

取替え用鋼コンクリート合成床版の初期ひび割れ抵抗性に関する検討

川田工業（株）正会員○段下義典川田工業（株）正会員田坂康介

川田工業（株）正会員橘吉宏川田建設（株）正会員北野勇一

川田工業（株）江崎正浩川田建設（株）堀池一男

1. 目的

老朽化した鋼道路橋 RC 床版を，耐久性が高く斜角や曲線などの道路線形への適応範囲が広い鋼コンクリート合成床版に取替える例が増えている．取替えの場合，プレキャストタイプが採用されることが多いが，架設の作業性や制約，鋼桁のずれ止めや排水桝等との取り合いの容易さ等から，交通規制の制約が許せば，場所打ちタイプを採用することで経済的となる．本稿では，場所打ちタイプを用いコンクリート打込み後 2 日で再供用する急速施工時における，膨張コンクリートの初期ひび割れ抵抗性と圧縮強度について検討した．

2. 課題の整理

著者らは，上記の目的に関連した研究¹⁾を通じ，次の課題を明らかにした．

- 課題①収縮補償ひずみの不足：材齢 7 日における一軸拘束膨張率が 79×10^{-6} となり，収縮補償ひずみを得られなかった（収縮補償用コンクリートの範囲の標準： 150×10^{-6} 以上， 250×10^{-6} 以下）．
- 課題②膨張材の添加による圧縮強度の低下：材齢 2 日にて設計基準強度 30N/mm^2 を確保するコンクリートにおいて，所要強度を確保できたものの，膨張材を添加することで約 15% 圧縮強度が低下した．

これらは，強度発現と膨張のタイミングがずれることが原因と推察され，上記の課題を解消するために本研究では早強型膨張材を用いることを考えた．一方，早強型膨張材は 2 次製品向けのものであり，現場施工に適用する場合ではスランプロスが懸念されるため，これについても検討することとした（課題③）．

3. コンクリートの配合と使用材料

表-1 にコンクリートの各配合を示す．材齢 2 日にて設計基準強度 30N/mm^2 を目標としたものであり，水結合材比を 38% とし，初期強度の発現を早めるため早強セメントを用いている．体積変化特性を比較するため，単位水量を 162kg/m^3 に統一した．No. 1 は比較用で膨張材を添加せず，No. 2 は従来型膨張材を添加し早強型とのスランプロスの比較用で，No. 3, No. 4 は異なる 2 種類の早強型膨張材を添加した配合である．早強型膨張材は比表面積の大きい表-2 に示す材料を使用した．

4. 施工性に関する検討（課題③）

表-3 に $20\pm2^{\circ}\text{C}$ の試験室で実施したフレッシュ性状を示す．スランプロスを確認するため，スランプは練混ぜ直後と 15 分静置後に確認を行なった．膨張材を添加することによりスランプロスが大きくなるものの，No. 2～No. 4 の結果を比較すると 15 分静置後のスランプの変化は練混ぜ直後の約 50% と 3 配合とも同様であり，膨張材が早強型であることによる従来型との差異は確認されなかった．このことから，本配合ではスランプロスの問題は特別にはなく，現場施工にこれらの早強型膨張材を適用できるものと考えられる．

表-1 コンクリートの配合

配合	単位量 (kg/m ³)					
	W	C	EX	S	G	SP
No. 1	162	426	0	763	978	4. 48
No. 2	162	396	30 (EX-2)	763	978	3. 83
No. 3	162	396	30 (EX-3)	763	978	4. 26
No. 4	162	396	30 (EX-4)	763	978	3. 84

W: 水(比重1.00), C: 早強セメント(比重3.13), EX: 膨張材, S: 陸砂(硬質砂岩, 比重2.56), G: 碎石2005(比重2.66), SP: ポリカルボン酸系高性能AE減水剤(標準形, 比重1.06)

表-2 膨張材の使用材料

	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	備考	配合
EX-2	2. 93	3080	従来型	No. 2
EX-3	2. 93	5900	早強型	No. 3
EX-4	3. 19	4750	早強型	No. 4

EX-2：エトリンライト-石灰複合系膨張セメント混和材
EX-3：膨張性早期脱型用混和材
EX-4：早強型石灰系膨張材

表-3 コンクリートのフレッシュ性状

配合	スランプ (cm)		空気量 (%)	コンクリート温度 (℃)
	練混ぜ直後	15分静置後		
No. 1	12. 5	8. 0	3. 3	20. 0
No. 2	12. 0	6. 0	3. 3	20. 0
No. 3	12. 5	6. 0	3. 1	21. 5
No. 4	10. 0	5. 0	3. 2	21. 5

キーワード 鋼橋の床版取替え，急速施工，鋼コンクリート合成床版，初期ひび割れ，早強型膨張材

連絡先 〒114-8562 東京都北区滝野川 1-3-11 川田工業（株） 橋梁事業部東京技術部保全技術室 TEL 03-3915-3301

5. 初期ひび割れ抵抗性に関する検討(課題①)

表-4 は, JIS A 6202 附属書 2 (B 法) により一軸拘束膨張率を確認した結果である. 材齢 7 日にて, 膨張量は EX-4 の方が EX-3 より大きく, EX-4 は収縮補償用の標準範囲となった. EX-3 は標準範囲をやや下回ったが, 膨張材を添加していない No. 1 の結果と比較すると 178×10^{-6} の膨張量が付与されており, この観点からは EX-3 も予定した膨張量が得られている.

写真-1 は, 床版を模擬した試験体である. 試験体は, コンクリート厚 200mm, 平面寸法 400×400mm に, 鉄筋 D25 を 8 本, D13 を 1 本同一方向に配置したもので, 上下面を除く 4 辺を 100mm 厚の発泡ポリスチレンで覆った. 高さ及び平面の中心に配置した D13 に鉄筋計と, 同じ位置に埋込み型ひずみ計を配置し, 鉄筋及びコンクリートのひずみ, 温度を計測することとした. ここで, 本実験で 1 方向のみに鉄筋を配置することにしたのは, 著者らが板厚 9mm の底鋼板を横リブで補強したロビンソン型合成床版を再現した床版試験体にて実験を行い, 直交する 2 方向のひずみを計測したが, 実験値がほぼ同値であったためである¹⁾. 下面は木製型枠であるが, 鉄筋による鋼材比は 5.2% であり, ロビンソン型合成床版で仮定すると, 9mm の底鋼板と D19 を 150mm 間隔で配置したことに相当する.

表-5 は, 各配合の床版模擬試験体の養生条件を示すものであり, 養生方法イは, アの方法に対して打込み後の散水開始時間を遅らせた条件である.

図-1 に, 材齢 6 ヶ月までの内部鉄筋のひずみを示す. 上述の一軸拘束膨張の結果と同様に, No. 4 の配合にて材齢初期に十分な膨張ひずみが付与されていることがわかる. また, 打込み後速やかに散水養生を開始した方が, 膨張ひずみを付与できることもわかる. 材齢 6 ヶ月までの時点において, いずれの試験体にもひび割れは確認されておらず, 今後, 材齢 1 年の経過まで観察し, コア圧縮強度を確認する予定である.

6. 材齢 2 日の圧縮強度に関する検討(課題②)

表-6 は, JIS A 1108 ($\phi 10 \times 20\text{cm}$) による圧縮強度試験の結果である. 材齢 2 日にて設計基準強度 30N/mm^2 を満足する結果であり, なおかつ, 配合 No. 1 と比較しても膨張材を添加したことによる圧縮強度の低下は見られなかった.

まとめ

本研究を通じ, 鋼コンクリート合成床版に材齢 2 日で設計基準強度 30N/mm^2 を確保するコンクリートを適用する場合において, 早強型膨張材を用いることで所要の初期ひび割れ抵抗性と圧縮強度を確保できることが確認された.

参考文献 1) 北野勇一, 大友直之, 橘吉宏, 田口克也: 急速施工を伴う鋼橋取替え床版への高強度膨張コンクリートの適用性に関する研究: コンクリート工学年次論文集, Vol. 32, No1, pp. 1265-1270, 2010. 7

表-4 一軸拘束膨張

配合	長さ変化率 (10^{-6})		膨張材
	材齢2日	材齢7日	
No. 1	-25	-38	-
No. 3	114	140	EX-3
No. 4	203	235	EX-4

実験値は, 3体の平均値を示す.

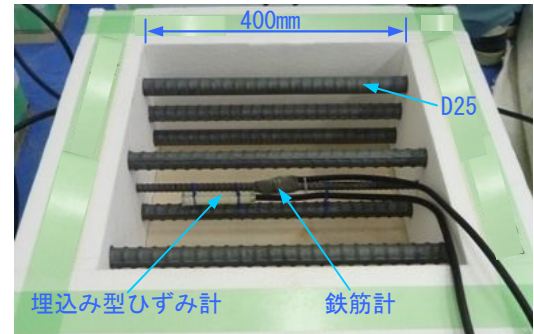


写真-1 床版模擬試験体（打込み前）

表-5 床版模擬試験体の配合と養生条件

床版試験体	配合	養生方法
No. 1	No. 1	(打込み) → 養生剤散布 → 打込み後6~44時間の間散水 → 乾燥 (至1年)
No. 3-ア	No. 3	
No. 4-ア	No. 4	
No. 3-イ	No. 3	(打込み) → 養生剤散布 → 打込み後20~44時間の間散水 → 材齢6ヶ月時点で7回散水 → 乾燥 (至1年)
No. 4-イ	No. 4	

打込み及び養生は, 温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 湿度 $60 \pm 5\%$ の条件で行なった.

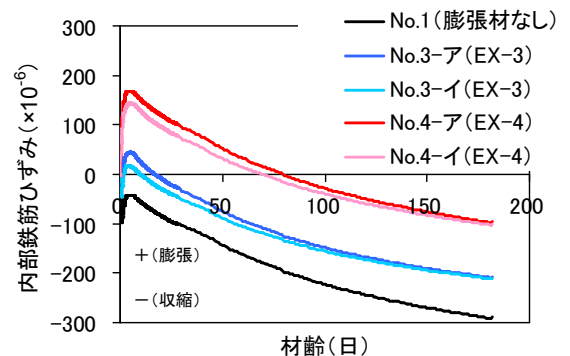


図-1 内部鉄筋のひずみ

表-6 圧縮強度

配合	圧縮強度 (N/mm^2)		膨張材
	材齢2日	材齢28日	
No. 1	41.5	61.0	-
No. 3	45.8	65.3	EX-3
No. 4	41.5	60.4	EX-4

実験値は, 3体の平均値を示す.

養生条件は, $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の試験室にて打込み後, 24時間で脱枠し, それ以後 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の水中にて静置.