

沖縄県におけるフライアッシュコンクリートの適用事例と性能評価

平川 彩織*1・笹倉 伸晃*2・江頭 俊郎*3・富山 潤*4・風間 洋*5・比嘉 正也*6

Application and evaluation of fly-ash concrete in Okinawa

Saori HIRAKAWA, Nobuaki SASAKURA, Toshirou EGASHIRA, Jun TOMIYAMA, Hiroshi KAZAMA, Masaya HIGA

普通 コンクリート 配合	172	315	625	268	981	20	膨 脹 材
	水	セ メ ン ト	砕 砂	海 砂	粗 骨 材		
フライアッシュ コンクリート 配合	167	250	90kg	604	259	981	20
	水	セ メ ン ト	F A	砕 砂	海 砂	粗 骨 材	膨 脹 材

図-1 コンクリート配合



写真-1 暴露試験状況

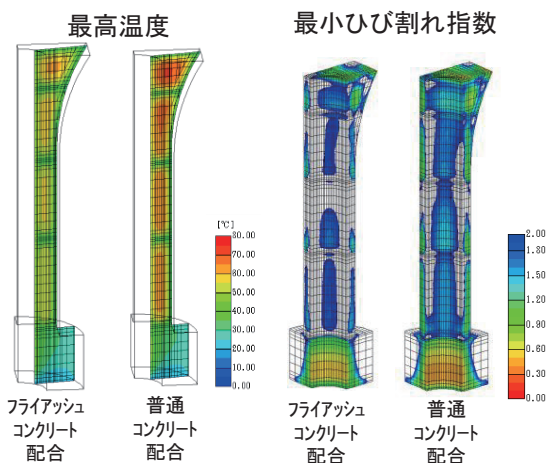


図-2 温度応力解析検討結果

研究の目的

沖縄県は四方を海に囲まれ、高温多湿であるため、鉄筋コンクリート構造物にとっては厳しい塩害環境下にある。著者は、沖縄県の海上橋脚下部工の施工にあたり、コンクリートの耐久性の向上を期待するとともに、マスコンクリートの温度応力ひび割れ対策としてフライアッシュコンクリートを適用した。また、実環境におけるフライアッシュコンクリートの品質を評価することを目的として、下部工施工時に暴露試験体を作製し、施工完了後の現在においても海岸付近で長期暴露試験を継続している。

技術の説明

フライアッシュコンクリートの配合はフライアッシュをセメント置換 20%、細骨材置換 25kg/m³とした(図-1)。温度応力ひび割れ抑制効果の検証にあたり、断熱温度上昇試験を実施し、温度応力解析を実施することで評価した。

また、実環境におけるフライアッシュコンクリートの長期性能評価を目的として、橋脚下部工に適用した同配合のコンクリートおよび比較のための普通コンクリートの試験体を用いて、辺土名暴露試験場において暴露試験を行っている。本報では、暴露 1 年経過時の調査を行い、各試験体の長期強度特性および塩分浸透抵抗性、中性化深さ、アルカリシリカ反応抵抗性、透気性を評価した。

主な結論

- ・ 簡易断熱温度上昇試験により、断熱温度上昇特性を把握することができた。フライアッシュコンクリートの温度応力ひび割れ抑制効果があることを確認し、施工時にもひび割れを抑制することができた。
- ・ 暴露後 1 年経過時の調査結果より、フライアッシュコンクリートの塩分浸透の抑制効果が認められた。

*1 本店 土木設計部
*3 九州支店 港川下部工(作)
*5 アール・アンド・エー

*2 本店 土木技術部
*4 琉球大学
*6 (一財)沖縄県建設技術センター

沖縄県におけるフライアッシュコンクリートの 適用事例と性能評価

平 川 彩 織 *¹笹 倉 伸 晃 *²江 頭 俊 郎 *³富 山 潤 *⁴風 間 洋 *⁵比 嘉 正 也 *⁶

要 旨

沖縄県は四方を海に囲まれ、高温多湿であるため、鉄筋コンクリート構造物にとっては厳しい塩害環境下にあり、コンクリート構造物の耐久性の向上を目的として、フライアッシュコンクリートの適用が検討されている。そこで、著者らは、沖縄県の海上橋脚下部工の施工にあたり、耐久性の向上効果を期待するとともに、マスコンクリートの温度応力ひび割れ対策としてフライアッシュコンクリートを適用した。また、実環境におけるフライアッシュコンクリートの性能を評価することを目的として、下部工施工時に暴露試験体を作製し、海岸付近で長期暴露試験を行っている。

本報では、適用したフライアッシュコンクリートの温度応力ひび割れ抑制効果および暴露試験1年経過時の調査による塩分浸透抵抗性を報告した。その結果、フライアッシュコンクリートは普通コンクリートと比較して、温度応力ひび割れの発生が抑制され、塩分浸透抵抗性も向上することが確認された。

キーワード フライアッシュ／温度応力解析／断熱温度上昇特性／暴露試験／塩分浸透抵抗性

目 次

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1. はじめに | 4. フライアッシュコンクリートの性能評価 |
| 2. フライアッシュコンクリート適用工事概要 | 5. まとめ |
| 3. 温度応力ひび割れについて | |

APPLICATION AND EVALUATION OF FLY-ASH CONCRETE IN OKINAWA

Saori HIRAKAWA
Jun TOMIYAMA

Nobuaki SASAKURA
Hiroshi KAZAMA

Toshirou EGASHIRA
Masaya HIGA

Synopsis:

Reinforced concrete structures constructed in Okinawa are under severe condition, because it is surrounded by the sea and the temperature and humidity is high. So application of fly ash concrete is considered to improve durability of concrete structures. Authors applied a fly ash concrete to the substructures of marine pier in Okinawa, expecting the improvement of durability of concrete structures and inhibiting occurrence of thermal stress crack caused by mass concrete. The specimens made of fly ash concrete are exposed for long-term around the coast, to evaluate the performance of fly ash concrete in actual environment.

In this study, it was confirmed the occurrence of thermal stress crack was more inhibited compared with ordinary concrete, and it was reported the results of exposed test after a year. As the result, it was clarified that the occurrence of thermal stress crack is inhibited and the resistance against permeability of chloride is improved by using fly ash concrete.

* 1 本店 土木設計部
* 3 琉球大学

* 2 本店 土木技術部
* 4 アール・アンド・エー

* 3 九州支店 港川作業所
* 5 (一財) 沖縄県建設技術センター

1. はじめに

沖縄県は多くの島々から構成され、亜熱帯海洋性気候に属しており、高温・多湿の環境と、四方を海に囲まれていることから、厳しい塩害環境下にある。そのため、沖縄県ではコンクリート構造物の耐久性の向上が求められている。加えて、生産拠点の有無や、県産品の有効利用の観点から、沖縄県内の石炭火力発電所より排出される石炭灰を有効利用したフライアッシュコンクリートの使用が検討されている¹⁾。

そこで著者らは、以上の背景により、海上橋脚下部工の施工にあたり、「温度応力ひび割れの抑制効果」および「塩害浸透の抑制効果」に期待してフライアッシュコンクリートを適用した。

海上橋下部工の施工時においては、簡易断熱温度上昇試験を実施し、適用するフライアッシュコンクリートの断熱温度上昇特性を把握した。また、実環境におけるフライアッシュコンクリートの長期性能評価を目的として、海上橋脚下部工に適用したフライアッシュ配合を用いた、暴露試験体を海上橋下部工施工現場から沖縄県国頭郡国頭村辺土名の暴露試験場に移動し、暴露試験を開始しており、暴露試験 1 年経過時の調査を実施した。実施した調査は養生方法を変化させた試験体の長期強度特性および塩分浸透抵抗性、中性化深さ、アルカリシリカ反応抵抗性、表面の密実性を測定し評価した。

本報では、工事で適用したフライアッシュコンクリートの温度応力ひび割れの抑制効果についての評価、および、同配合を用いた暴露試験の約 1 年経過時の調査結果について報告する。

2. フライアッシュコンクリート適用工事概要

フライアッシュコンクリートは「平成 25 年度港川高架橋下部工(下り P6, P7)工事」(沖縄総合事務局)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、鋼殻外周(以下、外周部)にフライアッシュコンクリートを打ち込んだ。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)にもフライアッシュコンクリートを打ち込んだ。構造物概要およびコンクリート打込み日、リフト割を図 2-1 に示す。

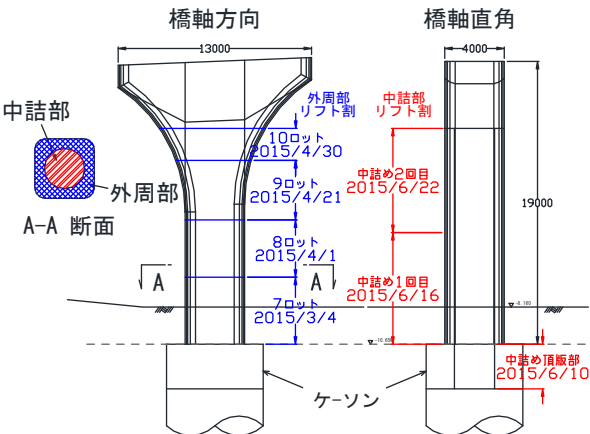


図 2-1 対象構造物概要図および打込み日、リフト割図

表 3-1 フライアッシュコンクリートの使用材料

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/cm ³
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/cm ³ 、吸水率：0.92%
	S2	海砂、表乾密度：2.58g/cm ³ 、吸水率：2.05%
粗骨材	G1	石灰砕石、表乾密度：2.70 g/cm ³ 、 吸水率：0.32%
フライアッシュ	FA1 FA2	フライアッシュⅡ種、密度：2.45g/cm ³
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
膨張材	EX	JIS A 6202「コンクリート用膨張材」適合品

3. 温度応力ひび割れ抑制効果

3.1 フライアッシュコンクリートの配合

本工事に適用したフライアッシュコンクリートの使用材料および配合を表 3-1 および表 3-2 に示す。

フライアッシュを用いた配合（以下、フライアッシュ配合）は、沖縄県内で先行して実施された他工事の配合²⁾を参考に、フライアッシュを内割りで結合材（B）の 20% 使用し、さらに細骨材の微粒分補正用として 25kg/m³ 使用した。また、外周部（配合名：FA+EX）は、温度応力ひび割れの抑制を目的として膨張材を 20kg/m³ 使用した。な

表 3-2 標準配合

配合名			σ_{ck} (N/mm ²)	スランブ (cm)	W/B (%)	s/a (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)								
								W	B			F2	S1	S2	G1	AD
									C	EX	F1					
フライアッシュ配合 (採用ケース)	FA+EX	外周部	30	12	46.4	47.5	2	167	250	20	65	25	604	259	981	4.020
	FA	中詰部	30	12	46.4	47.5	2	167	270	—	65	25	604	259	981	4.020
普通コンクリート配合 (比較ケース)	N+EX	外周部	30	12	48.5	45.9	4	172	335	20	—	—	567	243	981	4.615
	N	中詰部	30	12	48.5	45.9	4	172	355	—	—	—	567	243	981	4.615

お、中詰部（配合名：FA）に関しては、中詰コンクリートが膨張することによる外周部への影響を低減させるため、膨張材は添加しないものとした。

3.2 断熱温度上昇特性

適用したフライアッシュ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を実施した。簡易断熱温度上昇試験の試験体寸法を図 3-1 に示す。

簡易断熱温度上昇試験は、コンクリート温度および外気温（断熱型枠側面）を測定し、各温度の温度差を用いてフライアッシュコンクリートの断熱温度上昇特性を推定した³⁾。その後、初期の断熱温度上昇特性式の係数 Q_{∞} および γ を同定した。

断熱温度上昇特性の試験結果および推定値を図 3-2 に示す。図中には、当初計画の配合仕様（30-12-20N）（以下、普通コンクリート配合）について「マスコンクリートのひび割れ制御指針」⁴⁾（以下、JCI マスコン指針）に基づいて推定した同特性も示す。なお、初期温度は 24℃とした。

この結果より、フライアッシュ配合の終局断熱温度上昇量は、普通コンクリート配合と比較して 8.9℃低く、コンクリートの水和熱の低減効果を確認できた。

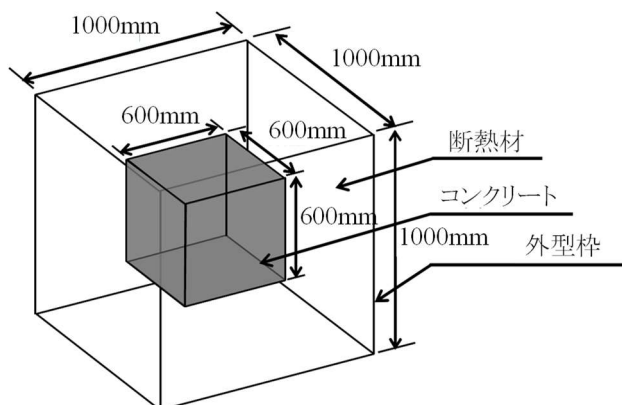


図 3-1 簡易断熱温度上昇試験寸法

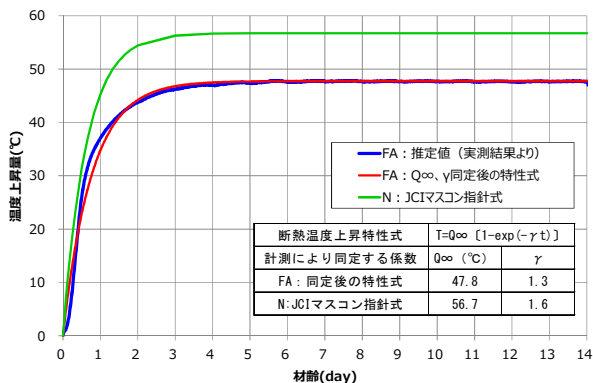


図 3-2 Q_{∞} および γ 同定後の断熱温度上昇推定量

3.3 温度応力解析によるフライアッシュコンクリートのひび割れ抑制効果の検証

温度応力解析は表 3-2 に示すフライアッシュ配合および普通コンクリート配合の 2 ケース実施した。フライアッシュ配合は同定した断熱温度上昇特性と圧縮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 2-1 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 3-3 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。フライアッシュ配合のコンクリート最高温度は普通コンクリート配合よりも低く、6～9℃の温度低減効果が認められた。

フライアッシュ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 3-4 に示す。フライアッシュ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。

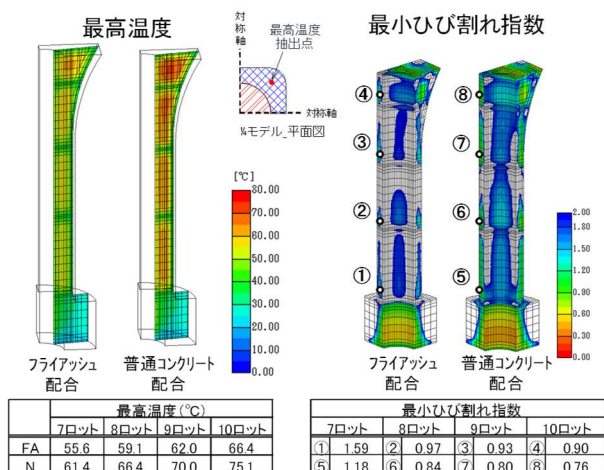


図 3-3 解析結果分布

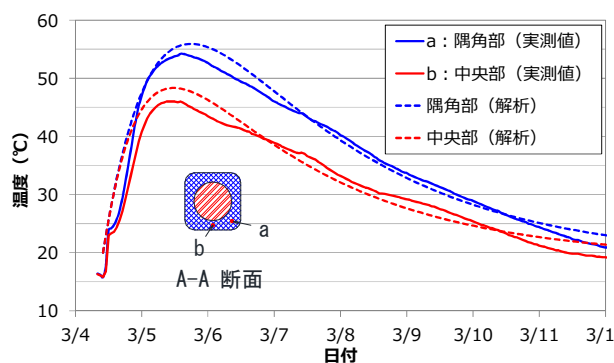


図 3-4 解析結果と実測結果との温度比較

次に、ひび割れ指数の改善効果に着目する。図 3-5 に、外周部のコンクリート 7～10 ロットにおける最小ひび割れ指数の履歴を示す。本構造のひび割れの発生要因としては、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のコンクリートの温度膨張による外周部のコンクリートへの影響が想定される。7 ロット打込み直後の外部拘束による影響として、ひび割れ指数に着目すると、7 ロットの打込み約 10 日後にひび割れ指数が低下している。この時点の普通コンクリート配合の最小ひび割れ指数は 1.42 を示しているのに対し、フライアッシュ配合では 2.50 であり、フライアッシュ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、中詰部の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込み後のひび割れ指数に着目すると、いずれのリフトでもフライアッシュ配合によるひび割れ指数の改善効果が認められた。

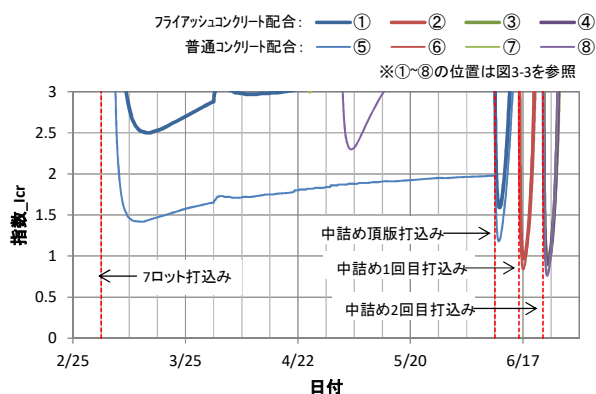


図 3-5 温度ひび割れ指数履歴

4. フライアッシュコンクリートの性能評価

4.1 暴露試験の実施概要

(1) 暴露試験の実施場所および予定期間

実環境におけるフライアッシュコンクリートの性能評価のため、施工時に適用したフライアッシュ配合および比較のための普通コンクリート配合を用いた試験体を作製し、現在、沖縄県国頭郡国頭村の辺土名暴露試験場において暴露試験を行っている（写真-1）。今回、暴露後約 1 年経過時の調査を行い、各試験体の長期強度特性お



写真-1 暴露試験状況

び塩分浸透抵抗性、中性化深さ、アルカリシリカ反応抵抗性、表面の密実性を測定し、配合および養生方法がフライアッシュコンクリートのそれぞれの特性に及ぼす影響について評価した。以下に、調査結果について報告する。暴露予定期間は平成 27 年 10 月から平成約 37 年 7 月末実までの 10 年間とした。

(2) 暴露試験体概要

試験体概要を図 4-1 に示し、表 4-1 に暴露試験体の製作条件を示す。試験体寸法は、400×400×300 mm のブロック形とし、フライアッシュコンクリート配合は膨張材の有無による 2 種類（FA および FA+EX）の配合とした。また、別途セメントの違いによる比較検討として普通コンクリート配合（N のみ）についても暴露試験を実施した。試験体の養生水準を表 4-2 に示す。施工段階においてフライアッシュコンクリートの養生期間や養生方法の影響を評価することを目的に設定したものであり、実際

表 4-1 暴露試験体の製作条件

No.	略称	配合 (適用部位)	養生方法
1	FA-EX-C1	FA+EX (外周部)	型枠存置期間 2 日
2	FA-EX-C2		シート・フィルム被覆 7 日
3	FA-EX-C3		シート・フィルム被覆 10 日
4	FA-C1	FA (中詰部)	型枠存置期間 2 日
5	FA-C2		シート・フィルム被覆 7 日
6	FA-C3		シート・フィルム被覆 10 日
7	N-C1	N (比較用)	型枠存置期間 2 日
8	N-C2		シート・フィルム被覆 7 日
9	N-C3		シート・フィルム被覆 10 日

表 4-2 暴露試験体養生水準（3 配合×3 水準＝9 体）

水準	養生期間および方法		
	打設～2日	3～7日	7～10日
Case1	鋼製型枠		
Case2	鋼製型枠	シート・フィルム	
Case3	鋼製型枠	シート・フィルム	

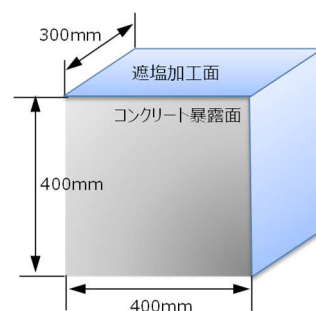


図 4-1 暴露試験体概要

の工事においては材齢 10 日までコンクリート保水養生テープ（ポリエチレンクロス製）による被覆養生（CASE3）を実施した。

試験体は、配合および養生方法を変化させた合計 6 体とし、辺土名暴露試験場に設置した。なお、暴露に際しては、暴露面を型枠側面の 2 面とし、それ以外の面に対しては塩分浸透を遮断するようアクリルゴム系表面被覆材を 1 mm 程度塗装することで加工を施した。

4.2 検討項目

暴露試験体による耐久性評価項目を表 4-3 に示す。ブロック形の暴露試験体は各 1 体と限られており、ブロック試験体 1 体から各試験に供する試料を採取し、長期強度特性、中性化抵抗性、塩分浸透抵抗性、アルカリシリカ反応抵抗性を評価する。長期強度特性の評価として圧縮強度は 1 年目のみ実施し、養生方法の違いによる影響を確認した。また、中性化抵抗性と塩分浸透抵抗性は 1, 5, 10 年目を実施し、アルカリシリカ反応抵抗性は、1, 5 年目は目視評価とし、10 年目に試験を実施することとした。

表 4-3 耐久性の評価項目

評価項目	暴露期間			評価の着目点
	1 年	5 年	10 年	
圧縮強度	○	—	—	・養生方法の違いによる影響
中性化抵抗性	○	○	○	・1 年目：養生方法の違いによる影響
塩分浸透抵抗性	○	○	○	・5 年、10 年目：長期耐久性の評価
アルカリシリカ反応抵抗性	目視評価		○	・10 年目：コアによる残存膨張量の評価

4.3 暴露 1 年経過時における耐久性評価項目および試験方法

暴露 1 年経過時の評価試験は、コアによる圧縮強度試験および塩分分析試験、中性化深さ試験、表層透気試験を実施した。

圧縮強度試験は、JIS A 1107:2012 に準拠し、各試験体から $\phi 75\text{mm}$ のコアを 3 本採取した。塩分分析は、JIS A 1154:2012 に準拠し、サンプリングの範囲は、暴露面(0～約 0.15cm)および 0～1, 1～2, 2～3, 3～5, 5～7, 7～10cm とし、全塩分量を測定した。なお、暴露面の試料採取は、ディスクグラインダーを用いて暴露表面を薄く研磨（表面研磨法）して試料を採取した⁵⁾。中性化深さの測定は、JIS A 1152:2012 に準拠した。表層透気試験は、トレント法により実施した。

アルカリシリカ反応抵抗性は暴露 10 年目にコアによる

残存膨張量の評価を実施するため、暴露 1 年経過時は目視評価のみとした。

4.4 暴露 1 年経過時の試験結果の評価

(1) 圧縮強度

図 4-2 にコア試験体の圧縮強度の比較を示す。暴露環境に曝されており、長期的な水分供給をされる試験体であったため、打込み後の湿潤養生期間が長期的な圧縮強度に及ぼす影響は認められなかった。

一方、同一材齢の普通コンクリートおよびフライアッシュコンクリートを比較すると、フライアッシュコンクリートの圧縮強度は、普通コンクリートを上回っている。また、本コンクリートを適用した橋脚部における品質管理結果より、膨張材を適用していないフライアッシュコンクリート(配合：FA)の圧縮強度に着目すると、材齢 28 日の平均圧縮強度が、 36.7N/mm^2 から暴露 1 年経過時には 50N/mm^2 以上となっている。これより、長期強度の増進が認められ、ポズラン反応の進行が示唆される。

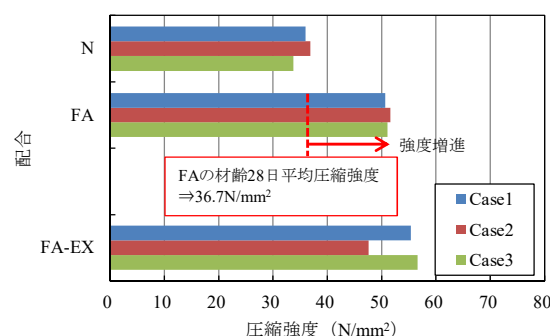


図 4-2 コア試験体の圧縮強度

(2) 中性化深さ

図 4-3 に各暴露試験体の中性化深さを示す。材齢約 1 年であることから、中性化深さは概ね 1 mm 以下で、N および FA では、養生期間と中性化深さに明確な傾向は認められない。一方、FA+EX では、型枠残置期間 2 日（Case1）で 2.0 mm、シート・フィルム被覆 7 日（Case2）で 1.4 mm、シート・フィルム被覆 10 日（Case3）となり、養生期間が短い場合、中性化深さが大きくなる傾向が認

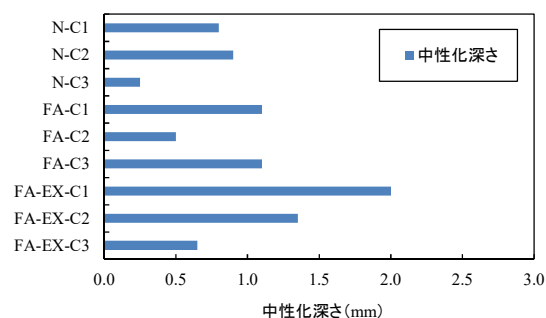


図 4-3 各暴露試験体の中性化深さ

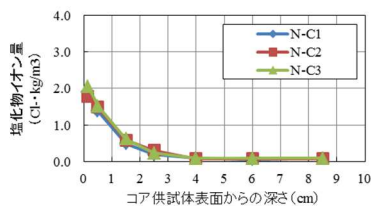


図 4-5 N 配合の含有塩分量分布

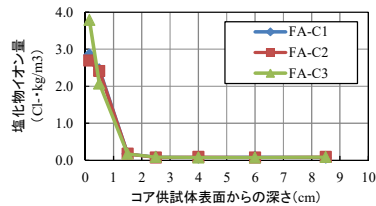


図 4-6 FA 配合の含有塩分量分布

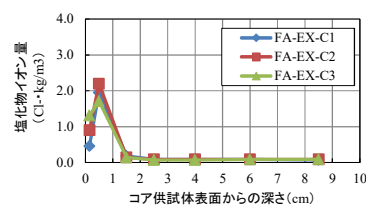


図 4-7 FA-EX 配合の含有塩分量分布

められた。これは、膨張材を用いる配合は、湿潤養生期間を十分に確保できない場合、中性化の進行が早まることが示唆された。

(3) 表層透気係数

図 4-4 に表層透気係数 (KT 値) を示す。普通コンクリートとフライアッシュコンクリートを比較すると、普通コンクリートの表層透気係数がフライアッシュコンクリートに比べて大きい。これは、フライアッシュコンクリートのポゾラン反応により、緻密な組織が形成され、フライアッシュコンクリートの透気係数は普通コンクリートと比較して小さくなると考えられる。

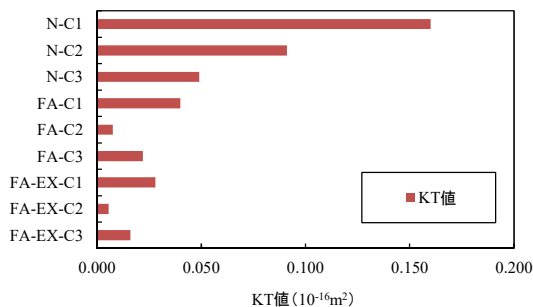


図 4-4 各暴露試験体の表層透気係数 (KT 値)

(4) 塩化物イオンの浸透状況

図 4-5～4-7 に各暴露試験体の含有塩分量の分布を示す。FA の塩化物イオン量は、暴露面から 1cm 区間では N よりも高いものの、1cm 以深では減少し、ほとんど塩分浸透していない。一方、N の塩化物イオン量は、暴露面から 1cm 区間では、FA よりも低い、2～3cm 区間まで塩化物イオンが浸透している。この結果から、フライアッシュコンクリートは、ポゾラン反応による緻密な組織が形成され、暴露面から 1cm 以内に塩化物イオンが留まり、塩化物イオンが内部に浸透していなかったものと推察される。なお、FA+EX は、暴露面の塩化物イオンが 1cm 以内と比較して小さくなった。この傾向は、FA+EX は、膨張材の影響により表面の中性化が進行し、固定化された塩化物が解離した可能性があると考えられる。

(5) フライアッシュコンクリートの表面塩化物イオン濃度および拡散係数

フライアッシュコンクリートの塩分浸透抵抗性の評価

として、FA-C3 に対して、Fick の拡散方程式 (1) に基づき、最小二乗法によって、表面塩化物イオン濃度 C_0 および塩化物イオンのみかけの拡散係数 D_{ap} を算出した。

$$C_{(x,t)} = \gamma_{\alpha} \cdot \left[C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{D_{ap} \cdot t}} \right) \right] + C_t$$

ここに、

$C_{(x,t)}$: 深さ $x(\text{cm})$, 建設時からの時刻 $t(\text{年})$ における塩化物イオン濃度 (kg/m^3)

C_0 : 表面における塩化物イオン濃度 (kg/m^3)

D_{ap} : 塩化物イオンの見かけの拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)

D_{ap} : 塩化物イオンの見かけの拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)

C_t : 初期含有塩化物イオン濃度 (kg/m^3)

erf : 誤差関数

γ_{ct} : 予測の精度に関する安全係数 (一般的に 1.0)

表 4-4 に表面塩化物イオン濃度および拡散係数の算出値を示す。暴露約 1 年で期間が短いこともあり、表面塩分濃度は低いものの、FA-C3 の拡散係数は、比較として算出した N-C3 の 1/4 以下であり、フライアッシュ配合の塩分浸透抵抗性が確認された。

表 4-4 表面塩化物イオン濃度および拡散係数

配合養生	表面塩化物イオン濃度 $C_0(\text{kg/m}^3)$	塩化物イオンの見かけの拡散係数 $D_{ap}(\text{cm}^2/\text{year})$
N-C3	2.03	0.758
FA-C3	4.14	0.162

(6) アルカリシリカ反応の外観目視

ASR 抵抗性の評価は、1, 5 年目には外観目視調査を実施し、10 年目にコアによる残存膨張量の評価を実施することとした。暴露 1 年経過時では、外観上の変状は認められなかった。

5. まとめ

適用したフライアッシュコンクリートの温度応力ひび割れ抑制効果および暴露 1 年目の調査による普通コンクリートと比較した結果を示す。

1) フライアッシュコンクリートの温度応力ひび割れ抑制

効果に関しては、簡易断熱温度上昇試験により、断熱温度上昇特性を把握することで、精度の高い温度応力解析を実施し、フライアッシュコンクリートの温度応力ひび割れ抑制効果を確認した。

- 2) 暴露 1 年経過時の調査結果に基づいて得られた知見を以下に示す。

①圧縮強度に及ぼす影響

今回のコア供試体寸法範囲内では、初期の湿潤養生期間および方法の違いが圧縮強度に及ぼす影響は大きくない。また、フライアッシュコンクリートを用いることによる長期強度の増進が認められる。

②中性化深さと表層透気係数に及ぼす影響

暴露材齢が短いため、初期養生の違い、ならびにコンクリートの違いが中性化および透気係数に及ぼす影響は、明確な傾向が認められなかった。

③含有塩分量の分布に及ぼす影響

フライアッシュコンクリートでは、養生期間が長くなるのに伴って表層の塩分量が増加する傾向にあるが、密実性が向上するために浸透深さは小さくなっている。

④表面塩化物のイオン濃度および拡散係数

フライアッシュコンクリートの塩化物イオンの拡散係数は、比較として算出した普通コンクリート配合の 1/4 以下であり、フライアッシュコンクリートの

塩分浸透抵抗性が確認された。

⑤アルカリシリカ反応抵抗性

外観上の変状は認められなかった。

謝辞：本検討にあたり、沖縄総合事務南部国道事務所にご協力を頂きました。また、関係各位の皆様にもご協力頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 富山氏：沖縄県の離島架橋の整備状況とコンクリート構造物の耐久設計・品質確保に関する取り組み，道路構造物ジャーナル NET
<https://www.kozobutsu-hozen-journal.net/series/detail.php?id=28&page=1>
- 2) 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
- 3) 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，pp.113-110
- 4) 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
- 5) 風間ら：コンクリート表面の含有塩分量 C_0 調査方法の提案，土木学会年次学術講演会概要集，2015