

急斜地および特殊地帯における
路網作設法

急斜地および特殊地帯における路網作設法

I 試 験 担 当 者

機械化部林道研究室

福 田 光 正

" "

小 林 洋 司

II 試 験 目 的

近年，起点と終点の二点間を線でとらえ走行速度中心の交通路性格と，速度より網の形成を含めて林内の必要な任意の箇所に一層近く自動車で達するためや路端より作業地への働きかけの便を考慮する等，道の効用を面としてとらえる作業路性格の区別を検討することにより，あたえられた機能と置かれる環境にふさわしい路網の規格構造が求められてきた。

また，路網では低コストと関連して現場採集や廃物利用の土木資材を使った路体の作設法（資材土の粒度調整を含む）が絶えず究明されている。一方，鋼材，軽量材，高分子材料，ガラス繊維等それも柱状，布状，網状に成形された新土木資材やそれに伴う新施工法が林道用として次々にさまざまな形で現われてきたので，これら資材の適切な組合せを考えなければならなくなった。

このような情勢下で，急斜地においては，まず，林地の保全を考えながら高密路網による森林施業を定着させるような，また，軟弱地や石礫地その他の特殊地帯においては，作設時およびその後の交通に支障を及ぼすことのないような路網作設法の確立がいそがれている。従ってこの技術開発試験は，急斜地において発生する土砂の処理，切取法面や盛土法面の安定等保全を考えた作設工法および軟弱地盤の路盤安定や排水処理に適した低コスト工法を検討し，路網全体の機能性，安全性を確保して普及に役立つ作設技術の基礎資料をえるために行うものである。

しかし，急斜地の路網作設については，東京営林局掛川営林署管内の大代国有林における報告書等にみられるように，この試験を始める時点で既に課題として取組まれており，かなり成果があがっていたことと，林道特に低コストが優先する高密な路網の形成効果をねらったトラック作業道では，安全性と共に機能性を最大限に発揮させる上で，必要とするとき間違いなく

通れる道として林内軟弱地における路盤安定対策が大きな問題の一つとなっていたので、当国立林業試験場では焦点をさらにしぼり、もっぱら低コストで行える路盤、路面の安定工法に関する土質工学的試験を担当した。

路盤は、路面までの上層を支持し、上層より伝えられる交通による通過荷重を分散して路床に伝えと共に、くりかえし荷重により軟弱な路床土が地下水に混って泥水となって路面に押し上げられてくるのを防ぐ重要な役割を担っている。

路体の強化法には、路床や地盤を直接強くする方法と路盤や路面の上層部に輪荷重に耐える資材の板層を作る方法がある。

路体の一部を地山にもたせ砂利を敷き込んだ林道では、コンクリートやアスファルトによる正規の舗装道と異なり、表層、基層等の道路の表面に近い部分と路盤、さらに路盤と路床、地盤の底の部分との境界がはっきりしない。一般に、軟弱工法は含水比の高い粘土、沈泥、有機質土等の路床や地盤上に工作物を作るとき、対策として講ずる特別の手段をいうが、路盤の軟弱さは支持力の強さだけでなく、その上を通過したり、とどまったりするものの重量に対する相対的な関係によって決まるものである。また、それも支持力と同様、不等沈下が路上通過の安全性に大きな影響をあたえ、滞水による路体崩壊の原因ともなっている。

特殊地帯のうち軟弱地における路網作設については、局の指定課題として同時に名古屋営林局が取組み、施工法に関する現地調査および検討を行なった。

Ⅲ 試験の経過と得られた成果

(昭和49年度)

特殊地帯のうち軟弱地の高密路網について、名古屋営林局の落合国有林(小坂営林署管内小黒川)と段戸国有林(新城営林署管内)で低コスト路盤安定工法の裏付け資料をえるため現地試験を行なった。

測定に使用した土質試験機器類は、球体落下式簡易CBR試験器(直径9cm、重量4kgの半球体を高さ60cmより落し、カーボンの痕跡径Dmm値よりCBR値を知るもの)、直読式や自記式の携帯形単管コーンペネトロメータ(頂角30度、直径2.87cmか2.03cm、底部断面積6.45cm²か3.23cm²の円錐を毎秒1cm前後の速さで人力により土中に押し込み、その抵抗荷重を力計で直読するか自記する静的な円錐貫入計で、平均抵抗値を円錐の底部断面積で割ったコーン指数qc値をえるもの)、衝撃式地耐力測定器(三脚の上部に自記記録計を備えた動的平板載荷試験機で、三脚の中心線に沿って高さ30cmより重量10kgの円板錘を落し、路面に設置し

た直径20cm、厚さ3cmの円板の沈下量I値が5倍に拡大された記録計の読み5I値より支持力係数K値を知るもの)、土研式貫入試験機(三脚を組みその中心線に沿って頂角60度、直径3cm、底部断面積約7cm²の円錐を重錘5kg、落差50cmにより胴付きの鋼索を引いてサウンディングし打込む動的貫入試験機で、土中の深さ10cm貫入させるに必要な打撃数N値からK値を知るもの)、支持力測定装置(載荷トラック重量等を反力とし、分離式油圧ジャッキの荷重計による荷重の読みと支持用分岐レールに取付けたダイヤルゲージによる沈下の読みを観測する静的な平板載荷試験とCBR試験兼用の装置で、前者は直径30cm、断面積706.5cm²の載荷板を用い単位面積当りの荷重を沈下量で割ったK値を求めるもの、また、後者は直径5cm、断面積19.63cm²、長さ20cmの貫入ピストンを用い、標準貫入量0.25cmに対する単位面積当りの荷重を標準荷重の70kg/cm²で割って100を掛けたCBR値を求めるもの)で、現地に携行しやすいもの、また、静的や動的な貫入試験機と平板載荷試験機をとりまぜて選択し採用した。

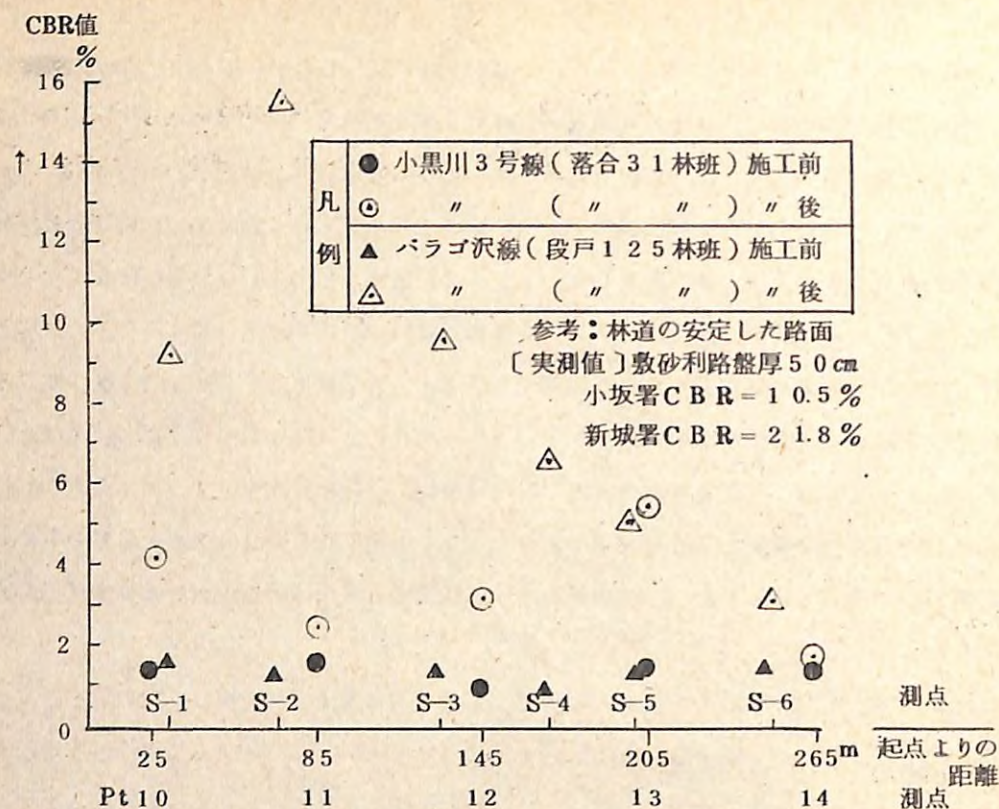
なお、含水比は、土の含水量を土の炉乾燥重量で割って100を掛けた値であるが、この場合、現地で採取した土を水分の逃げないようにポリエチレンの袋に入れて持帰り、室内実験でその試料土を10~15gあて容器にとり計量の後、110℃で重量が一定になるまで24時間ぐらい炉乾燥し、デシケータの中で室温までさましてその重量を測った。

標準土に対する支持力比CBRおよび支持力係数K値を現地で求めた結果、路盤に対する敷砂利、PPFシート、ワイヤメッシュ、タイヤビード、スライスタイヤ、タイヤ並べ、サンドバックならびに二、三の組合せの物理的対策も、生石灰を混ぜて路盤や路面までの上層土壌を硬化安定させるケミコライザー工法の化学的対策も共に、軟弱対策工法施工前後の差がはっきりと測定値に表われている。

落合国有林小黒川1号線、同2号線、ミソスリ林道における路面で、物理的処理をほどこした軟弱対策施工後のCBR値は、おのおの8~15%、10~11%、30%また、当然対策のとられていない切取りの肩上では、おのおの1.9%(含水比84.6%)、1.5%(含水比103.6%)、1.9%(含水比68.8%)であった。

段戸国有林48林班、49林班内の対策施工前の路面および切取り法肩上における測定値は共にバラツキは大きかったが、CBR値でおのおの1.9%、1.4%を示した。対策施工後の路面では12.9%であった。

落合国有林、段戸国有林において、化学的処理をほどこした軟弱対策施工前後のCBR値比較は、次図のとおりである。



高密作業道の軟弱対策工(ケミコライザー工法)
施工前後におけるCBR値比較図

対象土に対する生石灰を主としたケミコライムの混合率は、6%を標準としている。

これは1m³当りの土1.7tn(土の比重1.7)に対して100kgのケミコライムを混合することとで、幅員3mの路網では延長1m当り処理土層30cm強の厚さに相当する。

生石灰はCaCO₃を約1,000℃に加熱してCO₂を放出させて作ったCaOで、比重は概ね3.4である。生石灰を土に混ぜるとイオンの結合力により強いカルシウム陽イオンが、土の粒子表面の弱い金属イオンに置き換わりカルシウムが土粒子に群がった状態となり、その吸水膨張、発熱の化学反応により内部応力が増加して土を砕けやすくする作用が起るといわれている。混合直後のこの作用に続いて、水和して出来た消石灰(比重約2.3)と土の同化は長時間進行する。このようにボゾランの接着反応が起る一方、空中や水中の炭酸ガスと土の水分がカルシウムと炭酸化作用を起し、逆にイオン結合を抑制する力も働くようである。

落合国有林小黑川3号線は、昭和47年10月に路体を形成し49年7月に軟弱対策施工前

の調査を行なったが、測点10, 11, 12, 13, 14の値を平均したCBR値は1.5%で、含水比はそれぞれ90.80%, 142.55%, 220.23%, 62.70%, 87.38%であった。49年8月、それぞれの測点における深さ40cm, 30cm, 65cm, 45cm, 15cmのケミコライザー工法を行なった。49年10月の施工後調査では、各測点の値を平均したCBR値は3.5%であった。対策施工後の値が全般的に低かった原因として、当初に転圧が不十分であった等対策施工時の不注意もあるが、濃飛流紋岩の基岩上にかぶさっている褐色森林土の土層は深く、土の湿性、粘性が高い等悪条件が重なり、生石灰の使用量が標準量では足りなかったためとも思われる。

段戸国有林のバラゴ沢線は、昭和47年12月に路体を形成し49年8月に軟弱対策施工前の調査を行なったが、各測点の値を平均した施工前のCBR値は1.4%であった。

49年9月、測点S-1からS-6の間で、それぞれの測点の深さ30cm, 30cm, 30cm, 50cm, 30cm, 50cmのケミコライザー工法を行なった。

49年10月、対策施工後の調査で、各測点値を平均したCBR値は8.3%であった。

基岩は傾家変成岩で、その上にかぶさっている褐色森林土の湿性、粘性は小黑川3号線の現場より低く、土層も浅くその他諸条件がよかった。

一般に、軟弱路上や法肩上での測定にはコーンペネロメータが、対策施工後の固まった路上での測定にはその他のものが使われた。土研式貫入試験機による値は低値を示す傾向にあり、支持力測定装置でもCBR試験における測定値が不安定で十分に信頼出来る値はえられなかった。

(昭和50年度)

路面上よりする非破壊試験により路盤を中心とした支持力傾向を概略的に知ることが出来たので、次年度は、初年度測定箇所の路体を40~50cm幅に切断する破壊試験を行い、水平方向と垂直方向の断面を直接観察し、併せて経年変化を含む垂直方向の支持力傾向をも調査した。

また、舗装関係資料を収集、整理して簡易舗装などタワミ性舗装にみられる路盤のあり方を検討し、さきの測定観察結果をまじえて軟弱地における路盤作設工法の指針となる若干の成果をえた。工法の施工前後さらに1年後の経年変化を調べたが、その結果、数多くえられた値の

うち頻度の高い数値群の平均値をとり、使用計機器の種類により直接測定される D, q_c, I, N, K, CBR の各測定値をそれらの関連図表(どの換算図表も完全に固まったものでなく適用の範囲も限度があるので、表を修正しながら慎重に使用した)から、すべて CBR 値で表わし比較した。

タイヤ工法の調査では、小黒川1号線、2号線の場合、工法の施工前、施工後の路面における CBR 値は1号線でおのおの1.9%, 1.1%, 2号線では1.5%, 1.0%, 1年経過後の経年調査では、1号線の路面で1.3%, 路面より80cm深で1.1%, 2号線の路面で1.1%, 路面より40cm深で1.7%であった。

山砂利、ワイヤメッシュをはさんで上から押えられたタイヤビード(自動車のシャフトに近いタイヤの内側部分で10数本の鋼線で補強されたタイヤの背骨に相当する幅7~8cmの部分)は、形くずれも少なく位置も割合に動いていなかった。

生石灰による安定工法の調査では、作設後1年10カ月たった既設路線に安定処理をほどこし、その対策施工1カ月前と1カ月後の測定、さらに1年経過後の50年10月には路体を横断方向に切断し幅40~50cmに掘り取って破壊試験による断面の観察を行なった。

バラゴ沢線の場合、対策施工の前と後の路面における CBR 値は1.4%と8.3%であった。

さらに1年経過後の50年10月調査では、路面に滑り止め用の上置砂利が3~5cm厚に敷かれ、起点より測点S-4付近まで8cmトラックがはいり、交通量もS-4より先に比べて多かった。そのためS-1, S-2, S-3の路面における CBR 値は、轍部で13.8~18.3%, それ以外の部分で7.6~10.6%であった。

S-4, S-5, S-6の同じく路面における CBR 値は、轍の部分とそれ以外の差がはっきり認められず5.1~7.3%であった。これをみても転圧が重要なことと思われる。また、路面より30~50cm深における CBR 値は、S-1, S-2, S-3で2.5~6.1%, S-4, S-5, S-6で1.5~2.5%であった。 CBR 値は1.0%未満では粘性土使用不能、それ以上2.5~3.0%ぐらいまでが軟弱地盤対策で一般に問題となり、林道の場合は悪路と普通路の限界である。10.0%以上になると一応安定した路面と見做されよう。処理土は、石灰の量、石灰や土の種類、特に温度や水分の変化と関連の深い締固め度、養生期間等によりその強さや耐久性が異なる。石灰の濃度と土の影響される程度を基礎的実験により、さらに究明しなければ土に対する石灰の適切な混合率は充分つかめないが、石灰使用前に現場の土と混合してみれば、かなり現実的に混合割合を把握することが出来よう。

(昭和51年度)

前2カ年(49年度と50年度)の成果を総合的に整理検討して当該営林局との打合せ、さらに現地の補足調査を行ない、営林局署のつきあわせ資料を加えて軟弱路盤の安定や排水処理に適した低コスト工法について基礎資料をえた。

トラック運材用の林道、作業道では、路盤のみならず路体の安定策として一般に敷砂利による圧密が行われてきた。しかし、遠距離からの砂利運搬は経費がかさみ、作設予定経費の限度を越えるときは必要最小限の範囲でとどめられた。最近では、現場付近における山砂利等の土木用骨材採取も林地保全上の配慮からままならぬ実情となったので、軟弱地盤対策の一つの考え方として骨材不足を補う意味からも、現場の土をそのまま用いた生石灰の安定処理工法が検討されてきている。

この化学的工法で重要なことは、処理施工を行う際、改良しようとする土と生石灰を十分に攪拌混合し均一にすること。更に、その後化学反応の頃合を見計らって十分に転圧し、早急に一定厚の処理土板を作ってしまうことである。

なお、生石灰処理で効果的な土はローム等の火山灰性の土で、その脱水作用は生石灰と土とが接触した直後より起り、30分以内に含水比の低下がはっきりした。

現在、路盤対策工として用いられている生石灰は粒状で、粉状のものと異なり消化に時間がかかる。種々の条件によっても多少異なるが、混合後約2時間経過すれば処理土の膨張による亀裂の発生はなくなり、概ね転圧が可能となる。

51年11月上旬、有底土槽の土入れを行い、人工的に土質条件を一定にした静的試験の場を簡易舗装排水実験室に設けた。

土は筑波の褐色ロームを粒径1cmの篩にかけ、土槽内各20cm厚で三層に分け各層毎に転圧した。締固めの程度を当初 CBR 値10%と決めたが、最適含水比をもってしても土の性質上、それを下まわる値にとどまった。

51年11月末、前記土質試験機器による室内試験を行なった結果、土槽表面の路面に相当する CBR 値は7~9%であった。槽の内壁周辺で距離30cm以内の範囲は、十分に突き固められていなかったためか4~6%、槽上の「くりかえし載荷装置」を駆動し、7往復させて轍のついた中央部では9~11%であった。

残された問題としては、路体構造の機構をはっきりさせるために、まず、交通量調査を行い交通の質と量を一層正確におさえること。次に、人工的に作り上げた試験路体による構内試験や有底土槽を用いた室内実験から CBR 値や K 値の基礎資料を蓄積し、現場の測定値と対比さ

せ、真に路網の設計や施工面に実用化出来る数値の把握に努めること。さらに、軟弱地盤箇所に対して時間をかけて施工することの意義、安定処理後の経年変化、対策処理後の路上に重量物を徐々に載荷してゆく配慮等、特に化学的対策工事の評価に時間の因子を導入することの有利性に関する究明がある。

この課題全体としての残された問題点は、これまでにえられた路網作設の個別技術を組合せて、森林施業との関連（路網密度、作設コスト等）から立地条件に応じた効果的な路網作設法を確立すること。また、個別技術の立地条件ごとの適応性、立地条件に応じた効果的な路網作設工法を林地保全及び経済性その他、考慮しつつ検討することである。