

沖縄県におけるフライアッシュコンクリートの配合及び施工指針  
第2回改訂講習会

## 第2回改訂における主な改訂点の説明

令和6年8月

沖縄県土木建築部 技術・建設業課

沖縄県土木建築部 技術・建設業課HP

沖縄県のコンクリート構造物の耐久性向上に向けた取り組み



FAC指針

# フライアッシュコンクリート（FAC）の採用からFAC指針第2回改訂まで

伊良部大橋でFAC採用

100年耐久性を目指して、上・下部工でFACを採用  
県管理重要構造物で初

那覇大橋、新本部大橋、  
都市モノ軌道桁などで採用

各事業で個別に配合を検討・採用

**FAC指針初版策定**

（平成29年12月）

FAの利用方法や配合に関する考え方を示し、  
耐久性向上・長寿命化や副産物の有効利用による  
環境負荷低減を図る

**第1回改訂**（R1年5月）

一部改訂

**第2回改訂**  
（R6年3月）

より使いやすい指針とし、FACの利用促進に繋げる  
ことを目的とした第2回改訂

## 本日の説明の流れ

### 1. FAC指針の概要

- 1.1 フライアッシュ（FA）とは？
- 1.2 FAC指針の構成

### 2. 第2回改訂の背景

- 2.1 加熱改質FAの追加検討
- 2.2 現場の意見を指針へ反映

### 3. 第2回改訂の概要

- 3.1 改訂内容の概要
- 3.2 主な改訂箇所の説明

# 1. FAC指針の概要

## 1.1 フライアッシュ（FA）とは？

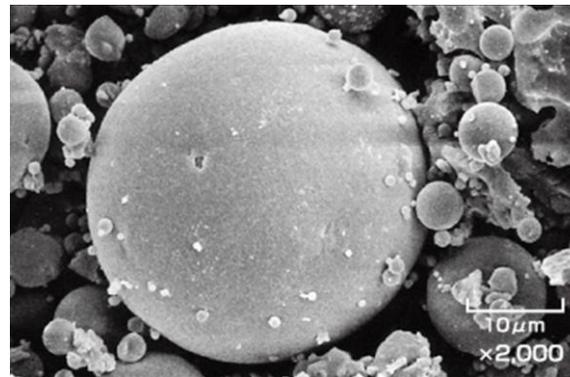
# フライアッシュ (FA) とは？

石炭火力発電所で微粉碎した石炭をボイラ内で燃焼させ、電気集塵器に捕集された石炭灰をフライアッシュ (FA) という。

見た目はセメント  
そっくり



沖縄県石川火力発電所算出のFA



FA電子顕微鏡写真(2,000倍)  
(日本フライアッシュ協会HPより)

## 化学的性質

コンクリートに混和するとセメントと**化学反応 (ポズラン反応)** を起こし、緻密なコンクリートになることで**耐久性や水密性が向上**する。

## 物理的性質

FAは微細粒子で電子顕微鏡で見ると球形をしているため、FAを混和材として用いるとコンクリートやモルタルの**流動性が増大**する。

# 1. FAC指針の概要

## 1.2 FAC指針の構成

## 目 的

本指針は、沖縄県内の石炭火力発電所で産出するフライアッシュ（FA）をコンクリート用混和材として利用し、**耐久性向上およびワーカビリティ向上**を図ったレディーミクストコンクリート（フライアッシュコンクリート（FAC））を使用するための**配合・製造および施工の基本的な考え方を示したものである。**（本文p.1）

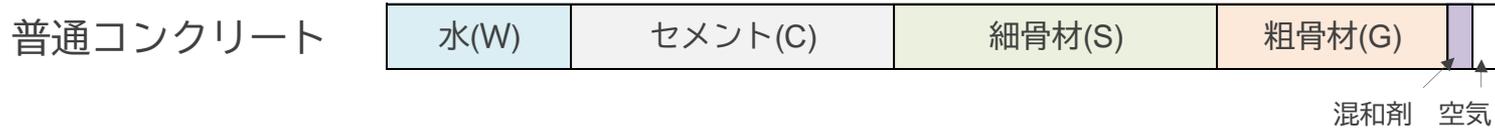
※FACのJIS認証取得等については、本指針の範疇外

## 指針の構成

本指針は、「本文」と「参考資料」で構成されている。

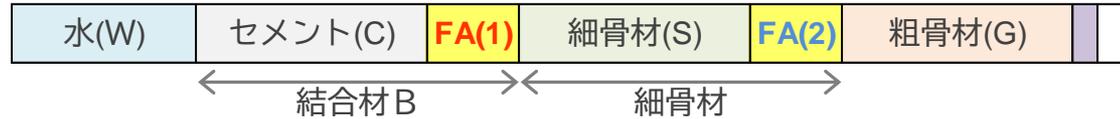
- ・ **本 文** : FAの利用方法やFACの適用範囲、配合に関する考え方などを記載
- ・ **参考資料** : FACの配合検討データなど本文のバックデータなどを記載

# FAC指針では3つの配合タイプに分類



① **内割り** + **外割り**  
配合タイプ

FAをセメントの質量に対して置換 + FAを細骨材の質量に対して置換  
(置換率 **20%**) (内割りと合わせて **100kg/m<sup>3</sup>**以内)



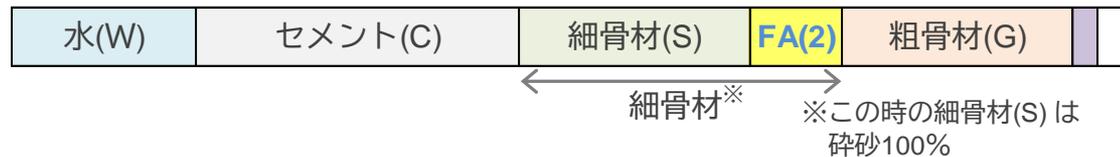
② **内割り**配合タイプ

FAをセメントの質量に対して置換 (置換率 **10~20%** FAセメントB種相当)



③ **外割り**配合タイプ

FAを細骨材の質量に対して置換 (置換率 **3~5%**程度を標準)



配合タイプ毎の概念図 (本文p.8 図1.2.2) 一部追記

## JIS規格のⅡ種に適合するFAを原則使用

JIS A 6201 フライアッシュの品質 (本文p.17 表3.1)

		I種	Ⅱ種	Ⅲ種	Ⅳ種
二酸化ケイ素 (%)		45.0 以上			
湿分 (%)		1.0 以下			
強熱減量 (%)		3.0 以下	5.0 以下	8.0 以下	5.0 以下
密度 (g/cm <sup>3</sup> )		1.95 以上			
粉末度	45μmふるい残分 (網ふるい方法)(%)	10 以下	40 以下	40 以下	70 以下
	比表面積 (ブレン法)(cm <sup>2</sup> /g)	5000 以上	2500 以上	2500 以上	1500 以上
フロー値比 (%)		105 以上	95 以上	85 以上	75 以上
活性度指数 (%)	材齢 28 日	90 以上	80 以上	80 以上	60 以上
	材齢 91 日	100 以上	90 以上	90 以上	70 以上

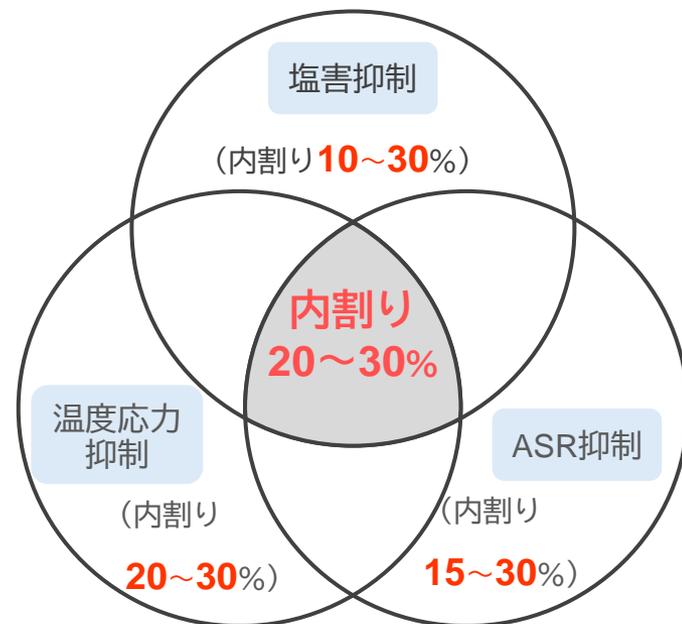
# FAを内割り置換（セメントとの置換）する目的と置換率

フライアッシュの種類と置換率（本文p.6 表1.2.1）

使用目的 \ 種類	I種	II種	III種	IV種
流動性の向上	10～40%	10～30%	—	—
水和熱による温度上昇の抑制	—	<b>20～30%</b>	20～30%	20～30%
アルカリシリカ反応(ASR)の抑制	15～40%	<b>15～30%</b>	15～30%	25～30%
耐硫酸塩性の向上	10～40%	10～30%	10～30%	—
耐海水性(塩害を含む)の向上	10～40%	<b>10～30%</b>	10～30%	—
高流動化	20～40%	20～30%	—	—
高強度化	10～30%	—	—	—

注) 普通ポルトランドセメントの一部をフライアッシュで置換する場合について示したものである

※参考文献：フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針（案）  
 [土木学会、コンクリートライブラリー94]

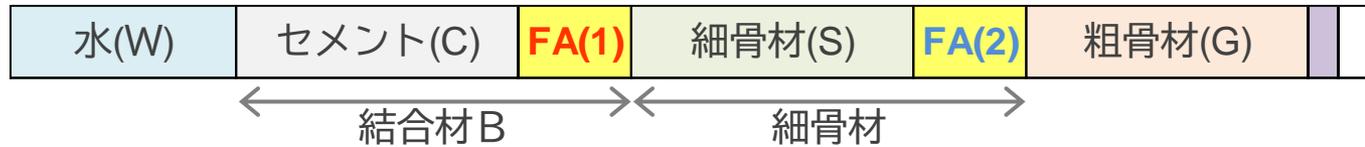


主な3つの使用目的を満足させる

FAの置換量

(本文p.6 図1.2.1)

## ① 内割り + 外割り配合タイプ



### ☑ FA配合量

- ・ **内割り配合 (FA1)** : セメント (C) の **20%**質量置換
- ・ **外割り配合 (FA2)** : 細骨材 (S) の一部と質量置換 (**FA1 + FA2 = 100kg/m<sup>3</sup>以内**)  
※100kg/m<sup>3</sup>を超えると粘性が高くなり、施工性が低下

この外割りは強度に  
寄与させることが目的

### ☑ 特 徴

- ・ セメント量減で発熱量が抑制 (水和熱による温度上昇の抑制)
- ・ 緻密な組織を形成し、遮塩性が向上 (塩害抑制)
- ・ ポゾラン反応による長期強度の増進およびASRの抑制
- ・ 外割り配合をプラスすることで、強度管理材齢 28日確保
- ・ JIS規定の空気量 (4.5±1.5%) を規定しない

### ☑ 対象構造物

- ・ 温度応力が懸念されるマスコンクリートや海岸・海上など塩害環境構造物
- ・ 遅延膨張性骨材を使用し、ASRの発生が懸念される構造物

## 空気量について

フライアッシュの強熱減量は、主に未燃炭素の比率を示す値。

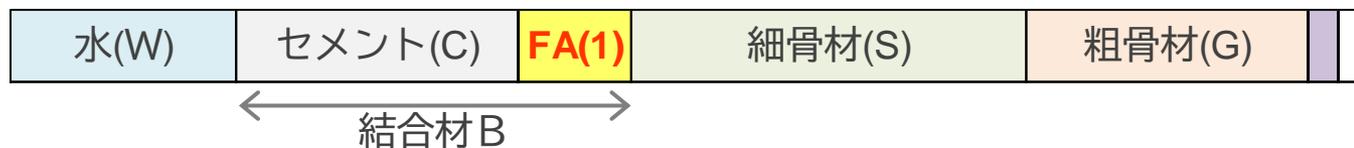
未燃炭素はAE剤を吸着する作用があるため、FACでは空気連行性が低下する。

所定の空気量を確保する必要がある場合、AE剤の使用量が増加する。

JIS A 6201 フライアッシュの品質 (本文p.17 表3.1)

		I種	II種	III種	IV種
二酸化ケイ素 (%)		45.0 以上			
湿分 (%)		1.0 以下			
強熱減量 (%)		3.0 以下	5.0 以下	8.0 以下	5.0 以下
密度 (g/cm <sup>3</sup> )		1.95 以上			
粉末度	45μmふるい残分 (網ふるい方法)(%)	10 以下	40 以下	40 以下	70 以下
	比表面積 (ブレン法)(cm <sup>2</sup> /g)	5000 以上	2500 以上	2500 以上	1500 以上
フロー値比 (%)		105 以上	95 以上	85 以上	75 以上
活性度指数 (%)	材齢 28 日	90 以上	80 以上	80 以上	60 以上
	材齢 91 日	100 以上	90 以上	90 以上	70 以上

## ② 内割り配合タイプ



### ☑ FA配合量

- ・ **内割り配合 (FA1)** : セメント (C) の **10～20%** 質量置換  
(フライアッシュセメントB種相当) ※ ASR抑制の場合は、**15～20%**

### ☑ 特 徴

- ・ 緻密な組織を形成し、遮塩性が向上 (**塩害抑制**)
- ・ ポゾラン反応による **長期強度の増進** および **ASRの抑制**
- ・ 管理材齢 28日を強度確保が出来ない場合は、管理材齢延長の検討が必要
- ・ **JIS規定の空気量 (4.5±1.5%)** を規定しない

### ☑ 対象構造物

- ・ 温度応力が発生しにくい **比較的小規模な構造物**、海岸・海上など **塩害環境構造物**
- ・ 遅延膨張性骨材を使用し、**ASRの発生が懸念される構造物**

## ② 内割り配合タイプ

### 5. 1 適用の範囲

内割り配合タイプのフライアッシュコンクリート（FAC）は、以下を除く鉄筋コンクリートおよび無筋コンクリートに用いるものとする。

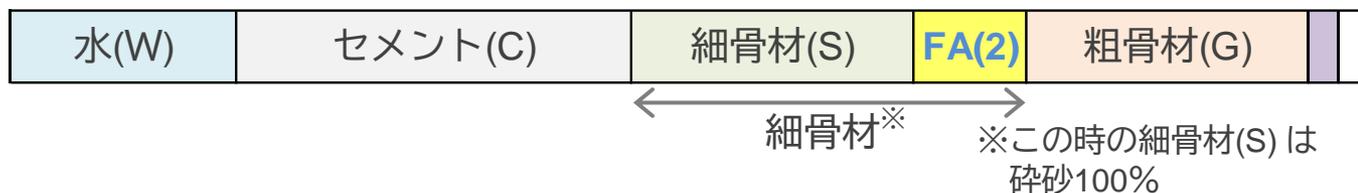
- ◆ ポストテンションプレストレストコンクリート桁・床版
- ◆ プレストレストセグメント桁橋
- ◆ プレストレストコンクリート（合成）床版
- ◆ 鋼合成桁PC床版

これらを除く  
鉄筋コンクリート

#### 【解説】

内割り配合タイプのフライアッシュコンクリート（FAC）は、上記コンクリート構造物に用いるものである。しかし、近年、琉球大学と一般社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会、および琉球セメント（株）は、プレストレストコンクリートT桁の制作に用いるよう各種研究を進め「**フライアッシュを用いたコンクリートのポストテンションPC橋への適用化に関する基礎的研究報告書**」を作成しており、琉球大学地域創成研究センターにて公開している。  
ただし、これらの有意性について、現時点で沖縄県として確認できていないため、本指針に置く内割り配合タイプのFAC適用範囲は上記のとおりとする。

### ③ 外割り配合タイプ



#### ☑ FA配合量

- ・外割り配合(F2)：細骨材(S)の3～5%程度を質量置換
- ※ 細骨材 (S) は、砕砂 100%

ここでの外割りは  
“流動性の改善”が目的

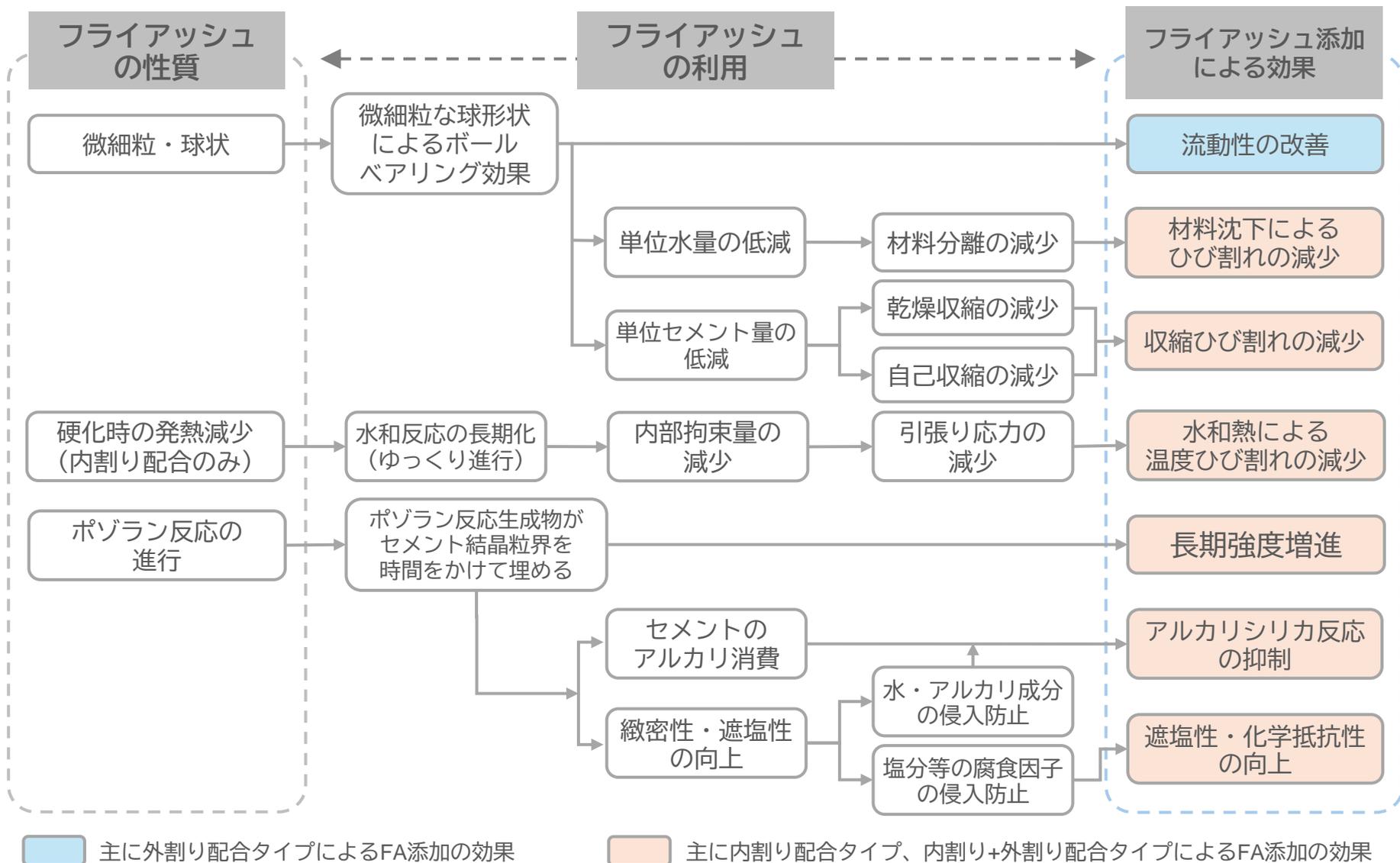
#### ☑ 特徴

- ・ ASR対策で、細骨材に海砂を使わずに砕砂のみとしている
- ・ FAのボールベアリング効果でワーカビリティ確保
- ・ セメント量がNCと同じであるため、強度管理材齢 28日確保
- ・ JIS規定の空気量 (4.5±1.5%) を標準とする ← 第2回改訂で見直し

#### ☑ 対象構造物

- ・ プレキャストPC桁やPCセグメント桁など、早期脱型や吊り上げ等が必要な構造物
- ・ 配筋量が多く、流動性が求められる構造物

# フライアッシュ利用によるコンクリートの品質向上の要因分析



# 県土建部発注の土木用コンクリートに適用

フライアッシュ利用による品質向上効果が期待される  
 構造物及びその利用方法 (本文p.14 表2.1.1)

無筋・鉄筋別	区分番号	適用工種	圧縮容曲げ 応力 $\sigma_{ck}$ N/mm <sup>2</sup>	設計基準強度 $\sigma_{ck}$ N/mm <sup>2</sup>	設計仕様書						セメントの種類	備考	FA利用方法 <sup>注11</sup>		
					呼び強度 注)2	最大粗骨材の寸法 mm	スランプ cm	水最大結合材比 注)12 W/B %	結合材比 注)12 B kg/m <sup>3</sup>	最小			内割り+外割り 配合タイプ	内割り配合 タイプ	外割り配合 タイプ
無筋 コンクリート	①	重力式・半重力式(橋台・橋脚・擁壁・胸壁)	4.5	18	21	40	12±2.5	60	—	普通ポルトランドセメント		◎	○	—	
	②	根固ブロック・水路・格子枠・基礎・裏込・側溝	4.5	18	21	40	12±2.5	60	—	〃		◎	○	—	
			4.5	18	24	20	12±2.5	60	—	〃		◎	○	—	
	③	均し	—	—	18	20	12±2.5	—	—	〃	注)1	◎	○	—	
	④	海岸構造物 基礎・表込・根固 海岸堤防波除工・海岸擁壁 海岸堤防表張工	4.5	18	21	40	12±2.5	60	—	〃		◎	○	—	
			4.5	18	21	40	12±2.5	60	—	〃	注)3	◎	○	—	
4.5			18	21	40	12±2.5	60	—	〃		◎	○	—		
⑤	砂防ダム(堤体・側壁・水叩)	4.5	18	21	40~80	5±1.5	60	—	〃	注)4	◎	○	—		
⑥	トンネル覆工 アーチ・側壁 インパート	—	18	21	40	15±2.5	60	(270)	〃		◎	○	—		
		4.5	18	21	40	12±2.5	60	(230)	〃		◎	○	—		
鉄筋 コンクリート	⑦	RC橋 場所打床版橋	8.0	24	30	20	12±2.5	50	—	〃	注)10	◎	○	—	
	⑧	PC橋 ポストテンション	T桁橋	18.0	40	40	20	12±2.5	43 <sup>注)13</sup>	—	〃	注)6,7,10	—	—	◎
			橋桁・間詰床版	14.0	30	36	20	12±2.5	43 <sup>注)13</sup>	—	〃	注)10	—	—	◎
			箱桁橋	16.0	36	36	20	12±2.5	43 <sup>注)13</sup>	—	〃	注)8,10	—	—	◎
			中空床版橋	16.0	36	36	20	12±2.5	43 <sup>注)13</sup>	—	〃	注)10	—	—	◎
			中実床版橋	16.0	36	36	20	12±2.5	43 <sup>注)13</sup>	—	〃	注)10	—	—	◎
	⑧	プレテンション	橋桁・間詰床版	14.0	30	36	20	12±2.5	43	—	〃	注)10,14	○	○	◎
			床版橋の間詰	14.0	30	36	20	12±2.5	43	—	〃	注)10,14	○	○	◎
			床版橋の間詰	14.0	30	36	20	12±2.5	43	—	〃	注)10,14	○	○	◎
	⑧	プレキャストセグメント桁橋	—	18.0	40	40	20	12±2.5	43 <sup>注)13</sup>	—	〃	現場制作 注)10,14	—	—	◎
RC床版			8.0	24	30	20	12±2.5	50	—	〃		◎	○	—	
PC(合成)床版			8.5	30	36	20	12±2.5	43 <sup>注)13</sup>	—	〃		—	—	◎	
鋼非合成桁			8.0	24	30	20	12±2.5	50	—	〃	現場制作 注)10	◎	○	—	
鋼合成桁			9.0	27	30	20	12±2.5	50	—	〃		◎	○	—	
⑧	RC床版	RC床版	8.0	24	30	20	12±2.5	50	—	〃		◎	○	—	
		PC床版	8.5	30	36	20	12±2.5	43 <sup>注)13</sup>	—	〃		—	—	◎	
⑩	地覆・壁高欄	—	8.0	24	30	20	12±2.5	50	—	〃	注)10	◎	○	—	
		—	7.0	24	24	40	12±2.5	55	—	〃		◎	○	—	
⑪	堰・水門・ポンプ場	—	7.0	24	27	20	12±2.5	55	—	〃		◎	○	—	
		—	8.0	24	24	40	12±2.5	55	—	〃		◎	○	—	
⑫	樋門・樋管	—	8.0	24	27	20	12±2.5	55	—	〃		◎	○	—	
		—	8.0	24	27	20	12±2.5	55	—	〃		◎	○	—	
⑬	橋梁下部工(踏掛版含む)	8.0	24	30	20	12±2.5	50	—	〃	注)10	◎	○	—		
⑭	涵洞・函渠・擁壁・井筒	—	8.0	24	30	40	12±2.5	50	—	〃	注)10	◎	○	—	
		—	8.0	24	30	20	12±2.5	50	—	〃		◎	○	—	
⑮	場所打杭	水中:ベント杭 リバース杭	8.0	24	30	20~40	18±2.5 21±2.5	55	350	〃	注)8	◎	○	—	
		大気中:深礎工	7.0	24	24	40	12±2.5	55	—	〃	注)9	◎	○	—	
⑯	海岸構造物	水門・堰など耐久性を考慮する場合	7.0	21	24	40	12±2.5	55	—	〃	注)3	◎	○	—	
		—	7.0	21	27	20	12±2.5	55	—	〃		◎	○	—	

☑ 適用工種：原則としてNCが適用可能なもの

☑ 使用実績から3つに区分

◎：使用が望ましい

○：使用できる

—：実績無し

☑ 特に水和熱の影響を受けるマスコンクリート  
 に対しては「内割り+外割り配合タイプ」で  
 「◎：使用が望ましい」としている

※ スランプ変更の必要がある場合は、コンクリート  
 標準示方書【施工編】の「最小スランプの目安」  
 に基づき、適切なスランプを設定してください

## 2. 第2回改訂の背景

### 2.1 加熱改質FAの追加検討

## 県内には JISⅡ種に適合するFAは「2種類」ある

	FAの種類	第1回改訂版
<b>JPFA</b> (Japan Power FlyAsh)	電源開発(株)石川火力発電所(J-Power)から産出したFAを <b>分級処理したFA</b>	<b>対象</b>
<b>HrFA</b> (Heat reforming FlyAsh)	沖縄電力(株)金武火力発電所から産出したFAを更燃焼して <b>加熱改質したFA</b>	対象外

しかし、第1回改訂版までは「**JPFA**」のみを対象とし、「**HrFA**」は対象外。

### 【理由】

「**JPFA**」は、伊良部大橋建設時に各種試験で有用性を確認しているが、「**HrFA**」は性状や強度発現、耐久性能などが確認されていなかったため

配合試験や各種耐久性試験で有用性の確認を行い、指針へ追加を検討

**HrFAの追加は、資源の有効利用となり、環境負荷低減に繋がる**

## 2. 第2回改訂の背景

### 2.2 現場の意見を指針へ反映

## 現場の意見を指針へ反映

FAC指針初版策定（平成29年1月）には、FACの問題点や注意点を抽出するため、出荷実績のある生コン工場（9社）、施工経験のある建設会社（8社）に対してヒアリングを実施し、FAC指針へ反映。



### FAC指針初版策定から約5年が経過

FAC指針初版発刊以降にFACの施工実績も増え、製造・施工経験のある生コン工場や建設会社からいくつかの意見が挙がってきたことから、改めてヒアリングを実施し、現場の実態に合わせて見直し、より使いやすい指針とする。



現場の意見を直接聞くため、生コン工場（9社）、建設会社（11社）に対してヒアリングを実施（令和4年度）

## ヒアリングで得られた主な情報および意見 【生コン会社】

### ➤ 空気量について（外割り配合タイプ）

- 南部東道路上部工は砕砂 100 %が指定で、空気量  $4.5 \pm 1.5$  %であったため、**空気量の調整が難しかった。**
- $4.5 \pm 1.5$  %を満足させるために**AE減水剤を通常の 3倍添加**した工場もある。
- 出来れば上部工の**外割り配合タイプでも  $2.0 \pm 1.5$  %**にしてほしい。

### ➤ FA量について（外割り配合タイプ）

- 外割りFA量は、**3～ 5%の範囲内**と思った。

### ➤ 強度発現について（外割り配合タイプ）

- 細骨材を砕砂のみとした場合、**海砂と混合するより強度が高くなる。**

## ヒアリングで得られた主な情報および意見 【建設会社】

### ➤ 高速回転について

- FAC指針には高速回転禁止の記述がある。  
これは試験車に対し、受入れ試験後に更なる高速回転が禁止ということであれば修正してほしい。全ての車両に対してだと勘違いする。

### ➤ かぶりバイブレータについて

- かぶり内にバイブレータを入れた方が良いとは知らなかったもので、そういった記述があると有難い。

### ➤ 仕上げについて

- 仕上げに乾きが早いと感じる場合があるので、もう少し細かく記載してほしい。

### ➤ 強度発現について

- 橋梁上部工の配合では、脱型強度など初期強度を得るために W/C を小さくしていることで終局強度が高くなることを発注者には留意してほしい。

※沖縄県土木建築部土木工事成績評定のガイドラインで過剰強度と評価される

### ➤ 試験練りについて

- 試験練りについて、特記仕様書に明記してほしい。

## 3. 第2回改訂の概要

### 3.1 改訂内容の概要

# FAC指針改訂における技術的な改訂内容の概要

## 1. FAC指針の第2回改訂内容

- 加熱改質フライアッシュ（HrFA）の追加
- 建設会社・生コン工場のヒヤリングにより指摘を受けた箇所の修正・加筆

## 2. 本文中と参考資料の関連性

本文と参考資料の関連が分かるよう、本文「1.1 目的」の【解説】に参考資料の概要を記載。

## 3. 加熱改質フライアッシュ（HrFA）の追加

FAC指針で使用可能なFAとして、HrFAを追加。

参考資料に、HrFAを用いた内割り＋外割り配合タイプの圧縮試験結果や塩害、ASRの耐久性試験結果を示し、内割り＋外割り配合タイプと外割り配合タイプのスランプ経時変化も併せて示し、JPFAと同等使用可能なFAであることを確認。

# FAC指針改訂における技術的な改訂内容の概要

主な改訂箇所の記載概要		内割	内+外	外割
HrFAの注意点	JPFAに比べ粘性が高くなること明記	○	○	○
空気量について	JPFAの場合は、JIS規定の空気量（4.5±1.5%）を必ずしも規定しない （容積計算で規定する場合は、2.0%でもOK） 空気量（4.5±1.5%）が必要な場合はHrFAの使用を推奨	○	○	○
加水に対する注意	「粘性が高い＝単位水量が不足している」ではなく、 国交省管理値±15kg/m <sup>3</sup> の範囲内でも加水を行ってはならない	○	○	○
荷下ろし時点の高速回転	・品質試験車両：試験後に荷下ろし地点での再度高速回転の禁止 ・その他の車両：荷下ろし前に1回の高速回転可	○	○	○
仕上げの注意点	単位水量+10kg/m <sup>3</sup> 程度になるとブリージング水が上がる場合あり 仕上げは品質試験時の単位水量値を確認して行うこと	○	○	○
養生について	内割り配合がある場合は、養生期間を長くとることを明記 ※温度応力抑制効果は、あくまで“抑制”であり、“抑止”ではない	○	○	—
	NCとセメントが同量のため、型枠存置期間を長くとる必要がない	—	—	○
呼び強度の1.5倍以上となる問題	過剰強度（呼び強度の1.5倍）として扱わなくてよい	—	—	○
FAの細骨材置換率	最適な置換率として、3～5%以外の値に変更可	—	—	○
砕砂のFM	粗粒率（FM）が大きい砕砂は、外割り配合タイプに不向き	—	—	○
練混ぜ時間について	粉体量が多いため、練り混ぜ時間が1バッチ3分程度かかる	—	—	○

## 3. 第2回改訂の概要

### 3.2 主な改訂箇所の説明

## FAC指針の目次

### 本文

1. 総 則
2. FACの適用範囲、置換率および強度の  
管理材齢
3. 使用材料  
(FA、セメント、骨材、水、混和剤)
4. 内割り+外割り配合タイプ
5. 内割り配合タイプ
6. 外割り配合タイプ

#### 【巻末】

第1回改訂から第2回改訂の新旧対照表

### 参考資料

1. はじめに
2. FAの性質
3. FACの特性
4. FAの供給能力
5. 環境負荷低減効果
6. 経済性
7. 配合設計例
8. 施工事例
9. コンクリート製造工場および施工会社  
へのヒアリング結果

**10. コンクリート打込み・  
締固めテクニック**

新たに追加

# 1. 総 則

## 1. 3 用語の定義 (本文p.9)

- フライアッシュ (FA) : 沖縄県内のJIS A 6201に示されるⅡ種に適合するフライアッシュ (FA) を言う。
- 電源開発 (株) 石川火力発電所産出の分級FA (Japan Power FlyAsh : JPFA)
  - 本指針で取り扱う沖縄県内産のJIS A 6201 Ⅱ種適合FAであり、本指針初版および第1回改訂版で取り扱っているFAである。
- 沖縄電力 (株) 金武火力発電所産出FAを加熱改質したFA (Heat reforming FlyAsh : HrFA)
  - 第2回改訂版において新たに加えたFAで、沖縄県内産のJIS A 6201 Ⅱ種適合FAである。
- フライアッシュコンクリート (FAC) : FAをコンクリート混和材 (セメント代替もしくは細骨材代替) として使用したコンクリートであり、JIS A 5308に規定されるレディーミクストコンクリートに利用できるコンクリートを言う。  
本指針で使用するFAは、上記JPFAとHrFAのいずれかとする。

## 第2回改訂の主な改訂内容

# HrFAを用いた場合の注意点

(AE減水剤の使用量増加の可能性あり)

### 3. 使用材料

#### 3. 1 フライアッシュ (FA) (本文p.17)

沖縄県内の石炭火力発電所で産出された JIS A 6201 に示されるⅡ種に適合する分級フライアッシュ (JPFA)、および沖縄電力(株)金武火力発電所で産出されたフライアッシュを再燃焼してされた JIS A 6201 に示されるⅡ種に適合する品質にした加熱改質フライアッシュ (HrFA) の使用を原則とする。

#### 【解説】の抜粋

ここで、JPFAとHrFAの物性値は、参考資料「2.3 沖縄県内で産出するフライアッシュの成分分析」で示すように一部の項目でやや異なるため、同じ単位量で配合すると強度発現やワーカビリティが異なる可能性があると考えられた。よって、沖縄県土木建築部では、HrFAの使用可能性について各種検討を行い、最適配合やそのフレッシュ性状、ワーカビリティ等のフレッシュコンクリートとしての性質、および強度発現、塩害等への耐久性等に関する硬化コンクリートとしての性能が、JPFAと基本的に同等で、本FAC指針に採用することが出来ると判断した。各種試験結果を参考資料3.フライアッシュコンクリート (FAC) の特性に示す。

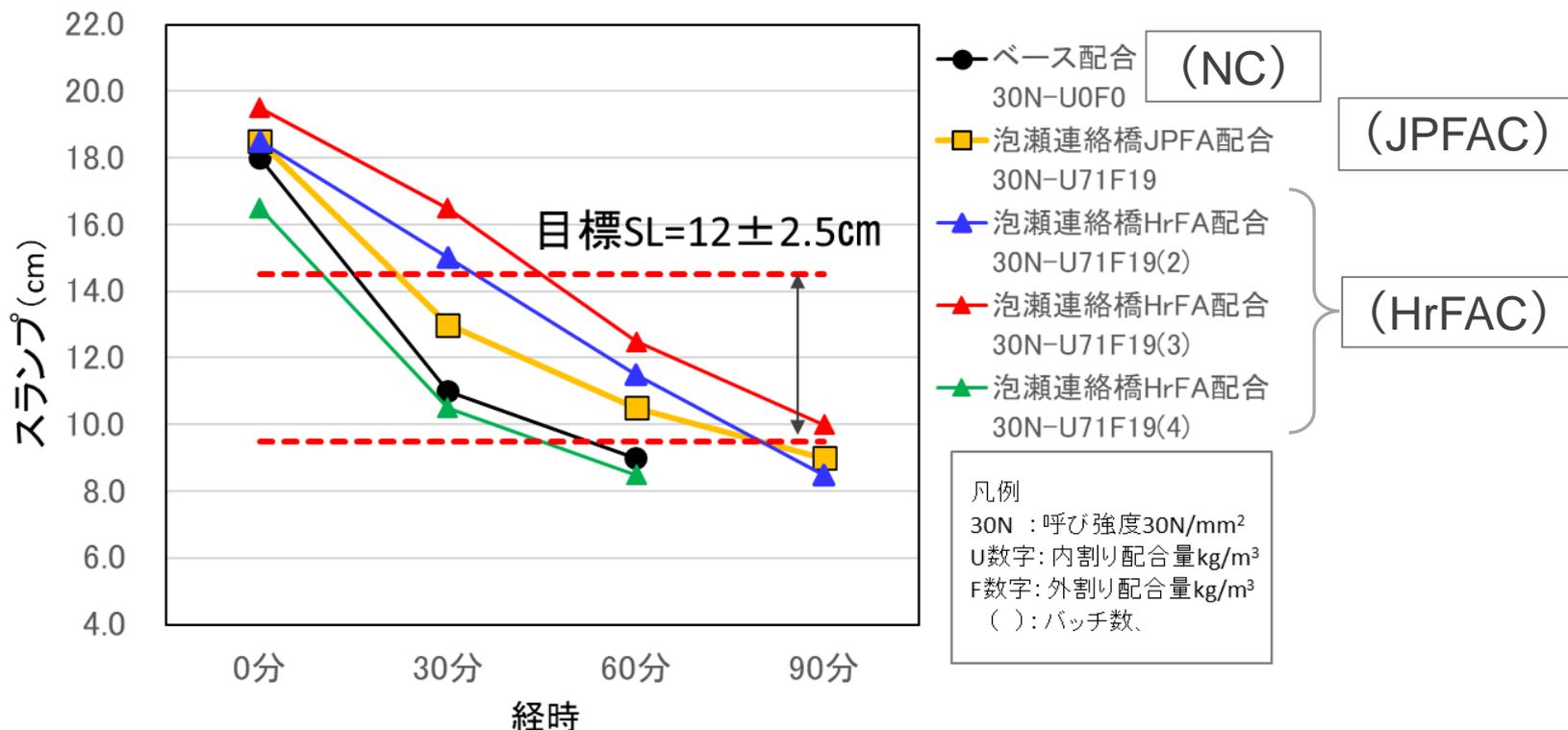
## 参考資料 3.フライアッシュコンクリート（FAC）の特性

- 3.1 流動性の改善
- 3.2 水和熱の抑制
- 3.3 乾燥収縮及び自己収縮の低減
- 3.4 力学的特性（長期強度の増進）
- 3.5 アルカリシリカ反応（ASR）の抑制
- 3.6 遮塩性の向上
- 3.7 中性化に対する抵抗性

### 3.1 流動性の改善

## FACによる流動性向上効果 (内割り+外割りFAC)

(配合：県道20号線 (泡瀬工区) 橋梁下部工 30-12-20FAC)



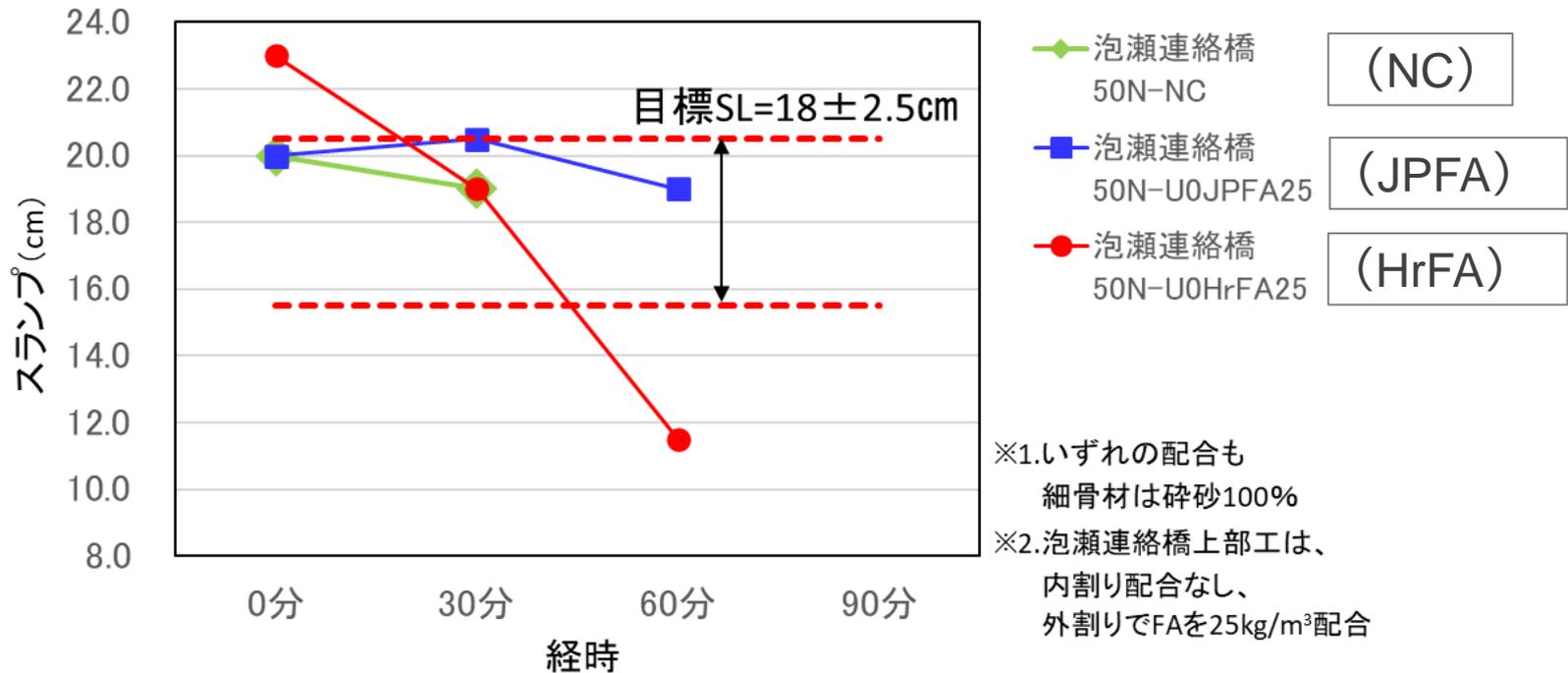
HrFAC、JPFAC、NCのスランプの経時変化

HrFAを内割り+外割り配合で使う場合は、打設時間に注意が必要

### 3.1 流動性の改善

## FACによる流動性向上効果（外割りFAC）

（配合：県道20号線（泡瀬工区）橋梁上部工50-18-20FAC）



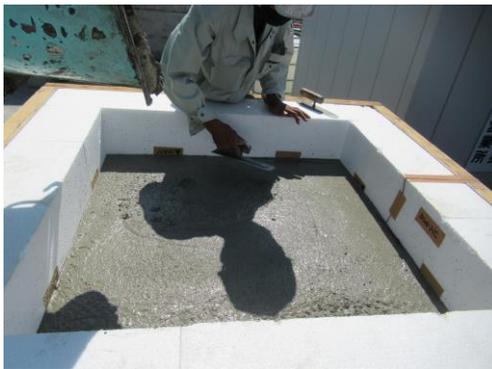
HrFAC、JPFAC、NCのスランプの経時変化

HrFAを外割り配合で使う場合は、打設時間が短く制限されることを念頭に使用

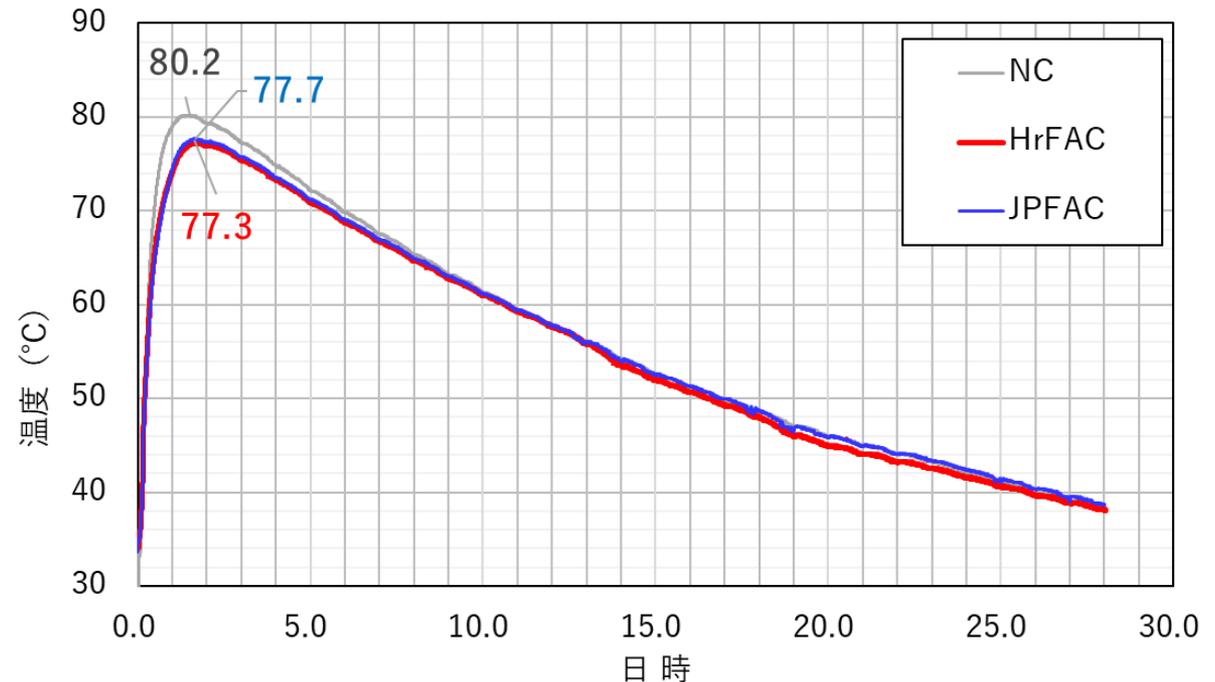
## 3.2 水和熱の抑制

### FACの水和熱抑制効果の確認

（配合：県道20号線（泡瀬工区）橋梁下部工 30-12-20FAC）



1辺が1mの立方体（1m<sup>3</sup>）  
コンクリート中心部で温度  
上昇量を測定



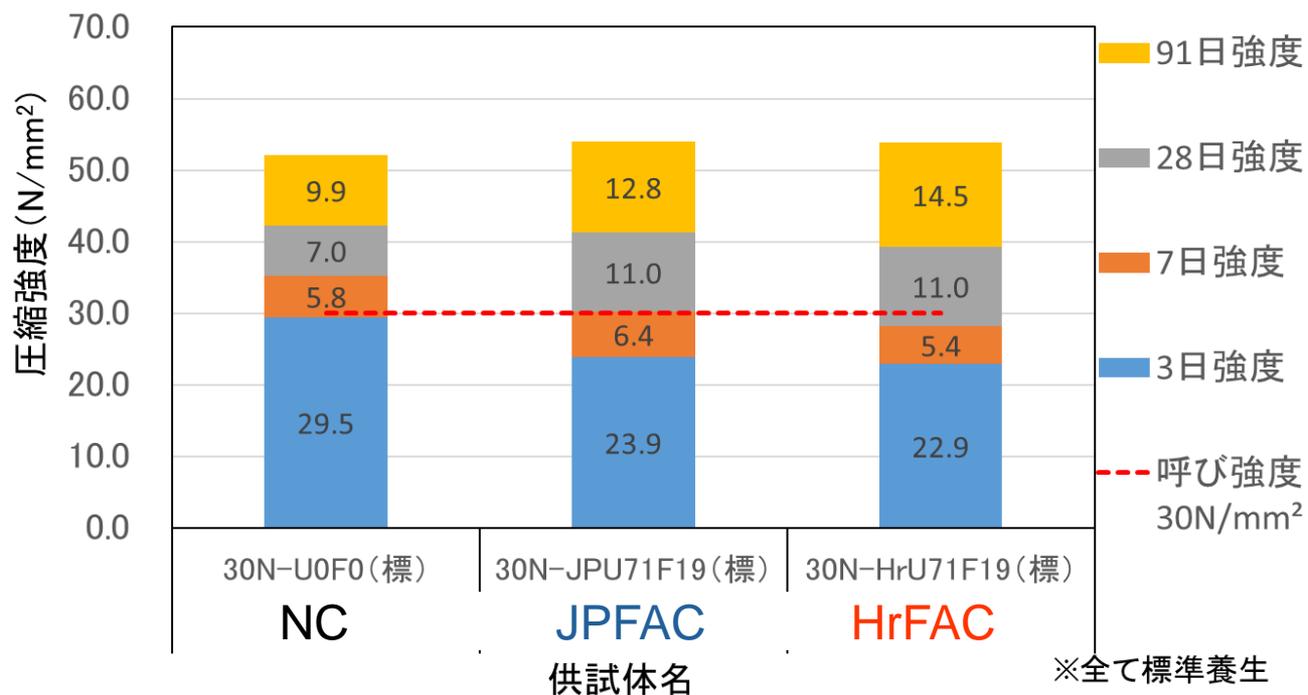
28日間のコンクリート中心温度の測定結果

HrFAとJPFAの両者には温度応力抑制効果に著しい違いはないと考えられる

### 3.4 力学的特性（長期強度の増進）

#### 強度発現状況の確認

(配合：県道20号線（泡瀬工区）橋梁下部工 30-12-20FAC)



HrFAC、JPFAC、NCの圧縮強度試験結果

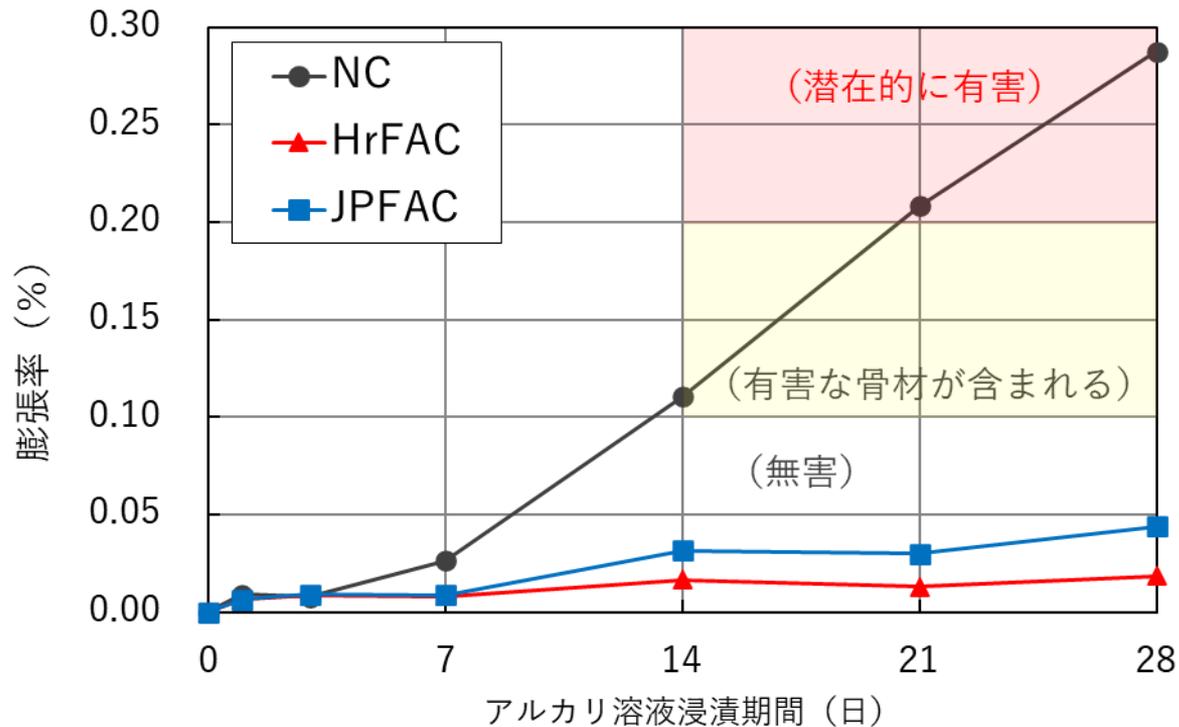
HrFA・JPFAともに管理材齢28日で呼び強度を十分に満足し、終局強度の差もない

### 3.5 アルカリシリカ反応（ASR）の抑制

#### ASR抑制効果の確認

※遅延膨張性骨材（県産海砂）

（配合：県道20号線（泡瀬工区）橋梁下部工 30-12-20FAC）



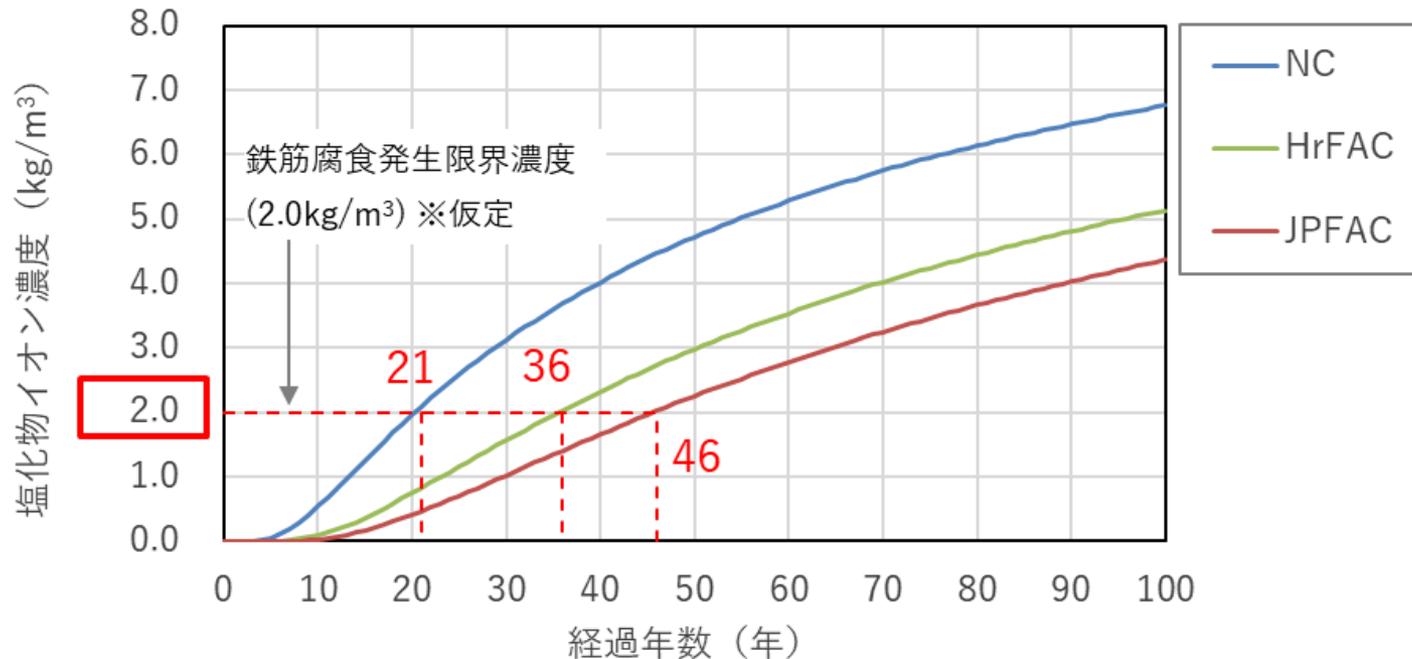
アルカリ溶液浸漬試験による各配合コンクリートの膨張率経時変化

7日目から膨張傾向を示したNCに対し、HrFA・JPFAともに明らかな膨張を示さず  
ASRの抑制効果を確認

### 3.6 遮塩性の向上

#### かぶり90mm位置の塩化物イオン濃度の拡散予測

(配合：県道20号線（泡瀬工区）橋梁下部工 30-12-20FAC)

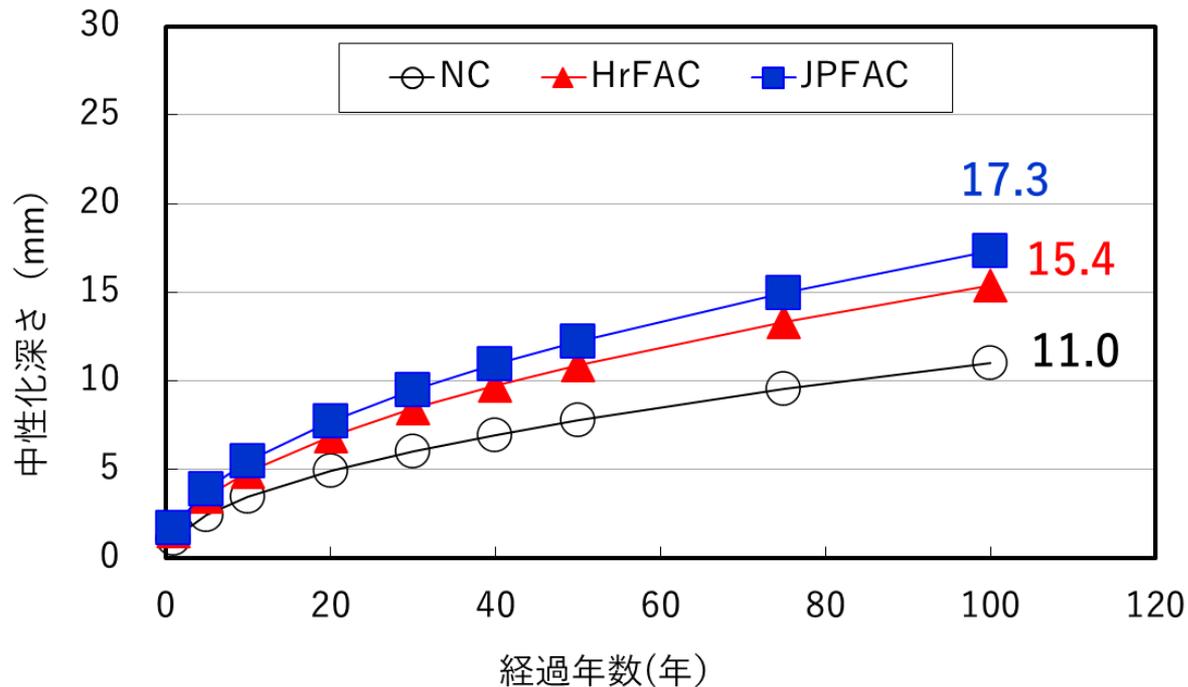


予測結果をNCと比べてみると、HrFAは 1.7倍、JPFAは 2.2倍の塩害耐久性向上を確認

### 3.7 中性化に対する抵抗性

#### 中性化深さ将来予測結果（100年後）

(配合：県道20号線（泡瀬工区）橋梁下部工 30-12-20FAC)



促進中性化試験結果から得られた中性化速度係数を用いた中性化進行予測

最大値のJPFACでも17.3mm、HrFACでも15.4mmであり、十分な中性化抵抗性を確認

## 内割り + 外割り配合タイプ (本文p.22)

### 4. 2. 2 フライアッシュ (FA) のセメントおよび細骨材の置換配合

(2) 内割り+外割り配合タイプの内割りフライアッシュのセメント置換率は 20%とする。

## 内割り配合タイプ (本文p.39)

### 5. 2. 2 フライアッシュ (FA) のセメントの置換配合

(2) 内割りフライアッシュのセメント置換率は 10~20%の範囲とするが、ASR抑制効果を求める場合は15~20%の範囲とする。水結合材比 (W/B) は、コンクリートの所要の強度や耐久性を考慮して定める。

(3) セメントとしてフライアッシュセメントを用いる場合は、フライアッシュセメントB種とし、フライアッシュの分量は 10~20%の範囲とするが、ASR抑制効果を求める場合は 15~20%の範囲とする。

### 【解説】の抜粋

ただし、HrFAを用いた場合は、JPFAを使用した場合に比べ粘性が高くなることが予想されるため、AE減水剤の使用量が増えることが考えられる。また、事前の配合試験ではスランプの経時変化試験を行うなどして、予定打設時間内にワーカビリティが低下しないか確認する必要がある。

## 外割り配合タイプ (本文p.53)

### 6. 2. 2 フライアッシュ (FA) の細骨材の置換配合

(2) 外割りフライアッシュ (FA) の細骨材置換率は、細骨材の3~5%を基本とするが、対象構造物に要求された耐久性効果とフレッシュコンクリートのワーカビリティが得られない場合は、監督員と協議の上、置換率の変更を行っても良い。

#### 【解説】の抜粋

この他、HrFAを使用した場合は、JPFAを使用した場合に比べ粘性が高くなることが予想されるため、AE減水剤の使用量が増えることが考えられる。そのため、JPFAを使用するよりもスランプロスが大きくなるなどワーカビリティの低下が考えられ、事前の室内試験および実機試験で予定打設時間内にワーカビリティが低下しないか確認する必要がある。

## 第2回改訂の主な改訂内容

### 空気量について

(JPFAは全ての配合タイプで空気量を必ずしも規定しない)

内割り + 外割り配合タイプ (本文p.21)

内割り配合タイプ (本文p.37)

4. 2. 1 、 5. 2. 1 一般

(3) 空気量については、JISで規定された空気量 (  $4.5 \pm 1.5\%$  ) を必ずしも必要としない。

【解説】の一部抜粋

(3) について

沖縄県全域が原則として耐凍害性を考慮する必要のない環境であることから、空気量についてはJISで規定された (  $4.5 \pm 1.5\%$  ) を必ずしも必要としない。

ただし、容積率算定の関係から配合計算において空気量を規定する必要がある場合は、2.0%としてよい。

また、HrFAを用いる場合は、空気量 (  $4.5 \pm 1.5\%$  ) を確保できるため、NCと同様の考え方でAE剤を配合し、空気量を調整する。(本文p.24)

## 外割り配合タイプ (本文p.51)

### 6. 2. 1 一般

- (2) 外割り配合タイプは、構造物の要求性能を満足するコンクリートのワーカビリティを確保するため、スランプ選定は監督員と協議の上、適切に行わなければならない。
- (3) 空気量については、JISで規定された空気量（ $4.5 \pm 1.5\%$ ）を必ずしも必要としない。

### 【解説】の一部抜粋

#### (3) について

外割り配合タイプは、砕砂と置換するFA量が少ないため、伊良部大橋上部工の施工時期は普通AE剤の添加量により空気量は  $4.5 \pm 1.5\%$  に調整できていた。しかし、令和元年度以降FAは、密度がやや低下していることなどから、空気量が  $4.5 \pm 1.5\%$  に調整しにくくなっている。

なお、HrFAを用いた場合は、空気量を調整できるため、標準の空気量（ $4.5 \pm 1.5\%$ ）を確保する必要がある場合はHrFAを用いるのも良い。

ただし、HrFAを用いた場合、JPFAを用いるよりも粘性が高くなるため、高性能AE減水剤の添加量が増加することに留意する必要がある。

## 第2回改訂の主な改訂内容

# 加水に対する注意記載

(管理値 $\pm 15\text{kg/m}^3$ の考え方)

**内割り** + **外割り** 配合タイプ (本文p.29)

**内割り** 配合タイプ (本文p.44)

#### 4. 3. 3 、 5. 3. 3 練り混ぜ

- (3) 内割り+外割り配合タイプ（内割り配合タイプ）のFACはNCに比べ粘性が高いため、ミキサー内をモニターで確認する場合、粘性を考慮する必要がある。

【解説】の一部抜粋

(3) について

内割り+外割り配合タイプ（内割り配合タイプ）のFACは、単位水量が適正であってもNCに比べ粘性が高い。そのため、練り混ぜミキサー内をモニターで確認しているバッチャーは、「粘性が高い＝単位水量が不足している」とは考えずに、国土交通省「レディーミクストコンクリート単位水量測定要領（案）」に示された国土交通省の管理値（ $\pm 15\text{kg/m}^3$ ）の範囲であっても加水を行ってはならない。

## 構造計画・施工計画・建築設備計画の留意事項

令和4年4月 沖縄県土木建築部

荷卸し地点の単位水量測定にあたっては「**レディーミクストコンクリート単位水量測定要領(案)**」(平成16年3月8日付け国土交通省大臣官房技術調査課事務連絡)を参考にすること。 ※一部抜粋

## レディーミクストコンクリート単位水量測定要領 (案)

平成16年3月 国土交通省

## 「レディーミクストコンクリートの品質確保について」の運用について

国コ企第3号 平成15年10月2日  
大臣官房技術調査課 建設コスト管理企画室長

<	指示値 <b>-20</b>	≦	管理値 <b>-15</b>	≦	配合設計値 <b>±0</b>	≦	管理値 <b>+15</b>	≦	指示値 <b>+20</b>	<
持ち帰り 全車	改善 1/3台		打設				改善 1/3台		持ち帰り 全車	

打設 ≦ (管理値 = 配合設計 ± 15) < 改善指示 ≦ (指示値 = 配合設計 ± 20) < 持ち帰り

## 単位水量の「合否判定基準の考え方」について

2007.5 Vol.16 №.3 JCMマンスリーレポート

### レディーミクストコンクリートの品質管理について

(単位水量検査の意義と測定技術の現状)

“単位水量測定技術には多くの誤差要因が存在する”

- ☑ 測定手法に関わる誤差 → これを  $\pm 10\text{kg/m}^3$  まで許容
- ☑ 生コン工場の単位水量の変動幅 → これを  $\pm 10\text{kg/m}^3$  まで許容

この2つの累計誤差  $Sa = \sqrt{10^2 + 10^2} = 14.14 \approx \pm 15\text{kg/m}^3$

$\pm 15\text{kg/m}^3$  までを “合格”

$\pm 20\text{kg/m}^3$  以上は “持ち帰り” ※

※ 2つの誤差の最大値の合計値を超え、明らかに水量が大幅に違っている

## 第2回改訂の主な改訂内容

# 荷下ろし時点の高速回転について

(高速回転の回数の明記)

**内割り** + **外割り** 配合タイプ (本文p.31)

**内割り** 配合タイプ (本文p.46)

**外割り** 配合タイプ (本文p.61)

#### 4. 3. 5 、 5. 3. 5 、 6. 3. 5 打込み・締固めおよび仕上げ

(3) 型枠に接するコンクリートは、出来るだけ平坦な表面が得られるように打込み、締固め、躯体の表面に気泡が残らないようにしなければならない。なお、荷下ろし時点の高速回転を必要以上に行うと、エントラップドエアを巻き込むので注意しなければならない。

【解説】 の一部抜粋

(3) について

コンクリート表層に 5 mm以上の気泡が出る原因は、フレッシュコンクリートの初期空気量(エントレインドエア)ではなく、アジテータ車中で巻き込まれたエントラップドエアである。

(中略) 沖縄県内の打設現場では、スランプや空気量の品質試験車両が試験前に高速攪拌を行い、さらに数分後荷下ろし地点に移動して再び高速回転する場合がある。これは、ミキサー内のフレッシュコンクリートにエントラップドエアを巻き込む行為であるため、試験前に高速回転を行ったアジテータ車は、荷下ろし地点で再度高速回転を行ってはならない。試験車両以外のアジテータ車は、荷下ろし前に1回高速回転を行ってもよい。

## 第2回改訂の主な改訂内容

# 仕上げの注意点について

(ブリージング水について)

**内割り** + **外割り** 配合タイプ (本文p.31)

**内割り** 配合タイプ (本文p.46)

**外割り** 配合タイプ (本文p.61)

#### 4. 3. 5 、 5. 3. 5 、 6. 3. 5 打込み・締固めおよび仕上げ

(6) フライアッシュコンクリート (FAC) は、ブリージング水が少ない配合であり (場合があり) 仕上げ普通コンクリート (NC) と異なることについて注意しなければならない。

#### 【解説】 の一部抜粋

(6) について

FACは、ブリージング水が少ない配合であり、ブリージングを待って仕上げようとすると、仕上げが遅れる可能性があるため注意する必要がある。ただし、単位水量が国土交通省「レディーミクストコンクリート単位水量測定要領 (案)」に示された国土交通省の管理値 ( $\pm 15\text{kg/m}^3$ ) の範囲内であっても、 $+10\text{kg/m}^3$ 程度になるとブリージング水が上がる場合があるため、受入れ時の単位水量値を確認して仕上げを行う必要がある。

## 第2回改訂の主な改訂内容

### 養生について

(型枠存置期間について)

## 内割り + 外割り配合タイプ (本文p.34)

## 内割り配合タイプ (本文p.49)

### 4. 3. 6 、 5. 3. 6 養生

- (1) フライアッシュコンクリート (FAC) は、打込み後、効果に必要な温度及び湿度条件を保ち、有害な作用の影響を受けないように、これを十分に養生しなければならない。
- (2) 内割り + 外割り配合タイプ (内割り配合タイプ) は、打込み後の養生が重要であることから、十分な湿潤状態を保ち、工程を勘案して可能な限り長期養生を行うものとする。
- (3) 湿潤状態を保持する手段として、保水養生マットまたは粘着型養生シート等による養生が望ましい。

#### 【解説】の一部抜粋

#### (1) について

FACの養生は、強度増進および耐久性確保のために、打込み後の一定期間、通常のコングリート以上にFACを適切な温度のもとで、湿潤状態に保ち、かつ、有害な作用を受けないようにしなければならない。そのため、受・発注者は、養生期間を考慮した工程管理を行う必要がある。

なお、内割り + 外割り配合タイプは、内割りでセメント量の一部をFAに置き換えているため、温度応力ひび割れの抑制効果が期待できる配合である。しかし、この効果は、あくまで抑制であって抑止ではないことに留意されたい。

## 内割り + 外割り配合タイプ (本文p.34)

## 内割り配合タイプ (本文p.49)

### 4. 3. 6 、 5. 3. 6 養生

- (1) フライアッシュコンクリート (FAC) は、打込み後、効果に必要な温度及び湿度条件を保ち、有害な作用の影響を受けないように、これを十分に養生しなければならない。
- (2) 内割り + 外割り配合タイプ (内割り配合タイプ) は、打込み後の養生が重要であることから、十分な湿潤状態を保ち、工程を勘案して可能な限り長期養生を行うものとする。
- (3) 湿潤状態を保持する手段として、保水養生マットまたは粘着型養生シート等による養生が望ましい。

### 【解説】の一部抜粋

#### (2) について

(前略) 厳しい塩害環境である沖縄県でも内割り + 外割り配合タイプ (内割り配合タイプ) の養生期間は、28日を目標として可能な限り長期間の養生期間を確保するものとする。また、工程上28日を確保できない場合は、最短でも示方書に示される7日間を確保することが望ましい。以上を鑑みて、受注者は、監督員と協議の上、適切な養生期間を設定するものとする。

## 内割り + 外割り配合タイプ (本文p.34)

## 内割り配合タイプ (本文p.49)

### 4. 3. 6 、 5. 3. 6 養生

- (1) フライアッシュコンクリート (FAC) は、打込み後、効果に必要な温度及び湿度条件を保ち、有害な作用の影響を受けないように、これを十分に養生しなければならない。
- (2) 内割り + 外割り配合タイプ (内割り配合タイプ) は、打込み後の養生が重要であることから、十分な湿潤状態を保ち、工程を勘案して可能な限り長期養生を行うものとする。
- (3) 湿潤状態を保持する手段としては、保水養生マットまたは粘着型養生シート等による養生が望ましい。

### 【解説】の一部抜粋

#### (3) について

(前略) 粘着型養生シートは、躯体が濡れていると粘着性能が落ちるため、躯体が乾燥してから使用する必要がある。また、脱型後躯体が濡れていても速やかに養生する必要がある場合は、農業ハウス用のビニールシートなどを躯体に貼付けて養生するのもよい。

この他、橋脚などのマスコンクリート構造物は、昼夜の温度差が大きくなる冬季に温度応力ひび割れ発生事例もある。そのため、保湿養生シートに加え、気泡入り緩衝材を用いるなど、保湿養生を行うことが望ましい。

## 外割り配合タイプ (本文p.64)

### 6. 2. 6 養生

- (1) フライアッシュコンクリート (FA) は、打込み後、硬化に必要な温度及び湿度条件を保ち、有害な作用の影響を受けないように、これを十分に養生しなければならない。
- (2) 外割り配合タイプは、セメントとの置換がないことから、打込み後は普通コンクリート (NC) と同様の養生としてよい。
- (3) 湿潤状態を保持する手段としては、保水養生マットまたは粘着型養生シート等による養生が望ましい。
- (4) 外割り配合タイプは、型枠存置期間を特に長くする必要が無い。

#### 【解説】の一部抜粋

#### (3) について

(前略) 粘着型養生シートは、躯体が濡れていると粘着性能が落ちるため、躯体が乾燥してから使用する必要がある。また、脱型後躯体が濡れていても速やかに養生する必要がある場合は、農業ハウス用のビニールシートなどを躯体に貼付けて養生するのもよい。

#### (4) について

外割り配合タイプは、セメント量がNCと同じであるため、型枠存置期間を特に長く取る必要はない。

## 第2回改訂の主な改訂内容

### FAの細骨材置換率 および 砕砂のFM

(外割り配合タイプの3~5%はあくまで基本、変更可)

## 外割り配合タイプ (本文p.5)

### 1. 2 指針の構成

③ 外割り配合タイプ：細骨材は砕砂のみとし、その一部を質量置換する。

置換率は3～5%程度を標準とするが、フレッシュコンクリートのワーカビリティが得られない場合は、必要に応じて増やしてもよい。

### 【解説】の一部抜粋

③ 外割り配合タイプ

(前略) FA外割り置換率の違いは、フレッシュコンクリートに用いる砕砂の粗粒率 (FM) や粒度分布がコンクリート製造工場毎に違うためであり、FMが大きい砕砂は空気の巻き込みやスランプロスが大きくなる場合がある。よって、各工場で配合試験を行い、使用砕砂に合わせた最適置換率を決定する必要がある。

FMの大きい砕砂を用いた外割り配合タイプで、あばたが発生した事例

FM = 2.90の砕砂を用いた  
外割りFAC



FM = 3.21の砕砂を用いた  
外割りFAC



## 第2回改訂の主な改訂内容

# 過剰強度（呼び強度の1.5倍以上）

（過剰強度となる問題について）

## 外割り配合タイプ (本文p.5)

### 1. 2 指針の構成

③ 外割り配合タイプ：細骨材は砕砂のみとし、その一部を質量置換する。

置換率は3～5%程度を標準とするが、フレッシュコンクリートのワーカビリティが得られない場合は、必要に応じて増やしてもよい。

#### 【解説】の一部抜粋

外割り配合タイプは、セグメントの工程を念頭に、打設後1日脱型（約14～17時間）、2日吊り上げ（約36時間後）が可能な強度発現を目標としていることから、初期強度発現が小さい内割り配合は採用していない。また、細骨材は、アルカリシリカ反応（ASR）を発生させる県産海砂を用いず、砕砂100%としている。

この場合、セメント量およびW/Cは、1日脱型を目標とするように設定されているため、強度管理を行う材齢28日において『沖縄県土木建築部土木工事成績評定のガイドライン（令和2年2月）』で示される過剰強度（呼び強度の1.5倍）になる場合がある。ここで、ガイドラインで言う過剰強度とは、マスコンクリートにおける強度発現に対してであり、セメント量の増加により水和熱が高くなることで温度応力ひび割れに繋がるというものである。

しかし、外割り配合タイプを用いる部材は、スレンダーで鉄筋比の大きいPC上部工セグメント等であり、マスコンクリートではない。よって、呼び強度の1.5倍の強度発現となってもひび割れ発生には寄与しにくいいため、本配合タイプにおいて呼び強度の1.5倍の強度発現となっても過剰強度と扱わなくてもよい。

## 第2回改訂の主な改訂内容

### 練り混ぜ時間について

(外割り配合タイプは練り混ぜ時間が長くなる)

## 外割り配合タイプ (本文p.59)

### 6. 3. 3 練り混ぜ

- (1) フライアッシュコンクリート (FAC) は、各材料が均等に混ざり合ったコンクリートが得られるように十分に練り混ぜなければならない。
- (2) 材料がミキサーに投入する順序および練り混ぜ時間は、あらかじめ適切に定めておかなければならない。
- (3) **外割り配合タイプは、粉体量が多いため、練り混ぜ時間はNCに比べて長くなる。**

【解説】 の一部抜粋

(3) について

外割り配合タイプは、粉体量が多いため、練り混ぜ時間が1バッチ3分程度かかることに留意する必要がある。

## FAC指針の目次

### 参考資料

## その他改訂箇所 (参考資料)

1. はじめに
2. FAの性質
3. FACの特性
4. FAの供給能力
5. 環境負荷低減効果
6. 経済性
7. 配合設計例
8. 施工事例
9. コンクリート製造工場および施工会社へのヒアリング結果
- 10. コンクリート打込み・  
締固めテクニック**

## 2. FAの性質

### 2. 3 沖縄県内で産出されるフライアッシュ（FA）の成分成績

- |                     |               |
|---------------------|---------------|
| (1) 二酸化ケイ素          | (6) 比表面積      |
| (2) 湿分              | (7) フロー値比     |
| (3) 強熱減量            | (8) 活性度指数 28日 |
| (4) 密度              | (9) 活性度指数 91日 |
| (5) 45 $\mu$ mふるい残分 |               |

#### ① JPFA

- ・平成 24年 4月 ～ 令和 6年 7月（12年 3か月）

#### ② HrFA

- ・平成 28年 6月 ～ 令和 2年 4月（3年 10か月）

※リュクスは、令和 2年 5月以降HrFAを製造していない

## 6. 経済性

### 6. 1 施工費用の上昇について

#### (1) FACの単価

- 令和 5年 4月時点の単価（生コン組合ヒアリング）

a) 30 - 12 - 20 FAC単価	:	24,600 円/m <sup>3</sup>
b) 30 - 12 - 20 NC単価	:	22,300 円/m <sup>3</sup>
<hr/>		
c) 差 額	:	2,300 円/m <sup>3</sup> (10.3%up)

- R4年 南部東道路橋梁下部工工事（南城佐敷・玉城IC橋P2, A2）※積算単価

a) 30 - 12 - 20 FAC単価	:	26,670 円/m <sup>3</sup>
b) 30 - 12 - 20 NC単価	:	24,180 円/m <sup>3</sup>
<hr/>		
c) 差 額	:	2,490 円/m <sup>3</sup> (10.3%up)

## 6. 経済性

### 6. 1 施工費用の上昇について

#### (2) FACの単価上昇が施工費に与える影響

項目	雄樋川橋A2橋台	南城佐敷・玉城IC橋 P2橋脚,A2橋台	泡瀬連絡橋P3橋脚	備考
a) コンクリート打設量 (m <sup>3</sup> )	872	389	1,360	
b) FAC単価 (円)	20,700	26,670	19,570	工事積算単価
c) NC単価 (円)	18,767	24,180	17,743	生コン組合ヒアリングの FAC単価とNC単価比を工 事積算単価に掛けて算出
d) 生コン単価差額 (円)	1,933	2,490	1,827	
e) NCからFACの増額費 (円)	1,685,577	968,800	2,485,372	
f) 工事価格	198,190,000	140,040,000	195,460,000	各土木事務所提供の値
g) 工事価格に及ぼす増額費の割合	0.85%	0.69%	1.27%	

※ これらの構造物は当初からFACで積算されているため、前述のアップ率（10.3%）でFAC単価を割り戻しNC単価として増額費を算出

※ 泡瀬連絡橋P3橋脚：県道20号線（泡瀬工区）橋梁下部工

## 6. 経済性

### 6. 2 補修費用の検討

補修を要する劣化原因は、沖縄県における主な耐久性劣化（塩害、ASR、中性化）の中からASRが生じた場合を想定し、補修工法は「表面保護工法設計施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリー119」に示される補修工法で検討

ASR補修工事の概算費用

橋名	補修面積 (m <sup>2</sup> ) ※1	表面被覆工法		含侵材塗布工法	備考
		有機系塗装材	無機系塗装材	シラン系・ケイ酸塩系 耐塩害用含侵材	
		¥13,599	¥8,982	¥5,300	
雄樋川橋A2橋台	920	¥12,511,080	¥8,263,440	¥4,876,000	R1南部東道路橋梁下部 工工事
南城佐敷・玉城IC橋 P2橋脚,A2橋台	350	¥4,759,650	¥3,143,700	¥1,855,000	R1南部東道路橋梁下部 工工事
泡瀬連絡橋P3橋脚	590	¥8,023,410	¥5,299,380	¥3,127,000	県道20号線（泡瀬工区） 橋梁整備工事

※1 補修面積は型枠面積から算出

※2 補修工法の単価は、補修業者のヒアリングによる

※3 上記には仮設費は含まれていない

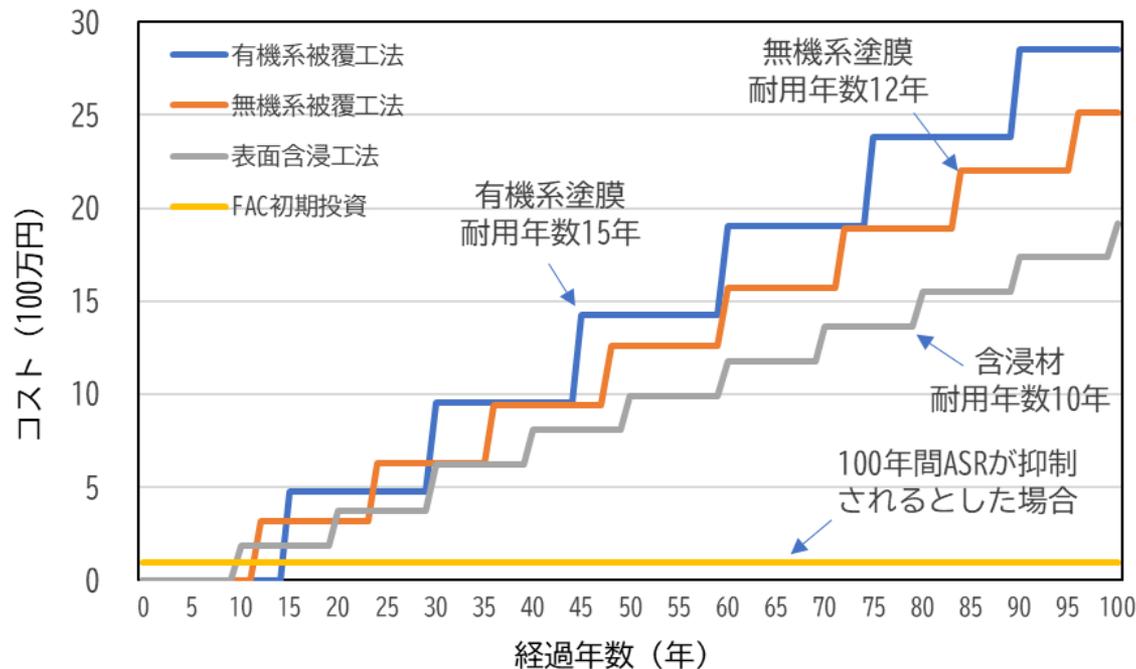
## 6. 経済性

### 6. 3 ライフサイクルコスト (LCC)

ASR劣化が生じて、10～15年毎に補修を行った場合のLCCのイメージ。

※対象構造物：「南城佐敷・玉城IC橋P2橋脚,A2橋台」

➔ **LCCとしては、施工当初にFACを用いて、ASRを抑制したほうが有利**



- 塗装材の塗装面積は、躯体の型枠面積として算出、仮設費は積算していない
- FACの単価は設計値を使用、当時のNC単価はR5.4時点の差額比率から算定
- 補修工法の耐用年数（塗り替え期間）：JCI「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針2022」参考

## 7. 配合設計例

初版策定時に記載していた「8配合」に、「6配合」を追加

配合設計例

配合タイプ	配合
内割り+外割り 配合タイプ	27-12-40
	30-12-20
	36-21-20
	21-12-40
	30-12-20
内割り配合タイプ	27-18-20
	33-8-20

配合タイプ	配合
外割り配合タイプ	36-15-20
	45-18-20
	50-18-20
	36-12-20
	40-18-20
	50-20-20
	50-60-20

## 8. 施工事例

### 施工事例

No	構造物名	部位	呼び強度 (N/mm <sup>2</sup> )	配合	配合タイプ	発注機関
1	佐手橋	上部工	33	33-8-20	内割り配合 タイプ ※内割18%ﾌﾟﾚﾐｯｸ ｽ FAセメント使用	沖縄総合 事務局
		下部工	27	27-8-20		
2	伊良部大橋	上部工	50	50-18-20	外割り配合 タイプ	宮古 土木事務所
			36	36-15-20		
		下部工	36	36-12-40	内割り+外割り 配合タイプ	
			27	27-12-40		
3	那覇大橋	下部工	30	30-12-20	内割り+外割り 配合タイプ	南部 土木事務所
4	南部東道路	上部工	30	30-18-20	外割り配合 タイプ	南部東道路 建設現場 事務所
			36	36-12-20		
			40	40-18-20		
		下部工・他	30	30-12-20 30-18-20	内割り+外割り 配合タイプ	

No	構造物名	部位	呼び強度 (N/mm <sup>2</sup> )	配合	配合タイプ	発注機関
5	新本部大橋 (国道449号本部 北道路)	下部工	27	27-12-40	内割り+外割り 配合タイプ	北部 土木事務所
		重力式擁壁	21	21-12-40		
		BOXカルバート・ 地覆	30	30-12-20		
6	桃原橋	上部工	60	60-50-20	内割り配合 タイプ	中部 土木事務所
		下部工	30	30-12-20		
7	県道20号線泡 瀬工区橋梁 (泡瀬連絡橋)	上部工	50	50-20-20	外割り配合 タイプ	中部 土木事務所
		下部工・他	30	30-12-20	内割り+外割り 配合タイプ	
8	沖縄都市 モノレール	上部工	45	45-12-20	外割り配合 タイプ	沖縄都市モノレール 建設現場事務 所
9	大保大橋	下部工	30	30-12-20	内割り+外割り 配合タイプ	北部 土木事務所
10	ハンサ橋 (国道507号) (八重瀬道路)	上部工	50	50-60-20	外割り配合 タイプ	南部 土木事務所
		踏掛版・他	36	36-12-20	内割り+外割り 配合タイプ	
		下部工	30	30-12-20		
		場所打杭	30	30-18-20		

※赤字は、第2回改訂で追加した施工事例

## 9. FAC製造工場および施工会社へのヒアリング

「8.施工事例」で示したFAC指針策定後にFACを用いた工事から生コン工場 9社、建設会社 11社に協力頂き、ヒアリングを実施。

### ヒアリングにご協力頂いた生コン工場および建設会社

#### ◆ 生コン工場

- (株) 技建
- (株) 大城生コン工業
- (株) 山正物産
- 西原産業 (資)
- (有) 海邦生コン工業
- 沖縄県セメント工業 (株)  
(添石工場)
- 球陽生コンクリート工業 (株)  
(松本工場)
- 本部生コン (株)

#### ◆ 建設会社

- (株) 川平土木
- (有) 沖南建設
- (有) 成華開発
- ムトウ建設 (株)
- 安岡建設 (株)
- 金秀建設 (株)
- (株) 喜屋武建設
- (株) ピーエス三菱
- (株) 屋部土建※
- (株) 富士ピーエス※

※書面ヒアリング

## 10. コンクリート打ちこみ・締固めテクニック

### 本日の講習会の内容

#### ◆ 第2回改訂における主な改訂点の説明

#### ◆ 参考資料 10.

### コンクリートの打ち込み・締固めテクニック

土木学会235委員会 委員 風間 洋 氏  
(アール・アンド・エー代表)

# 沖縄県におけるフライアッシュコンクリート配合及び施工指針検討委員会

初版策定時と同機関の方々に構成された委員会を設立し、改訂内容にご審議頂き、第2回改訂版を策定。

## 第2回改訂検討委員会 委員構成

---

委員長	：	富山 潤	（琉球大学 教授）
委員	：	山田 義智	（琉球大学 教授）
		砂川 勇二	（沖縄県土木建築部 土木整備統括監）
		安谷屋 政秀	（沖縄県生コンクリート工業組合 特別顧問）
		真栄里 嘉孝	（一般社団法人沖縄県建設業協会 理事）
		仲間 祐一	（一般社団法人沖縄県中小建設業協会 監事）
事務局	：	沖縄県土木建築部	技術・建設業課
		公益財団法人沖縄県建設技術センター	

---

※委員順不同



第1回委員会



第2回委員会

# フライアッシュ（FA）は

- 『資源の有効な利用の促進に関する法律』において、「石炭灰」は指定副産物に指定され、再生資源の有効利用の促進を図ることとされている。（FAは石炭灰）
- 『沖縄県グリーン購入基本方針』において、特定調達品目に「FAセメント」、「再生資源含有コンクリート」が指定されており、環境負荷低減を図るため、調達（利用）の推進に努めることとされている。
- 『カーボンニュートラル』  
副産物であるFAは製造に関わるCO<sub>2</sub>は、セメントと比べて非常に少ない。  
このため、FAをセメント混合材やコンクリート混和材として使用し、セメント量を低減することで、より少ないCO<sub>2</sub>排出量でコンクリートを製造することが出来る。



**フライアッシュ（FA）の利用は  
コンクリート構造物の品質・長期耐久性向上に加えて、  
副産物の有効利用による環境負荷低減にも繋がる。**