

ポップアウトが発生したコンクリート舗装の熱的力学的性状に関する考察

北海学園大学大学院 ○学 生 員 松田 謙治 (Kenji Matsuda)
 北海学園大学工学部 正 員 武市 靖 (Kiyoshi Takeichi)
 北海学園大学工学部 フェロー 久保 宏 (Hiroshi Kubo)

1 はじめに

寒冷地における空港コンクリート舗装において、凍結防止剤として用いられているエチレングリコール溶液（以下、エチレンと称する）を散布した結果、写真-1 に示すポップアウト現象が発生した。¹⁾ ポップアウト現象は、一般にコンクリート中の骨材が凍結作用などによって膨張し、コンクリートの表面においてポップコーンが弾けたように円錐状のコンクリート片となって外側に飛び出す状態をいう。本研究では、骨材の性状やエチレングリコールの使用有無、温度変化等がポップアウト現象発生に与える影響について検討をした。

2. 試験概要

2.1 供試体作成

写真-2 には凍結融解試験において使用したコンクリート供試体と圧縮強度試験用にコア抜きをした供試体を示した。表-1 は凍結融解試験で用いた供試体の一覧であり、各供試体（A～H）とも同じ供試体を 4 つ用意し、合計 32 個の供試体について試験を行った。骨材にはポップアウト発生に大きな影響を与えたと考えられる、吸水率の大きい蛇紋岩（1.80%）と吸水率の小さい泥岩（0.42%）を用いた。

また、コンクリート表面での防水処理の有無による、ポップアウトの発生に差が見られるかを検証するため、エポキシ樹脂を塗布した供試体と塗布していない供試体の 2 種類を作成した。凍結融解試験時のゴムスリーブ内の浸潤溶液はエチレングリコール溶液（10%濃度）と水を使用している。

2.2 試験条件

(1) 温度プロファイル測定

エチレングリコールの性能評価として、²⁾ 凍結融解試験に用いた供試体と同じ配合と骨材のコンクリート供試体（500×500×10mm）に 3mm の氷膜を作成し、試験温度を-5℃としてエチレングリコール（50%濃度）50cc 散布を行った。氷点降下による供試体の深さ方向での温度変化を測定するため、表面、1cm、4cm、6cm、9cm の箇所に熱電対を埋設している。

(2) 凍結融解試験と動弾性係数試験

各コンクリート供試体について凍結融解試験を行い、ポップアウトの有無を確認し、共鳴法非破壊試験によって劣化の度合いを調べた。また、1 次共鳴振動数を約 40 サイクルごとに測定し、コンクリート供試体の相対動弾性係数を次式により算出した。凍結融解試験と 1 軸圧縮強度試験の試験条件を表-2 に示した。



写真-1 ポップアウト発生状況



表-1 試験供試体種類

供試体	骨材	防水処理	浸潤溶液
A	蛇紋岩	有	エチレン
B	蛇紋岩	無	エチレン
C	泥岩	有	エチレン
D	泥岩	無	エチレン
E	蛇紋岩	有	水
F	蛇紋岩	無	水
G	泥岩	有	水
H	泥岩	無	水

表-2 試験条件

凍結融解試験	
供試体寸法	400×10×10 (mm)
最高温度	+8℃
最低温度	-18℃
凍結速度	0.87℃/ min
サイクル数	300 サイクル
動弾性係数試験	
周波数	2000Hz
圧縮強度試験	
供試体寸法	Φ58×100 (mm)
載荷速度	1.6kN/ s

キーワード ポップアウト現象、コンクリート舗装、エチレングリコール、相対動弾性係数、圧縮強度、

連絡先 〒064-0926 北海道札幌市中央区南 26 条西 11 丁目 1 番 1 号 北海学園大学工学部 TEL011-841-1161

相対動弾性係数 (%): $P_n = \frac{F_n^2}{F_0^2} \times 100$

F_0 : 試験開始前のたわみ振動の1次共鳴振動数

F_n : n サイクルのたわみ振動の1次共鳴振動数

(3) 1 軸圧縮強度試験

32 個の凍結融解試験後の供試体から各 4 個のコアを抜き、計 128 個の供試体を用いてポップアウト発生の有無別に圧縮強度試験を行った。

3. 試験結果と考察

図-1, 2 は防水処理, 無処理の供試体による時間経過および深さ方向での温度変化を表した図であり, 骨材は (a) は蛇紋岩, (b) は泥岩を用いている。今回の試験条件において異なる供試体による温度勾配に大きな違いは見られず, 温度変化に与える影響は散布 5 分後までで表面より 2cm 程度に留まった。

図-3 は凍結融解試験での供試体をポップアウト発生の有無別によって圧縮強度を比較したものである。ポップアウト発生の供試体の圧縮強度はほとんど低下傾向を示したが, 通常のコンクリートの圧縮強度と比較すると著しい強度の低下は見られなかった。

表-3 は凍結融解試験時に用いた浸潤溶液（エチレンと水）を区別せずに, 骨材と防水処理の有無による圧縮強度の平均を表わしたものである。ポップアウトが発生していない供試体では吸水率の異なる骨材による違いは見られなく, また, ポップアウトが発生している供試体についても大きな違いは見られない。

図-4 は相対動弾性係数と圧縮強度試験との関係を表したグラフである。結果として, 相対動弾性係数と圧縮強度には相関が見られなく, 圧縮強度はほぼ一定の値を示した。

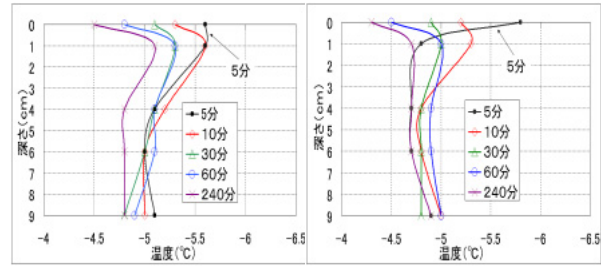
4. まとめ

ポップアウト現象の発生要因に変わる試験結果は以下のようにまとめられる。

- 蛇紋岩と泥岩の骨材によって温度変化や圧縮強度に違いは見られず, 通常のコンクリートでの圧縮強度と比較しても大きな影響はない。
- エチレングリコールを散布することにより, コンクリート表層部に急激な温度変化を与えており, 表層部においてポップアウトが発生していると考えられるが, コンクリート版全体の強度には影響を与えていない。

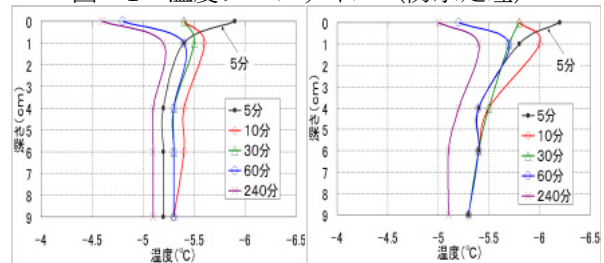
参考文献：

- 1) 楨谷栄次：よくわかるコンクリートの劣化と補修
 - 2) 松田, 武市, 久保：凍結防止剤によるコンクリート舗装版のポップアウト現象の発生要因に関する考察
- 土木学会北海道支部論文報告集 第 61 号



(a : 蛇紋岩) (b : 泥岩)

図-1 温度プロファイル (防水処理)



(a : 蛇紋岩) (b : 泥岩)

図-2 温度プロファイル (防水無処理)

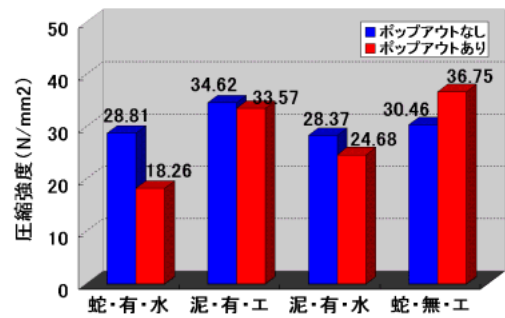


図-3 ポップアウト発生の有無別圧縮強度

表-3 各供試体の平均圧縮強度 (N/mm²)

	ポップアウト		標準偏差
	なし	あり	
蛇・有	29.2	18.3	7.7
蛇・無	31.5	29.1	1.7
泥・有	29.9	36.7	4.9
泥・無	29.5		

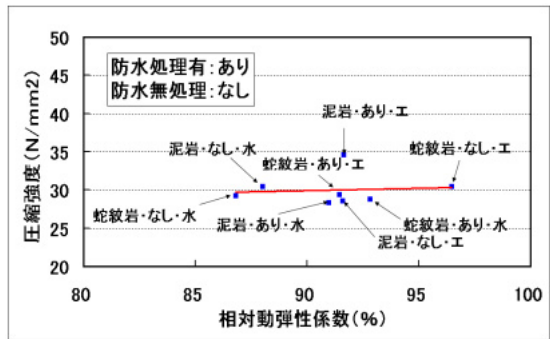


図-4 圧縮強度 - 相対動弾性係数との関係