

促進試験による鉄筋コンクリート構造物の中性化進行予測法構築に向けた一考察

ジェイアール東日本コンサルタンツ(株) 正会員 ○山下 修史
 東日本旅客鉄道(株) JR 東日本研究開発センター フェロー会員 小林 薫
 東日本旅客鉄道(株) JR 東日本研究開発センター 正会員 平林 雅也

1. はじめに 鉄筋コンクリート構造物の材料劣化予測を可能とすることは、鉄筋コンクリート構造物の維持管理として積極的な予防保全を行うため、あるいはアセットマネジメントを活用する上で有効である。ここで、鉄筋コンクリート構造物の材料劣化のひとつである中性化に着目すると、中性化の進行予測は主に促進中性化試験で行われる。促進中性化試験は、実環境と相違した条件で試験が行われるため、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。しかしながら、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。長瀧らは、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¹⁾。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、同一バッチで製作した供試体を用いて、促進中性化試験と実環境での3年間にわたる暴露試験を実施し、両者の中性化速度係数の時間軸の相関に関して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。試験体は基準配合となる(N), フライアッシュ置換率10%(F10), 15%(F15), 20%(F20), 高炉セメントB種(置換率45%)(BB)の5種類である。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。二酸化炭素の侵入箇所を側面からに限定するため、上下端面をエポキシ系接着剤でシールした。

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)	スラブ厚(cm)	空気量(%)	F置換率(%)	W/C(%)	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	48.0	38.2	152	285	32	103	583	1128	3.17
F15				15	47.0	38.2	152	275	48	103	578	1122	3.23
F20				20	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

3. 試験方法

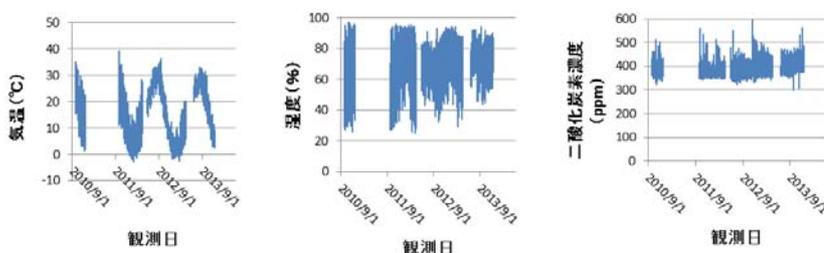
3-1 促進試験 シール硬化後、供試体を促進装置内に設置した。促進条件は温度20℃、湿度60%、二酸化炭素濃度50,000ppmとした。中性化深さの測定は、促進開始後1, 4, 8, 13, 26週目で、軸方向端部から20mmの厚さでコンクリートカッターを用いて切断し、切断面を水洗い後、自然乾燥させ、切断面にフェノールフタレイン1%アルコール溶液を噴霧し、未着色部分を中性化部分として測定を行った。促進試験の様子を写真-1に示す。



写真-1 促進試験の状況



写真-2 暴露試験の状況



注) 環境条件測定装置の変更等に伴い、一部データが欠損している。

図-1 暴露試験環境測定結果

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

キーワード 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

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設置した。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。測定結果を図-1に示す。温度については、季節によって-5~38℃の変動があった。湿度については、季節による変動は温度程ではないが、30~95%の変動がみられた。二酸化炭素濃度については、年間を通して350~450ppm程であった。中性化深さの測定は、暴露開始後5, 13, 53, 100, 145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、未着色部分を中性化部分として測定を行った。暴露試験の様子を写真-2に示す。

4. 試験結果 コンクリートの中性化深さの経時変化は、 \sqrt{t} 則が知られている。今回の結果も \sqrt{t} 則に従い、(1)式により、最小二乗法で中性化速度係数 ($b_{促進}$, $b_{暴露}$) を求めた。

$$y = b\sqrt{t} \quad (1)$$

ここで、
 y : 中性化深さ[mm]
 t : 促進・暴露期間[年]
 b : 中性化速度係数[mm/ $\sqrt{\text{年}}$]

促進試験および暴露試験の結果を図-2, 図-3, および表-2に示す。表-2には各測定における測定値と(1)式の相関係数を示すが、 \sqrt{t} 則に高い相関性を示す結果となった。また、促進試験においては、混和材で置換したものは無置換のものに比べると $b_{促進}$ は大きくなるが、フライアッシュ置換率が大きいほど中性化速度係数が減少する傾向がみられた。暴露試験においては、フライアッシュ置換率が大きいほど $b_{暴露}$ が増加する傾向がみられた。高炉セメントを使用した配合の中性化速度係数については、促進試験、暴露試験共に大きな値となった。表-2には土木学会中性化予測式²⁾により算出した中性化速度係数(b_{JSCE})も示す。 $b_{促進}$ と $b_{暴露}$ の関係については、フライアッシュ置換率が大きくなるほど $b_{促進}/b_{暴露}$ の値が減少する傾向がみられた。

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 促進および暴露試験において、配合によらずN, F, BBが \sqrt{t} 則に高い相関性を示した。
- ② $b_{促進}/b_{暴露}$ 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、促進期間26週相当の暴露期間に最大で42年間の開きが予測される。

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) 土木学会編：2013年制定コンクリート標準示方書【維持管理編】，2013年10月

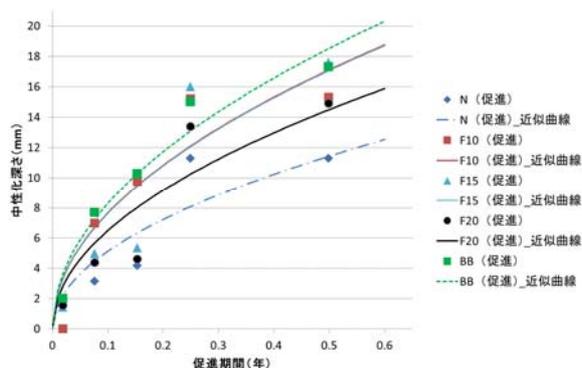


図-2 中性化深さの経時変化(促進試験)

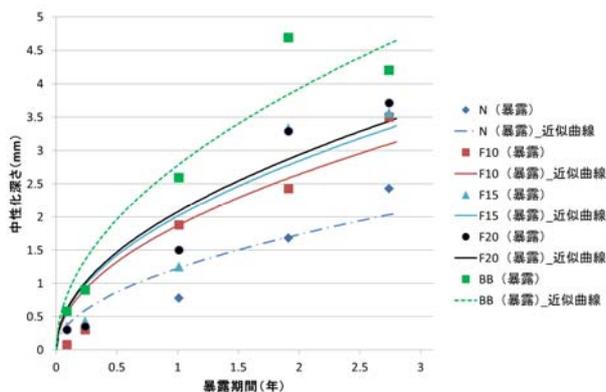


図-3 中性化深さの経時変化(暴露試験)

表-2 促進試験と暴露試験の中性化速度係数の関係

	$b_{促進}$	$b_{促進}$ 相関係数	$b_{暴露}$	$b_{暴露}$ 相関係数	b_{JSCE}	$(b_{促進}/b_{暴露})^2$	促進期間26週相当の 予測暴露期間(年)
N	16.176	0.929	1.229	0.959	0.887	173.30	86
F10	24.212	0.950	1.871	0.978	1.230	167.54	84
F15	24.145	0.937	2.013	0.958	1.405	143.84	72
F20	20.504	0.941	2.078	0.970	1.554	97.34	49
BB	26.211	0.983	2.778	0.972	2.597	89.01	44