# 沖縄県海上橋下部工に適用したフライアッシュコンクリート温度ひび割れ低減効果


| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 前田建設工業 | 正会員 | ○角　翼 | 正会員 | 江頭　俊郎 | 正会員 | 平川　彩織 |
| 前田建設工業 | 正会員 | 坂口　伸也 | | 琉球大学 | 正会員 | 富山　潤 |
| アール・アンド・エー | 正会員 | 風間　洋 | | 琉球セメント | | 山里　将吾 |
| 金城キク商会 | | 山内　秀樹 | | リウゼン | | 佐久間盛和 |


## 1. はじめに

沖縄県は，台風や冬期季節風による飛来塩分が内陸部まで運ばれる厳しい塩害環境であり，塩害および細骨材による遅延膨張性のアルカリシリカ反応などの劣化損傷が確認されている．そのため，コンクリート構造物の高耐久化を目的としてフライアッシュコンクリート（以下，FAC）の適用が検討されている[1)]．フライアッシュは沖縄県産を使用することで地産地消の役割も担っている．

著者らは，海上橋下部工の施工にあたり，上述の耐久性の向上効果への期待の他に，橋脚部のマスコンクリート対策として FAC を適用した．本報では，FAC の温度応力ひび割れの抑制効果について評価した結果について報告する．

## 2. FAC 適用工事概要

FAC は平成 25 年度港川高架橋下部工（下り P6、P7）工事において適用した．橋脚基礎はスリムケーソン工法（鋼殻方式）で構築され，ケーソン設置後は橋脚部の 10 ロット目まで鋼殻を設置し，鋼管外周（以下，外周部）に FAC を打ち込んだ．その後，ケーソンの頂版部および橋脚部の鋼殻内（以下，中詰部）にも FAC を打ち込んだ．構造物概要および打設日，打設リフト割を**図-1** に示す．

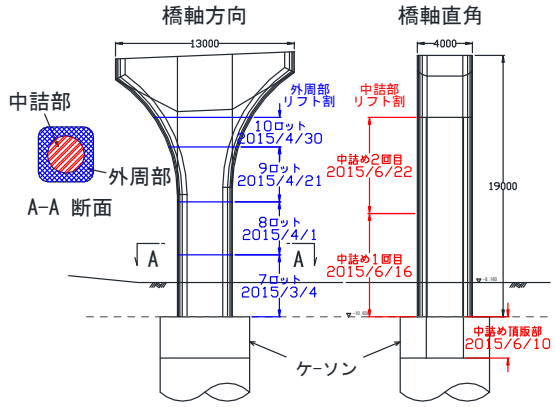



**図-1　対象構造物概要図および打設日，リフト割図**

**表－1　FAC の使用材料**

| 材料 | 記号 | 仕様・摘要・備考 |
|---|---|---|
| セメント | C | 普通ポルトランドセメント，密度：3.16g/cm³ |
| 水 | W | 上水道水以外の水（地下水），回収水（上澄水） |
| 細骨材 | S1 | 砕砂，表乾密度：2.65g/cm³，吸水率：0.92% |
| | S2 | 海砂，表乾密度：2.58g/cm³，吸水率：2.05% |
| 粗骨材 | G1 | 石灰砕石，表乾密度：2.70 g/cm³，吸水率：0.32% |
| ﾌﾗｲｱｯｼｭ | FA1<br>FA2 | ﾌﾗｲｱｯｼｭⅡ種，密度：2.45g/cm³ |
| AE 減水剤 | AD | 標準型（Ⅰ種） |
| AE 剤 | AE | アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤 |
| 混和材 | EX | JIS A 6202「コンクリート用膨張材」適合品 |

## 3. FAC の配合および断熱温度上昇特性

本工事に適用した FAC の使用材料および配合（FA 配合）を**表-1** および**表-2** に示す．

FA 配合は，他工事の事例[1)]を参考に，フライアッシュを結合材（B）に対して 20%置換し，さらに細骨材の微粒分補正用として 25kg/m³ 使用した．マスコンクリート構造物として温度応力解析を精度良く検討する場合には，実際の用いる配合の断熱温度上昇特性を把握することが重要である．そこで，適用した FA 配合の断熱温度上昇特性を推定するため，簡易断熱温度上昇試験[2)]を実施した。断熱温度上昇特性の試験結果および推定値を**図－2** に示す．図中には，当初計画の配合仕様（30-12-20N）(以下，N 配合)に JCI マスコン指針[3)]に基づいて推定した同特性も示す．この結果より，FA 配合の終局断熱温度上昇量は，N 配合と比較して約 10℃低く，コンクリートの水和熱の低減効果を確認できた．

## 4. 温度応力解析による FAC のひび割れ抑制効果の検証

温度応力解析は**表-2** に示す FA 配合および N 配合の 2 ケース実施した．FA は同定した断熱温度上昇特性と圧縮

**表-2　標準配合**

| 配合名 | | σck (N/mm²) | ｽﾗﾝﾌﾟ (cm) | W/B (%) | s/a (%) | 空気量 (%) | 単位量 (kg/m³) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | W | B | | | F2 | S1 | S2 | G1 | AD |
| | | | | | | | | C | EX | F1 | | | | | |
| FA | 外周部 | 30 | 12 | 46.4 | 47.5 | 2.0 | 167 | 250 | 20 | 65 | 25 | 604 | 259 | 981 | 4.02 |
| | 中詰部 | 30 | 12 | 46.4 | 47.5 | 2.0 | 167 | 270 | － | 65 | 25 | 604 | 259 | 981 | 4.02 |
| N | 外周部 | 30 | 12 | 48.5 | 45.9 | 4.0 | 172 | 335 | 20 | － | － | 567 | 243 | 981 | 4.615 |
| | 中詰部 | 30 | 12 | 48.5 | 45.9 | 4.0 | 172 | 355 | － | － | － | 567 | 243 | 981 | 4.615 |

キーワード　フライアッシュコンクリート，断熱温度上昇特性，温度応力解析，ひび割れ低減
連絡先　〒102-8151　東京都千代田区富士見 2-10-2　　前田建設工業株式会社　TEL03-5276-5166

強度の実測値を用いて検討し，その他については JCI マスコン指針[3]に準拠した．解析モデルは構造物の対称性より 1/4 モデルとした．解析スケジュールは，図-1 に示すとおりである．

解析結果による最高温度分布および最小ひび割れ指数分布を図-3 に示す．また，同図には外周部コンクリートに着目した各ロットの最高温度および最小ひび割れ指数についても示した．FA 配合のコンクリート最高温度は N 配合よりも低く，6～9℃の温度低減効果が認められた．

FA 配合の解析結果と実施工時におけるコンクリート温度の実測値を図-4 に示す．FA 配合の解析値と実測値の差は 2～3℃程度であり，解析結果と実測値はよく一致している．

次に，ひび割れ指数の改善効果に着目する．本構造のひび割れの発生現象は，外周部のコンクリートが下部コンクリートに拘束されることでひび割れが発生する外部拘束の影響と，後打ちとなる中詰部コンクリートの温度膨張による外周部への影響の二つが想定される．図-5 に，外周部 7～10 ロットにおける最小ひび割れ指数の履歴を示す．1 つ目の打設後の外部拘束による影響として，7 ロット打設後のひび割れ指数に着目すると，7 ロットを打設してから約 10 日後にひび割れ指数が低下している．この時点の N 配合の最小ひび割れ指数は 1.42 を示しているのに対し，FA では 2.50 であり，FA 配合によるひび割れ抑制効果が大きいことを確認した．また，2 つ目の中詰部コンクリートの温度膨張による影響として，中詰コンクリート打設後のひび割れ指数に着目すると，いずれのリフトでも FA 配合によるひび割れ指数の改善効果が認められた．

## ５．まとめ

海上橋下部工へFAC適用による温度ひび割れ低減効果を検討した．断熱温度上昇特性を簡易断熱温度上昇試験により把握することで，精度の高い温度応力解析を実施することができた．また，FAC の適用によって温度ひび割れ低減効果があることを確認した．

謝辞

本検討にあたり，沖縄総合事務局南部国道事務所，南建工業(株)ならびに沖縄県生コンクリート共同組合にご協力を頂きました．ここに感謝の意を表します．

参考文献

1) 渡久山ら：伊良部大橋の耐久性向上を目的とした対策について，九州技法 No.54，2014.1

2) 吉武ら：現場利用可能なマスコンクリートの簡易断熱温度上昇測定法の提案，土木学会論文集，No.606，p113-110

3) 日本コンクリート工学会：マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008

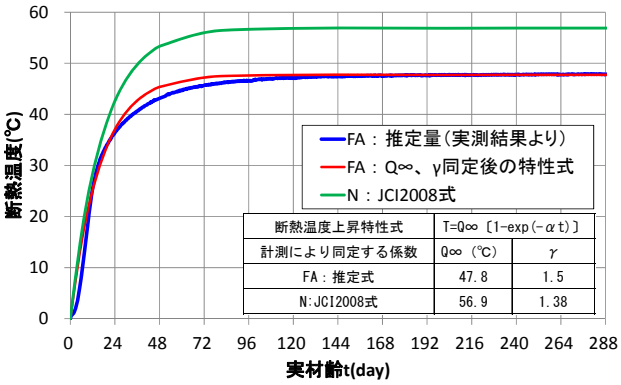
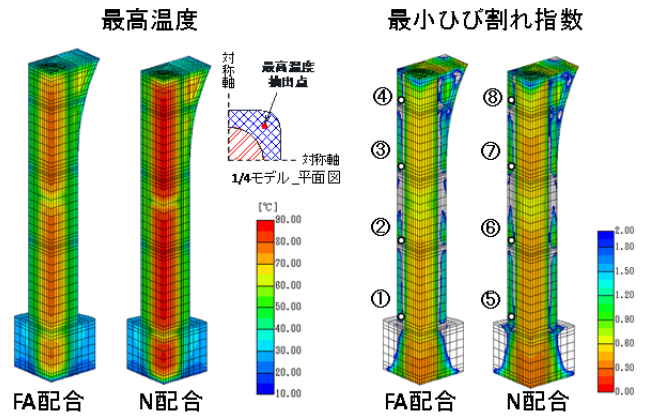



図-2　Q∞およびγ同定後の断熱温度上昇推定量




| | 最高温度(℃) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 7ロット | 8ロット | 9ロット | 10ロット |
| FA | 55.6 | 59.1 | 62.0 | 66.4 |
| N | 61.4 | 66.4 | 70.0 | 75.1 |

| 最小ひび割れ指数 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7ロット | | 8ロット | | 9ロット | | 10ロット | | |
| ① | 1.59 | ② | 0.97 | ③ | 0.93 | ④ | 0.90 | |
| ⑤ | 1.18 | ⑥ | 0.84 | ⑦ | 0.80 | ⑧ | 0.76 | |

図-3　解析結果分布図

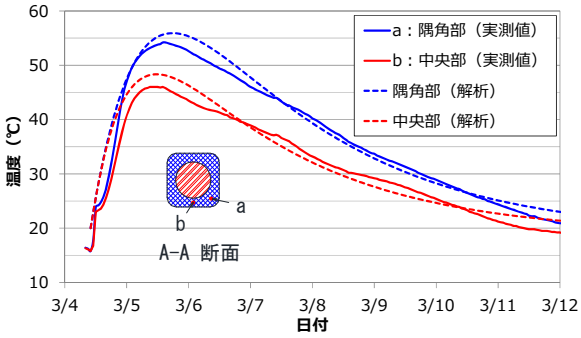



図-4　解析結果と実測結果との温度比較

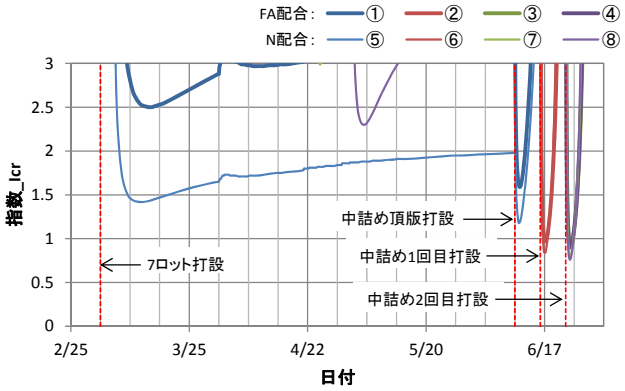



図-5　ひび割れ指数履歴