

美々試験道路による凍上対策置換工法 に関する2・3の知見について

正員 小山道義* 正員 佐々木政男*
正員 平尾 晋** 正員 ○久保 宏*
正員 太田昌昭* 正員 神崎紘郎*
正員 高橋 毅*

まえがき

北海道のような積雪寒冷地の舗装道路では技術上解決しなければならない多くの問題がある。これらのうちで、最も基本的な研究課題の一つに道路の凍上とその対策がある。舗装道路の新設に当って現在とられている凍上対策は、凍上しにくい材料で路盤を築造するいわゆる置換工法である。

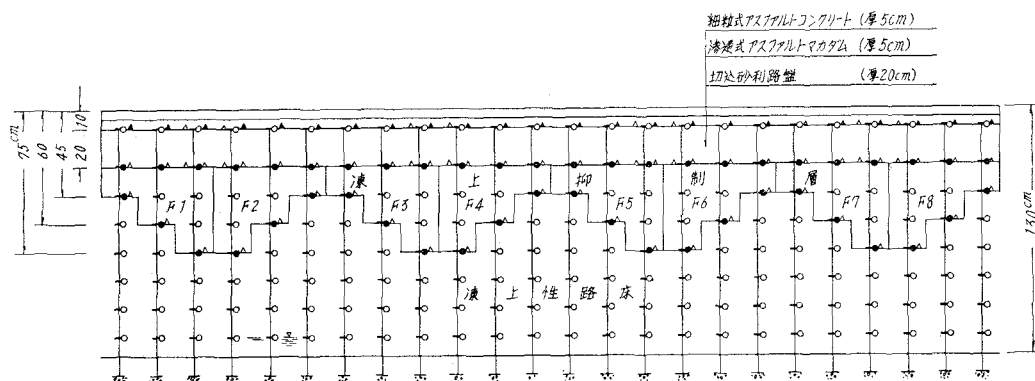
土木試験所では置換工法に関する種々な問題を解明し、寒地舗装道路の路体構造の合理的な設計方法を確立するた

めに、昭和35年度～36年度に美々試験道路を築造し、以来交通、気象など自然条件のもとで試験調査を継続実施している。

本文では昭和36年度から40年度までの美々試験道路の凍上試験区間に対する調査結果から得られた2・3の知見について述べる。

1. 試験道路の概要と調査

苫小牧市美々地内の国道36号線に沿って美々試験道路(延長1,250m、造成幅員7.5m)を築造した。図-1は昭和



調査用埋設試験器具

符号	埋設器具装置	摘 要
▲	支持力試験装置	
△	土 圧 計	カ-ルVIN型 (0~6 kg/cm ²)
+	凍上量測定装置	
●	電気抵抗温度計	Pt50 ^Ω /0°C 記録計用
○	— " —	Pt50 ^Ω /0°C

凍上抑制層用材料

70 ^{mm} 材 料	最大粒径	4.75 ^{mm} 以下に含れる0.075 ^{mm} 以下F ₀ %
F1 砂 利	50.8	17.
F2 " "	"	5.
F3 " "	25.4	17.
F4 " "	"	7.
F5 砂	4.75	11.
F6 " "	"	5.
F7 火山灰	粗 粒	0.
F8 " "	細 粒	25.

図-1

* 北海道開発局土木試験所

** 北海道開発局室蘭開発建設部

36年度の試験道路完成時における凍上試験区間の配置と路体構造を示したものである。

凍上試験区間は、凍上抑制層材料として火山灰2種、砂2種、切込砂利4種、の計8種類を用い、それぞれ15cm、30cm、45cmの3通りの厚さで施工した24試験ブロックに区分されている。切込砂利の最大粒径は50.8mmと25.4mmの2種として、砂も含めてそれぞれについて北海道開発局仕様のシルト以下含有量の規定に合格するものとそれから外れるものを選び、火山灰は粗粒のものと細粒のものとした。また置換厚さは、その最大値をこの地区の標準値75cmとし、これより薄い60cm、45cmの計3通りとした。路床は極凍上性土を盛り上げ築造した。

この試験道路は、昭和35年度に基層までを施工し、昭和36年度において表層トベカの舗設を終って完了した。以後各年度の夏期(6月～10月)の維持補修と試験工種組替え工事期間を除いたほかは、試験道路を一般交通に供しながら

定期的に各試験ブロックの地温、凍上量、路盤支持力等を測定し、また気象観測、交通量調査等の附帯調査も併せて実施した。

2. 調査結果に対する考察

昭和36年度から40年度までの調査結果を整理し検討を加えると次のようになる。

i) 最大凍結深さ

凍結深さは、各ブロックの路床、凍上抑制層中、層厚15cmごとおよび路盤上面に埋設した温度計により測定した0℃の位置で凍結前の路面からの深さに基づいて換算した値である。各年度ごと各試験ブロックごとの測定結果から得られた凍結深さのうち、最大のものを最大凍結深さとした。

a) 表-1は、路体厚さ(置換厚さ)と最大凍結深さとの関係を凍上抑制層の材料別および年度別に示したものであ

表-1 最大凍結深さ (cm)

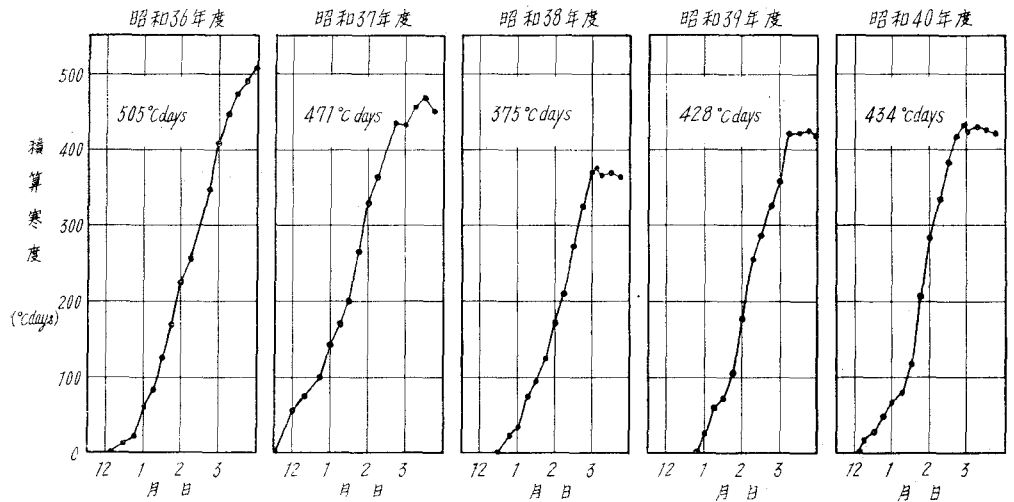
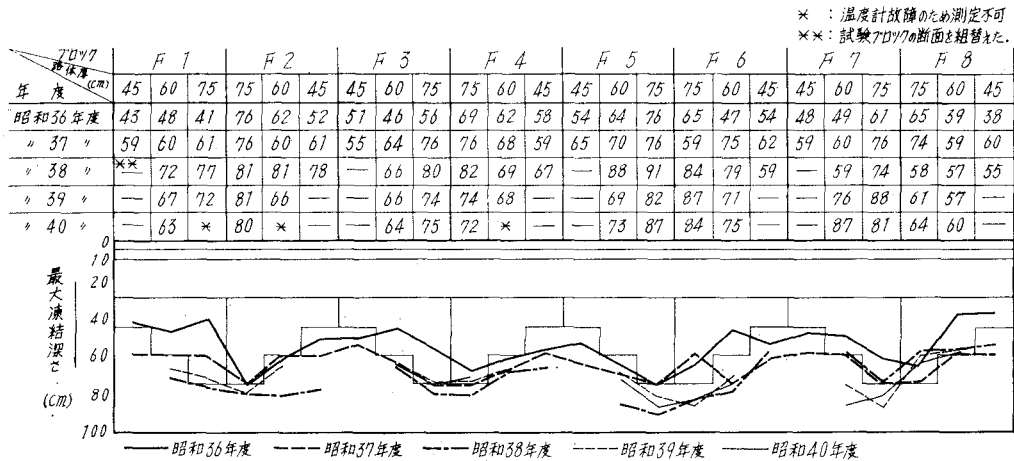


図-2 積算寒度

る。この表から、同じ置換厚さにおいてもその置換材料の種類によってその凍結深さは大きく変わることが判るが、また通常用いられるような置換材料の場合ではその置換厚さ（路体厚さ）が大きくなると最大凍結深さも一般に大きくなるが判る。

b) 美々試験道路の中央附近において気温を測定し各年度の積算寒度を求めた。調査結果は図-2に示す通りである。最大凍結深さと積算寒度との間には次のような関係式がある。

$$\varepsilon = \alpha \sqrt{F}$$

ここに ε : 最大凍結深さ (cm)
 F : 地表における積算寒度 ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{days}$)
 α : 構成材料の熱的性質から定まる定数

各年度の積算寒度と各試験ブロックの実測最大凍結深さから上式の定数 α を求め、 α と試験ブロック数で示すと図-3のようになる。この図から各路体厚さについて最多

α 値は次の通りである。

路体厚さ 45 cm の場合	$\alpha = 2.5 \sim 3.0$
” 60 cm ”	$\alpha = 3.0 \sim 3.5$
” 75 cm ”	$\alpha = 3.5 \sim 4.0$

ii) 凍上量

各試験ブロックについて、路体各層の区間凍上量と路面の総凍上量を測定するために凍上量測定装置を各層の埋設温度計と同じ平面位置に埋設した。各年度の凍結前のある調査月日に基準して、埋設凍上板の動きから凍上量を求め、路盤面上に置かれた最上位の凍上板の凍上量を路面凍上量とした。凍結期において路面凍上量の最大値を路面最大凍上量とした。

a) 図-4は、各年度および各試験ブロックについて路面最大凍上量およびその時の凍上抑制層上面および路床上面の凍上量を示したものである。この図から、路面凍上量の大部分を凍上抑制層内に発生した凍上量が占める場合と、路床凍上量が占める場合とがある。また路体厚さを大きく

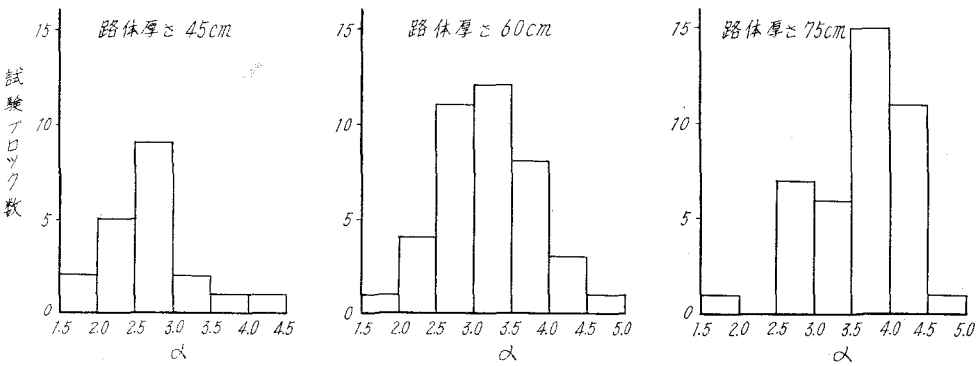


図-3 α 定数

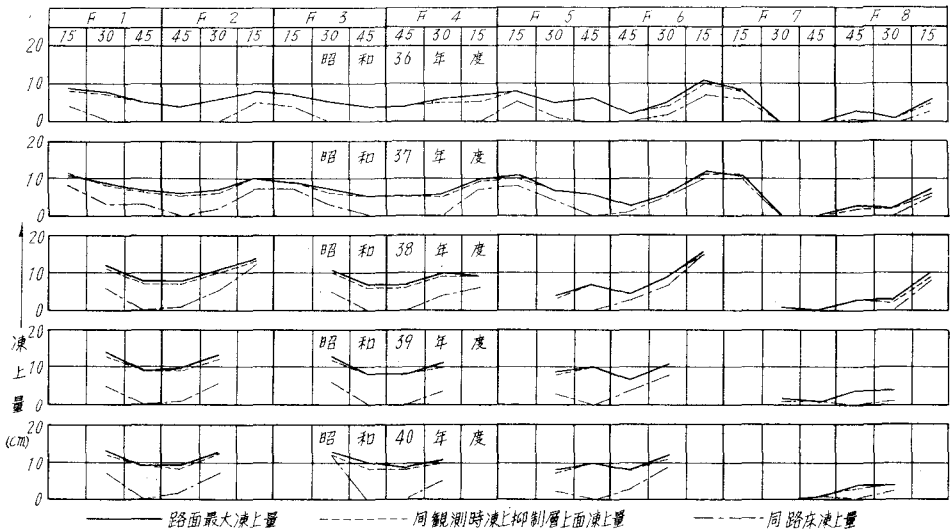


図-4 路面、凍上抑制層および路床の凍上量

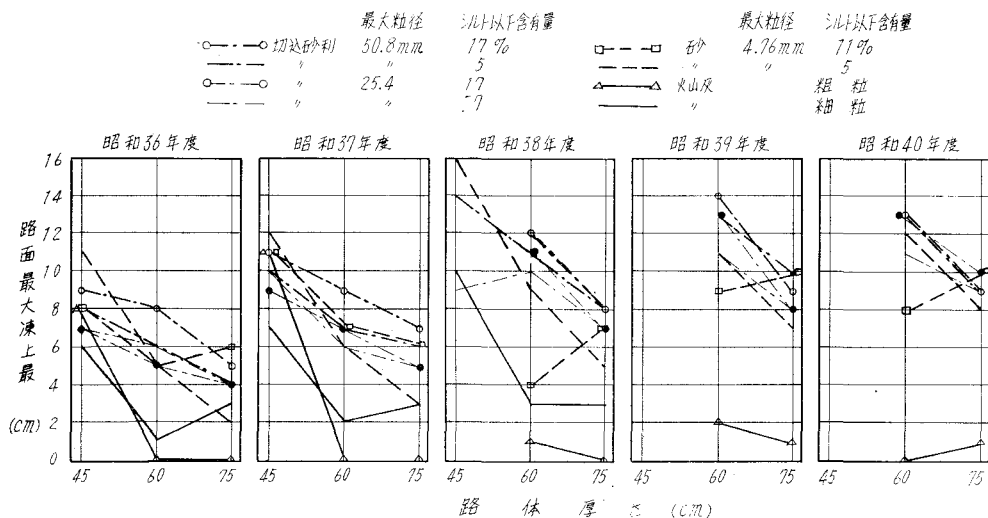


図-5 路面最大凍上量

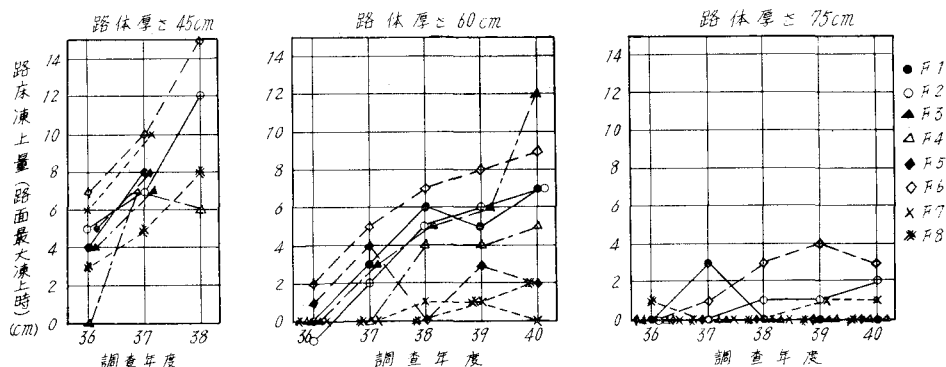


図-6 路面最大凍上時の路床凍上量

すると、本試験道路で用いた凍上抑制層材料の範囲では、路面凍上量が減ずることが判る。

b) 図-5は、凍上抑制層材料別に路体厚さと路面最大凍上量との関係を示したものであるが、これによると凍上抑制層材料に火山灰を用いた時の路面凍上量は、他の材料の場合に比較して一般に小さい凍上量を示した。

c) 図-6は、路面最大凍上時における路床凍上量を各路体厚さについて、調査年度別および凍上抑制層材料別に示したものである。路体厚さ60cmおよび75cmにおいて凍結が路床に入らない試験ブロックもあるが、この図と図-2に示した積算寒度とを対比しながら考察を加えると、年度による積算寒度の増減の影響はほとんど無視できると考えられるにもかかわらず、一般に路床凍上量は経年増加の傾向にある。また、その経年増加の割合は、路体厚さが大きくなると小さくなるようである。

iii) 路盤支持力

春の融解期には、路床および凍上抑制層も含めた路盤の凍上現象に起因した含水軟化によって路盤支持力が低減す

る。このことは、舗装道路の破壊に直接つながるもので重大である。図-7は、昭和36年度から40年度までの調査結果から、凍上抑制層材料別および路体厚さごとに凍結前の路盤支持力(10月測定値)、融解期の最小路盤支持力および次式から算出した路盤支持力の低下率を示したものである。ただし、路盤支持力は上層路盤上面において測定したものである。

路盤支持力の低下率(%)

$$= \frac{\text{凍結前路盤支持力} - \text{融解期最小路盤支持力}}{\text{凍結前路盤支持力}} \times 100$$

ここにおいて路盤支持力は K_{30} -値(沈上量0.125cm)である。

	路体厚さ (cm)		
	45	60	75
凍結前路盤支持力 (kg/cm ³)	10~20	15~30	15~25
融解期路盤支持力 (kg/cm ³)	5~15	7~20	8~15

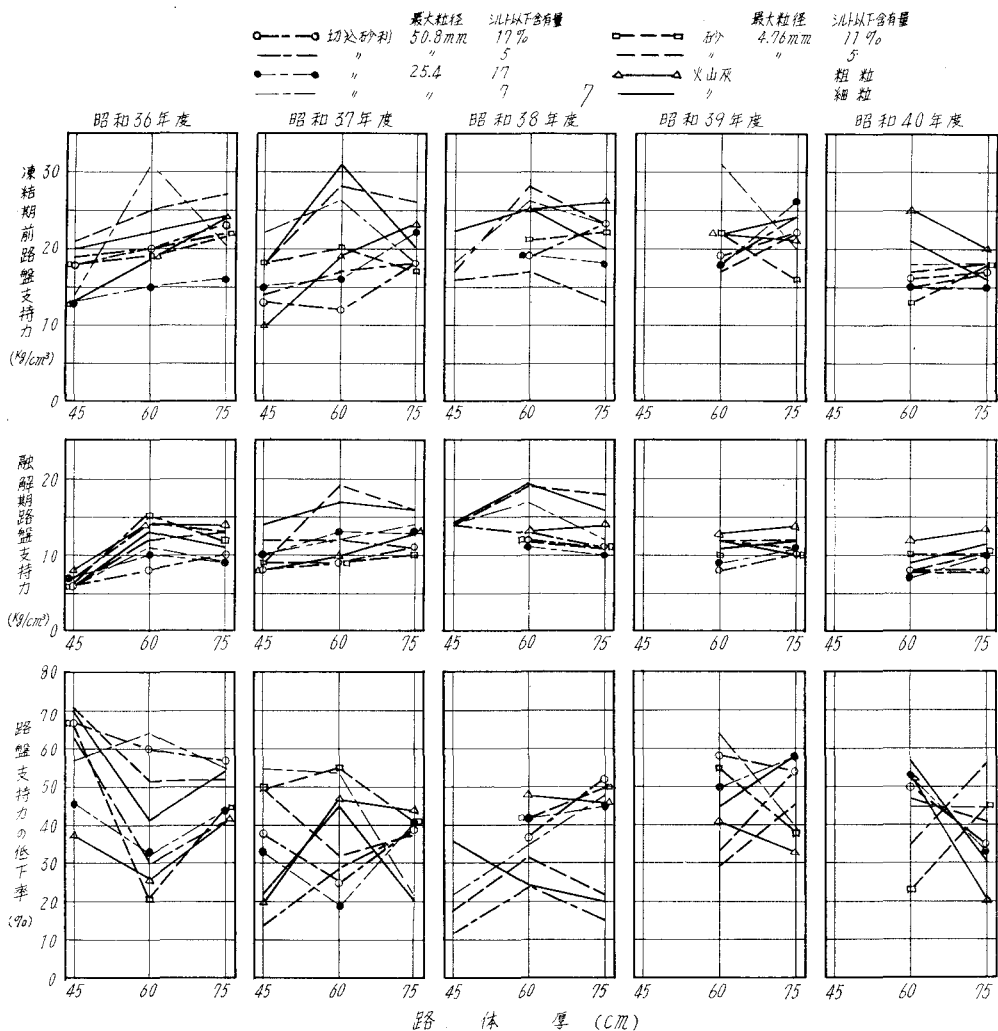


図-7 凍結前路盤支持力，融解期路盤支持力および路盤支持力の低下率

a) 路盤支持力の低下率は，路体の厚さ，調査年度および凍上抑制層材料の種類によって異なるが，およそ 20～60% の範囲である。

b) 昭和40年度までの調査結果では，各試験ブロックの路盤支持力はおおむね前表に示す範囲にある。

あとがき

以上，美々試験道路の凍上試験区間において5年間実施した調査結果の概要を述べた。昭和36年10月に試験道路を一般交通に供用したが，翌37年3月～4月には路体厚さ45 cm で凍上抑制層材料のシルト以下含有量の多い方のブロックと粗粒火山灰のブロックの舗装表面に部分的な亀裂が発生した。同様に38年3月～4月には，前年度の部分的な亀裂が全面亀裂に発展するとともに，残りの路体厚さ45

cm の試験ブロックの舗装表面に部分的な亀裂が現われた。39年(3～4月)と40年(3～4月)には，路体厚さ60 cm のブロックに，また41年の春期には路体厚さ75 cm のブロックにも部分的な亀裂が発生した。亀裂の発生経過を年度および試験ブロック別に示すと表-2の通りである。またその間の試験道路通過交通台数(軽四輪車以上)は表-3の通りである。

美々試験道路によるこれまでの調査結果では，融解期に確保できる路盤支持力は経験的にアスファルト舗装に対して要求される値に遠く及んでいないことが判った。このため美々試験道路では，最近急激に増加しつつある自動車交通の量と質に対処できる寒地道路の路体構造を確立するために，さらに検討すべく現在試験調査を実施中である。

表-2

	路体厚 (cm)	凍上抑制層材料 の種	シルト以下 含有量 (%)	亀甲状亀裂の発生 (3月～4月)						記 号
				37年	38年	39年	40年	41年		
F1—15 —30 —45	45 60 75	切 込 砂 利 (最大粒径 50.8 mm)	17	△ ○ ○	× ○ ○	— △ ○	— △ ○	— × △	○: 舗装表 面にほとん ど亀裂なし	
F2—45 —30 —15	75 65 45	”	5	○ ○ ○	○ ○ △	○ △ ×	○ △ —	△ × —		
F3—15 —30 —45	45 60 75	切 込 砂 利 (最大粒径 25.4 mm)	17	△ ○ ○	× ○ ○	— ○ ○	— △ △	— × △		×: ほぼ全 面に亀裂発 生
F4—45 —30 —15	75 60 45	”	7	○ ○ ○	○ ○ △	○ ○ ×	○ ○ —	△ △ —		
F5—15 —30 —45	45 60 75	砂 (最大粒径 4.76 mm)	11	△ ○ ○	× ○ ○	— ○ ○	— △ ○	— × △		
F6—45 —30 —15	75 60 45	”	5	○ ○ ○	○ ○ △	○ ○ ×	○ ○ —	△ △ —		
F7—15 —30 —45	45 60 75	粗 粒 火 山 灰	0	△ ○ ○	× ○ ○	— ○ ○	— ○ ○	— ○ ○		
F8—45 —30 —15	75 60 45	細 粒 火 山 灰	25	○ ○ ○	○ ○ △	○ △ ×	○ △ —	△ × —		

表-3

交 通 台 数 (軽四輪車以上)		
調 査 年 月	交通台数	累加交通台数
昭和36年10月～37年5月	89,586	89,586
昭和37年10月～38年5月	147,369	236,955
昭和38年10月～39年5月	178,900	415,855
昭和39年10月～40年5月	126,854	542,709
昭和40年10月～41年5月	239,300	782,009

参 考 文 献

- 1) 土木試験所: 美々試験道路について(第1報), 土木試験所月報, 第113号.
- 2) 伊福部宗夫: 北海道における道路の凍上・凍結深さおよび置換率に関する研究, 土木試験所報告, 第26号.
- 3) 一般国道36号線千歳・苫小牧間美々試験道路調査報告書, 昭和36年度第4報, 昭和37年度第10報, 昭和38

年度第15報, 昭和39年度第22報, 昭和40年度第28報.

- 4) 小天道義・平尾晋・高橋毅・佐々木政男・久保宏: 美々試験道路について, 北海道開発局第6, 7, 8, 9回技術研究発表会論文集, 昭和38, 39, 40, 41年2月.
- 5) 小天道義・河野文弘・高橋毅・佐々木政男: 凍上対策路盤工に関する試験工事について, 第6回日本道路会議論文集, 昭和36年.
- 6) 小天道義・高橋毅・佐々木政男・久保宏: 美々試験道路の昭和35, 36年度の凍上試験調査結果について, 第7回日本道路会議論文集, 昭和38年.
- 7) 小天道義・平尾晋・高橋毅・久保宏: 美々試験道路の昭和37, 38年年度凍上試験調査結果について, 第8回日本道路会議論文集, 昭和40年.
- 8) 小天道義・平尾晋・高橋毅・佐々木政男・久保宏: 融解期の路盤支持力について, 土木学会, 第21回年次学術講演会論文集, 昭和41年5月.