

混和材がコンクリートダム建設のCO₂削減に与える効果

国土交通省土木研究所 ダム部ダム構造研究室
正会員 ○金子裕司、吉田等、佐々木隆、市原裕之

1. はじめに

コンクリートダム建設で発生するCO₂排出量の主なものは、工種別ではコンクリート工に関連するものであり、中でもセメント製造に起因する発生量が約6割程度を占めている。本研究はフライアッシュや高炉スラグなど産業副産物によるセメントの置換がダム建設時のCO₂排出量削減へ与える効果について実験的検討を行ったものである。

2. 実験概要

実験で使用した材料及び物性値の一覧を表-1に示す。混和材としてフライアッシュ種、種及び高炉スラグ微粉末8000(以下それぞれFA、FA、BFという)を用い、それぞれ表-2の試験ケースに対し目標スランプが4cm(±1cm)、空気量4%(±1%)の条件下で、配合試験を行い、円柱供試体の一軸圧縮強度試験を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 結合材水比と単位ペースト容積及び圧縮強度の関係

図-1に結合材水比と単位ペースト容積の関係を、図-2に結合材水比と3日材齢の圧縮強度を示す。結合材水比とこれらの関係が直線近似で示せることが確認できる。

表-1 使用材料及び物性値

使用材料	種類及び物性
セメント	中庸熱ポルトランドセメント (比重=3.21, 比表面積=3,200cm ² /g)
混和材	フライアッシュ 種 (比重=2.41, 比表面積=5,900cm ² /g) フライアッシュ 種 (比重=2.27, 比表面積=3,630cm ² /g) 高炉スラグ微粉末 8000 (比重=2.9, 比表面積8,360cm ² /g)
混和剤	高性能減水剤、フライアッシュ用AE剤
細骨材	岩種: 砂岩(比重=2.58, 吸水率=2.13%, 粗粒率=2.91)
粗骨材(mm)	岩種: 砂岩
40-30	(比重=2.68, 吸水率=0.38%)
30-20	(比重=2.70, 吸水率=0.39%)
20-10	(比重=2.69, 吸水率=0.74%)
10-05	(比重=2.67, 吸水率=1.10%)

表-2 試験ケース

混和材置換率 FA/(C+FA), FA/(C+FA) BF/(C+BF)	0 15,30,45,60(%)FA, FA 45,60,75,90(%) BF
結合材水比 (C+FA)/W, (C+FA)/W (C+BF)/W	混和材置換率の1試験 ケースにつき4種類を設定
圧縮試験材齢	3日

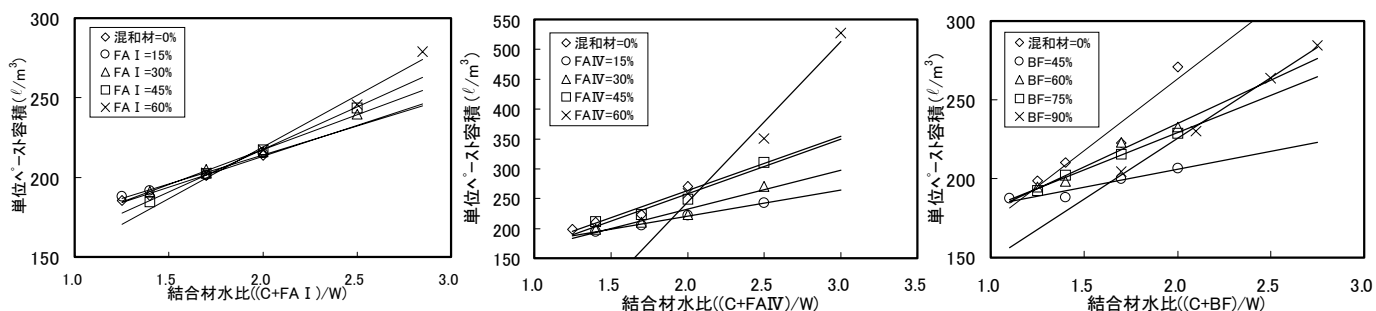


図-1 結合材水比と単位ペースト容積の関係

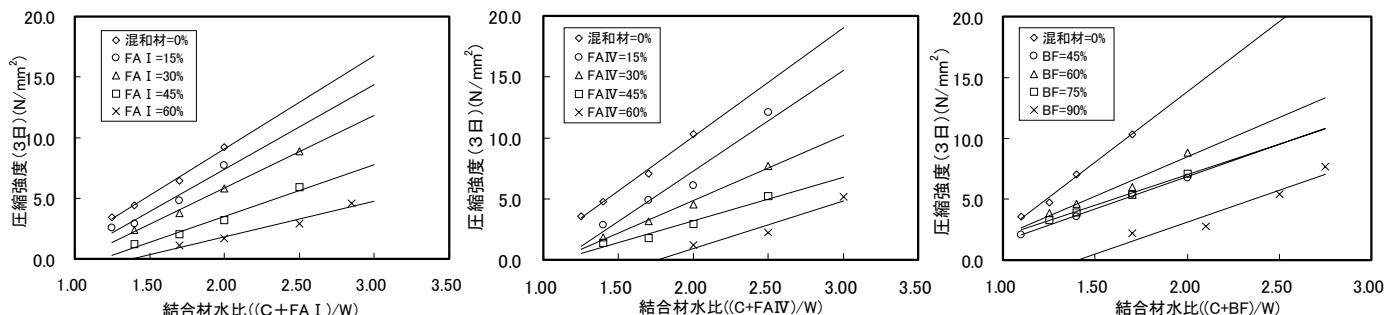


図-2 結合材水比と圧縮強度(3日材齢)の関係

【キーワード】CO₂排出量、フライアッシュ、高炉スラグ

【連絡先】〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 Tel 0298-64-2211 Fax 0298-64-2688

4. 単位セメント量低減効果の検討

3日材齢の圧縮強度がコンクリートダムの脱型時に必要な標準的な強度である、 3.5N/mm^2 を満足する時の、単位セメント量を前述の直線近似関係から、図-3に示す手順で推定した。この手順で、所要の強度を満足する混和材置換率毎の単位セメント量をもとめ、置換を行わない配合と比較しての単位セメント量低減率を式(1)で計算した結果を図-4に示す。

$$\text{単位セメント量低減率(\%)} = \left[1 - \frac{\text{各置換率における単位セメント量(kg/m}^3\text{)}}{\text{置換率=0\%における単位セメント量(kg/m}^3\text{)}} \right] \times 100 (\%) \quad \dots(1)$$

これにより、単位セメント量が最小となるのはFA、FAI及びBF置換において、それぞれ、60%、30%、90%置換時であることが確認できる。

5. コンクリートダム建設工事におけるCO₂削減効果の試算

5.1 試算条件

今回の結果をもとに、想定コンクリートダムの建設におけるCO₂排出量の削減率について試算した。計算は、当研究室による「コンクリートダム建設に伴って発生する二酸化炭素量の分析方法」¹⁾によった。想定ダムの主な試算条件を表-3に、置換率が0%の場合のCO₂排出量内訳を図-5に示す。

5.2 試算結果

試算で、FAとFAI置換は最も単位セメント量低減効果の高い置換率を採用したが、BF置換は置換率90%が配合試験で調整困難であったことから、実用性を考慮し置換率75%を採用した。CO₂排出量の計算式を式(2)、(3)に、試算結果を表-4にそれぞれ示す。

その結果、BF置換の時に最大のCO₂削減率47.9%が達成できる結果となり、また、FAの方がFAIよりCO₂削減効果が高いことが分かった。

なお、今回使用した混和材のなかで、高炉スラグはCO₂排出量削減効果が最も高い結果となったが、置換率が高い場合、粘り気が強く作業性が悪化することなどに注意を要する必要がある。

参考文献

- 1) 永山功, 宮内茂行: コンクリートダム建設に伴って発生する二酸化炭素量の分析, 土木技術資料, Vol.41, No.11, 1999.11
- 2) 吉田等, 佐々木隆, 町田宗久, 大滝嘉孝: フライアッシュ種置換によるダムコンクリートのCO₂削減効果, 土木技術, No.171, 2000.12

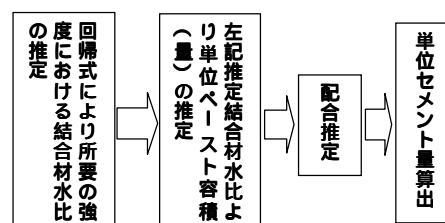


図-3 単位セメント量推定手順

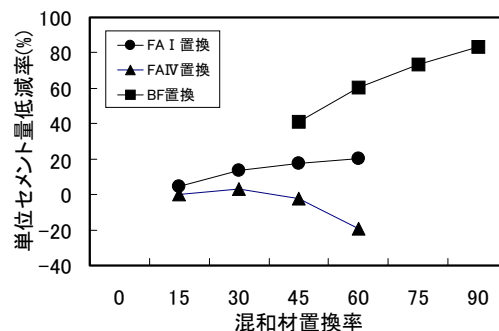


図-4 置換率と低減率の関係

表-3 主な試算条件

項目	単位	数量	備考
堤高	m	100	
堤頂長	m	250	
堤体積	m ³	508,000	
単位セメント量	kg/m ³	210	外部コンクリート
		140	内部コンクリート
単位骨材量	kg/m ³	2,100	外部コンクリート
		2,180	内部コンクリート
外部コンクリート厚	m	2.0	

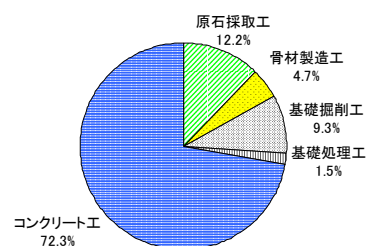


図-5 工種別CO₂排出量の内訳

$$\text{セメント低減後のコンクリート1m}^3\text{あたりの排出量(C-kg)} = \frac{\text{コンクリート1m}^3\text{あたりの排出量(C-kg)}}{\text{コンクリート1m}^3\text{あたりの排出量(C-kg)}} \times \frac{\text{コンクリートに関わるCO}_2\text{排出量に占めるセメントの占める割合(\%)}}{100} \times \text{セメントの低減率(\%)} \quad \dots(2)$$

$$\text{セメント低減後の総排出量(C-t)} = \frac{\text{削減後のコンクリート1m}^3あたりの排出量(C-t)}{\text{削減後のコンクリート1m}^3あたりの排出量(C-t)} \times \frac{100}{\text{総排出量に占めるコンクリートの製造・打設等に関する工種の占める割合(\%)}} \times \text{堤体積(m}^3\text{)} \quad \dots(3)$$

表-4 各混和材におけるCO₂削減率

項目	単位	低減前	低減後		
			FAI	FAIV	BF
置換率	%	0	60	30	75
単位セメント量低減率	%		20	3	74
コンクリート1m ³ あたりの排出量	C-kg	63.4	55.2	62.2	33.0
総排出量	C-t	36,100	31,437	35,423	18,794
削減されたCO ₂ 排出量	C-t		4,663	677	17,306
削減率	%		12.9%	1.8%	47.9%