

高地における道路の凍上災害調査

青山清道*・福田誠**

Site investigation on frost damages of roads at highland

by

Kiyomichi AOYAMA and Makoto FUKUDA

(Abstract)

In cold area at highland, road pavements are greatly affected by frost heave. Site investigation on frost damages of pavements have been continued at Tateshina Plateau in Nagano Prefecture.

From the field observation results, it was found that the cut and embankment of roads were influenced by frost heave amount at lateral cross section.

Key words : frost heave, frost damage, volcanic cohesive soil, development of highland, cut, embankment

キーワードズ : 凍上, 凍害, 火山灰質粘性土, 高地開発, 切土, 盛土

I ま え が き

近年, 経済の発展・拡大や, 大都市周辺の地価高騰も手伝って, 積雪寒冷地や山岳地帯でも, 道路の建設, レクリエーション施設の整備, 別荘地の造成などが活発に行われている。一昔前まで, 冬期間道路除雪を行わなかった山間地でも, 車社会の今日, 完全除雪が求められているため, 雪の断熱作用が失われ, 凍上による被害が拡大している。

これまで筆者らは, 長野県の八ヶ岳連峰西麓に位置する標高1,000~1,500mの造成地内で, 道路の凍上災害調査(青山ほか, 1982, 1983)を長期にわたり実施してきた。山岳道路においては, 冬期の過酷な気象によってひきおこされる地盤の凍結, 凍上, 春期の融解時に生ずる地盤の支持力低下などが問題となっている。ここでは, 調査で得られた高所山岳地での道路舗装の凍上事例の特徴を検討するとともに, 凍上がおきている地点を掘削し, 路床, 路盤の凍結の状態を観察するとともに, 試料を採取して物理試験, 力学試験を行ったのでその一部を報告する。

II 調 査 概 要

凍上災害調査は, 図-1に示すような北八ヶ岳連峰を構成する天狗岳(2646m)や根石岳(2392m)の西麓緩斜面部に位置する蓼科造成地と南八ヶ岳連峰を構成する赤岳(2899m)の西麓斜面部に位置する原村造成地の2箇所で行った。

* 新潟大学積雪地域災害研究センター

** 三井建設技術研究所

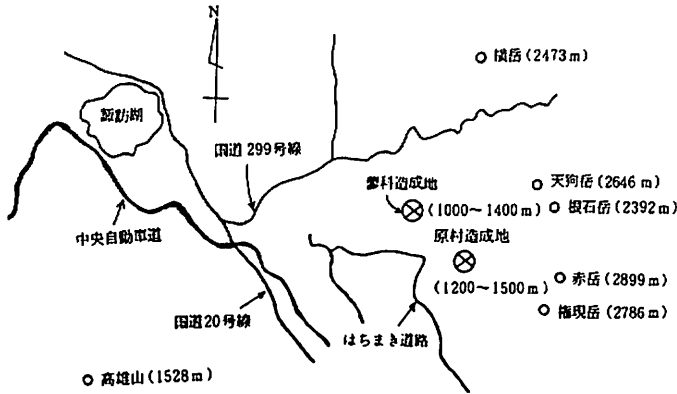


図-1 調査位置図

Fig. 1 Location map of study area.

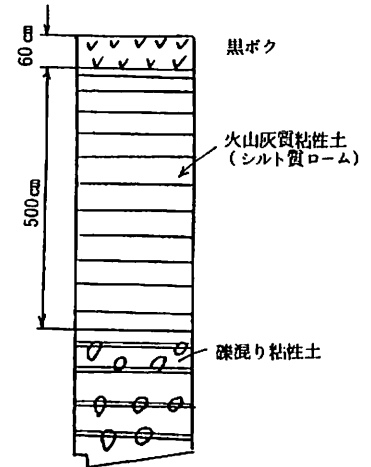


図-2 土質柱状図

(蓼科, 標高 1,000m)

Fig. 2 Columnar section, (Tateshina, G.H.=1,000m)

当該造成地付近の地質は主に泥流堆積物とローム層を主体としており、図-2に標高1,000m付近における蓼科造成地の典型的な土層断面の例を示す。層序として上位より、黒ボク、火山灰質粘性土（シルト質ローム）及び礫混り粘性土より成り、蓼科及び原村の両造成地では、ほぼ全域にわたりこのような地層構成が認められる。

Ⅲ 凍上による舗装面の横断形状と考察

当該造成地内の支線道路の標準的な設計断面は、図-3のように上部から密粒度アスファルトコンクリート50mm、粒調碎石200mm、切込み碎石300mmの碎石置換路盤である。蓼科、原村両造成地内の支線道路全域にわたり、凍上による舗装面の横断形状を調査した結果、その形状は道路の切盛形状及び法高により異なることが分かった。

図-4で模式的に示すように、Aは切土断面、Bは片切・片盛断面、Cは盛土断面というように3種に分類した。図中の横断形状は1978年から現在に至る調査結果に基づき、被害頻度の高いものを表わしている。これより、Aタイプの形状において、法高0mのいわゆる平坦地で上部黒ボク層のみを除去した場合、凍上による舗装面の横断形状は、道路中央部が最も隆起する凸型を呈する。これが次第に法高が高くなるにつれて、道路横断方向に最大凍上を示す位置が法側に偏ることが判明した。

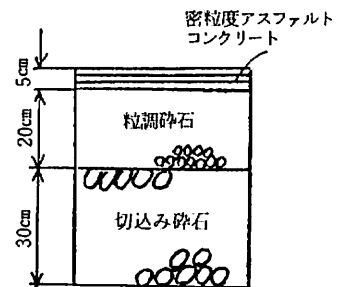


図-3 舗装構成

Fig. 3 Cross section of pavement.

Aタイプの形状で、法高0mの場合の凍上例を図-5に示す。これより、道路中央部と端部との凍上量差は約3cmあり、道路中央部の舗装面の隆起が顕著であることが分かる。凍結深も、道路中央部が最も深く、道路端部ほど浅くなっている。

そこで、このような不等凍上におよぼす舗装厚の影響を調べたのが図-6である。これより舗装厚が増すにつれて、道路中央部と端部との凍上量差は次第に減少する傾向にある。これは、舗装が厚くなる

法高(m) タイプ	1	2	3	4	切土 A 片切・片盛 B 盛土 C
A					
B	*	*		*	
C		*	*	*	

* 該当路盤なし

図-4 凍上による舗装面の横断形状 (蓼科, 原村, 標高1,000~1,500m)

Fig. 4 Cross section of pavement affected by frost heave.

(Tateshina, Haramura, G.H.=1,000~1,500m)

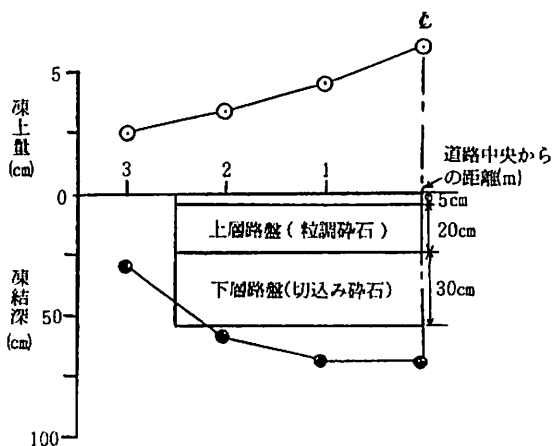


図-5 横断方向の凍結深と凍上量の分布 (Aタイプ) (蓼科, 標高1,000m)

Fig. 5 Distribution of frost depth and frost heave amount at lateral cross section (A type).

(Tateshina G.H.=1,000m)

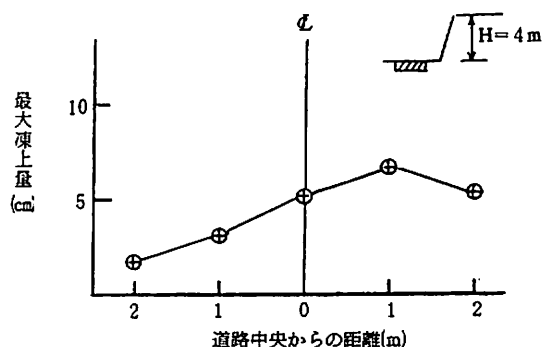


図-7 横断方向の凍上量の分布 (Aタイプ) (原村, 標高1,300m)

Fig. 7 Distribution of frost heave amount at lateral cross section (A type).

(Haramura, G.H.=1,300m)

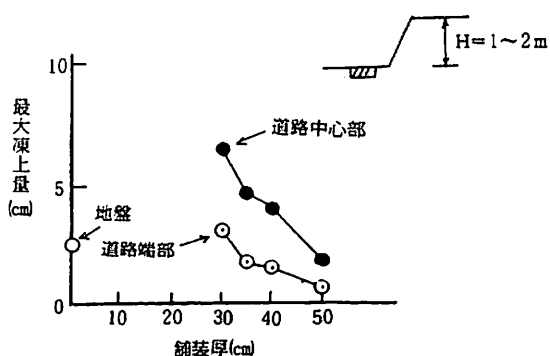


図-6 凍上量と舗装厚との関係 (原村, 標高1,450m)

Fig. 6 Relation between frost heave amount and thickness pavement.

(Haramura G.H.=1,450m)

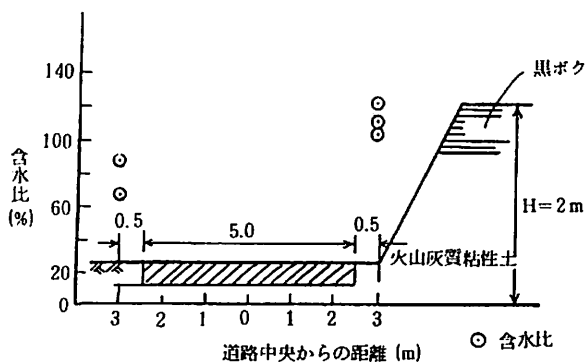


図-8 横断方向の含水比分布

Fig. 8 Distribution of water content at lateral cross section.

につれて路床土に対する上載圧が大きくなるためと考えられる。

Aタイプで法高が4 mの場合の凍上例を示したものが図-7である。これより、最大凍上量は道路中央より1 m法側の地点に生起している。これは、路床土の土質性状が同一であるとするならば、法側から路盤への浸透水の影響が考えられる。

そこで、道路両端部より50cm地点の地盤の含水比を調べた結果を示すと図-8のようになる。この調査は3月末の融解期に実施したものであり、法側の含水比は100%前後であるのに対し、法面と反対側の含水比は凍結前とほぼ同様の70~90%である。この道路片側の法面の存在による道路横断方向の含水比分布は、図-7に示した不等凍上の一因と考えられる。

次に図-4に示す片切・片盛のBタイプに属する法高は本調査範囲内では2 mだけであり、凍上による舗装面の横断形状の特徴として、片盛部の境界付近で凍上による横断形状に不連続面を生ずる。これは上述したAタイプの凍上要因に加えて、片盛土部の締固め上の問題が関与しているものと考えられる。

一方、Cタイプの全盛土においては、凍上による舗装面の横断形状は、Aタイプの法高0 mの場合と同様、道路中央部が最も隆起する凸型を示す。CタイプはBタイプ同様に、盛土路体の締固め度が凍上に影響することになる。

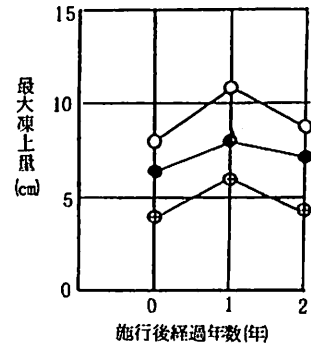
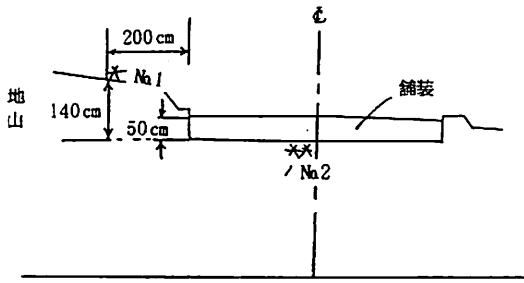
これまで述べた不等凍上要因としての道路の切盛形状に加えて、路床上の土質による凍上特性を検討する必要がある。そこで、凍上がおきている地点を掘削し、路床、路盤の凍結状態を観察し、調査した。調査した地点は、標高約1,110 mで冬期の最低気温が-20℃にも達する。この付近は起伏のはげしい地形で地質は上層部は有機質土で覆われ、その下部は火山灰質粘性土である。それぞれの土の物理的性質は表-1のようである。両地層の境界線はここでは地表面より40~95cmにあり、その位置は場所によりかなり異なっている。

表-1 土性値
Table 1 Geotechnical properties.

	種 類	比 重 G _s	液性限界 W _L %	塑性指数 I _p	10%粒径 D ₁₀ mm	30%粒径 D ₃₀ mm	60%粒径 D ₆₀ mm	有機物 含有量
上層部	有機質土	2.46	142	59	0.007	0.011	0.016	20 %
下層部	シルト質ローム	2.68	118	46	0.0056	0.011	0.014	-

凍上による被害の生じた地点を掘りおこして、凍結深度、鉛直含水比分布を測定し、これらの結果をまとめた一例が図-9である。路床土は15cmほど凍結しており、凍結部ではアイスレンズの発達を観察され、この部分の含水比は極端に高くなっている。このアイスレンズの発達が舗装面の亀裂を生じさせる原因となる。また、含水比曲線で93cmあたりに変曲点がみられるが、この付近で有機質土から火山灰質粘性土へと地層が変わっている。このように地層の変化するところに含水比分布曲線の変曲点が顕われるのは、地山側でも類似である。

切盛がほとんどなく、路床上の土質の異なる区間において凍上量の経年変化を調べたものが図-10である。これより、凍上量は黒ボク土、火山灰質粘性土、礫混り粘性土の順に大きく、特に黒ボク土の凍上量は礫混り火山灰土の約2倍であり、路床土の種類により凍上量が著しく異なることが分かる。



- 黒ボク土(層厚1m)
- 火山灰質粘性土(層厚1.5m)
- 礫混り火山灰土(層厚5m)

図-10 最大凍上量と経過年数との関係(蓼科, 標高1,000m)
 Fig.10 Relation between maximum frost heave amount and the year after construction,

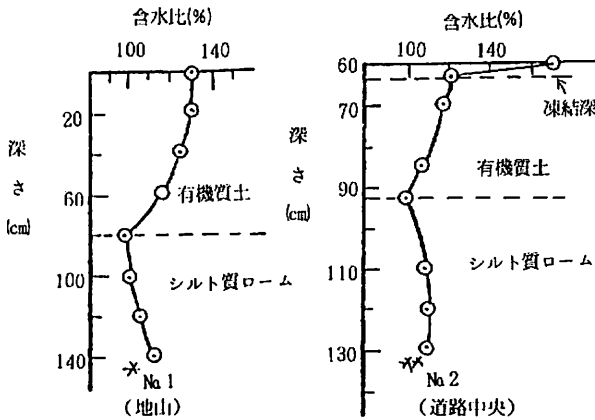


図-9 鉛直含水比分布(蓼科, 標高, 1,110m)
 Fig. 9 Distribution of natural water content.
 (Tateshina, G.H. = 1,110m)

IV あとがき

標高1,000m以上の高地における道路舗装の凍上事例について、道路の切盛形状や路床上の種類などから考察した。標高が高くなると気象条件が厳しくなる上に、地形、地質、土質、地下水位、排水条件、日照条件などの相違の他に土の熱伝導率の違い(青山, 1984)が複雑にからみあって、凍上に係わってくる。

このため、山岳地帯の凍上対策は平地と違いケース・バイ・ケースで対処しなければならないが、特に、最適な路盤材料の選択及び道路周辺の地形、地質を考慮した適確な排水工の研究が必要である。ただ、実施工での凍上対策は経済性、施工性、耐久性の面からも制約されることを忘れてはならない。

本調査の結果を要約するとおおよ次のようになる。

- (1) 道路の切盛形状と凍上による舗装面の横断形状とは関係が深い。
- (2) 舗装厚が増すにつれて、道路中央部と端部との凍上量差は減少する。
- (3) 路床土の種類により凍上量が著しく異なる。

今後も、追跡調査を継続したいと考えている。

謝 辞

本調査をするにあたり、御指導、御協力をいただいている長岡技術科学大学小川正二教授、三井建設技術研究所・桜田良治研究員、三井道路技術研究所・山本正夫主任研究員、調査のために現場を提供していただいている三井不動産㈱の関係各位に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 青山清道（1982）：凍結－融解を受けた土の応力と変形特性，新潟大学災害研年報，4，115－120。
青山清道・福田 誠（1983）：凍着凍上防止工法に関する実験的研究，新潟大学災害研年報，5，89－96。
青山清道（1984）：凍着凍上に関する模型実験，新潟大学災害研年報，6，97－102。