

# 実構造物の調査結果から判明した 山口県の構造物群の品質改善

横浜国立大学  
コンクリート研究室  
指導教官 細田暁教授  
Yuto YOSHIDA 吉田悠人

# 1. 研究の概要と目的

なぜ実構造物の調査を行ったのか？

→ 山口県の品質確保システムのデータベースを活用してひび割れ発生確率曲線を作成すると、2010年以降の構造物群はそれ以前に比べひび割れがさらに抑制されている

→ その原因を実構造物の調査より探る

# 2. 研究の概要と目的

山口県の98の橋台を温度応力解析し、結果からひび割れ発生確率曲線を作成  
 → 2016年のJCIひび割れ制御指針に示される曲線に比べ左側にシフトした曲線が得られた

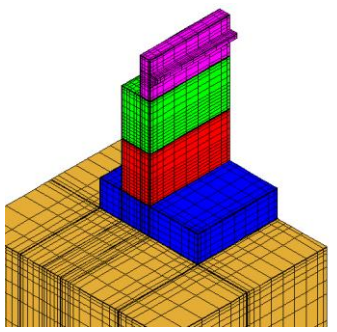
## これまでの研究

### 品質確保システムを運用する山口県のデータベース

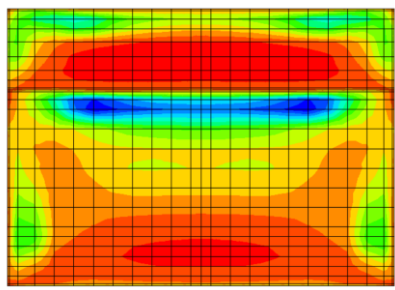
コンクリート打設管理記録簿システム

事務所	箇所	構造物名	打設時期	種類	構造物	部位	寸法		セメント	水和剤	材料	鉄筋比(%)		試験値		コンクリート		最大ひび割れ幅(mm)
							リフト高さ(m)	厚さ(m)				実測	設計	打設温度(℃)	打込み温度(℃)	最高温度(℃)		
山口県建設局	山口県	上り橋台	5月	RC	橋式橋台	版	1.5	14.0	8.2	高炉砂	AE高水形	---	0.24	---	24.0	27.0	0.00	
山口県建設局	山口県	上り橋台	6月	RC	橋式橋台	前壁	3.0	0.0	8.2	高炉砂	AE高水形	---	0.20	0.18	33.8	24.0	0.10	
山口県建設局	山口県	上り橋台	6月	RC	橋式橋台	後壁	3.0	1.0	8.2	高炉砂	AE高水形	---	0.40	0.33	33.8	24.0	0.13	
山口県建設局	山口県	上り橋台	6月	RC	橋式橋台	側壁	3.0	1.0	10.0	高炉砂	AE高水形	---	0.42	0.35	33.8	24.0	0.20	
山口県建設局	山口県	上り橋台	7月	RC	橋式橋台	前壁	3.0	1.0	8.2	高炉砂	AE高水形	---	0.47	0.18	34.1	28.0	0.00	
山口県建設局	山口県	上り橋台	7月	RC	橋式橋台	側壁	3.0	1.0	8.2	高炉砂	AE高水形	---	0.37	0.45	34.1	28.0	0.00	
山口県建設局	山口県	上り橋台	7月	RC	橋式橋台	後壁	3.0	1.0	10.0	高炉砂	AE高水形	---	0.40	0.34	34.1	28.0	0.25	
山口県建設局	山口県	上り橋台	8月	RC	橋式橋台	前壁	4.5	0.0	8.2	高炉砂	AE高水形	---	0.24	0.18	30.5	28.0	0.10	
山口県建設局	山口県	上り橋台	8月	RC	橋式橋台	側壁	4.5	1.0	8.2	高炉砂	AE高水形	---	0.32	0.27	30.5	28.0	0.13	
山口県建設局	山口県	上り橋台	8月	RC	橋式橋台	後壁	4.5	1.0	10.0	高炉砂	AE高水形	---	0.38	0.30	30.5	28.0	0.25	
山口県建設局	山口県	上り橋台	9月	RC	橋式橋台	前壁	4.7	0.0	8.2	高炉砂	AE高水形	---	0.23	0.18	34.0	28.0	0.08	
山口県建設局	山口県	上り橋台	9月	RC	橋式橋台	側壁	4.7	1.0	8.2	高炉砂	AE高水形	---	0.33	0.25	34.0	28.0	0.20	
山口県建設局	山口県	上り橋台	9月	RC	橋式橋台	後壁	4.7	1.0	10.0	高炉砂	AE高水形	---	0.31	0.24	34.0	28.0	0.20	
山口県建設局	山口県	上り橋台	9月	RC	橋式橋台	前壁	4.5	1.0	8.2	高炉砂	AE高水形	---	0.38	0.34	23.0	22.0	0.13	
山口県建設局	山口県	上り橋台	10月	RC	橋式橋台	側壁	1.5	0.5	8.2	高炉砂	AE高水形	---	0.04	---	---	---	0.00	
山口県建設局	山口県	上り橋台	10月	RC	橋式橋台	後壁	1.5	0.5	11.1	高炉砂	AE高水形	---	0.35	0.18	34.0	23.0	0.20	
山口県建設局	山口県	上り橋台	10月	RC	橋式橋台	版	1.5	0.5	8.2	高炉砂	AE高水形	---	0.38	---	40.0	25.0	0.05	
山口県建設局	山口県	上り橋台	11月	RC	橋式橋台	高床	1.5	0.5	15.0	高炉砂	AE高水形	---	0.11	---	38.4	15.0	0.00	
山口県建設局	山口県	上り橋台	6月	RC	橋式橋台	前壁	3.0	0.0	10.0	高炉砂	AE高水形	---	0.20	0.18	37.1	24.0	0.20	
山口県建設局	山口県	上り橋台	6月	RC	橋式橋台	側壁	3.0	1.0	8.2	高炉砂	AE高水形	---	0.31	0.24	37.1	24.0	0.20	
山口県建設局	山口県	上り橋台	6月	RC	橋式橋台	後壁	3.0	1.0	12.1	高炉砂	AE高水形	---	0.32	0.15	37.1	24.0	0.10	
山口県建設局	山口県	上り橋台	6月	RC	橋式橋台	前壁	3.0	1.0	13.1	高炉砂	AE高水形	---	1.07	1.18	37.1	24.0	0.05	
山口県建設局	山口県	上り橋台	7月	RC	橋式橋台	側壁	3.0	1.0	8.2	高炉砂	AE高水形	---	0.24	0.18	30.8	26.0	0.20	

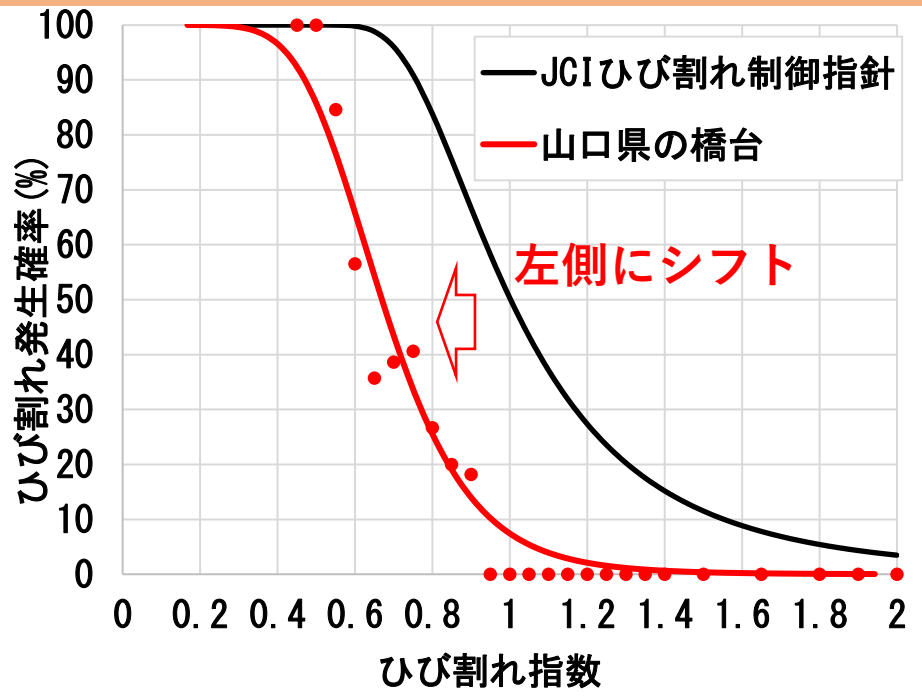
橋台98構造物227リフトを抽出



温度応力解析 (JCMAC3)



リフト毎のひび割れ指数の最小値を抽出



<参考>  
 ひび割れ発生を防止したい場合(発生確率:5%)  
 JCI指針 ひび割れ指数 **1.85**以上 JSCE示方書 **1.45**以上  
**本研究 1.1以上**

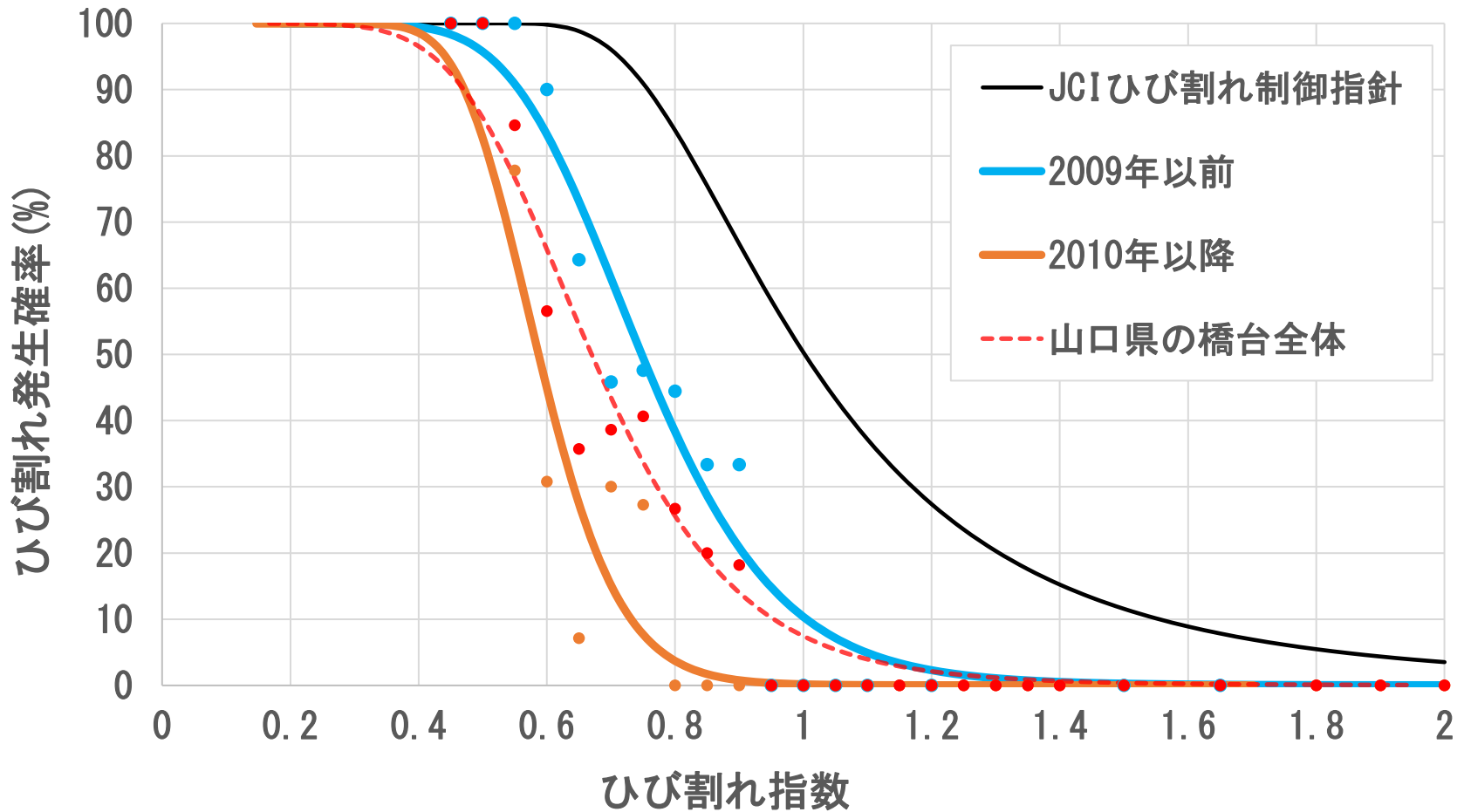
### 3. 研究の概要と目的

データを分割して曲線を作成

2010年以降の構造物は、2009年以前に比べるとより曲線が左側にシフト

→ 違う種類のデータ？ 重ならない理由は？

これまでの研究



# 4. 施工状況把握チェックシートとの組み合わせ

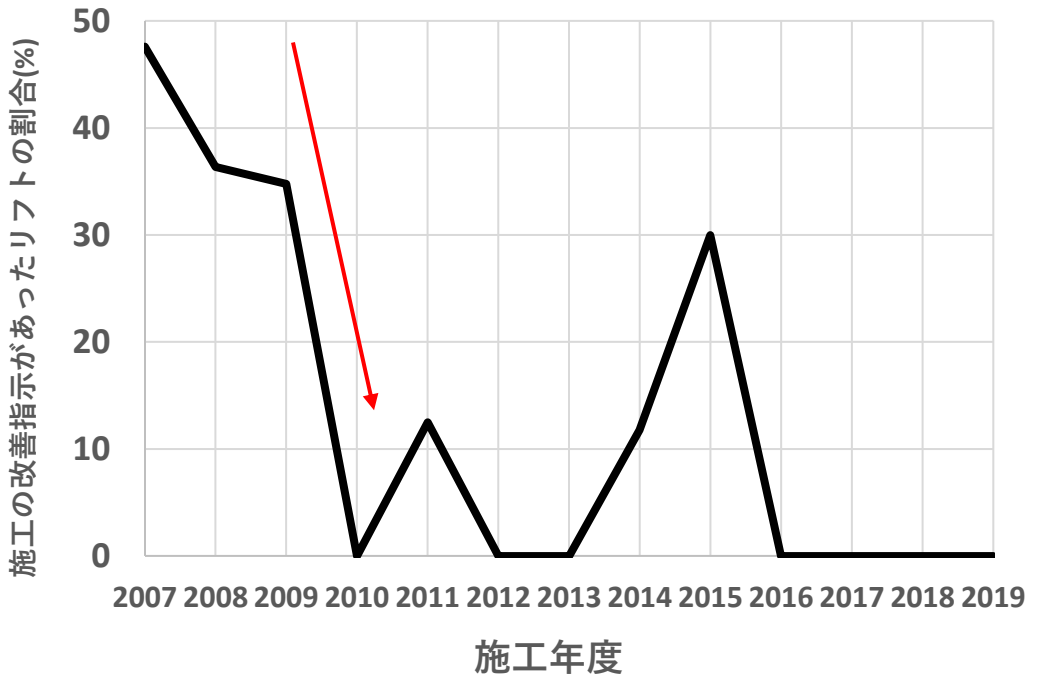
施工状況把握チェックシートの改善指示割合の減少から2010年以降、施工が改善したことが考えられる。

## 施工状況把握チェックシート

様式3 施工状況把握チェックシート  
【施工状況把握チェックシート(コンクリート打込み時)】

事務所名	工事名			工区
構造物名	部位			リフト
発注者	確認者			
配合	確認日時			
打込み開始時刻	予定	実績	打込み開始時刻	天候
打込み終了時刻	予定	実績	打込み量(m <sup>3</sup> )	リフト高(m)
施工段階	チェック項目			記述 確認
準備	前層表面・打込み設備は汚れていないか。			-
	型枠面は濡らせているか。			-
	型枠内部に、木屑や結束帯等の異物はないか。			-
	30分以内に養生網はないか。			-
	硬化したコンクリートの表面のレイタンス等は取り除き、ぬらしているか。			-
運搬	コンクリート打込み作業人員 <sup>※</sup> に余裕を持たせているか。			-
	手番のパイプレータを準備しているか。			-
	新電機のパワプルがないよう、事前にチェックをしているか。			-
	降り風等から打ち終わるまでの時間は適切であるか。			-
	ポンプや配管内部の真摯性を確保するため、充てりモルタルの圧送等の処置を施しているか。			-
打込み	前層や型枠は濡れていないか。			-
	横移動が不要となる適切な位置に、コンクリートを垂直に降ろしているか。			-
	コンクリートは、打込みが完了するまで連続して打ち込んでいるか。			-
	コンクリートの表面が水平になるように打ち込んでいるか。			-
	一層の高さは、90cm以下としているか。			-
	上層以上に分けて打ち込み場合は、上層のコンクリートの打込みは、下層のコンクリートが固まり始める前に行っているか。			-
	ポンプ配管等の吐出口から打込み面までの高さは、1.5m以下としているか。			-
締めの	表面にブリーディング水がある場合には、これを取り除いてからコンクリートを打ち込んでいるか。			-
	パイプレータを下層のコンクリートに10cm程度挿入しているか。			-
	パイプレータを垂直に挿入し、挿入間隔は50cm以下としているか。			-
	前層の作業中に、パイプレータを数層等に接触させていないか。			-
	パイプレータでコンクリートを横移動させていないか。			-
養生	パイプレータは、穴が壊れないように衝撃に引き抜いているか。			-
	硬化を始めるまでに乾燥するおそれがある場合は、シートなどで日よけや風よけを設けているか。			-
	コンクリートの露出面を保護状態に保っているか。			-
	保護状態を保つ期間は適切であるか。			-
型枠および支保工の撤去は、コンクリートが必要な強度に達した後であるか。				-
※改善事項等				

※コンクリート打込み作業人員・・・コンクリートの打込み・締めの作業時の人員のうち、直接作業に携わらない者(監理・主任技術者やポンプ車運転手等)を除いた人員  
様式3-1



**2010年以降改善指示割合は大幅に減少**

- ※ リフトは今回解析に用いたもののみ
- ※ 2015年はそれまで指摘のなかった”湿潤状態を保つ期間は適切か”の項目での指摘が発生(3リフト/10リフト)

# 5.山口県での現地調査

実際の構造物にて調査を実施  
施工の改善により、表層品質や強度にも差が生じているかを調査

## 調査方法

### ◎ 目視評価法

- **リフトを分割し評価** (図-1)
- 沈みひび割れ、表層気泡、砂すじの3項目を**4点満点**で評価
- 基本的に**2人**がそれぞれに評価

### ◎ テストハンマー試験

- 図-2の位置で試験(Pコンは避けた)
- 各ポイント**9点**試験、その平均値を記録

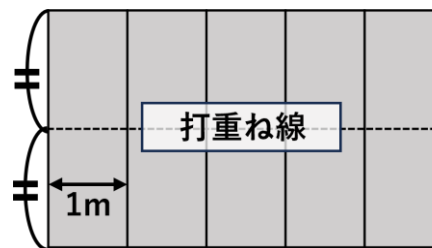


図-1 リフトの分割方法

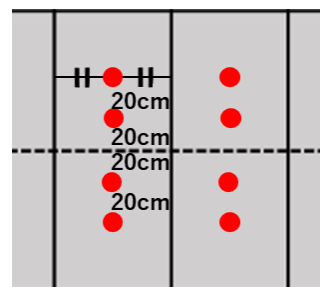


図-2 テストハンマー試験位置



図-3 計測の様子

**着眼点：平均値とそのばらつき**

## 6.山口県での現地調査

ひび割れ抑制システム導入以前、2007年(導入)～2009年、2010年以降の3つにグループ分けそれぞれの段階での変化を調査

### 調査した構造物

#### グループA(1構造物)

ひび割れ抑制システム導入以前(～2006)

#### グループB(6構造物)

2007年から2009年までシステムが浸透していると考えられる期間の構造物

#### グループC(6構造物)

2010年以降のシステムが効果を発揮していると考えられる期間の構造物

#### グループBとCで統一した条件

- ① 高炉セメントを使用
- ② ひび割れ指数  
0.6～0.8
- ③ W/C 50%程度  
単位セメント量  
300kg/m<sup>3</sup>程度
- ④ 長さ 6m以上

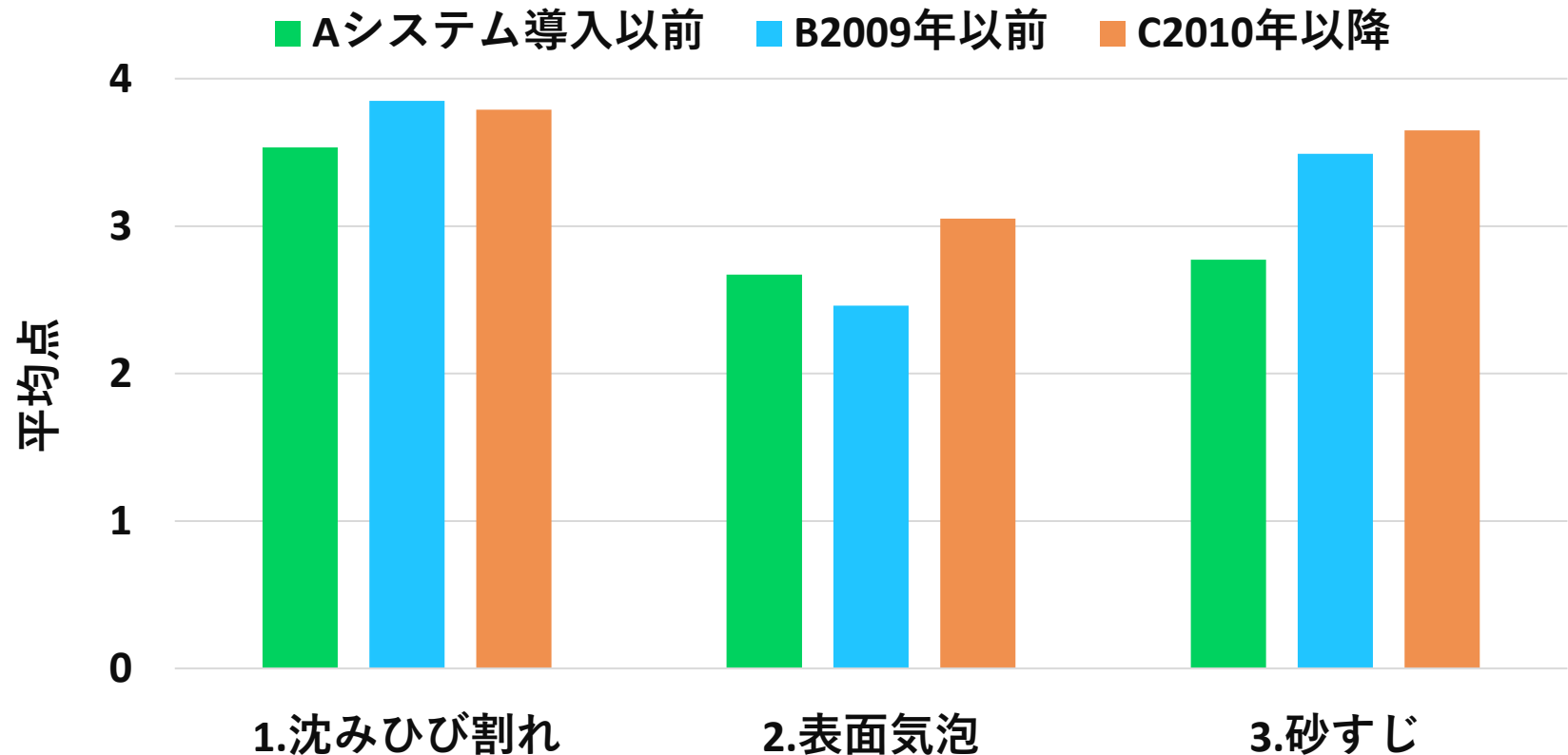
※ グループAは施工記録がない

# 7.山口県での現地調査の結果

表層品質は導入前後だけでなく導入以降も改善している傾向が見られる

→ 施工状況把握などの取り組みによりひび割れ抑制につながっているのではないかと

調査結果(目視評価法)



全項目平均点 **A 2.99点** **B 3.27点** **C 3.50点**

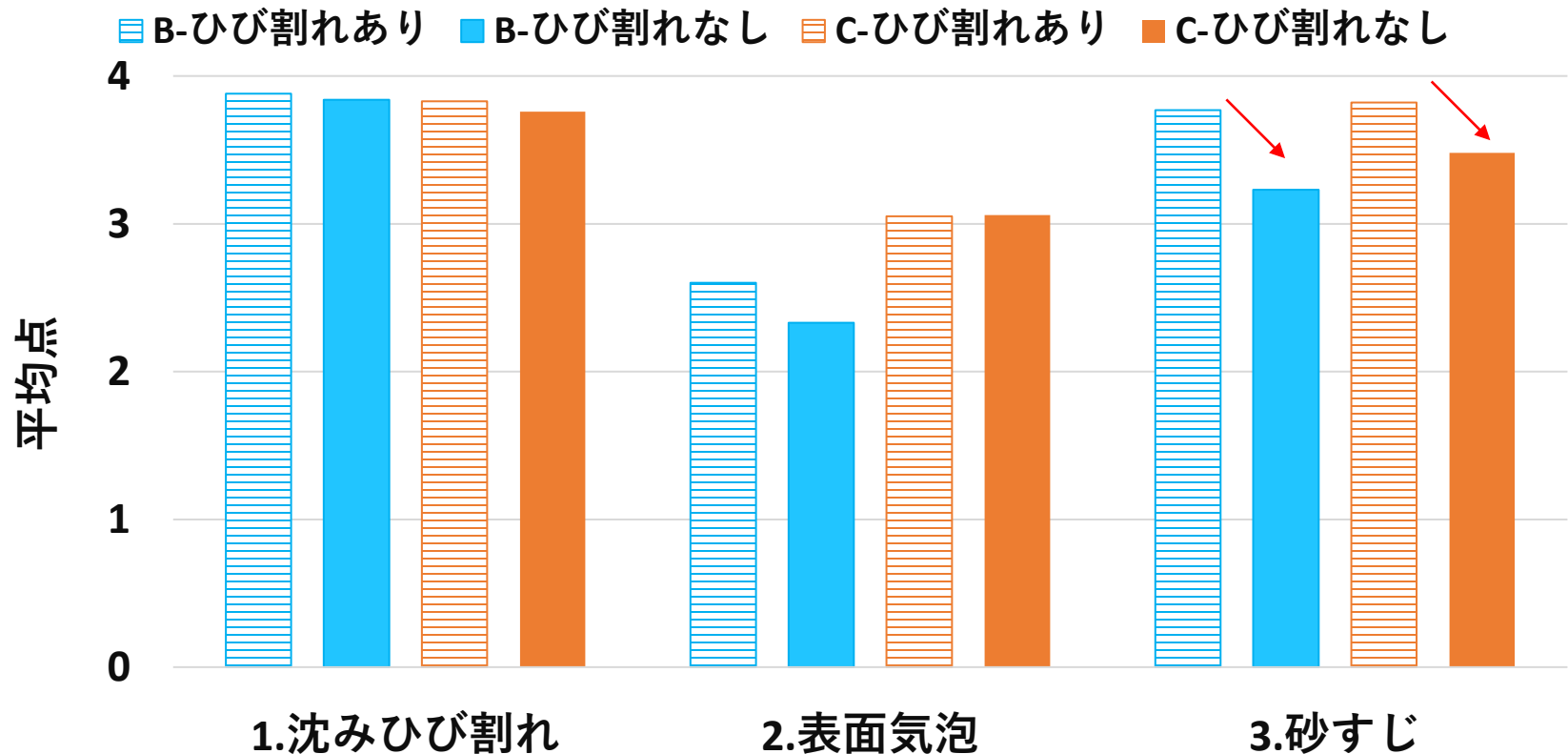
**A→Cにかけて表層品質は改善**



## 8.山口県での現地調査の結果

ひび割れの有無で比較するとひび割れありの方がひび割れなしよりも目視評価の得点が高くなる傾向があった

調査結果(目視評価法)



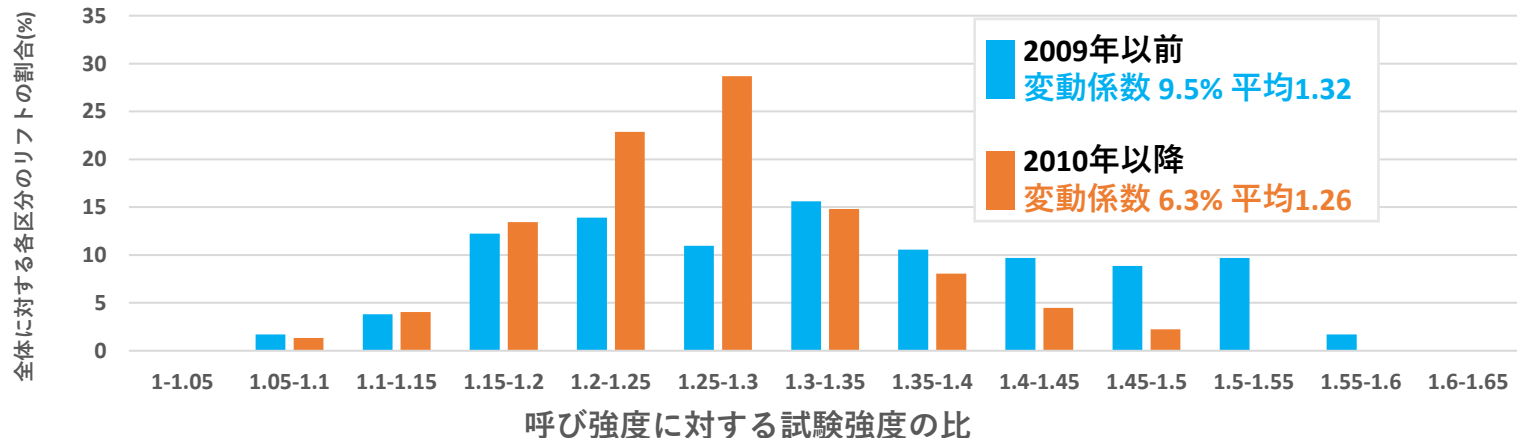
平均点 **B-ひび割れあり 3.42点**    **B-ひび割れなし 3.13点**  
**C-ひび割れあり 3.57点**    **C-ひび割れなし 3.43点**

# 9.山口県での現地調査の結果

ひび割れが抑制されるようになった要因は、生コンクリートの圧縮強度が高くなったからではなく、構造物中の強度が向上したからではないか

## 調査結果(テストハンマー試験)

	A 導入前	B 2009年以前	C 2010年以降
テストハンマー試験で得られた 圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )の平均値	32.9	42.2	44.2
28日試験強度(N/mm <sup>2</sup> )の平均値	-	35.4	34.2
圧縮強度/試験強度	-	1.19	1.29



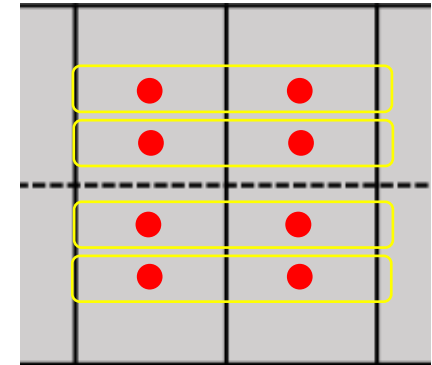
山口県の生コン工場から出荷された生コンクリートの強度比較

# 10.山口県での現地調査の結果

施工の改善により構造物中の強度のばらつきが小さくなっている  
→ 丁寧に締固めが行われた結果か？

## 調査結果(テストハンマー試験)

	A 1991年	B 2009年以前	C 2010年以降
テストハンマー計測結果の 変動係数(%)	6.2	6.4	5.4



テストハンマー試験位置

### 以上の結果より

- 2009年以前と2010年以降の2本の曲線のずれが示すような違いが、実構造物での表層品質や強度、ばらつきからも見られた
- ひび割れありの方が表層品質が良い結果が得られたことなど、不明点は今後さらに検討していく