

V-42

凍上試験方法の改良に関する実験

北海道開発局土木試験所 正員 ○水 島 達 朗
 正員 熊 谷 茂 樹
 正員 佐 藤 繁 治

まえがき

積雪寒冷地域の道路整備には、凍上対策は不可欠なものである。とくに近年では道路建設時のみならず、維持管理上からも共通的問題として凍上対策が大きなウエイトを占めている。また、路盤用材料、凍上抑制層材料などの品質規格と使用適否の判定のため凍上試験法は特に重要な項目である。

道路排水工指針の資料編に記載されている現行の「土の凍上試験方法」は、約20年前に開発され合理的ですぐれた試験方法と思われるが細部の改良へ向けて検討が必要である。現行試験方法の問題点は試験値の変動が大きく再現性があまり良くないこと、凍上性の有無については判別できるが、規格判定には不安があった。そこで現行法の問題点を解決し、路盤材料の規格判定も可能な凍上試験方法の確立のため実験研究を進めてきた結果から、改良案モデルを作成した。

1. 改良案試験方法の作成

現行法の凍上試験装置モデルは図-1に示した。現行法のガーゼによる水の補給方法はポーラスストーンとガーゼが完全に密着せず吸水が不均一になることがある。この結果、供試体が部分的に吸水し、したがって部分的な凍上がおこり供試体の変形する。供試体の変形は凍上率測定のための大きな誤差発生の原因となっている。また供試体の凍上とともに乾燥による土粒子の欠落現象がおこり吸水が抑制されたり供試体の含水比が変動するなど現行法試験値のパラツキの原因となっている。改良案モデル（図-2参照）では、ガーゼによる水の補給という考え方を改め、弾力性のある吸水性の良いスポンジを使用した。

プラスチック製モールドと架台は円筒内にすべて納め、供試体の乾燥を防ぐこと、および凍上を始めた供試体の変形を起こさず真直に伸びることが出来る構造とした。モールドと架台は、供試体の設置や取り出しやすさを考慮し上下部枠に分割した。スポンジは厚さ40mmとし上部に荷重がかかることからプラスチック枠（径8cm厚さ3cm）の中に入れて潰れを防止しポーラスストーンに良く密着する構造とした。凍上試験に要する水量は、約300ccあれば十分であり下部枠のポーラスストーンの上面に水がにじむよう水量を調整した。

供試体の厚さは現行法の3cmより5cmの方が

試験値が安定することから5cmを採用した。荷重板は現行法の重さと同じ1.2kg直径90mmとした。荷重板と供試体間にラップフィルム（食品包装用ポリ塩化ビニリデン）を使用した。これは供試体の乾燥を防ぎ荷重板と供試体の凍着を防止して試験値の安定化に有利なためである。改良案モデル作成に至るまでには、試験条件を求めるための実験など数多くの試みを行った。この結果試験の設定条件として、試験時間は72時間、凍上試験器の設定温度は気中温-6℃、水中温+1℃が最適であることがわかった。供試体の作成要領は、現行凍上試験方法に準拠した。

2. 現行法と改良案の比較実験

実験には、粗粒材料（綿岡産洗砂：85%）と細粒材料（島松産火山灰質土のシルト分以下：15%）を調整して使用した。シルト分以下を15%混入したのは、凍上が顕著にあらわれる都合の良い割合だからである。

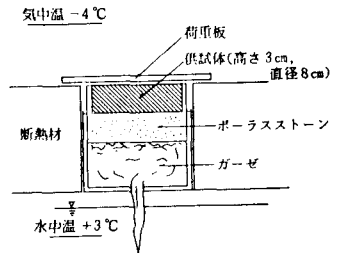


図-1 凍上試験装置（現行法のモデル）

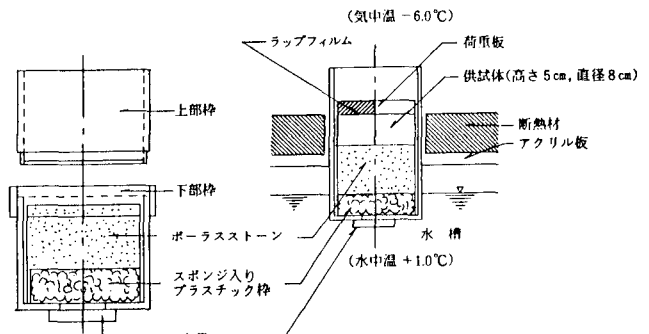


図-2 凍上試験装置（改良案のモデル）

供試体は現行法（3cm）と改良案（5cm）それぞれ6個づつ、計12個作成し5回の比較実験を行った。凍上実験結果は、表-1のとおりである。実験データを分析し、精度を推定すると、表-1に示すとおりである。

凍上率の分散は現行法では $\sigma_A^2 = 451.57$ 改良案 $\sigma_B^2 = 37.41$ で分散比は、凍上率で12.1である。

また凍上率の標準偏差は、現行法で $\sigma_A = 21.25$ 改良案 $\sigma_B = 6.12$ である。

凍上率の変動係数は、現行法で47.0、改良案で9.4であり。現行法の1/5であることがわかる。これらのことから、改良案は現行法に比較して、かなり安定した試験法と考えられる。

3. 凍上率と増加含水比の関係

凍上率は、四点法によりスケールで計測した。増加含水比は凍結後の含水比と凍結前の含水比の差であり凍上に要した水量である。凍上率と増加含水比の相関を求めたのが図-3であり、相関係数0.99 高い正の相関がある。このことは、増加含水比が凍上率の代替となり得ることを示している。

まとめ

(1) 新規に凍上試験の改良案モデルを考案して凍上実験を行い現行法と比較した。

(2) 改良案は現行法に比べ大目、安定した試験法である。砂（シルト以下含有量15%）では凍上率の変動が現行法に比べ1/5であった。

(3) 凍上率と増加含水比の関係は高い正の相関がある。

参考文献

- (1) 日本道路協会（社団法人）：道路排水工指針
- (2) 山田了士、熊谷茂樹、上田正昭、有田政博：凍上試験方法の改良について 第28回北海道開発局技術研究発表会資料
- (3) 水島達朗、熊谷茂樹、上田正昭、五十嵐光徳：凍上試験方法の改良に関する実験 第29回北海道開発局技術研究発表会資料

表-1 現行法と改良案の実験結果

方 法		現 行 法 (A)		改 良 案 (B)	
回 数		凍 上 率	増加含水比	凍 上 率	増加含水比
1	回 目	37.5	15.4	65.0	31.9
		50.8	20.0	64.5	31.5
		30.0	13.9	59.5	27.8
		54.2	20.6	60.0	28.4
		25.8	11.0	61.0	29.1
		27.5	11.8	58.0	27.6
2	回 目	82.5	29.6	64.0	31.5
		76.7	29.2	75.0	36.1
		80.0	25.8	65.0	30.9
		60.0	21.1	67.0	30.6
		50.8	19.3	67.0	32.9
		18.3	8.2	59.0	27.9
3	回 目	46.7	19.6	54.0	23.9
		62.5	22.4	72.0	32.0
		62.5	26.4	53.0	21.3
		10.8	6.8	59.0	27.9
		30.0	11.8	73.5	34.9
		10.0	8.1	78.0	35.2
4	回 目	29.2	12.6	63.0	29.7
		50.8	17.9	71.0	31.4
		75.8	28.5	59.0	27.9
		57.5	20.4	69.5	31.0
		39.2	17.9	66.5	30.1
		30.0	14.5	68.5	30.7
5	回 目	30.8	12.2	59.0	27.8
		46.7	19.8	69.0	30.6
		36.7	14.9	61.0	29.0
		10.0	6.6	68.5	30.8
		61.7	27.4	70.0	32.0
		72.5	28.9	68.5	30.6
總 和		1357.5	542.6	1948.0	903.0
平 均		45.25	18.09	64.93	30.10
$\bar{x} = \frac{\sum xi \cdot fi}{\sum fi}$					
分 散		$\sigma_A^2 = 451.57$	49.83	$\sigma_B^2 = 37.41$	9.12
$\sigma_A^2 = \frac{\sum (xi - \bar{x}) \cdot fi}{\sum fi - 1}$					
分 散 比				F = (12.1)	F = (5.5)
$(F = \sigma_A^2 / \sigma_B^2)$					
標 準 偏 差		$\sigma_A = 21.25$	7.06	$\sigma_B = 6.12$	3.02
$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$					
變 動 係 数		47.0%	39.0%	9.4%	10.0%
$K = \sigma / \bar{x} \times 100\%$					

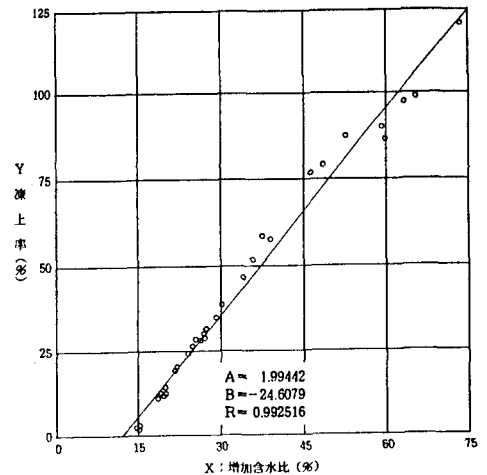


図-3 凍上率と増加含水比（改良案-砂）