

凍結融解に起因するひび割れ本数が耐久性指数の変化に及ぼす影響

正会員 ○渡邊 詩穂子<sup>\*1</sup>  
同 濱 幸雄<sup>\*2</sup>

微細ひび割れ ひびわれ本数 耐凍害性  
養生条件

1. はじめに

一般にコンクリートの凍害劣化の進行には微細なひび割れの蓄積が影響しているといわれている。松村らの研究によると、相対動弾性係数の低下に伴いひびわれ本数は増加し、両者の関係には負の相関があることが示されている。そこで、本研究ではこの関係をもとに、凍結融解によって生じたひび割れがその後の耐凍害性の変化に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験の概要

2.1 使用材料および実験方法

凍結融解試験の条件を表 1 に、使用したコンクリートの条件を表 2 に示す。凍結融解試験前の養生条件は 20℃・4 週水中養生(養生 a)及び養生期間中に 20℃・60% RH での気中養生を加えた養生(養生 b)の 2 水準とした。凍結融解試験は JIS A 1148 A 法(水中凍結水中融解試験)に準じて行い、相対動弾性係数が 60%を切るまでを目安に行なった。

セメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm<sup>3</sup>)、細骨材にはコイトイ産陸砂(表乾密度 2.69 g/cm<sup>3</sup>、粗粒率 2.05、吸水率 1.46%)、粗骨材には尾幌産砕石(表乾密度 2.68 g/cm<sup>3</sup>、粗粒率 6.53、吸水率 1.42%)を用いた。調査表を表 3 に示す。

表 1 凍結融解試験の条件

凍結融解試験	凍結融解試験までの養生条件
①JIS A 法 (水中凍結水中融解試験)	a. 20℃4週水中
	b. 20℃1週水中 +室温20℃湿度60%3週気中 +20℃1週水中

表 2 コンクリートの条件

試験体記号	セメント	W/C (%)	スランブ(フロー)	空気量 (%)
35-1.0	普通ポルトランドセメント	35	フロー	1.0
35-4.5			650mm	4.5
55-1.0	55	55	スランブ	1.0
55-4.5			180mm	4.5

表 3 調査表

試験体記号	Air (%)	s/a (%)	W (kg)	絶対容積(ℓ/m <sup>3</sup> )			単位粗骨材かさ容積(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	高性能AE減水剤 C×wt(%)	AE減水剤 /C100kg	空気調整剤 C×wt(%)
				C	S	G				
55-1.0	1.0	45.9	172	99	314	370	0.62	-	250ml	0.02
55-4.5	4.5	45.9	172	99	314	370	0.62	-	/C100kg	0.0005
35-1.0	1.0	40.9	160	169	256	370	0.60	4.32	-	0.02
35-4.5	4.5	40.9	160	169	256	370	0.60	4.32	-	-

3. 実験結果および考察

3.1 凍結融解試験結果

図 1 に 55-4.5 及び 35-1.0 の相対動弾性係数の変化を示す。ここで、55-1.0 は凍結融解 30 サイクル以前に相対動弾性係数が 60%を切るような耐凍害性に劣るコンクリートであったこと、また 35-4.5 は凍結融解 1500 サイクル経過時においても相対動弾性係数の低下が見られなかったことから本研究での検討の対象外としている。

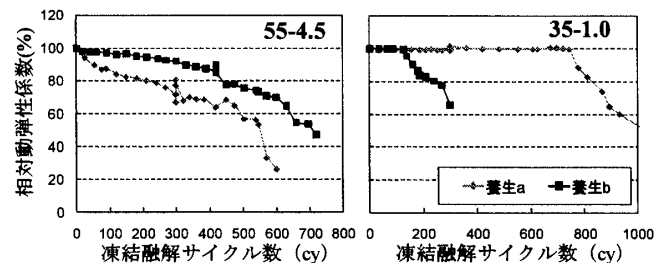


図 1 相対動弾性係数の経時変化

55-4.5 および 35-1.0 のいずれにおいても凍結融解試験前の養生条件によって劣化傾向に差が認められる。55-4.5 では、気中養生を加えた場合(養生 b)の方が劣化しにくくなっているのに対して、35-1.0 では気中養生を加えた養生 b のほうが早期に劣化しており、気中養生の影響が逆の結果を示している。

3.2 ひびわれ本数と耐凍害性の関係

凍結融解試験における相対動弾性係数の低下とひびわれ本数の関係として、松村らの研究 1)により、(1)式が提案されている。

$$DFr = -2.3625Cn + 1.3142 \dots (1)$$

DFr: 相対動弾性係数(RDM)のロジット変換値

$$DFr = \log_{10}(DF/(100-DF))$$

Cn: 単位測長あたりのひびわれ本数(本/mm)

(1)式を用いることにより、凍害劣化の進行に伴う相対動弾性係数の低下に対応したひびわれ本数を算出することができる。そこで、図 2 に示すように、ある凍結融解サイクル(N サイクル)時の相対動弾性係数に対応するひび割れ本数を(1)式から算出し、さらに N サイクル時の動弾性係数を基準として N+300 サイクルまでの相対動弾性係数を再計算して耐久性指数を算出することによって、凍結融解によって生じた微細ひび割れの本数が耐久性指数の変化に及ぼす影響を評価することが可能となる。

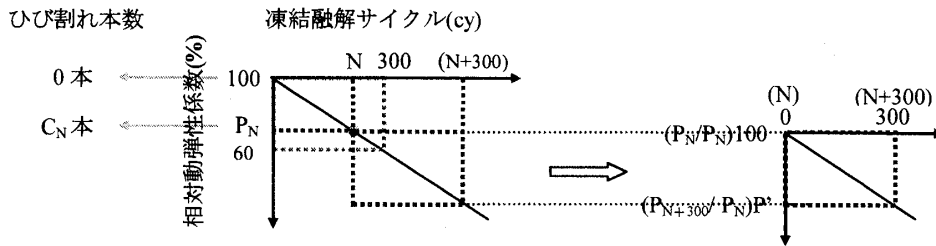


図2 Nサイクルを基準として300サイクルのDFを算定する場合

図1に示した55-4.5および35-1.0の凍結融解試験から求めたひび割れ本数と耐久性指数の関係を図3に示す。なお、(1)式は相対動弾性係数90%以下の範囲での近似式として提案されたものであるが、今回の検討では相対動弾性係数90%以上の場合にも適用している。なお、相対動弾性係数が90%以上の場合で(1)式によってひび割れ本数が算出できなかった場合にはひび割れ0本/mmと仮定して検討を進めた。

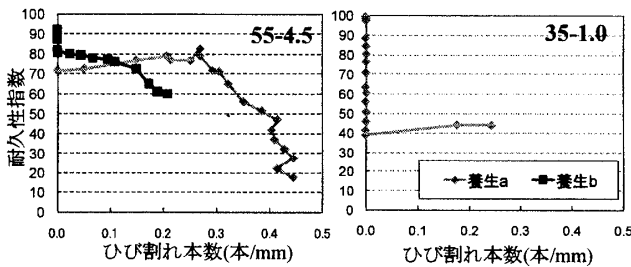


図3 ひびわれ本数と耐久性指数の関係

55-4.5の養生aでは、ひび割れ本数0~0.3本/mmまでの範囲ではひび割れ本数が増加するほど耐久性指数がやや大きくなり、ひび割れ本数が0.3本/mm以上ではひび割れ本数が増加するほど耐久性指数が低下している。また、55-4.5の養生bでは、ひび割れ本数が増加しない場合、つまり相対動弾性係数の低下がない条件の範囲でも耐久性指数が低下し、ある段階からひび割れ本数の増加とともに耐久性指数が低下している。一方、700サイクルまで相対動弾性係数がほとんど低下せず、その後急激な劣化を示した35-1.0の養生aでは、ひび割れ本数が0本/mmのまま耐久性指数が40程度まで低下し、その後ひび割れ本数が増加しても耐久性指数の変化がないという結果を示している。

4. 劣化パターンのモデル化による考察

3.2の検討結果から、ひび割れ本数と耐久性指数の変化の関係は、対象とするコンクリートの劣化パターンによって異なることが示唆された。そこで、表4および図4に示すような初期の耐久性指数が60となる(300サイクルで相対動弾性係数が60%となる)劣化モデルを8種類設定し、前項と同様の検討を行い、それぞれの劣化モデルにおけるひびわれ本数と耐久性指数の関係を図5のように求めた。

表4 低下モデルの分類

モデル番号	低下モデルの分類
①	直線的に低下する
②④	ほぼ直線的に低下する
⑤⑥	初期に急激に、後に緩やかに低下する
③⑦⑧	初期に緩やかに、後に急激に低下する

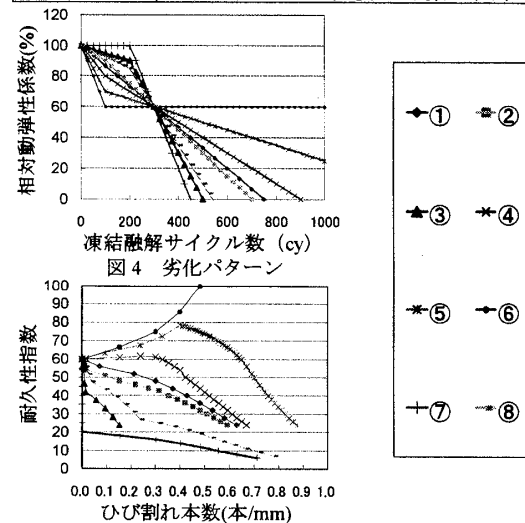


図4 劣化パターン

図5 ひびわれ本数と耐久性指数の関係

すべての劣化モデルにおいて、ひび割れ本数と耐久性指数の変化の関係は異なっている。直線的に相対動弾性係数が低下する劣化モデル①②④は、ひび割れ本数の増加とともに耐久性指数が低下する傾向にある。初期段階で緩やかに、後に急激に相対動弾性係数が低下する③⑦⑧では、初期のひび割れ本数が少ない段階で急激に耐久性指数が低下し、その後ひび割れ本数の増加に対する耐久性指数の低下が緩やかになる傾向にある。また、初期段階で急激に相対動弾性係数が低下する劣化モデル⑤⑥は、ひび割れ本数の増加につれて耐久性指数が高くなっている。

5. まとめ

凍結融解によって生じた微細ひび割れの本数と耐久性指数の変化の関係は、対象とするコンクリートの凍害劣化パターンによって異なることが明らかとなった。

【謝辞】本研究の実験実施にあたり、釧路高専・大塚隆男元教授、三森敏司准教授の協力を得た。記して、謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 松村宇、桂修、吉野利幸、凍害を受けたコンクリートの性状と劣化度評価法に関する研究、日本建築学会構造系論文集、第563号9-13、2003年1月

\*1 室蘭工業大学大学院

\*2 室蘭工業大学 准教授 博士 (工学)

\*1 Graduate School, Muroran Institute of Technology.

\*2 Assoc. Prof., Muroran Institute of Technology, Dr. Eng.