

コンクリート構造物の品質・耐久性確保と 生産性向上へのチャレンジ

横浜国立大学 細田 暁

2018年9月28日
コンクリート サミット in 高知

本日の講演の構成

- (1) 山口システムの功績
(2018. 3. 2の土木学会での技術賞 I グループの
プレゼンファイルを用いて)
- (2) 今一度、
細田の視点による山口システムの本質
- (3)-1 沖縄における協働での品質・耐久性確保
- (3)-2 ひび割れマネジメント
- (3)-3 様々な問題のマネジメントに向けて

土木学会技術賞 I グループ プレゼン

2018年3月2日に
土木学会講堂にてプレゼン
(山口システムの図のみ差し替え)

山口県による ひび割れ抑制・品質確保システムの 構築と展開



山口県
田村 隆弘 (徳山高専)
二宮 純 (徳山高専)
中村 秀明 (山口大学)
○細田 暁 (横浜国立大学)

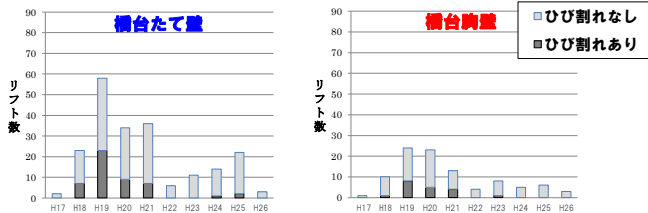
山口県によるひび割れ抑制・品質確保システムの構築と展開

業績の骨子

- ・山口県において、コンクリート構造物の**施工時に発生するひび割れの責任の所在、調査・補修・検査**等について、受発注者間の対立が深刻化していた。平成17年度からの実構造物群での試行工事により、産官学の協働によるひび割れ抑制システムの道が拓け、平成19年度から正式運用開始。
- ・**ひび割れ抑制に成功**。品質全体の向上も確認。平成26年度に品質確保システムへ拡張。
- ・山口県の開発した「**施工状況把握チェックシート**」により施工時の不具合を減少させる手法を、**東北の復興道路のコンクリート構造物の品質・耐久性確保システム**の構築に活用した。
- ・山口県発のひび割れ抑制、品質確保システムが、東北地整、群馬県に展開され、全国に展開する土台を構築した。

独自のひび割れ抑制システムの構築

- ・ 施工の影響を受けやすいコンクリートに対して、「**施工の基本事項の遵守**」が達成される仕組みを構築。
- ・ 丁寧な施工がなされた構造物の**施工記録をデータベース化**し、新たな構造物の設計・施工に活用できる仕組みを構築。
- ・ 結果として、構造物群のひび割れは抑制され、品質の向上も定量的に確認され、不要なひび割れ調査・補修・協議等も削減され、**生産性向上にも寄与**。



長さ25mの橋台を誘発目地なしで、ひび割れ抑制に成功



施工の基本事項の遵守と、衝撃のA4シート

項目	内容	確認方法	確認結果
1	コンクリート標準示方書[施工編]に示される基本事項から28項目を抽出し、現場での使いやすさに配慮してA4版用紙1枚に収めた。	チェックシート	28項目中、25項目が遵守されている。
2	チェックシートはHPで公表。施工者も着目点を共有することで、足場・パイプレタをはじめとする仮設器材の適切な準備、作業打合せの充実など、段取りの向上が図られる。	チェックシート	28項目中、25項目が遵守されている。
3	東北復興道路等、全国で活用・応用されることとなった。平成29年度には、全国の地整で試行工事が行われた。	チェックシート	28項目中、25項目が遵守されている。

- ✓発注者がコンクリート打込みに臨場して、チェックシートを用いて施工状況把握を行うために開発。
- ✓チェックシートは、コンクリート標準示方書[施工編]に示される施工の基本事項から28項目を抽出し、現場での使いやすさに配慮してA4版用紙1枚に収めた。
- ✓チェックシートはHPで公表。施工者も着目点を共有することで、足場・パイプレタをはじめとする仮設器材の適切な準備、作業打合せの充実など、段取りの向上が図られる。
- ✓東北復興道路等、全国で活用・応用されることとなった。平成29年度には、全国の地整で試行工事が行われた。



適切な段取り

パイプレタ挿入の位置に目印

作業のしやすさに配慮した足場板

ひび割れの無い、表層品質の極めて高い構造物が建設され、品質確保の研修にも活用（良質のインフラは人も育てる）

模範的構造物の事例（平成26年建設）



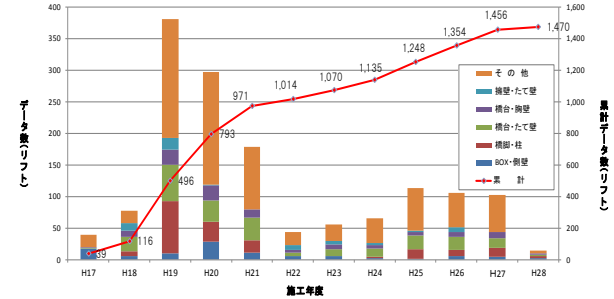
コンクリート施工記録のデータベースの構築と活用

- 丁寧な施工がなされた構造物の**施工記録をデータベース化**
- データベースを活用した、設計、施工、規準類の策定・改訂
- 確度が高く、簡便なひび割れ抑制設計法の実現**



システム構成の図は、
2018年度にアップデート
(池村・森岡ら)

【コンクリート施工記録累計データ数(平成29年3月現在)】

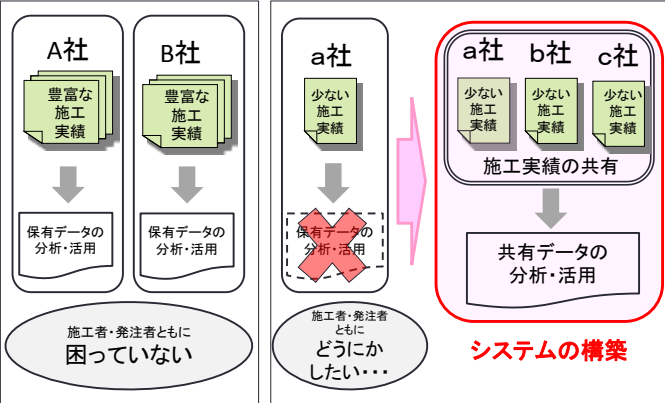


	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	合計
BOX・側壁	17	5	10	28	11	5	5	2	1	6	4	2	96
擁壁・柱	0	8	82	32	19	0	0	2	15	9	15	3	185
橋脚・たて壁	2	23	58	34	36	6	11	14	22	21	15	3	245
橋脚・側壁	1	10	24	23	13	4	8	5	6	8	10	2	114
擁壁・たて壁	0	12	18	1	0	8	5	3	2	7	0	0	56
その他	19	19	188	179	99	20	27	39	67	55	58	4	774
計	39	77	380	297	178	43	56	65	113	106	102	14	1,470
累計	39	116	496	793	971	1,014	1,070	1,135	1,248	1,354	1,456	1,470	

地方自治体におけるデータベースの意義

施工実績が豊富な建設会社

施工実績が少ない建設会社



東北の復興道路への展開

平成25年度から、施工状況把握チェックシートと目視評価法を活用した試行工事を開始

目視評価による品質向上(東北地整)

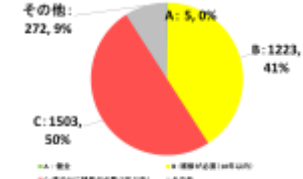
- 均質性、密実性、一体性の向上
- 養生の必要性による養生の向上
- 足場の作業時間発生抑制による作業効率向上
- 品質向上による品質向上

•適切な段取り、脱型後の目視評価によるPDCAで品質向上を達成

•追加養生による緻密化と非破壊試験による評価システムを先駆的に導入

東北復興道路関連構造物の品質確保・耐久性確保の土台を整備

橋梁上部工の品質確保・耐久性確保



“多対多” 対策によるRC床版の高耐久化 (岩城・石田・田中)



品質確保・耐久性確保の手引きの制定
2014.3 プレキャストPC中空床版橋編
2016.2 プレキャストT桁編
2016.10 RC床版の高耐久化編をSIPのHPに公表



凍結抑制剤による塩害
RC床版の土砂化 (ASR, 凍害, 疲労の複合劣化)

産官学の協働による東北版の規準類の整備

- ① **コンクリート構造物の品質確保の手引き(案)(橋脚、橋台、函渠、擁壁編)**
2015年12月通知 (東北地方整備局)
・施工状況把握チェックシート、目視評価法を活用した施工の基本事項の遵守
・追加養生と表層品質の評価
- ② **コンクリート構造物の品質確保の手引き(案)(トンネル覆工コンクリート編)**
2016年5月通知 (東北地方整備局)
・施工状況把握チェックシート、目視評価法を活用した施工の基本事項の遵守
・施工目地の不具合の防止対策
・追加養生と表層品質の評価
- ③ **凍結抑制剤散布下におけるRC床版の耐久性確保の手引き(案)**
2016年10月26日版 SIPのHPで公表、南三陸国道事務所の試行工事で適用
- ④ **ひび割れ抑制のための参考資料(案)(橋脚、橋台、函渠、擁壁編)**
2017年2月通知 (東北地方整備局) (土木学会H28重点研究課題委員会と連携)
- ⑤ **東北地方における凍害対策に関する参考資料(案)**
2017年3月通知 (東北地方整備局) (土木学会H28重点研究課題委員会と連携)

群馬県への展開

新設構造物(特に橋台、BOX)において試行対象現場を選定

<試行現場>

構造物種別

箇所数	内訳					
	BOX	橋梁下部工	橋梁上部工	擁壁工	シェッド下部工	トンネル覆工
H27	23	4	12	5	2	—
H28	62	12	40	6	2	1
H29	18	7	9	1	—	1
計	85	23	61	12	4	2

<H28試行取組状況>



座学の状況一例

現場での取組み状況一例

<試行現場位置>



県内全域で実施

<H27試行現場一例>



U型擁壁

<現場での取組状況一例>



現場での試行状況

<H29試行取組状況>



供試体による実験

全国の地方整備局等への展開

- ・平成29年7月の国土交通省本省からの通知により、選考対象者らが開発した「**施工状況把握チェックシート**」と「**目視評価法**」を活用した品質確保の試行工事が、全地方整備局・北海道開発局・内閣府沖縄総合事務局で橋梁下部工とトンネル覆工コンクリートについて実施されている。



沖縄総合事務局南部国道事務所での橋脚の品質確保の試行

選考対象者の役割

(1) 山口県

H17年度以来の山口システムの構築、改善。各地域のシステム構築の指導。

(2) 田村 隆弘(徳山工業高等専門学校 教授)

山口システムの構築、改善。H28年度土木学会重点研究課題(コンクリート構造物の品質・耐久性確保マネジメント研究小委員会)委員長として、東北システム構築へ貢献。

(3) 二宮 純(徳山工業高等専門学校 客員教授)

山口システムの構築、改善を主導。東北システム、群馬システム構築へ貢献。

(4) 中村 秀明(山口大学 教授)

山口県のデータベースシステムの構築、改善を主導。

(5) 細田 暁(横浜国立大学 准教授)

山口システムの改善、東北システム構築の主導、群馬システム構築へ貢献。
H28年度土木学会重点研究課題委員会の幹事長。

まとめ

- 山口県の構築したひび割れ抑制・品質確保システムにより、コンクリート構造物のひび割れが抑制され、品質が向上し、産官学の技術者の技術力が向上した。
- 山口県発の品質確保の哲学、手法が東北の復興道路の品質・耐久性確保に展開された。土木学会と協働して、品質・耐久性確保のための規準類を整備した。
- 同様の品質確保の取組みが、群馬県においても産官学の協働により行われ、3年間の試行を経て、平成30年度からシステムとして運用を開始する。
- 東北地方整備局で整備した規準類を参考に、全国の地方整備局で平成29年度に品質確保の試行工事が行われた。

今一度、細田の視点による山口システムの本質

(1) 困難なひび割れ問題マネジメントにおける成功

- 極めて多様なファクター
- かつ、それぞれのファクターの影響が大きい
- 関わるプレイヤーの多さ
- 木を見て森を見ない国民性

(2) One for all, all for one

(「あなたにしかできないことがある」)
の模索、実現、探求

(3) 様々な問題に対する「マネジメント」への チャレンジの“Encouragement”

One for all, all for one (「あなたにしかできないことがある」)の 模索、実現、探求

- 本日は、沖縄での品質確保の試行工事の状況を通じて、「協働」の具体的なあり方を紹介します。

沖縄での試行工事の状況

- 2018年7月23日(月)の午後2～5時に、沖縄総合事務局(内閣府)にて、36名出席の意見交換会が開かれました。350委員の富山先生のコーディネートで、沖縄総合事務局からは12名(技術企画官、総括技術検査指導官、品質確保対策室長、南部国道事務所の出張所長、與儀(よぎ)建設監督官、等々)です。與儀さんが試行現場の監督官で、大変に熱心な方でした。
- 沖縄県土木建築部からは、350委員の砂川さん(道路管理課の班長)、これから試行の始まる海上橋の泡瀬連絡橋の担当の下地主幹、小島主任技師等々、10名でした。
- 沖縄県の建設技術センターや、H29年度の試行工事を担当した牧港建設、等も参加、発表し、大変充実した意見交換会になったことと思います。
- H29年度に、與儀さんの現場(橋脚2基)で品質確保の試行工事が行われた。7月24日(火)に皆で視察、品質調査もしましたが、大変に素晴らしい品質で、リフトごとの改善の結果もしっかりとみられ、誠実に取り組まれた様子がよく分かりました。
- 本番の打設の前に、與儀監督官のアイデアで、簡易な資材を用いての打設実験も行っており、それを踏まえた打設要領を独自に設定していました。

沖縄での試行工事の状況

- H30年度も別の現場で試行を続けており、7月24日はその打込みの現場に行きました。橋脚2基で試行されており、フーチングから柱へ向けて確実に品質が改善されている様子、押し付けではなく協働の雰囲気の中で対話が重ねられながら改善されている様子がよく分かりました。
- 沖縄はコンクリートのワーカビリティが良いようです。昨日、現場を見てそう思いました(単位水量が少ないコンクリートに見える)し、風間さんにもいろいろと教えていただきました。沖縄ほぼ全域で化学混和剤が切り替わったそうです。風間さんによると、従来のAE減水剤では、フライアッシュ配合等に対応していくのがやや難しいため、高機能タイプのAE減水剤に切り替えようと提案したそうです。コストアップで反対する人もいたのですが、高機能タイプは2倍に濃縮して運送されるため、従来のAE減水剤よりも輸送費が大幅に低減され、結果的に材料費はコストダウンになったそうです。単位水量が切れる配合であり、しかもスランプも12cmになったので、施工のレベルが少し上がるだけで抜群の表面状態になる構造物が多く生まれそうです。まさに、混和材料をうまく活用した品質確保、と言えるのではないのでしょうか。
- 南部国道事務所では、品質確保の試行を全面展開するようです。

沖縄でのフライアッシュの有効利用の状況

次に、沖縄県の状況ですが、

- フライアッシュコンクリートの配合・施工の指針(案)が2017年12月に発刊され、その内容を30分、県から発表いただきました。県では、すべてのRC構造物にフライアッシュコンクリートを適用していくつもりようで、内・外割併用(最大で100kg/m³)のフライアッシュコンクリートが本命のようです。内割、内・外割併用、PC上部工の外割(細骨材置換)等々、実用的なメニューを取り揃えた指針になっており、実構造物での適用例も着々と進んでいました。
- 品質確保の試行も、2018年度から始まり、海上橋の泡瀬連絡橋では、今年度7基の橋脚で試行工事です。この現場は、フーチング、橋台、橋脚、上部工、すべてにフライアッシュが使われます。エポキシ樹脂塗装鉄筋です。高耐久と高品質の組み合わせの素晴らしい橋梁になることを期待しております。元々、コンクリートのワーカビリティが良い上にフライアッシュが使われ、さらに品質確保も実践される現場にならうかと思えます。この現場も7月24日の午後に視察してきました。





技術講習会（第12回）～コンクリートの品質確保～ 混和剤が変えるコンクリートの未来

筒井 達也
国際企業株式会社/コンクリートよろず研究会/350委員会
2018.9.18

資料提供：BASFジャパン株式会社

山口方式を受けて 品質確保に向けて今できること



リアルな生コン打設現場の理解

実態

- ・コンクリートの多機能化に伴う混和剤の多様化が進むが工場の設備能力は現存のまま
- ・需要に対する供給能力(設備)にギャップが生じ現場に負担がかかっている
- ・コスト・スケジュール管理・人材不足に加えて配合複雑化による負担で現場に余裕がない

問題点

- ・生産者側の問題点(現場)・効率・スピード重視、厳しいコスト管理への対応
- ・打設が速く終わるワーカブルなコンクリートが好まれる傾向
- ・コンクリートの耐久性に対しての中長期ビジョンが現場に根付いていない
- ・品質目線での打設に向けた参加型議論・情報発信が必要

講習会テキスト

あなたが引き出すコンクリートの底力

コンクリート用混和剤(材)の選び方・使い方

全国各地からオーダー
全850冊完売!

第1章 コンクリートの配合設計と混和材料の関係
第2章 混和材料の選び方
第3章 混和剤の歴史、性能及び使い方
第4章 混和材の歴史、性能及び使い方
第5章 混和材料 Q&A
第6章 混和材料に関する研究成果
・早期交通開放型ポーラスコンクリート舗装に関する研究
・凝結遅延剤を用いた凝結制御コンクリートに関する研究
・増粘剤一液タイプ高性能AE減水剤を使用したコンクリートの応用的研究

付 録
①コンクリート用混和材料に関するアンケート調査結果から見る
認知度、使用実績、今後の混和材料への期待
②混和材料商品一覧
③混和材料メーカー問い合わせ先一覧

20180525
コンクリートよろず研究会

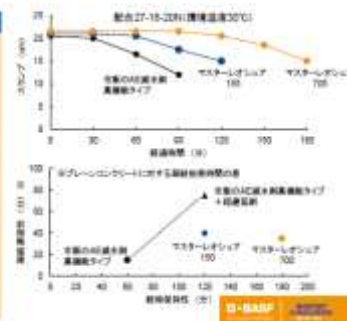
コンクリート用化学混和剤のトレンド

- | | | |
|-------------------------------|---|--|
| ① 硬化促進剤 | → | 早く固まるコンクリートへの新コンセプト |
| ② ビーズ | → | コンクリート空気泡に代わる新たな提案 |
| ③ 低粘性型混和剤
(AE減水剤、高性能AE減水剤) | → | ポンプ圧送・打込み・締固め・仕上げを更に容易に |
| ④ スランプ超保持混和剤
(AE減水剤) | → | 混和剤に追加・強化項目の最重要ニーズ |
| ⑤ 増粘剤含有混和剤
(高性能AE減水剤、流動化剤) | → | 普通コンクリートでのスランプフロー配合規格化
→ JIS A 5308標準化のポイント |

トレンド④スランプ超保持混和剤

製品の特長

- 市販のAE減水剤高機能タイプと比較して、スランプ保持性能が飛躍的に向上
- 市販のAE減水剤高機能タイプと比較して、長時間良好なフーカビリティーを確保
- 市販のAE減水剤高機能タイプと比較して、時間経過に伴うコンクリートの粘性の増加を抑制
- 凝結時差が大幅に遅延することなく、長時間スランプを保持
- 運搬時差や青砕し時間を長時間確保
- ポンプ圧送性や施工性が著しく改善でき、特にポンプ圧送後のコンクリートの扱いがより容易に
- 150+150はフライアッシュや高炉スラグ微粉末などを大量に使用したコンクリートのスランプ保持性能が優る



ひび割れマネジメント

- 0.2mm問題
- ひび割れの難しさ、要因の多様さ・複雑さ
- 機械学習の活用(研究中)
- 高耐久床版のひび割れ抑制
- NATMトンネル覆工コンクリートのひび割れ抑制

0.2mm問題

- 2001年の品質確保の通達で、重要構造物について、竣工時に0.2mm以上のひび割れについて調査・記録することとした。
- 施工管理基準の表に0.2mmが掲載された。
- 発注者の引き取り基準に化けた。
- 環境作用も何も考慮せずに、全国一律の補修基準へ大化け。
- ひび割れ＝品質の評価指標になってしまっている。

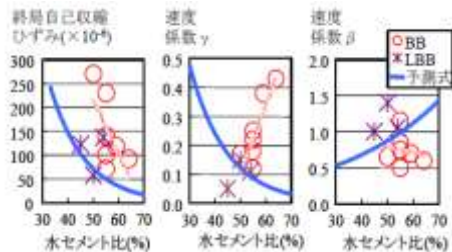
構造－材料の統合問題であるひび割れ

- 全く同じコンクリートを用いても、構造条件によってひび割れの発生、ひび割れ幅は異なる。
- コンクリートの実験室での挙動と構造物内での挙動が異なる。
- 設計で十分に考慮できていない材料特性がある。
- 施工の基本事項が遵守できているかどうかで、コンクリートのひび割れ抵抗性等は大きく異なる。
- 環境（温度、湿度、日射、風等）の影響を受ける。

材料の問題

- 自己収縮（特に高炉セメント）の温度依存性
- 骨材の収縮、骨材の熱膨張係数
- コンクリート強度の温度依存性
（高温の方が、長期的な強度発現に劣る可能性あり）
- 膨張材の効果（適切に使えば極めて効果的。
不適切に、もしくは十分に勉強せずに使えば、効きが悪い、場合によっては逆効果。）

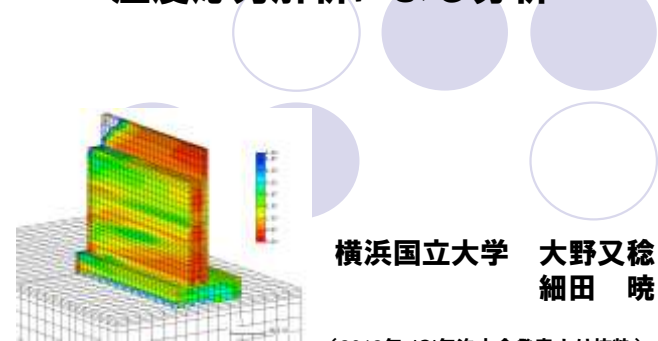
マスコンクリートに生じている自己収縮の実態



マス養生下における高炉セメントB種の自己収縮（大友ら）

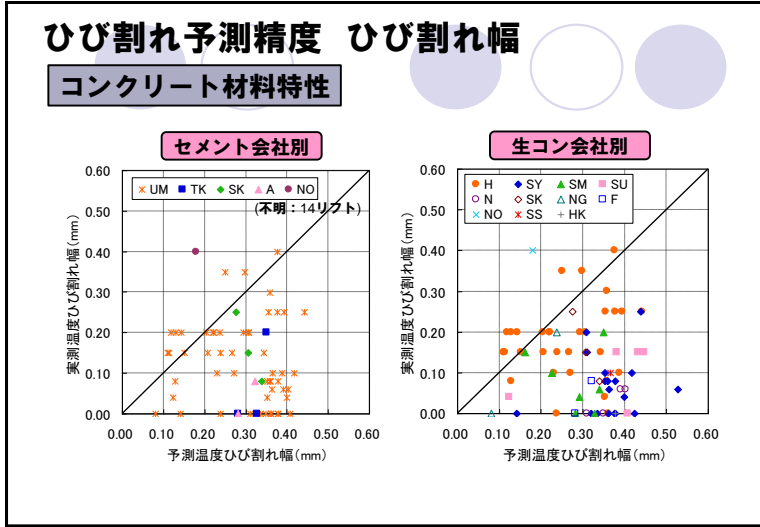
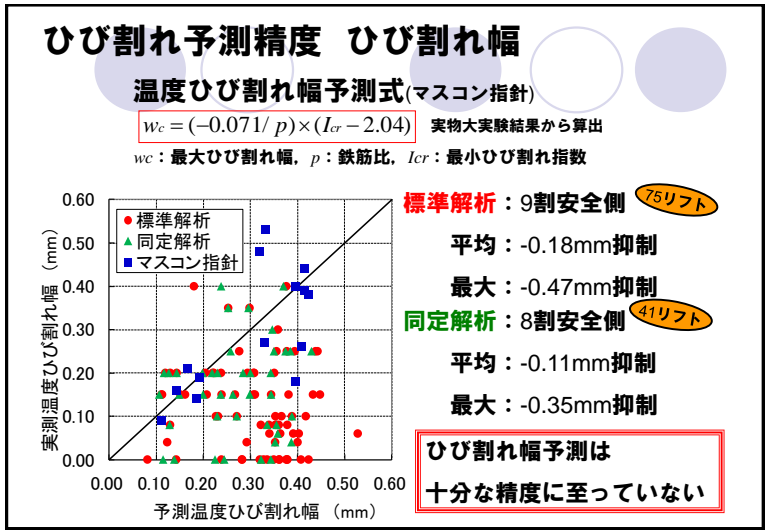
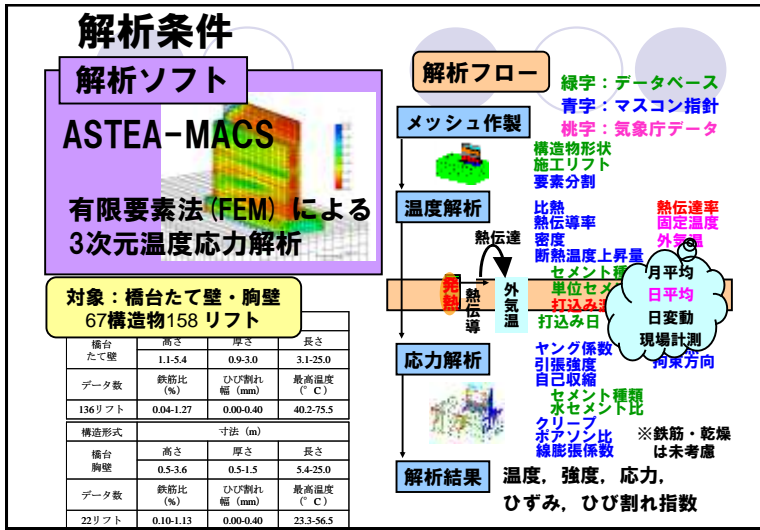
W/C=50～60%のごく一般的なコンクリートにおいて、高炉セメントB種は非常に大きな終局自己収縮ひずみを示した。また、同程度のW/Cにおける自己収縮ひずみの変動が大きい。

山口県の実構造物のデータベースの温度応力解析による分析



横浜国立大学 大野又稔
細田 暁

（2012年 JCI年次大会発表より抜粋）



東北地方整備局 ひび割れ参考資料(案)(橋脚、橋台、函渠、擁壁編)

- 土木学会229委員会(コンクリート構造物の品質・耐久性確保マネジメント研究小委員会)で議論しながら作成。
- 2017年2月に東北地方整備局から通知。

1. 適用の範囲

(1) この参考資料は、東北地方整備局の「コンクリート構造物の品質確保の手引き(案)(橋脚、橋台、函渠、擁壁編)」を用いた品質確保の試行工事に適用されるものである。

(2) この参考資料は、現場打ちコンクリート構造物を対象に、品質確保の一手段として、外部拘束による温度応力を主要因とするひび割れの幅を目標値未満にするための抑制対策を実施する場合に適用する。

東北地方整備局 ひび割れ参考資料(案)(橋脚、橋台、函渠、擁壁編)

2. ひび割れ抑制の考え方

2-1. ひび割れ抑制の目標

- (1) 橋脚、橋台には、目標値以上のひび割れを発生させないことを目指すこととする。
- (2) 函渠においては、ひび割れ誘発目地以外には目標値以上のひび割れを発生させないことを目指すこととする。
- (3) 本参考資料の適用範囲においては、RC 擁壁には、伸縮目地を適切に配置した上で施工の基本事項の遵守を行うこととし、ひび割れ抑制の目標値は設定しないこととする。

2-2. ひび割れ抑制対策の考え方

- (1) ひび割れ抑制対策は、橋脚、橋台、函渠、擁壁のそれぞれに適した方法で実施するものとする。
- (2) 橋脚、橋台には、目標値以上のひび割れを発生させないように適切なひび割れ抑制対策を実施するものとする。
- (3) 函渠においては、目標値以上のひび割れを発生させないように、適切にひび割れ誘発目地を配置するものとする。
- (4) RC 擁壁には、伸縮目地を適切に配置するものとし、それ以外の特別なひび割れ抑制対策は実施しなくてよい。

45

東北地方整備局 ひび割れ参考資料(案)(橋脚、橋台、函渠、擁壁編)

3. 橋脚、橋台のひび割れの照査と抑制対策

3-1. ひび割れの照査

- (1) 橋脚、橋台のひび割れの照査は、既往の実績による評価を用いることを基本とする。
- (2) 既往の実績によりがたい場合は、温度応力解析により照査するものとする。

3-2. 既往の実績に基づくひび割れの照査と抑制対策

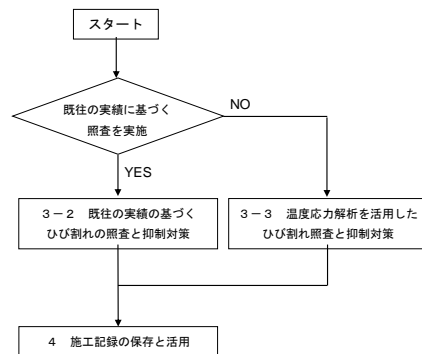
- (1) 既往の実績に基づく照査においては、対象構造物について、十分信頼できる類似構造物の施工記録を用い、ひび割れ幅が目標値未満であることを確認する。
- (2) 照査の結果、ひび割れ幅が目標値以上になる場合は、既往の実績を活用して、適切なひび割れ抑制対策を行うものとする。

3-3. 温度応力解析を活用したひび割れ照査と抑制対策

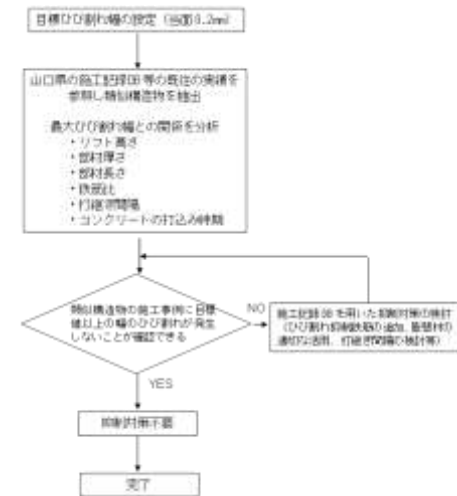
- (1) 温度応力解析は、実際の施工時期や温度条件、コンクリートの発熱特性等を反映して適切に実施するものとする。
- (2) ひび割れの発生の有無の判断は、ひび割れ指数を用いて行う。ひび割れの発生は許容するがひび割れ幅が過大とならないように、当面 1.0 以上のひび割れ指数を目標とする。ひび割れの発生をできるだけ制限したい場合には 1.4 以上を確保することが望ましい。
- (3) 照査の結果、ひび割れ幅が目標値を超えることが懸念される場合には、適切なひび割れ抑制対策を実施するものとする。

46

橋脚、橋台のひび割れの照査と 抑制対策のフロー



山口県の データベース 等を活用した 検討フロー の例



ひび割れ抑制設計の検討例

(二宮純氏の博士論文より引用)

ひび割れ抑制設計の事例

A2橋台(先行)

A1橋台(後続)



[先行] A2橋台
補強鉄筋によるひび割れ抑制対策を計画。H27.4~5月にコンクリート打込み。
⇒たて壁、胸壁に補修基準を上回る最大0.20mmのひび割れ発生。

[後続] A1橋台
たて壁の補強鉄筋比:0.31%を0.41%に見直し。胸壁には膨張材を使用。
⇒たて壁にひび割れが7本発生し、そのうち最大は0.15mmが1本。
⇒胸壁にはひび割れが発生していない。

構造物名		A2橋台		A1橋台	
部位		たて壁	胸壁	たて壁	胸壁
打込み年月		H27.4.22	H27.5.1	H27.11.10	H27.11.16
幅		24.6m		24.8m	
寸法	リフト高	1.49m	1.0m	2.03m	1.0m
	厚さ	1.4m	0.50m	1.4m	0.50m
ひび割れ抑制対策	補強材料	補強鉄筋	補強鉄筋	補強鉄筋	補強鉄筋+膨張材
	対策前	0.13%	0.29%	0.13%	0.29%
	当初対策	0.31%	0.50%	0.31%	0.50%
	見直し対策	—	—	0.41%	0.50%
最大ひび割れ幅		0.20mm	0.20mm	0.15mm	無
ひび割れ本数		2本	7本	7本	0本

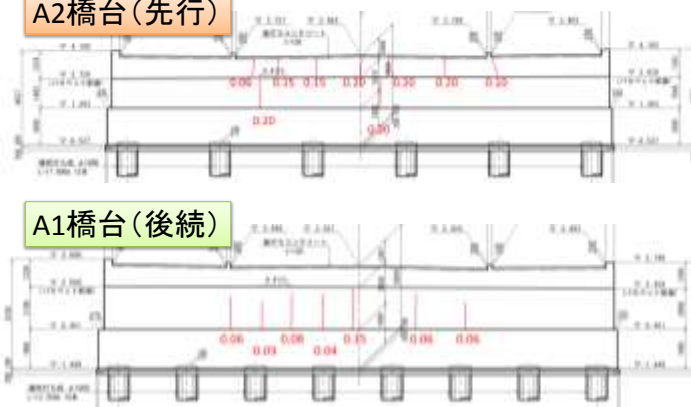
A2橋台(先行) A1橋台(後続)

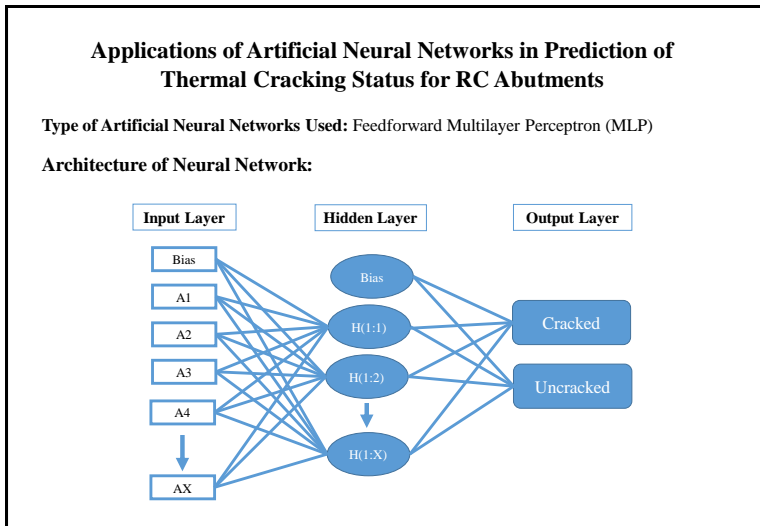
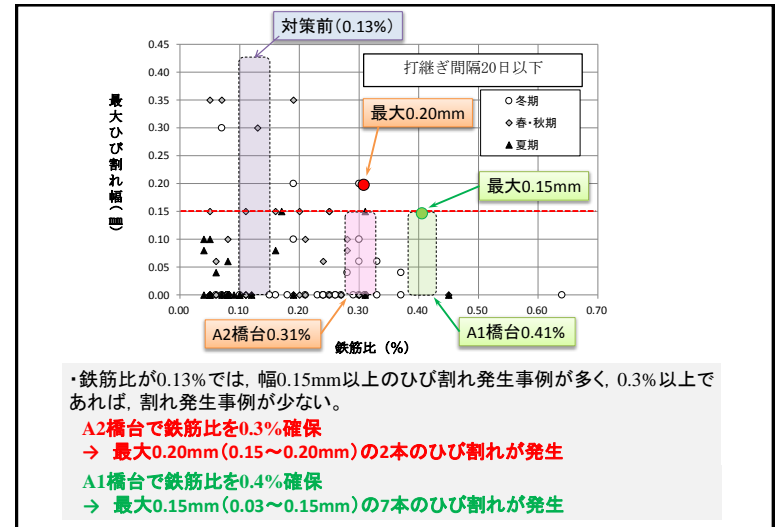
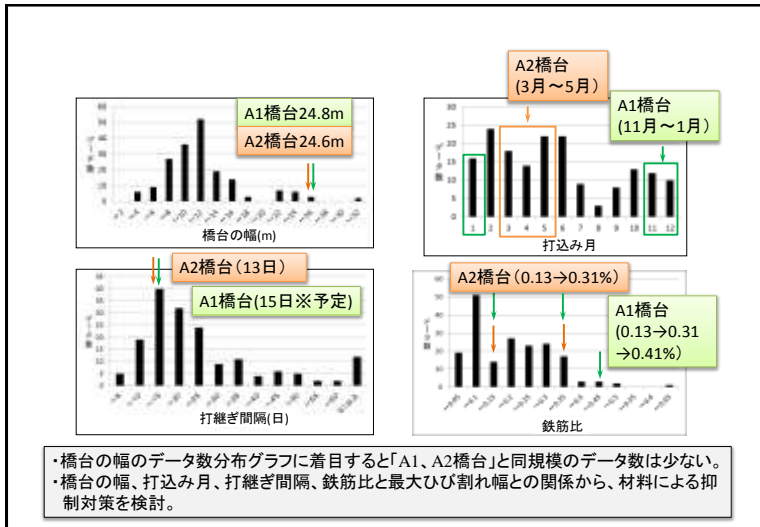


ひび割れ発生状況

A2橋台(先行)

A1橋台(後続)





Dataset Used in the Study (From Yamaguchi Prefecture Database)

Vertical Walls (Total 248)			Parapet Walls (Total 113)		
Property	Valid	Missing	Property	Valid	Missing
Cracking Status	248	0	Cracking Status	113	0
Thickness (m)	248	0	Thickness (m)	113	0
Width (m)	248	0	Width (m)	113	0
Lift Height (m)	248	0	Lift Height (m)	113	0
Reinforcement Ratio (%)	237	11	Reinforcement Ratio (%)	101	12
W/C	242	6	W/C	110	3
Cement Content (kg/m ³)	233	15	Cement Content (kg/m ³)	106	7
Expansive Additives (kg/m ³)	248	0	Expansive Additives (kg/m ³)	113	0
Slump (mm)	228	20	Slump (mm)	103	10
Air Content (%)	228	20	Air Content (%)	103	10
Initial Concrete Temperature (°C)	228	20	Initial Concrete Temperature (°C)	102	11
Initial Ambient Temperature (°C)	227	21	Initial Ambient Temperature (°C)	104	9
Concrete Strength (MPa)	235	13	Concrete Strength (MPa)	99	14
Lift Interval (days)	227	21	Lift Interval (days)	106	7
Maximum Temperature (°C)	200	48	Maximum Temperature (°C)	77	36
Maximum Temperature Time (Hrs)	198	50	Maximum Temperature Time (hrs)	80	33
Form Removal Time (days)	214	34	Form Removal Time (days)	96	17
Curing Period (Days)	213	35	Curing Period (days)	92	21

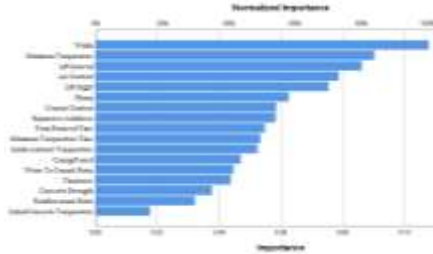
Results for Vertical Walls

Neural Network 1:

Case Processing Summary			Efficiency of Neural Network 1	
No. of Samples	Trainin	N	Sample	Percent Correct
	g	102	Cracked	95.6%
	Testing	31	Training Uncracked	98.2%
Valid		133	Overall Percent	97.1%
Excluded (Due to Missing Input Values)		115	Cracked	93.3%
			Testing Uncracked	81.3%
Total		248	Overall Percent	87.1%

Input Parameters

- Thickness
- Width
- Lift Height
- Reinforcement Ratio
- Water to Cement Ratio
- Cement Content
- Expansive Additives
- Slump
- AirContent
- Initial Concrete Temperature
- Initial Ambient Temperature
- Concrete Strength
- Lift Interval
- Maximum Temperature
- Maximum Temperature Time
- Form Removal Time
- Curing Period



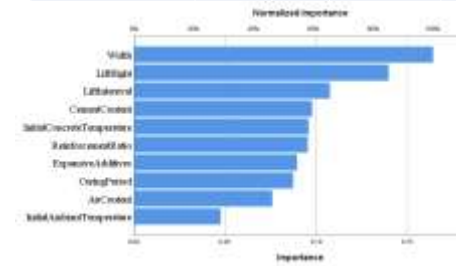
Results for Vertical Walls

Neural Network 2:

Case Processing Summary			Efficiency of Neural Network 2	
No. of Samples	Training	N	Sample	Percent Correct
		127	Cracked	96.3%
	Testing	46	Training Uncracked	93.2%
Valid		173	Overall Percent	94.5%
Excluded (Due to Missing Input Values)		75	Cracked	95.0%
			Testing Uncracked	92.3%
Total		248	Overall Percent	93.5%

Input Parameters

- Width
- Lift Height
- Reinforcement Ratio
- Cement Content
- Expansive Additives
- Air Content
- Initial Concrete Temperature
- Temperature
- Initial Ambient Temperature
- Lift Interval
- Curing Period



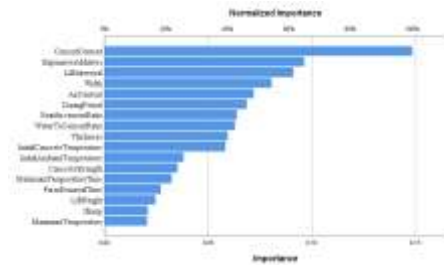
Results for Parapet Walls

Neural Network 1:

Case Processing Summary			Efficiency of Neural Network 1	
Sample	Training	N	Sample	Percent Correct
		35	Cracked	77.8%
	Testing	9	Uncracked	100.0%
Valid		44	Overall Percent	94.3%
Excluded (Due to Missing Input Values)		69	Cracked	100.0%
			Uncracked	83.3%
Total		113	Overall Percent	88.9%

Input Parameters

- Thickness
- Width
- Lift Height
- Reinforcement Ratio
- Water to Cement Ratio
- Cement Content
- Expansive Additives
- Slump
- Air Content
- Initial Concrete Temperature
- Initial Ambient Temperature
- Concrete Strength
- Lift Interval
- Maximum Temperature
- Maximum Temperature Time
- Form Removal Time
- Curing Period



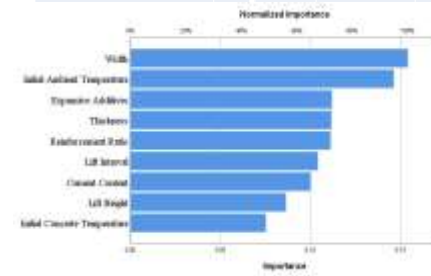
Results for Parapet Walls

Neural Network 2:

Case Processing Summary			Efficiency of Neural Network 2	
Sample	Training	N	Sample	Percent Correct
		65	Cracked	87.5%
	Testing	19	Uncracked	98.0%
Valid		84	Overall Percent	95.4%
Excluded (Due to Missing Input Values)		29	Cracked	80.0%
			Uncracked	100.0%
Total		113	Overall Percent	94.7%

Input Parameters

- Thickness
- Width
- Lift Height
- Reinforcement Ratio
- Cement Content
- Expansive Additives
- Initial Concrete Temperature
- Temperature
- Initial Ambient Temperature
- Lift Interval





Full Scale Numerical Simulation of Girder Bridges to Determine the Influential Factors Causing Transverse Cracking in RC Deck Slabs

Arifa Iffat Zerin
15WA907
Department of Urban Innovation

Supervised by

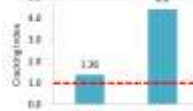
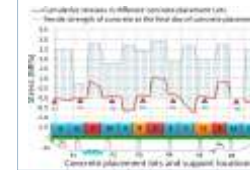
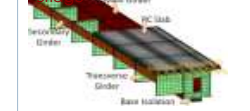
Dr. Akira Hosoda
Professor
Faculty of Urban Innovation
Yokohama National University

Doctoral Defense August 1, 2018

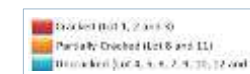


☆ Effect of Structural Restraints : ii. High Cracking Risk of Continuous Steel Box Girder Bridge [62]

Type I: Multiple Span Steel Box Girder Bridge



Type II: Single Span PC Composite Girder Bridge



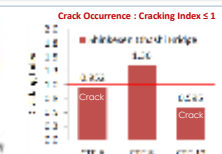
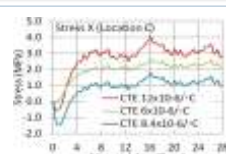
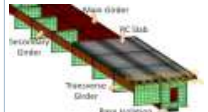
Cracking Index : Tensile Strength/ Tensile Stress
Crack Occurrence : Cracking Index ≤ 1

☆ 'Three times higher cracking risk' of Multiple Span Continuous Steel Box Girder Bridge compared to Single Span PC Composite Girder Bridge .

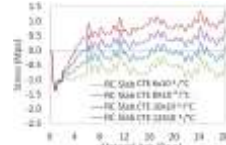
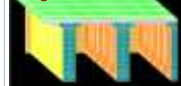
☆ Tensile stresses generated due to Stepping construction increase the risk of cracking in multiple span bridge decks.

☆ Influential Factors for Transverse Cracking : i. Effect of CTE of RC Slab Concrete

Type I: Multiple Span Steel Box Girder Bridge



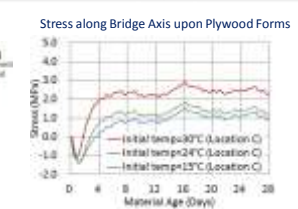
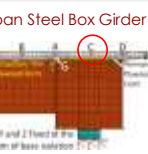
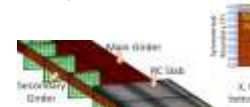
Type II: Single Span PC Composite Girder Bridge



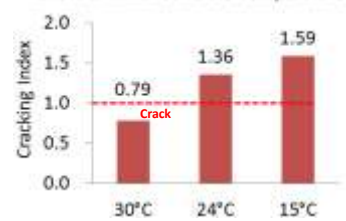
- Multiple span steel girder bridge : Cracking risk increases when Coefficient of Thermal Expansion (CTE) of concrete differs much from the CTE of restraining girders; possibly due to the higher restraints caused by steel girders
- PC composite girder bridge : Cracking risk increases with the increases of CTE irrespective of PC composite girders' CTE since the Young's modulus of RC slab and PC composite girders are approximately same.

☆ Influential Factors for Transverse Cracking : ii. Effect of Concrete Placing Temperature

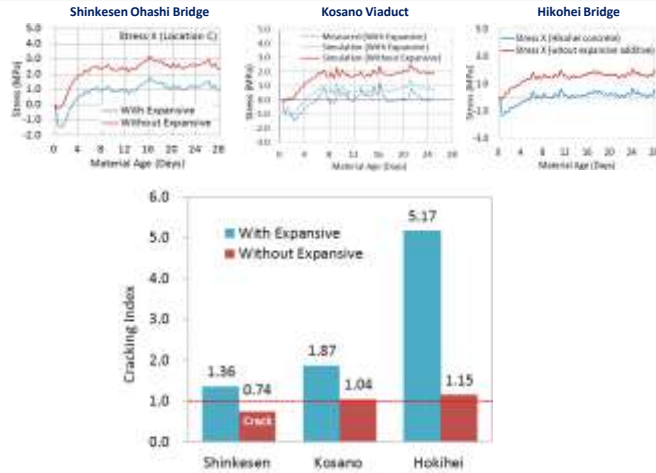
Shinkesen Ohashi Multiple Span Steel Box Girder Bridge



Effect of Initial Concrete Temperature



☆ Influential Factors for Transverse Cracking : iv. Effect of Expansive Additives



H30 青い森の橋ネットワーク 全体会議

青ぶな山バイパスにおける
高耐久RC床版の取組み

平成30年 9月 4日(火)

上北建設株式会社 音道 薫

上北建設 音道 薫氏スライド
青ぶな山バイパスにおける高耐久RC床版の取組み

◆ 青ぶな山バイパス位置図

工事場所：青森県十和田市大字奥瀬地内（青ぶな山バイパス）



上北建設 音道 薫氏スライド
青ぶな山バイパスにおける高耐久RC床版の取組み

○高耐久床版コンクリートの構築

◆ 目的

・青ぶな山バイパス1号橋は、青ぶな山トンネルを山頂側に抜けたすぐの所に位置する。そのため、冬場は非常に寒さが厳しく降雪量も多いため一般車両の安全を確保するために多くの凍結抑制剤の散布が予想される。このような、環境下では凍結融解が繰り返される「凍害」や凍結抑制剤による「塩害」、「ASR（アルカリシリカ反応）」の劣化が懸念される。

【国土交通省 東北地方整備局が定める凍害対策区分】
青ぶな山バイパスの橋梁 → 凍害対策の種別 S の区間

（冬期間の日平均気温-3°C未満、凍結抑制剤散布量20t/km以上）
長期的な劣化抑制と耐久性確保を目的としたコンクリートの配合計画を含めた**高耐久床版コンクリート**にすることが必要。

※学識経験者が必要 → 八戸工業大学 阿波先生、迫井先生へ協力を要請

青ぶな山バイパスにおける高耐久RC床版の取組み

◆ 東北地方における凍害対策の種別Sとは

凍害種別	凍結抑制剤散布 量 1リットル以上	凍結抑制剤散布 量 1リットル未満	凍結抑制剤散布 量 1リットル未満 凍結抑制剤散布 量 1リットル未満
凍害種別1 (凍害危険 度 1-3以上に相当)	○	△	△
凍害種別2 (凍害危険 度 1-2に相当)	△	△	△
凍害種別3 (凍害危険 度 1に相当)	△	△	△

「東北地方における凍害対策に関する参考資料(案)」により、最も使用環境の厳しい地域を種別Sとしている

注1: 凍害、凍害の種別は凍害危険度と凍害危険度の判定が厳しい場合は、
注2: 凍害の凍害危険度から対象となる地域や凍害の種別の判定が厳しい場合は、
凍害危険度と凍害危険度の判定が厳しい場合は、
凍害危険度と凍害危険度の判定が厳しい場合は、

表-2.3 東北地方整備局が事業中または管理中の路線のうち対策の種別がSの区間

路線名	区間	備考
国道7号	秋田県大館市北陸地区内 (kg400km)	青森県平川市(国道282号との交差点)
国道13号	福島県福島市南東町中野地区内 (kg200km)	山形県東根市 (kg200km)
国道40号	宮城県仙台市青葉区北野橋地区内 (kg250km)	秋田県仙台市北沢地区内 (kg400km)
国道49号	宮城県仙台市青葉区 (kg300km)	山形県東根市山形市 (kg200km)
国道49号	福島県南相馬郡津島町山内地区内 (kg700km)	福島県南相馬郡津島町山内地区内 (kg700km)
国道112号	山形県酒田市野田川町山内地区内 (kg500km)	山形県酒田市山内地区内 (kg700km)
国道102号	茨城県八千代市	
宮城県	以下の各路線	
東北自動車道	宮城県仙台市	
磐城自動車道	宮城県仙台市	

青ぶな山バイパスにおける高耐久RC床版の取組み

【1】コンクリート劣化に対する検討項目

- 凍結抑制剤散布に対する耐久性確保(⑦)
- 凍害に対する空気量(②, ④, ⑦, ⑧, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫, ⑬)
- ASR(アルカリシリカ反応)抑制(⑥)
- ひび割れ抑制(⑤)

各種の配合検討について、室内配合試験を行う

【3】実機試験練りでの確認項目

- ① スランプ 規定値±2.5cm
- ② 練り上がり直後の空気量 規定値±1.0%
- ③ 圧縮強度試験(7日、28日)
- ④ 硬化コンクリート中の空気量と気泡間隔係数
- ⑤ パイプレータでの締固め後の空気量
- ⑥ スランプ・空気量の経時変化

【2】室内試験練りでの確認事項

- ① スランプ 規定値±2.5cm
- ② 練り上がり直後の空気量 規定値±1.0%
- ③ 圧縮強度試験(7日、28日)
- ④ 硬化コンクリート中の空気量と気泡間隔係数
- ⑤ 乾燥収縮試験
- ⑥ ASR反応性試験 (SSWコンクリートバー法)
- ⑦ スケーリング試験

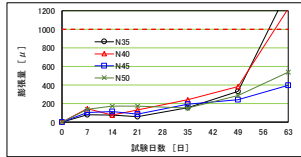
【4】試験施工での確認項目

- ⑦ スケーリング試験による事後確認
- ⑧ 製造後の運搬、待機、圧送後のスランプ変化
- ⑨ 製造後の運搬、待機、圧送、締固め後の空気量変化
- ⑩ 締固め時間と空気量の関係(5,10,15秒)
- ⑪ 締固め時間と気泡間隔係数の関係(5,10,15秒)
- ⑫ 締固め時間とコア供試体強度の関係
- ⑬ N式貫入試験による仕上げ時期の確認

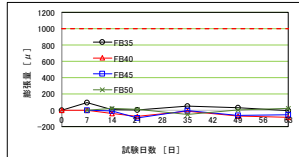
青ぶな山バイパスにおける高耐久RC床版の取組み

◆ ASR反応性試験結果 (SSWコンクリートバー法)

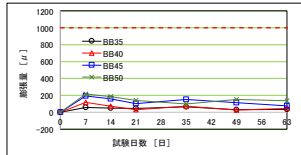
N series



FB series



BB series



・供試体3本の平均膨張率が、6か月後に0.100%以上の場合は「反応性あり」と判定する。

※ 真水を20%NaCl水溶液に代えた試験

青ぶな山バイパスにおける高耐久RC床版の取組み

◆ 模擬床版による試験施工 (平成30年7月10日)

施工計画書の立案に不可欠な項目を本施工前に確認し、その中でいい点、改善点などを議論し、最適な状態で本施工を迎えられるよう実施する。

● 参加者

官側：主任監督員、十和田国道維持出張所長、弘前国道維持出張所長、八戸国道出張所職員、現場技術員

八戸工業大学：阿波先生、迫井先生、研究室生徒 5名

日本大学：佐藤先生

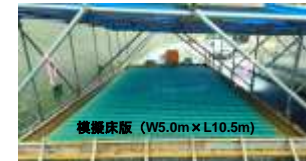
横浜国立大学：細田先生

岩手大学：小山田先生

青森県：上北地域県民局職員 (5名)

十和田市：土木課職員 (3名)

ゼネコン：西松建設(株) 3名、地元業者 1社



青ぶな山バイパスにおける高耐久RC床版の取組み

◆ RC床版での取組み 本施工（平成30年7月27日）

- ・ エポキシ樹脂鉄筋の使用
- ・ 暑中コンクリート対策の遮光ネット設置
（当日の気温は23℃～29℃）



青ぶな山バイパスにおける高耐久RC床版の取組み

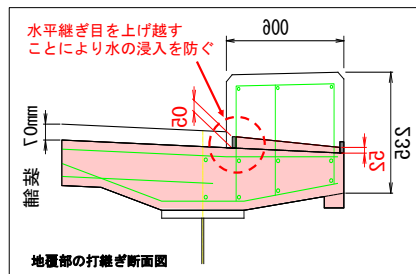
ORC床版での取組み

- ・ コンクリートに入る金物は全てエポキシ樹脂被覆



青ぶな山バイパスにおける高耐久RC床版の取組み

ORC床版での取組み



地覆部の水平継ぎ目を上げ越し

青ぶな山バイパスにおける高耐久RC床版の取組み

ORC床版での取組み



青ぶな山バイパスにおける高耐久RC床版の取組み

ORC床版での取組み



50cm間隔によるコンクリートの締固め (締固め時間 8秒)

青ぶな山バイパスにおける高耐久RC床版の取組み

ORC床版での取組み



ロープを左右に引っ張って気泡を抜く



過去の試験施工によって、通常パイプレータで締固めた場合、路面排水樹の下面には気泡が残ることが確認されている

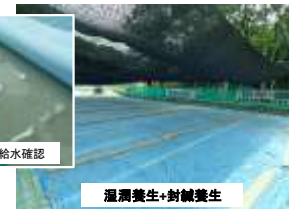
青ぶな山バイパスにおける高耐久RC床版の取組み

ORC床版での取組み



青ぶな山バイパスにおける高耐久RC床版の取組み

ORC床版での取組み



青ぶな山バイパスにおける高耐久RC床版の取組み

○RC床版での取組み

RC床版用の施工状況把握チェックシートの活用



「凍結抑制剤散布下におけるRC床版の耐久性確保の手引き(案)」にある施工状況把握チェックシートFB用をBB用の暑中コンに編集して使用

青ぶな山バイパスにおける高耐久RC床版の取組み



施工中のNATMトンネル覆工コンクリートに生じる変状の抑制対策効果の定量的評価

Quantitative Evaluation of Effects of Measures to Control Initial Defects in NATM Tunnel Lining Concrete

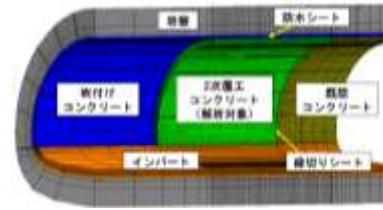
横浜国立大学大学院
都市イノベーション学府
都市地域社会専攻 第5研究分野
16RB105 岩間 慧大
指導教員 細田 暁 准教授

小槌第1トンネル10BLのモデル化

配合	セメントの種類	設計基準強度 (N/mm ²)	単用量 (kg/m ³)		W/C (%)	支保パターン	脱型時間
			セメント	水			
中流動	高炉B種	24	340	155	45.6	DIII	20時間

補正した項目	試験結果
断熱温度上昇	$Q(t) = 45.9 \{1 - e^{-1.191(t-t_0, Q)}\}$
圧縮強度(N/mm ²)	29.7 (5日), 32.1 (7日), 42.7 (28日), 52.5 (56日)
線膨張係数	$6.21 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (材齢28日以降に測定)
クリープ係数	温度上昇時: 0.88, 温度降下時: 0.50
自己収縮ひずみ	JCI指針式を約0.6倍に補正

実構造物と同配合の供試体による試験
実構造物の計測による補正

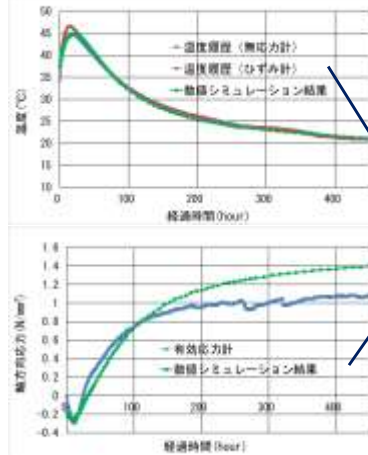


	覆工
熱伝達率(W/m ² °C)	脱型まで: 6 脱型後: 3

覆工コンクリート背面の空気層トンネル坑内の高さ方向温度分布をモデル化

Chamita, Hosoda, Iwama, Modeling and Verification of Early Age Thermal Stress in Second Lining Concrete of NATM tunnels (2017)

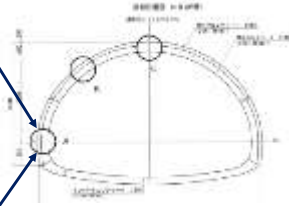
実構造物の計測結果による解析モデルの検証



・最高温度
・ピーク後の温度低下
どちらもともに精度良く再現

・応力の発現過程を精度良く再現
・引張応力の最大値は
クリープ係数で多少の過大評価

ひび割れリスクを検査するには
十分な精度であると考え



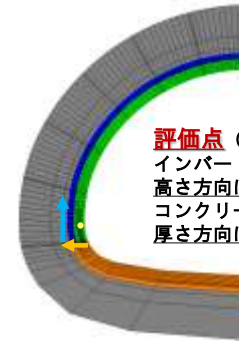
ひび割れリスクの評価方法

リスクの評価方法

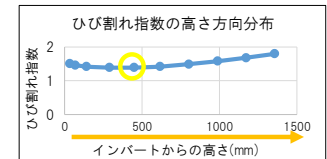
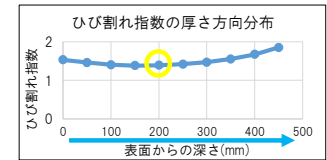
コンクリート打込みから20日後に算出される「ひび割れ指数」を用いる

$$= \frac{\text{コンクリートの引張強度}}{\text{コンクリートの引張応力}}$$

※定義上は1.0でひび割れが発生するが大きいほどひび割れが発生しにくい



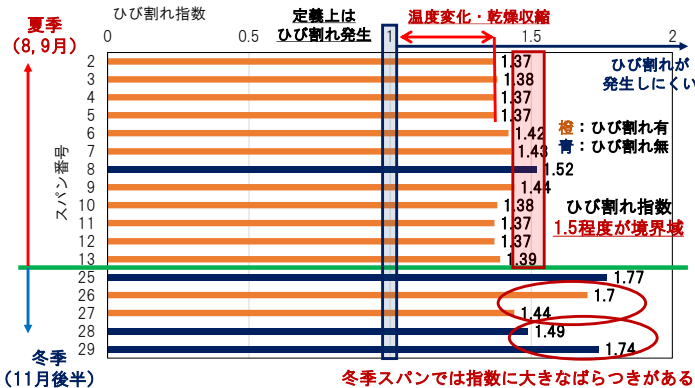
評価点 (黄○)
インバートから
高さ方向に約50cm上方
コンクリート表面から
厚さ方向に約20cm内部



小榎第1トンネル各スパンのひび割れ指数

小榎第1トンネルの各スパンにおけるひび割れ指数とひび割れ発生状況を比較

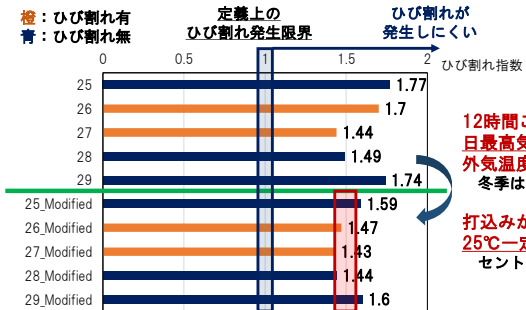
※ひび割れ発生状況：施工から約1年後の点検・約2年後の現地調査による記録を用いる
各スパンの入力値：施工記録より初期温度・脱型時間・外気温を入力する



冬季スパンでは指数に大きなばらつきがある

冬季スパンにおける外気温の影響

冬季スパンにおけるひび割れ指数のばらつきの原因を検討



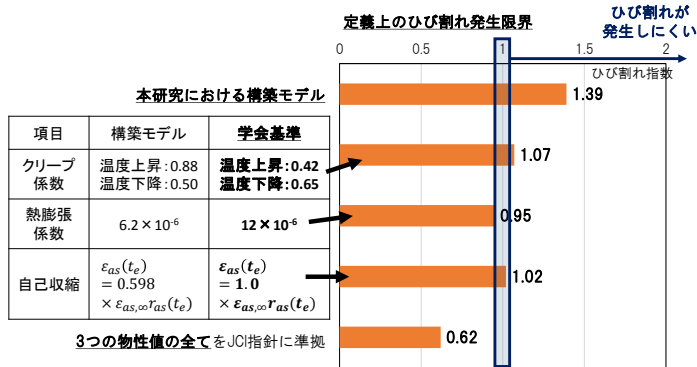
12時間ごとに釜石市の
日最高気温と日最低気温を
外気温として入力
冬季は日最低気温が低い

打込みから脱型時間までは
25℃一定の外気温を入力
セントル保温の効果

ひび割れ指数が大きかったスパン ⇒ ひび割れ指数が低下
ひび割れ指数が小さかったスパン ⇒ ひび割れ指数の変化が小さい

適切に外気温を設定することで、境界域が1.5程度になる

ひび割れ指数に影響を与える物性値



・日本コンクリート工学会の指針に準拠したものと実構造物との乖離が非常に大きい

比較的容易に計測できる物性値については
配合や材料が決定した時点で計測を行うことが望ましい

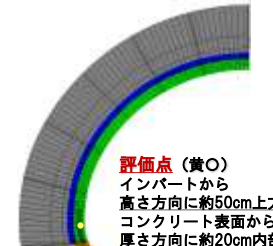
ひび割れ抑制効果の評価方法と評価する対策

抑制効果の評価方法

コンクリート打込みから20日後に算出される「ひび割れ指数」を用いる。

$$= \frac{\text{コンクリートの引張強度}}{\text{コンクリートの引張応力}}$$

※定義上は1.0でひび割れが発生するが大きいほどひび割れが発生しにくい

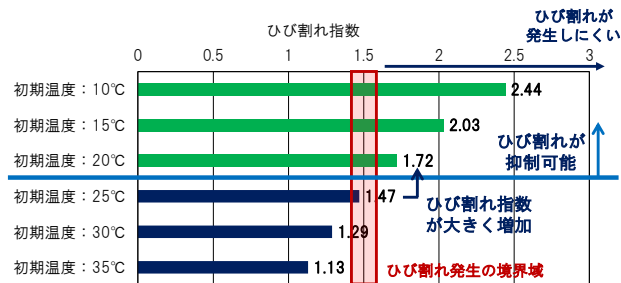


- ・コンクリートの打込み温度の管理
コンクリートの最高温度の低減
- ・高流動（中流動）コンクリートの適用
均質性の向上による変状抑制
生産性向上
- ・部分パイプクーリングの実施
低コストで効果的にひび割れリスクを低減

打込み時期の影響・膨張材の適用・脱型時間の延長等の検討も行ったが、時間の都合で割愛する
(今後、学外論文に投稿予定)

コンクリートの打込み温度の管理

構築モデルの物性値から打込み温度（初期温度）のみを変化させて検討



・点検記録の分析からもコンクリートの打込み温度が低い方が
うき・はく離・はく落が少ないことが分かっている

打込み温度の管理は効果的なひび割れ抑制対策

高流動コンクリートの適用

実際のトンネルで施工された高流動コンクリートの配合を検討

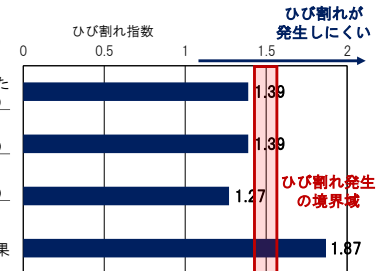
配合をもとに構築モデルの物性値の中で
断熱温度上昇・圧縮強度・自己収縮を変更

実構造物での検証を行った
本研究における構築モデル（中流動）

W/B=45.5%・セメント量345kg（高流動）

W/B=41.3%・セメント量380kg（高流動）

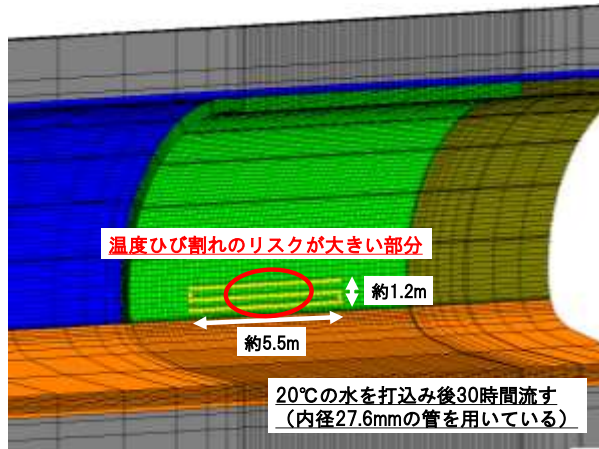
W/B=51%・セメント量304kgの室内試験結果



・小槌第1トンネル（中流動）ではひび割れ以外の変状はかなり抑制されている

発熱を抑えることができれば変状全てに効果的な抑制対策

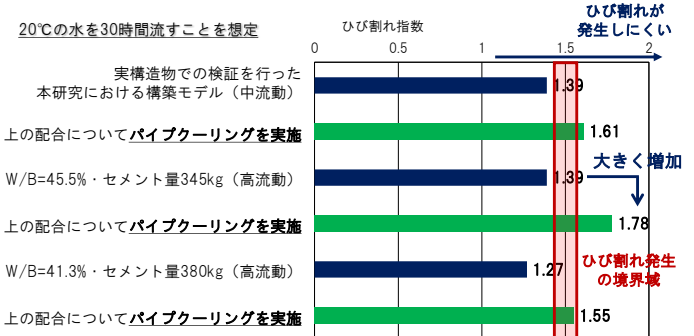
部分パイプクーリングの実施（概要）



参考：白岩ら、覆工コンクリートひびわれ対策への部分パイプクーリングの適用（2016）

部分パイプクーリングの実施

検討を行った高流動コンクリートについてパイプクーリングを実施



ひび割れ以外の変状の抑制と生産性の向上の面で効果の大きい高流動コンクリート発熱が大きい欠点を補うことができる効果的な抑制対策

様々な問題のマネジメントに向けて

- 補修後の再劣化の問題
(農業用RC水路の表面被覆材を題材に)
- サステイナブルな社会に向けて
(連続鉄筋コンクリート舗装を題材に)

JCI年次2017

農業用RC開水路に用いる 無機系表面被覆材の 耐久性に対する養生の影響

Effects of Curing Methods on Durability of Inorganic Surface
Coating Materials
for RC Irrigation Open Canals

木下 果穂*1・細田 暁*2
浅野 勇*3・佐々木 崇*1

- *1 横浜国立大学 都市イノベーション学府 (学生会員)
- *2 横浜国立大学 都市イノベーション学府 准教授 博(工) (正会員)
- *3 農研機構農村工学研究部門 施設保全ユニット長 博(農) (正会員)
- *4 デンカ(株) 青海工場セメント・特混研究部グループリーダー 修(工) (正会員)

研究背景: 農業用RC水路の老朽化の対策

- 長期間供用された農業用RC水路の機能低下と施設の維持管理が課題

無機系表面被覆工法

目的: 通水性の改善・劣化因子侵入抑制



ポリマーセメントモルタル(PCM)

- 引張、曲げ強度が大きい
- 付着力が強い
- 施工性に優れる



特徴

- 耐用年数約**20**年(PCMが全て摩耗するまで)
- 流量を確保するため被覆は非常に薄い(5mm)

研究背景: 農業用RC水路の老朽化の対策

- 補修材の摩耗進行メカニズム、溶脱も伴う摩耗に対して必要な初期品質は十分に解明されていない。
- 性能を十分に発揮するには少なくとも1日間は90%の湿度の下で養生することが必要。(2012中井ら)
- 養生方法は現場に委ねられており十分な養生を実施しない場合もある。



耐摩耗性を発揮するための養生方法と材料について検討する

1. 緻密な表層品質と高い摩耗抵抗性を得る養生方法について検討
2. 新たに材料設計したPCMにより耐摩耗性が向上するメカニズムを考察

実構造物の施工を想定した養生条件

使用材料

①市販モルタル

実際に多く使用されているモルタル
アクリル粉末樹脂系
プレミックスタイプ

②高耐摩耗モルタル

耐摩耗性をもつように材料設計。
重量細骨材として
フェロニッケルスラグ使用
(デンカ(株)協力)

コテ仕上げ補助剤兼被膜養生剤

両材料の仕上げに使用。
パラフィンワックスエマルジョン

養生条件

略称	養生条件
水-気	水中7日+気中21日
水	水中28日
気-水	気中7日+水中21日
気中	気中28日
気中(養剤なし)	気中28日(養剤使用せず)
封緘	封緘3日+気中25日
封緘+シラン	封緘3日+気中25日 (材齢3日: シラン系含浸材塗布)
封緘+ケイ酸	封緘3日+気中25日 (材齢3日: けい酸塩系含浸材塗布)

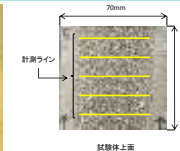
耐摩耗性の評価 水流摩耗試験



水流摩耗試験機(水流11MPa)



レーザー計測の様子

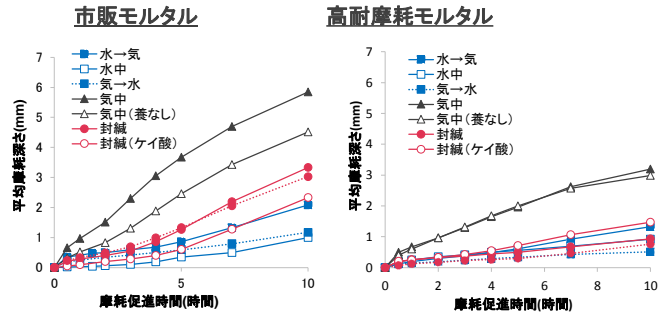


試験体



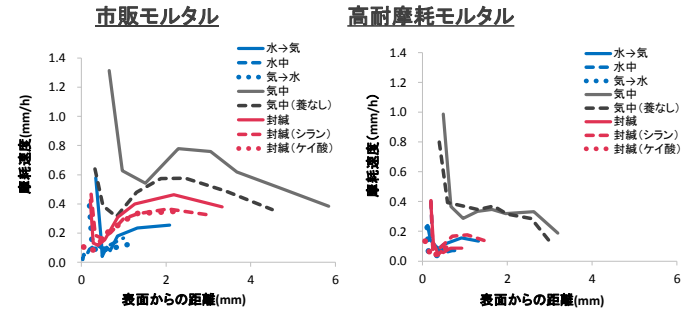
促進時間ごとの表面の様子

平均摩耗深さの推移



水中養生・封緘養生によって摩耗の進行を抑制できる
耐摩耗モルタルは摩耗深さが1/2程度まで小さい

深さごとの摩耗速度



養生の影響が表層の摩耗速度に現れている
耐摩耗モルタルでは封緘養生の表層の摩耗速度が水中養生に相当する

材料が耐摩耗性を発揮する要因

耐摩耗性を発揮する要素: 細骨材

	結合材: 細骨材	砂の種類
市販モルタル	1:1.5	珪砂
耐摩耗モルタル	1: 1.8	フェロニッケルスラグ



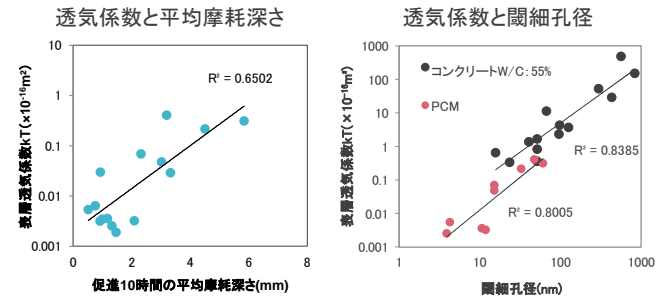
(1993堀口: コンクリートの摩耗に関する研究の現状)

硬質なガラス質の材料
比重大: 2.76~3.13



砂の割合が多い方が結合材の流出を抑制し耐摩耗性が向上
スラグ細骨材により骨材界面が緻密になっている可能性あり

表層の緻密さの評価: 表層透気試験



非破壊試験である透気試験によって耐摩耗性の評価ができる可能性あり
PCMの透気係数と細孔構造の関係はコンクリート(W/C:55%)と同様

まとめ

1 水中養生・封緘養生によって表層が緻密になり耐摩耗性を発揮した。

2 PCMは重量細骨材を使用し細骨材の割合を増やすと結合材の流出が抑制し耐摩耗性が向上する。

高耐摩耗材料の使用+封緘養生の実施が耐用年数を大幅に向上させた。

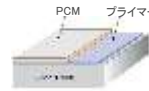
より耐摩耗性を向上させるため骨材界面の細孔構造の検討など耐摩耗性を発揮する機構について詳細な検討をする必要がある

界面の剥離を防ぐために

コンクリート構造物の補修、補強、アップグレードシンポジウム(2017)

(木下果穂 修士論文)

界面の一体性を確保する



プライマー塗布によるばらつき

✓ 母材とPCMの界面は非常に水が通りやすい
プライマーの使用により水が通りにくくなる(上田ら(2012))
適切な下地処理によって一体性が確保できる可能性あり

✓ 母材の水分状態やプライマー塗布量にばらつきがある
下地処理が界面性状に与える影響は分かっていない

界面の一体性を十分に確保するための下地処理方法を検討する

下地処理方法の検討

使用材料 (実際の補修に使用されている2種類)

1 補修材AG
AGプライマー(エポキシ系接着剤)
+
AGモルタル

2 補修材TM
TMプライマー(アクリル系吸水調整剤)
+
TMモルタル

膜を形成して乾燥した母材にPCMの水分を奪われにくいにする

下地処理条件

母材コンクリートの状態	母材の状態を調整
乾燥 (20° C)	(3通り)
湿潤 (散水250g/m ²)	
過湿潤 (散水750g/m ²)	
プライマー量	プライマーを塗布
0% (プライマーなし)	(4通り)
50% (標準量の1/2)	
100% (標準量)	
200% (標準量の2倍)	
合計	
下地処理条件 12通り	

一体性の評価

界面への物質の浸入しやすさで評価

表面吸水試験

水の通りやすさを評価

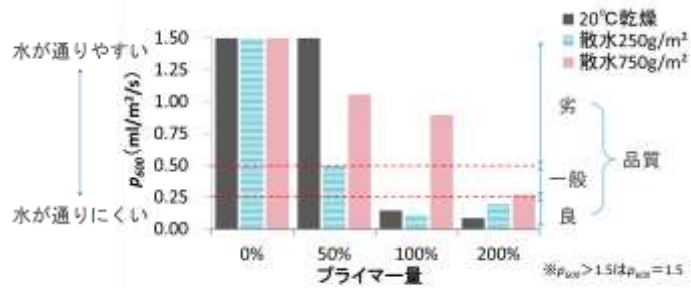


表層透気試験

空気の通りやすさを評価

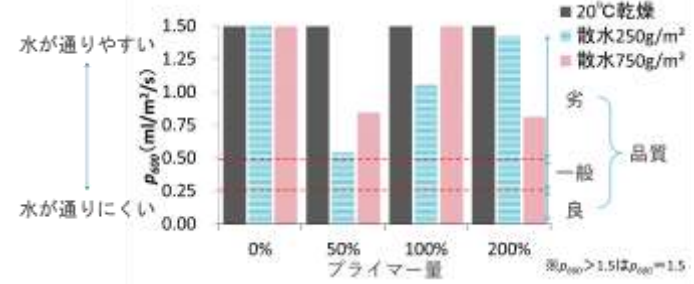


水の通りやすさ:補修材AG(接着系プライマー)



母材の湿潤状態とプライマーの不足によって界面の品質が悪化

水の通りやすさ:補修材TM(吸水調整系プライマー)



規定通り使用しても界面に水が非常に通りやすい

下地処理方法のまとめ

- 1 接着系では母材の湿潤状態とプライマーの不足によって界面の品質が悪化
 - ✓ 母材を適切に乾燥させることで接着力を発揮する
 - ✓ 母材の凹凸にプライマーが十分に入り込んで硬化することで一体性が得られる
- 2 吸水調整系では規定通り使用しても界面に水が非常に通りやすい
 - ✓ プライマーに接着力が必要 or 吸水調整が不十分

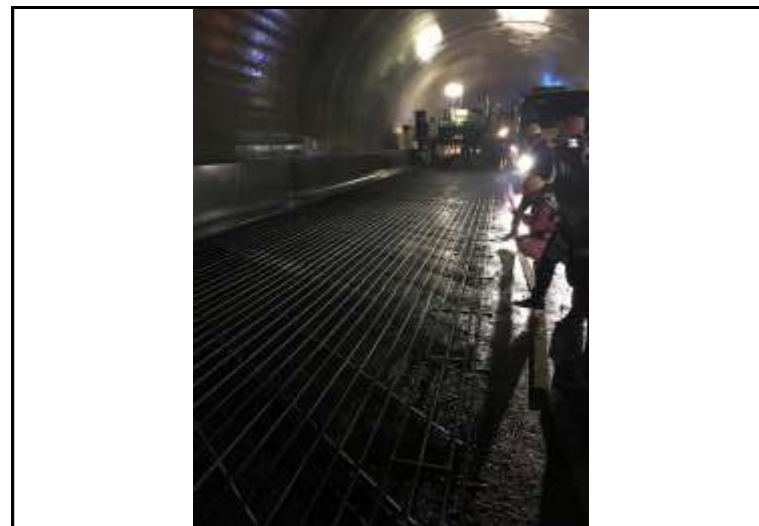
下地処理に関して適切な仕様の設定が必要

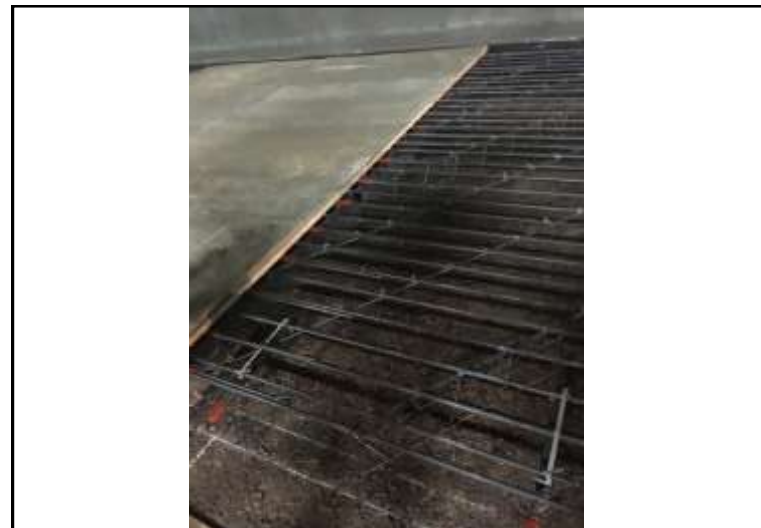
母材の水分状態・プライマー塗布量の管理方法
吸水調整剤の適用範囲 など
仕様設定のため更なる検討をする必要がある





CRC舗装のスリップフォーム









国道9号北条バイパス
施工目地区間



国道9号北条バイパス
施工目地区間