

沖縄県におけるコンクリート橋の 耐久性向上の取組

～ 伊良部大橋での事例 ～

沖縄県道路管理課
砂川 勇二

技術士(建設部門)
コンクリート診断士

伊良部大橋建設現場事務所HPより



劣化事例



1994年架設
單純合成鈹桁橋
架設後18年經過



劣化事例



1981年架設
單純合成鈹桁橋
架設後31年經過



劣化事例

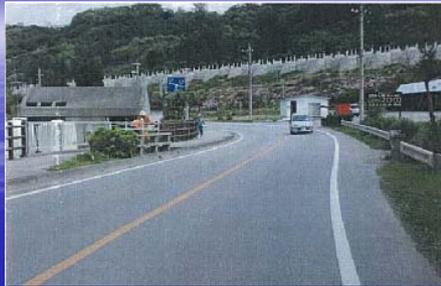


1975年架設
R C単純T桁橋

架設後37年経過
H23から架替



劣化事例



1972年架設
R C単純T桁橋

架設後40年経過
H24に架替



劣化事例



1979年架設
R C T型橋脚

架設後33年經過
現在通行止中



劣化事例



野甫大橋

供用22年後
現在架替済



劣化事例



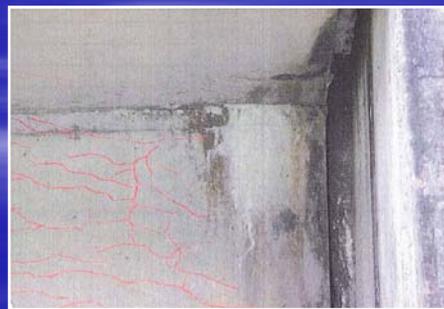
1981年架設
PCポスツT桁橋
架設後31年経過
平成17年補修後再劣化



劣化事例



1983年架設
PCポスツ中空床版橋
架設後29年経過



劣化事例



架設年不明
R C橋台



劣化事例



1986年架設
鋼方丈ラーメン橋

架設後26年経過

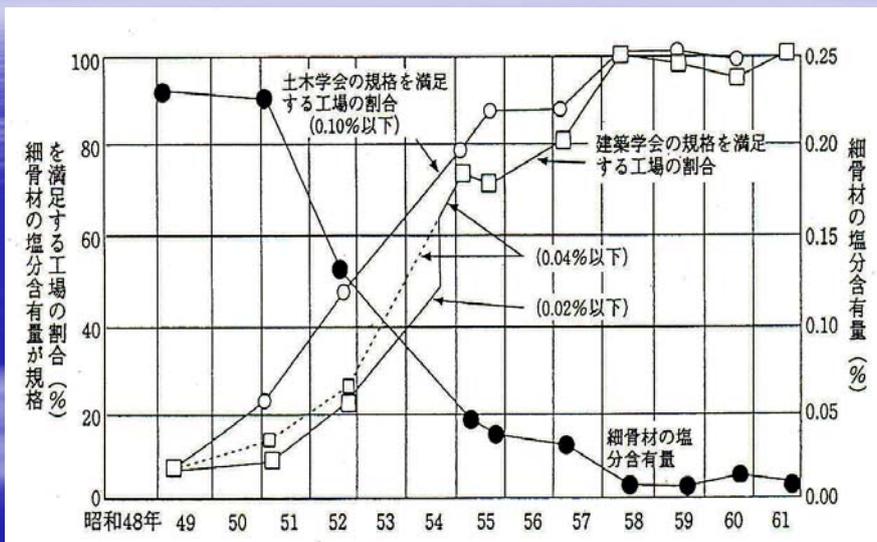


劣化事例

那覇港防波護岸

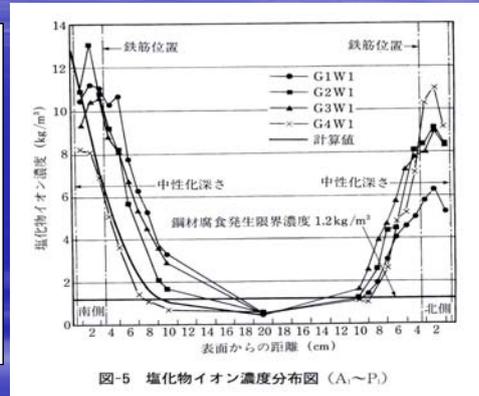
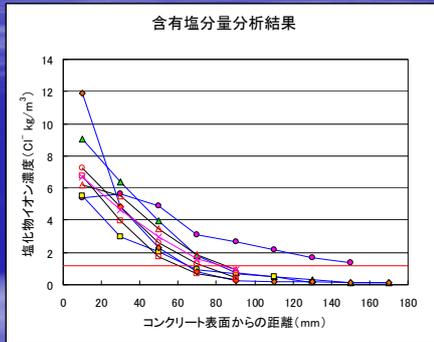


細骨材の塩分含有量の経年変化



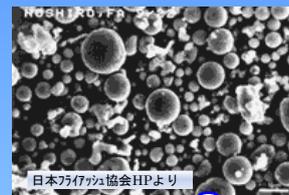
(財)沖縄県建設技術センター試験年報第5号、P.134、1986

現地調査による塩分含有量



○フライアッシュ (FA) とは・・・

石炭火力発電所で石炭の微粉を燃焼した際の燃焼ガスから集塵機で採取される球状微粒子の石炭灰で、コンクリート混和材としてJIS A 6201に規定



コンクリートに混和

見た目はセメント

- ①流動性の改善及び単位水量の減少
- ②水和熱による温度上昇の抑制
- ③長期強度の増進
- ④乾燥収縮の減少
- ⑤水密性及び耐久性の向上
- ⑥アルカリ骨材反応 (ASR) の抑制

なぜこれまで・・・

- 石炭火力発電所では、原料の安定供給を目的に時期により中国産・豪州産等産地の異なる複数の石炭を使用
- F Aの品質は産地の違いにより大きく異なる
- J I S 規定を満足する灰を採取する設備が無かった

品質が大きく変動

フライアッシュコンクリート (F A C)

- F Aの品質によりその品質・性状が大きく変動
- 研究はされていたものの、実施工では使用されていない

現在はJ I S II種のF Aが県内で生産

伊良部大橋での使用へ・・・

伊良部大橋：亜熱帯海洋性の海上という過酷な劣化環境に建設される長大橋

塩害、温度ひび割れ、ASR抑制の目的で下部工にフライアッシュコンクリート (F A C) を採用し、耐久性を向上

- 配合試験、圧送・打設試験等によりその品質を確認して県内で初めて使用を決定

配合の種類	W/(C+F1) (%)	sF2/a (%)	単 位 量 (kg / m ³)								AE減水剤 (高機能) (C+F1)%
			水	セメント	フライアッシュ		細骨材		粗骨材		
					内割	外割	海砂	砕砂	4020	2005	
W	C	F1	F2	S1	S2	G1	G2				
27-40-12	49.5	38.6	156	250	65	25	399	273	458	687	0.5

- H 1 9 . 9の初打設から約3年が経過し、データも増えたことから、F Aの品質も含めF A Cの品質を検証

フライアッシュの品質

FAの品質項目の変動はFACの品質・施工性に大きな影響を与えることから、重要項目である以下の品質変動を確認

①「二酸化ケイ素含有量」

FAの主成分。水酸化カルシウム (CaOH_2) と常温で徐々に化合し、不溶性で安定なケイ酸カルシウム水和物等をつくる性質（ポゾラン活性）を有する。強度増進や劣化因子の浸入抑制に寄与する重要な指標

②「強熱減量」

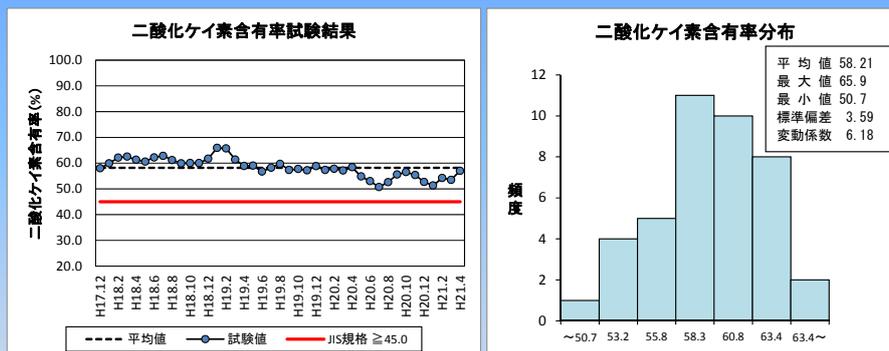
恒量となるまで熱した資料の質量減少率で求め、大部分が未燃炭素。AE剤を吸着する性質があり、空気量の変動で施工性や強度が変動することから安定した品質確保に重要

③「ブレン比表面積」

比表面積が大きいほど流動性が良く、反応性も高くなって強度発現、各種抑制効果も高くなる等FA品質の重要な指標

フライアッシュの品質

二酸化ケイ素含有量



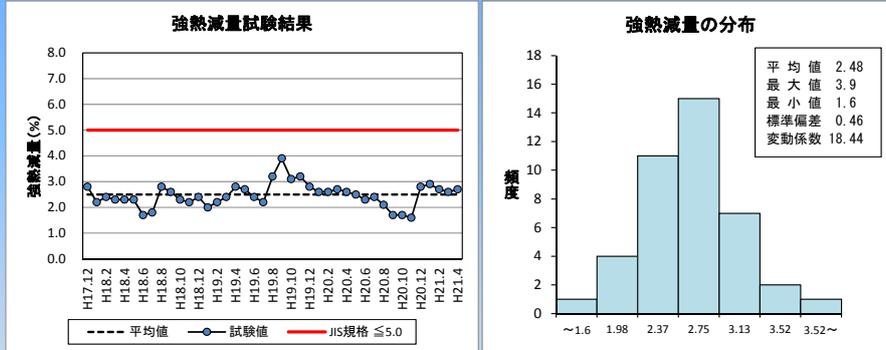
○多少の変動はあるが、JIS規格を大きく上回り標準偏差が3.59、変動係数が6.18とばらつきも少なく安定した品質

※変動係数 = (標準偏差) / (平均値) × 100

ばらつきが平均値に対してどの程度かという数値で、平均値が大きくなると標準偏差が大きくなる傾向があるが、そのような平均値の影響を除いたばらつきの尺度

フライアッシュの品質

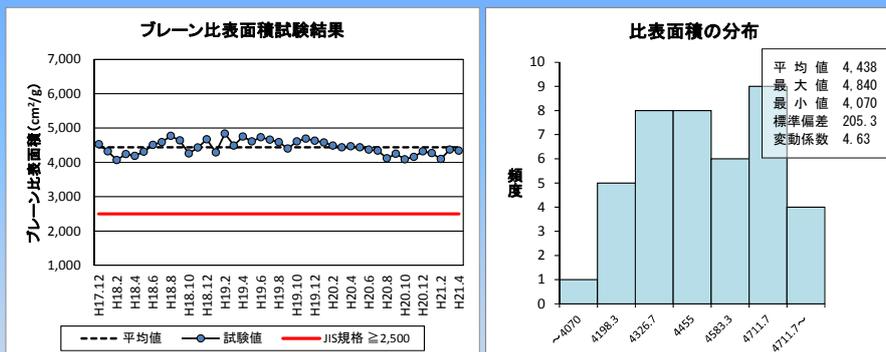
強熱減量



- 時期により変動があり、標準偏差は0.46と小さいが、変動係数が18.44と若干ばらつきが見られる
- 分布の状況も良好で、最大値でも3.9%とJIS規格の5%以下を十分満足しており、品質に問題はない

フライアッシュの品質

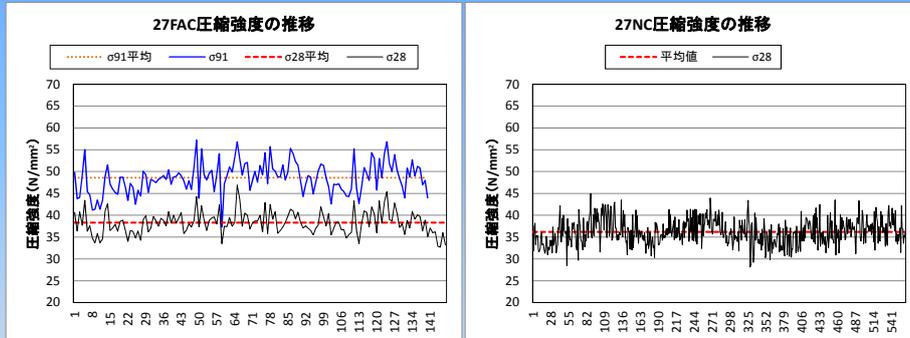
ブレン比表面積



- 時期により変動があるものの、標準偏差が205.3、変動係数が4.63とばらつきも少なく良好な品質

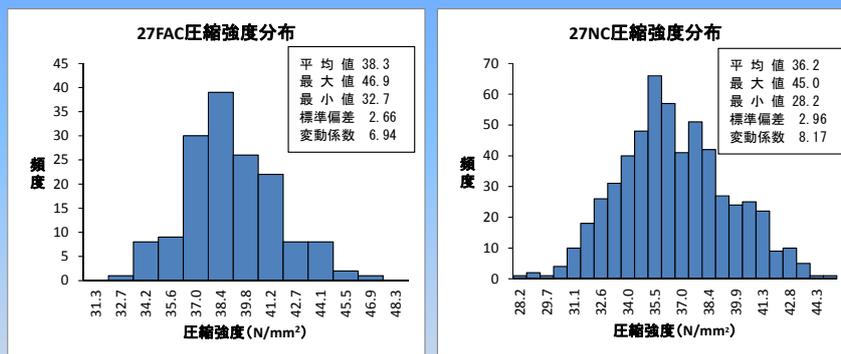
*** 全体的に石炭産地の違いによる品質変動も少なく、安定した良好な品質が確保**

フライアッシュコンクリートの品質 圧縮強度



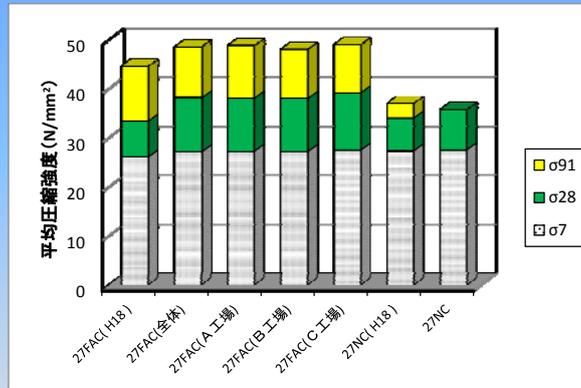
- 27FACは28日強度で目標配合強度の32N/mm²以上の強度が発現し、長期的な強度の増進が確認できる
- 平均値からのばらつきは27NCと同程度で、27NCと比較しても大きな差は見られない

フライアッシュコンクリートの品質 圧縮強度



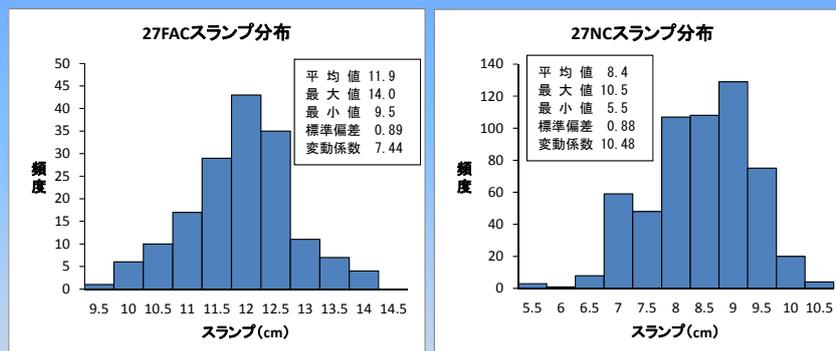
- 27FACと27NCの標準偏差は、それぞれ2.66、2.96であり、変動係数が6.94、8.17、範囲が14.2、16.8と、27FACは通常使用されている普通コンクリートと同等で安定した品質が確保されている

フライアッシュコンクリートの品質 圧縮強度



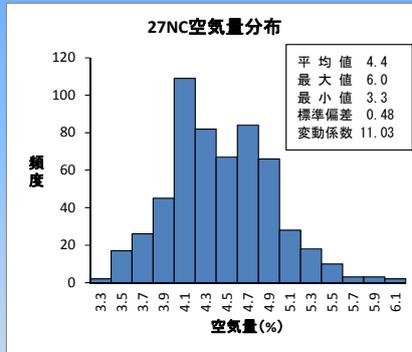
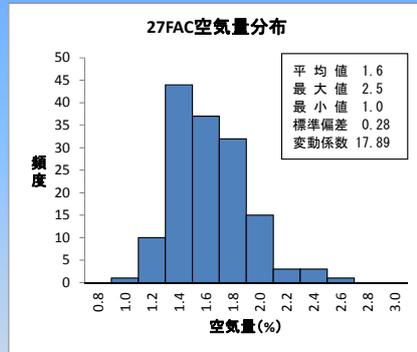
- 27NCの28日強度から91日強度までの伸びは3N/mm²程度であるのに対し、27FACは10N/mm²程度の伸びが確認され、ポズラン効果による長期強度の増進を確認
- 各工場毎の変動も少なく、安定した品質が確保

フライアッシュコンクリートの品質 スランプ



- 27FACと27NCの標準偏差は、それぞれ0.89、0.88であり、変動係数が7.44、10.48、範囲が4.5、5.0と、27FACは通常使用されている普通コンクリートと同等で安定した品質が確保されており、安定した施工性能を有していることが示される

フライアッシュコンクリートの品質 空気量



○27FACと27NCの標準偏差は、それぞれ0.28、0.48であり、変動係数が17.89、11.03、範囲が1.5、2.7と若干変動係数が大きいですが、分布の範囲を考慮すると27FACは通常使用されている普通コンクリートと同等で安定した品質が確保されている

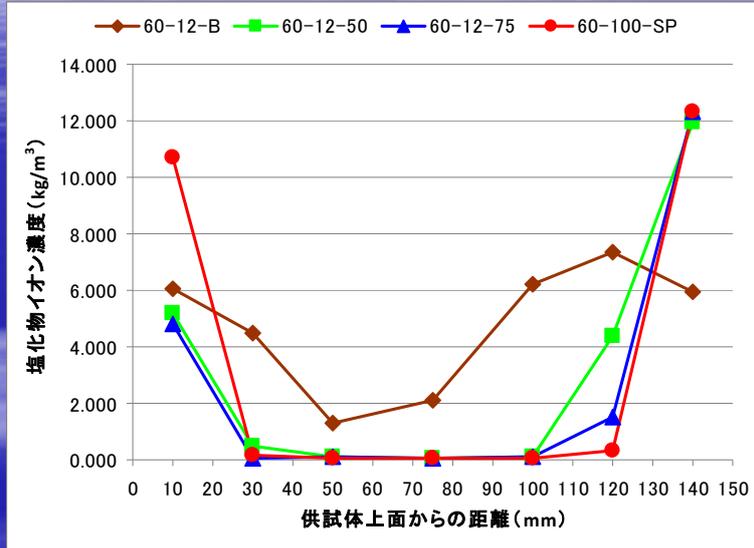
フライアッシュコンクリートの 塩分浸透状況（10年暴露）



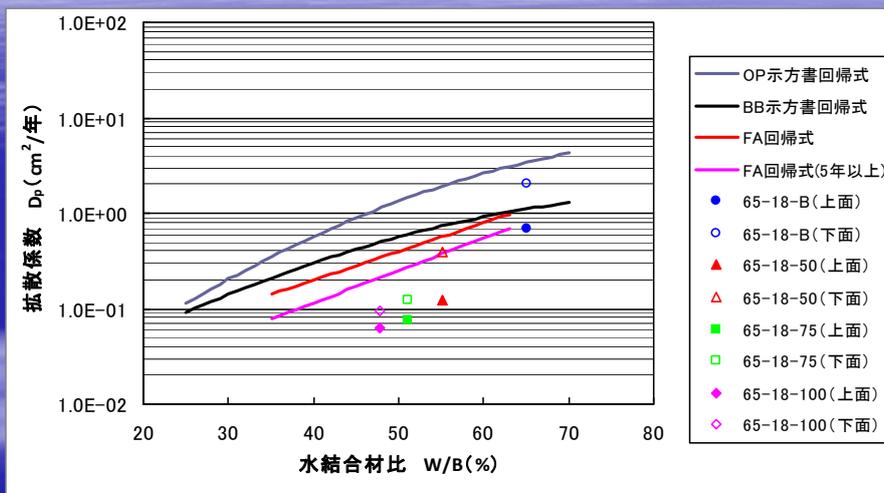
海岸に10年間暴露した供試体により遮塩性等を確認



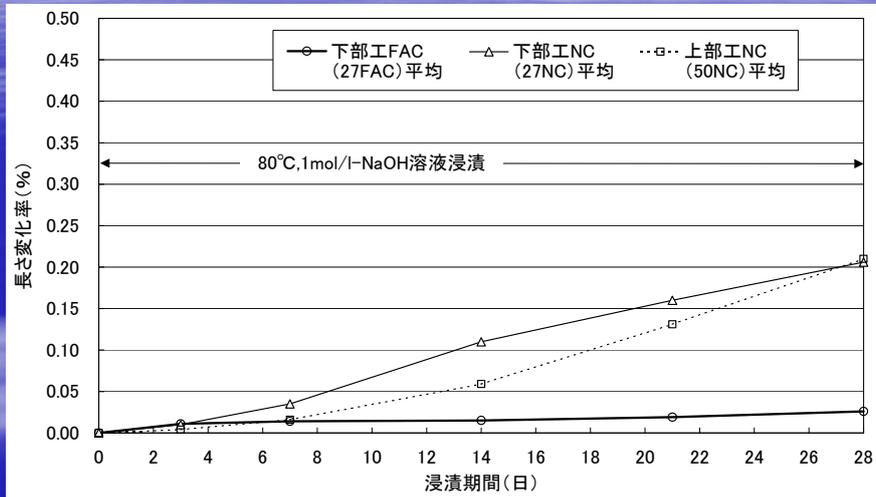
フライアッシュコンクリートの塩分浸透状況（10年暴露）



フライアッシュコンクリートの塩化物イオン拡散係数（10年暴露）



フライアッシュコンクリートの ASR抑制効果



ま と め

- 県産F Aの品質は、石炭産地の違いによる品質変動も少なく、安定した品質が確保されている
- 県産F Aを使用して伊良部大橋で実際に使用されているF A Cは、強度やスランプ、空気量等の品質の変動も少なく、安定した品質や施工性が確保されている
- F A Cは耐久性向上効果が高いことから、特に海岸沿いの構造物に使用することで、L C Cを低減し耐久性の高い構造物を建設することが可能
- 副産物であるF Aの使用は、天然資源使用抑制、セメント製造時のCO₂排出量削減、最終処分施設の延命化など、環境負荷低減にも大きく寄与
- 優れた特性を有し、県内で生産可能で普通コンクリートと同様な施工が可能であるが、現在は伊良部大橋以外には使用されていない

ま と め

構造物の長寿命化や維持管理が課題

特に海岸近辺の構造物にFACを使用することで高耐久化・長寿命化を図り、後世に誇れる耐久性の高い構造物の建設



将来的に県の維持管理の負担軽減にも大きく寄与

今回の検討を契機にFACの使用促進が図られ、孫の代まで残るような耐久性の高い構造物が建設されていくことを期待！！

沖縄県におけるコンクリート橋の 耐久性向上の取組

～ 伊良部大橋での事例 ～

沖縄県道路管理課
砂川 勇二

技術士(建設部門)
コンクリート診断士

伊良部大橋建設現場事務所HPより