

「本質を見よう」

— 山口県のひび割れ抑制システムの本質 —

細田 暁

1. 私と山口県のひび割れ抑制 システムの出会い

横浜で仕事をしている私がなぜ山口の？と思う方も多いかもしいないが、これほど本質を捉えた取組み、システムも少ないと思うので、私の目から見たこのシステムの良さ、魅力、わが国への波及効果について述べたいと思う。もちろん、なぜ横浜の私が山口の、への答えも含めて。

2009年の手帳を見て確認した。私が山口県の取組みと「出会った」のは2009年3月3日だ。研究者・技術者仲間たちと中国地方の構造物（餘部鉄橋など）を勉強しながらの旅の最終日の午前山口県のひび割れ抑制の取組みを勉強する機会を得た。徳山高専の田村隆弘教授も来られ、実構造物の見学もさせていただいた。そして、衝撃を受けた。どうしてこんなことが山口県でできるんだろう。バスの中で、群馬大の半井先生と、「自分たちもやりたい。やろう」と誓い合った。

実は、私がこの取組みに出会ったのは、2009年3月3日が初めてではない。2007年（平成19年）3月下旬に、土木学会の混和材料の研究委員会（名和豊春委員長）の成果報告会で山口県の二宮純さんが山口県の試

験施工の結果について発表をされたのを聞いていた。また、セメント新聞などで田村先生らが書かれた同じ試験施工についての記事を読んでもいた。でも、響いていなかった。山口県の取組みは、平成17年度に実構造物での試験施工、18年度にシステムの運用の試行、19年度から本格施行である。今となっては、当時の私が鈍かったのか、システムが未熟だったのか、真相は分からない。

2009年3月3日に会った後、2009年度から立ち上がったJCIの「高性能膨張コンクリートの性能評価とひび割れ制御システムに関する研究委員会」（坂井悦郎委員長、筆者は幹事長）のWG3で、山口県のひび割れ抑制システムを勉強、分析することにした。委員会名に「システム」を入れたのは、私の山口で受けた衝撃のためである。

2009年10月19日に、JCIの膨張コンクリートの委員会から、土木と建築の委員が山口県を訪問した。皆、半信半疑だったようだが、「細田がそこまで言うんだから」ということで山口へ向かった。そして、皆、衝撃を受けた。特に、山口県の二宮さんのプレゼンで、これは本物だ、と分かった。

今でも、山口県庁でのその会合の冒頭に、JCI委員会を代表して私が挨拶したときの言葉を覚えている。「私がこの取組みが素晴らしいと思う理由は2つあり

筆者：（ほそだ・あきら）横浜国立大学 大学院都市イノベーション研究院 准教授

ます。一つは、ひび割れを抑制しようという目的が達成されている素晴らしいマネジメントであること。もう一つは、そのシステムにかかわるプレーヤーが生き生きとしていること」。

2. 山口のシステムの本質

本質とは人によって異なるのかもしれない。私にとってコンクリート構造物は目的ではない。コンクリート構造物のひび割れを抑制することは大事だと思う。高耐久の構造物が構築されることも大事だと思う。しかし、それが真の目的であろうか。それらは手段ではないのだろうか。人間はよく、手段が目的化する、と言う。日本人は特にその傾向が強いように私は思う。

コンクリートから人へ、という「変な」ことを言う方々がおられたが、本来は人のためのコンクリートであることは言うまでもない。しかし、我々コンクリートに携わる技術者も人であり、それらの人が必ずしも生き生きと仕事をしているとは言えない現在の社会情勢、社会システムには問題があると以前から感じていた。山口県のひび割れ抑制システムでは、各プレーヤーがそれぞれの本分を認識してそれを果たし、協働によってひび割れ抑制を達成しており、まさに生き生きと仕事をしている様子を感じられた。クリエイティブに仕事をする人は、生活のすべてがクリエイティブになる。私は、関与する人が生き生きとしていないシステムは、作った人の自己満足であると思っている。

山口県のひび割れ抑制システムでは、各プレーヤーが本分を果たして協働し、その結果、ひび割れが抑制され、後述するが表層品質も向上していた。総合的な品質向上施策であった。

私を含む学の間も含めて、関わる産官学の各プレーヤーの能力が向上している。まさに人材育成である。

設計段階で採用したひび割れ抑制対策が、毎回の工事で事後検証される。実構造物での真のPDCAサイクルである。

ちなみに、事後検証とはreviewを訳したものであるが、reviewに対応する適切な訳語が無い。ということ。これは日本人にその概念が無い、ということである。

同様に、managementも適切な訳語がない。断じて「管理」ではない。タレントの「マネジャー」も誤用であろう。山口のシステムでは、management, reviewを学ぶことができる。

私は、山口県のシステムでreview, managementを皆が徹底して学び、それを生かす本命は維持管理であると思っている。温度ひび割れは、対策の結果がすぐにひび割れの発生、幅という形で現れる。だからPDCAサイクルが早く回り、関係者が鍛えられる。一方で、維持管理は適切な対策が取られずに再劣化が生じて、生じるのに時間がかかるためreviewがなされにくい。しかし、真にreviewを必要としているのは維持管理である。適切な補修設計・施工がなされるよう、皆で実構造物で研究し、維持管理費を低減させていこう。

山口県では、盲目的に学会や国交省のルールに従うのではなく、データベースから得られる知見に基づいて、システムの運用方法やひび割れ抑制対策資料を定めている。産官学の協働でルールも見直していけるのである。得られた知見は、学会の規準類等へもフィードバックされるであろう。これこそが研究である。

以上が、現時点の私が理解している、山口のシステムの本質である。

3. 山口県のひび割れ抑制システムと各所に散りばめられる各種の工夫

平成17年度から山口宇部線の実構造物において各種のひび割れ抑制対策が試され、産官学の連携での試験施工が始まった直後から、例えばボックスカルバートの頂版の軸方向の非貫通ひび割れが発生しなくなるなど、「施工由来のひび割れ」と呼ばれる一部のひび割れが激減した。一方で、橋台たて壁や胸壁のひび割れなどは、丁寧な施工を行っても生じる場合が多いことが判明し、これらに対しては設計段階からひび割れ抑制対策を講じる必要があることを、関係者が共通の土俵で認識したことが試験施工における最大の収穫であり、システム構築の第一歩であった。

ひび割れ抑制システム（図-1）では、施工者は、

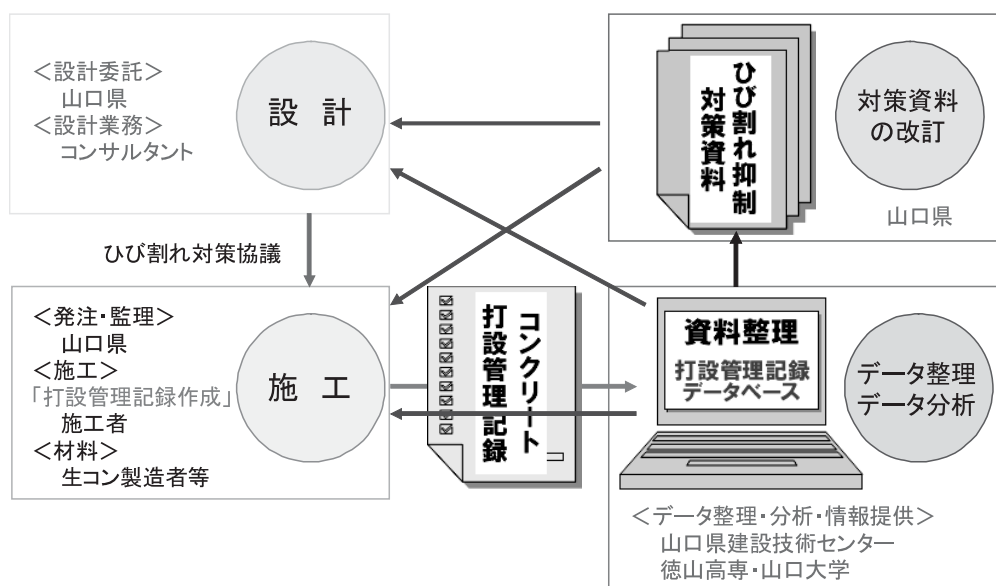


図-1 山口県のひび割れ抑制システムのフロー

すべての打設リフトにおいて、打設管理記録を提出する。打設管理記録には、構造諸元や、ひび割れ幅を抑制するための補強鉄筋の追加や膨張材の使用などのひび割れ抑制対策、コンクリート材料の情報、打込み時の諸条件、打込み後のコンクリートの温度履歴、発生したひび割れの諸情報などがまとめられている。なお、打設管理記録の提出は施工者に義務付けられているが、打込み後のコンクリートの温度履歴の計測は任意である。手間がかかるため、義務にするとデータの捏造も懸念されるからである。このシステムは、データの精度が鍵であり、偽物のデータが紛れる可能性を極力排除する工夫がなされている。温度履歴の計測を行った施工者には工事成績評定で加点がなされる仕組みとなっている。

打設管理記録はデータベースとして山口県のHPで公開されており、このデータベースを分析した結果に基づいて、ひび割れ抑制対策が対策資料としてまとめられている。ひび割れ抑制対策資料は現状では特記仕様書の一部の位置付けであり、これに基づいて新たな構造物を設計する際にひび割れ抑制の検討がなされる。「施工状況把握チェックシート」という27項目からなる打込み時の監督員のチェックシート(図-2)も日々の実務の中で用いられている。「施工の基本事項の遵守」をシステムとして達成するための重要な要素であ

る。土木学会の示方書等に示されている遵守すべき基本事項は非常に多岐にわたり、現代のわが国の工事現場において、これらがすべて遵守されることを期待するのは困難といっても仕方ないであろう。しかし、山口県においては、それらの基本事項群から27項目を抽出し、監督員がこのチェックシートを持って打込みに立ち会う仕掛けを作った。言わば、示方書と現場をつなぐシートである。チェックシートの内容は山口県のHPに公表されており、当然に施工者も把握している。チェックされる内容が公表されており、発注者と施工者の双方にとってフェアなシステムである。山口県のシステムにおいては「公表」に種々の効果があることが分かってきている。今後、建設マネジメントを考える上で大いにヒントとなるであろう。

基本事項が遵守された施工の記録が毎回取得され、データベース化されることの意義は非常に大きい。これを分析すると多くの知見が得られるであろう。逆に、いいかげんな施工のデータの束は、ガラクタかもしれない。

なお、東日本大震災の被災地の復興が本格化しており、技術者、技能者の数が十分でないといわれている。そうであるならば、施工状況把握チェックシートを施工者が自主的に活用するなどの方策を考えてみてはいかがだろうか。高品質のコンクリート構造物が、

【 施 工 状 況 把 握 チ ェ ッ ク シ ー ト (コ ン ク リ ー ト 打 設 時) 】

事務所名	山口土木建築事務所			工事名	〇〇県道 道路改良工事		工区	1	
構造物名	〇〇橋 A1橋台			部位	たて壁		リフト	2	
請負者	〇〇建設(株)			確認者	〇〇技師				
配合	27-8-20BB			確認日時	2006/5/25(木) 7:30~12:00				
打込み開始時刻	予定	8:00	実績	9:10	打設開始時気温	22.0℃	天候	曇のち晴	
打込み終了時刻	予定	12:00	実績	13:30	打設量(m ³)	100	リフト高(m)	3.0	
施工段階	チェック項目							記述	確認
準備	運搬装置・打込み装置は汚れていないか。							—	○
	型枠面は湿らせているか。							—	○
	型枠内部に、木屑や結束線等の異物はないか。							—	※1
	かぶり内に結束線はないか。							—	○
	既コンクリート表面のレイタンス等は取り除き、ぬらしているか。							—	○
	コンクリート打設作業人員に余裕を持たせているか。							5人	○
	バイブレータの予備を準備しているか。							4台中1台	○
	発電機のトラブルがないよう、事前にチェックをしたか。							—	○
運搬	練混ぜはじめてから打ち終わるまでの時間は適切か。							50分	○
打込み	ポンプや潤滑性を確保するため、先送りモルタルの圧送等の処置を施したか。							—	○
	鉄筋や型枠は乱れていないか。							—	○
	垂直かつ打込み位置近くに打設し、横移動させていないか。							—	○
	一区画内のコンクリートは、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込んでいるか。							—	○
	一層の高さは、40~50cm以下か。							50cm	○
	2層以上に分けて打ち込む場合は、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。							約1.8m	※2
締め固め	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。							—	○
	バイブレーターを下層のコンクリートに10cm程度挿入しているか。							—	○
	バイブレーターは鉛直に挿入し、挿入間隔は50cm以下か。							—	○
	締め固め作業中に、振動機を鉄筋等に接触させていないか。							—	○
	バイブレーターでコンクリートを横移動させていないか。							—	○
養生	バイブレータは、穴が残らないように徐々に引き抜いているか。							—	○
	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湿潤状態に保っているか。							—	○
	湿潤状態を保つ期間は適切か。							10日間	○
要改善事項等	型枠および支保工の取外しは、コンクリートが必要な強度に達した後であるか。							—	○
	※1 型枠内部に結束線(3本)が落ちていたため、打設前に取り除かせた。 ※2 排出口から打込み面までの高さが、明らかに1.5m以上であるため、口答で改善指示した。 上記※1、※2についての改善と、次回打設時も施工状況把握を行うことを、工事打合せ簿にて指示する。								

養生については、後日記入をする。

図-2 施工状況把握チェックシート

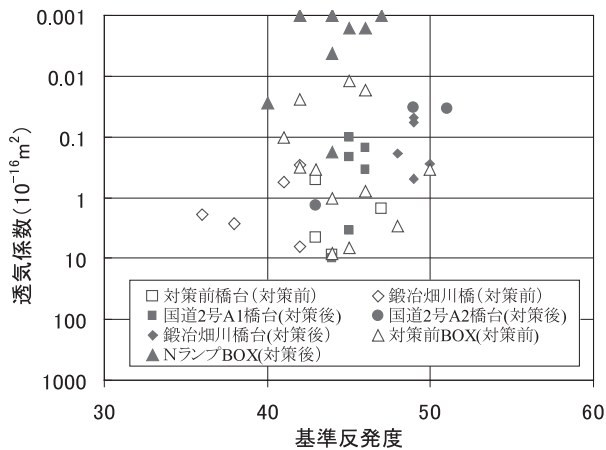


図-3 山口県の構造物の表層品質

人の生活を支えるために構築されることを願う。

山口県のひび割れ抑制システムにおいて、「施工の基本事項の遵守」が肝の一つであったことから、構造物の表層品質の向上も同時に達成されていると考え、実構造物の調査を行った¹⁾。ひび割れ抑制システムの施行の前後で、テストハンマーによる基準反発度に大きな違いは見られなかったが、トレント試験による透気係数は大幅に低下し、表層品質の向上が確認された(図-3)。ひび割れが抑制された構造物では、表層品質も向上していることが分かり、ひび割れを抑制することの意義が明確になったと考えている。

また、山口県で膨張コンクリートを用いた橋台において、3次元FEMによる温度ひび割れ指数が同程度の2つの橋台で、双方で膨張材が用いられたが、最大ひび割れ幅に0.35mmと0.15mmと大きな違いが見られた事例があった。鉄筋比はともに0.19%であった。筆者らが開発した表面吸水試験²⁾³⁾で表層品質を調査した結果、0.15mmの橋台の方が表層品質が良いという結果を得た。膨張材の効果を適切に発揮させるために施工の影響が大きいことを示唆する例であると考えている。

さらに、打設管理記録のデータベースを活用して、土木学会の「コンクリート構造物の耐久設計指針(案)」により計算した耐久性ポイントの和と、表面吸水試験による表層品質に相関があることを見出しており、施

工の各種要因が表層品質に与える影響の分析ができる可能性に手ごたえを感じている。上記の膨張材を用いた2つの橋台の表層品質の差異の原因も分析を進めており、近く論文で公表する予定である。

4. ひび割れ抑制システムから 品質確保指針へ

山口県のひび割れ抑制システムには様々な魅力があるが、一つの欠点は、「ひび割れ」を対象としていることである。ひび割れの発生しない構造物は対象とならない。しかし、すでに述べたように、このシステムは本質を捉えた取組みであるため、ぜひとも上部構造物へも展開してほしい、という希望を筆者は以前から持っていた。

平成23年度からJCIに設立された「データベースを核としたコンクリート構造物の品質確保に関する研究委員会」(委員長:田村隆弘教授 徳山工業高等専門学校, 幹事長:細田 暁)にて、山口県のひび割れ抑制システムの分析、高度化の議論を深度化している。ひび割れ抑制システムが、結果的には総合的な品質向上施策であったことを踏まえ、山口県では、2012年8月に従来の「ひび割れ抑制対策資料」から「コンクリート構造物の品質確保指針2012年版」へ移行する予定で、活発な議論が重ねられている。この指針においては、橋梁の上部構造物も品質確保の対象となる。また、実構造物から得られる様々な知見が、土木学会のコンクリート標準示方書の改訂に反映されるべきと考えており、現在の改訂作業においても活発に議論がなされている。

5. 今後の展開

山口県のひび割れ抑制システムは今後も発展を続けるであろう。特に、上部構造物へとシステムが展開されていくので、データの蓄積と協働での研究により、さらに多くの有用な知見が得られるであろう。

他の自治体、事業者への展開も準備を進めており、各地域でデータが取得・蓄積・分析されると、わが国のコンクリート工学の技術の進展に大きく寄与するこ

とが期待される。

構造物の建設時のデータ（母子手帳）から供用時の点検、補修のデータまでを網羅的に含む、真のカルテの構築につながるよう、組織的に活動を展開していきたい。

皆が本質を見るようになり、生き生きと仕事をする社会になることを願っている。

【参考文献】

1) 吉田早智子, 細田 暁, 林 和彦, 内田晃一: 表

面吸水試験および透気試験による山口県の構造物の表層品質評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.1823-1828, 2011

2) 林 和彦, 細田 暁: コンクリート実構造物に適用できる表面吸水試験方法の開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.1769-1774, 2011

3) 林 和彦, 細田 暁, Usman AKMAL, 藤原麻希子: コンクリートの表面吸水試験における計測方法およびデータ処理方法の提案, コンクリート工学年次論文集, 投稿中