

高炉セメント B 種にフライアッシュを混合した低炭素型コンクリートの実施工
その 1 実施工（杭）におけるフレッシュ性状および圧縮強度発現性と CO₂ 排出量

正会員 ○谷村賢一郎*1 同 中尾 陽一*2 同 新田 稔*3
同 山崎 順二*3 同 大崎 政人*1 同 西 晶弘*4

低炭素型コンクリート 高炉セメント B 種 フライアッシュ
CO₂ 排出量 CO₂ 削減率 大阪・関西万博

1. はじめに

大阪兵庫地区の生コン工場で、高炉セメント B 種（以下、BB）にフライアッシュⅡ種（以下、FA Ⅱ種）をセメント質量の内割りで 20%混合した低炭素型コンクリート（以下、BB+FA20%）を標準化している。標準化の実験には 68 工場が参画し、4 水準の水結合材比のコンクリートを各工場で 5 調合程度の試し練りを行い、実験結果に基づく関係式から 2023 年度より JIS マーク品として標準化したことを、その 4¹⁾ で報告した。本報では、6 工場で共同納入した（仮称）大阪広域生コンクリート協同組合・先端技術研究開発プロジェクトにおける杭工事（約 8600m³）で使用された BB+FA20%のフレッシュコンクリートの性状および圧縮強度発現性と CO₂ 排出量と削減率について報告する。また、続報（その 2）では、大阪・関西万博で実施工された BB+FA20%のフレッシュ性状ならびに、硬化物性について報告する。

2. 実施工

2. 1 使用材料と調査

6 工場のうち、代表 1 工場の使用材料を表 1 に示す。セメント、骨材については工場で標準化しているものとした。練混ぜ水は上澄み水とし、使用できない場合は工業用水を使用した。化学混和剤は高性能 AE 減水剤とし、FA Ⅱ種については JIS A 6201（コンクリート用フライアッシュ）の規格値を満足した舞鶴産を使用した。表 2 に調査を示す。

2. 2 フレッシュ性状

代表 1 工場の呼び強度 33N/mm² における、工場出荷時および荷卸し時のスランプ結果とコンクリート温度（CT）の関係を図 1 に、混和剤（SP）添加率とコンクリート温度の関係を図 2 に示す。6 月 8 日から 8 月 23 日にかけて 15 回納入し、荷卸し時のスランプは全て JIS の規格値を満足した。出荷時から荷卸しまでのスランプの低下は、図 1 から読み取れるようにコンクリート温度が高くなるのに伴い大きくなる傾向が伺えるが、混和剤を適切な添加率とすることに

表 1 使用材料

名称	記号	物性など
高炉セメント B 種	C	密度 3.04g/cm ³
フライアッシュⅡ種	FA	密度 2.25g/cm ³
赤穂産砕砂	S1	表乾密度 2.59g/cm ³ 、60%（容積比）
北九州産石灰砕砂	S2	表乾密度 2.68g/cm ³ 、40%（容積比）
赤穂産砕石 2010	G1	表乾密度 2.62g/cm ³ 、60%（容積比）
赤穂産砕石 1505	G2	表乾密度 2.62g/cm ³ 、40%（容積比）
高性能 AE 減水剤	SP	ポリカルボン酸系化合物
空気量調整剤	AE	アニオン系界面活性剤

表 2 コンクリートの調査

呼び強度 (N/mm ²)	W/B (%)	スランプ (cm)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)								単位量骨材 かさ容積 (m ³ /m ³)
				C	FA	W	S1	S2	G1	G2	SP	
30	44	21	48.5	327	82	180	476	330	511	341	3.72	0.551
33	42		47.8	343	86	180	463	322	512	342	3.86	0.553

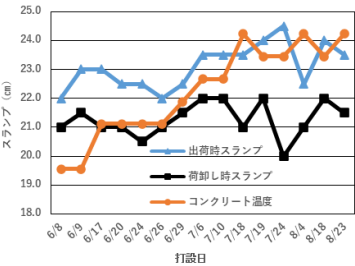


図 1 スランプと CT の関係

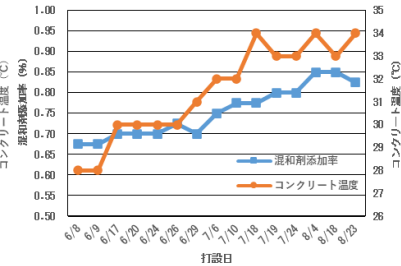


図 2 SP 添加率と CT の関係

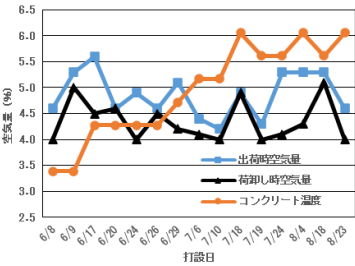


図 3 空気量と CT の関係

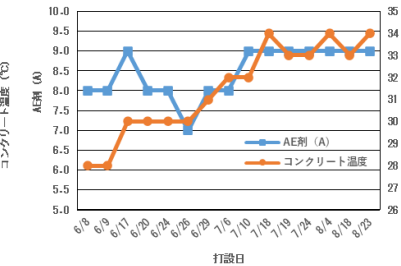


図 4 AE 剤と CT の関係
(AE 剤 1.0A=C×0.002%)

より所要のスランプが得られた。空気量試験の結果を図 3 に、AE 剤とコンクリート温度の関係を図 4 に示す。荷卸し時の空気量は、全て JIS の規格値を満足している。ただし、FA II種を使用しない一般のコンクリートと比べ AE 剤の量は 4～5 倍程度必要となった。これは、FA II種の未燃カーボンにより AE 剤の吸着が増大し、空気連行性が低下したことが原因と考える。図 4 に示すように、コンクリート温度の上昇に伴い AE 剤の量は増加する傾向であるが、AE 剤を適切な使用量とすることで安定した空気量が確保できた。なお、その他の 5 工場についても同様の傾向であり、良好なフレッシュ性状を示していた。

2. 3 圧縮強度の発現性

共納 6 工場の荷卸し時の圧縮強度と採用関係式を図 5 に示す。図中には、呼び強度 30N/mm² の結果を 12 件、33N/mm² の結果を 60 件プロットしている。納入工場すべてにおいて、荷卸し時の圧縮強度は呼び強度を満足している。また、大阪広域生コンクリート協同組合で現在使用されている採用関係式 (BB+FA20%, 材齢 56 日) を併記しているが、6 工場の圧縮強度をもとに算出された関係式は、採用関係式と比較して安全側であった。

3. CO₂ 排出量と削減率

BB+FA20%の呼び強度ごとの CO₂ 排出量と削減率を図 6 に示す。なお、図中には普通ポルトランドセメント (以下、N) および BB を使用した場合の CO₂ 排出量と削減率も併記している。CO₂ 排出量および削減率は、大阪広域生コンクリート協同組合の N を使用した標準調査と比較した。また、結合材以外の材料由来の CO₂ 排出量は小さく、今回は結合材のみの CO₂ 排出量で比較を行った。CO₂ 排出

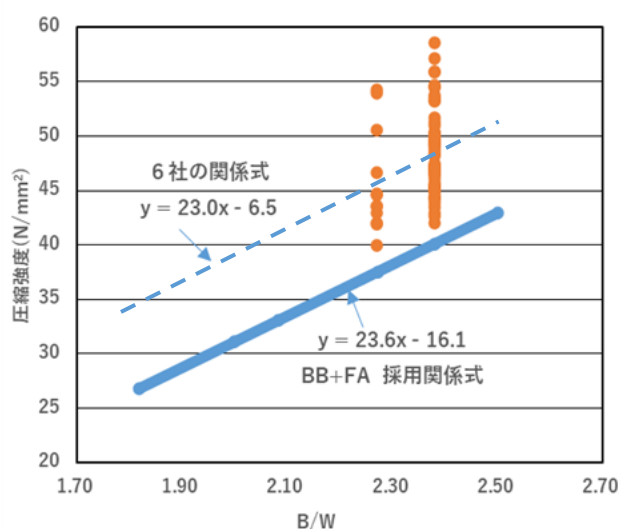


図 5 共納 6 工場の圧縮強度と採用関係式

量を試算したインベントリデータ²⁾・³⁾は、N では 788.6(kg-CO₂/t)、BB では 458.1(kg-CO₂/t)、FA は 19.6(kg-CO₂/t)として試算した。N のみを使用した標準調査と BB+FA20%を比較すると、図 6 のとおり約 49%の CO₂ 削減率を達成することが確認できる。また、CO₂ 排出量は 1 m³につき、160(kg-CO₂/t)程度、削減となり杭工事全体で約 1400 t の CO₂ が削減できた。

4. まとめ

その 1 では、杭に打ち込んだコンクリートの使用材料、調合、フレッシュコンクリートの性状および、圧縮強度発現性、CO₂ 排出量と削減率を示した。

(1) フレッシュ性状について、コンクリート温度の上昇に伴う性状変化も見られたが、化学混和剤の適切な管理を行えば、要求性能を満足するコンクリートが製造できることがわかった。

(2) 圧縮強度について、一般的なコンクリートと同様に満足する結果が得られることがわかった。

(3) CO₂ 排出量について、6 社で納入した約 8600 m³を N で使用した場合と比較すると、BB+FA20%では、約 1400 t の CO₂ 削減効果が得られた。

参考文献

- 1) 谷村賢一郎他：高炉セメント B 種にフライアッシュを混合した環境配慮型コンクリートの開発 その 4 BB+FA コンクリートの標準化，日本建築学会大会学術講演梗概集 (京都) pp105-106,2023.9
- 2) セメント協会：セメントの LCI データの概要 2023
- 3) 日本建築学会：フライアッシュを使用するコンクリートの調合設計・施工指針・同説, 2024.03

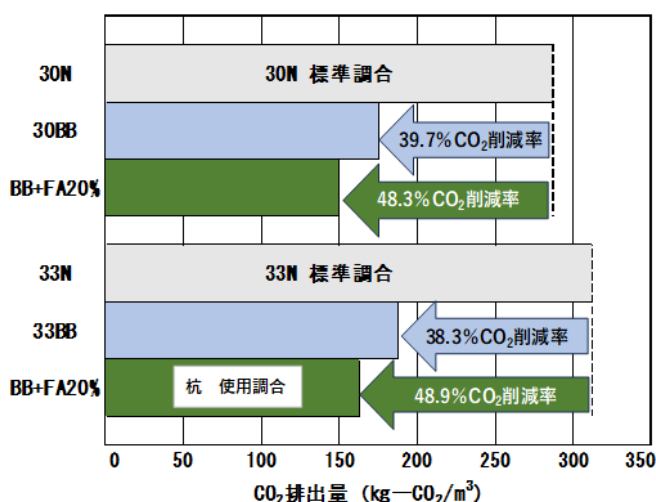


図 6 呼び強度別、セメント種類別 CO₂ 排出量と削減率

*1 新関西菱光 *2 関西宇部

*3 浅沼組

*4 さくら生コン

*1 Sinkansairyoko Corporation *2 Kansai Ube ,ltd

*3 Asanuma Corporation

*4 Sakura Ready-Mixed Concrete