

新気仙大橋の高耐久 RC 床版についての検討 その 1 (配合検討と ASR 反応性試験)

横河ブリッジホールディングス 正会員 ○石井博典 正会員 榎村康介
 東京大学 フェロー会員 石田哲也 正会員 田中泰司
 横浜国立大学 正会員 細田暁 前橋工科大学 正会員 佐川孝広
 国土交通省東北地方整備局南三陸国道事務所 阿部 千枝
 元国土交通省東北地方整備局 正会員 佐藤 和徳

1. はじめに 新気仙大橋は、復興道路である三陸沿岸道路の一部として岩手県陸前高田市で気仙川を渡河する鋼 7 径間連続非合成箱桁橋 (RC 床版) である (図-1)。本橋は津波浸水区域を回避した気仙川河口より約 3km、地表部より約 30m の高台部に設けられており、冬期には凍結防止剤が散布されるため、塩害の影響を受けやすいと考えられた。また、東北地方の既設 RC 床版においては、塩害に加えて凍害、ASR、疲労等の損傷が多くみられることから、それらの劣化に対する十分な対策が重要である。耐凍害性、耐塩害性、耐 ASR 性能の高いコンクリートとしては「フライアッシュ (以下、FA) コンクリート」があるが^{1), 2)}、本橋のように使用量が多い場合 (打込み量 1500m³)、材料供給の面から採用が困難であった。そこで、本橋では、FA と並び ASR の抑制効果が高いとされる高炉セメントを用いたコンクリートによる RC 床版の高耐久化について検討し、実橋の RC 床版に採用した³⁾。一般に、高炉セメントは水密性が向上する、塩化物イオン浸透抑制に効果がある、ASR の抑制効果が大い、という利点がある半面、初期強度が小さい上に自己収縮が大いいため、特に鋼桁による拘束の大きな鋼橋 RC 床版においては硬化初期にひび割れが発生する可能性が大い、という課題が指摘されていた。本稿では、高炉セメントの採用にあたって実施した各種検討のうち、基本的な性能である①圧縮強度確認試験結果、②耐 ASR 性能を確認するための ASR 反応試験、③耐ひび割れ性能を検討するための膨張収縮試験について報告する。

2. 配合検討 配合検討では、東北地方整備局共通仕様書「RC スラブ他の標準仕様基準⑫」を基本配合 (基本配合 O) として、新気仙大橋で採用された高炉セメント B 種を用いた配合 (改良配合 C) の他、文献 1) の橋梁で採用された FA を用いた配合 (改良配合 B)、普通セメントを用いた高耐久配合 (改良配合 A)、高炉セメントに FA を加えた配合 (改良配合 D)、以上 5 つの配合について検討した。改良配合 A~D のひび割れ対策については、膨張材を 20kg/m³ 添加するとともに、湿潤養生を 28 日間以上とする 2 つの対策を基本とした。また、空気量を荷卸時 6.0% (5.0~6.9%)、水結合材比を 45%以下とすることにより、凍害や塩害、疲労耐久性を向上させる多重防護を行うものとした。検討した 5 つの配合の概要を表-1 に示す。なお、これらの改良配合は文献 4), 5) に準拠した配合となっている。

2. 圧縮強度試験 材齢 7, 28, 56, 91 日の圧縮強度試験結果を図-2 に示す。改良配合 B の初期強度が低い、その後、強度が増加し、材齢 91 日では配合 O と同程度となっている。初期強度が低いとされる高炉セメント B 種を用いた配合 C, D において、材齢 7 日の強度から高く、圧縮

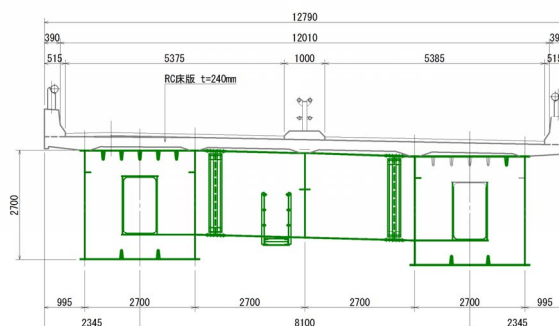


図-1 検討対象橋梁(新気仙大橋)

表-1 検討した5つの配合

配合名	特徴	セメント種類	水結合材比 ^{※1} W/B [%]	膨張材 Ex [kg/m ³]	空気量 Air [%]	骨材	FA
基本配合 O	普通コンクリート (東北地整標準)	N	55以下	なし	4.5 ± 1.5	石灰砕砂、陸砂、石灰碎石	-
改良配合 A	普通コンクリート (高耐久)	N	45以下	20	6.0 5.0~6.9	石灰砕砂、陸砂、石灰碎石	-
改良配合 B	FAコンクリート (高耐久、向定内橋仕様)	N	45以下	20	6.0 5.0~6.9	石灰砕砂、陸砂、石灰碎石	セメントの20%相当量のFAを投入。
改良配合 C	高炉セメント (高耐久)	BB	45以下	20	6.0 5.0~6.9	石灰砕砂、陸砂、石灰碎石	-
改良配合 D	高炉セメント (高耐久+FA)	BB	45以下	20	6.0 5.0~6.9	石灰砕砂、陸砂、石灰碎石	セメントの5%相当量のFAを投入。

※1 W/BのBにはFAを含める。

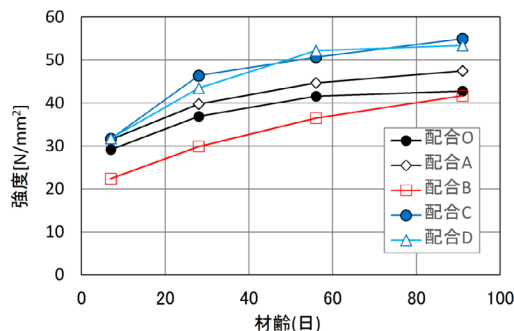


図-2 圧縮強度試験結果

Keywords: 東北地方, RC 床版, ASR, ひび割れ, 高炉セメント

連絡先: 〒261-0002 千葉県千葉市美浜区新港 88 番 TEL043-247-8411

強度がいずれの材齢においても他の配合と比較して高い結果となった。

3. ASR 反応性試験

硬化コンクリートの ASR 抵抗性は、ASR 反応性試験法 (JCI-AAR-4.1)、および東北地方整備局のガイドラインに記載されている SSW コンクリートバー法により確認した。ASR 反応性試験法 (JCI-AAR-4.1) は、NaOH を添加してアルカリ量を $5.5\text{kg/m}^3\text{-NaOH}$ 当量に調整して作製した

$75\times75\times250\text{mm}$ のコンクリートバーを、 1.5mol/l の NaOH 溶液で濡らした湿布で覆い、ラップで密閉した後、格納容器に入れて 60°C で 6 か月間保管し、膨張率および質量変化率を調べる試験である。SSW コンクリートバー試験法は、NaOH を添加してアルカリ量を $2.4\text{kg/m}^3\text{-NaOH}$ 当量に調整して作製した $75\times75\times250\text{mm}$ のコンクリートバーを、 $20\%\text{NaCl}$ 溶液で濡らした吸取り紙で包み、密閉されたビニール袋の中に入れ、 40°C で 26 週間保管し、膨張率および質量変化率を調べる試験である。なお、双方の試験とも、膨張材はセメントに置換して試験体を製作した。試験結果を図-3,4 に示す。普通セメントを用いた基本配合 O、改良配合 A は、ASR 反応性試験、SSW コンクリートバー試験ともに、大きく膨張する結果となった。それに対し、FA を添加した配合 B、セメントを高炉セメント B 種とした配合 C,D はほとんど膨張しない結果となった。FA、および高炉セメントが ASR に対して有効であることが確認できた。

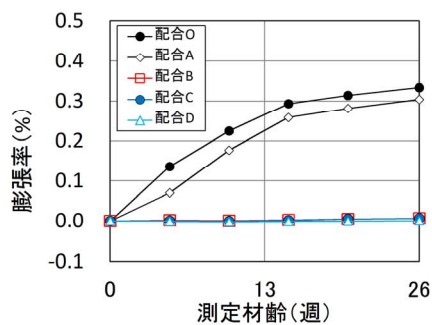


図-3 ASR 反応性試験 (JCI-AAR-4.1)

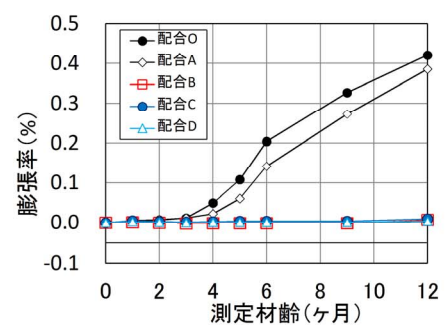


図-4 SSW コンクリートバー法試験

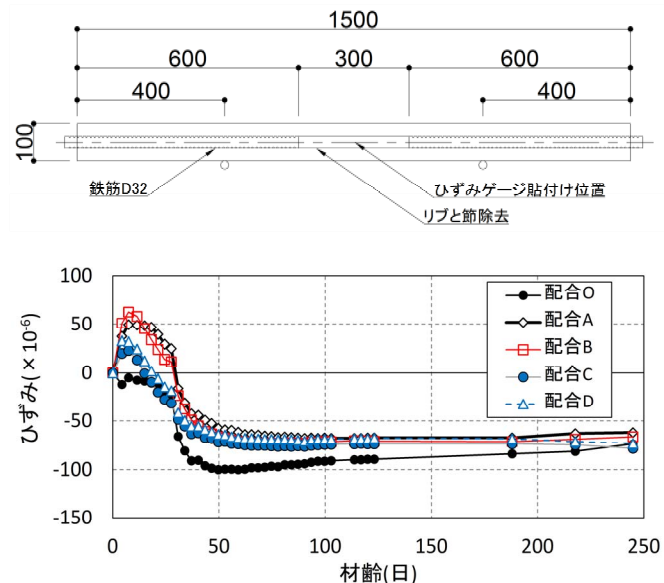


図-5 コンクリートの自己収縮応力試験結果 (JCI-SAS3-2)

4. ひび割れ抵抗性能確認試験

ひび割れ抵抗性については、JCI-SAS3-2 コンクリートの自己収縮応力試験方法により行った。供試体は $100\times100\times1500\text{mm}$ の角柱供試体で、鉄筋には長さ 1600mm の異形棒鋼 (D32) を用いた。鉄筋の中心 300mm のリブ、節を除去、研磨し、直径 28mm の円形断面とした。鉄筋の中央部の表裏に 2 枚、ひずみゲージを貼付して、鉄筋ひずみの経時変化を計測した。湿潤養生期間 28 日経過後に脱型し、コンクリートにひび割れが生じるまで恒温恒湿室で乾燥させた。打込み完了時から 250 日間の鉄筋ひずみの経時変化を図-5 に示す。膨張材を用いない基本配合 O では硬化初期から収縮し、最大で 100×10^{-6} 程度の圧縮ひずみが発生した。膨張材を用いた改良配合 A~D では、硬化初期の膨張の影響により 50×10^{-6} 程度の引張側のひずみが生じたのちに収縮側に転じている。最終的には $50\sim70\times10^{-6}$ 程度の圧縮側のひずみに落ち着いた。基本配合 O については微細なひび割れが観察されたが、改良配合 A~D ではひび割れは発生しなかった。改良配合 A~D については膨張材の効果が同様にみられたこと、比較的厳しい拘束条件下にも関わらず、ひび割れは発生しなかったことが確かめられた。

5. まとめ

高炉セメントの実橋床版への適用のため、強度試験、ASR 反応試験、自己収縮応力試験を実施した。その結果、今回採用した高炉セメントを用いた配合においては、圧縮強度が初期強度含めて普通セメントを用いた配合よりも高いこと、耐 ASR 性能に優れていること、膨張材と 28 日間の養生の効果により収縮を抑制できることが確認できた。

参考文献 1) 榊原直樹, 工藤和信, 田中泰司, 子田康弘, 石田哲也, 岩城一郎: フライアッシュコンクリートを用いた高耐久床版の施工, 橋梁と基礎 Vol.49 No.9, 2015.9, 2) 岩城一郎, 江頭慶三, 岸良竜, 渡邊法久, 樋口正典, 阿部延明: 「ロハスの橋」プロジェクト, 橋梁と基礎 Vol.50 No.2, 2016.2 3) 大濱ら: 高炉セメントを用いたコンクリートによる高耐久床版の開発, 橋梁と基礎 Vol.51 No.2, 2017.2, 4) S I P インフラ 維持管理・更新・マネジメント技術: 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), 2016.10, 5) 国土交通省東北地方整備局南三陸国道事務所: 東北地方における RC 床版の耐久性確保の手引き (案), 2016