

実環境に約2年間曝露した低炭素型のコンクリートの塩分浸透

大成建設(株) 土木技術研究所 正会員 ○荻野正貴 正会員 大脇英司
 前田建設工業(株) 技術研究所 正会員 白根勇二 宮野和樹
 (独) 土木研究所 材料資源研究グループ 正会員 中村英佑

1. はじめに

混和材を多量に使用することでCO₂排出量を大幅に削減可能な、低炭素型のコンクリートについて検討されている¹⁾²⁾。低炭素型のコンクリートは普通コンクリートと比べて塩分浸透抵抗性に優れるが、中性化の進行が速い場合がある。塩分と中性化の複合劣化が起こる環境では、中性化の進行により塩分がコンクリート内部へ移動し、中性化が生じない場合と比較して深部の塩化物イオン濃度が増加する懸念がある。

本報告では、水粉体比を一定として、セメントと混和材の種類や使用量が異なる低炭素型のコンクリートを飛来塩分量の多い環境に約2年間曝露した際の塩分浸透性を調査し、中性化との関連について検討した。

2. 実験概要

曝露試験した供試体の配合およびCO₂排出量を表-1に示す。2種のポルトランドセメントと4種の混和材を組み合わせた低炭素型のコンクリート8配合、および普通コンクリート2配合について検討した。水粉体比は45%で一定とした。別報にて算出したように、低炭素型のコンクリートのCO₂排出量は普通コンクリートよりも70~85%削減できた¹⁾。供試体は100×100×400mmの角柱とし、標準養生28日後、ポリエチレン袋にて封かん養生した。供試体を100×100×200mmに二分し、100×200mmの1面(曝露面)を除く5面を樹脂で被覆した。沖縄県大宜味村にて、曝露面を海に向け、材齢約2か月の角柱供試体を設置した(写真-1)。曝露中の平均気温は23.3℃、平均湿度は75.5%R.H.、累積降水量は4085mmであった。曝露地点は海岸に隣接しており、荒天候時には波が直接あたる環境であった。過去に測定した1年間の飛来塩分量を図-1に示す³⁾。曝露20ヶ月後に回収し、供試体の両端を割裂し、中性化深さを測定した(JIS A 1154)。割裂後の供試体を曝露面から5mm間隔で切断(図-2)、粉碎して得られた試料にて、全塩化物イオン濃度を測定した(JCI-SC4)。なお、現在も試験を継続している。

表-1 配合およびCO₂排出量

配合名	水 (kg/m ³)	粉体 (kg/m ³)	粉体 (mass%)						CO ₂ 排出量 ¹⁾ (kg/m ³)		
			セメント		混和材						
			N	H	B	F	S	A			
N100	165	367	100	—	—	—	—	—	286		
H100			—	100	—	—	—	—	287		
N25BF	165	367	25	—	45	30	—	—	82.5		
H25BF			—	25	45	30	—	—	82.6		
N25BFS			25	—	45	25	5	—	82.5		
N25BFA			25	—	45	25	—	5	82.4		
H25BFS			—	25	45	25	5	—	82.6		
H25BFA			—	25	45	25	—	5	82.5		
H10BS			165	367	—	10	85	—	5	—	42.6
H10BA					—	10	85	—	—	5	42.5

N: 普通ポルトランドセメント, 密度 3.16g/cm³, 比表面積 3300cm²/g
 H: 早強ポルトランドセメント, 密度 3.14g/cm³, 比表面積 4490cm²/g
 B: 高炉スラグ微粉末 4000, 密度 2.90g/cm³, 比表面積 4400 m²/g
 F: フライアッシュ II 種, 密度 2.30g/cm³ 水: 横浜市上水道水
 S: シリカフェーム, 密度 2.25g/cm³ 細骨材: 静岡県掛川産陸砂
 A: 無水せっこう, 密度 2.90g/cm³ 粗骨材: 茨城県笠間産砕石



写真-1 供試体曝露状況

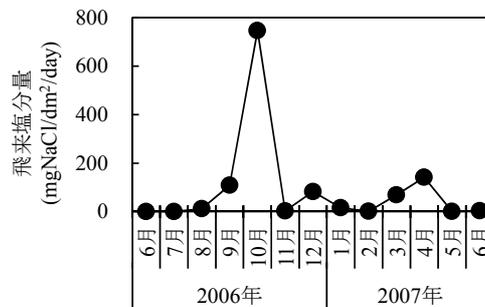


図-1 曝露地点の飛来塩分量³⁾

キーワード コンクリート, CO₂排出量削減, 混和材, 中性化, 塩害, 曝露試験

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 TEL 045-814-7231

3. 試験結果および考察

早強ポルトランドセメント (H) を 25%使用した配合の塩化物イオン濃度分布を図-3 に示す (点線は中性化深さ)。普通コンクリートでは表面から 0~5mm の塩化物イオン濃度が最も高く、表面からの距離が増えるにつれ濃度が減少した。一方、低炭素型のコンクリートでは表面から 5~10mm の塩化物イオン濃度が最も高い値を示した。中性化の進行により塩化物イオンが内部に移動したと推察される。表面から 10mm 以深の低炭素型のコンクリートの塩化物イオン濃度は、普通コンクリートと同程度か、より低い値を示した。普通ポルトランドセメント (N) を 25%使用した配合でも同様の傾向であった。

H を 10%使用した配合の塩化物イオン濃度分布を図-4 に示す。H10BS では表面から 0~5, 5~10mm の塩化物イオン濃度は同程度であり、普通コンクリートより低い値を示した。10mm 以深ではさらに濃度が減少した。H25%の配合と同様に、塩化物イオンが内部に移動したと推察される。H10BA では表面から 5~10mm の塩化物イオン濃度が最も高く、10~15mm の濃度は普通コンクリートより高い値であった。H10BA は他より中性化深さが深く、より深部で塩化物イオンの移動が起こったと推察される。

各供試体の表面から 0~20mm の塩化物イオン濃度に、分析試料の体積を乗じた総塩化物イオン量と、中性化深さとの関係を検討した (図-5)。低炭素型のコンクリートは普通コンクリートよりも中性化が進行した。特に無水せっこう (A) の混和時に中性化深さが増加したが、総塩化物イオン量は普通コンクリートよりも小さい値を示した。

4. 結論

検討した 8 配合の低炭素型のコンクリートでは、曝露試験において普通コンクリートよりも中性化が進行していた。しかし、中性化深さよりも 5mm 以深における塩化物イオン濃度は普通コンクリートと同程度または低い値であり、総塩化物イオン量も普通コンクリートの 1/3~2/3 であった。中性化と塩害が複合作用する環境でも、低炭素型のコンクリートの使用により塩害抵抗性の向上が期待できる。

本研究は (独) 土木研究所が主催する共同研究「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) 荻野正貴ほか：複数の環境に約 2 年間曝露した低炭素型のコンクリートの強度と耐久性,コンクリート工学年次論文集,2014 (印刷中) .
- 2) Eisuke NAKAMURA, at el : Collaborative Research Project on Effective Use of Low-Carbon Cements, First International Conference on Concrete Sustainability,pp.453-458,May.2013.
- 3) 独立行政法人土木研究所：コンクリートひび割れ部の塩分浸透性と鋼材腐食に関する曝露試験 (曝露5年後の調査結果) ,土木研究所資料第4223号,pp.2-7,2012.

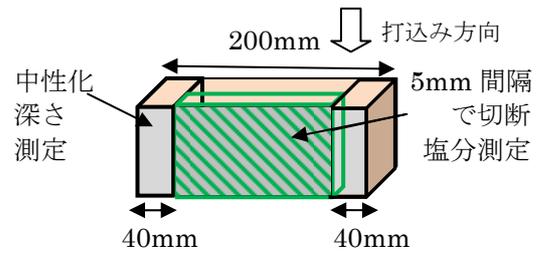


図-2 供試体の加工方法 (正面が曝露面)

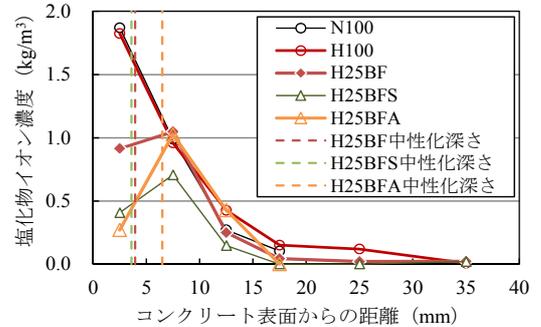


図-3 H25 シリーズの塩分浸透

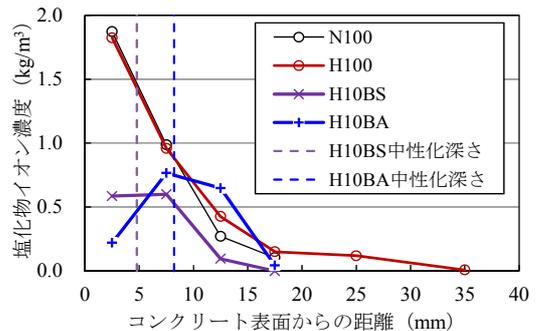


図-4 H10 シリーズの塩分浸透

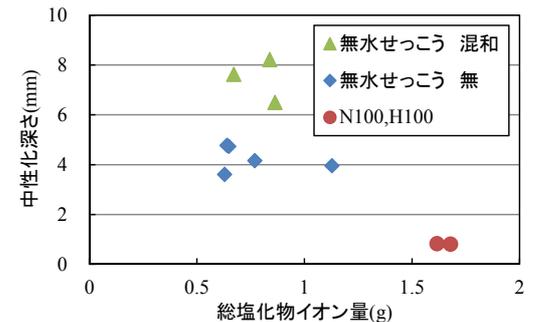


図-5 総塩化物イオン量と中性化深さとの関係