

実環境に暴露した低炭素型のコンクリートの強度発現および中性化の進行

大林組技術研究所 フェロー ○竹田 宣典
 大林組技術研究所 正会員 片野啓三郎
 大林組技術研究所 小林 利充
 独立行政法人土木研究所 正会員 中村 英佑

1. はじめに

高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの産業副産物を多量に使用することにより、コンクリート製造時の CO₂ 排出量を大幅に低減できる低炭素型のコンクリートが検討されている¹⁾。しかしながら、低炭素型のコンクリートの実環境における強度発現や中性化の進行については十分に明らかにされていない。そこで、国内2ヶ所の環境において暴露試験を行い、強度発現および中性化の進行について調べた。

表-1 コンクリートの配合および品質

番号	配合種別	結合材(B)の混合割合 (%)				W/B (%)	W (kg/m ³)	B (kg/m ³)	スランプ (cm)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	28日圧縮強度 (N/mm ²)
		C	BS	FA	SF							
1	C25 BS75SF	25	75	0	5kg (外割)	35.0	160	462	-	52.0	5.1	58.1
2						42.0		386	18.0	-	5.5	39.5
3						50.0		325	12.5	-	4.0	33.4
4	C25 BS65FA10	25	65	10	0	35.0	155	443	-	50.8	5.1	54.6
5						42.0		369	10.0	-	5.3	39.0
6						50.0		310	11.5	-	4.5	32.6
7	C15 BS65FA20	15	65	20	0	35.0	150	429	-	49.5	3.5	38.2
8	C100	100	0	0	0	42.0	165	393	11.5	-	5.0	57.8
9						50.0		330	9.5	-	4.0	48.4

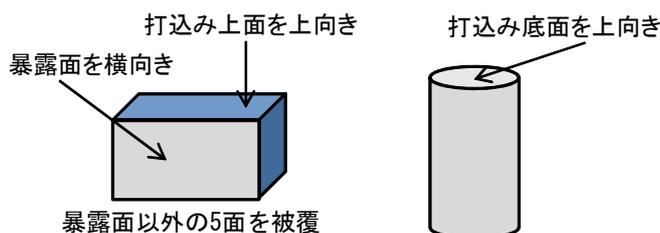
2. コンクリートの配合

コンクリートの配合および品質を表-1に示す。低炭素型のコンクリートは、結合材(B)中の普通ポルトランドセメント(C)の混合割合を25%、15%とし、高炉スラグ微粉末(BS)、フライアッシュ(FA)、シリカフェーム(ジルコニア起源)(SF)を混合した。比較としてセメントのみを使用したコンクリートについても実験を行った。細骨材は陸砂、粗骨材は砕石を使用した。

水結合材比(W/B)は35.0、42.0、50.0%とし、低炭素型のコンクリートの単位水量は普通コンクリートに対して5~15kg/m³低減した。W/B=42.0、50.0%の配合ではスランプを10~18cm、W/B=35.0%の配合ではスランプフロー50cm程度とし、空気量は4.5±1.5%とした。

3. 暴露試験の概要

暴露試験体の概要を図-1に示す。圧縮試験用として直径100mm×高さ200mm、中性化試験用として100×100×200mmの試験体を作製した。材齢28日まで標準養生を行った後、材齢2ヶ月において暴露を開始した。



(a) 角柱 100×100×200mm (b) 円柱 φ100×200mm

図-1 試験体の概要

表-2 暴露期間と気候条件*

	沖 縄	つくば
暴露期間	10ヶ月	13ヶ月
試験材齢	12ヶ月	15ヶ月
平均気温(°C)	23.1	13.0
平均湿度(%)	76	63
降水量(mm)	2662.5	1485.5

*気象庁HPより、つくば(館野)、名護の月ごとの値から算出

中性化試験体は1面を暴露面とし、暴露面以外はクロロプレンゴム系被覆材によって被覆した。暴露場所は、沖縄県大宜味村の沿岸および茨城県つくば市の内陸とした。暴露期間と暴露場所の気温、湿度の平均値および降水量を表-2に示す。暴露を終えた試験体を1体ずつ回収し、圧縮強度試験(JIS A 1108)および中性化試験(JIS A 1152)を実施した。また、材齢12ヶ月に

キーワード 低炭素, 暴露試験, 圧縮強度, 中性化, 高炉スラグ微粉末, フライアッシュ

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 株式会社大林組技術研究所生産技術研究部 TEL042-495-0937

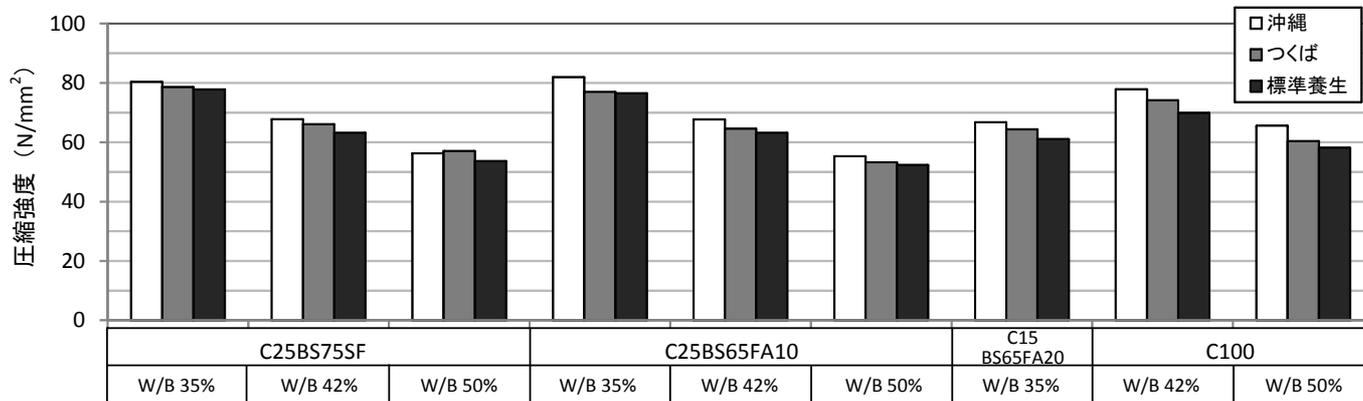


図-2 暴露後の圧縮強度

において標準養生試験体の圧縮強度試験も行った。

4. 試験結果

(1) 圧縮強度

暴露後の圧縮強度を図-2 に示す。低炭素型のコンクリートは、セメントを結合材の 25% 使用した場合、W/B=50.0% で 50N/mm²，W/B=42.0% で 65N/mm²，W/B=35.0% で 75N/mm² 以上の強度が発現した。セメントを結合材の 15% 使用した場合においても、W/B=35.0% とすることにより、60N/mm² 以上の強度が発現した。暴露場所による比較では、いずれの配合においても、沖縄>つくば>標準養生の順となった。沖縄では平均気温が高いこと、つくばでは試験の実施時期が標準養生よりも 3 ヶ月程度遅かったことなどが、要因として考えられる。

(2) 中性化の進行

圧縮強度と中性化深さの関係を図-3 に示す。普通コンクリートは、いずれの暴露環境においても、中性化深さは小さいが、低炭素型のコンクリートは、セメントの混合割合が小さいほど、また水セメント比が大きいほど中性化深さが大きい傾向にあった。また、低炭素型のコンクリートでは、セメントの混合割合にかかわらず、圧縮強度と中性化深さとの間には相関関係があることが確認された。暴露後の中性化深さ、中性化速度係数および 100 年後の中性化深さの予測値を表-3 に示す。試験を行った配合の中で最も中性化深さが大きいのは、沖縄暴露のセメント 25%、W/B=50.0% の低炭素型のコンクリートで、約 5mm であった。このコンクリートの 100 年後の中性化深さの予測値は 52.0mm であることから、適切にかぶりを確保することで中性化による鋼材腐食を防止できると考えられる。

5. まとめ

低炭素型のコンクリートの約 1 年間の暴露試験より、

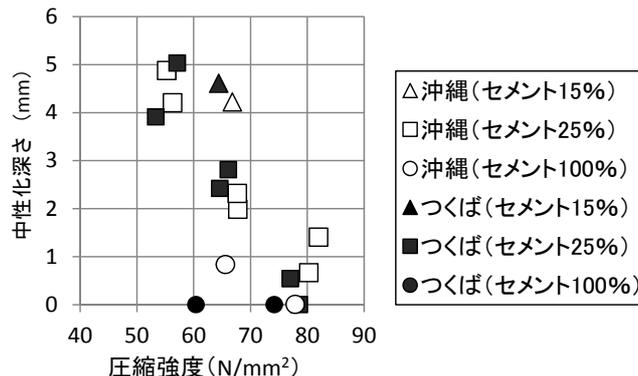


図-3 圧縮強度と中性化深さの関係

表-3 中性化深さ、中性化速度係数、100 年後の予測値

配合種別	W/B (%)	中性化深さ (mm)		中性化速度係数 (mm/√週)		100 年後の中性化深さ (mm)	
		沖縄	つくば	沖縄	つくば	沖縄	つくば
C25 BS75SF	35.0	0.7	0	0.10	0	7.2	0
	42.0	2.0	2.8	0.29	0.36	20.9	26.0
	50.0	4.2	5.0	0.63	0.65	45.5	46.9
C25 BS65FA10	35.0	1.4	0.5	0.20	0.07	15.2	5.1
	42.0	2.3	2.4	0.34	0.31	24.6	22.4
	50.0	4.9	3.9	0.72	0.51	52.0	36.8
C15 BS62FA20	35.0	4.2	4.6	0.63	0.60	45.5	43.3
C100	42.0	0	0	0	0	0	0
	50.0	0.9	0	0.12	0	8.7	0

以下のことが明らかになった。

(1) セメント混合割合が 15% の低炭素型のコンクリートにおいても、W/B を小さくすることにより、60N/mm² 以上の圧縮強度が発現する。

(2) セメント混合割合が小さい低炭素型のコンクリートにおいても中性化深さは圧縮強度と相関関係がある。

本研究は、独立行政法人土木研究所との共同研究「低炭素型セメント結合材の利用技術に関する研究」の成果の一部である。

参考文献

1) 溝淵麻子他; 環境配慮型コンクリートの基礎的性質に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.215-220, 2011