

立地条件に応じた路網作設法

立地条件に応じた路網作設法

I 試験担当者

機械化部機械科	福田 光 正
" "	林道研究室 福田 章 史
" "	" 井 上 源 基

II 試験目的

昭和49年度から51年度にかけて「急斜地および特殊地帯における路網作設法」の試験を行ったが、この課題全体について次の問題点が残された。すなわち、これまでにえられた路網作設の個別技術を組合せて、森林諸施業との関連（路網密度、作設コスト等）、林地保全その他を配慮しながら立地の条件に応じた効果的な路網作設の方法を確立すること。

また、個別技術に関しては立地条件ごとの適応性を絶えず検討することである。

路網作設に関する個別工法の技術は、林業試験研究機関の研究蓄積に加えて、モデル営林局署の技術開発報告書等、多くの試験研究調査資料で明らかにされている。従って、これらの資料を収集、整理、分析して、林地保全を第一に考えなければならない急傾斜地の路網と、軟弱地盤の対策が中心となる緩傾斜平坦地の路網に関する低コスト工法の適応性を、さらに究明する。国立林業試験場では、前課題に引き続き、この課題においても立地条件に応じた効果的な路網作設の基礎資料をえるため、終始一貫して高密度な路網の形成効果を期待する低質なトラック作業道を主な対象とし、生石灰を用いて路盤を安定させる工法、資材土の粒度調整と廃物タイヤその他の廃物を土木資材として活用し、資材の層を作る工法等、林内の軟弱地において、もっぱら低コストで行える路面、路盤の安定対策に焦点をしぼり、現地調査と関係諸資料の収集、整理、分析、検討を行い、事業の裏付けとなる研究資料をえて、それらを総括的にとりまとめる。なお、個々の成果は、その都度、営林局署の林道事業に反映させる。

III 試験の経過と得られた成果

初年度に当たる昭和52年度は、前年度まで3箇年間の課題であった「急斜地および特殊地帯における路網作設法」に関する試験を延長して、前年同様、名古屋営林局管内、国有林林道の路面、路盤に主として生石灰工法とタイヤ工法の安定処理を施した区間で、現地における路体計測

を行い、さらに測点箇所を横断方向に溝状に切断して、その断面を観察した。昭和53年度は、従来の粘性土を主とした生石灰処理に対して、砂質のマサ土地帯で生石灰より有効と思われるセメントおよびアスファルトによる路上混合式安定処理簡易舗装箇所の現地調査を同局、中津川営林署管内で行った。また、小坂営林署と新城営林署管内では、生石灰施行後の路網の状態も調べた。昭和54年度は、小坂営林署と久々野営林署管内で、保安林、自然休養林内の路網作設法に関する若干の資料収集と現地踏査を行った。以上3箇年の成果を、総括的にとりまとめて述べれば次のとおりである。

ひとくちに林道といっても、稜線沿いに、あるいは峰を越えて連絡線形でつけられる多目的の幹線林道から、一般の流域内での幹線林道、林内での諸作業に直接かかわりをもつ事業林道、果ては、地表を削がしたのみの車で踏み固められた地曳集材の作業道に至るまで広範囲にわたっている。従って、林道の路体断面構造も現実開設目的に見合った経済性、機能性、安全性を考えたうえで多種多様に設計、施工されている。路面の安定性を考える場合も何tonのトラックが時速何kmでどのくらいの交通量があるのか、混合交通といってもトラック以外にどんな車がどのくらい通るのか、交通もいつでも通れる全天候型のものから夏とか冬に使われる季節型、また、ある目的のためにある期間、それも短い間使われた後は廃道にされて顧みられない一時的な型等いろいろなパターンがあり、できるだけ安い経費で、安全性を保ちながら開設目的にそった道としての働きを持続できるように、林道の使い方にあった使用期間内の耐久性が求められ、それに伴う路面の安定処理方法も変わってくるのである。林道では、舗装事業が昭和46年度から認められたが、その主旨は人家や農作物等に対する飛石・砂塵等、被害の防止、軽減の必要性からで、その点、採択基準として同じ承認の対象になるのであれば、急な坂道で路面侵食の甚しい区間や急カーブの区間を舗装することによる交通安全の確保や維持管理に有利な面が、さらに強調されて欲しかった。最近では、林道も種々の名目で部分的に、あるいは全線にわたり、実質的に舗装された路線が数多くみられるようになってきたが、道路は全天候型に近ければ近いほど、その上を通過する車の荷重を支え、天候などの自然条件にもあまり影響されない路体の断面構造を持つことが望まれるのである。

砂に適度の水分を加えることにより、また、粘土を適度に乾燥させることにより土質は安定する。粘土質のぬかるみ道に砂礫、玉石等を敷きこみ路面を改良することからも、全天候型道路形成に対する路面構成材の粒度改善に関する重要性を知らされる。安定した路面とは、雨や暑さ寒さ等の気象条件に災いされずに常に同じくらいの交通を許す道をいうが、乾燥して砂塵を巻き上げ、降雨融雪に深い轍を刻み、泥を跳ね上げる路面でも輸送の能力に大きな変動がない限り、一

応安定したものといえる。この様に、安定という言葉のもつ意味も幅がある。しかし、安定処理道としての目標は最低より遙かに上を狙ったものである。水分や乾燥等による影響が少なく、交通による路面のかく乱、摩耗、破損に対して抵抗力を持ち、さらに通過輪荷重に耐えるもので優れたものといえば、セメントコンクリート舗装、アスファルトコンクリート舗装があげられる。しかし、安定処理道は従来の舗装と観念を異にし、土そのものを主体に土自身がもっている交通に耐える能力を基準として、これを最大限に発揮させるとともに適切な補材を添加して、その能力をさらに高めようとするものである。公道における舗装の構造は、道路建設現場と結び付いた技術の蓄積とその裏付けとなる研究の成果により関係要綱もくりかえし改訂され定着している。しかし、例えば、割石、玉石の基礎により路床上と絶縁し、その上にコンクリートを敷き、さらにアスファルトをかぶせ、路面を土から遠ざけ、その距離の大きいものほど高級な路面とされたように、一面、舗装がその根底をなす土と無関係な状態に置かれたり、むしろ、要因の複雑な土の問題より逃避、離脱する傾向がみられる。そこで、林道の場合は、土の問題をどちらかといえば避けて通るより進んで土と取り組んでゆく積極的な姿勢から、路面を築造する工法を見出してゆかなければならない。手入れの行届いた砂利道は必ずしも高級な舗装に劣らないし、砂利をほとんど含まない土道でさえ環境条件の如何によっては優れた性能を発揮し重車両に耐える場合も少なくない。しかし、土を主体とした路体の構築は安定性に乏しく、高級な舗装に劣らない砂利道も交通にさらされると降雨により土の結合力が弱められ、乾燥によって土が飛散し、路面には大きな轍が、また、ポットホールが点々と出来て甚しく劣悪な路面になってしまうことがある。土砂の安定工法は、主として粒度配合を考えた細粒骨材式工法、主として結合力の添付および防水を考えたアスファルトやセメントによる工法、主として液性限界、塑性指数の改良を考えた石灰やセメントによる工法、防塵および乾燥期の含水量を考えた塩化カルシウム、塩化ナトリウム、塩化マグネシウム等潮解性物質の添加法等に分類される。

高密な路網を形成し、林内の事業に直接かかわりをもつ規格外のトラック作業道は、通常、地山をそのまま路体とし、これに砂利を敷き込んだものである。軟弱地盤等必要に応じてそれに表面処理の土砂安定工法を施して使っている。道路の場合、路盤は舗装体の一部で路面表層と路床の間に設けられた層をいい、表層に作用し分散された車の輪荷重をさらに分散して路床に伝えること、また、毛細管現象による地下水の上昇、凍上による害、不等沈下、路床土の上昇のそれぞれを防ぐこと等の働きをもつものである。傾斜地に作られる林道では、おおむね、山側を切り取り、その掘削した土を谷側に流用して盛る。土量の釣合いを考えた、いわゆる、半切半盛が従来から土工の原則となっている。しばしば、そのように施工され、自然のままにある地山と盛土と半々

の基面上に砂利を敷き、十分な締め固めもないままに路体が構成されるので、路面表層、路盤、路床といった各層の区別が明確でない。「とおれる道」として必要な条件は、通過する車の輪荷重に対する支持力と沈下がその主なものであるが、実質的に路床を強くするには、路床そのものを強くする方法とその上の路盤や路面表層までの上層部に安定した資材の層を作る方法がある。特に、低コストが強いられた高い密度の路網形成効果を狙って開設される規格外低質のトラック作業道では、安全性と同時に、道路の目的を果たす働き、すなわち、機能性を最大限に発揮させるうえで、林内軟弱地での路盤安定対策が大きな問題となっている。従って、林道では、路盤工に関しても安い経費で上層部に資材の層を作る後者の方法が注目される。安定ということは、状態が乱されても直ちにバネのような弾力性をもって片寄りを元の状態に戻そうとする力が強く働くことを意味するが、表面的には激しい変化もなく落ち着いて静かで坐りがよい状態に保たれていることである。これに対して、安定した状態が乱れて片寄った状態のままになっているのを中立、乱れが去ったのちも片寄った状態が雪崩れのように大きくなっていくのを不安定といっている。

林道で一般的に路体構造を考えると、公道などの舗装と異なるのは、作設の対象となる土にあくまで積極的に取組んでゆかなければならない安定処理道が、路線数のうえで圧倒的に多いことである。土は、母岩より土になるまでの気象その他の環境条件により、また、その後の風や水で運ばれる過程、さらに、腐敗した有機物がまじり合うこと等により、色、密度、粘性、透水性など、その性状が千差万別である。土粒子の大きさによる分類では、砂利、粗砂、細砂、沈泥（シルト）、粘土、膠質物（コロイド）に分けられ、その土粒子の組合せ状態による三角座標の粒度組成分類では、砂質土、砂質ローム、ローム、沈泥質ローム、粘土質ローム、粘質土、それに以上おのおのの土に砂利のまざった砂利まじり土がある。土粒子は、大きさだけでなく、当然、形も異なっているが、これらのことが総合されて、土の地耐力、安定度、透水性、凍結等に大きな影響を与えているのである。また、土は含まれる水分によりその性状が変わるので、安定性を考えるとき、水の問題も土と切り離しては考えられない。このことが、土を取扱う上で一層、事態を複雑にしている。液性限界、塑性限界、収縮限界は液体と塑性体、塑性体と半固体、半固体とのそれぞれの限界を示し、液性限界と塑性限界の間は土の塑性状態の範囲を表わし、両者の差をとって塑性指数と呼んでいる。塑性とは可塑性ともいい、例えば、湿った粘土に外力を加えてもこわれず連続的に形が変わる。この様に、外力を除いても元に戻らず、永久歪みとして変形が残りやすい性質をいう。自然状態にある土は、人工を加えられた同じ種類の土より粗で、透水性が高く、しかも、安定しているが、いったん取り出され、砕かれ、締め固められるなど、種々の人為が加えられると根本的にその性質は変化する。さらに、土には最適含水比といわれる一定

の含水状態があり、この条件の下で一定の締め固めに対する土の最大密度がえられるので、土が最適含水比で最大密度に締め固められた時は、土粒子と水の間に付着力が十分に働き、さらに水が土中に浸入してきても、その土は膨潤軟化することがない。土の強さは、その土が不足している大きさの粒子を混ぜる粒度調整により改良できる。すなわち、粗粒、細粒の土が適当に配分され、砂利や玉石のような粗骨材が力学的に強い枠構造を形成し、よく締め固められて密度の高い混合物になっている土は、荷重によって側方流動なども起こさず安定している。林道では、高い経費をかけてまでも「ふるい」の通過量で決められている資材を探して集めることより、むしろ手近にえられる資材を目的にそって上手に使いこなすことの方が本筋と思われる。そこで、セメント、石灰等の添加剤により安定処理することも出てくる。その場合も粒度調整した土に対して行くと、さらに効果的で安定工法の機能を著しく高めることになるので、この様な土に関する原則を常に忘れてはならない。それから、土の効果的な安定法の一つに排水がある。路側に側溝を設け、横断排水溝を極力多く配して水を周辺の水路に速やかに導く等、路面に水溜りを作らないように、雨水に起因した路体決壊がないように、道路敷から出来るだけ早く排水することが肝要である。

林道の路盤安定剤は、路床土上から路盤、路面表層までの上層部に資材の層を作り、内部摩擦力や粘着力をふやし剪断強度を増して土を安定させるために用いられ、さらに低コストで行なえるものが主な対象となるが、路盤となる土の間隙をみだし、あるいは土粒子を固結して、その地耐力や不透水性を増すために使えそうな化学的資材としては、次のものがある。

セメント

土を安定させるために、ポルトランドセメントを添加剤として使った、いわゆるソイルセメントで、広く知られている。

路盤土をかき起こし、セメントをまぜ、水を加えて速やかに締め固めることにより、セメントを土に添加して土粒子間に接着力を与え半剛性の骨組みを作る。通常1週間かかる養生期間中の含水量調節が重要で、ひとたび吸水すると排水が困難で収縮による「ひび割れ」の原因にもなりかねない。この安定処理に適した土は、粘性の少ない砂や砂利質土で、細粒の粘土は混合がむずかしく、セメント量が多くなり、経済的にも不利である。セメントの混合添加率は、土の粒度、性状、工事目的により異なり一定しないが5～15%、通常6～10%といわれている。施工の厚さは、路盤の状況、交通等により10cmまで可能である。有機質土は、含まれる有機物によってセメントの水硬が妨げられ固まりにくいので、さらに、塩化カルシウム等を加えることがある。ソイルセメントの目標は、セメント材料を土に添加することにより、水分乾燥に対する土の抵抗

力を高めるなど、セメントの持つ優れた性能を活用して土自体の持つ能力を上げようとすることで、その主体は土である。この点、砂や砂利を骨材としてセメントを加えて作るセメントコンクリート舗装と形態、施工法に共通点があっても基本的な考え方では相違がある。ともに、低コストで経費節減を目的としていても、ソイルセメントと貧配合のコンクリート舗装とは同一視出来ない考え方の差異がある。ソイルセメントの欠点としては、半剛性のためヘアクラックが生じやすく、それが開くとポンピング現象等が起きること、タイヤの摩擦に弱く、路面表層に使うときは被覆を必要とすること等がある。

アスファルト、タール

道路目的に使われるほとんどのアスファルトは石油の蒸留物、タールはコークスかガス炉の副産物で、いずれも水のように容易に蒸発しない黒の粘着性のある添加剤である。この安定処理は、添加剤の持つ粘着力の付加により土粒子間の結合を強め安定した強さを与えると共に、防水性を高め浸透水の影響を少なくする方法である。砂質土に最適で、水分の多い粘質土に乳剤を加えると、さらに過剰な水分を与えることになる。このように土に含まれた水の量に影響されやすいことが、問題となる。セメントのように、土の強さを大きく改良することは出来ないが、土の耐水性を高める大きな特色がある。さらに、処理土に剛性を与えるために、セメントや消石灰を併用添加することがある。処理土は、路盤作設用として、また、低コストの路面として使える。従来の実績によると、施工の厚さは4～7cmであるが、状況に応じて2cmもしくはそれ以下にすることも出来る。

石 灰

これは、わが国古来から耐水性のある堅くて丈夫な土間仕上げに用いられた「たたき」に類する工法である。「たたき土」とは、可溶性珪酸とアルミナに富む粘土状の土（花崗岩等の風化土）をもとに、消石灰、にがり、砂をそれにまぜ、水を加えて一種の水硬性セメントを作り、それを敷均して槌などでたたき、強く締め固めた土のことである。

石灰は「いしばい」とも呼ばれ、生石灰（ CaO 、比重3.0～3.4）と消石灰（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、比重2.2）がある。生石灰を水に作用させると、激しく発熱して消石灰になる。市販されている生石灰は、一般に石灰石または炭酸カルシウムを900～1,000℃に加熱して炭酸ガスを放出させて作った良質なカルシウムである。消石灰は、比較的安価なアルカリ材料で、生石灰に比べて不溶解分が多いため、処理土を締め固めた時、ひび割れの発生が少なく安定している。消石灰は、セメントによる土の安定工法に似た工法として、セメントの代りに、これまで普通に使われてきた。しかし、最近では、生石灰の化学反応を起こす際に生じる吸水、膨張、発熱作用を利

用しようとする試みが多くなり、軟弱地を通る林道、特に高密路網におけるトラック作業道の路盤強化のための安定工法としても注目されている。標準となる生石灰の混合添加率は6%で、路盤各部の条件により距離を区切って、安定処理層の厚さをおおむね30～60cmぐらいに変えている。

しかし、土と生石灰との攪拌を、現在、林道工事現場に導入しているようなバックホウ等とする限り、そのバケットの大きさから、30cm以下の厚さをきめ細かく設計しても、その通り実行することはむずかしい。また、導入機械による土の安定処理施工の能率をあげるため、処理層の厚さを例えば40cmにするとか、可能な限り長区間一定にして、その区間内における地点、地点の諸条件の差に応じて、逆に添加率の方を変えたらどうかという声もうなずかれる。このように、安定処理の実行に当っては、化学的な路盤安定剤側の問題だけでなく、処理するために導入する機械器具側からの問題も当然出てくるのである。

以上の林道に使えそうな化学的資材に対して、物理的な安定資材では、林道の場合、むしろ、手近にえられる材料を低コストで上手に使いこなすことが肝要である。路盤や路面表層材として有効と思われるものには、切込砂利、山砂利、切込碎石、碎石を敷き込むほか、校条や丸太を突込むもの、枠組み丸太を沈めるもの、サンドバックの土のう、廃物のタイヤを利用して敷くもの、（タイヤビード、スライスタイヤ、タイヤ並べなど）、ワイヤメッシュと称する鉄線の太目や細目の網、ナイロンやビニール線のような高分子材料によるクロスと呼ばれる太目のやや剛性のある網や細目の網ネット、PPFその他のシート、および、それら2、3の組合せ等がある。

IV 結 語

「Ⅱ 試験目的」の項でも記したように、当场では、前課題に引き続き、本課題においても路網作設の基礎資料をえるため、国有林林道の軟弱地において、低コストで行える表層路面、路盤の安定対策に関する調査を行った。得られた成果としては、低コストで行える路網軟弱地対策の総括的なとりまとめをした。しかし、本課題を林道事業の中で取上げ実施した関係営林局署と連絡をとりながら、立地条件に応じた路網の構造と施工法に関する作設技術の集大成をはかるような、本研究課題の核心にふれる問題が残ってしまった。

今後は、難問ではあるが、効果的な路網作設法の確立をめざして、この問題について、ねばり強く究明してゆかなければならない。