

農道における凍上対策工法の調査例について

仲矢智厚* 河合裕志** 工藤 進***

1. 調査の目的

近年、農業の近代化を目途として、各地で圃場整備事業が推進されつつある。その基本となる計画基準を作成するために、農林省が全国的に調査を行っており、本道においても、代表的畑地帯である北見市近郊の訓子府町高柏丘にモデル圃場を設定して、各種の現地調査を通して、基礎資料をしゅう集している。

とくに、最近のように酪農中心の経営においては、道路網の整備の必要性は、ますます増大してきており、冬期間の交通の確保と凍上作用による泥ねい化防止の対策は、重要な問題点の一つである。

一般に凍上現象とは、地表近くが凍結する際に、下層水分を吸い上げ霜柱状の水層を造ることによって生じる

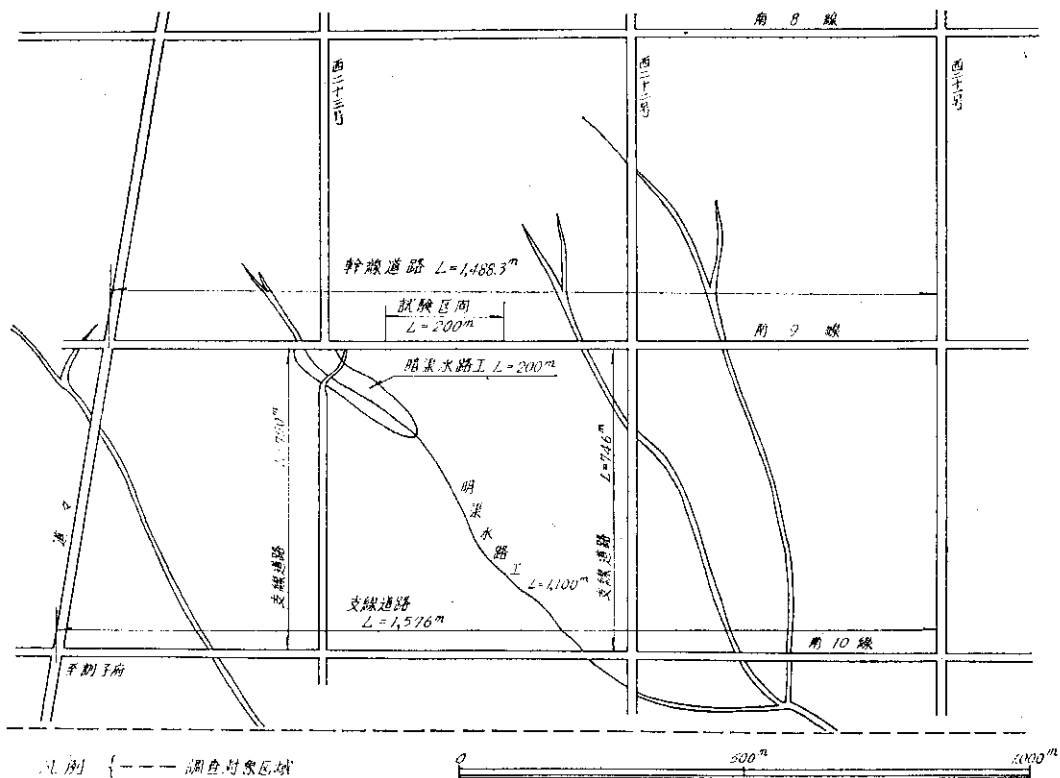
ものとされ、融解期には、地表部分が高含水状態になって路盤が軟弱化するものである。

国道などにおける凍上対策としては、凍上しがたい材料を用いて、交通荷重に耐え得る路盤厚を与えることが普通である。しかし、車輛重さや通行台数がきわめて少ない農道では、泥ねい化する規模が異なり、路盤厚も国道などとは異なった基準が経済性の点から望まれる。

このような観点から本調査は、路床土の性質と支持力の季節的な変化を観測するとともに、これに適する路盤厚を見いだそうとする目的で行なわれたものである。

2. 試験道路

モデル圃場設置に当たり、図一のように、幹線道路として、南9線を改良施工した。



図一 モデル圃場平面図

幹線道路の土質は、上層に30~40cmの黒ボク層があり、下層には白色の火山灰層が堆積している。この中間に茶褐色の火山灰層が狭在することもある。

これらの土は、表一1のようであり、黒ボク層は、密度、比重が小さく、強熱減量、含水比が大きくなっている。

*前特殊土壌開発研究室長 現岩木山麓開拓建設事業所長 **特殊土壌開発研究室副室長 ***同室

表-1 南 9 線路床土質試験結果

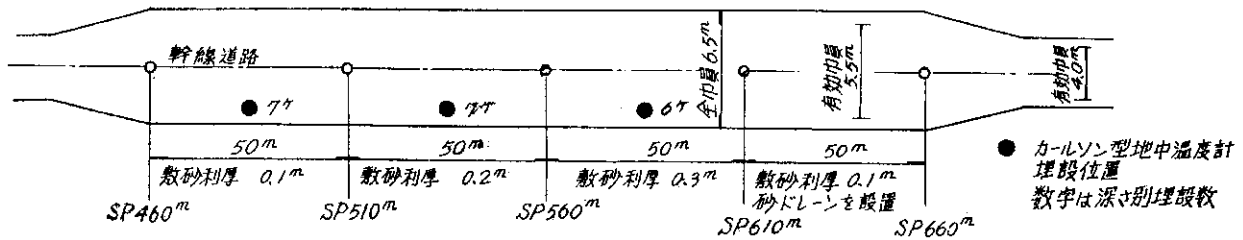
項目 試料	比重	含水比 %	密度		飽和度 %	強減 %	熱 量 %	摘 要
			湿 密 g/cm ³	乾 密 g/cm ³				
No.5 + 5 m	2.04	96	1.03	0.53	69	29.4		黒ボク
〃	2.38	60	1.31	0.82	75	13.1		白色火山灰
No. 7	2.32	63	1.30	0.80	77	17.4		黒ボク
〃	2.50	42	1.41	0.99	69	11.1		褐色火山灰
〃	2.54	28	1.75	1.38	83	6.4		白色火山灰

下層の火山灰層は、かなり固い状態で堆積しており、比較的大きな密度をもっている。これらの土は、いずれも室内における凍上性試験の結果、凍上性土と判定された。標準断面は、全巾員5.5m、有効巾員4.5mで40cm厚の非凍上性火山灰と路盤に15cmの切込砂利を置いた。

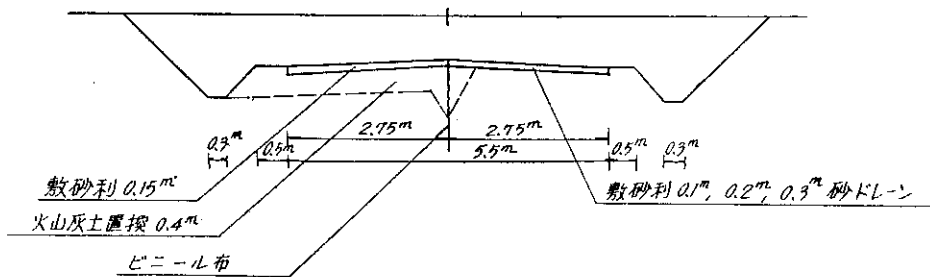
なお、幹線道路に置き換えた路盤材料は、近くで採掘される火山灰を使用したものであり、その試験結果は、表-2のとおりである。

表-2 路盤材料火山灰試験結果

項目 試料	比重	含水比 %	強熱減量 %	74μフル イ通過率 %
	2.48	11.0	2.3	28.9
中ノ沢	〃	26.4	2.2	30.1
協成	〃	21.6	2.1	31.7



試験道路の平面図



試験道路の標準断面図

図-2

この幹線道路のうち、ほぼ平坦な区間 200 m を選び、図-2 のように、この間を全巾員 6.5 m、有効巾員 5.5 m とし、半断面を標準路盤で、他の半断面を試験道路として施工した。両者の間に深さ 1 m までビニール布を置き、試験区と試験区でない断面間をしゃ断した。

試験道路では、在来の路床上に敷砂利の厚さをそれぞれ 10 cm、20 cm、30 cm としたものおよび砂ドレーン挿入の 4 区間で、各区間の延長は 50 m である。

試験道路は、冬期間除雪し、融解期に通行不能となれば標準路盤施工側を使用することにした。

3. 地温などの測定

試験道路では、路床部における凍結の進みかたと最大値を知る目的で、各試験区にカルソソ型地中温度計を路面より 10 cm ごとの深さに埋設して、41 年 1 月より約 10 日間ごとに温度測定を継続した。

また、氷層の生成によって水分の垂直移動が考えられ

るので、含水比の変化を測る目的で温度計と同じ箇所
41年9月に電気抵抗式水分計を設置して測定している。

図-3は、41年1月から11月までの路床部の地温を深
さ10cmごとにプロットしたものの季節変化を例示したも
のである。図では上層の温度が下層に向かって影響を与
えていく過程が示されている。

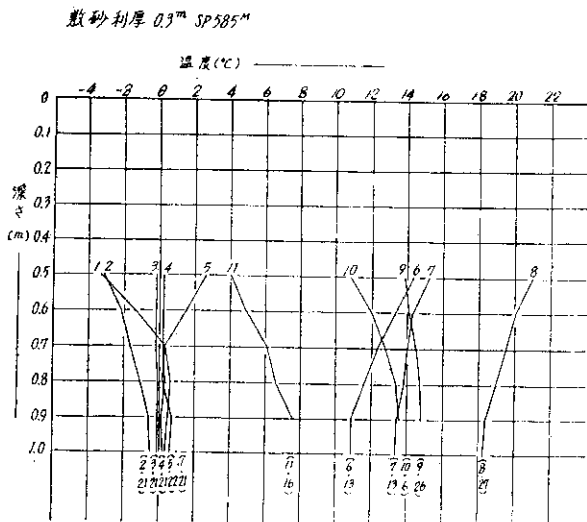


図-3 地温の季節変化

地温0℃点が最も深く現われるのは、2月下旬頃であ
り、最大凍結時はこの頃と考えられる。

試験区ごとに比較してみると、地温0℃点は敷砂利厚
が大きくなるほど深くなるようであり、10cm区間では70
cm、30cm区間では100cm以上に達する。これらは、熱伝
導のよい砂利で置き換えた場合は、凍結深さが増すとい

う既往の報告と一致している。

土壌水分計の観測結果は、室内で行なったキャリブレ
ーションの方法にやや疑問があったこと、凍結した場合
の水分測定には、信頼性がうすいと思われることなどか
ら満足な結果を得るに至っていない。

4. 路床の支持力と路床の状態

路床の支持力が最も低くなるのは、凍上によって生じ
た霜柱が融ける4月下旬頃と考えられ、凍上前後におけ
る支持力と路床土の土質試験を行なった。

試験は、平板載荷試験を行なう予定であったが、現場
の状況が思わしくなく、現場CBR試験によった。

イ) 凍上前の調査(41年11月18日)

各試験区間において、試験道路の中心で温度計埋設位
置から2m東寄りの地点を選び、さらに、支線道路にお
いて2箇所追加した。試験機は、容量300kgのブルーピ
ングリングを付したものをを用い、路盤砂利を取り除き、
路床面を露出させて水平にならし、手動によって貫入ピ
ストンを押し込んだ。反力は、計100kgの錘と4人の体重
でとったのであるが、ピストンを押し込む際に、試験機
が浮き上がり、所定の深さまでの貫入ができない箇所が
あった。CBR試験を行なった箇所ごとに、JIS A 1214
による密度測定を行ない、それによって採取した土につ
いて含水比などを求めた。CBR試験および密度などの
試験結果を表-3に示す。CBR値は、砂利厚10cmと南
10線23号支線で小さい値であるが、これは、黒ボク層で
あったためであり、火山灰路床では、8%に近い値とな
っている。

表-3 路床の土質試験結果

地 点	含水比	比 重	湿 密	乾 密	間 キ	グ 比	飽和度	強 減	熱 量	現 場 C B R	含 水 比	現 場 C B R
	%		g/cm ³	g/cm ³		%	%		%	%	%	%
10cm 区 間	77.9	2.23	1.01	0.57	2.91	59.7	20.6	2.3	70.0	0.7		
20cm 区 間	30.0	2.48	1.81	1.39	0.78	95.4	7.3	7.7	30.5	4.0		
30cm 区 間	25.2	2.46	1.95	1.56	0.58	106.9	8.1	6.1	24.7	7.0		
南 10 線 23 号	42.8	2.34	1.64	1.15	1.03	97.3	13.9	3.7	—	—		
南 10 線 22 号	41.8	2.33	1.65	1.17	0.99	98.4	16.6	8.0	—	—		
41 年 11 月 18 日										42 年 4 月 19 日		

ロ) 凍上後の調査

41年度は、北見地方は異常な寒波が訪ずれ、とくに、
42年1月初旬から下旬にかけて、連日零下20度以下とな
り、一方、積雪が少なかったため、試験道路は写真-1
のとおり、最大約20cmの凍上が認められ、道路の延長方
向中央の分離帯付近にクラックが発生しているのが観測
された。42年2月23日、最も凍結深が大きいと予想され

る時期を選び、ピット断面による氷層の観察と含水比の
測定を行なった。その結果は表-4に見られるように含
水比の増加がみられる。また、4月19日融雪泥ぬい化時
の調査として、凍結前と同地点で含水比の測定とCBR
の変化を調査した。その結果は表-3に示しており、C
BR値の低下が認められるようである。

しかし、30cmの置換区間のCBR値はかえって強く表



写真—1

われており、試験道路としてこの置換厚で十分であるかどうかは42年度以降の観測により重ねて検討しなければならない。なお含水比が凍上前と変わっていないのは、4月時点では脱水したとも考えられる。

表—4 凍結期と乾燥期の含水比(10cm区間)

路面からの深さ cm	含水比 %	強減 %	熱量	路面からの深さ cm	含水比 %
30 ~ 35	73.0	19.2		15 ~ 20	72.4
35 ~ 40	86.3	19.4		25 ~ 30	122.5
40 ~ 45	65.1	18.5		40 ~ 45	85.0
50 ~ 55	50.8	15.2		50 ~ 55	91.6
55 ~ 60	70.8	13.3		60 ~ 65	53.4
60 ~ 67	84.5	13.5		70 ~ 75	56.1
				80 ~ 85	48.2
				90 ~ 95	39.1
42 : 2 : 23				42 : 4 : 19	

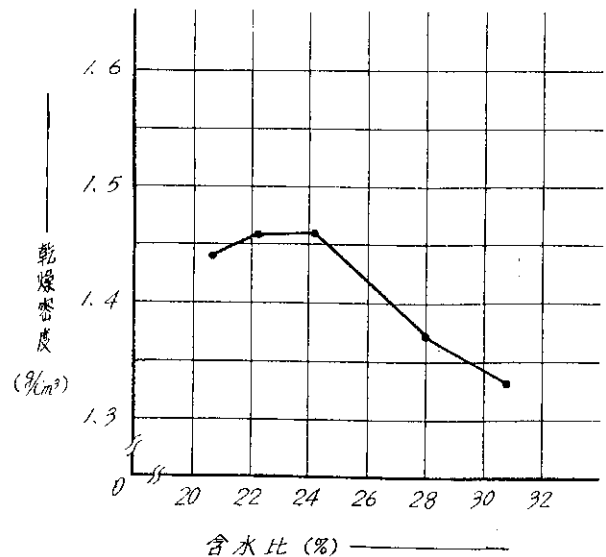
5. 路床土の突き固め特性

車輛が通行することによって土をこね返していく作用を生じ路床の支持力がどう変わるかを明らかにする目的で、土の締め固め特性試験を試みた。

試験道路区間の代表的な路床土を砂利厚20cm区間から採取して、室内CBRなど関連試験を行なった。

JIS A 1211による5層55回突き固めの試験結果は図—4に示すようであり、最大乾燥密度 1.46g/cm^3 最適含水比24.2%である。

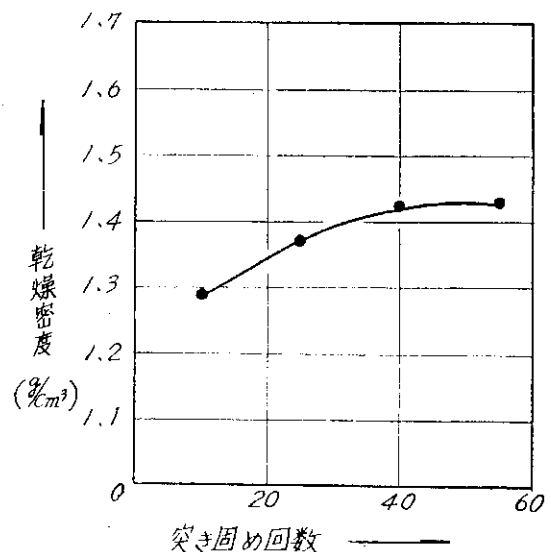
測定番号	1	2	3	4	5
含水比	20.7%	22.2	24.2	28.1	30.9
乾燥密度	1.44g/cm^3	1.46	1.46	1.37	1.33



図—4 突き固め試験結果

CBR試験は、JISによるような最適含水比における試験よりも、自然含水比(26.3%)で行なったほうが、現地調査の関連で有用と考え、含水比を約26%として試験した。

突き固めを JIS A 1211 に示されているランマー、モールドを用いて5層で10、25、40、55回に突き固め4日間の浸水をした後、貫入試験を行なった。4日間の浸水



図—5 突き固めと乾燥密度

結果では、大きな膨張がみられず、含水比も大きな変化がないようである。同じ含水比で、突き固め回数を増していくと図-5にみられるように、乾燥密度が大きくなるようである。修正CBR値と乾燥密度の関係を図-6にCBR値と突き固め回数の関係を図-7に示す。図-6、7では、25回突き固めのCBR値がきわめて大きな

突き固め回数	10	25	40	55
C B R	7.1	19.3	12.0	13.1
乾燥緊度	1.29	1.39	1.43	1.43

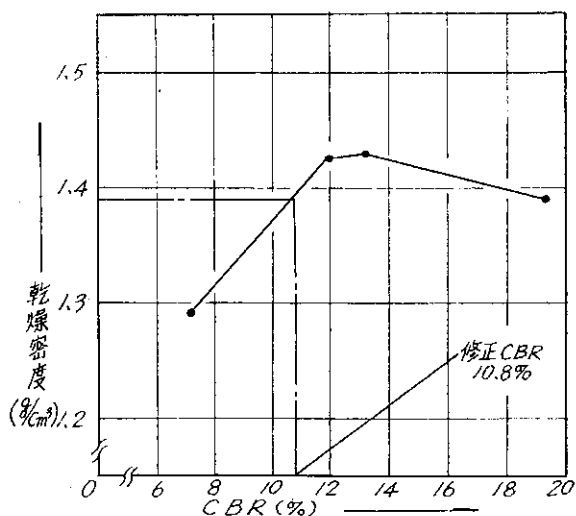


図-6 乾燥密度—CBR曲線

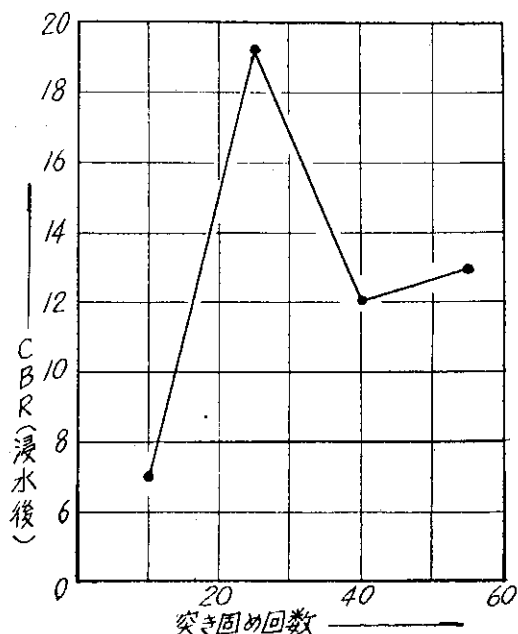


図-7 突き固めとCBR

値をとっており、これを除いて考えると、乾燥密度および突き固め回数を増すと、CBR値が大きくなる傾向が

認められる。25回突き固めた土のCBR値が大きくなったのは、乾燥密度の因子よりも、例えば、供試体作成時の土の状態などが影響しているのか、あるいは、締め固め過ぎの効果が現われる土であるため、40回以上で、CBR値が低下したのか、今後検討したい。

現場試験と室内試験を比較してみると、自然含水比で40回あるいは55回突き固めた場合には、密度はほぼ同じになるようであるが、CBR値は室内CBR値のほうがやや大きく出ている。

6. むすび

試験道路の設置は40年度であり、最初の冬期は、工事完了直前であったことから、ほとんど観測するまでに至らなかった。41年度は、秋季、厳冬期、融雪期と3度にわたり観測を続けたが、一部に泥ねい化の初期状態が観測されたが、顕著な泥ねい化はみられなかった。しかし表層の黒ボク層は、現場CBRが秋季2.3%、春先0.7%と非常に小さくなっており、不良土質と考えられる。

また、周辺の主要道路などでは5月中旬においても著しい泥ねい化現象が観測されており、今回の調査からは、交通量の影響が非常に大きいことが考えられる。

1日50台未満の交通量で排水良好な道路では、30cmの置換で十分目的が達せられたものと、41年度の調査の限りではいえるが、春先の気象状態をさらに経年的に観測するとともに、交通量とCBR値の関係について、今後調査を続けて行く予定である。

最後に、本調査に当たっては、網走開発建設部北見農業開発事務所の各位の御協力におうところが多く、あらためて感謝の意を表す。

参考文献

- 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、1962・3
- 竹下春見；「締め固めた土の性質と設計CBR」道路建設 No. 139
- 土質工学会；「土質試験法」
- 道路研究室；火山灰の凍上性について 開発局土木試験所月報第131号（1964・4）