポルトランド)

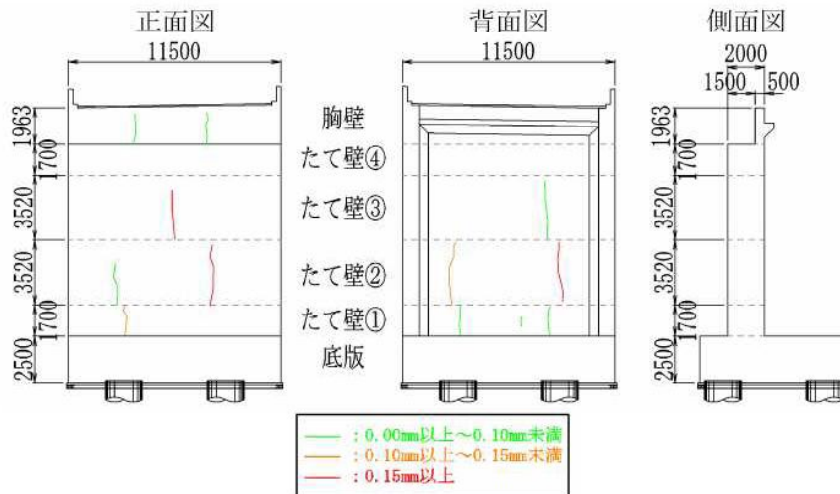


図3.4 橋台たて壁のひび割れ状況(普通ポルトランド)

16

橋台たて壁(高炉B+水和熱抑制型膨張材)

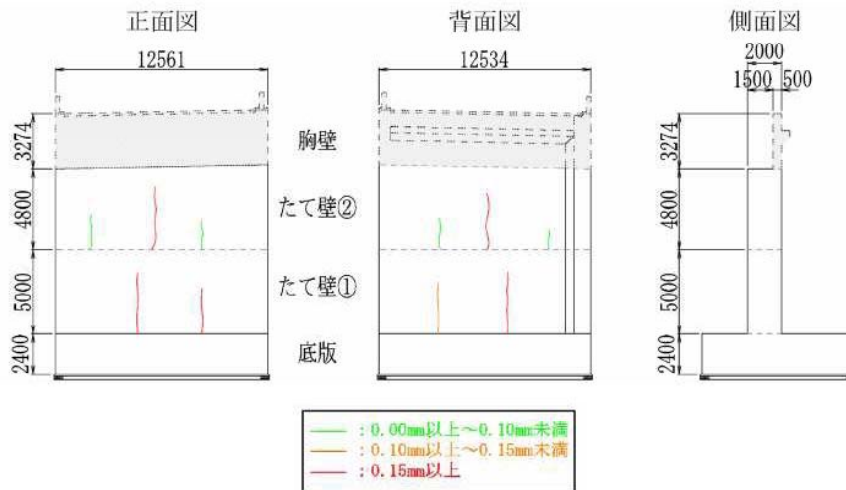


図3.5 橋台たて壁のひび割れ状況(高炉B+膨張材)

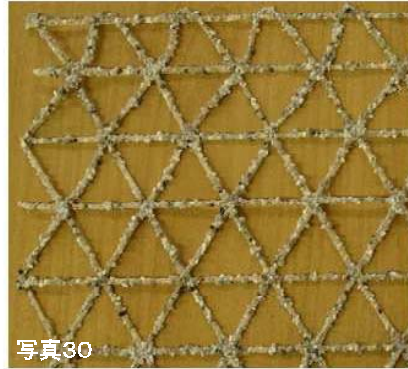
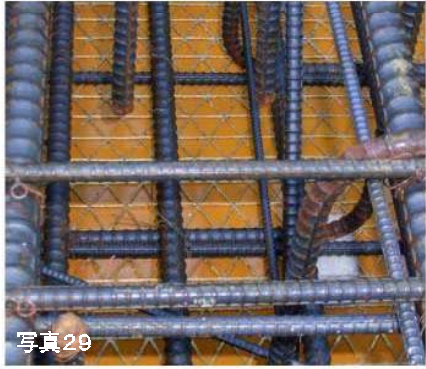
17

橋台のひび割れ抑制対策の試験施工



18

■ アラミド繊維



- ・ 型枠に設置しコンクリート表面を補強

19 19



20

■ ガラス繊維



- ・ 鉄筋に結束して使用

21 21

■ ガラス繊維シートで20mの橋台に挑戦！



3. 1. 6 施工における対策 「ボックスカルバートの養生試験施工」

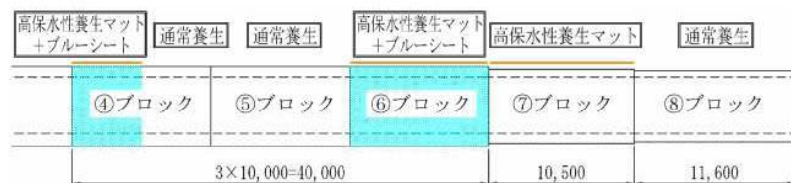


図3. 6 ボックスカルバートの養生試験

ボックスカルバートの養生状況



写真3. 3 ボックスカルバートの養生状況

温度計測結果

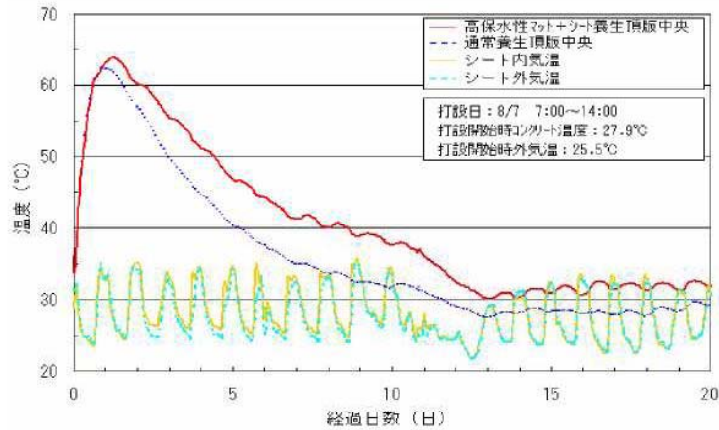


図3.7 温度計測結果(ブロック頂版)

25

3.1.7 生コン製造におけるコンクリートの「高スランブコンクリートの試験施工」

- 土木学会コンクリートライブラリー「**施工性能に基づくコンクリートの配合設計・施工指針(案)**」
 - 製造時から打ち込み時までの性状の変化を考慮して、目標スランブを決定する。
例)
 - A. 打ち込み最小スランブ → **10**
 - B. 荷卸し箇所最小スランブ → **11 (A+1)**
 - C. 荷卸し箇所目標スランブ → **13.5 (B+2.5)**
 - D. 呼びスランブ → **15**

26

スランプの経時変化

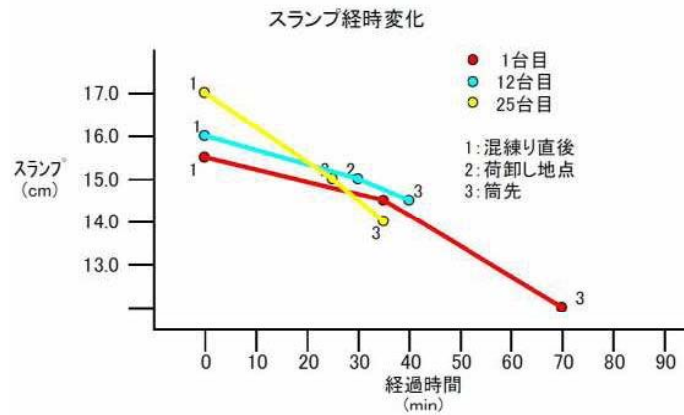


図3. 8 スランプの経時変化

*このコンクリート構造物(ボックスカルバート)で、ひび割れは確認されていない。 27

3. 1. 8 試験施工の結果

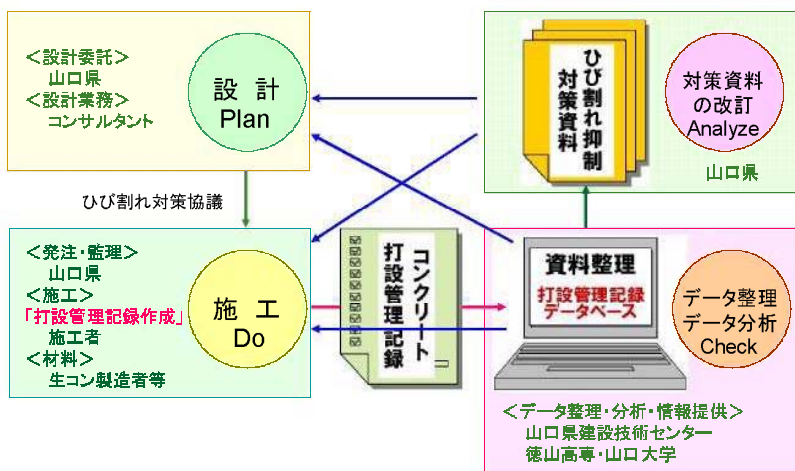
■ 各種工法の性能比較

表3. 2 各種ひび割れ抑制対策の性能

分類	抑制対策	経済性	施工性	温度ひび割れ解析	ひび割れ状況	抑制対策費用対効果
セメント種類	高炉B種(基本)	◎	◎	○	3◎2○	—
	普通ポルトランド	◎	◎	○	3◎2○	—
	低熱ポルトランド	△	○	◎	5◎	△
	早強ポルトランド	○	◎	△	4◎1○	△
混和剤	高性能AE減水剤	◎	○	○	4◎1○	○
	水和熱抑制型膨張材	△	◎	◎	4◎1○	○*
補強材	溶接金網	◎	○	○	3◎2○	△
	FRP繊維	○	△	○	3◎2○	△
	アラミド繊維	△	○	○	4◎1○	△
	ポリプロピレン短繊維	○	○	○	4◎1○	○
	ガラス繊維	◎	◎	○	4◎1○	◎
	ひび割れ制御鉄筋	◎	◎	○	4◎1○	◎

28

3.2 ひび割れ抑制対策システムとは



29

コンクリート打設管理記録

サンプル コンクリート打設リフト面

※1 リフト毎に記入すること

事務所名	山口土木建設事務所	路線・河川	山口平野線
工事名	道路改良工事	工区	第1区画
調査者	〇〇建設(株)	工事	〇〇建設(株)
構造物名	〇〇橋(橋脚)	工種	橋脚

計測箇所を併記
リフト名を併記

構造物名を記入
継ぎ目・ピンチを記入
構築方法を記入

配筋情報		寸法情報	
主鉄筋	筋径 筋長	リフト高	厚さ
配力筋	筋径 筋長	幅	鉄筋比
補強鉄筋	筋径 筋長		

※断面積を添付すること。
※リフト名を併記すること。
※リフト高さ・寸法構築方法を併記すること。

サンプル コンクリート打設管理表 (その1) リフト毎に記入) シート2

※リフト毎に記入すること

事務所名	山口土木建設事務所	路線・河川	山口平野線
工事名	道路改良工事	工区	第1区画
調査者	〇〇建設(株)	工事	〇〇建設(株)
構造物名	〇〇橋(橋脚)	工種	橋脚

構造物種別	橋脚	種別	橋脚	打設部材	コンクリート
行設日	2020年10月10日	天候	曇り時々雨	リフト高	3.0m
行設時間	8:00	打設終了時間	11:00	行設者	〇〇
呼び強度	27 N/cm ²	スランプ	8 cm	単位最大寸	30 mm
セメント種類	〇〇	水セメント比	55%	単位体積重量	2400 kg/m ³
添加剤	〇〇	添加剤	—	構造材料	—

試験許容値	スランプ	30cm	空気量	4.5%	単位体積重量	2400 kg/m ³
行設開始値	スランプ	30cm	空気量	4.5%	単位体積重量	2400 kg/m ³
行設前試験	スランプ	8.0 cm	空気量	—%	単位体積重量	—
リフト前試験	スランプ	3.0 cm	空気量	—%	単位体積重量	—
打設前気温	28.0℃	リフト前気温	—℃	打設時気温	—℃	
打設時気温	20.0℃	打設時気温	—℃	打設時湿度	—%	
養生期間	7日	養生期間	—	養生期間	—	
打設状況	打設時間	20分	養生時間	0分	打設時間	0:20
養生状況	養生方法	—	養生方法	—	養生時間	—
コンクリート	気温	24.0℃	最高気温	24.0℃	湿度	—%
湿度	—%	最低気温	—℃	最低湿度	—%	

コンクリート温度・養生経過

次員を記入すればグラフは完成する

■打設管理記録検索画面(例)

必要な情報を検索したり、ソートしたり出来ます

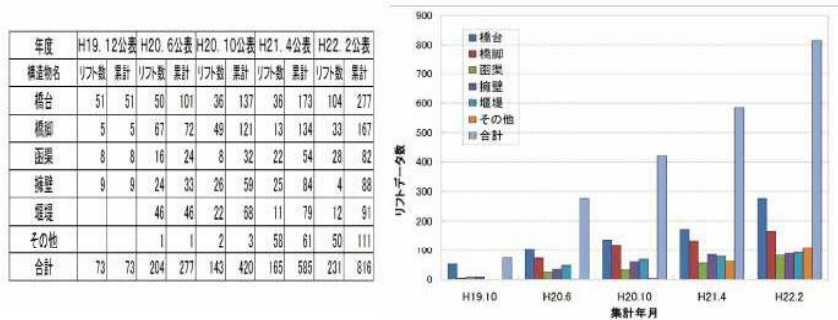
既設構造物の打設管理記録をダウンロードできます

■コンクリート打設管理記録のデータ分析

打設管理記録の公表状況

■平成22年2月現在の公表リフト数と内訳

集計年度別・構造物別の箇所数・リフト数
(温度管理・抑制対策を実施していないリフトを含む全データ)



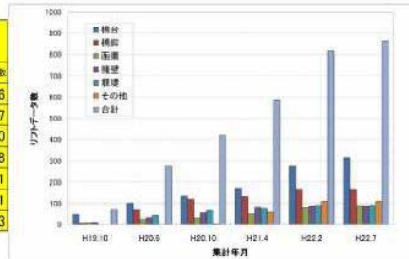
・(財)山口県建設技術センターHPIにて公表中

コンクリート打設管理記録のデータ分析

■打設管理記録の公表数

集計年度別・構造物別の箇所数・リフト数(平成22年7月現在)
(温度管理・抑制対策を実施していないリフトを含む全データ)

収集年度 公表時期	H18		H19		H20		H21		H22		合計	
	H19.12	H20.4-H20.10	H21.4	H22.2	H22.7	箇所数	リフト数	箇所数	リフト数			
橋台	16	51	26	86	11	36	18	104	2	39	73	316
橋脚	3	5	24	116	5	13	10	33			42	167
由梁	3	8	13	24	12	22	4	28	1	8	33	90
擁壁	1	9	21	50	9	25	2	4			33	88
堰堤			10	68	1	11	2	12			13	91
その他			2	3	38	58	15	50			55	111
合計	23	73	96	347	76	165	51	231	3	47	249	863



(財)山口県建設技術センターHPにて公表中

HPアドレス <http://www.yama-ctc.or.jp>

データ分析(例:セメントの種類)

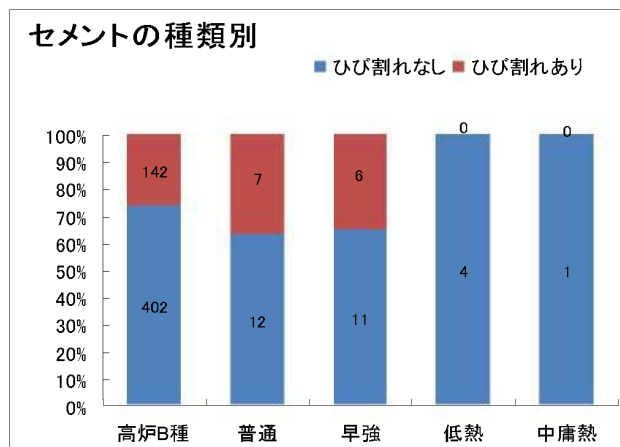


図3. 19 コンクリート打設管理記録データベースの分析例(セメント種類別)

データ分析(例:月別)

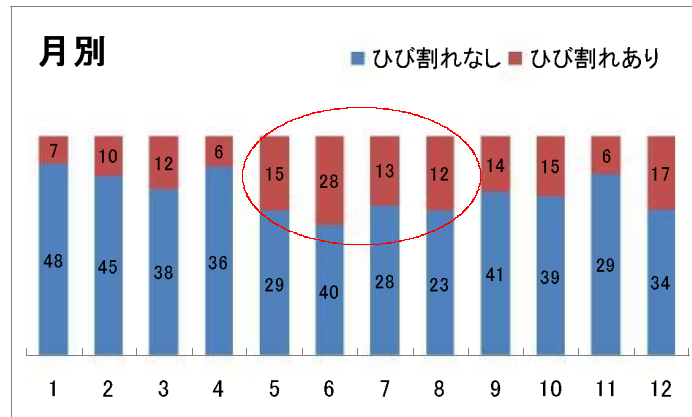


図3. 20 コンクリート打設管理記録データベースの分析例(月別)

35

データ分析(例:月別)

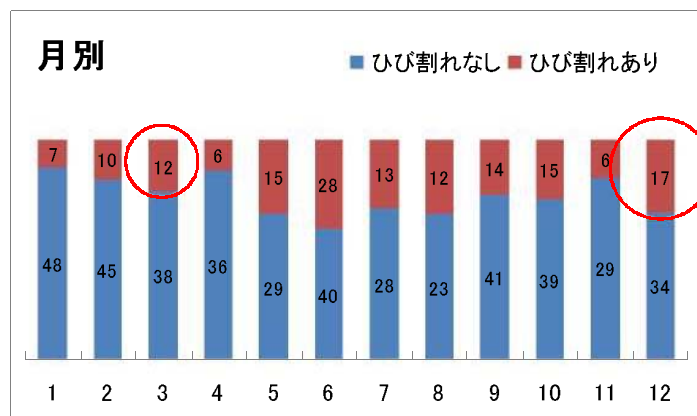
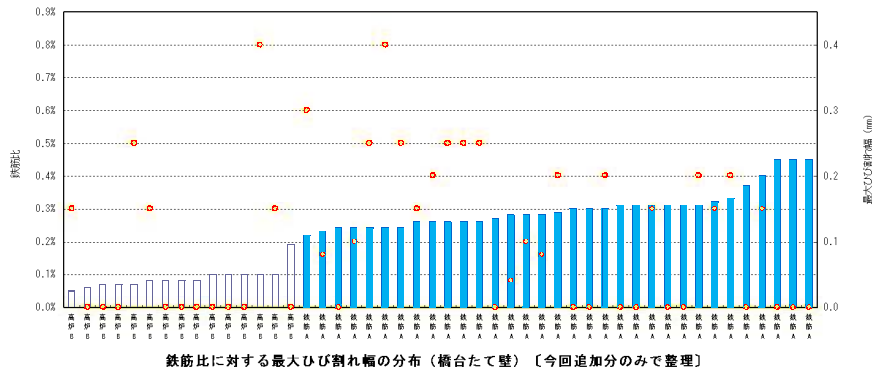


図3. 21 コンクリート打設管理記録データベースの分析例(月別その2)

36

(1) コンクリート打設管理記録のデータ分析

橋台たて壁



最大ひび割れ幅 0.2 mm以下
鉄筋比 0.3%程度の確保

37

3.3 抑制対策の事例紹介

3.3.1 河内川高架橋 橋台たて壁、パラペット

- 対策: ガラス繊維

3.3.2 高井大橋 21.5m幅の橋台たて壁

- 対策: リフト割り、補強鉄筋

3.3.3 国道2号高架橋 25m幅の橋台たて壁

- 対策: 補強鉄筋

38

3.3.2 コンクリートひび割れ抑制対策（高井大橋）

形式：逆T式橋台
 基礎工：直接基礎
 高さ：H=13.7m
 幅：W=21.46m

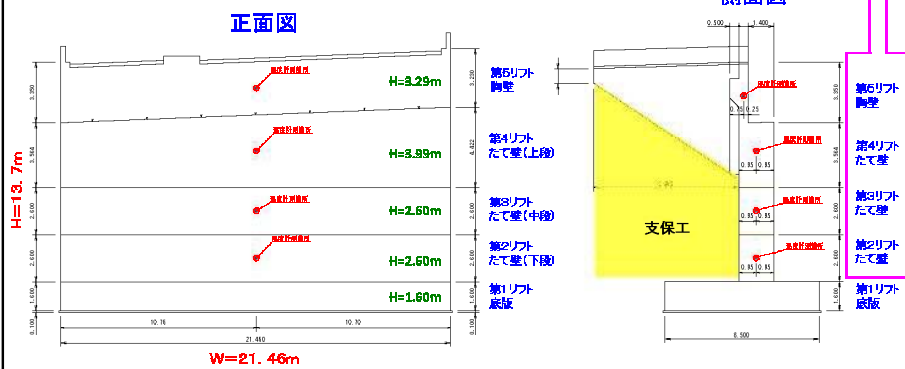


図3.24 高井大橋A1橋台

・リフト割については、1リフトの打設量が少なくなるリフト割を考える

補強鉄筋設置図

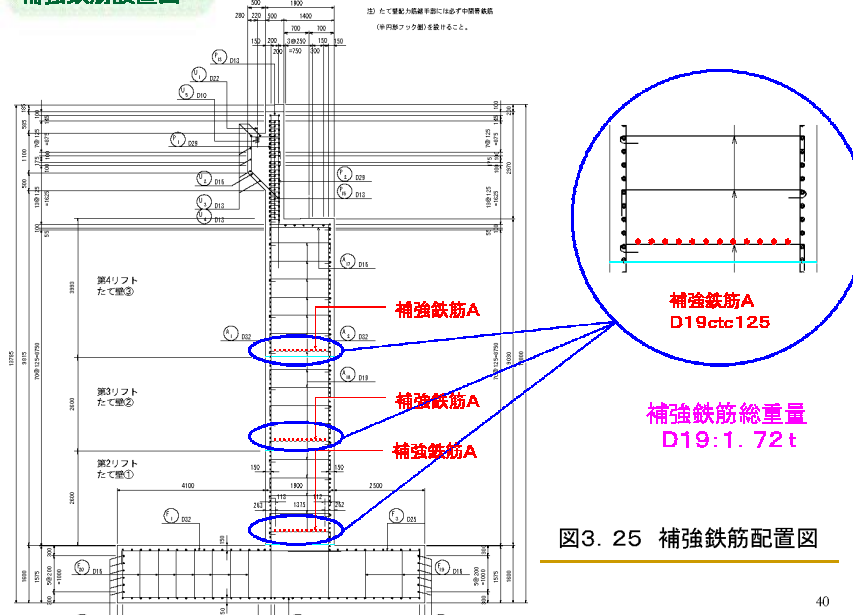


図3.25 補強鉄筋配置図

ひび割れ制御鉄筋

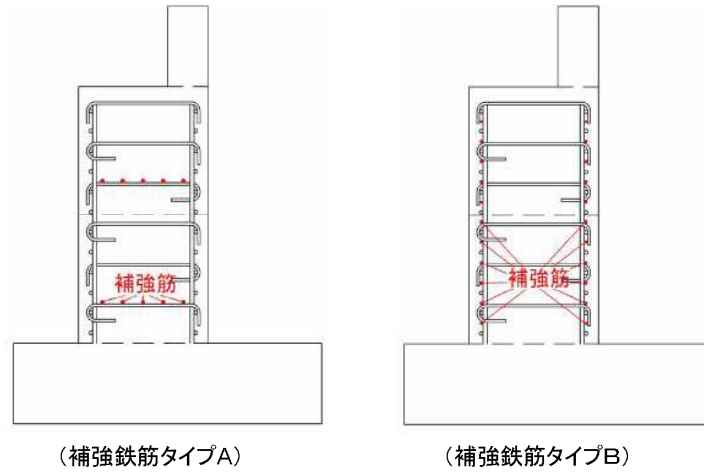
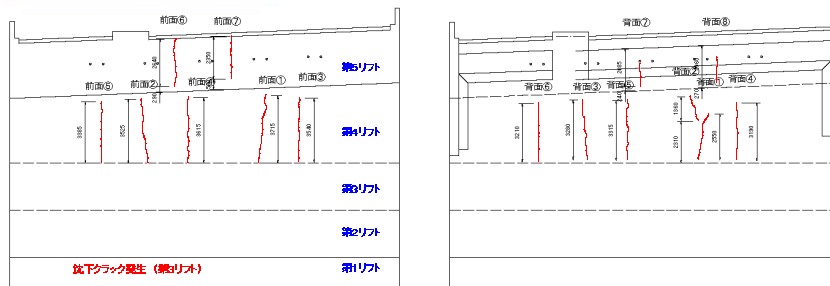


図3. 26 補強鉄筋によるひび割れ対策

41

高井大橋ひびわれ結果 正面図 背面図



打設管理一覧表

図3. 27 高井大橋ひび割れ図

リフト	打設間隔	鉄筋比(%)	打設量(m ³)	打設時外気温(°C)	コンクリート内部温度(°C)			型枠残置日数
					打設時	最高時	温度差	
第1リフト	1/28日	0.24	296	0.0	10.4			20
第2リフト	15日(2/12)	0.31	108	5.2	13.6	54.2	40.6	26
第3リフト	10日(2/22)	0.31	107	5.8	10.5	48.6	38.1	17
第4リフト	86日(5/19)	0.29	170	15.3	23.3	65.2	41.9	7
第5リフト	20日(6/8)	0.92	68	23.0	24.0	49.7	25.7	14

第4リフトの鉄筋比、打設間隔、打設量、温度、型枠残置日数が最も厳しい条件

3.3.3 コンクリートひび割れ抑制対策（国道2号A2）

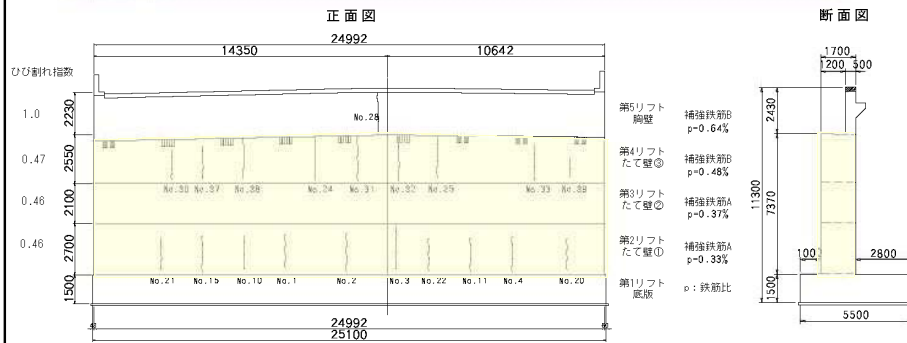


図3. 28 補強鉄筋を配置してひび割れを分散させた幅25mの橋台

図左端の数字はリフト毎のひび割れ指数を示す。

たて壁1とたて壁3では0.06mm以下のひび割れが10本程度確認された。
そして、たて壁第2リフトではひび割れは全く発生しなかった。



4. ひび割れ抑制対策の成果

1) ひび割れ抑制対策のポイントが分かった

2) ひび割れ発生率の変化

- 明らかに少なくなっている
- 指導を受けることが少なくなってきた

3) コストの変化

- 事前に対応すれば対策費は発注者の負担
- 発注者は未来への経済負担を軽減

4) 気持ちの変化

- 事前に対応しよう
- 良い作品を残そう

45

1) 抑制対策のポイントが分かった

1) 施工時期が大切(温度が高い時期を避ける)

- 設計・発注段階で行程検討
- 施工段階で行程検討

2) 材料等による適切な対策

- 誘発目地
- ひび割れ制御鉄筋やガラス繊維
- セメントの種類や混和剤の利用

3) 確実な施工の実施

- 施工の基本事項の遵守
- 施工状況把握チェックシートによる確認

46

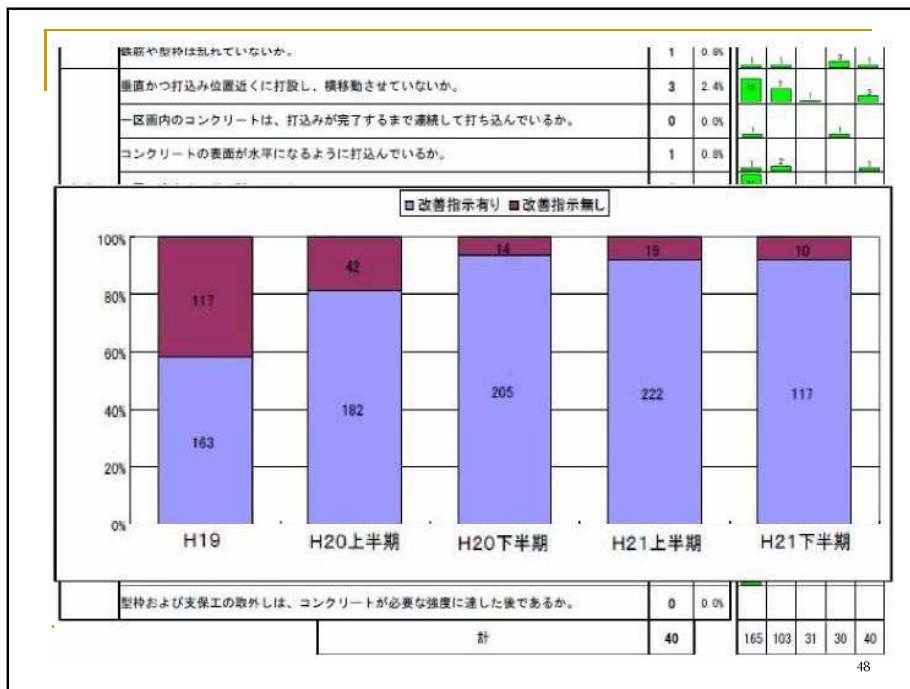
2) ひび割れが少なくなった

表4.1 ひび割れ発生率の比較

	対策前発生率 (H14-H15)		対策後発生率 (H18)		補修を要する ひび割れ(H18)	
	ひび割れ 個数／全数	発生率 (%)	ひび割れ 個数／全数	発生率 (%)	ひび割れ 個数／全数	発生率 (%)
橋台	14/14	100	51/80	64	42/80	53
橋脚	3/14	21	21/42	50	3/42	7
BOX	32/47	72	6/36	17	3/36	8

* BOXは、ブロック数

47



48

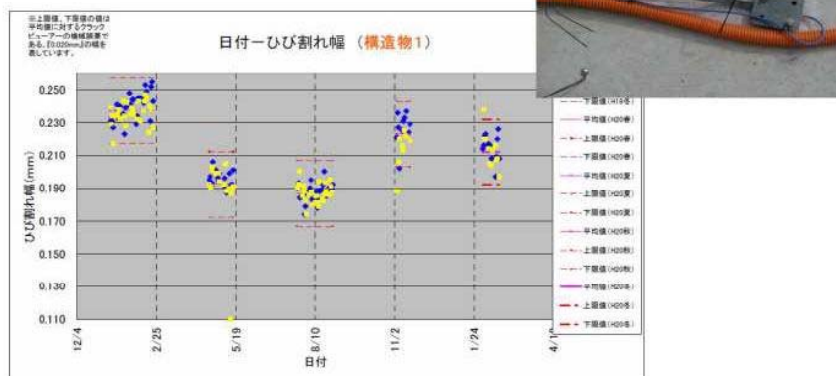
5. 関連した調査・研究

- ひび割れ評価の標準化へ向けた研究
- ボックスカルバートの初期変形挙動の調査
- 各種補強材のひび割れ分散性能の研究
- ニューラルネットワークを用いたひび割れ発生予測の研究
- ガラス繊維混入コンクリートの再資源化
- 生コン製造における土木学会示方書対応

49

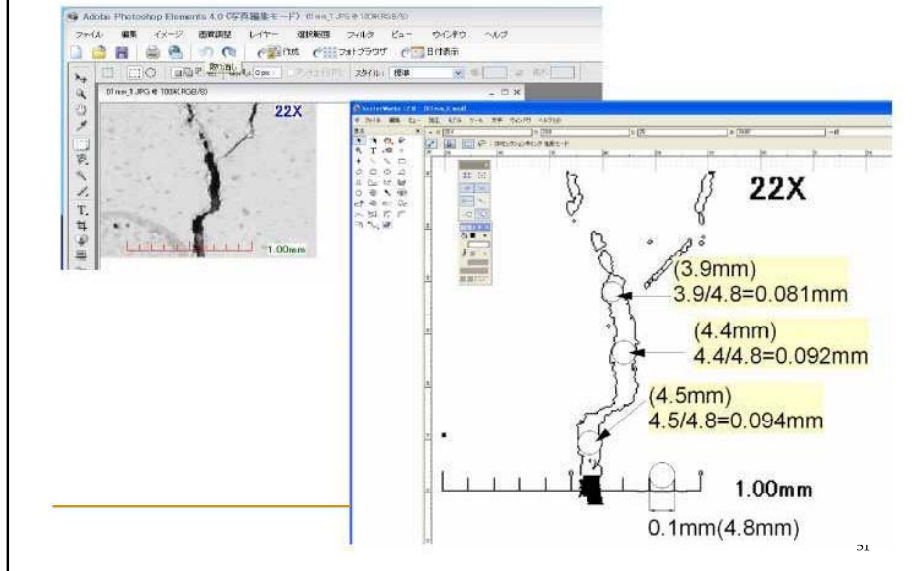
ひび割れ評価の標準化への取組

光ファイバークラックゲージによる
ひび割れの長期計測

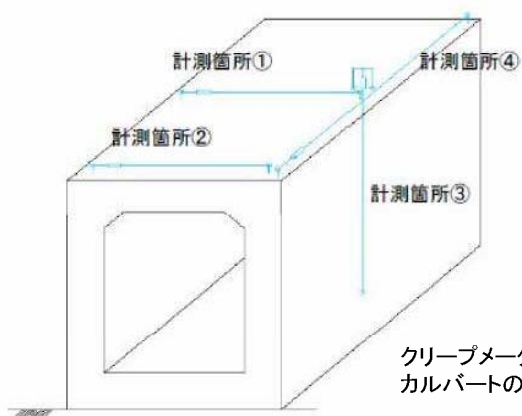


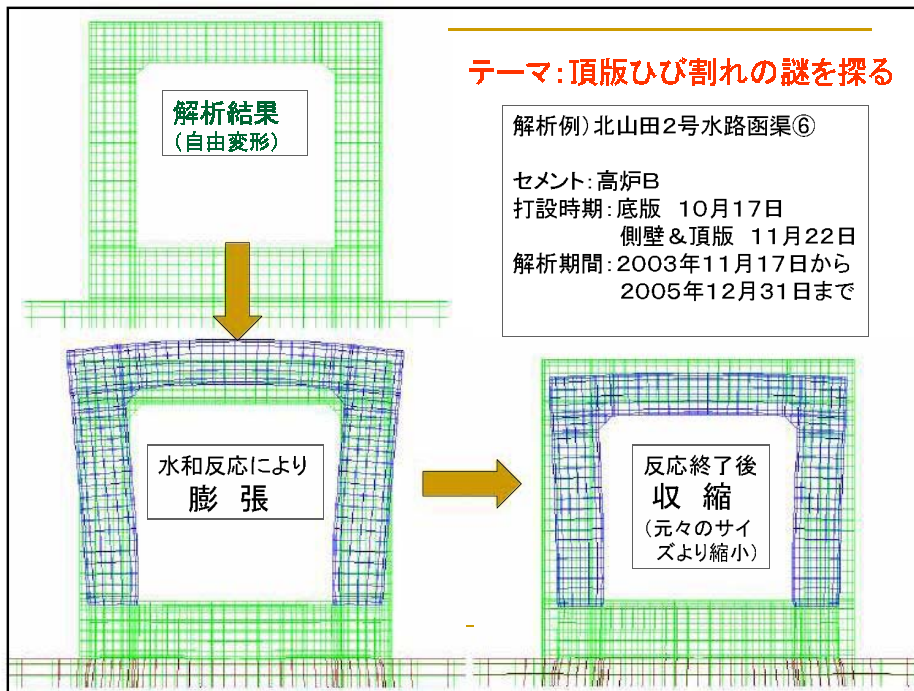
50

■ ひび割れ幅計測の標準化の研究



■ ボックスカルバートの初期変形挙動の調査

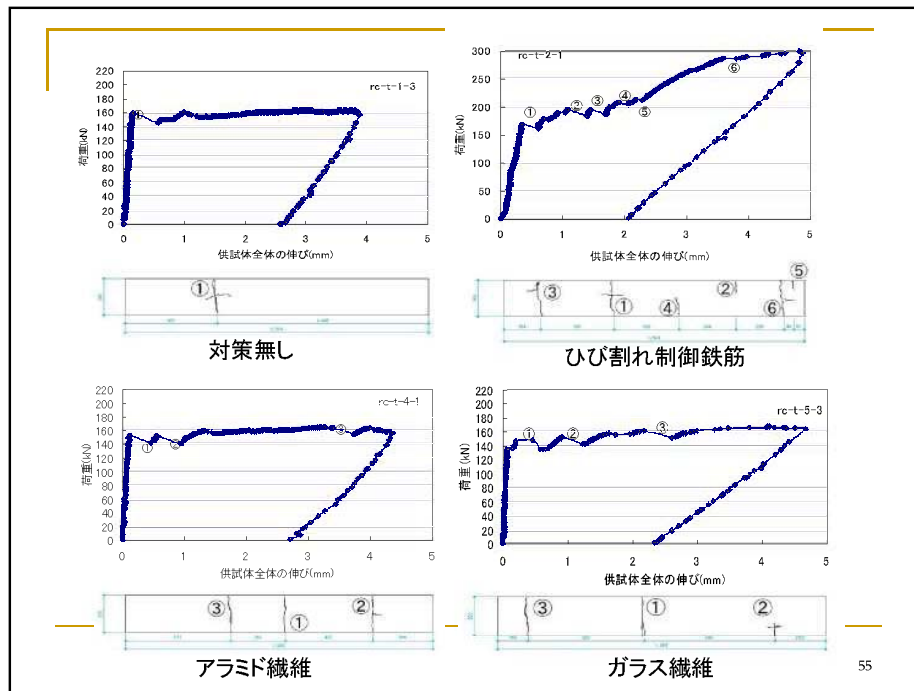




各種補強材のひび割れ分散性能の検証実験

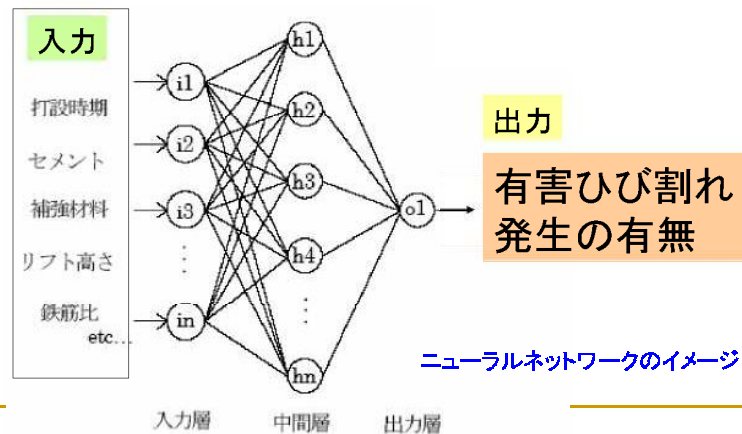


写真2.5 直接引張試験



55

打設管理記録データベースを用いて, 「ニューラルネットワークを用いたひび割れ発生予測の研究」



56

生コン製造における土木学会示方書対応の試験施工「高スランプコンクリートの施工」

- 土木学会コンクリートライブラリー「施工性能に基づくコンクリートの配合設計・施工指針(案)」
 - 製造時から打ち込み時までの性状の変化を考慮して、目標スランプを決定する。
例)
 - A. 打ち込み最小スランプ → 10
 - B. 荷卸し箇所最小スランプ → 11 (A+1)
 - C. 荷卸し箇所目標スランプ → 13.5 (B+2.5)
 - D. 呼びスランプ → 15

57

スランプの経時変化

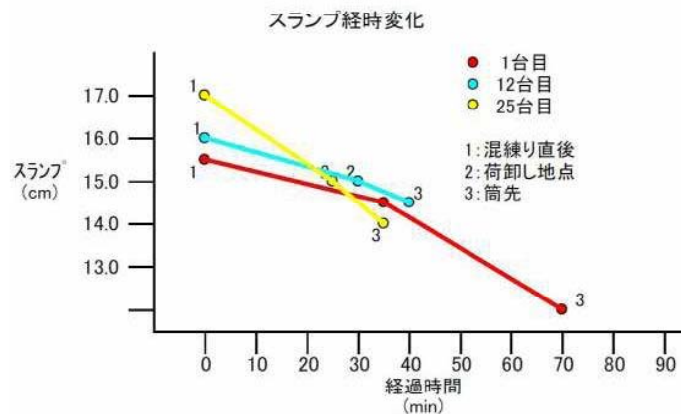


図2.8 スランプの経時変化

* このコンクリート構造物(ボックスカルバート)で、ひび割れは確認されていない。 58

6. ひび割れ抑制対策に関するまとめ

- ひび割れ抑制対策は、設計段階に構造物の施工時期や適切な抑制対策を選定することが大切
- この時、参考となる情報が必要だが、**コンクリート打設管理記録のデータベースを用いた山口県のひび割れ抑制システム**は実用的な手法
- さらに、多くの、そして広い範囲でデータ収集と分析をしたい
- 近年、橋梁の劣化に対する補修がすすめられているが、劣化原因の推定や適切な補修対策を選定するためにも、このコンクリートの打設管理記録を「母子手帳」的役割から、維持管理のための「カルテ」に発展させたい

59

7. おわりに

- ひび割れを発生させない技術はある。しかし、このとき**最も経済的な対策を見出す手法**は、現状では確立されていない。
- ひび割れ対策への取組は、**関係者の意識改革**に繋がった。
- 耐久性のある構造物は、**子孫への経済的負担を軽く**することになる。
- 「**良いものを未来に残す**」ことは、**建設技術者として価値ある仕事をした証(プライド)を残すこと**でもある。
 - 最近の山口県には良い構造物がたくさん出来ている

60

