

コンクリートの凍害劣化予測に関する研究

東京電力(株)	正会員	○小林	保之
東京電力(株)	正会員	堤	知明
東京電力(株)	正会員	河原	忠弘
東電設計(株)	正会員	野口	博章

1. はじめに

凍結融解作用を受けるコンクリートの劣化に関しては、古くから数多くの研究がなされている。しかし、その多くは促進凍結融解試験を用いたものであり、自然環境下における劣化に関する研究例は、これに比べて圧倒的に少ない現状にある。ASTM などに代表される促進凍結融解試験の目的が、骨材あるいは混和剤などの相対比較のために制定された経緯を考えると、この試験によって得られた結果から直接的に自然環境下のコンクリートの耐凍害性を論ずることは困難であることは容易に想像できるところである。

筆者らは、自然環境下に暴露したコンクリート供試体の試験結果を基に、自然環境下と促進試験環境下の相違について報告し、また、任意の水セメント比のコンクリートに対して、自然環境下において不規則に変化する外気温の影響を考慮した上で、コンクリートの劣化を凍結融解サイクル数との関係で示した。この際に用いた手法は、ある最低気温を基準に採り、日々の最低温度変化に応じて凍結融解サイクル数を見かけ上変化させる「基準化凍結融解サイクル法」である。[1]

本報告では、この手法をもとに、使用材料の相違等の内的要因、飽水状態などの外適要因の変化に対して、その影響を見かけ上凍結融解サイクル数を変化させることによって考慮できるように「基準化凍結融解サイクル法」を一般化し、システム化を行ったのでその概要について報告する。

2. 基準化凍結融解サイクル法とその一般化

基準化凍結融解サイクル法は、水セメントおよび最低温度履歴に応じて損傷量を評価し損傷の程度を見かけ上、凍結融解サイクル数を変化させることによって、任意の水セメント比および任意の単一最低温度下のコンクリートの劣化に置き換える手法である。

$$N' = \sum_{i=1}^n \{N_{ij}'\} = [N_{ij}] \{\varphi_j\} \quad (1)$$

ここで、 N' :基準化凍結融解サイクル数(累積値)、 $\{N_{ij}'\}$:材齢*i*における最低温度*j*に対する凍結融解回数、 $\{\varphi_j\}$:最低温度*j*の重み係数である。

$$\varphi_j = \frac{N_d([C/W]_{st}, [\theta_T]_{st})}{N_d([C/W]_t, [\theta_j]_t)} \quad (2)$$

ここで、 φ :重み係数、 $N_d([C/W]_{st}, [\theta_T]_{st})$:基準とするコンクリートの水セメント比および最低温度(*T*)下の破壊サイクル数、 $N_d([C/W]_t, [\theta_j]_t)$:目的とするコンクリートの水セメント比および最低温度(*j*)下の破壊サイクル数である。

これを一般化するために、内的および外的要因の影響を表す部分係数 φ_{mod} を用いて、次のように再定義した。

$$N' = \sum_{i=1}^n \{N_{ij}'\} = \varphi_{mod} \cdot [N_{ij}] \{\varphi_j\} \quad (3)$$
$$\varphi_{mod} = \varphi_{ag} \varphi_{bin} \varphi_{AE} \cdots$$

ここで、 φ_{mod} :部分係数、 φ_{ag} 等:骨材の影響等を表す部分係数である。

キーワード コンクリート, 凍害, 基準化凍結融解サイクル法, 劣化予測システム

連絡先 〒230-8510 横浜市鶴見区江ヶ崎町 4-1 TEL 045-613-3366 E-mail: kobayashi.yasushi@tepcoco.jp

3．システムの概要と検証結果

開発したシステムは、影響因子として表-1 に示す7つの要因を内的要因として採りあげ、促進凍結融解試験下における既往の試験結果を参考に、破壊サイクル数比を求めて、これを各要因の部分係数として定めた。システムの画面は図-1 に示すとおりであり、入力項目は「構造物の一般情報」、「外的要因」、「内的要因」および「その他」の4項目に大別される。

「構造物の一般情報」では、当該構造物の竣工年を入力する他、構造物の位置を入力することによって、近傍の気象庁アメダスデータ点の温度を自動的に参照し、標高補正を行って当該点の最低温度別の凍結融解サイクル数を算出する。「外的要因」では、積雪有無、日射の有無および湿潤の程度を入力する。「内的要因」では骨材の品質、結合材の種類および AE 剤の使用の有無を入力する。「その他」では、ひびわれの影響および補修の効果を入力する。

システムの検証は、竣工後 34 年を経過した構造物から採取したコンクリートコアから求めた相対動弾性係数と本システムから推定した結果を比較する方法によった。ここで、コンクリートコアから相対動弾性係数を求める方法は、コア深部におけるコア断面方向に測定した超音波伝播速度から求めた動弾性係数に対して、同様にコアの表面部（深度方向 2 cm 以内）で測定した超音波伝播速度から求めた動弾性係数の比によって表した。

開発したシステムによる相対動弾性係数の推定値と実測値の比較は図-2 に示すとおりであり、推定結果は実測値を比較適用精度で捉えていることが認められる。

4．まとめ

任意の水セメント比のコンクリートに対して不規則に変化する外気温の影響を評価できる「基準化凍結融解サイクル法」を基に、コンクリートの使用材料の相違、環境の相違などが考慮できるように一般化を行い、劣化予測のシステム化を図ると共に、その検証を行った。その結果、推定値は実測値を比較的良好な精度で推定できることを確認した。ただし、本システムでは、影響因子の推定に大胆な仮定を設けていること、また検証事例数が少なく、今後事例数を増やしシステムの精度向上を目指していく予定である。

参考文献

[1] 石井清, 江川顕一郎, 堤知明, 野口博章: 凍結融解作用を受けるコンクリートの劣化予測に関する研究, 土木学会論文集, No.564/V-35, pp221-232, 1997.5

表-1 部分係数

影響因子	部分係数
骨材の影響 aggregate	ϕ_{ag}
結合材の影響 binder	ϕ_{bi}
AE 剤の影響 Air Entrained Agent	ϕ_{AE}
飽水度の影響 saturation	ϕ_{sa}
ひびわれの影響 crack	ϕ_{cr}
補修の影響 repair	ϕ_{re}

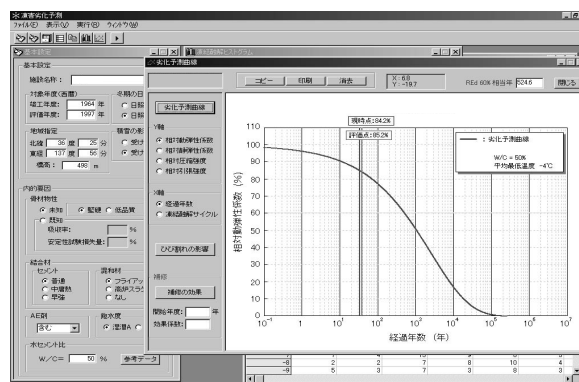


図-1 開発システム画面

表-2 検証に用いた構造物データ

条 件	構造物 A
対象構造物	竣工年 昭和 38 年 (1963 年)
	標 高 862.000
配合・材料	水セメント比 53%
	セメント 普通ポルトランドセメント
	フライアッシュ 有
	骨 材 良 質
	AE 剤 使 用
環 境	飽水状態 湿
	積雪状態 有
	日 射 考慮せず
予 測	評価年 材齢 34 年 (1997)

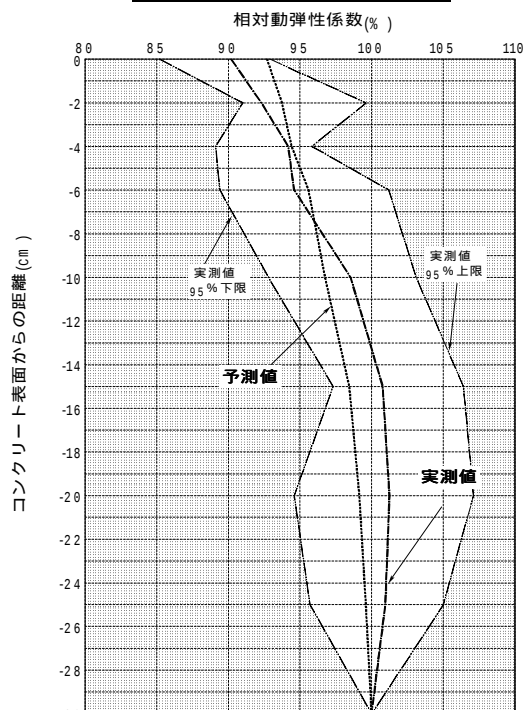


図-2 推定値と実測値の比較