

北見工業大学工学部	正員	桜井 宏
北見工業大学工学部	正員	鮎田 耕一
北見工業大学工学部	正員	岡田 包儀
北見工業大学大学院	学生員	○ 田中 純

1. はじめに

コンクリートの耐凍害性を検討する試験方法として ASTM C666 がある。しかし、急速水中凍結融解試験と実構造物の耐凍害性との関係の検討は十分に行われていないため、既往の研究¹⁾で著者等は寒冷地の各種環境条件下の促進及び曝露試験等を行ってきた。

本研究は、より実構造物の置かれている条件に近いRCモデル化供試体による気中凍結融解試験を約8000サイクル程度迄実施し、筆者等が開発した非線形の指数関数モデルによる解析を行い、RCの耐久性評価の基礎的な検討を行うことを目的とした。

表-1 コンクリートの配合及び練り上がり性状

2. 実験及び解析方法

2.1 配合及び練り上がり性状

コンクリートの配合及び練り上がり性状を表-1に示す。水セメント比をパラメーターにとり、45%, 55%及び65%とした。

2.2 気中凍結融解試験方法

気中凍結融解試験は1サイクル4時間（凍結行程2時間35分，融解行程1時間25分）とし、供試体の中心部の温度が $-17.8 \pm 1.7^\circ\text{C}$ から $4.4 \pm 1.7^\circ\text{C}$ になるように制御した。なお、北海道の凍結融解回数は一般に年60回程度であり、凍結融解8000回は約130年分の凍結融解に相当する。測定項目は、重量、長さ変化及び超音波伝播時間であり、各々の劣化指標を初期値に対する重量変化率(%), 長さ変化率($\times 10^{-6}$)及び超音波伝播速度変化率(%)で示した。

2.3 解析方法

耐力の耐凍害性に影響が大きい超音波伝播速度変化率の測定結果を解析した。モデルは筆者等が開発した以下の非線形指数関数モデルを仮定し、最適な係数A, B, Cを最小自乗誤差により求めた。

$$U = A * CYC * (\exp(-C * CYC)) + B \quad \dots \text{式(1)}$$

ここで、U:超音波伝播速度変化率, CYC:凍結融解回数, A, B, C:係数

なお、係数Bを初期値である100%と固定せず、解析によって推定される係数としたのは、初期値も変動する測定値の1つと考えて、ばらつきを考慮したためである。

3. 結果及び考察

3.1 実験結果

図-1に凍結融解回数と重量変化率の関係を示す。重量変化率は、水セメント比65%のケースで約7000サイクル時での減少率が50%程度となった。水セメント比45%, 55%のケースでは、表面劣化は軽度で重量の減少率2%にも達していない。図-2に凍結融解回数と長さ変化率の関係を示す。長さ変化率は、水セメント比65%のケースでは比較的凍結融解初期の段階から供試体の膨張が起こっており、水セメント比45%, 55%のケースとは異なっている。水セメント比45%, 55%のケースでは約6000サイクル時から増加傾向にある。約8000サイクル時での長さ変化率は水セメント比55%のケースで約1%, 水セメント比45%のケースで、約0.5%である。図-3に凍結融解回数と超音波伝播速度変化率の関係を示す。超音波伝播速度変化率も水セメント比65%のケースで、約8000サイクル時で初期値の約55%となっている。水セメント比55%, 水セメント比4

コンクリートの配合						性状		
W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/cm ²)				A E 剤 (cc)	スランブ° (cm)	AIR (%)
		W	C	S	G			
45	31	152	338	564	1277	40.0	4.0	3.8
55	33	152	276	616	1286	53.1	9.4	4.7
65	34	152	234	647	1289	33.4	11.0	4.2

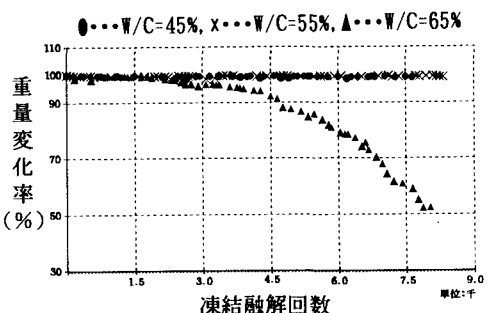


図-1 凍結融解回数と重量変化率の関係

5%のケースでは、約6000サイクル時まで減少傾向はみられず、その後の減少も水セメント比55%で約4%程度であり、水セメント比45%ではほとんど低下していない

3.2 解析結果及び考察

表-2に解析で求めた式(1)の係数A, B, Cの推定値を示す。また、図-3に解析で求めたモデル曲線を示す。図-3より本実験の気中凍結融解試験結果と非線形の指数関数モデルは、水セメント比45%, 55%においてよく適合しているのが分かる。図-4に表-2の係数A, Cの推定値と水セメント比の関係を示す。水セメント比が大きくなると、係数Aは減少している。寒冷地の実構造物は、凍結融解作用の他にも様々な作用を受けるが、大気中にある一般のRC構造物の耐用年数予測評価の基礎的な検討を行う場合には、適切に材令による耐力の増加と凍結融解作用などの劣化によるその後の耐力の低下を考慮した耐久性モデルを検討する必要がある。

4. まとめ

RCモデル化供試体による気中凍結融解試験と非線形指数関数モデルによる検討から、以下のことが明らかになった。

- 1) 重量変化率は、水セメント比65%が凍結融解約2800回から減少しているが、水セメント比45%, 55%では減少傾向がみられない。
- 2) 長さ変化率は、水セメント比65%が凍結融解初期より膨張傾向にあるが、水セメント比45%, 55%では凍結融解約6000回まで膨張がみられない。
- 3) 超音波伝播速度変化率は、水セメント比45%, 55%で凍結融解約4500回まで増加し、水セメント比65%では初期段階より減少する傾向がある。
- 4) 次の非線形指数関数モデル式が、超音波伝播速度変化率の結果に対してよく適合した。

$$U = A \cdot \text{CYC} \cdot (\exp(-C \cdot \text{CYC})) + B \quad (10^{-2}) \quad (10^{-4})$$

ここで、U: 超音波伝播速度変化率, CYC: 凍結融解回数, A, B, C: 係数

また、係数Aと係数Cは水セメント比が大きくなると、小さくなる傾向を示した。

【謝辞】本研究にあたり北海道大学佐伯昇教授、藤田嘉夫前北見工業大学客員教授のご指導を受けた。また、北見工業大学猪狩技官、北見工業大学大学院の西村氏の御協力を受けた。解析では北海道大学及び東京大学大型計算機センターの御協力を受けHITACを使用した。文部省科学研究補助金(H6年度、一般C, No. 0665041)の交付を受けた。ここに感謝する。

【参考文献】

- 1) 桜井宏，鮎田耕一，佐伯昇，岡田包儀：北見工業大学研究報告第23巻，pp. 245-252；1990年
- 2) 桜井宏，鮎田耕一，岡田包儀，田中純：コンクリートの耐凍害性の気中凍結融解試験による検討，土木学会北海道支部論文報告集第51号，平成7年2月，pp. 388-391
- 3) セメント技術大会講演論文集50号，平成7年版，投稿中

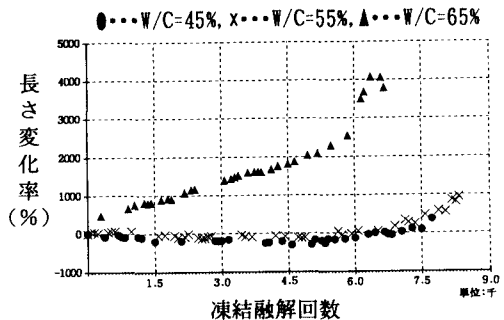


図-2 凍結融解回数と長さ変化率の関係

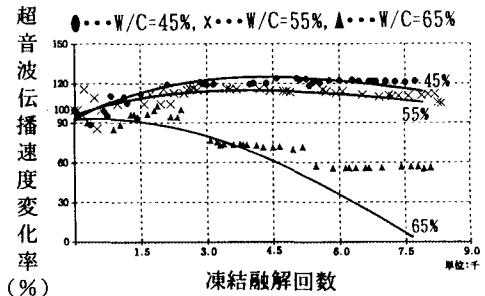


図-3 凍結融解回数と超音波伝播速度変化率の関係

表-2 解析結果(係数の推定値)

W/C	A	B	C
45%	1.90×10^{-2}	90.62	2.15×10^{-4}
55%	1.28×10^{-2}	95.02	2.40×10^{-4}
65%	-0.25×10^{-2}	96.94	-1.78×10^{-4}

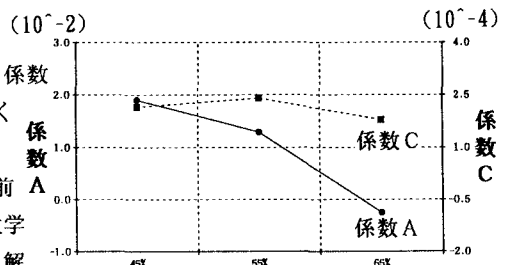


図-4 係数の推定値と水セメント比の関係