

報告

配合面から耐久性向上を図った床版コンクリートと主桁のひずみ挙動について

江頭慶三*, 春日井俊博*, 田中喜一郎*, 久保圭吾, 和田 均*, 宮田朋和*

*一般社団法人日本橋梁建設協会 技術委員会 床版小委員会 (〒105-0003 東京都港区西新橋 1 丁目 6-11)

寒冷地での RC 床版の耐久性向上を目的として、コンクリートのひび割れの抑制や緻密性の向上が期待できる膨張材やフライアッシュを混和材として加え、さらに凍害を抑制するために水セメント比を 45%以下、空気量を 6%にするなど、配合の工夫を行った RC 床版を鋼 2 主桁上に施工し、屋外で 1 年間暴露して床版と主桁のひずみの経時変化のデータを得た。1 年程度の暴露では床版に乾燥収縮などによるひび割れが生じるような挙動は示さなかったが、いくつか特徴的なデータが得られたので以下に報告する。

キーワード: RC 床版, 乾燥収縮, フライアッシュ, 膨張材

1. まえがき

寒冷地や大量に凍結防止剤を散布する環境下での道路橋鉄筋コンクリート床版（以下、RC 床版という）の劣化事例が増えており、これまでに報告されている重交通による疲労現象とは異なる性状を示すものがある。これは凍結融解作用や凍結防止剤の主成分である塩化物と雨水の浸入、さらに輪荷重の繰り返し走行の影響が加わった複合的な劣化と考えられている。しかしその劣化機構

の解明と根本的対策は途上であり、橋面防水に頼っているのが実情である。しかし、橋面防水も完全な対策ではないので、既設橋の補修のみならず、新設橋においてもその対策が求められている。そこで既往の研究成果¹⁾から RC 床版に対して高い耐久性が期待できるコンクリートの配合を検討し、実橋を模擬した実物大 RC 床版として施工実験を行い、施工性について検証を行った。さらに 1 年間の暴露期間中の床版コンクリートと主桁のひずみの経時変化を計測したのでその一部について報告する。

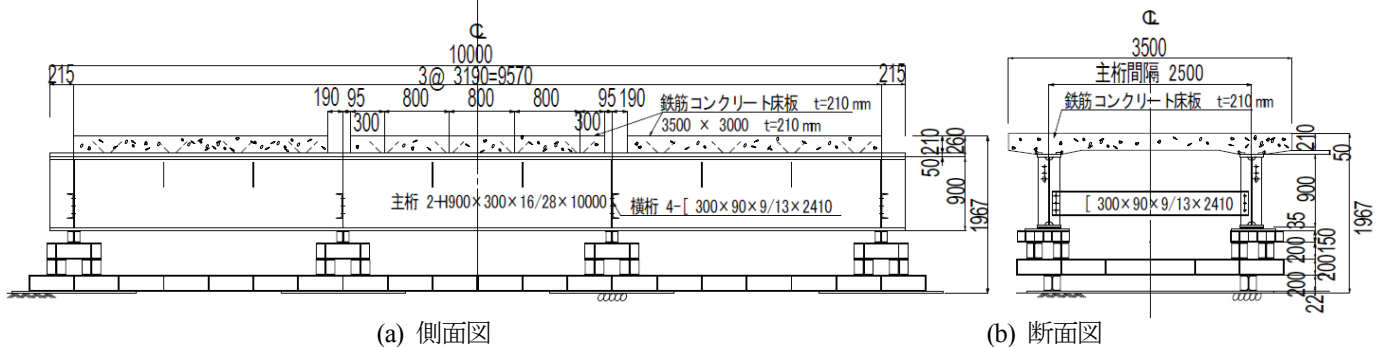


図-1 実物大供試体詳細図

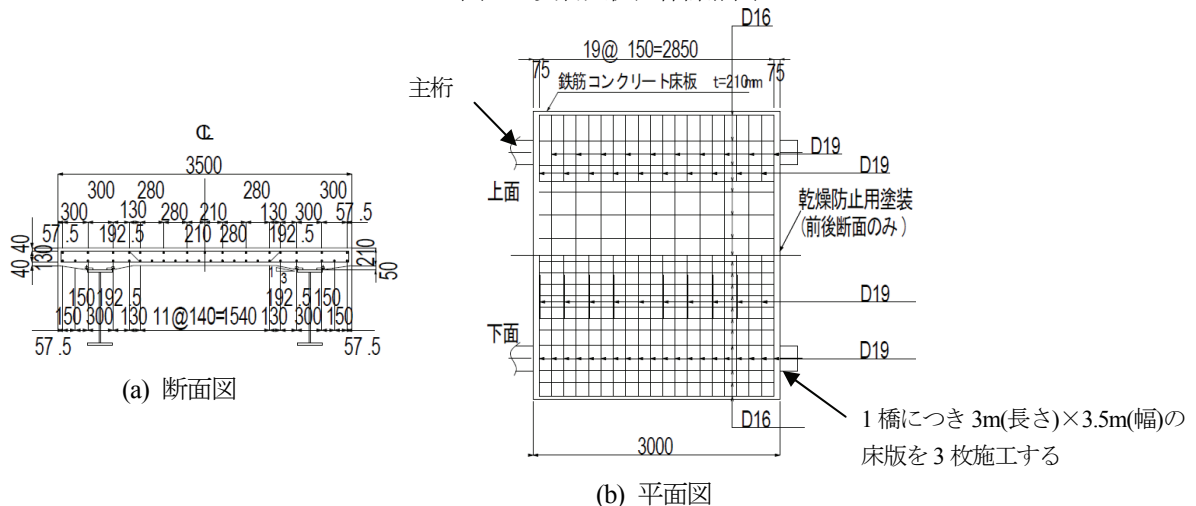


図-2 床版配筋図

2. 実物大実験の要領

実物大供試体の一般図と RC 床版の配筋図を図-1, 2 に示す。供試体は日本大学工学部構内(福島県郡山市)に東西方向に設置した。本実験では主桁の拘束を受けた状態でコンクリートの乾燥収縮や床版との温度差による経時変化を1年間の暴露試験を通して計測する。他にも耐久性評価のため、床版表層の透気性試験などの非破壊試験を行っており、その一部は別稿で報告されている²⁾。

RC 床版の配筋は実際と同等の鉄筋配置であり、内部には埋込型のひずみゲージを、主桁にもひずみゲージを設置した。熱電対を含め、各種センサの配置の詳細を図-3 に示す。これらは各床版供試体の中央に配置した。

なお、主桁は非合成桁であるが、写真-1 に示すとおり上フランジ上面にはスラブアンカー(RB-φ16)だけでなく、支保工と型枠を受ける金具が約1m 間隔で設置されているので、RC 床版は主桁から拘束を受け、暴露試験中は合成桁に近い挙動をすると考えられる。

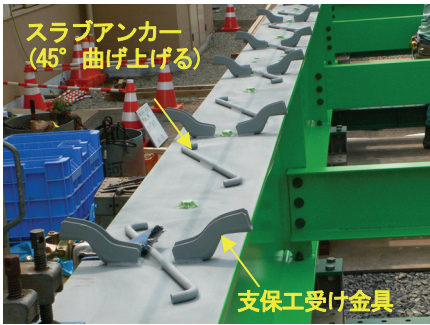


写真-1 支保工受け金具とスラブアンカー

3. 供試体の種別

耐久性を比較することが本実験の目的の一つであるため、本実験では表-1, 2 に示す配合の供試体を製作した。供試体①は比較の基準となる標準仕様であり、供試体②は低品質を想定した仕様となっている。さらに供試体③は凍害・塩害抑制を目的に水セメント比を下げ、空

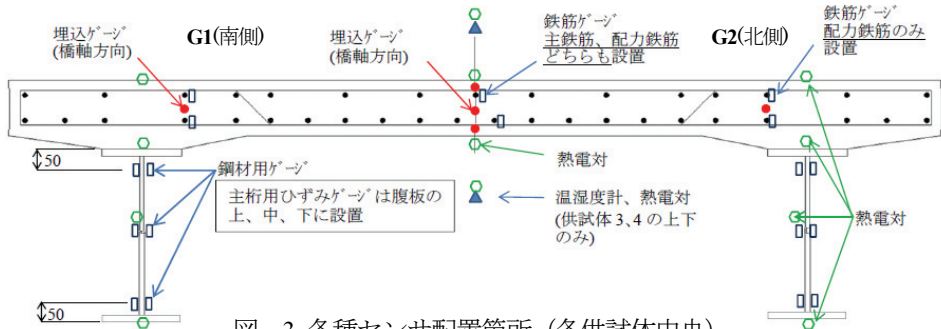


図-3 各種センサ配置箇所（各供試体中央）

表-1 床版供試体種別

供試体番号	コンクリート品質	水セメント比	空気量	養生方法・期間	使用技術
① 標準仕様	標準品質	55%以下	4.5%	湿布養生 7 日間	標準の品質を想定
② 低品質仕様	低品質	65%以下	3.0%	〃	粗悪な品質を想定
③ 高耐久仕様	高耐久品質	45%以下	6.0%	〃	高耐久性案 ^{*1}
④ 最上級仕様	高耐久品質+FA	45%以下	6.0%	湿布養生 7 日間 +封緘養生 84 日	高耐久性案 ^{*1} +FA ^{*2}
⑤ 封緘養生仕様	標準品質	55%以下	4.5%	〃	標準+封緘養生
⑥ 機械仕上げ仕様	標準品質	55%以下	4.5%	湿布養生 7 日間	標準+表面仕上げ機

*1：膨張材添加 *2：フライアッシュを混和材（一部細骨材置換）として添加

表-2 配合表

種類 (コンクリート 品質)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						混和材添加量 (P×%)		
			水	セメント	膨張材	FA	細骨材	粗骨材	Ad ^{*1}	SP ^{*2}	AE ^{*3}
標準	55.0	46.2	172	313	—	—	834	997	1.2	—	0.0016
標準 (封緘養生)											0.0016
標準 (機械仕上)											0.00135
低品質	65.0	49.0	185	285	—	—	899	960	1.5	—	0.002
高耐久	45.0	45.0	161	338	20	—	791	992	—	0.55	0.002
最上級	45.0	45.0	161	338	20	72	709	992	—	0.70	0.01

*1：AE 減水剤，*2：高性能 AE 減水剤，*3：空気量調整剤

表-3 各配合（コンクリート品質別）の施工性の検証結果³⁾

コンクリート品質	床版供試体打込み時の施工性
標準品質 (供試体番号①, ⑤, ⑥)	スランブが 12cm で、施工性に問題無し。15 分程度で打込み、締固めを完了。仕上げの施工性についても問題無し。
低品質 (供試体番号②)	スランブが 12cm で、打込み、締固めは問題無し。その後ブリーディング水が大量に発生した（水深 1cm 程度）。側型枠に孔をあけて排水処理を実施。
高耐久品質 (供試体番号③)	スランブは 12cm であったが、膨張材投入と水セメント比が W/C=45% のため、粘りがある。標準品質と比較して金ゴテ仕上げの施工性だけ低下。
最上級品質 (供試体番号④)	スランブは 18cm であったが、高耐久品質の配合に加え、FA を投入したので水結合比が W/B=37% となり、非常に粘りがある。打込み・締固めは問題無いが、その後に浮上する気泡の塊が、表面で滞留した。金ゴテで押さえてこれを潰しながら仕上げ作業を 4 回実施。

気量を増加させ、乾燥収縮補償として膨張材を添加した高耐久性仕様である。さらに供試体③の配合にコンクリートの緻密化と、塩害・アルカリシリカ反応抑制対策も兼ねて、フライアッシュ（以下、FA という）を加えた最上級仕様を供試体④とした。なお、供試体の⑤、⑥は標準品質のコンクリートに、施工や養生の対策で耐久性を向上させることを目的としたものである。どちらの供試体も床版コンクリート表層の緻密性の向上による耐久性を比較することを目的にしている。

4. コンクリート打込み、締固め、仕上げの施工性

床版コンクリートの打込みは 6 月中旬の晴天の下で行い、その時の気温は 25～30℃であった。本実験はコンク

リートの施工性確認も目的としており、各配合での施工性の検証結果を表-3 に示す。この結果から、最上級品質の供試体④は粉体量が多く、十分な強度($\sigma_{28}=45\text{N/mm}^2$)が発現したので、仕上げの施工性改善のため、W/B を少し大きくするなどの配慮が必要と考えられる。このように、床版は仕上げ面積が大きいので、従来と異なる配合で施工する場合は、打込み・仕上げの施工性を事前に確認しておくことが品質確保のうえで重要である。

5. 計測結果

5.1 橋軸方向ひずみ

各主桁の差が小さいので G2 桁のひずみの経時変化を図-4 に示す。床版、主桁のひずみは図-3 に示した G2

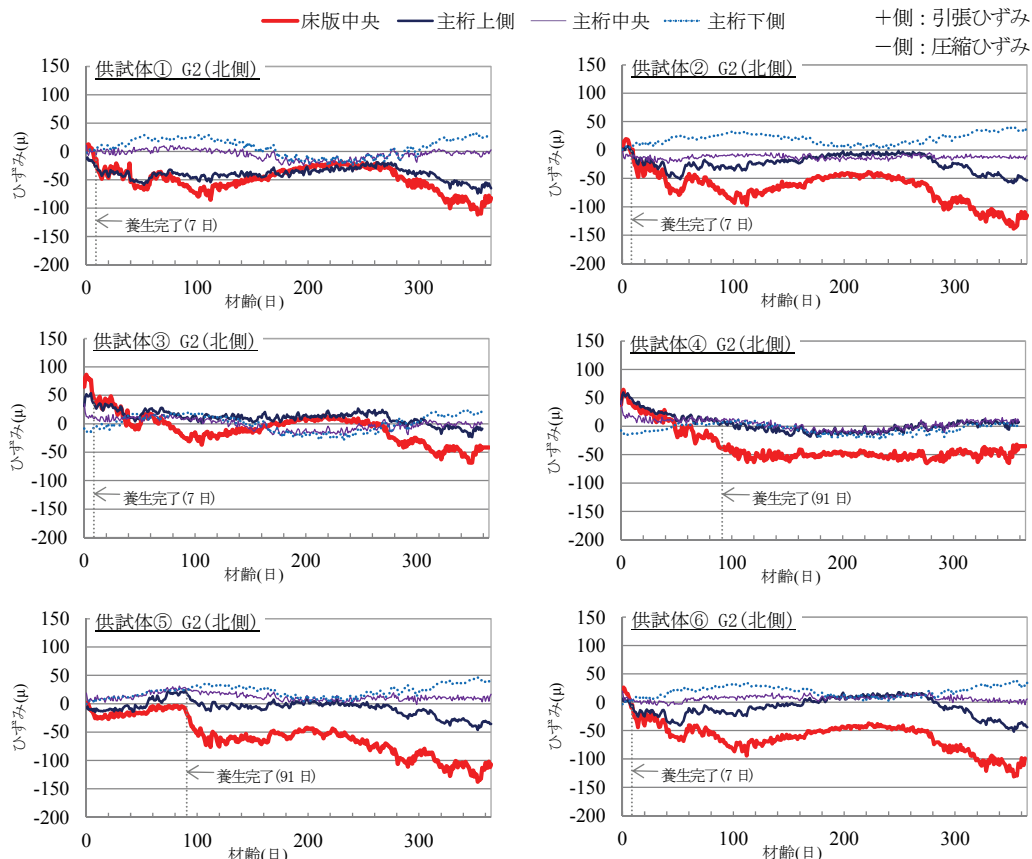


図-4 暴露試験期間（1 年間）の橋軸方向のひずみの経時変化

上の埋込ゲージ、または鋼材用ゲージの値であり、主桁のひずみは表裏の平均値である。100 日目で 9 月下旬、200 日目で 1 月上旬、300 日目で 4 月中旬となる。なお、暴露期間中の床版の上下面における温湿度を図-5 に示す。グラフのデータは 7 日毎の平均値を示している。

この結果から、膨張材を加えた供試体③、④は初期の段階で 50~100 μ 程度の膨張ひずみが認められる。FA の併用や低水セメント比においても膨張材適用は問題ないと判断される。また、供試体④(最上級仕様)は FA のポズラン反応促進のため、3 ヶ月間の封緘養生を行った。しかし、養生期間中に 100 μ 程度の自己収縮が生じ、膨張材による初期の膨張ひずみが相殺された。ただし、養生後は乾燥収縮の進展が認められない。供試体⑤(封緘養生仕様)もコンクリートの緻密化のため 3 ヶ月間の封緘養生を実施した。普通セメントだけの配合のため自己収縮は生じなかったが、養生完了時から乾燥収縮が急速に進行し、供試体①、②と同程度の収縮ひずみを示した。

なお、供試体①、②、③、⑥は床版のひずみが 120 日程度まで(10 月中旬)は緩やかに収縮方向に進んでいたが、それ以降は 1 月下旬の最も気温が下がる時期まで膨張方向にひずみが反転し、春に向けて気温が上昇すると、再度収縮方向にひずみが反転している。年間を通じて相対湿度は 60~80% の間にあり、冬期は積雪もあり、乾燥収縮の進行を抑える環境が継続したことが要因と考えられる。この点に関しては本実験の課題と考え、主桁からの影響を含めてさらに検討を行う予定である。

5.2 断面のひずみ分布

供試体①の断面のひずみ分布を図-6 に示す。夏の朝と日中の 2 つの時間帯において、各断面で床版が圧縮ひずみ、下フランジが引張ひずみとなっており、共に平面保持に近いひずみ分布となっている。また、日中の時間帯は床版側が高温になっているが、ひずみの分布は朝とほとんど変化が無い。他の供試体についても断面図として示さないが、図-4 の床版と主桁の各位置におけるひずみの差から床版の収縮・膨張挙動に応じて主桁のひずみも連動し、平面保持が成立していると判断できる。

また、床版支間中央部と主桁上のコンクリートのひずみを比べると、主桁上で 50~100 μ 小さい。これは床版の乾燥収縮が主桁によって拘束されているためである。

6. まとめ

本稿では実物大供試体の暴露試験におけるひずみ分布について報告した。1 年間の暴露試験では、低品質の配合でも供試体にひび割れが生じる程の乾燥収縮が生じなかったが、床版コンクリートの高耐久化を目的とした配合を計画する場合は以下の点に注意すべきである。

①FA を添加する場合は自己収縮が 3 ヶ月程度継続するのでこの期間中は十分なポズラン反応の促進も兼ね

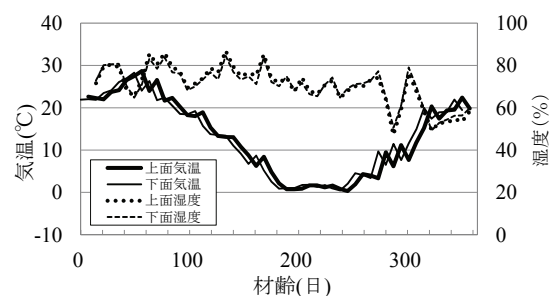


図-5 暴露試験期間中の外気温と相対湿度

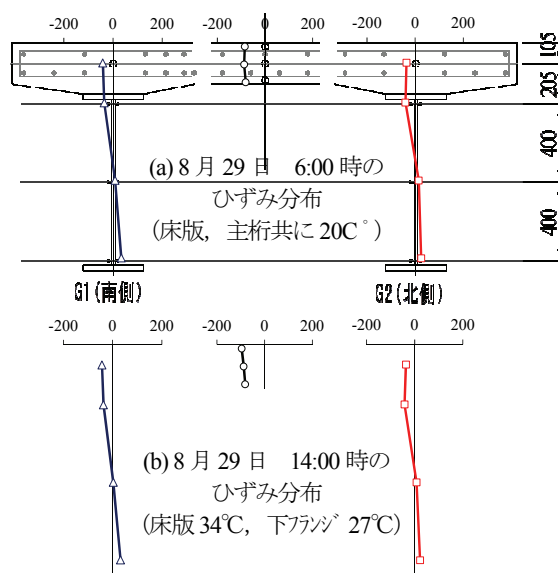


図-6 床版-主桁断面のひずみ分布(供試体①)

て養生を継続するのが望ましい。

②主桁からの拘束の影響は床版支間中央部より主桁上が大きい。その分、より大きな引張応力が床版に生じている可能性がある。

③非合成桁であってもスラブアンカーや支保工受け金具が密に設置されている場合は、乾燥収縮のひずみに対しては合成桁の平面保持に近い挙動をする。

さらに、本供試体からコアを採取して塩害、凍害の促進試験も実施しており、今回得たひずみデータとの関連を加えて今後報告する予定である。

最後に、本研究は日本大学工学部、太平洋セメント(株)、スリーエムジャパン(株)、三井住友建設(株)、BASF ジャパン(株) と共同で実施した。関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 東北コンクリート耐久性向上委員会:東北地方におけるコンクリート構造物設計・施工ガイドライン(案), 2009.3.
- 2) 岩城, 江頭, 岸良, 渡邊, 樋口, 阿合:「ロハスの橋」プロジェクト, 橋梁と基礎, pp.26~31.2016.2.
- 3) 小林, 田中, 出口, 袋, 佐々木:寒冷地高耐久 RC 床版に向けた施工実験, 土木学会第 71 回年次学術講演会概要集, I-523, 2016.9.

(2016 年 7 月 18 日受付)