

フライアッシュコンクリートを用いた鉄道 RC 構造物の中性化を指標とした維持管理に関する一考察

JR 東日本コンサルタンツ(株)
 東日本旅客鉄道(株) JR 東日本研究開発センター
 東日本旅客鉄道(株) JR 東日本研究開発センター

正会員
 フェロー会員
 正会員

○山下 修史
 小林 薫
 伊藤 隼人

1. はじめに フライアッシュコンクリートは、環境負荷低減や ASR 抑制、乾燥収縮低減などの効果を有し、鉄道 RC 構造物においても使用されているが、使用にあたっては中性化に留意する必要がある。中性化の進行予測は主に促進中性化試験で行われる。長瀧ら¹⁾は、促進中性化試験より屋内に自然暴露したコンクリートの中性化深さを推定することを示している。促進中性化試験結果を直接的に実構造物の中性化進行予測に適用するのは困難であるが、中性化の進行を相対的に評価するには、促進中性化試験の結果は重要な情報を提示する。促進中性化試験と実環境では、時間軸の傾きが相違しているものとすれば、両者の相関を明確にできれば、促進中性化試験結果を実構造物における中性化進行の予測に適用できる可能性があると思われる。本報告は、フライアッシュの置換率を変化させたコンクリート供試体を用いて、促進中性化試験と実環境での 3 年間の暴露試験を整理した既報²⁾を、暴露期間 7.5 年まで延長し、促進中性化試験結果を実環境での中性化進行予測に適用するための検討を行ったものである。

2. 試験体概要

コンクリートの配合を表-1 に示す。試験体は基準配合(N)、フライアッシュ置換率 10%(F10)、15%(F15)、20%(F20) に、比較とし

表-1 使用したコンクリートの示方配合

試験体名称	呼び強度(N/mm ²)	スランブ(cm)	空気量(%)	フライアッシュ置換率(%)	W/C(%)	W/(C+F)(%)	S/a(%)	単位量(kg/m ³)						
								W	C	F	S1	S2	G	AD
N	27	12	4.5	0	49.5	—	38.9	155	313	—	108	612	1125	3.13
F10				10	53.3	48.0	38.2	152	285	32	103	583	1128	3.17
F15				15	55.3	47.0	38.2	152	275	48	103	578	1122	3.23
F20				20	56.9	45.5	38.2	152	267	67	100	576	1122	3.34
BB				0	48.0	—	38.7	153	319	—	103	591	1114	3.19

て高炉セメント B 種置換率 45%(BB)を加えた 5 種類とした。これらの配合によりφ100×200mm の円柱供試体を製作し、材齢 28 日まで水中(湿潤)養生した。

3. 試験方法

3-1 促進試験 供試体の上下端面をエポキシ樹脂でシールし、供試体を促進中性化装置内に静置した。促進条件は温度 20℃、湿度 60%RH、二酸化炭素濃度 50,000ppm とした。中性化深さの測定は、促進開始後 1, 4, 8, 13, 26 週目で、軸方向端部から 20mm の厚さでコンクリートカッターを用いて切断し、切断面を水洗い後、自然乾燥させ、切断面にフェノールフタレイン 1%アルコール溶液を噴霧し、未着色部分を中性化部分として測定を行った。

3-2 暴露試験 暴露試験用の供試体は、初期養生終了後に、新潟駅付近高架橋下に設置した温度と湿度の影響を受けるが雨がかりのない小屋内に静置した。小屋内の温度、湿度、二酸化炭素濃度の環境条件を測定した。測定結果および気象庁より公表されている資料を図-1 に示す。外気温については、季節によって-1～33℃であった。相対湿度は、季節による変動は明確でなく、30～95%RH の測定値となり、試験期間中の平均相対湿度は 70%RH だった。二酸化炭素濃度については、年間を通して 385ppm 程度であった。中性化深さの測定は、暴露開始後 5, 13, 53, 100, 170, 310, 380 週目で、側面任意の位置にドリルで削孔し、孔壁に付着したコンクリート粉を除去し、孔壁面にフェノールフタレイン 1%アルコール溶液を噴霧し、未着色部分の測定値を中性

キーワード 鉄道 RC 構造物、フライアッシュコンクリート、促進中性化試験、中性化速度係数

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-479 JR 東日本研究開発センターフロンティアサービス研究所 TEL 048-651-2552

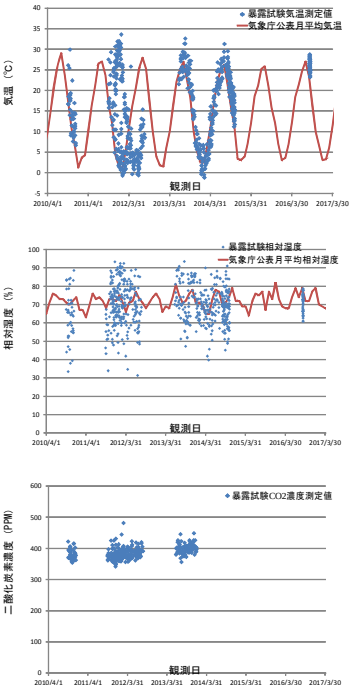


図-1 暴露試験環境測定結果

化部分とした。暴露試験の様子を写真-1に示す。

4. 試験結果 中性化速度式は、コンクリート表面からの中性化深さは経過時間の平方根に比例するという $\sqrt{t}$ 則($y=b\sqrt{t}$ ここに y :中性化深さ[mm], t :促進・暴露期間[年], b :中性化速度係数[mm/ $\sqrt{\text{年}}$])が知られている。今回の結果も $\sqrt{t}$ 則に従い、最小二乗法で求めた促進中性化試験および暴露試験の中性化速度係数($b_{\text{促進}}$, $b_{\text{暴露}}$)と決定係数(R^2)の結果を図-2、表-2に示す。これよりいずれの供試体でも決定係数

(R^2)で0.8以上の高い相関が得られた。促進試験、暴露試験共に混和材を使用した供試体(FおよびBB)は、普通セメントのみを使用したNと比較して $b_{\text{促進}}$, $b_{\text{暴露}}$ が大きな値を示す結果となった。これは、混和材を置換することによって単位セメント量が低減され、水酸化カルシウム生成量が減少したためである。特に高炉セメントを使用した供試体(BB)は中性化速度係数が大きくなった。フライアッシュコンクリートの比較としては、促進試験では置換率が最大であるF20の $b_{\text{促進}}$ が小さい値を示した。一方、暴露試験においては置換率が小さい供試体程 $b_{\text{暴露}}$ が小さい値を示す結果となった。中性化速度係数の比率($b_{\text{促進}}/b_{\text{暴露}}$)²は環境条件や配合条件の違いを表現しており、フライアッシュ置換率が大きくなるほど値が減少した。また、暴露期間は促進期間に正比例するならば、促進期間に($b_{\text{促進}}/b_{\text{暴露}}$)²を乗じた値が暴露期間の予測値となる。鉄筋被り30mm、中性化残り10mmを想定した中性化深さ20mmを指標とし、さらに維持管理上実構造物に対して確認する中性化深さをその1/2の10mmと仮定して、中性化深さが10mmに到達する期間の予測値は、F10が29年、F15が23年、F20が21年となった。

5. まとめ 促進試験と、雨がかりがなく温度と湿度の影響を受ける環境下での暴露試験における中性化深さを比較し、両者の中性化速度係数の相関に関して、実験の範囲内で得た結果を以下に示す。

- ① 促進、暴露試験において、配合によらず、 $\sqrt{t}$ 則に対する決定係数が0.8以上の高い相関を示した。
- ② ($b_{\text{促進}}/b_{\text{暴露}}$)²値は混和材置換の有無あるいは置換率によって異なる値を示すことが確認され、本試験に用いた配合条件、環境条件下では、中性化深さが10mmに到達する期間の予測値は、F10が29年、F15が23年、F20が21年となった。

参考文献

- 1) 大賀宏行・長瀧重義：促進試験によるコンクリートの中性化深さの予測と評価，土木学会論文集，第390号/V-8，1988年2月，pp.225-233
- 2) 山下修史，小林薫，平林雅也：促進試験による鉄筋コンクリート構造物の中性化進行における考察，土木学会第69回年次学術講演会，V-155，pp.309-310，2014.9



写真-1 暴露試験状況

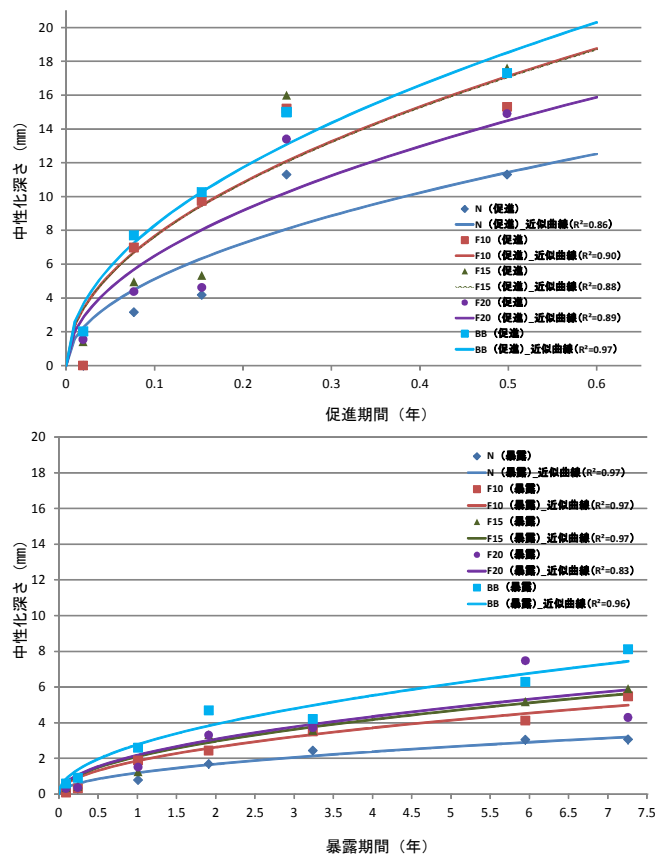


図-2 中性化深さの経時変化

表-2 中性化速度係数の関係

供試体 名称	中性化速度係数		$\sqrt{t}$ 則に対する決定係数(R^2)		$(b_{\text{促進}}/b_{\text{暴露}})^2$	実環境下における時間の 予測値(年)	
	$b_{\text{促進}}$	$b_{\text{暴露}}$	促進中性化試験	暴露試験		中性化深さ 10mm	中性化深さ 20mm
N	16.18	1.18	0.86	0.97	186.67	71	285
F10	24.21	1.85	0.90	0.97	170.98	29	117
F15	24.15	2.09	0.88	0.97	133.70	23	92
F20	20.50	2.17	0.89	0.83	89.20	21	85
BB	26.21	2.76	0.97	0.96	90.02	13	52