

岐阜県土木部道路維持課 正会員 福富善次郎
同 清水雅彦
岐阜県乗鞍スカイライン建設工事事務所 野尻春夫
大林道路株式会社 正会員 奥野正和
岐阜県土木部道路維持課 正会員 鈴木 治

1 まえがき

乗鞍岳は、中部山岳国立公園南端に聳え、我国において最も早く山頂近くまで登山車道が開闢されている名山で、そこを訪れる国立公園利用者の増加と、特に近年の急激な motorization の影響により、夏期最盛期には山頂に通ずる主要地方道乗鞍公園線の交通渋滞は、はなはだしいものがあり、これが対策について、岐阜県は種々の検討を進めていたが、交通渋滞の解消と、交通の安全を確保して国立公園の利用と自然保護の増進を計り、あわせて地域開発に資するため、昭和44年、乗鞍スカイライン有料道路の建設に着手した。

乗鞍スカイライン有料道路——国道158号の平湯峠(標高1684m)から南下乗鞍岳(主峰3026)の旧噴火口鶴ヶ池附近の畳平(標高2702m)に至る主要地方道乗鞍公園線の現道改良による14.4km(図-1)——は、他に



図-1 乗鞍スカイライン建設工事平面図

類と見ない高冷山岳道路であるので、いかなる舗装構造にするか問題となった。予じめ実施した土質調査に続いて試験舗装を行って、主な問題点

- (1) 冬期の過酷な寒冷気象によって必然的に惹き起こされる、いわゆる寒冷地道路の凍結凍上、及び春期の融解時の支持力減退について
- (2) 現地材である焼土、河床砂利の路盤材としての使用について。

の検討を加え、スカイライン舗装構造設計に關する基礎資料を得ようとしたものである。目下舗装工事は順調に進んでいるので、以下試験舗装に伴う調査結果の一部を紹介する。

2 試験舗装の概要

試験舗装は、45年10月、総幅6.5mに改良された区間で、第1工区の夫婦松附近(標高2000m、過去10年)間の平均凍結指数1120℃日)で、日照比較的悪く、路床の悪い所に228mと、第2工区

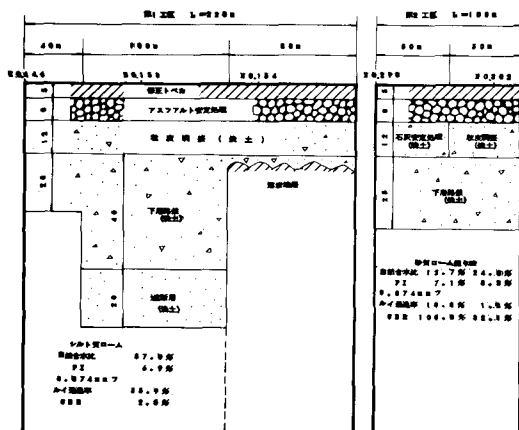


図-2 試験舗装断面図

の畳平(標高2700m, 指数1825°C・日)で日照比較的良好く、路床の良好な所に100mそれぞれ施工した。

施工断面は図-2に示すとおり、有料道路としての計画全交通量から算出した舗装厚、目標値を満足する断面と、満足しない断面とからなり、厚さ5cmの表層、現地産の高原川河床砂利を主材料とした厚8cmのアスファルト安定処理と現地材料の焼土の粒度調整材料、あるいは、石灰安定処理による厚さ12cmの上層路盤および、焼土による厚20~40cmの下層路盤から構成される。ただし、岩塊の露出している区間は、下層路盤を6cmとし、支持力の均一化を図っている。一部軟弱路床には、焼土を厚さ20cm敷きならして遮断層を設けた。第1工区の40m区間(N0.146~N0.148)は、過去において、附近で別途施工した軽舗装が破壊していない事より、下層路盤を減少させたタイプを試みた。以上の如く材料と工法を変え、あるものでは層厚を変え、5種類の断面を設けた。建設時には図-3に示すとおり、凍結、凍上、地中温度、含水比調査のための測定器の埋設を行って、各種断面の相対的な比較検討を行った。

電力供給可能な第1工区は自記記録による1冬連続観測を行い、不可能な第2工区は、積雪前(10月に2回, 11月に3回)と除雪後回収前(5月)の計6回の測定を行った他、気象地質条件の類似した東京大学宇宙線観測所構内(標高約2800m)に同様計器を埋設して、自記記録による連続観測を実施した。

電力供給可能な第1工区は自記記録による1冬連続観測を行い、不可能な第2工区は、積雪前(10月に2回, 11月に3回)と除雪後回収前(5月)の計6回の測定を行った他、気象地質条件の類似した東京大学宇宙線観測所構内(標高約2800m)に同様計器を埋設して、自記記録による連続観測を実施した。

3. 調査結果

3-1. 路盤材(現地材)

図-4は試験舗装に上層路盤材として用いた、粒度調整した焼土、消石灰安定処理に用いた材料及び原材料の50mm以下下層路盤材としたものの粒度分析である。

上層路盤としての焼土は、アスファルト舗装要網の粒度範囲に入り、0.4mmフルイ通過分のPIは0.4、最大乾燥密度1.996、最適含水比9.7、修正CBR125で耐ス性試験結果も舗装要網の規格を満足し、しかも路盤工としての締固め密度は96~97%を得ており、施工上問題ないものと考えられる。

この焼土は、G. Beskow, A. Casagrande, Morton, Schaibleらによって報告されている土の粒径と粒度による土の凍上の判定基準からすれば、凍害に対してほとんど安全であり、北海道開発局道路工事仕様書の上層及び下層の路盤材料としての規格をもそれぞれ満足するものである。

試験の結果も良質の路盤材料であることを示し、河床砂利についても base course 用材として特に問題はなかった。

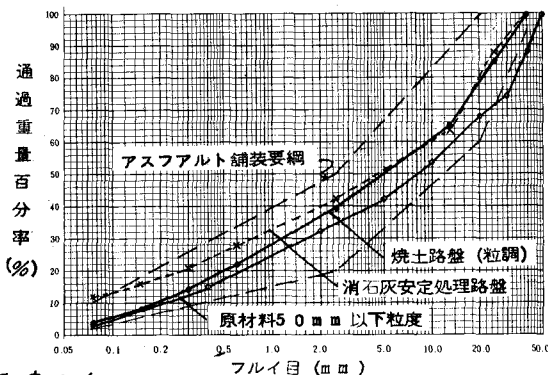
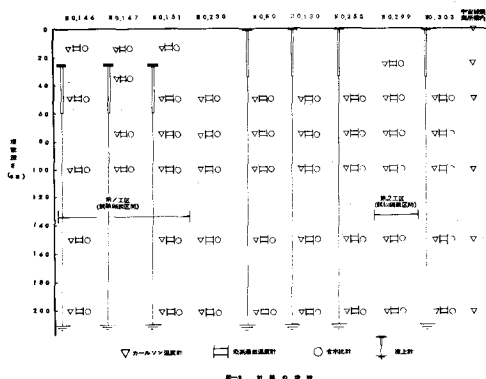


図-4 焼土並びに安定処理の粒度

3-2 地中温度分布

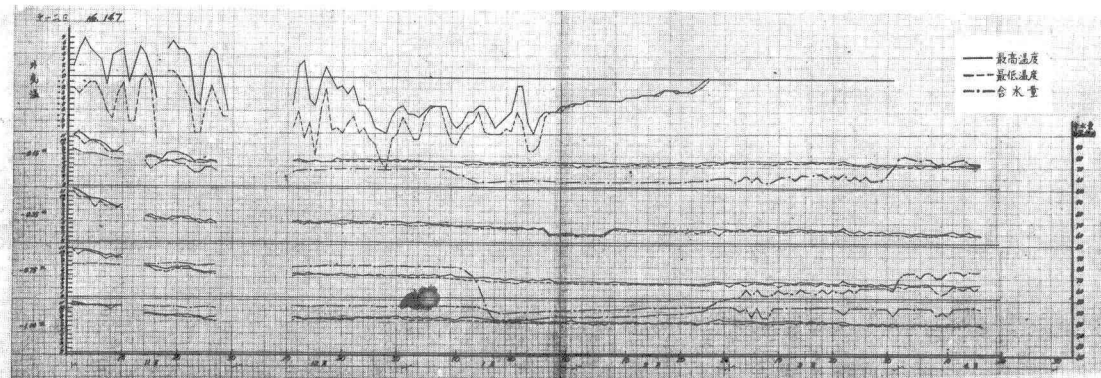


図-5 地中温度分布

第1工区の地中温度分布の測定結果の一例を図-5に示した。この図はNo.147における埋設深さ毎の最高最低温度と含水量の変化を示している。(途中の不連続部分は停電の為) 1月下旬頃より、外気温の最高最低の温度差がないのは、測定器が雪に埋もれてしまったためであろう。

地中温度は、第1工区の4測点の各埋設深さで0℃に達する所はなく、30cm深くなるごとに1℃の温度上昇を示し、積雪前において、外気温が地下1mまで影響するのに4～5日かかることが判かった。12月以降の温度分布が変化していないのは積雪による雪の熱伝導率が小さい(凍結土のほぼ%)ため、凍結深さの下降が停止する、いわゆる雪の遮蔽効果によることが、はっきり確認できた。

第2工区の地中温度分布の測定結果の一例を図-6に示した。この図はNo.299における測定月日ごとの埋設深さ毎の温度測定値である。最低気温を指したと思われる12～2月の測定が行われていないが宇宙線観測所構内の測定結果(図-7)からは0℃の位置は120cm深さのところにある。この宇宙線観測所の測定結果は積雪のある所での測定値である。

図-8は冬期間における、最低温度であるが第1工区と違い、完全に0℃以下を示している。この図は、ある時期に強風のため路面が、あるいは、路側山積等が露出し、そこから寒気が地中深くまで浸入したため、雪の遮蔽効果がなくなった時に示した温度と思われる。高冷山岳地においては、地中温度が、さまざまに変化する気象・地形条件(特に積雪の状況)によって左右されることが判かった。

3-3 凍結深さ, 凍上量

第1工区の試験舗装区間では、図-5に示すように積雪下で地中温度が0℃以下になることもなく、事実土の

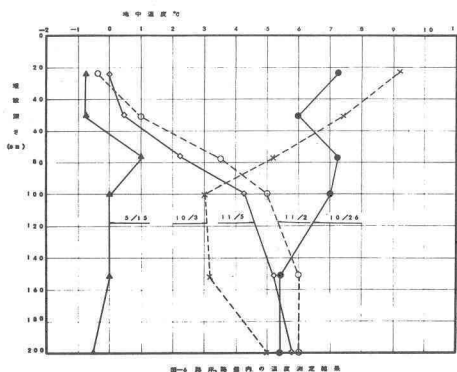


図-6 第2工区構内の温度測定結果

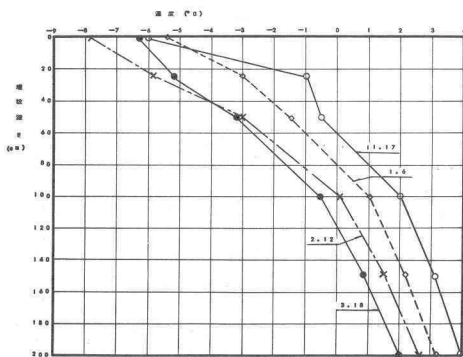


図-7 宇宙線観測所の設置直後の測定による測定値の代表図

凍結、凍上もおこしていない。また舗設直後と除雪後のレバリンア及びベンケルマンビーム測定結果も差がないことが確認された。この様な気象条件の所では、舗装構造設計においては、路床路盤の凍結、凍上を特に考える必要はないことが判かった。

第2工区では、図-8に示したように地中温度が 0°C 以下に下がる。室内凍上試験(Hveemの膨張圧試験器)結果によれば、温度が -2°C 位で、また他からの水分の供給のない場合、凍結、凍上は起こらないと考えられるので、凍結深さは -2°C の位置と推定される。図-8から、N0.80, 130, 303などの様な地形条件の個所では50cm以下で凍結は起こらないと推定された。なおN0.303での堀削時の観測から30cm迄の凍結(アイスレンズの発生)があった。N0.299の様な個所では凍結が進みその深さは170cm程度と推定された。なおN0.299での堀削時の観測では、凍結深は150cm迄あり、氷晶が認められたが、霜柱の発生はみられず凍上作用は起こっていないようであった。

埋設凍上計による凍上量の測定結果は表-1の様に10mm以下であり、凍上量はほとんどないが僅かであり、もちろん凍上による被害は全くない。

3-4 含水比、支持力

冬期の地中の含水量は絶えず変化し、舗装体によって、表面からの水分の浸入を防いでいるにもかかわらず、たとえば図-5のとおりである。これは側溝下面あるいは砂利層からの浸透水と考えられる。したがって路床、路盤への浸透水の排除と、融解期にも比較的支持力の得られるセメント安定処理と組み込むことにより、路床への応力の伝達を少なくし、所定的支持力を確保する必要がある。

なお第2工区試験舗装区間で試みた石灰安定処理路盤工は、C. Oglesbyの著書にあるとおり、凍結溶解を繰り返す場所には不適当であることを確認した。

4. あとがき

以上試験舗装の概略を述べたが、高冷山岳道路の場合、地形、地質、地中排水、気象の条件は複雑で予測できない急変があり得るので、事前に十分な調査が必要であり、それに対する重点的な対策が必要である。その後も試験舗装の追跡調査と、外気温と地中温度の関係、地下水の変動、融解期支持力について継続調査を進めている。最後に調査工事に当たり、協力頂いた、東京大学宇宙線観測所、日本舗道、熊谷道路、中部電力の各会社々に感謝の意を表する。

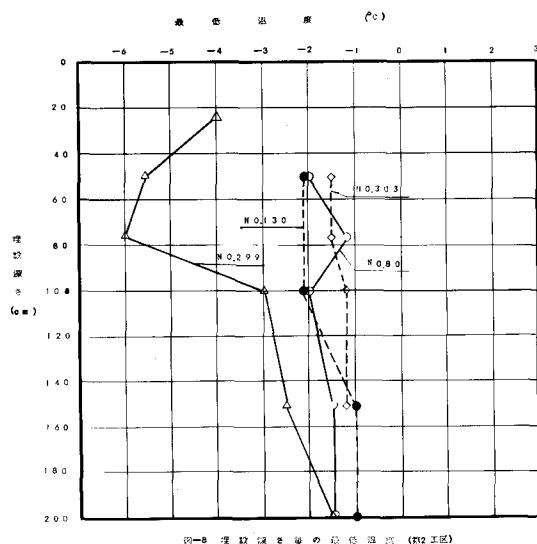


図-8 埋設凍上計の地中温度 (第2工区)

N0	測定値 (mm)					
	45. 10. 24	10. 26	11. 2	11. 5	11. 14	46. 5. 15
80	0	-	-0.12	-0.12	-	-0.67
130	0	-0.11	-0.24	-0.80	-0.66	-4.90
255	0	-3.48	-7.41	-5.02		
303	0	-9.83	-2.80	-3.59	-	-9.96

表-1 凍上計による凍上量の測定結果 (第2工区)