

セメントを用いない硬化体のボックスカルバートへの適用に関する研究（その1）

日本ヒューム株式会社

正会員

○畑

実

東京都下水道サービス株式会社

杉本克美

東京都下水道サービス株式会社

林悦朗

足利大学

正会員

宮澤伸吾

日本ヒューム株式会社

正会員

井川秀樹

1. はじめに

脱炭素社会の実現に向けて二酸化炭素（以下 CO₂）排出量の少ない、フライアッシュや高炉スラグ微粉末、および二水石膏などから成る粉体をセメント代替とした硬化体に関する研究等が報告されている。本研究は、フライアッシュと高炉スラグ微粉末を主成分とし、これにシリカフュームを加えた結合材を、消石灰によるアルカリ刺激材で固化させた硬化体（Industrial By-Product Materials：以下 IBPM）を対象にしている。IBPM は耐硫酸性に優れ、普通ポルトランドセメントを全く使用しないため、CO₂ 排出量を大幅に抑制できることを特徴としている。この IBPM を用いたボックスカルバート（以下 IBPMBOX）を製作し、材料特性値や耐荷力を確認すると共に、普通コンクリート製ボックスカルバート（以下 RCBOX）との比較を行った。

2. 実験概要

2.1. 使用材料と配合

ボックスカルバートに使用した材料を表1に示す。IBPM では骨材・混和剤を含め計 9 種類の材料で構成している。また、IBPMBOX と RCBOX の配合を表 2 に示す。IBPMBOX 配合は、プレキャストボックスカルバートに用いられている一般的な配合を参考にし、設計基準強度は 50N/mm² とした。養生は蒸気養生（前置き 20℃-6h, 昇温 20℃/h-最高温度 65℃－保持 4 時間、自然降温）の後脱型し、材齢 14 日まで気中養生とした。

2.2. 試験方法

2.2.1. フレッシュコンクリートの試験

コンクリートのスランプフロー試験および空気量試験は、JIS A 1150 および JISA1128 に準拠した。

2.2.2. コンクリートの力学的性質

外圧試験時に JIS A 1108 に準拠して圧縮強度試験

表 1 使用材料

材料名	記号	種類および物性値
セメント	OPC	普通ポルトランドセメント 密度3.16g/cm ³
フライアッシュ	FA	JIS A 6201 (Ⅱ種) 密度3.01g/cm ³
高炉スラグ微粉末	BFS	JIS A 6206 (粉末度4000) 密度2.91g/cm ³
シリカフューム	SF	JIS A 6207 密度2.30g/cm ³
水酸化カルシウム	CH	JIS R 9001 特号 密度2.32g/cm ³
細骨材	S	砕砂, 表乾密度2.62g/cm ³ , 吸水率1.63%, 粗粒率2.85
粗骨材	G	碎石1505, 表乾密度2.67g/cm ³ , 吸水率0.32%, 粗粒率6.62
膨張材	EX	JIS A 6201 (石灰系) 密度3.20g/cm ³
混和剤	SP	高性能AE減水剤 コンクリート製品用ポリカルボン酸系

表 2 IBPMBOX と RCBOX 配合

IBPM BOX	Gmax (mm)	SLF (cm)	Air (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)								
						W	FA	BFS	SF	CH	EX	S	G	Sp
	20	45±5	2±1.0	21	45	116	176	265	32	21	57	769	958	10.18
RC BOX	Gmax (mm)	SLF (cm)	Air (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)								
						W	OPC	EX	S	G	Sp			
	20	45±5	2±1.0	38	45	160	400	20	810	1009	3.78			

キーワード：フライアッシュ，高炉スラグ微粉末，ボックスカルバート，圧縮強度，鉄筋付着強度
連絡先：〒360-0161 埼玉県熊谷市万吉 3300 日本ヒューム株式会社 TEL:048-536-5431 FAX:048-536-6609

を実施し、同時に静弾性係数も測定した。JSCE-G 503-2013 に準拠して、コンクリート打設時に鉄筋の呼び名 D16 の供験体を作製し実施した。なお、引張強度試験は JIS A 1113、せん断強度試験は JSCE-G 503-2013、曲げ強度試験は JIS A 1106 に各々準拠した。供試体の養生は製品同一養生とした。

2.2.3. コンクリートコアによる圧縮強度試験

外圧試験後に頂版部から図 1 に示す位置からコアを採取した。コア直径は部材厚を考慮して 45mm とし、JIS A 1107 を参考にして圧縮強度試験を実施した。

3. 實驗結果

3.1. フレッシュコンクリートの性状

表 3 にフレッシュコンクリートの試験の結果を示す。スランプフローおよび空気量は所定の範囲内であった。コンクリートの混練時間は、RCBOX は 150 秒、IBPMBOX では 210 秒であった。また、打設時間も RCBOX は 300 秒で、IBPMBOX では 450 秒となり 5 割ほど長かった。これは OPC に比べ IBPM の結合材量が多く粘性が高くなったためと考えられる。

3.2. 圧縮強度試験

表 4 に圧縮強度試験およびコア供試体圧縮強度試験の結果を示す。両配合共に設計基準強度 50N/mm²を満足した。なお、基準値は道路土工カルバート工指針によるもので、材齢は 14 日強度とした。コア供試体の採取位置において RCBOX に比べて IBPMBOX の a と c の強度差が大きい、これは作製時の振動時間の違いによる骨材の沈下による影響が大きいものと考えられる。いずれも設計基準強度と静弾性係数の基準値を満足した。

3.3. 硬化体の諸物性試験

表 5 に硬化体の諸物性試験結果を示す。ボックスカルバートの設計に用いられる基準値は圧縮強度、せん断強度、鉄筋付着強度、静弾性係数で、実験値はそれ以上が得られた。また、IBPMBBOX と RCBOX との配合に大きな差異は認められなかった。

4. まとめ

- 1) **IBPMBOX** コンクリート供試体の圧縮強度と静弾性係数は基準値を満足した。また、コア供試体の圧縮強度は採取位置で僅かにバラツキは見ら

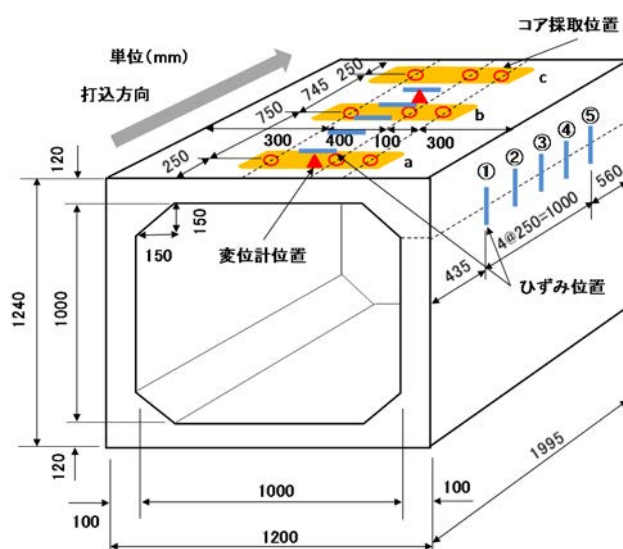


表3 フレッシュ性状および諸物性値結果

試験体 No.	気温 (°C)	コンクリート 温度 (°C)	スランブ フロー (mm×mm)	空気量 (%)
IBPMBOX	19.2	21.0	420×450	1.4
RCBOX	19.0	20.8	425×435	1.4

表4 圧縮強度およびコア供試体圧縮強度試験結果

試験体 No.	供試体			コア供試体				
	圧縮強度		静弾性 係数 (kN/mm ²)	採取 位置	圧縮強度	平均値	静弾性 係数	平均値
	材齢	(N/mm ²)			(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/mm ²)	(N/mm ²)
基準値		50.0	33.0					
IBPM BOX	1	31.0	35.3	a	58.4	67.7	36.2	37.2
	7	50.3		b	69.2		37.2	
	14	59.9		c	75.4		38.3	
RC BOX	1	29.5	33.4	a	75.0	75.9	33.2	34.7
	7	49.6		b	75.6		34.0	
	14	55.5		c	77.1		36.9	

表 5 硬化体の諸物性試験結果

試験体 No.	引張 強度	せん断 強度	曲げ 強度	圧縮 強度	静弾性 係数	鉄筋付着 応力度
	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/mm ²)	(N/mm ²)
基準値	—	0.27	—	50.0	33.0	2.0
IBPMB0X	4.1	9.2	5.4	59.9	35.3	7.3
RCB0X	3.8	8.4	5.4	55.5	33.4	7.6

れたものの、静弾性係数と共に良好な結果が得られた。

- 2) コンクリート供試体の材料特性値は、IBPMBOX および RCBOX 共に基準値を満足し、双方の数値に大きな違いは認められなかった。