

東海道新幹線浜名橋りょうにおける橋脚修繕方法の検討（配合試験、施工試験）

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○讃岐 賢太 正会員 石原 匠
正会員 佐藤 浩二 了戒 次郎 松崎 晋一郎

1. はじめに

静岡県西部の汽水湖である浜名湖を横断する東海道新幹線浜名橋りょう（図-1）は、塩害に対する耐久性等の向上を目的に、過去、鉄筋コンクリートの巻立を施工した。近年、飛来塩分等により巻立部に鉄筋腐食等が確認されている。そのため、機能の維持回復を目的に、巻立コンクリートの撤去・再巻立による修繕工事に着手している。再巻立の材料は、高炉スラグ微粉末、フライアッシュを混合した三成分系のコンクリートとエポキシ樹脂塗装鉄筋である。本稿では、本橋りょうの修繕工事に用いる三成分系コンクリートの採用にあたっての配合計画、養生方法及び施工性に関して、事前に検証した内容について報告する。

2. 実施工における課題

課題は主に「配合・養生の方法」と「施工上発生する打継目処理」の2点である。前者については、必要な性能を確保しつつ、当現場に適したフレッシュ性状が得られるコンクリートの配合・養生を検討した。後者については、修繕工事を図-2のようにSTEP1～3の施工区画毎に、橋脚のはつり・鉄筋の撤去・配筋・断面修復するため、施工区画の境界には鉛直打継目が発生する。この打継目周辺には、水密性低下や両端拘束によるひび割れや付着切れが想定され（図-3）、塩害に対する弱点となる可能性があり、対策を講じた。

3. 配合試験

配合検討は、一定量の高炉スラグ微粉末、フライアッシュ（以下、FA）を混和材として添加し組織を緻密化することで、Cl-の浸透が停滞する事例の報告¹⁾やメカニズム²⁾が研究されていることを参考に、混和材の種類や置換量をパラメータとし、全10ケースを実施した（表-1）。Case2～7はFAを外割10%添加した三成分系セメント（普通、早強タイプ）、Case8～10はBCやFCの各セメントC種相当の置換量やFAを外割20%添加した三成分系セメントとし、混和材の高置換タイプの配合を計画した。試験練りの結果、図-4の通り全ケースで設計基準強度を満足しスランプ値も許容差内に収まった。耐久性の観点からは低水セメント比の配合を選定することが望ましいが、フレッシュ性状・強度発現・粘性による施工性低下やプラント対応能力等を踏まえCase4を選定した。なお、実施工では、一般的に使用される高炉スラグB種に外割10%のFAを手投入することで同程度の置換量を再現した。なお、収縮によるひび割れや打継目の



図-1 浜名橋りょう

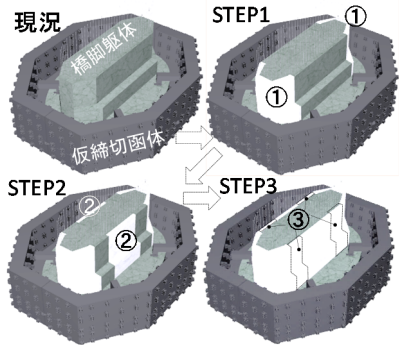
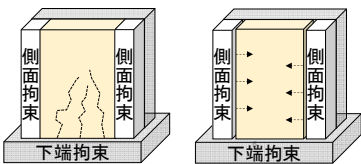


図-2 施工ステップ



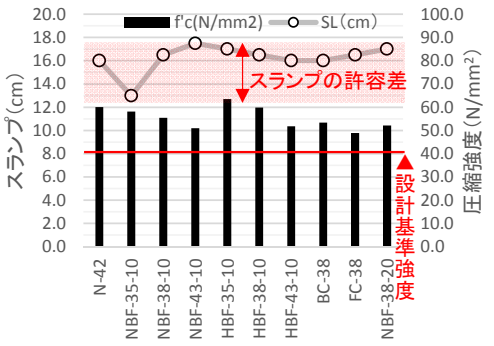
【収縮によるひび割れ】【打継目の付着切れ】

図-3 不具合のイメージ

表-1 配合試験のケースと試験結果

	記号	W/B [%]	s/a [%]	air [%]	sl [cm]	単位量[kg/m3]								
						W	C	H	B	FA	S	G	SP C×%	AE
1	N-42	42	45.7	4.5	15	160	381	-	-	-	804	985	0.650	0.5
2	NBF-35-10	35	45.7			160	205	-	206	46	762	933	0.450	13.0
3	NBF-38-10	38	45.7			160	190	-	189	42	778	952	0.500	10.0
4	NBF-43-10	43	45.7			160	168	-	167	37	796	976	0.500	7.0
5	HBF-35-10	35	45.7			160	-	205	206	46	762	933	0.600	7.0
6	HBF-38-10	38	45.8			160	-	190	189	42	778	950	0.550	5.0
7	HBF-43-10	43	45.7			160	-	168	167	37	796	974	0.500	4.0
8	BC-38	38	45.6			160	126	-	295	-	778	955	0.425	1.0
9	FC-38	38	45.8			160	337	-	-	84	778	950	0.550	15.0
10	NBF-38-20	38	45.7			160	148	-	189	84	770	944	0.500	13.0
NBF：普通ポルトランドセメント+高炉スラグ微粉末+フライアッシュ HBF：早強セメント+高炉スラグ微粉末+フライアッシュ BC：高炉セメントC種 FC：フライアッシュセメントC種						B：高炉スラグ微粉末 FA：フライアッシュ SP：高性能AE減水剤 AE：AE剤								

図-4 試験結果



キーワード 塩害、エポキシ樹脂塗装鉄筋、耐塩、三成分、フライアッシュ、打継目
連絡先 〒450-6101 東海旅客鉄道株式会社 建設工事部 土木工事課

付着切れを防止するため当配合に膨張材を添加、収縮補償する配合に修正した。添加量は土木学会示方書³⁾に記載のある標準添加量 20kg/m^3 で所定の膨張率 $150\sim 250\times 10^{-6}$ を満足することが確認できた。

4. 養生方法の検討・暴露試験

耐塩性向上を目的に表層品質を確保する取組みとして、近年開発が進んだ技術から、排水・湿潤連続養生とシート養生を選定、本配合での適応性を検証するため、 200mm 角の立方供試体を作製、湖内の水中・干満帯・飛沫帯に暴露した。180,360,700day の各期間でコア片を採取、Cl⁻の浸透深さを測定した。図-5の通り水中での暴露期間 360day では、深さ 15mm 以深の区間で N に比較して NBF の Cl⁻含有量が低く停滞が見られ、配合特性の持つ遮塩性の効果が確認できたが、養生方法の違いによる大きな差は確認できなかった。

5. 施工試験（充填試験）

前章より確定した本配合の施工性を確認する目的として、図-6 に示す通り実際の施工環境、配筋を模擬した試験体を使用し打設試験を行った。鉄筋裏にあたる箇所は、打設中の充填状況を目視観察するために透明型枠を配置、かぶり側にあたる箇所は、通常の合板型枠と前述した排水・湿潤連続養生の透水性型枠を配置し施工性を比較した。結果、粘性の高い配合ではあるが、狭隘用の小型バイブレーターや型枠振動機を併用することで、鉄筋裏の充填状況(図-7)や一連の作業を通して施工性に問題は無いことが分かった。また、脱型後の目視確認では透水性型枠を使用したケースで試験体上部の気泡が少なかったが、表層品質を評価するために Torrent 法による透気試験を実施した結果、型枠の種類を問わず透気係数は $0.01\times 10^{-16}\text{m}^2$ 以下となり「優」のランクであった。

6. 打継目に着目した拘束試験

耐塩性の弱点となる可能性のある打継目の性能を確認する目的として、前述した試験体を転用し両端に拘束部を配置した試験体を作成、中央の拘束部にコンクリートを打設、打継目を意図的に再現し界面の付着強度試験（建研式）と透水試験（インプット法）を実施した(図-8)。打継目界面はウォータージェットにより目荒しを行った。結果、 1.0N/mm^2 以上の付着強度が確保可能であること、透水試験では図-9 の通り打継目無しの場合と比較して約 8 割程度水密性が劣る結果が確認でき、干満により浸漬する範囲の打継目は表面被覆工法を併用する計画とした。

7. まとめ

塩害対策に特化したコンクリート配合を検討し、実環境を模擬した施工試験で十分な充填・施工性を確認した。今後は、実橋脚の修繕で確実に品質が確保できるよう厳正に施工管理を実施していく。最後に、本検討にあたり、多大なるご尽力を頂きました大成建設株式会社、鹿島建設株式会社の皆様に深く感謝の意を表する。

参考文献 1)高橋ら：微小空隙中の塩化物イオン・液状水移動に着目したセメント硬化体の遮塩性能評価モデル：土木学会論文集 E2,Vol.70,No.1,2014 2)高橋ら：実構造物中のフライアッシュコンクリートへの塩分浸透性状と調査時材齢の影響に関する研究：コンクリート工学年次論文集,Vol.32,No.1,2010 3)土木学会：2017 年制定 コンクリート標準示方書 [施工編：特殊コンクリート]：5 章 膨張コンクリート P258,259

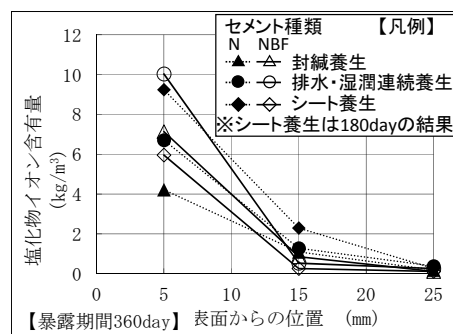


図-5 暴露試験結果

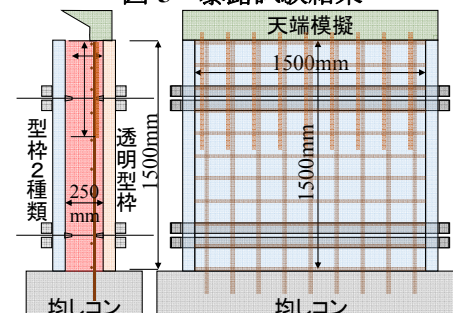


図-6 模擬試験体



図-7 充填状況

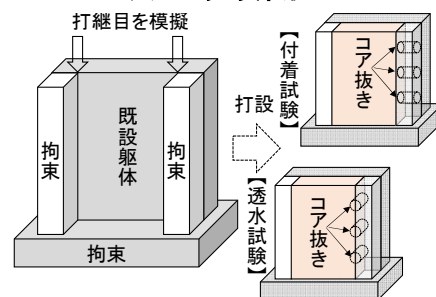


図-8 付着強度・透水試験

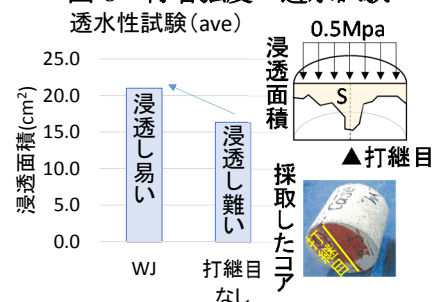


図-9 透水試験結果