

約7年間曝露した低炭素型コンクリートの中性化と塩分浸透

前田建設工業(株) 正会員 ○白根勇二
 大成建設(株) 正会員 大脇英司 正会員 荻野正貴
 (国研) 土木研究所 正会員 櫻庭浩樹

1. はじめに

近年、CO₂ 排出量の削減を目的とした混和材の利用について研究が進んでおり、混和材の置換率を70%以上とした“混和材を大量に使用したコンクリート”について設計・施工指針が公開されている¹⁾。著者らは、混和材として高炉スラグおよびフライアッシュを用いてセメントの使用量を10~25%とし、CO₂ 排出量を約70%削減した呼び強度24(管理材齢28日)の低炭素型コンクリートを開発した²⁾。各種物性を評価し、促進試験にて中性化速度は速いが塩分浸透への抵抗性に優れることを報告している²⁾。本報では、沿岸部などに約7年間曝露した低炭素型コンクリートの耐久性を評価し、通常のコンクリートと比較した結果を報告する。

表1 各コンクリートの結合材の構成とCO₂排出量削減率

配合名	結合材の割合 (mass%) *1						W/B (%)	CO ₂ 排出量削減率
	N	H	B	F	S	A		
H25B45F30	—	25	45	30	—	—	40.5	▲61%
H10B85S5	—	10	85	—	5	—	43.4	▲81%
H25B45F25S5	—	25	45	25	5	—	42.5	▲63%
H25B45F25A5	—	25	45	25	—	5	42.1	▲64%
N100	100	—	—	—	—	—	55.0	基準

*1: N: 普通ポルトランドセメント, H: 早強ポルトランドセメント, B: 高炉スラグ, F: フライアッシュ, S: シリカフェューム, A: セッコウ。

表2 曝露場所の概要 (2013/10~2020/12 または 2021/3)

曝露地点	平均気温 (°C)	平均湿度 (R.H.%)	平均降水量 (mm/月)	飛来塩分量 (mg/dm ² /day)
茨城県	14.7	75	115	—
新潟県	14.1	77	246	0.511
沖縄県	22.9	77	193	1.18

2. 試験方法

低炭素型コンクリートの結合材の構成とCO₂ 排出量削減率を表1に示す。ポルトランドセメントを混和材で置き換え、CO₂ 排出量を61~81%削減している。詳細な配合条件は文献に記載している²⁾。これらの5配合でコンクリートを製造し、φ10×20cmの円柱供試体と10×10×40cmの角柱供試体を作製して材齢28日まで標準養生した。その後、角柱供試体は10×10×20cmに切断し、型枠側面の1面(10×20cm)を除き被覆した。この角柱および円柱供試体を、茨城県の内陸部、沖縄県の沿岸部(写真1)、新潟県の沿岸部の3地点に曝露した(表2)。なお、2年間曝露した結果は既報にて報告している²⁾。今回は約7年間曝露した後に回収し、円柱供試体にて圧縮強度を測定した。角柱供試体は曝露面にてTorrent法³⁾による表層透気係数試験を行い、図1のように加工し中性化深さと塩分濃度を測定した。

3. 試験結果

圧縮強度の推移を図2に示す。強度は曝露2年次から5~11%ほど増進しており、比較用のN100と同様の傾向を示した。低炭素型コンクリートにおいても、通常のコンクリート



写真1 曝露試験状況 (沖縄県)

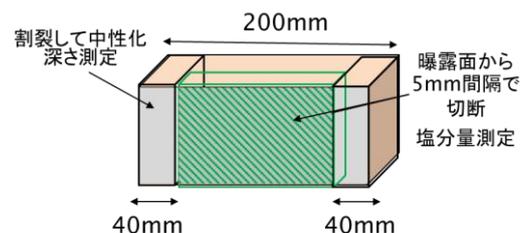


図1 曝露試験体の分析方法

キーワード CO₂ 排出量削減, 混和材, スラグ, フライアッシュ, 曝露試験, 塩分浸透

連絡先 〒302-0021 茨城県取手市寺田 5270 前田建設工業(株) ICI 総合センター TEL 0297-85-6171

と同様に長期強度が発現することを確認できた。

透気係数の試験結果を図3に示す。測定にあたり表面の含水率を確認し、いずれも3.1~4.2%であった。透気係数は曝露2年時と同様の傾向を示し、概ね $0.01 \sim 0.01 \times 10^{-16} \text{m}^2$ の範囲であった。評価指標³⁾にて”good”に分類され、曝露後のコンクリート表層に微細なひび割れは無く、密実であることが確認できた。

曝露試験の結果から算出した中性化速度係数と、促進試験結果から算出した中性化速度係数²⁾を比較して図4に示す。中性化速度係数は曝露2年時と比較してやや低下~同等となる傾向にあった。また、曝露時の中性化速度係数は、促進試験時と比較して5~69%小さくなり、促進試験によって裕度をもって中性化速度係数を評価できることが確認された。

飛来塩分量が最も多かった沖縄県の塩化物イオンの濃度分析結果の例を図5に示す。低炭素型コンクリートの塩化物イオン濃度はN100の半分程度と小さい値を示した。いずれのコンクリートも表面から5~15mmの深さで塩化物イオン濃度が最大となり、塩分の濃縮が確認された。特に、中性化深さが9~10mmと他よりも大きいH10B85S5およびH25B45F25A5では、塩化物イオン濃度が最大となる地点が10~15mmとより深部となる傾向にあった。

4. まとめ

7年間曝露した低炭素型コンクリートを評価した。圧縮強度は増進し、表層は密実になっていることが確認された。中性化速度係数は曝露2年での評価時からやや低減~同等となり、促進試験で安全側の評価をできていた。また、塩化物イオン濃度は通常のコンクリートの約半分の濃度で、高い塩分浸透抵抗性を示していた。

なお、本研究は、(国研)土木研究所が過去に主催した共同研究「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)土木学会：混和材を大量に使用したコンクリート構造物の設計・施工指針(案)，コンクリートライブラリー152，土木学会，2018
 2)土木研究所ほか：低炭素型セメント結合材の利用技術に関する共同研究報告書(IV)，土木研究所，2016
 3)R.J.Torrent,G.Frenzer: A method for the rapid determination of coefficient of permeability of concrete, Proceeding of International Symposium Non-destructive Testing in Civil Engineering, pp.985-992,1995.

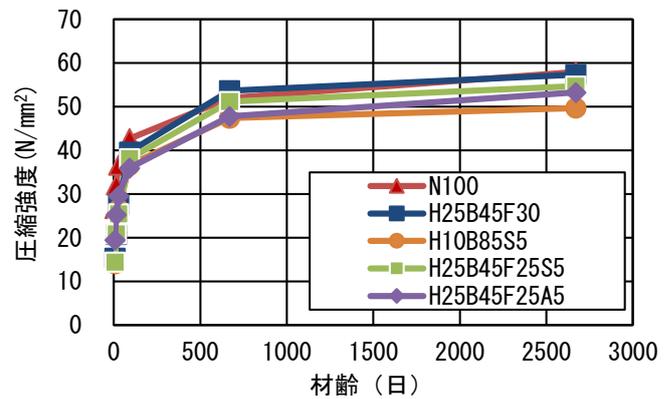


図2 圧縮強度 (沖縄県)

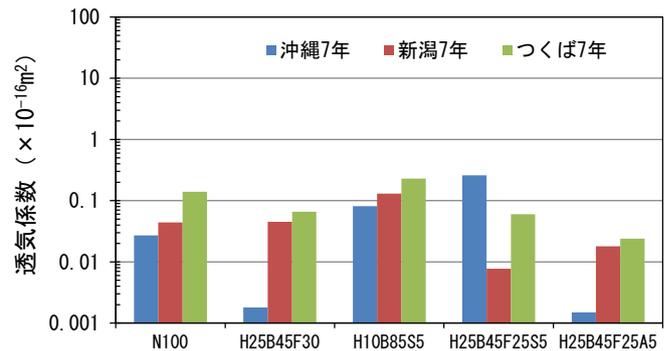


図3 透気係数

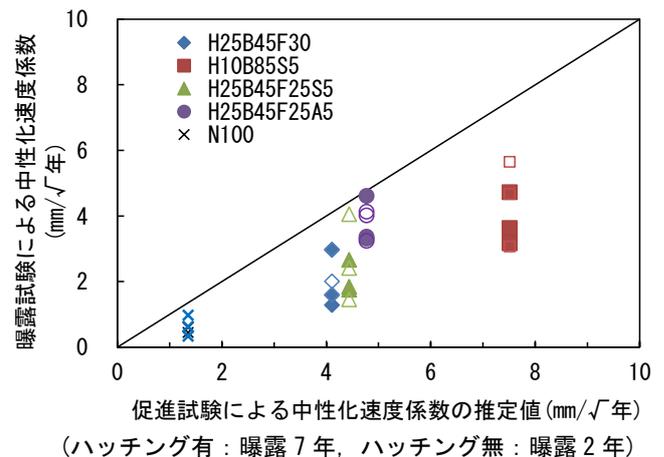


図4 中性化速度係数

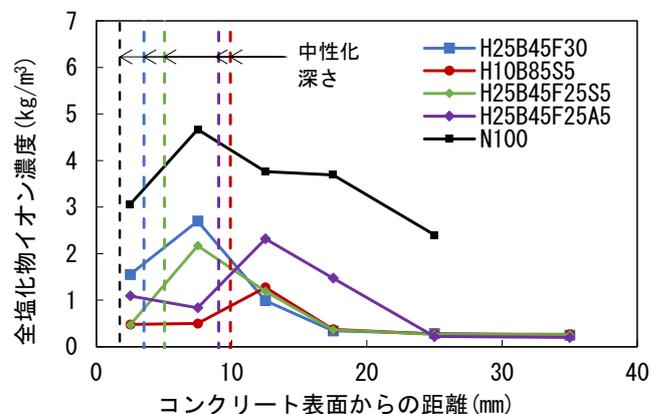


図5 塩分浸透深さ (沖縄県)

the