

海洋環境下に 20 年間暴露した高炉スラグ微粉末混入コンクリートの強度特性

住金鉱化(株) 正会員 ○紙田晋 日立セメント(株) 椎野宏明
住友金属工業(株) 赤羽健一 住友大阪セメント(株) 正会員 齋藤尚

1. はじめに

高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートは海水に対する抵抗性が向上するとされており¹⁾、これまでに海洋環境下に暴露した研究^(例えば 2)が数多く行われている。本研究は、海洋環境下における高炉スラグ微粉末混入コンクリートの海水に対する抵抗性を評価することを目的として、1989 年から水結合材比 (W/B) や高炉スラグ置換率をパラメータとしたコンクリートを感潮部、海中部、海浜部および標準養生の 4 種類の異なる環境下で暴露試験を行った。ここでは、材齢 20 年経過した高炉スラグ微粉末混入コンクリートの圧縮強度およびヤング係数の結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合

表-1 にコンクリートの配合およびフレッシュ性状を示す。配合は、W/B=40, 55, 70%の 3 種類、BFS 置換率 0, 45, 70, 90%の 4 種類の計 12 ケースについて検討した。フレッシュコンクリートの目標値は、スランプ 8±2.0cm, 空気量 4±1.0%とした。

2.2 養生方法および暴露方法

供試体の養生方法は、暴露養生（感潮部、海中部、海浜部）および標準養生とした。暴露養生用供試体は、初期の養生を十分に行うために材齢 21 日まで 20℃標準養生を、材齢 28 日まで 20℃60%R.H.の環境下で気中養生を行った後に、暴露を開始した。暴露養生は、感潮部および海中部については住友金属工業株式会社鹿島製鉄所の港湾内で、海浜部については同製鉄所構内の海水飛沫を受ける場所にて行った。なお、標準養生用供試体は、20℃標準養生を行った。

2.3 試験方法

圧縮強度およびヤング係数は、φ100×200mm の円柱供試体を用いて、それぞれ JIS A 1108 および JIS A 1149 に準拠して、材齢 0.5, 1, 3, 6, 10, 20 年に測定した。

3. 実験結果

3.1 圧縮強度

図-1 に圧縮強度の経時変化の一例として、W/B=40%で海中部および海浜部に暴露した結果を示す。なお、図中には材齢 28 日の標準養生の圧縮強度（以下、標準 28 日強度）、ならびに各標準 28 日強度に対する材齢 20 年における

表-1 コンクリートの配合およびフレッシュ性状

BFS 置換率 (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						スランプ (cm)	空気量 (%)	C.T. (℃)
			W	C	BFS	S	G	Ad			
0	40	41	167	418	0	699	1038	4.47	6.5	4.2	20
	55	44	160	291	0	804	1055	3.11	7.0	4.3	20
	70	47	167	239	0	870	1012	2.56	8.0	4.5	21
45	40	41	164	226	185	699	1038	4.40	8.0	4.0	22
	55	44	160	160	131	800	1050	2.11	8.5	4.3	21
	70	47	167	131	107	867	1008	2.55	8.0	4.0	21
70	40	40	162	122	284	683	1056	4.34	7.0	4.2	21
	55	43	158	86	201	783	1070	3.07	8.5	4.3	20
	70	46	165	71	165	849	1028	2.53	10.0	3.9	20
90	40	40	162	41	365	680	1052	4.34	8.5	4.0	20
	55	43	156	28	255	785	1072	3.03	9.0	4.2	19
	70	46	162	23	208	853	1033	2.47	9.0	4.2	19

[使用材料] C：普通ポルトランドセメント（密度 3.15g/cm³），BFS：高炉スラグ微粉末（密度 2.90g/cm³，比表面積 4300cm²/g），S：茨城県那珂郡産陸砂（表乾密度 2.58g/cm³），G：茨城県笠間産硬質砂岩砕石（表乾密度 2.66g/cm³，最大寸法 25mm），Ad：リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体

キーワード 海洋暴露，材齢 20 年，高炉スラグ微粉末，圧縮強度，ヤング係数

連絡先 〒274-8601 千葉県船橋市豊富町 585 住友大阪セメント(株) セメント・コンクリート研究所 TEL 047-457-3975

る圧縮強度比を併せて示す。圧縮強度の経時変化に着目すると、図中(a)海中部暴露の場合、BFS 置換率 0%は材齢 1~20 年にかけて圧縮強度の低下が認められ、BFS 置換率 45%についても同様の傾向を示した。また、BFS 置換率 70%および 90%は、材齢 20 年が経過しても圧縮強度が増加した。一方、図中(b)海浜部暴露の場合、BFS 置換率 0%は材齢 10~20 年にかけて圧縮強度の低下が認められた。また、BFS 置換率 45%は概ね横ばい傾向にあり、BFS 置換率 70%および 90%は海中部と同様に材齢 20 年が経過しても圧縮強度の増加が認められた。

次に、圧縮強度比に着目すると、図中(a)海中部暴露の場合、圧縮強度の低下が認められた BFS 置換率 0%の圧縮強度比は 0.99 と標準 28 日強度と同程度である。しかし、BFS を混入させることで標準 28 日強度よりも大きくなり、BFS 置換率の増加に伴って圧縮強度比が増加する傾向が認められる。一方、図中(b)海浜部暴露の場合、圧縮強度比はすべての BFS 置換率で標準 28 日強度よりも大きくなり、BFS 置換率の増加に伴う圧縮強度比の増加が認められる。

さらに、BFS 置換率 70%および 90%は、海中部よりも海浜部の圧縮強度比が低下した。これは、海浜部の方が海中部よりも外部からの水分の供給が少なく、強度発現性に影響を及ぼしたと考えられる。

3.2 圧縮強度とヤング係数の関係

図-2 に圧縮強度とヤング係数の関係の一例として、W/B=40%で海中部および海浜部に暴露した結果を示す。図中には、コンクリート標準示方書³⁾の関係式を破線で示す。海中部に暴露した場合、材齢 20 年における BFS 置換率 0%を除いて、破線で示した関係式を上回る結果となった。一方、海浜部に暴露した場合、材齢が経過してもヤング係数の増加はほとんどなく、特に BFS 置換率 90%は破線で示した関係式をやや下回る傾向となった。

4. まとめ

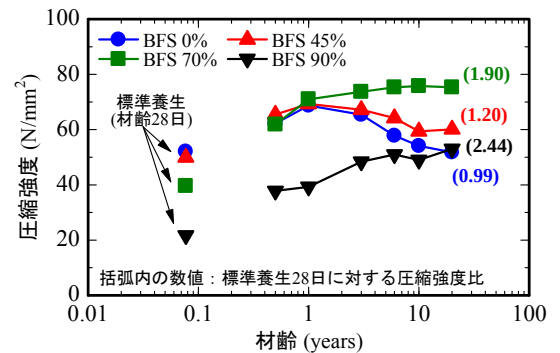
- (1) 材齢 20 年の圧縮強度は、海中部、海浜部ともに、高炉スラグ微粉末を混入させることで、材齢 28 日の標準養生の圧縮強度以上の値を示し、材齢 28 日を基準にすると強度低下は認められない。
- (2) 圧縮強度およびヤング係数は、海中部では高炉スラグ微粉末を置換すると増加傾向となり、海浜部よりも海水に対して優位であった。

謝辞

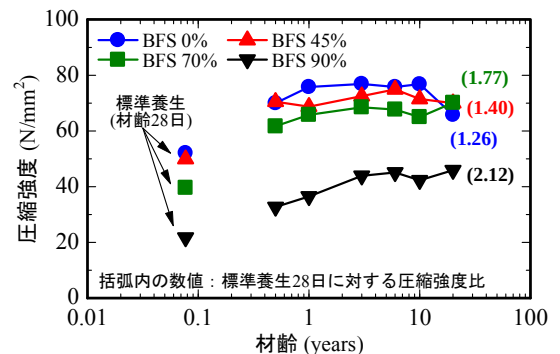
本研究を行うにあたり、東京工業大学 大即信明教授にご指導、ご助言をいただきました。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会：高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの施工指針，コンクリートライブラリー-86，1996
- 2) 福手勤，山本邦夫，濱田秀則：海水を練り混ぜ水とした海洋コンクリートの耐久性に関する研究，港湾技術研究所報告，Vol.29，No.3，pp.57-93，1990
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書〔設計編〕，p.44，2007

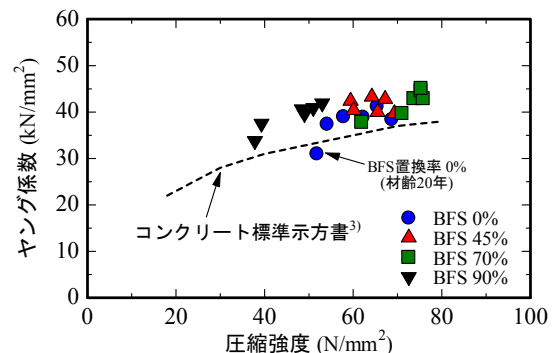


(a) W/B=40%，海中部

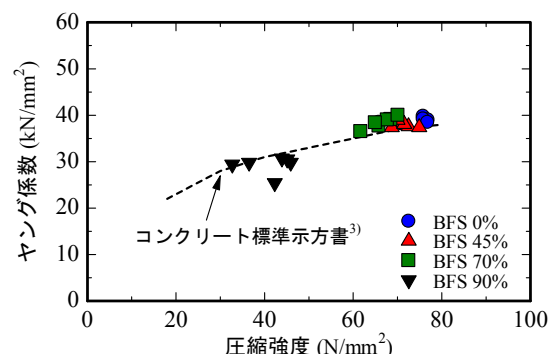


(b) W/B=40%，海浜部

図-1 圧縮強度の経時変化の例



(a) W/B=40%，海中部



(b) W/B=40%，海浜部

図-2 圧縮強度とヤング係数の関係の例