

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

太平洋セメント（株）中央研究所 ○都築 真之，唐沢 明彦，鳥居南 康一
太平洋セメント舗装ブロック工業会 菅谷 博明

1. はじめに

日本におけるインターロッキングブロック（以下、IL ブロック）の凍害劣化については、供用後 10 年以上経過した現場で全く被害が無いとの調査結果に基づき、普通 IL ブロックでは曲げ強度 5.0MPa 以上、透水性 IL ブロックでは 3.0MPa 以上ならば、実用上十分な凍結融解抵抗性を有するとの判断が示されている¹⁾。それ以外のブロックについては、寒冷地での実績が少ないことから、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る。しかし、現状、IL ブロックの凍結融解抵抗性能を的確に予測・評価できる室内試験方法は、確立されていない。本研究は、IL ブロックの評価に適した凍結融解試験方法の確立を目的とし、本報では基礎的検討として国内の規格にある各種 IL ブロックを用いて、海外で規格化された IL ブロックの凍結融解試験を実施し、とりまとめたものである。

2. 試験概要

表 1 に、各種 IL ブロックの曲げ強度の規格値¹⁾および実測値を示す。各種 IL ブロックの特徴は以下の通りである。普通 IL ブロックは、容積比に対して 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、容積比に対して 20%前後の連続空隙を有し、透水係数 1.0×10^{-2} cm/sec 以上を満足するブロックである。保水性 IL ブロックは容積比に対して毛細管現象に寄与する空隙を 15%以

表 1 IL ブロックの種類および規格値

種類	本報における略号	曲げ強度 (MPa)		その他の規格値
		規格値	実測値	
普通	普通 H ¹⁾	5.0 以上	7.17	—
	普通 L ²⁾	3.0 以上	3.70	
透水性	透水性 H ¹⁾	5.0 以上	5.58	透水係数 1.0×10^{-2} cm/sec 以上
	透水性 L ²⁾	3.0 以上	3.13	
保水性	保水性 H ¹⁾	5.0 以上	5.64	保水量 0.15 g/m^3 以上 吸上げ高さ 70%以上
	保水性 L ²⁾	3.0 以上	3.79	

1) 車道用途 2) 歩行者系道路

上有し、保水量 0.15 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。供試体には実製品（幅 10cm×長さ 20cm×厚さ 6cm）を用いており、すべての規格満足している。表 2 に、海外で規格化されている凍結融解試験方法の概要を示す。特徴としては、CSA A231.2 では凍結温度が -15°C と低く、凍結融解媒体は 3%塩化ナトリウム溶液を用いる。ASTM C67 では融解温度が 24°C と最も高く、一面水中凍結水中融解で試験を行う。ASTM C1645 では凍結温度が -5°C と最も高く、用途に応じて凍結融解媒体を選択できる方法となっている。なお、普通 H の JIS A 1148 による評価試験は、既往の研究²⁾で耐久性指数 60%以上、かつ前述の通り実用上十分な凍結融解抵抗性を有する評価が定まっていることから省略し、この評価を前提に試験結果および考察を行った。

表 2 凍結融解試験方法の概要

	カナダ CSA A231.2-95	米国 (旧) ASTM C67-02	米国 ASTM C1645-06	(参考) 日本 JIS A 1148-2001
試験対象物	IL ブロック ¹⁾	IL ブロック ¹⁾ ・レンガ・建築タイル	IL ブロック ¹⁾	一般的なコンクリート
凍結融解方法	水中凍結水中融解	一面水中凍結水中融解	水中凍結水中融解	水中凍結水中融解 (A 法) 水中凍結気中融解 (B 法)
凍結融解媒体	3%塩化ナトリウム溶液	水	水または 3%塩化ナトリウム溶液	水
試験体形状	実製品	実製品	実製品	角柱 (10×10×40cm)
試験温度範囲	$-15 \sim +5^\circ\text{C}$	$-9 \sim +24^\circ\text{C}$	$-5 \sim +5^\circ\text{C}$	$-18 \sim +5^\circ\text{C}$
温度管理箇所	供試体中心温度	試験装置内温度	供試体中心温度	供試体中心温度
1 サイクル時間	24h	24h	24h	3～4h
試験サイクル	質量減少 200 g/m^2 未満: 25 サイクル 200 g/m^2 以上: 50 サイクル	50 サイクルまたは 質量減少 3%まで	質量減少 200 g/m^2 未満: 25 サイクル 200 g/m^2 以上: 50 サイクル	300 サイクル (測定は 36 サイクル未満)
評価方法	以下は不合格 (a) 25 サイクルで、 200 g/m^2 以上 ²⁾ (b) 50 サイクルで、 500 g/m^2 以上 ²⁾	以下は不合格 (a) 質量損失 1.0%以上 (b) 供試体が二つに分裂 (c) 供試体最小寸法を超えるひび割れ	以下は不合格 (a) 25 サイクルで、 200 g/m^2 以上 ²⁾ (b) 50 サイクルで、 500 g/m^2 以上 ²⁾	300 サイクル時の相対動弾性係数より算出した耐久性指数で評価、相対動弾性係数 60%以下で試験終了

1) 日本の普通 IL ブロック 5MPa 以上に当たる

2) 個々の舗装材の総表面積あたり

キーワード 凍結融解，舗装ブロック，インターロッキングブロック，ASTM，CSA

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株)中央研究所 TEL 043-498-3837 FAX 043-498-3809

3. 試験結果および考察

凍結融解試験結果を表3に示す。また、ASTM C1645の凍結融解媒体は水を使用して評価を行った。各試験方法の結果および考察は以下に示す通りである。

表3 凍結融解試験結果

配合	JISA1148			CSA A231.2		ASTM C67			ASTM C1645		
	判定	耐久性指数(%)		判定	25 質量 損失量(g/m ²)	判定	50 質量損 失率(%)	ひび割れ 欠け	判定	質量損失量(g/m ²)	
		A 法	B 法							25 質量	50 質量
普通 H		—		○	168.6	○	-2.06	なし	試験中		
普通 L	×	28	7	※ ²⁾		○	-0.89	なし	×	414	1076
透水性 H	×	10	38	×	測定不能	○	-0.61	なし	○	22	—
透水性 L	×	26	17	×	測定不能	×	1.41	欠け	○	40	—
保水性 H	※ ²⁾			×	553.0	※ ²⁾			○	16	—
保水性 L	×	6	2	×	3134.9	×	-0.77	ひび割れ	△ ¹⁾	129	—

十分な凍結融解抵抗性が確認されている水準 1) △供試体によって不合格のものがある。

2) ※改定以前から試験を実施しているため、試験を行った時の供試体に現在の規格に該当するブロックがない。

(1) JIS A 1148 (コンクリートの凍結融解試験方法) による評価

普通 L は、A 法と B 法ともに耐久性指数が 60%未満であり、既往の研究と同様の結果であった。一方、透水性 H および L および保水性 L は、A 法と B 法ともに耐久性指数が 60%未満であった。また、透水性 H および L においては、耐久性指数がほとんど変わらない結果となっており、曲げ強度と耐久性指数の相関は認められなかった。IL ブロックは一般的なコンクリートと比べ多くの空隙を有することから、空隙内の水の凍結による氷圧により劣化したものと考えられる。

(2) CSA A231.2 (Precast concrete pavers) による評価

規格の対象としている普通 H は合格の判定であった。透水性 H および L は、供試体が原型を留めないほど砂利化(砂利のような状態になる現象)し、測定が不能となった。保水性 H は、表層とブロック下部の角を中心に砂利化し、保水性 L は、表層とブロック下部より 5~10mm 程度が砂利化したため不合格の判定であった。これらのことから、JIS A 1148 と同様に、空隙内の水の凍結による氷圧により劣化し、砂利化したのではないかと考えられる。また、普通 IL ブロックより空隙率の大きい透水性 IL ブロックの方が劣化しやすい傾向が認められた。

(3) ASTM C67 (Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile) による評価

規格の対象としている普通 H は合格の判定であった。普通 L および透水性 H は劣化は見られず合格の判定であったが、透水性 L はブロックの下部に欠けが発生し不合格の判定となった。また、保水性 L は供試体最小寸法を超えるひび割れが発生したため不合格の判定となった。ASTM C67 は一面水中凍結水中融解で評価するため、上記 2 つの試験結果とは異なる傾向を示した。これは、一面のみが水に浸漬した状態になるため、凍結による氷圧がブロック下部に発生したため、欠けおよびひび割れが発生したのではないかと考えられる。

(4) ASTM C1645 (Standard Test Methods for Freeze-thaw and De-icing Salt Durability of Solid Concrete Interlocking Paving Units) による評価

普通 H は現在試験中であるが、CSA A231.2 の普通 H の試験結果が合格の判定であったことから考えて、緩和した条件の ASTM C1645 でも合格の判定になると推察される。普通 L は表層とブロック下部の角を中心に砂利化したため不合格の判定となった。透水性 H、L および保水性 H では劣化は見られず合格の判定となった。保水性 L については供試体の平均値では合格の判定になったものの、供試体によって普通 L と同様の劣化がおきたため不合格の判定になるものもあった。ASTM C1645 は、検討を行った試験方法の中で凍結温度が-5℃と最も低く、空隙内の水の凍結による氷圧が小さくなったのではないかと考えられる。

4. 今後の検討

今回の基礎的検討の中では、実環境下の評価に ASTM C1645 が最も近い結果であった。また、ASTM C1645 については、凍結融解媒体を 3%塩化ナトリウム溶液にした場合の評価についても、今後、検討する必要があると考える。

現在、室内凍結融解試験と並行して寒冷地における屋外暴露試験を実施中であり、この結果と各種凍結融解試験方法の評価結果との関係について検討を行う予定である。

【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, H19.3
- 2) (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, H12.7