

厳しい劣化環境下における高耐久床版の施工方法検討

日本大学	正会員	岩城 一郎	東京大学	正会員	石田 哲也
国土交通省東北地方整備局		佐藤 和徳	東京大学	正会員	田中 泰司
(株)大林組	正会員	○森澤 海里	日本大学	正会員	子田 康弘

1. はじめに

フライアッシュは、コンクリートに混和することにより、水和熱による温度上昇の抑制や乾燥収縮の減少、塩分浸透抵抗性の向上、アルカリシリカ反応(ASR)の抑制などの効果を期待でき、コンクリート構造物の高耐久化に適した混和材料である。しかし、これらの効果を反映させたフライアッシュコンクリートの耐久設計手法は確立されておらず、積極利用には至っていない。特に、橋梁上部工への適用例は少ない。そのような現状の中、2015年3月に、向^{むかい}定内橋において、フライアッシュコンクリートを用いた高耐久床版を施工した。本稿は、その施工に際して行った配合設計と試験施工について報告するものである。

2. 橋梁概要と劣化対策

向定内橋は、岩手県釜石市に位置する橋長 44.5m、幅 12.78m の鋼単純非合成鈹桁橋である。釜石市における冬季の月平均最低気温は約-3℃と低いことから凍害が懸念され、大量の凍結防止剤散布による塩害の影響も受けやすい。近年、東北地方のコンクリート床版で複合劣化による土砂化が散見されることから、厳しい環境下に置かれるコンクリート床版には、耐凍害性、耐塩害性、耐 ASR 性と耐疲労性が必要といえる。本橋では、各々の要求性能に対して 2 つ以上の対策を講ずることで多重防護（図-1）とし、高耐久化を目指した。

3. 配合設計

高耐久床版施工のキーとなるのが、フライアッシュの使用である。フライアッシュを砂置換して使用することで、初期強度の低下を回避した。表-1 には、試験練りの結果、決定したフライアッシュコンクリートの配合を示す。水結合材比(W/B)は 45%以下とすることでコンクリートの組織を密実なものとし、さらに膨張材を添加することによりひび割れ発生の抑制を図っている。フライアッシュ使用量は、耐塩害性や耐 ASR 性の観点から、セメントの約 20%としており、その細骨材容積置換率は 11.5%と、文献²⁾で推奨されている範囲(10~15%)内に収まっている。また、耐凍害性向上のために現場受入れ時の空気量規格値を 6.0±0.9%とした。なお、これらの仕様はロハスの橋プロジェクトにおける研究成果³⁾を参考に決定した。

4. 試験施工

コンクリートを生コン工場で製造、アジテータ車で運搬した後、試験体（縦 90cm×横 90cm×厚さ 25cm）を作製し、表-2 の項目について比較・検討を行った。

(1) コンクリートの締固め時間

図-2 には、コンクリートの締固め時間と空気量の関係を示す。現場受入れ時の空気量

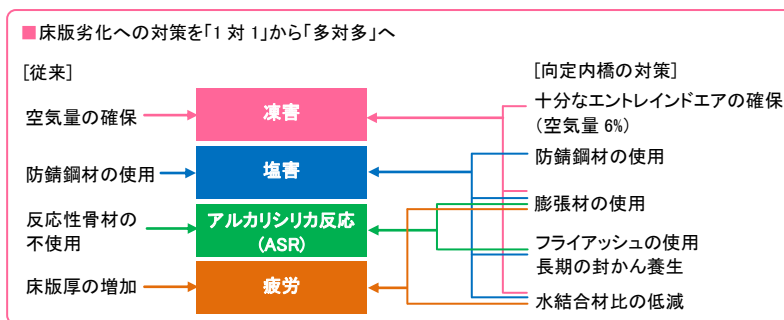


図-1 多重防護による劣化対策¹⁾

表-1 フライアッシュコンクリートの配合

呼び 強度 (N/mm ²)	W/C (%)	W/B (%)	スラ ンプ (cm)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
						水 (W)	セメ ント (C)	膨張材 (EX)	フライ アッシュ (FA)	細骨材 (S)	粗骨材 (G)	混和剤 (Ad)
24	54.8	42.4	12	6.0	43.3	155	283	20	62.5	567	1010	3.03

キーワード フライアッシュ、凍害、塩害、アルカリシリカ反応、土砂化、多重防護

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 生産技術本部 技術第一部 TEL03-5769-1322

表-2 試験施工の項目と結果

着目点	項目	結果	試験体 No.
運搬	スランブと空気量の変化	スランブ: (プラント) 14.5cm→(現場) 12.0cm, 空気量: (プラント) 6.6%→(現場) 6.3%	-
締固め	エポキシ樹脂塗装鉄筋の損傷効果	膜厚: (衝突前) 233μm→(衝突後) 203μm[先端ゴムなし], 219μm[先端ゴム付]	2
	締固め影響範囲	φ 60, 50, 40mm: 30cm, φ 20mm: 15cm (目視確認)	1
	締固め時間と空気量の関係	5 秒: 4.9%, 10 秒: 4.2%, 15 秒: 3.9%	2~4
打重ね	N 式貫入試験	打重ね許容時間: 200 分	5
	打重ね試験	打重ね時間=2 時間, 3 時間 →双方ともに連続体である (コアの目視確認)	6, 7
仕上げ	最終仕上げ時期	約 6 時間	1~7
養生	養生温度とコンクリート温度	底型枠下面: ジェットヒーターによる給熱, 上面: エアマットによる保温→初期凍害なし	3

は 6.3%であったが、締固めにより 1~2%程度低減しており、締固め時間を 15 秒とすると、硬化コンクリートの空気量は 4%未満となった。硬化後の空気量が 4%以上であることと施工面から、締固め時間は、5~10 秒が適切である。

(2) 打重ね時間

図-3 に貫入抵抗値と N 式貫入深さの試験結果を示す。室内試験による貫入抵抗値と N 式貫入深さから、打重ね限界（貫入抵抗値=0.1N/mm²）での N 式貫入深さは 55mm となり、この値を用いると現場での N 式貫入試験から、打重ね許容時間は 200 分となった。

(3) 仕上げ時間と養生方法

図-4 に外気温、コンクリート温度、養生温度を示す。試験にあたっては、ジェットヒーターを使用して給熱することによりコンクリート底枠下面を 20℃で制御した。また、上面には少量の給水で湿潤状態を保つことができる液体搬送フィルムとエアマットを敷設することで、コンクリート表面の温度は速やかに上昇し、翌朝には 15℃近くの温度を保っており、コンクリートの初期凍害防止が可能であることがわかった。

5. 実施工への反映

試験施工で得られた結果から、施工方法を検討し、実橋での施工に反映させた (表-3)。養生については、床版下面をジェットヒーターで給熱養生し、上面を液体搬送フィルムと 2 枚仕様のエアマットを 2 層 (4 枚重ね相当) 敷設して湿潤・保温養生を行った。また、底型枠脱型後には保水養生テープを貼り、湿潤養生を打設後 3 か月間実施した。

6. おわりに

試験施工によってフライアッシュ入り高耐久床版の施工方法を確立した。実施工においても初期凍害やひび割れの発生は認められず、良好な品質を確保できた。

参考文献

- 1) 日経 BP 社：日経コンストラクション, No.613, pp.46-49, 2015.4.13
- 2) 土木学会四国支部：フライアッシュを細骨材補充混和材として用いたコンクリートの施工指針 (案), 2003.3
- 3) 岩城ら：「ロハスの橋」プロジェクトの紹介, 橋梁と基礎, 2016.2

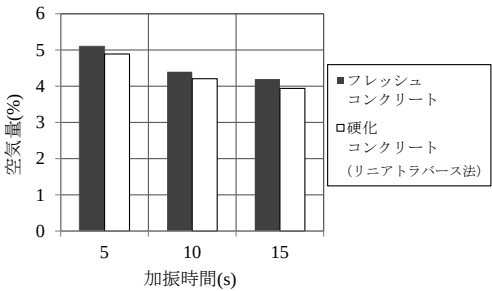


図-2 空気量変化

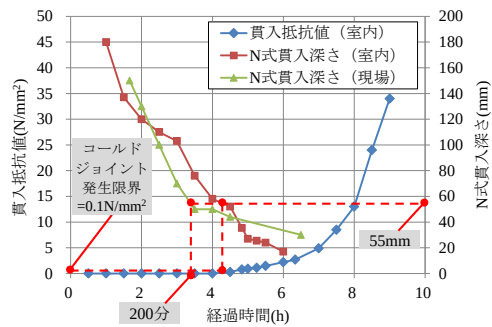


図-3 貫入抵抗値と N 式貫入深さ

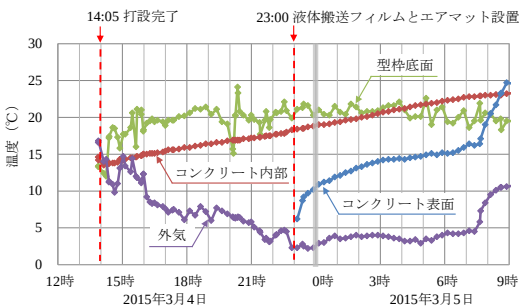


図-4 温度計測結果

表-3 実施工への反映

項目	施工方法
締固め	先端ゴム付パイププレートを使用
	筒先: φ 50mm, 後追い: φ 40mm
	挿入間隔: 50cm
	締固め時間: 8 秒
打重ね	打重ね管理時間: 150 分
養生	下面: 給熱養生 (目標温度: 15℃), 上面: 液体搬送フィルム+エアマット