http : //www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a18000/index/

自治体の取り組み

コンクリートひび割れ抑制の取り組み

山口県土木建築部技術管理課

1. はじめに

コンクリートは社会資本の主要な材料として使用され，半永久的な耐久性を有するものとして扱われてきたが，阪神大震災での高架橋の倒壊や新幹線トンネルのコンクリート片落下事故などにより，その耐久性に疑問が投げかけられるようになった。現在では，ひび割れに代表される初期欠陥が，コンクリート構造物の寿命に大きく影響することが判明し，各発注機関において，ひび割れに関する調査が強化され，また水セメント比の制限が導入された。

一方，県内の建設業界から，「一旦ひび割れが生じると調査や補修に多くの時間や労力が必要になる。発注機関としても抑制対策に取り組んでほしい。」との強い要望が出され，県として品質確保の観点から「コンクリートひび割れ抑制対策」の策定に着手した。

2. 背　景

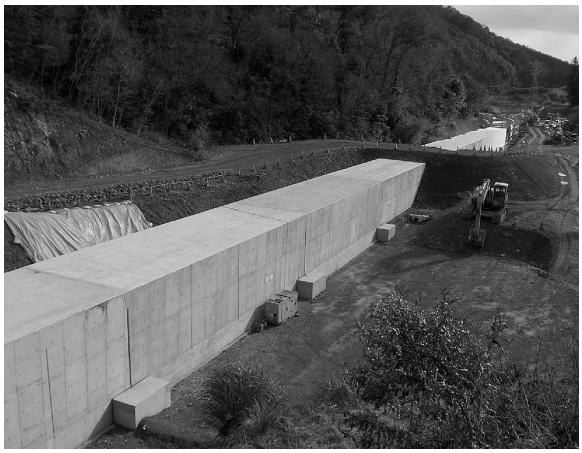
これまでの本県の状況を見ると，ひび割れの原因は，締固め不足や表面仕上げ不足などといった施工不良に限定される場合は少なく，水和熱や乾燥収縮が影響していると推定される場合が多い。水和熱による温度ひび割れや乾燥収縮によるひび割れは，コンクリートがもつ発熱や収縮という性質が主な原因であり，工事請負者からは，施工の努力だけでは抑制は難しく，設計や材料による対策が必要であると指摘されるようになった。

これまでも，特にマッシブな構造物で，有害なひび割れの発生が予測されるものについては，事前に数値解析を行い，低熱セメント等による抑制対策を検討し，実施した事例もあるが，県内で数多く施工している一般的なサイズの橋台，橋脚やボックスカルバートなどについては，材料変更による抑制対策検討は行わず，ひび割れが発生した後に，発生原因の推定や補修の要否や補修方法について，個別の判定を行うという対応に留まっていた。

実際の構造物ではさまざまな要因が複合してひび割れが発生しており，原因を施工不良によるものと，それ以外のものに分別することが難しく，工事請負者と発注者の双方が十分に納得できる結論に至らない場合が多い。その場合，ひび割れ原因を検討した資料は，その後の施工に有効な資料にならない。工事請負者と発注者の見解が相違したままで，抑制対策の取り組みが進まなかった。

3. 試験施工への着手

このような状況を改善するため，設計時や工事発注前の時点でひび割れ抑制対策を検討すること



写真－１　試験施工対象としたボックスカルバート

写真－２　試験施工対象とした橋台の一例

を目的とし，平成17年度に実構造物でさまざまな対策を実施する試験施工に着手した。

目的は，次の３点である。

①　ひび割れ発生要因の把握

②　各抑制対策の有効性・施工性・経済性の確認

③　数値解析による予測値の精度の確認

なお，現場での施工は，施工者や材料提供者（産）と発注者（官）の連携によるものであるが，これと並行して，山口県が平成10年度から行っている県内の大学・高専等との「官学共同研究」として，徳山高等工業専門学校の田村教授と研究を進め，産学官での取り組みとした。

平成17年度は，橋台，橋脚，ボックスカルバートの施工段階におけるひび割れの主な要因は，施工の不具合による初期欠陥を除いて『セメントの水和熱に起因する温度ひび割れ』であることを特定し，有効と考えられる対策方法の立案を行い，橋台（７基），橋脚（９基），ボックスカルバート（31ブロック）について実施した。

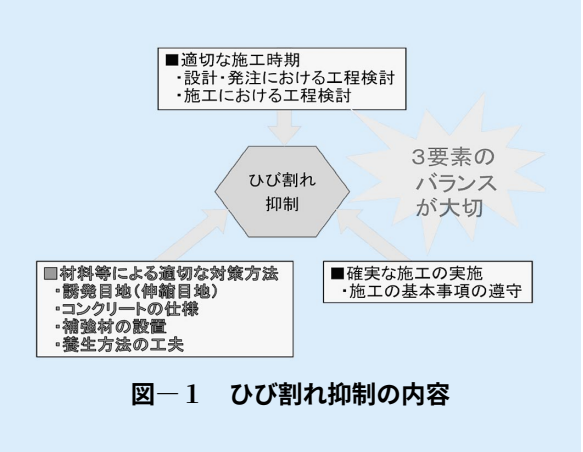
平成18年度は，平成17年度の結果からさらに対策工を絞り，フィールドを広げ土木建築部と農林水産部の橋台（17基），ボックスカルバート（６ブロック）で実施した。

これまで，同一地域の実構造物で，多数の対策工を比較したデータがなかっただけに，この試験施工で得られたデータは，適切なひび割れ抑制方法を選定する上で有用なものである。また，試験施工では，コンクリート打設時の管理のあり方や，今後，さまざまな構造・形状に対するひび割れ抑制を検証していくためにもデータの蓄積が不可欠であることも確認できた。

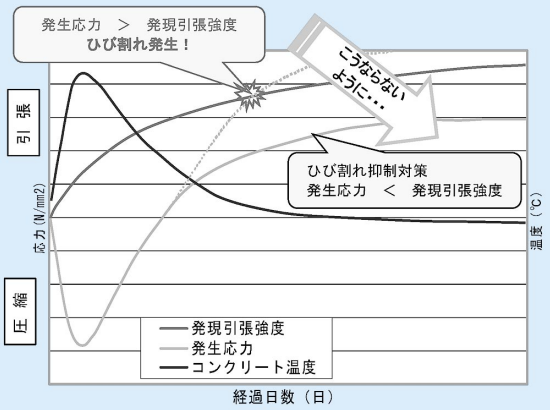
4. ひび割れ発生要因

コンクリート構造物に発生するひび割れの原因は，種々の要因が複合的に影響するのが一般的であるが，これまでのひび割れ調査記録等から，橋台，橋脚，ボックスカルバート等に施工段階で発生するひび割れのほとんどが，施工の不具合による初期欠陥を除いて『セメントの水和熱に起因する温度ひび割れ』である。

この温度ひび割れの抑制対策として，数多く施工されている一般的なサイズの構造物を前提とした場合の，費用対効果の大きい主な項目を**図－１**に，**図－２**に「コンクリートの温度・発現引張強度・発生応力度とひび割れ発生の概念図」を示す。



図－１　ひび割れ抑制の内容



図－2　コンクリートの温度・発現引張強度・発生応力度とひび割れ発生の概念図

なお，“ ひび割れ抑制 ” とは，ひび割れを皆無にすることではなく，費用対効果や施工性を加味した上で，有害なひび割れの発生を抑えることを意味する。

5. ひび割れ抑制対策

試験施工および試行施工の結果をもとに，平成19年度から「コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料」を定め，運用を開始している。

⑴　打設時期による抑制

コンクリート打設を行う全構造物を対象とし，マスコンクリートは十分に留意する必要がある。

打設後の水和熱による温度ひび割れは，打設時の気温に大きく影響を受けるため，工事発注に当たり，コンクリートの打設時期を重視した工程計画を策定し，発注時期や工期を調整する。

⑵　材料による抑制

試験施工結果より現段階で有効と考えられる，材料等による抑制対策の方針を**表－1**に示す。今後も，実構造物での効果の検証を進め，引き続き検証を並行して進める。

①　誘発目地

ボックスカルバート側壁は，標準的に使用する。橋台たて壁では，橋台の一体性に悪影響を及ぼすことを避けるため，原則として使用しない。

②　補強鉄筋

橋台たて壁・胸壁に発生するひび割れは，その形状から外部拘束によるひび割れに分類され，拘束体はフーチングあるいは既設（直下）のリフトである。この外部拘束にひび割れを制御するために**図－3**に示すような補強鉄筋の配置を推奨する。ガラス繊維も同様に抑制効果が高く，鉄筋量を増やすことが合理的でない場合（壁厚が薄い場合等）には，抑制対策としてガラス繊維を実施することもある。

③　養生方法の工夫

ブルーシートによる日除け・風除けを行うことで養生の効果が高まるので，保温性・保水性に優れた養生シートの採用を推奨する。

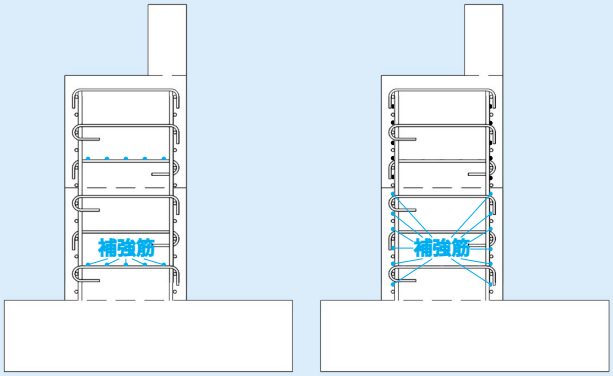
⑶　施工の基本事項の遵守

施工者は，基本事項の遵守により，初期欠陥の発生を減少させることで，施工に由来するひび割れの顕在化を図る。

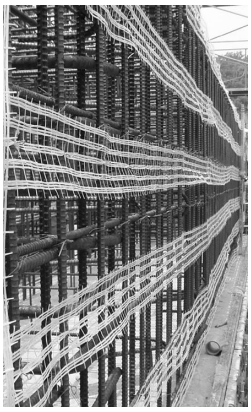
発注者は，**図－4**に示す「施工状況把握チェックシート（コンクリート打設時）」の活用により，工事監督を充実し，打設時立会を質的かつ量

表－1　材料等による有効な抑制対策一覧

構造物（部位）	抑制対策	備　考
ボックスカルバート	誘発目地の設置	打設温度が低い時期：5.0m 程度
		その他の時期　　：3.5m 程度
橋台胸壁	補強鉄筋の追加	鉄筋比0.5%程度
	膨張材の使用	補強鉄筋の配置が困難な場合
橋台たて壁	補強鉄筋の追加	鉄筋比0.3%程度
全構造物	養生方法の工夫実施	



図－３　補強鉄筋の例



写真－３　ガラス繊維設置状況

【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	○○県道 道路改良工事		工区	1
構造物名	○○橋　A１橋台				部位	たて壁		リフト	2
請負者	○○建設(株)				確認者	○○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	○
	バイブレーター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ち込んでいるか。	—	○
	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
	表面にブリーテ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。	—	○
締固め	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。	—	○
	バイブレーターは，穴が残らないように徐々に引き抜いているか。	—	○
養生	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	○
	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。	—	○
要改善事項等	※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。		

図－４　施工状況把握チェックシート（記入例）

的に増強する。平成19年度分のチェックシートの集計（合計280リフトに対する割合）では，

① 振動機を鉄筋に接触させていないか 11%

② バイブレーターは鉛直に挿入し，挿入間隔は50cm 以下か 8 %

③ 一層の高さは40～50cm 以下か 8 %

などの項目が，不十分であることがわかった。この結果をもとに，さらに基本事項の遵守を促していく。

また，施工に携わる技術者のレベル向上のため，技術講習会の開催とともに，それを補完するインターネット技術を利用した「e-learning システム」を，山口大学の中村教授との官学共同研究で開発中である。

主なコンテンツは，施工状況把握チェックシートをもとにした，現場での動画，静止画，説明図である。**図－5** に例を示す。これを利用して，時間，場所，経費等の制約を受けない学習で，正しい施工管理の知識や標準的な技術力を身につけることが目標である。

図－5 e-learning システム 動画コンテンツの例

⑷ コンクリート打設管理記録の活用

客観的な参考資料として活用できるよう，温度履歴やひび割れの情報を統一様式に記録する。蓄積・整理したデータは公表し，抑制対策見直しの資料としても活用する。

⑸ ひび割れの観察・調査

調査対象となる判断基準や調査頻度，また，補修を必要とする判断基準を設定し，ひび割れに関する工事成績評定の運用との関連も明確化した。

6. おわりに

平成18年度から，試験施工結果報告，説明会，技術講習会を開催してきた。毎回500人規模の参加者がある。これは，コンクリートのひび割れへの関心が，工事施工者，材料供給者，設計者など各分野に共通して，非常に高いことを示している。

また，試験施工のデータを資料集としてまとめ，講習会の共催者などの関係団体を通じて，広く情報提供し，質問や助言を受け付けたところ，県外からも質問等をいただき，反響の大きさに驚いている。

一方，本来の目的ではなかったが，試験施工による高い研修効果が認められた。工事を施工した建設会社の職員も，発注者である県の職員も，問題意識を持って携わることで，多くの知識を習得することができた。副産物とも言えるこの効果も，今後十分に活用していきたい。

山口県土木建築部技術管理課 HP
http : //www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a18000/index/
（掲載内容）

1. コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料
2. コンクリート構造物ひび割れ抑制対策記録シート
3. コンクリートひび割れ抑制対策に関する質問回答集
4. 技術講習会資料