

# 論文 各種インターロッキングブロックの凍結融解試験方法の検討

都築 真之<sup>\*1</sup>・今野 克幸<sup>\*2</sup>・菅谷 博明<sup>\*3</sup>・笠原 篤<sup>\*4</sup>

**要旨:** 本研究の目的は, JIS 規格品である各種 IL ブロックを用いて ASTM C1645 および簡易設備による室内凍結融解試験を実施し, 凍結融解抵抗性の評価試験方法としての有効性を確認することである。試験の結果より, ASTM C1645 で日本の各種 IL ブロックを試験する場合は質量損失率により適確に評価できる可能性を得た。簡易設備による室内凍結融解試験は, 実環境に近い条件であり, 簡易な設備で凍結融解抵抗性を評価できる可能性を示すことができた。また, 普通および保水性 IL ブロックの曲げ強度の 3MPa 品は, 十分な凍結融解抵抗性を有していない結果となった。

**キーワード:** インターロッキングブロック, 凍結融解, ASTM C1645, 簡易設備, 屋外暴露

## 1. はじめに

プレキャスト無筋コンクリート製品の一つであるインターロッキングブロック (以下, IL ブロックと呼称) に求められる耐久性の一つとして凍結融解抵抗性が挙げられる。設計施工要領<sup>1)</sup>では, 供用後 10 年以上の現場調査結果に基づき, IL ブロックの凍結融解抵抗性は普通 IL ブロックの曲げ強度の 5MPa 以上, 透水性 IL ブロックの 3MPa 以上ならば, 十分な凍結融解抵抗性を有すると示されている。しかし, これら以外の IL ブロックは寒冷地での施工実績が少ないため, 適切な試験やモニタリングなどで確認することが望ましいとされている。

日本におけるコンクリートの凍結融解試験は JIS A 1148 (コンクリートの凍結融解試験方法) に定められているが, 適用範囲において「軽量気泡コンクリートなどには適用しない」とされており, IL ブロックは空隙を多く有することから, 適用範囲外となる可能性が考えられる。また, 目的に応じて適宜選定された JIS 以外の凍結融解試験方法の報告もあるが, その評価方法は規格化されるには至っていない<sup>2)</sup>。このような中, 寒冷地で各種 IL ブロックを適用するために, IL ブロックの凍結融解抵抗性を適正に評価する試験方法の確立が望まれている。

著者らは, 日本の IL ブロックを用いて, 海外で規格化されている各種凍結融解試験方法の妥当性を確認してきた<sup>3)</sup>。実施した試験方法の一つである ASTM C1645 (Standard Test Method for Freeze-thaw and De-icing Salt Durability of Solid Concrete Interlocking Paving Units) は, 日本の普通 IL ブロック 5MPa 品に相当する IL ブロックを適用対象とした凍結融解試験方法の規格である。この規格で日本の普通 IL ブロック 5MPa 品を評価することができる結果は得られたが, これ以外のブロックについて

は評価方法に課題が残っている。

凍結融解試験方法を検討する上では, 設計施工要領にある現場調査結果を反映し, IL ブロックが供用されている条件に近く, 十分な凍結融解抵抗性を有することが確認された IL ブロックが良好と評価されるとなる試験方法が良いと考えられる。さらに, JIS の凍結融解試験方法を用いて評価を行う場合であっても, 特殊な設備が必要であり, 容易に行うことができない。そのため, 特殊な設備を必要とせず, 簡易な設備で評価できる凍結融解試験方法も求められている。

## 2. 研究目的

本研究の目的は, 米国で IL ブロックの凍結融解抵抗性を評価する試験方法として規格化された ASTM C1645 を用いた各種 IL ブロックによる凍結融解抵抗性の実験的検討を進め, 普通 IL ブロック 5MPa 品以外の IL ブロックへの適用性を確認する。また, 寒冷地における各種 IL ブロックの屋外暴露試験を行い, 実際に敷設された IL ブロックの状況を確認した上で, 簡易な試験方法が求められていることを踏まえて簡易設備による室内凍結融解試験 (以下, 簡易凍結融解試験) を提案し, この有効性について検討する。

## 3. 実験概要

### 3.1 IL ブロックの概要

日本における IL ブロックの種類は, JIS A 5371 (プレキャスト無筋コンクリート製品 附属書 B (舗装・境界ブロック類) に普通, 透水性, 保水性 IL ブロックの 3 種類がある。コンクリートの品質は, 各 IL ブロックの曲げ強度 (または圧縮強度) が 3 または 5MPa 以上 (17 ま

\*1 太平洋セメント (株) 中央研究所 セメント・コンクリート研究部 (正会員)

\*2 北海道工業大学 都市環境学科准教授 工博 (正会員)

\*3 太平洋セメント舗装ブロック工業会 (正会員)

\*4 北海道工業大学 社会基盤工学科教授 工博

たは 32MPa 以上) と規定されている。また、耐久性能については、類似製品の実績から判断してよいとされているが、凍害のおそれのある場所で使用する保水性能をもつ製品の耐凍害性は凍結融解試験結果による確認が必要と記されている。

各種 IL ブロックの特徴を以下に示す。普通 IL ブロックは、全容積の 7~10% 程度の空隙を有するブロックである。透水性 IL ブロックは、全容積の 20% 前後の連続空隙を有し、透水係数  $1.0 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$  以上を満足するブロックである。保水性 IL ブロックは全容積の毛細管現象に寄与する空隙を 15% 以上有し、保水量  $0.15 \text{g/m}^3$  以上、吸上げ高さ 70% 以上を満足するブロックである。

本研究で用いた IL ブロックを表-1 に示す。主な使用材料は、セメントに普通ポルトランドセメント (密度:  $3.16 \text{g/cm}^3$ )、粗骨材に 6 号砕石 (表乾密度:  $2.64 \text{g/cm}^3$ , 吸水率: 0.70%, F.M.: 6.00)、細骨材に山砂 (表乾密度:  $2.58 \text{g/cm}^3$ , 吸水率: 2.05%, F.M.: 2.45) とした。供試体は、高振動加圧即時脱型方式にて作製した IL ブロック製品 (幅  $10 \text{cm} \times$  長さ  $20 \text{cm} \times$  厚さ  $6 \text{cm}$ , 二層仕上げ) とした。IL ブロックの品質管理試験として、曲げ強度試験、透水性試験および保水性試験を JIS A 5371 附属書 B 推奨仕様 B-3 (インターロッキングブロック) に準じて行った。また、試験材齢については記載がないため、一般的に用

いられている 14 日において評価を行うこととした。

### 3.2 凍結融解試験方法

本研究で実施した凍結融解試験方法を以下に示す。

#### (1) ASTM C1645-06

ASTM C1645-06 は、ASTM C936-09 (Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Units) に記載されており、普通 IL ブロック 5MPa (N5) 相当品の凍結融解抵抗性を評価する標準試験方法である。また、この試験方法は JIS A 5371 (プレキャスト無筋コンクリート製品) 解説に参考として、保水性能をもつ製品の凍結融解試験として記載されている試験方法である。

規格の概要を表-2 に示す。この規格の特徴としては、凍結融解温度が  $-5 \sim 5^\circ\text{C}$ 、1 サイクルに要する時間は 24 時間である。また、試験は水中凍結融解で行い、凍結融解媒体は水または 3% 塩化ナトリウム溶液の 2 種類から状況に応じて選択する。

本研究では、雨水による凍結融解抵抗性を確認するため、凍結融解媒体を水とした。定められた凍結融解温度となるように試験槽内の温度を調整した結果、図-1 に示すような温度履歴となった。試験サイクルは、10, 25, 50 サイクルとなっているが、25 サイクルにおいて、質量損失量が  $200 \text{g/m}^2$  未満の場合は 25 サイクルまで、 $200 \text{g/m}^2$  以上の場合は 50 サイクルまで継続する。合否判定

表-1 インターロッキングブロックの概要

ブロック種類	配合条件				規格値			
		目標充填率 (%)	W/C (%)	単位セメント量 ( $\text{kg/m}^3$ )	曲げ強度 (MPa)	透水係数 ( $\text{cm/sec}$ )	保水量 ( $\text{g/cm}^3$ )	吸上げ高さ (%)
普通 IL ブロック	N5	90~95	32.8	400	5.0 以上	—	—	—
	N3	85~90	31.6	338	3.0 以上	—	—	—
透水性 IL ブロック	T5	75~80	20.5	450	5.0 以上	$1.0 \times 10^{-2}$ 以上	—	—
	T3	75~80	23.0	350	3.0 以上		—	—
保水性 IL ブロック	W5	85~90	27.9	445	5.0 以上	—	0.15	70
	W3	85~90	35.0	350	3.0 以上	—	以上	以上

表-2 ASTM C1645-06 および簡易凍結融解試験方法の概要

項目	ASTM C1645-06	簡易凍結融解試験方法
試験対象物	普通 IL ブロック 5MPa 品	各種 IL ブロック
凍結融解方法	水中凍結融解	気中凍結融解(表乾状態)
凍結融解媒体	水または 3% 塩化ナトリウム溶液	水
供試体数	3 個	3 個
試験体形状	実製品	実製品
試験温度条件	凍結: 16h, $-5^\circ\text{C}$ 融解: 8h, $5^\circ\text{C}$	凍結: 16h, $-20^\circ\text{C}$ 融解: 8h, $14^\circ\text{C}$
温度管理箇所	供試体中心温度	槽内および室内
1 サイクル時間	24h	24h
試験サイクル	質量損失: $200 \text{g/m}^2$ 未満: 25 サイクル $200 \text{g/m}^2$ 以上: 50 サイクル	5 サイクル毎に測定 50 サイクルまで
評価方法	(a) 25 サイクル終了後, $200 \text{g/m}^2$ ( $0.60\%$ ) 以上※ (b) 50 サイクル終了後, $500 \text{g/m}^2$ ( $1.50\%$ ) 以上※	50 サイクルにおける相対動弾性係数 60% 以上

※個々の舗装材の総表面積あたりの質量損失量であり、() 内は質量損失率を示す。

は、質量損失量で評価を行うことになっており、25 サイクルで  $200 \text{ g/m}^2$  (0.60%) 以下、50 サイクルにおいて  $500 \text{ g/m}^2$  (1.50%) 以下のどちらかを満たせば合格となる。本研究では各種 IL ブロックの質量損失量の変化を把握することを目的に可否に関わらず全水準を 50 サイクルまで測定した。

前述したように、ASTM C1645 は、普通 IL ブロック 5MPa 品を対象とした試験方法であり、総表面積あたりの質量損失量で評価を行う。しかし、日本の普通 IL ブロック 3MPa 品、透水性および保水性 IL ブロックは、普通 IL ブロック 5MPa 品と比較すると単位容積質量が小さい。よって、目視による劣化の程度が同じであっても、普通 IL ブロック 5MPa 品より質量損失量は小さくなるのが想定できる。よって、普通 IL ブロック 5MPa 品以外を評価する場合は、質量損失量の規格値に IL ブロックの表面積を掛けた値を普通 IL ブロック 5MPa 品の標準的な質量で除して求めた質量損失率を用いた。本研究ではこのようにして求めた質量損失率が、25 サイクルで 0.60% 以下、50 サイクルで 1.50% 以下の場合、その IL ブロックは実用上十分な凍結融解抵抗性を有していると判断した。

供試体数は、普通 IL ブロック 5MPa 品は規格に従って 3 個、それ以外のブロックは 2 個とした。

### (2) 寒冷地における屋外暴露試験

2008 年 1 月より、北海道工業大学構内（札幌市手稲区）において屋外暴露試験を実施した（図-2 参照）。IL ブロックは、路床上に砕石路盤を厚さ 10cm、敷砂を厚さ 3cm で敷き均し、その上に各種 IL ブロックを 1 水準  $2\text{m}^2$  の面積で敷設した。測定項目は、IL ブロックの表層付近および中心部に埋設したサーモレコーダーにより測定したブロック内部温度、供試体の相対動弾性係数、質量変化率および含水率とした。外気温は暴露場所に最も近い地点のアメダスデータを参照した。過去の経験から、積雪地の暴露試験では積雪による断熱効果によりブロック表面温度が  $5^\circ\text{C}$  程度で一定となり凍結融解作用が生じないことを確認しており、毎朝 9 時に除雪を実施した。

### (3) 簡易凍結融解試験方法

JIS などで規格化された凍結融解試験では、一つの試験機で凍結融解を繰り返すことができる試験装置が必要である。しかし、このような試験装置は高価であり、試験実施の障害となる場合がある。このような背景から、高価な設備を必要としない簡易な試験方法の確立が求められている。そこで、既に所有している設備、もしくは低価格で購入可能な設備として市販の冷凍庫を用いた試験方法を提案する。

簡易凍結融解試験方法の概要を表-2 に、本研究で使用する市販の冷凍庫を図-3 に、冷凍室の規格を表-3 に示す。現在、市販の冷凍庫は JIS C 9607（電気冷蔵庫

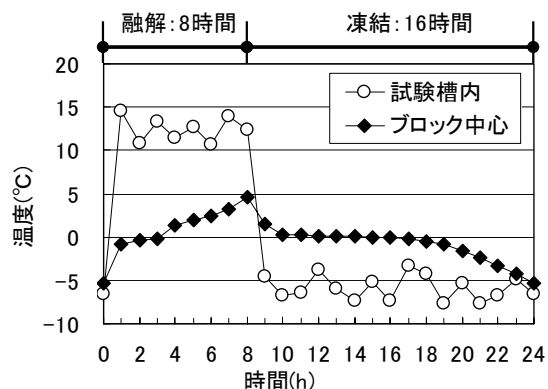


図-1 ASTM C1645-06 における温度履歴



図-2 暴露試験状況



図-3 使用した冷凍庫

表-3 冷凍庫の規格（JIS C 9607）

記号	ワンスター ★	ツースター ★★	スリースター ★★★	フォースター ★★★★
冷凍負荷温度 (食品温度)	$-6^\circ\text{C}$ 以下	$-12^\circ\text{C}$ 以下	$-18^\circ\text{C}$ 以下	

及び電気冷凍庫) で冷凍負荷温度が定められている。市販冷凍庫の種類を選出する判断材料の一つとして、JIS A 1148 を参考に、凍結温度として冷凍負荷温度が  $-18^\circ\text{C}$  以下であるスリースター室もしくはフォースター室の凍結設備が使用できる可能性が高いと考えた。また、市販冷凍庫のほとんどがフォースター室であるため入手が容易であることや凍結能力を考慮して、本研究で用いる冷凍庫はフォースター室とした。さらに、JIS A 1148 では融解温度が  $5^\circ\text{C}$  とされていることから、 $5^\circ\text{C}$  以上の環境温度条件であれば融解可能であると判断し、本研究にお

いては気温 5℃以上の室内で融解することとした。

凍結融解 1 サイクルに要する時間は、JIS A 1148 では 3 ～ 4 時間とされている。しかし、簡易試験法において同等なサイクル時間を設定した場合、測定間隔が短く、夜間測定が必要になるなど、試験が煩雑となることが懸念された。そこで、1 サイクルの時間については ASTM C1645 を参考にして 24 時間とし、凍結時間を 16 時間、融解時間を 8 時間とした。簡易凍結融解試験方法では、ブロックを表乾状態で試験するため、ブロック中心温度は ASTM C1645 とは異なり、冷凍庫内および室温に追従する履歴を示した (図-4 参照)。

凍結融解条件は、JIS A 1148 や ASTM C1645 では供試体を水に浸漬させて評価を行う。しかし、この条件では IL ブロックの実環境下とは条件が異なることが考えられる。そこで、IL ブロックを表乾状態にし、凍結融解を繰り返すことで実環境を模擬できると考えた。室内での融解中はブロックの水分が損失すると考え、ビニールで覆うことで水分の損失を最小限にとどめることとした。さらに、融解時や測定時に多少の水分が損失する可能性があることから、同一条件下で評価を行うために、測定前に約 30 分、測定後に約 10 分間に浸漬させて表乾状態にするための調整を行った。試験サイクルは 5 サイクル毎とし、50 サイクルまで行った。測定項目は、JIS A 1148 と同様に相対動弾性係数および質量変化率とした。

#### 4. 実験結果

##### 4.1 IL ブロックの基本性能

本研究に用いた各種 IL ブロックの充填率、強度特性、透水性および保水性能を表-4 に示す。各種 IL ブロックは、それぞれの曲げ強度の規格値を満足し、透水性 IL ブロックは透水係数、保水性 IL ブロックは保水量および吸上げ高さの規格値を満足することを確認した。

##### 4.2 ASTM C1645-06 による結果

質量損失量の試験結果を表-5 に示す。普通 IL ブロック 5MPa 品の質量損失量は規格値を満足する結果となった。普通 IL ブロック 5MPa 品は、設計施工要領で十分な凍結融解抵抗性を有する<sup>1)</sup>と示されており、試験結果からも十分な凍結融解抵抗性があることが確認された。

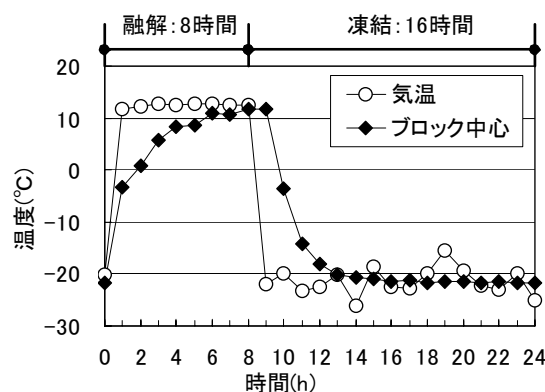


図-4 簡易凍結融解試験方法における温度履歴

普通 IL ブロック 5MPa 品以外については、普通 IL ブロック 5MPa 品よりも単位容積質量が小さいことから、質量損失量ではなく実験概要で示した質量損失率で評価を行った。その結果は次の通りである。

普通 IL ブロック 3MPa 品の質量損失率は、独自に定めた規格値を満足しない結果であった。また、供試体間のばらつきが大きく、全供試体が規格値を満足しておらず、普通 IL ブロック 3MPa 品は十分な凍結融解抵抗性を有していないと考えられる。透水性 IL ブロックでは、質量損失率は独自に定めた規格値を十分に満足した。透水性 IL ブロックは、国内の実績から十分な凍結融解抵抗性を有するとされており、試験結果からも十分な凍結融解抵抗性があることが確認された。これらの結果から、本試験方法により、透水性 IL ブロックの凍結融解抵抗性を評価できる可能性があると考えられる。保水性 IL ブロックでは、5MPa 品の質量損失率は独自に定めた規格値を十分に満足する結果となった。一方、3MPa 品の質量損失率は、供試体間のばらつきが大きく、独自に定めた規格値を満足しない結果となった。これらの結果から、保水性 IL ブロック 5MPa 品は、質量損失率が 25 サイクルで 0.60%以下を満足し十分な凍結融解抵抗性を有したのに対し、3MPa 品は十分な凍結融解抵抗性を有していない評価結果となった。

本試験において、十分な凍結融解抵抗性を有していないと評価された普通 IL ブロック 3MPa 品および保水性 IL ブロック 3MPa 品の 50 サイクル試験終了時の供試体外観

表-4 インターロッキングブロックの基本性能

ブロック種類	充填率 (%)	曲げ強度 (MPa)		透水係数 (cm/sec)		保水量 (g/cm <sup>3</sup> )		吸上げ高さ (%)	
		実測値	規格値	実測値	規格値	実測値	規格値	実測値	規格値
普通 IL ブロック	N5	92.2	7.2	5.0 以上	—	—	—	—	—
	N3	86.2	3.8	3.0 以上	—	—	—	—	—
透水性 IL ブロック	T5	79.8	5.6	5.0 以上	0.20	1.0×10 <sup>-2</sup> 以上	—	—	—
	T3	75.8	3.1	3.0 以上	0.40		—	—	—
保水性 IL ブロック	W5	87.5	5.6	5.0 以上	—	—	0.18	0.15	87.0
	W3	86.6	3.8	3.0 以上	—	—	0.22	以上	84.3

を図-5 に示す。IL ブロックの劣化は、ブロック下部よりスケーリングによる劣化が進行していくことが確認された。凍結融解メカニズムを考えた場合、低強度の普通 IL ブロックおよび保水性 IL ブロックでは充填率が低いため、粗大な閉塞された空隙を多く含むことになり、凍結時の氷結圧によるスケーリング劣化が進みやすい状況であったと想定される。

### 4.3 屋外暴露試験による結果

IL ブロックの温度測定データの一例を図-6 に示す。IL ブロック内部温度は除雪により変化しており、凍結融解作用が生じていることを確認した。暴露 2 年における相対動弾性係数の結果を表-6 に示す。相対動弾性係数は、暴露開始前に比べて増加傾向にあり、現時点では劣化は認められない。また、スケーリング等による大きな質量減少はなく、目視観察によるスケーリングなども認められなかった。この原因は、凍結融解回数が少ないことや、暴露開始前の養生が気中養生であり、雨水などの水分供給による強度増進の方が大きかったためと考えられる。

供試体の含水率測定結果を図-7 に示す。2009 年 6 月に含水率を算出するために絶乾質量の測定を行ったため、含水率は 0% となっている。保水 IL ブロックの含水率は最大約 13% であり、その他の IL ブロックは約 5% と比べ、保水性能を有することから含水率は高い結果となった。IL ブロックは暴露前の含水率が 0.78%~2.76% であり、供用中の IL ブロックはほぼ気乾状態にあった。季節変動は、夏期に比べ冬期に高い傾向を示し、冬期の融雪による影響と考えられる。供用された IL ブロックにおいても除雪が行われることから、含水率は同様な傾向を示すと考えられ、凍結防止剤の散布を考慮すると、含水率は、より高い値となるものと推察される。



図-5 50 サイクル時における劣化状況 (左 N3, 右 W3)

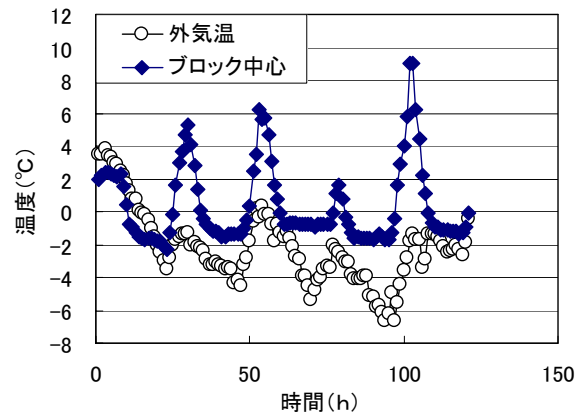


図-6 屋外暴露試験の温度履歴の一例

表-6 暴露 2 年における結果

ブロック種類		相対動弾性係数 (%)
普通 IL ブロック	N5	110
	N3	114
透水性 IL ブロック	T5	109
	T3	114
保水性 IL ブロック	W5	117
	W3	127

表-5 ASTM C1645 の結果

ブロック 種類	質量損失量 $g/m^2$ (質量損失率 %)							
	10 サイクル	25 サイクル	規格値	合否	50 サイクル	規格値	合否	
普通 IL ブロック	N5	7 (0.02)	10 (0.03)	200 (0.60) 以下	○	20 (0.06)	500 (1.50) 以下	○
		4 (0.01)	11 (0.03)		○	24 (0.07)		○
		0 (0.00)	1 (0.00)		○	8 (0.02)		○
	N3	147 (0.45)	613 (1.90)		×	1639 (5.08)		×
		96 (0.29)	215 (0.65)		×	514 (1.56)		×
		12 (0.04)	27 (0.09)		○	32 (0.10)		○
透水性 IL ブロック	T5	7 (0.02)	17 (0.06)		○	28 (0.09)		○
		12 (0.04)	30 (0.10)		○	47 (0.16)		○
	T3	20 (0.07)	50 (0.16)		○	69 (0.23)		○
		4 (0.01)	20 (0.07)		○	46 (0.15)		○
保水性 IL ブロック	W5	1 (0.00)	12 (0.04)		○	30 (0.10)		○
		47 (0.16)	210 (0.73)		×	848 (2.96)		×
	W3	26 (0.09)	48 (0.17)	○	91 (0.32)	○		

※ ( ) 内は質量損失率を示す。

暴露試験は今後も継続し、各種 IL ブロックの屋外暴露条件における凍結融解抵抗性を確認する予定である。

#### 4.4 簡易凍結融解試験方法による結果

相対動弾性係数の結果を図-8に示す。50 サイクルにおける相対動弾性係数の結果は、普通 IL ブロックの 5MPa 品では 80%以上を保持する結果であったが、3MPa 品は 41%となり、十分な凍結融解抵抗性を有するとは評価できない結果であった。透水性 IL ブロックでは、5MPa 品では 100%、3MPa 品では 80%であり、十分な凍結融解抵抗性を有すると考えられる。保水性 IL ブロックでは、5MPa 品では 80%以上を保持する結果であったが、3MPa 品では 40%となり十分な凍結融解抵抗性を有するとは評価できない結果であった。質量変化率の結果を図-9に示す。質量変化率は全水準で変化が認められなかった。

スケーリングにより質量減少を生じる各種試験方法と比較し、本試験方法の結果は質量変化率で異なる結果が得られた。これは、保水品以外の IL ブロックは内部に数 mm オーダーの空隙が多数存在するため、水中凍結融解では粗大空隙内の氷結圧の影響が大きく、本試験方法は表乾状態とした凍結融解のため、その影響が小さく、IL ブロックの含水状態が影響したと考えられる。また、他の試験方法より透水品の劣化が小さかったことも同様な原因と推察される。

前節で述べたように、供用中の IL ブロックはほぼ気乾状態であり、表乾状態とする本試験方法は実環境に近い条件と考えられ、各種 IL ブロックの優劣を簡易な設備で評価できる可能性を示すことができた。また、本試験のサイクル数と供用年数との関係は明確とはなっていないが、既往の普通品や透水品の実績から、50 サイクル経過後の相対動弾性係数が 60%以上であれば実環境において著しい凍害劣化は見られないものと考えられる。

#### 5. まとめ

日本の各種 IL ブロックを ASTM C1645, 簡易凍結融解試験, 屋外暴露試験で評価し、得られた結果を以下にまとめる。

1) ASTM C1645 で普通 IL ブロック 5MPa 品以外を評価する場合は、質量損失率を用いることで、各種 IL ブロックの凍結融解抵抗性を適切に評価できる可能性を得た。また、普通、保水性 IL ブロックの 3MPa 品では十分な凍結融解抵抗性を有していない結果となった。

2) 屋外暴露試験における相対動弾性係数および曲げ強度比は、暴露開始前に比べて増加傾向にあり、現時点では劣化は認められない。

3) 簡易設備による室内凍結融解試験方法を提案し、凍結融解抵抗性を評価できる可能性を示すことができた。

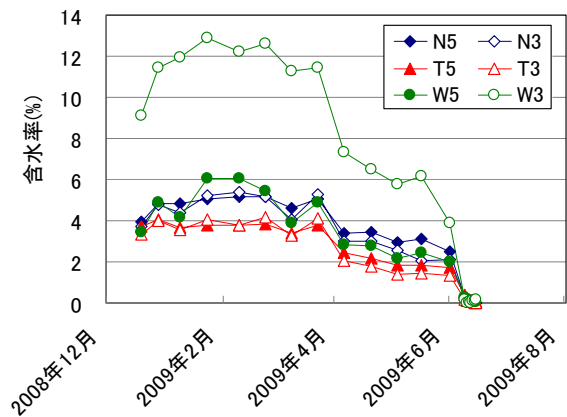


図-7 屋外暴露試験の含水率測定結果

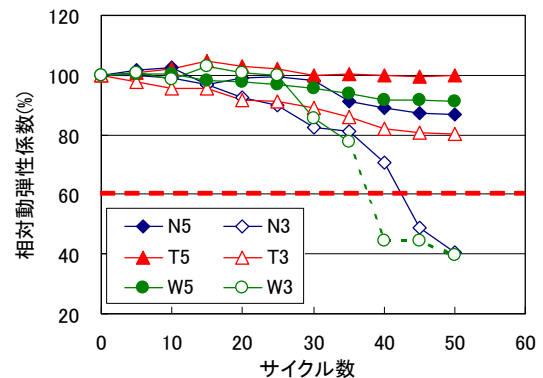


図-8 簡易凍結融解試験結果（相対動弾性係数）

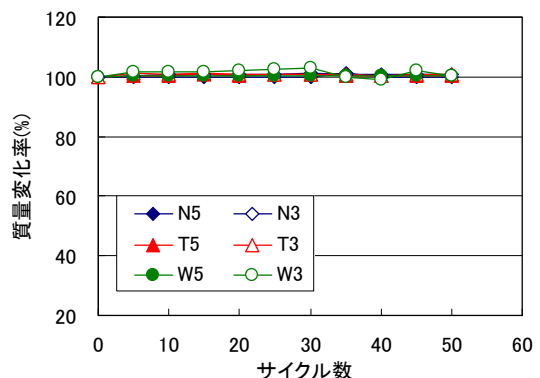


図-9 簡易凍結融解試験結果（質量変化率）

#### 謝辞

本研究に当たり、北海道工業大学の学生の方々には多大なる協力を得ました。ここに記し、感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) (社)インターロッキングブロック舗装技術協会：インターロッキングブロック設計施工要領,P.51,H19.3
- 2) 日本コンクリート工学協会：凍害と耐久性設計研究委員会報告書,PP.168-175,2008.10
- 3) 都築真之ほか：インターロッキングブロックの各種凍結融解試験方法に関する比較検討,土木学会第65回年次学術講演会講演概要集, PP.883-884,2010.10