

各種混和材を用いた連続鉄筋コンクリート舗装のひび割れリスクに関する解析的検討

日本大学 学生会員 ○何宗耀, 正会員 相内豪太 前島拓, フェロー 岩城一郎

1. はじめ

連続鉄筋コンクリート舗装(CRCP)は、舗装版内に配置した鉄筋の拘束によりひび割れを分散させる構造であり、目地が不要であるため普通のコンクリート舗装よりも耐久性・走行性に優れている。しかし、積雪寒冷地においては、初期に生じたひび割れから凍結防止剤(NaCl)混じりの水が浸入し、供用 10 年未満で内部の鋼材が著しく腐食し、早期の補修を余儀なくされる事例が報告されている。今後、積雪寒冷地に CRCP を普及させるためには膨張材(Ex)を用いてひび割れを適切に制御するとともに、フライアッシュ(FA)や高炉セメント(BB)を混和することで遮塩性を含めた耐久性向上を図る必要がある。しかし、これらの混和材を併用した CRCP は日本国内で施工実績が少なく、ひび割れリスクを含めた耐久性に関する検討は十分になされていない。そこで、本研究では各種混和材を併用した実物大 CRCP を日本大学工学部構内(福島県郡山市)に施工し、コンクリート打込み直後から CRCP 版内の温度およびひずみ挙動をモニタリングするとともに、これを入力値とした FEM 解析を実施することで舗装版のひび割れリスクを解析的に検討した。

2. 連続鉄筋コンクリート舗装および FEM モデルの概要

図-1 に舗装構成を示す。CRCP 版の寸法は、長さ 40000mm、幅 10500mm、厚さ 250mm であり、CRCP 版下にアスファルト(As)中間層 40mm およびセメント安定処理路盤 200mm の路盤構成とした。図-2 に配筋図と各種ゲージ位置を示す。縦方向鉄筋は D16 をかぶり厚さ 75mm として、125mm 間隔で配置、横方向鉄筋は縦方向鉄筋の下に、斜め 60° に D13 を 600mm 間隔で配置した。CRCP 版内には図中で示した位置にゲージを設置し、コンクリートの温度、コンクリートおよび鉄筋のひずみを計測した。なお、本稿では CRCP 版中央(図-2 で黒三角の位置)の結果のみを示す。また、舗装近傍に温湿度ロガーを設置し、外気温湿度を計測した。表-1 にコンクリートの配合を示す。普通コンクリート(N)を基準とし、FA をセメントの質量に対して外割りで 15%、内割りで 5%置換した配合(FA)、および N と同配合でセメントに高炉セメント B 種を用いた配合(BB)の計 3 条件とし、FA/BB を用いた配合には Ex を 20kg/m³ 添加した。図-3 に解析モデルを示す。本検討では、3 次元有限要素解析ソフト JC MAC 3-U を使用し、厚さ 5000mm の路床上に前述した舗装のモデルを再現した。舗装の対称性を考慮して、解析領域は各工区(図-1)の 1/4 とした。解析上の拘束条件は、路床の底面および対称面を単純支持とした。表-2 に解析に入力した各材料の物性値を示す。なお、ヤング係数は実施工した CRCP の圧縮強度試験結果(図-4)より算出した。

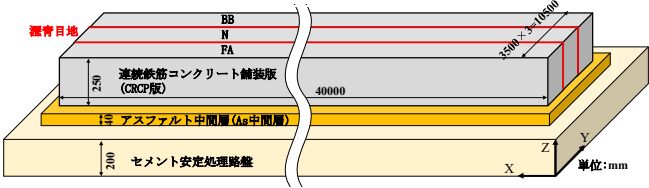


図-1 舗装構成

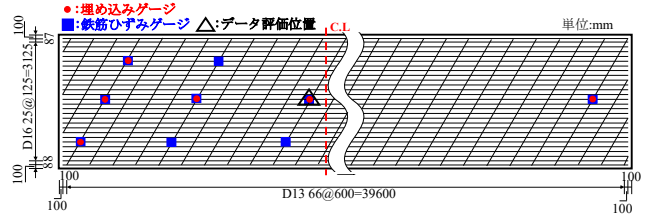


図-2 配筋図および各種ゲージの位置

表-1 コンクリートの配合

ID	W/C(%)	W/B(%)	s/a(%)	単位量(kg/m ³)						混和剤			スランプ (cm)	Air (%)	温度 (°C)
				W	C	FA	Ex	S	G	AE減水剤 15L	AE剤 10I	78S			
N		40.1			404	0	0	602	1193	C×1.0%	-	-	7.5	4.9	19.0
FA	40.1	34.9	34.3	162	384	81	20	570	1129	B×1.0%	-	15A	7.5	5.3	22.0
BB		40.1			404	0	20	592	1173	B×1.0%	2.5A	-	9.0	4.5	18.0

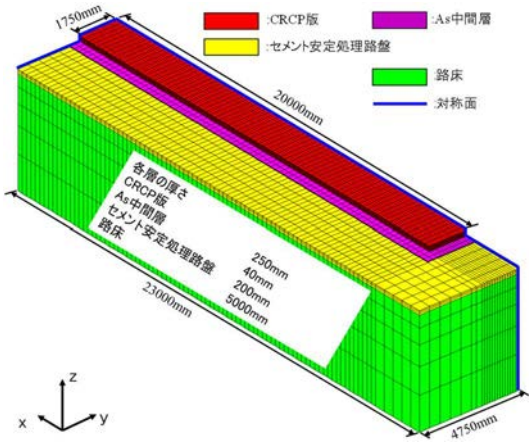


図-3 解析モデルの概要

3. CRCP 版内各種データの推移および解析結果

図-5 に材齢 91 日時点までの温度とひずみの実測値結果の推移を示す。なお、図-1 に示す通り、縦断方向を X、横断方向を Y、CRCP 版の厚さ方向を Z としている。図より、CRCP 版中央位置における最大温度は、N で 36.0℃、FA で 41.3℃、BB で 33.8℃であり、水結合材比が低い FA では温度上昇が大きい傾向であった。ひずみ推移について、N では全方向でひずみが収縮する傾向を示したが、FA と BB では打込み直後にコンクリートが膨張する傾向であり、Ex の混和による膨張効果を確認した。材

齢 91 日で比較すると、N は全方向および位置で-350 μ ~-450 μ 程度の収縮ひずみが生じたのに対し、FA・BB では X 方向で-250 μ 程度、Y、Z 方向で-100 μ 程度と、N と比して収縮量は明らかに小さく Ex の混和によりひび割れリスクが低減し得るものと考えられる。図-6 に図-5 の解析結果を示す。コンクリート温度および膨張収縮挙動については、実測データと

解析値が概ね一致しており、本解析モデルにより CRCP 版の温度およびひずみを一定の精度で評価可能であることが示唆された。

図-7 に同位置に生じた X 方向引張応力の推移を示す。図より、引張応力の大きさは N、FA、BB の順であり、Ex 混和した FA または BB では舗装版に生じる引張応力が低減する結果であった。その結果、ひび割れ指数は N、FA、BB の順に高く、FA では圧縮強度が低いために BB より高くなる結果であった。なお、材齢 91 日時点でのひび割れ発生確率は N で 32%、FA で 11%、BB で 2%であり、Ex を混和することによりひび割れリスクを低減し得る結果を示した。

4. まとめ

本研究で得られた知見は以下に示す。

- 1) 実物大 CRCP を施工し、ひずみ挙動について評価した結果、Ex を混和した FA および BB では Ex の混和によって明らかにひび割れリスクが低減しており、CRCP のひび割れ抑制に膨張材の使用が有効であることを示した。
- 2) 3次元有限要素解析ソフトにより構築した実物大 CRCP モデルの解析結果より、舗装版内の温度および膨張収縮挙動を十分な精度で予測し得る結果であり、本モデルを用いることで各種混和材を併用した CRCP におけるひび割れリスクについて定量的に評価可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 小池海ら：積雪寒冷地域的高速道路における連続鉄筋コンクリート舗装の損傷実態と原因について、土木学会論文集 E1(舗装工学)，75 巻 2 号，pp. 123-131，2019。

表-2 材料物性

	CRCP版	As中間層	セメント安定処理路盤	路床
密度(kg/m ³)	2400	2350	2400	1800
熱伝導率(W/m℃)	2.70	1.30	1.70	1.00
比熱(kj/kg℃)	1.15	0.92	1.20	2.60
線膨張係数(μ /℃)	N/FA:10 BB:12	30	10	10
ヤング係数(MPa)	-	5000	3000	120
ポアソン比	0.20	0.35	0.20	0.35

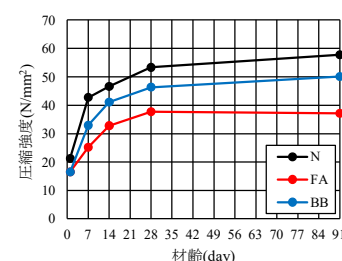
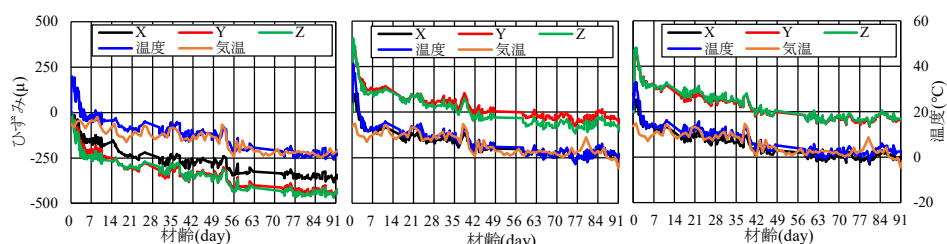


図-4 圧縮強度

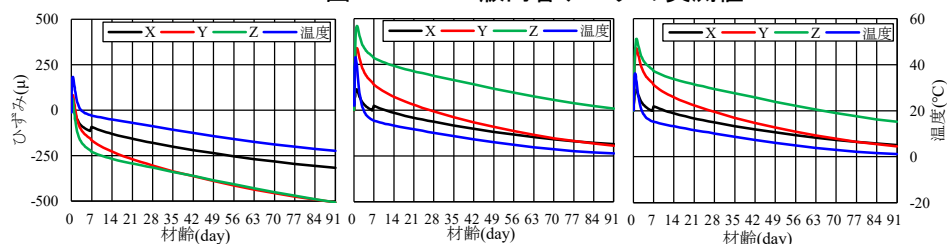


(1)N

(2)FA

(3)BB

図-5 CRCP 版内各データの実測値



(1)N

(2)FA

(3)BB

図-6 CRCP 版内各データの解析値

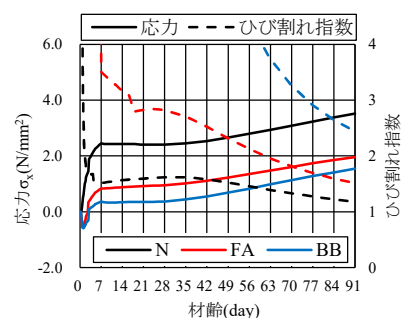


図-7 CRCP 版に生じる応力