

道路側溝の凍上害について

辻 修¹・松田 豊¹・土谷富士夫¹

(受理: 1991年5月31日)

Effect of frost heave on the trough of reinforced concrete

Osamu TSUJI¹, Yutaka MATSUDA¹, Fujio TSUCHIYA¹

摘 要

十勝地方では、通常タイプの道路側溝に、冬期間の土壤凍結にともなう凍上作用による破損被害が発生している。そこで、北海道幕別町途別地区の町道に異なるタイプのトラフと現タイプのトラフに断熱工法で施工したものを設置し十勝地方に適応する道路側溝の検討を行った。以下にその結果を示す。

トラフに与える凍上作用はトラフ側近の土壤凍結よりもむしろ法面の土壤凍結に影響されていることがわかった。

異なるタイプのトラフの比較では、耐圧U型トラフ、U型トラフ、V型トラフの順に凍上作用に対して強いことがわかった。これは、工場試験において強度の最も強かった耐圧U型トラフが最も優れており、次に耐圧強度は同程度ではあるが、形状的に凍上力の発生方向をかわせたU型トラフが有利であり、最後に凍上力の発生方向に側面を持つV形トラフが最も不利であったことを示したものと考えられる。

施工法の異なるU型トラフを比較すると、現工法と断熱材をトラフ側方に使用した断熱工法は、凍害対策としては同程度の工法であることがわかった。

キーワード : 側溝, 土壤凍結, 凍上

はじめに

北海道のような寒冷な地域において、道路側溝に鉄筋コンクリートトラフを使用する場合、温暖な地域とは異なり、一般的な設計上の条件の他に、凍害と呼ばれる寒冷地独特の問題を解決する必要がある。

この凍害という問題を解決するためこれまでも北海道においては色々な研究がなされてきており用水路

についての報告¹⁾や道路に関しての報告²⁾等がある。

また、道路側溝に関しても報告³⁾はあるが、十勝地方のように北海道の中でも特に寒冷な地域においては、現状の凍上対策のみでは土壤凍結にともなう凍害を抑制できないことを前報において報告⁴⁾した。

そこで今回は、現在道路側溝に使用されている鉄筋コンクリートU形トラフの他に、鉄筋コンクリートV形トラフ、鉄筋コンクリート耐圧U形トラフを使用し

¹ 帯広畜産大学 土地資源利用学講座

¹ Laboratory of Land Resource Engineering, Department of Agro-environmental Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro, Hokkaido, 080, Japan.

製品の違いによる凍害対応策を探ろうとするものである。また、現工法である置換工法に対して断熱工法も取り入れ、併せてその検討を行った。

実験方法

1. 供試製品

この実験に用いた鉄筋コンクリートトラフは、鉄筋コンクリートU形トラフ300B(JIS A5305 No. 167023)、鉄筋コンクリートV形トラフ、鉄筋コンクリート耐圧U形トラフの3種類でその形状を図1に示す。

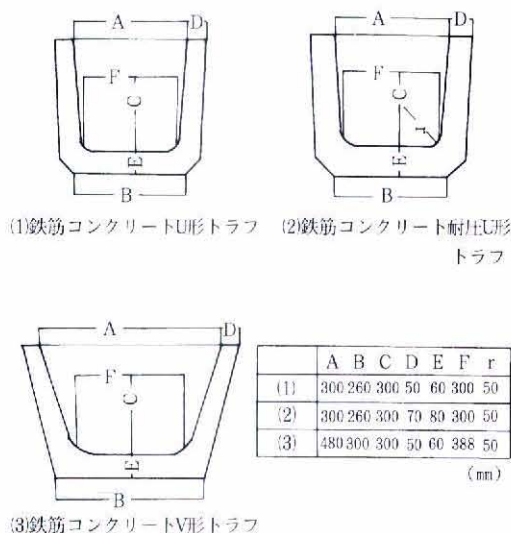


図1 供試トラフの形状と寸法

トラフの破損を引き起こす凍上力は、トラフの側方から加わる荷重と置き換えることができる⁵⁾ので、トラフの許容最大荷重と許容最大変位量を調べるため鉄筋コンクリートトラフ破壊試験を行った。

破壊試験には、鉄筋コンクリート曲げ試験機を用い、トラフの側壁に応力を加えその荷重とトラフ上端の変位量を測定した。図2にその結果を、またそれぞれの破壊時の変位量と荷重を表1に示す。

表1 鉄筋コンクリートトラフの破壊実験結果

	許容最大変位量(mm)	許容最大荷重(kg)
U形	1.8	775
V形	1.2	700
S形	2.0	1,400

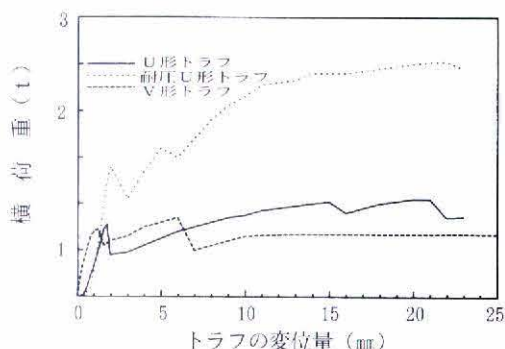


図2 供試トラフの破壊実験

2. 実験方法

この実験は1983年の11月下旬に北海道中川郡幕別町途別地区の切上道路の法高、法向きの異なる3ヶ所に供試トラフを設置し測定を行った。その配置状況を図3に示す。

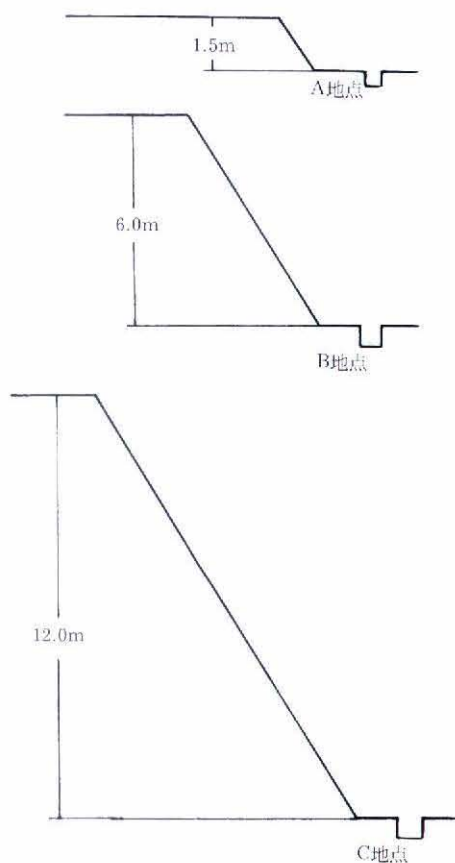


図3 トラフ設置の法状況

図に示すように法高は1.5m (A地点), 6 m (B地点), 12m (C地点) の3段階で法向きはA地点が北向き, B地点, C地点が南向きであった。トラフは1ヶ所につきそれぞれ側法20cmを切り込み砂利で置換したU形トラフ, V形トラフ, 耐圧U形トラフ, またU形トラフで36mm, 50mmの断熱材を使用したもの, これらの対照としてU形トラフで凍上抑制対策を行わない

もの計6条件を設定した。

その配置を図4に示す。以後簡略化のため切り込み砂利で置換したU形トラフ, V形トラフ, 耐圧U形トラフをそれぞれU形, V形, S形, そしてU形トラフに断熱材を使用したものをU36形, U50形, 対照のU形トラフをN形と呼ぶ。

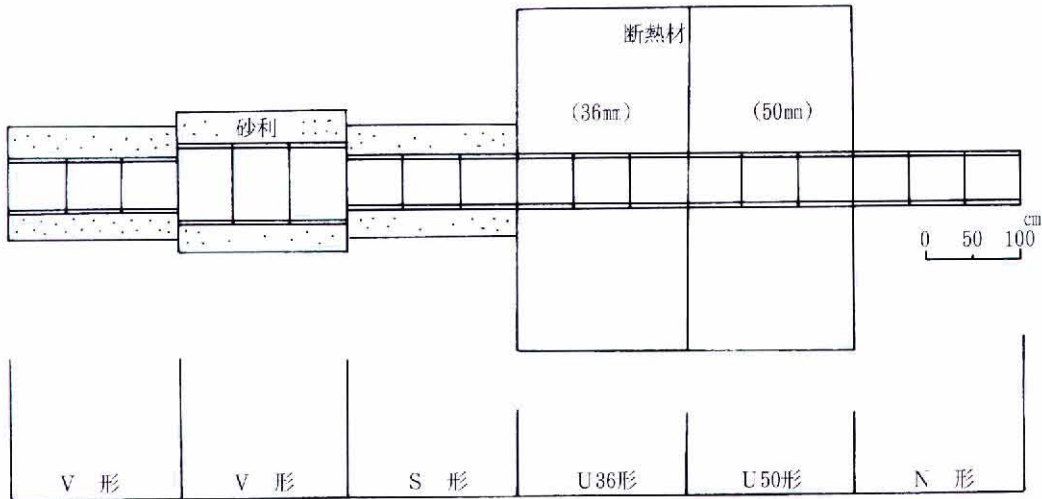


図4 トラフの設置状況

観測は, トラフの側壁上端のスパンの変位量, 図5に示すトラフ周辺の凍結深度および積雪量を週1回, 1983年12月1日から1984年の5月17日までに行った。

なお, 変位量の測定にはコンベックス, 凍結深度の測定には, 畜大式凍結深度計を用いた。現地の気温については現地に近い帯広畜産大学の気象資料を使用した。

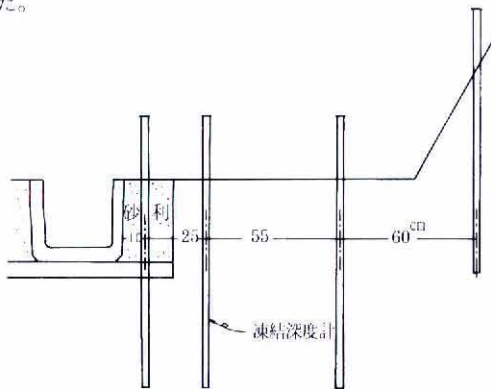


図5 凍結深度計の配置

結果および考察

1. 法面がトラフの変位量に与える影響

設置箇所別の製品別トラフの変位量の時系列推移を図6～図7に示す。

これよりS形を除いて, C地点, B地点, A地点の順にトラフの変位量が大きかった。B地点においてはV形の変位量でも5mmと全般的に小さなものとなった。

次に各設置場所でのU形周辺土壌の凍結深さの時系列推移を図9～図11に示す。また, 土壌凍結推移に影響のある気温と積雪の推移を図12と図13に示す。

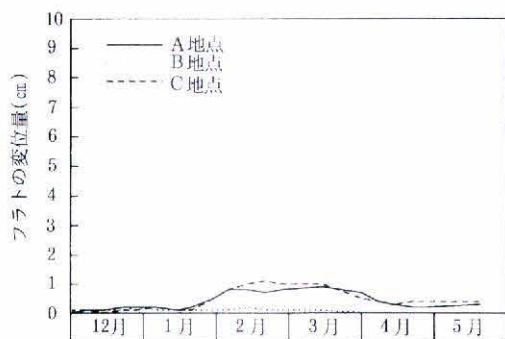


図6 U形トラフの変位量の推移

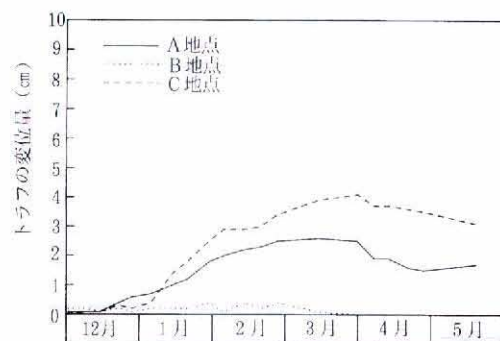


図7 V形トラフの変位量の推移

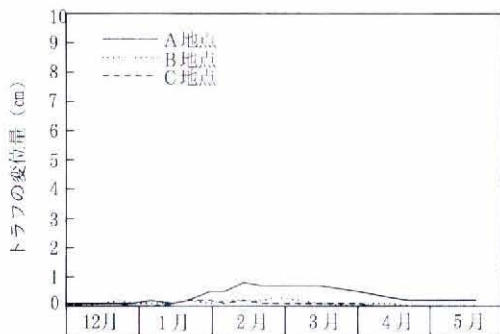


図8 S形トラフの変位量の推移

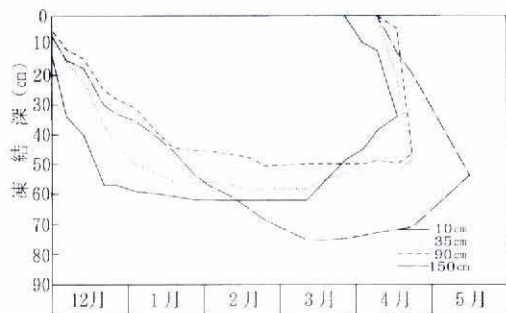


図9 A地点におけるトラフ側方の土壌凍結深

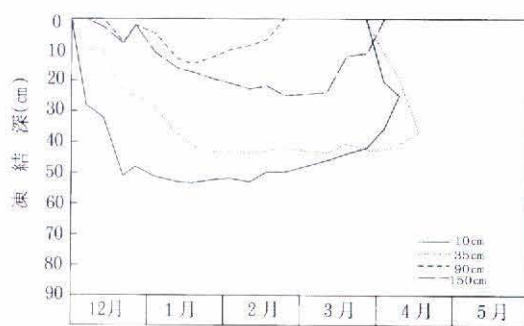


図10 B地点におけるトラフ側方の土壌凍結深

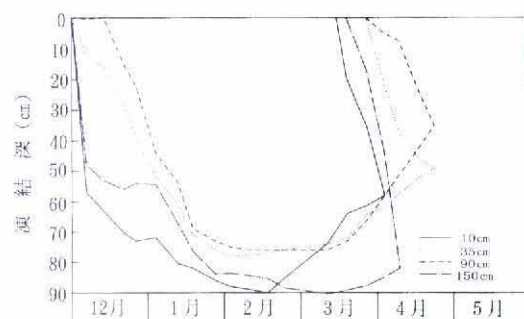


図11 C地点におけるトラフ側方の土壌凍結深

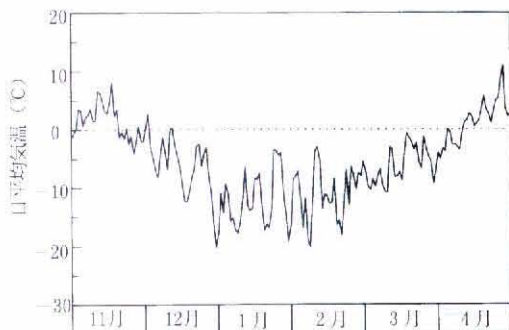


図12 日平均気温の推移 (1983. 11~1984. 4)

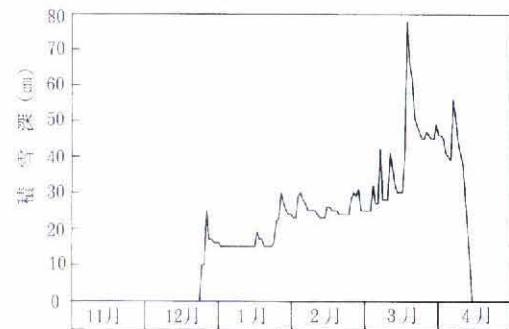


図13 積雪深の推移 (1983. 11~1984. 4)

これより土壤凍結は日平均気温がマイナスとなってくる11月下旬より急激に進行し、降雪があった12月下旬を過ぎるとその進行が鈍くなり、積雪が20cmを超える1月下旬になるとその進行はほぼ停止し、日平均気温がプラスとなる4月上旬より地表面部分から融解が進行し、4月中旬から5月にかけて融解が完了した。

この凍結線の推移とトラフの変位の推移を比較してみると、トラフ側近の土壤凍結は12月中旬までにはトラフの底面である地表より30cm以下となっており、トラフの変位に影響を与える凍結深さをすでに超えていることがわかった。一方、法面の土壤凍結の推移と比較してみるとその推移形態は非常ににかよっておりトラフの変位にはトラフ側近の土壤凍結よりむしろ法面の土壤凍結が影響すると思われる。

そこでトラフ側方の進行状況を見るため、期日別のA地点における凍結線の推移を図14に示す。

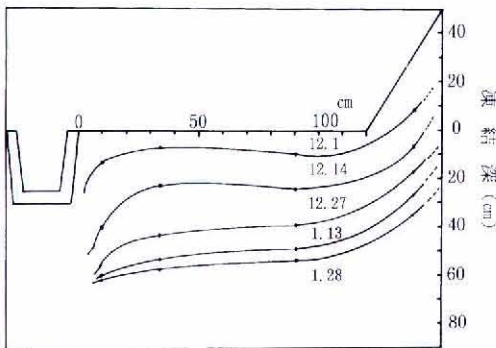


図14 A地点における凍結前線の進行状況

これよりトラフ側方のステップの部分の土壤凍結は12月下旬までにはすべてがトラフ底面を過ぎ、それ以後は、この部分が法面の土壤凍結進行による凍上力を伝達するピストンの役目を果たし、実際にトラフに変位量を与えるのは、法面の土壤凍結の進行にともなう凍上力であることがわかった。

法高さはC地点、B地点、A地点の順で高いので、トラフの変位量もこの順になると考えられるが、法面部分の土壤凍結を比較してみるとC地点、A地点、B地点の順となりトラフの変位量の順と合致することがわかった。これは、法高で言えばB地点がA地点よりも高いのではあるが法向きがA地点は北向きであり一日中日陰になるのに対し、B地点法面では日中陽あたりが良いため、法面の土壤凍結がA地点がB地点を上回った結果であると考えられる。

2. 製品別のトラフの変位量

測定地点別のU形、V形、S形トラフの変位量の時次系列推移を図15～図17に示す。

これよりA地点におけるトラフの最大変位量はU形で3月13日の9mm、V形で3月13日の26mm、S形で2月11日の8mmであった。B地点においては、U形で2月11日の2mm、V形で2月11日の4mm、S形で2月25日の3mmであり、C地点においては、U形で2月18日の11mm、V形で3月29日の41mm、S形で2月11日の2mmであった。

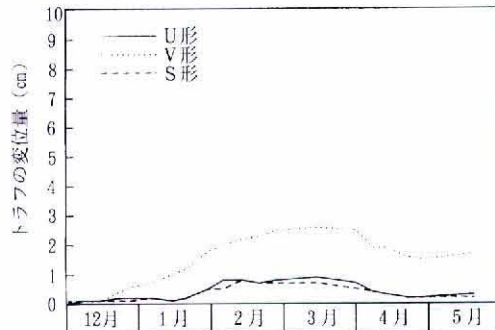


図15 A地点におけるトラフの変位量の推移

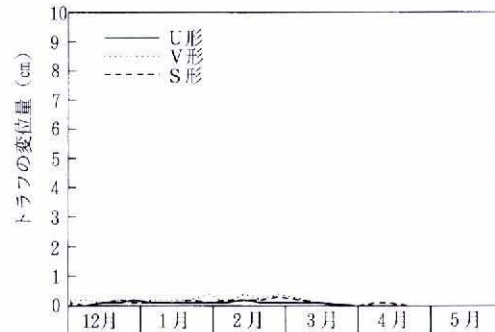


図16 B地点におけるトラフの変位量の推移

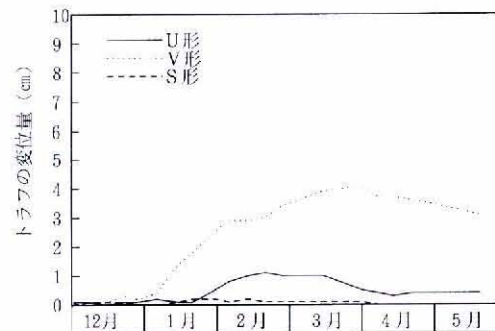


図17 C地点におけるトラフの変位量の推移

これより、どの地点のどのトラフにおいてもその変位量は破壊限界変位量を超えてはいるが、どの地点においてもVトラフが最大値を示し、特にC地点においては転倒被害も発生する4 cm以上もの変位を示し、実際に測定トラフ以外のV形に転倒被害も発生した。

次にU形とS形を比較するとA地点、B地点では変位量の最大値は変わらないものの、C地点においては、その変位量に大きな差が開く結果となった。

以上の結果より、どのトラフも底面にクラックの発生はあると思われるがS形については、その変位量から考えるとトラフの排水路としての機能は充分果たせるものと考えられる。

この3種類のトラフを比較してみると耐圧強度の優れたS形が最も凍害には強く、次に耐圧強度は同程度ではあるが、前述した形状が凍上作用を受けずらいU形であり、V形が凍上作用に対して最も弱いトラフであることが分かった。一般的には、通水断面の大きなV形が凍害に対しては強いと思われるが今回の結果によりその変位量には大きな差があり、今後のトラフの施行に際してはこの点についても充分な検討が必要であると思われる。

3. 断熱工法によるトラフの凍害対策

測定地点別のU形、U50形、U36形、N形の変位量の時系列変化を図18～図20に示す。

これよりA地点におけるトラフの最大変位量はU形で3月13日の9 mm、U50形で2月25日の9 mm、U36形で3月13日の3 mm、N形で3月13日の42 mmであった。B地点においては、U形で2月11日の2 mm、U50形で1月19日の2 mm、U36形で2月18日の5 mm、N形で2月11日の4 mmであった。C地点においては、U形で2月18日の11 mm、U50形で3月13日の48 mm、U36形で3月29日の49 mm、N形で3月13日の83 mmであった。

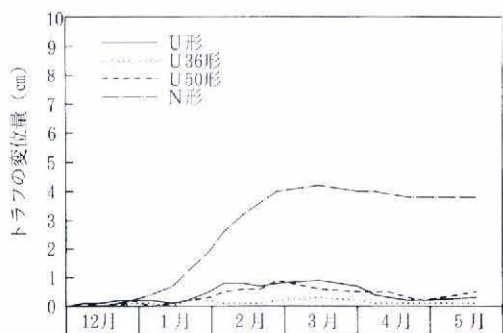


図18 A地点における施工法別の変位量の推移

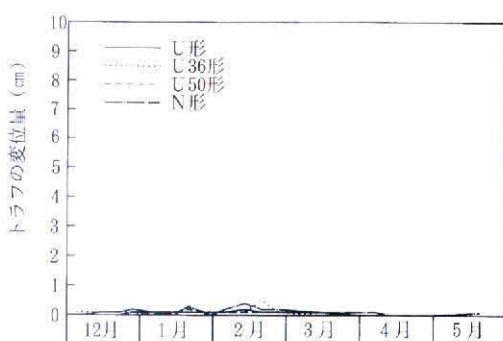


図19 B地点における施工法別の変位量の推移

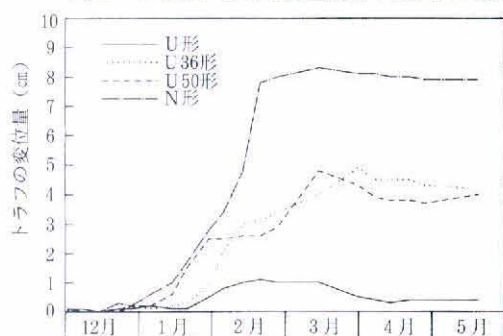


図20 C地点における施工法別の変位量の推移

施行法の異なる4種類のトラフの変位量を比較してみると、B地点においては大差はないが、A地点、C地点においては、N形の変位量が他を圧倒して大きかった。

断熱材の施行を行ったものと通常施行のトラフと比較するとA地点、B地点ではあまり差が見られなかったがC地点においては、変位量の最大値が3倍近くにもなり、かなりの差が開き通常工法の方が良好な結果となった。またこの時断熱材の厚さによる凍上抑制効果については、U50形とU36形とはどの場所においても大差は見られなかった。

以上の結果により、凍上対策を取り入れない工法のトラフと凍上対策を取り入れた工法のトラフとではその変位量において明確な差が見られ、通常工法、断熱工法による凍上力に対する抑制効果は確かにあることが分かったが、トラフの破壊を完全に防ぐという点についてはまだまだ不十分であると思われる。

また今回の実験においては、U50形とU36形の変位量の差はあまり明確とはならず、通常工法と比較しても優位性が見出せなかったが、これは施工の段階にお

いて裏込砂利を使用しなかったことなどが原因ではないかと考えられ十勝地方のように非常に寒冷な地域においては、断熱工法のみでトラフの凍害を防ぐには不十分であると思われる。

しかしトラフの凍害の主原因が法面付近の土壌凍結であるならば現工法に加えて法先に断熱工法を取り入れることは、法先付近の土壌凍結の抑制につながり今後のトラフの凍害対策としては、非常に有効なものと考えられる。

謝 辞

この研究を進めるにあたり、十勝市庁北部耕地出張所の関係各位には現地施工に際し便宜と協力をいただきました。また本研究の観測にあたっては、当開発土木工学研究室の専攻生であった永野信広君（現三祐コンサルティング）の協力に負うところが大きい。ここに記して謝意を表する。

引 用 文 献

- 1) 森井徹, 津田進, 高橋英紀, 長沢徹明: 凍結期における水路側壁の挙動, 農業土木学会誌 Vol. 45No. 9, 15-19 (1977).
- 2) 高田健治: 寒冷地における道路の構造設計, 農業土木北海道No. 4, 37-47 (1983).
- 3) 鈴木輝之, 山田利之: 地盤凍結によるコンクリートUトラフの変形, 寒地技術シンポジウム講演論文集No. 2, 471-476 (1986).
- 4) 辻修, 松田豊, 土谷富士夫: 凍上による農道の側溝の破壊作用について, 帯広畜産大学研究報告 Vol. 14, 279-285 (1985).
- 5) 中村忠春: 鉄筋コンクリートU形道路側溝の強度の検討, 農業土木学会講演要旨, 396-397 (1980).

Summary

In the Tokachi district in winter, there is some cracking damage of reinforced concrete U Type troughs used for road gutters, because of frost heave due to soil freezing. In order to find suitable road gutters for the Tokachi district, different types of troughs and current types were tested using the adiabatic installation method on a road in the Tobetsu area of Makubetsu town.

The results follow :

It was found that frost heaving effects on troughs were affected by the freezing of slope surface soil rather than by the freezing of the soil around the troughs.

A comparison of different types of troughs showed that pressure-resistant U type troughs, U-type troughs, and V-type troughs demonstrated, in descending order, strength against frost heaving effects. The pressure-resistant U-type trough appeared to be the strongest because it showed the highest strength in factory tests. The U type trough was the second strongest because its structure could escape the direction of frost heaving, although it had the same pressure resistance with the V-type trough. The V-type trough was the least strong because its sides lay in the direction of the generation of the frost heaving.

With respect to comparison by installation method, the adiabatic installation method, which places insulation material on the sides of troughs, proved to have the same distortion effect on troughs compared to the current installation method.

Res. Bull. Obihiro Univ. , 1, 17(1990) : 255~261