

修正を加えたせん断法による氷着強度試験

世紀東急工業(株)技術研究所 正会員 ○村井 宏美
同 正会員 吉野 敏弘
同 正会員 廣藤 典弘
北海学園大学工学部 正会員 武市 靖

1. はじめに

室内における凍結抑制舗装の評価方法として、既に氷着引張試験¹⁾が位置付けられている。しかし、現場観測における評価と比較した場合、評価方法に課題も考えられるため、筆者らはせん断法による氷着強度試験(以下、氷着せん断試験)の検討を行ってきた²⁾。

氷着せん断試験は、凍結路面に走行車両の輪荷重、制動および駆動による水平せん断荷重が作用した状況を想定し、付着した雪氷の剥離状態を評価しようとするものである。本文は、せん断試験の再現性を向上させるため、荷重が氷着面に一様に作用するように修正した試験方法について報告するものである。

2. 氷着せん断試験

氷着せん断試験は、一面せん断試験機によって、舗装と氷板の境界面がせん断面になるように水平方向にせん断荷重を加え、氷板がはく離する際の最大せん断荷重を測定し、氷着強度を算出(式-2.1)するものである。氷着せん断試験の模式図を図-2.1、概要を表-2.1示す。

本試験により、一般舗装(密粒度および粗面系として排水性と機能性 SMA)および、これを母体舗装としてグルーピングを施して凍結抑制材(ゴムチップをウレタン樹脂で結合したもの)を充填した物理系凍結抑制舗装の評価を行った。凍結抑制舗装の断面図を図-2.2に示す。

$$\text{氷着強度(MPa)} = \frac{\text{最大せん断荷重(N)}}{\text{氷着面積(mm}^2\text{)}} \quad \dots \text{式-2.1}$$

(1)鉛直荷重を加えた氷着せん断試験

事前に実施した氷着せん断試験では、凍結抑制舗装と一般舗装の氷着強度が同等となり、輪荷重に相当する荷重が作用しないと凍結抑制効果を適切に評価できないことが分かっていたため、大型車の接地圧に相当する荷重を氷板上から繰返し載荷した後に、せん断試験を実施することとした。鉛直荷重は、材料試験機やマーシャル試験機などの載荷装置を用いて氷板の上から載荷した。載荷装置の一例を写真-2.1、模式図を図-2.3、載荷条件を表-2.2、試験結果を図-2.4に示す。

試験結果より、密粒度では鉛直荷重の載荷による変化はないが、その他の舗装では鉛直荷重の載荷回数が増えるにつれて氷着強度が減少する傾向が確認できた。また、凍結抑制舗装の氷着強度は一般舗装よりも小さく、凍結抑制材の効果が発現されたと考えられた。

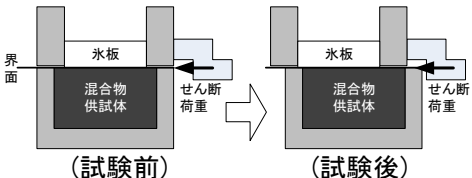


図-2.1 氷着せん断試験の模式図

表-2.1 氷着せん断試験の概要

項目	内容
供試体	マーシャル供試体
試験温度	-5℃
氷板寸法	厚さ 10mm, φ 80mm
変位速度	0.03mm/min
舗装種類	密粒度・密粒度 G(凍結抑制舗装) 排水性・排水性 G(凍結抑制舗装) 機能性 SMA・機能性 SMA-G(凍結抑制舗装)

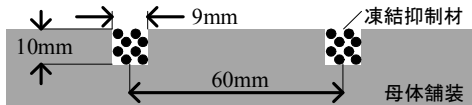


図-2.2 凍結抑制舗装の断面図

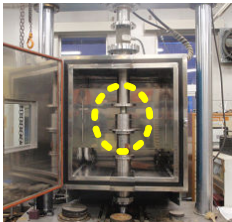


写真-2.1 載荷装置

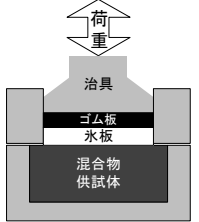


図-2.3 載荷模式図

表-2.2 鉛直荷重の載荷条件

項目	概要
鉛直荷重(接地圧)	3.2kN (0.63MPa)
載荷速度(mm/min)	50
載荷回数(回)	10,20,30
載荷温度(℃)	-5

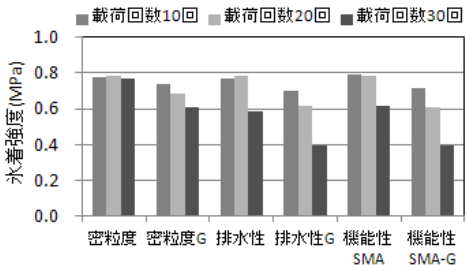


図-2.4 鉛直荷重を加えたせん断試験結果

キーワード 凍結抑制舗装 凍結路面 評価 氷着せん断試験 氷着引張試験

連絡先 〒329-4304 栃木県下都賀郡岩舟町静和 2081-2 世紀東急工業(株)技術研究所 TEL0282-55-2711

しかしながら、本条件におけるせん断試験では、舗装と氷板の界面ではなく離せず、写真-2.2 に示すように氷板内破壊や氷の塑性変形が生じる場合があります。測定結果の再現性に課題が残った。原因は、せん断荷重が氷板の側面からのみ作用するため、氷着面全体に様に作用していないためと考えられた。

(2) 修正を加えた氷着せん断試験

鉛直荷重を加えた氷着せん断試験の課題を受け、側面からのせん断荷重が氷着面に様に作用するように、鋼製板に不織布を接着した治具を用い、これに水を含ませて舗装に氷着させることとした。氷着後に、鉛直荷重を載荷してせん断試験を実施した。供試体の模式図を図-2.5、試験条件を表-2.3、試験結果を図-2.6 に示す。

これより氷着強度は、密粒度では各載荷回数でほぼ同じ値を示したが、他の舗装では載荷回数の増加に伴って氷着強度が減少する傾向が確認できた。また、鉛直荷重の載荷回数は 50 回まで行ったが、鋼製治具を用いることで、せん断時の氷の塑性変形などがなくなり、ばらつきの少ない安定した測定値が得られた。

凍結抑制舗装は一般舗装と比較して氷着強度が低い結果となった。これは、凍結抑制材を充填した部分において、鉛直荷重とたわみ特性による氷板の破碎および凍結抑制材と氷との付着力低減の効果の発現に起因していると考えられた。

3. 氷着引張試験との比較

修正を加えた氷着せん断試験と氷着引張試験の比較結果を図-3.1 に示す。これより、粗面系および凍結抑制舗装において両試験結果に有意な差が確認できた。氷着引張強度において、舗装の種類毎に明確な強度差が現れているが、氷着せん断試験における氷板はく離後の舗装表面を観察すると、表面空隙に根付いた氷を破断している様子が見られ、これは実路でも確認できる現象であることから、氷着せん断試験によって実路を再現した結果が得られたと言える。なお、両試験結果の差は荷重のかけ方の違いが影響したと言える。

4. まとめ

修正を加えた氷着せん断試験により、物理的凍結抑制効果が評価でき、再現性のある結果が得られたことを確認した。なお、適切な鉛直載荷回数を判断するため、有意差検定を実施した。結果を表-4.1 に示す。これより、載荷回数 0 回の氷着強度と比較して 30 回および 50 回では、密粒度を除く全ての舗装で検定統計量が有意水準より大きく、有意な差があると言えることから、鉛直荷重の載荷回数は 30 回以上が望ましいと言える。

5. おわりに

修正を加えた氷着せん断試験により、実路の状況に近い凍結抑制舗装の効果を評価することができたと考えられる。今後は、試験の精度を向上させるために、試験条件の検討を続ける予定である。

参考文献

- (1) (社)日本道路協会：舗装性能評価法別冊-必要に応じ定める性能指標の評価法編-、pp.63-72,2008.
- (2) 安藤,田中,武市,村井：修正を加えたせん断法による氷着強度試験の検討,土木学会北海道支部論文報告集第 68 号,E-01,2012.

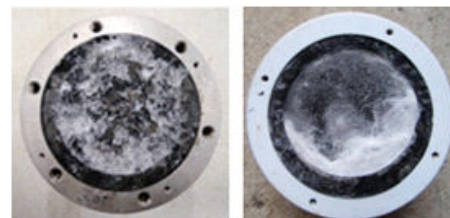


写真-2.2 氷板内破壊(左)・塑性変形(右)

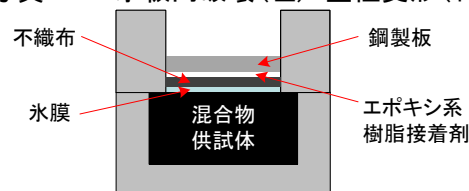


図-2.5 供試体の模式図

表-2.3 試験条件

項目	内容
養生・試験温度	-5℃
不織布の含水量	25g
鋼製治具の寸法	厚さ 10mm, φ 80mm
養生時間	氷着前 6h, 氷着後 4h

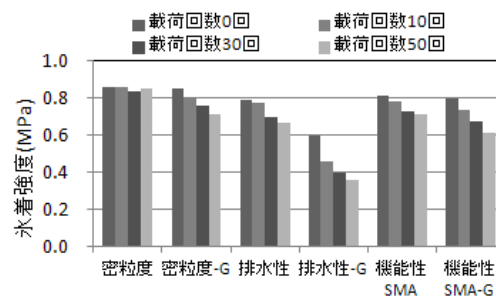


図-2.6 修正したせん断試験結果

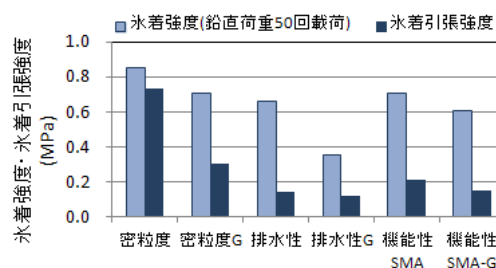


図-3.1 氷着引張強度との比較

表-4.1 鉛直載荷回数の有意差検定

有意水準 $\alpha=0.05$ (5%)	載荷回数 0回と10回 の差	載荷回数 0回と30回 の差	載荷回数 0回と50回 の差
密粒度舗装	0.493	1.318	0.845
密粒度G	1.831	5.703	14.674
排水性舗装	1.273	7.816	5.864
排水性G	9.453	8.243	10.197
機能性SMA	1.076	8.347	7.023
機能性SMA-G	4.289	8.516	10.713

($\alpha:0.05$, $n:5$, 自由度:4, t 境界値:2.776)