

北見工業大学 正員 桜井 宏

北見工業大学 正員 鮎田耕一

大成建設（株）正員 鈴木明人

北見工業大学 正員 岡田包備

1. はじめに

1.1 耐用年数と凍結融解作用の関係について

RC部材は凍結融解作用を受けると表面劣化やそれに伴う表層部のコンクリートであるかぶりの劣化を起こし鉄筋腐食の原因になったり、またコンクリートと鉄筋の付着やコンクリート自体の強度が低下するために部材の耐力に影響を与える事がある。しかし、コンクリートの凍害に対する耐久性の評価には従来よりASTM C-666A法が広く行われてきたがこれは実際の気象条件より苛酷であるためこれにより経年の凍害による動弾性係数の低下率及び強度の低下率を予測すると大きめに算定される等の問題があり耐用年数と凍結融解回数との関係は明らかではない。

1.2 検討の目的

本研究ではASTM C-666A法から実際の気象条件下のRC構造物の耐用年数の推定を可能するため既往の研究等により凍結融解試験データの整理及び解析を行いさらに信頼性と精度を向上させるための検討を行う。

2. 検討方法

2.1 解析方法

先に筆者らが実験及び整理したASTM C666 A法によるデータを用いて解析した劣化予測式をさらに既往の研究により³⁾実際の気象条件下のものに近ずけるため表-1の形に整理する。劣化予測式による計算値と暴露実験による実測値の関係より計算値に対する実測値の取り得る幅を推定するため計算値をX, 実測値をYと

表-1 凍害の劣化指標、要因、及び予測式一覧

評価項目	I. 選定された劣化指標		II. 要因 (〔 〕は変数)		III. 経年後の劣化指標(耐久性)の算定方法
	指標	現象	外的要因	内的要因	
凍害	相対動弾性係数変化率 DN(%)	凍害	[t: 供用年数(年)] N: 年凍結融解回数 MT: 凍結融解期の 平均日最低温度 (°C) SW: コンクリートの表面 水の状態	W/C: 水セメント比(%) AE or nonAE: AE剤の 有無 YW: コンクリートの含水状 態(養生条件)	実験データを 直線回帰し 凍害の劣化 影響係数(FD) を考慮する $FD = (0.0625x(-MT) - 0.125) \times 0.7 \times 1.5 \times SW \times YW$ $W/C = 40\%: DN = -0.028N \cdot FD \cdot t + 100$ $W/C = 50\%: DN = -0.053N \cdot FD \cdot t + 100$ $W/C = 55\%: DN = -0.080N \cdot FD \cdot t + 100$ $W/C = 60\%: DN = -0.085N \cdot FD \cdot t + 100$ $FD = 0.0535x(-MT) \times 0.7 \times 1.0 \times SW \times YW$ $nonAE: W/C = 40\%: DN = -0.36N \cdot FD \cdot t + 100$ $W/C = 60\%: DN = -0.51N \cdot FD \cdot t + 100$

表-2 既往の研究による暴露実験条件

資料	暴露地点	外的要因				内的要因			備考
		t: 暴露年数(年)	N: 年凍結融解回数	MT: 凍結融解期の平均日最低温度(°C)	SW: コンクリートの表面水の状態	W/C: 水セメント比(%)	AE or nonAE: AE剤の有無	YW: コンクリートの含水状態(養生条件)	
	札幌	12	99	-8.9	0.55	50	AE	0.65	静内産粗骨材
	札幌	12	99	-8.9	0.2	50	AE	0.3	静内産粗骨材
	札幌	12	99	-8.9	0.2	50	nonAE	0.3	静内産粗骨材
	札幌	2年3カ月	82	-8.2	0.1	40	AE	0.3	当別産粗骨材
	札幌	2年3カ月	82	-8.2	1.0	50	AE	0.7	当別産粗骨材
	札幌	2年3カ月	82	-8.2	1.0	60	AE	1.0	当別産粗骨材
	札幌	2年3カ月	82	-8.2	0.2	60	nonAE	0.3	当別産粗骨材

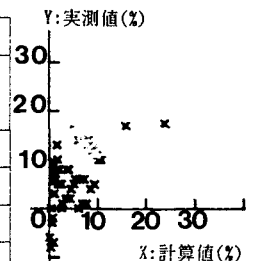


図-1 凍害による動弾性係数低下率の計算値と実測値の関係

例えば、ここで $C_{28}=421\text{kgf/cm}^2$, $A=6.0\%$, $SL=8\text{cm}$, $W/C=55\%$, $dC_{28}=19.0$, $dA=1.0$, $dSL=2.5$, $dW/C=2.5$ を代入すると δ は 10.2% となる。さらに、 $f'_{ck}=f'_{cm}(1-1.64\delta)$, $\alpha=1/(1-1.64\delta)$ として、 $f'_{ck}=313\text{kg}$, $\alpha=1.20$ となる。また、 f'_{cr} はモデル式によって求めた f'_{c28} に α を乗ずることによって求められる。

表-1 既往の研究による検討データ

要因	セメント 強度 C_{28} (kgf/cm^2)	セメント 粉末度 C_r (cm^2/g)	空気量 $A(\%)$	スランプ $SL(\text{cm})$	粗骨材の 最大寸法 $G_{max}(\text{mm})$	単位セメ ント量 C (kg/m^3)	養生温度 R_t ($^{\circ}\text{C}$)	水セメン ト比 W/C ($\%$)	圧縮強度 f'_{c28} (kgf/cm^2)
1	415	3220	4.1	8.0	20	324	20	50.0	407
2	418	3130	4.1	8.0	20	324	20	50.0	448
3	414	3230	4.0	9.0	20	328	20	50.0	451
4	423	3070	4.1	9.0	20	318	20	50.0	524
5	389	3400	4.2	9.5	20	350	20	50.0	430
6	402	3180	4.4	7.5	20	344	20	50.0	419
7	409	3130	4.4	8.0	20	336	20	50.0	420
8	416	3220	4.1	8.5	20	316	20	50.0	420
9	423	3170	4.5	8.0	20	340	20	50.0	419
10	410	3220	4.1	8.0	20	348	20	50.0	422
11	410	3270	6.8	13.8	20	293	5	57.7	220
12	407	3340	3.5	15.9	20	297	20	55.2	332
13	410	3270	3.8	15.1	20	283	35	55.2	276
14	410	3270	1.3	15.6	20	306	20	55.2	304
15	410	3270	1.6	13.0	20	305	35	55.2	335
16	407	3340	8.0	18.6	20	280	5	53.5	271
17	410	3270	2.8	17.2	20	288	20	53.8	321
18	407	3340	4.2	16.0	20	284	20	53.8	309
19	410	3270	2.3	16.2	20	291	35	53.8	307
20	410	3270	4.2	16.1	20	311	20	53.2	332
21	407	3340	3.7	16.8	20	285	20	53.2	331
22	410	3270	3.5	15.1	20	313	35	53.2	312
23	410	3270	4.5	16.7	20	283	5	60.0	185
24	407	3340	4.0	20.3	20	308	5	53.0	195
25	410	3270	4.1	15.6	20	292	20	60.0	254
26	424	3300	4.3	3.0	15	450	20	33.3	539
27	424	3300	2.3	3.0	15	450	20	33.6	659

4. 今後の課題 ①公開されているデータをデータベース化することにより、適切で精度の高い圧縮強度のモデル式を求め変動係数の予測精度を上げる必要がある。

表-2 検討データの相関

要因	セメント 強度 C_{28} (kgf/cm^2)	セメント 粉末度 C_r (cm^2/g)	空気量 $A(\%)$	スランプ $SL(\text{cm})$	粗骨材の 最大寸法 $G_{max}(\text{mm})$	単位セメ ント量 C (kg/m^3)	養生温度 R_t ($^{\circ}\text{C}$)	水セメン ト比 W/C ($\%$)	圧縮強度 f'_{c28} (kgf/cm^2)
相関係数	0.494	-0.365	-0.204	-0.890	-0.621	0.821	0.229	-0.861	1.000

表-3 材令28日圧縮強度のモデル式の設定例

変数	目的変数	説明変数				定数項	重相関係数	F検定
	圧縮強度 f'_{c28} (kgf/cm^2)	セメント 強度 C_{28} (kgf/cm^2)	空気量 $A(\%)$	スランプ $SL(\text{cm})$	水セメン ト比 W/C ($\%$)			
回帰係数	—	0.2165	-10.07	-12.80	-7.290	848.6	0.938	$40.5 > F_{4, 22, 0.005} = 5.04$
t値	—	0.1682	1.6485	4.7702	3.3443			

に対して変動するのかを把握する必要がある。③安全係数(材料係数)を求めるために各ケースについて供試体と実構造物からの試料の採取を行い、各々の正確な試験データを集積してこれらの詳細な関係を明らかにする必要がある。

最後に本研究の実施に際して北見工大学生の更谷正行君に協力を頂いたことに感謝をいたします。

参考文献 1)コンクリート専門委員会:コア供試体の圧縮強度に及ぼす各種試験要因の影響, セメント協会, 1984, 3 2)笠井芳夫, 横山清, 平賀友:コンクリートの初期強度に関する研究-混和剤を用いた研究, セメント技術年報No.19, p368, 1965 3)河野清, 江村建三, 木下幸一:各種混和材料を使用したコンクリートの高温養生, セメント技術年報, p250, 1964