

鉄 道 線 路 の 噴 泥

西 龜 達 夫

1. まえがき

鉄道線路には噴泥という現象がある。道床砂利の間に泥が入りこんで固つたり、枕木の下にすきまに泥水がたまって列車が通過するとき四方にとび散つたり、又砂利の間や枕木の傍に泥饅頭ができたりするのであるが、これが起ると軌道の狂いや列車の動揺が多くなるので、線路保安上非常に重要且つ困難な問題である。

噴泥の種々の現われ方やそれ等に対する対策はある程度研究され種々の工法が試みられているが、まだ噴泥の発生機構の完全な説明はできていない。従つて種々試みられた対策も成功した処もあれば数カ月で元の状態に帰った処もあり、又施工後 10 年或いは 20 年後に再び噴泥し始めた処もあつたりして、この問題の複雑な事を示している。

国鉄に於ては技術研究所土質研究室が中心となつて全国的に不良路盤の実態調査を実施中であるが、路盤の沈下及び振動と並んで噴泥はその主要な研究項目の一つとなつている。まだ調査中であるから完全な報告は出来ないが、噴泥について今までにわかっている事柄をお知らせしようと思う。

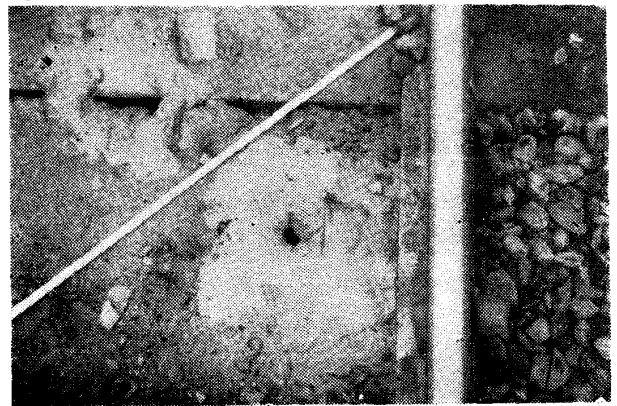
2. 噴泥の現われ方

1) 噴泥と呼ばれているものを広く見ると種々の現われ方がある。先ず第一は枕木の下側や横側にすきまができてそこに泥水がたまり、車輪が枕木の上を通過する度に泥水がとび散つて枕木や道床砂利の表面、軌条の側面等を汚すもので、それが乾くと一般には白色か灰白色を呈し、雨後特に多く又軌条の継目部に多い。この場合、道床砂利は微細な土粒子その他によつて程度の差はあるが固くかたまっている。

道床砂利がかたまる原因は種々考えられるが、長年の間に道床砂利そのものが砕けて粉末を生じたり、外部から風等で持込まれる塵芥や軌条の削り屑や油、勾配区間では機関車の散砂、又時にはその下の路盤から上昇してくる微細土等によつて、道床砂利が相互に連結されて固結するものと考えられ、一般に道床の老朽と考えられている。このように道床が固結してしまうと不透水性になるのでその上に雨水等をため易くなり且つ又荷重による枕木の運動に対し道床の弾性がなくなるため、枕木と道床砂利との間にすきまができて、いわゆる浮枕木の現象を呈してくる。このようにして起つた上記の噴泥を道床

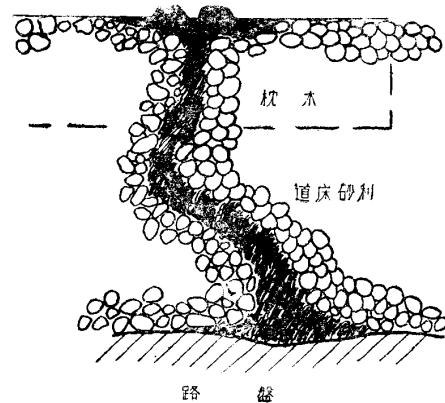
噴泥と呼んでいる。

2) これに反し道床は固結していないにも拘らず、枕木の横或いは端のあたりからネパネバした泥が噴泥してくることがある。このような処の道床砂利を掘り取つてみると、砂利は表面に出ている泥と同じようなものですつかり包まれて、いわゆる汚染している。砂利の汚染の範囲は径 10 cm 位乃至 50 cm 位で柱状に汚染していることもあれば、又道床が全面的に汚染していることもある。又時には写真のように枕木と枕木との間又は枕木の



図一1

端で道床砂利の表面に泥が盛上つて饅頭のようにもなっていることもある。そしてその中には中央部に直径 3~5cm の孔があいているものがあつて丁度噴火口のような形をしている。このような噴泥の道床砂利を丁寧に切取つてみると、図一2 のように孔は曲りながらも道床の下即ち路盤まで達していることがわかる。そこには路盤土がすつかりこね返されたような状態になつていて、噴泥のソースが路盤から供給されていることがわかる。こううに噴泥のソースが路盤から直接供給されているもののことを路盤噴泥といつている。この種の噴泥では、噴出物



図一2

或いは砂利を汚染しているものは大体茶褐色又は灰白色を呈し大体路盤土の色と似ている。しかし路盤の表層に

炭ガラを置いたり又表層の一部を砂で置換えたときには、その層の色と路盤土の色との混り合つたような色になつて噴き出してくる。従つて路盤土の色と噴出物の色とを比較してそれが異なるから路盤噴泥ではないと結論するわけにはいかない。

道床が広範囲にほぼ一様に汚染されてゆく場合と、噴火口式に局部的に汚染されてゆく場合の原因の差異はまだよくわかつていないが、噴泥のし方の劇しさ従つて保守に及ぼす影響の強さとは関係ないようである。むしろ噴火口型の噴泥は、道床砂利の中に何らかの原因により偶々できたすきまに雨水等が入つて路盤をいため、逆にその孔を通して噴泥し始めるのではないかと考えられる。

枕木の間で道床砂利を掻き出してみると、ちょうど軌条の直下あたりで道床砂利が特に深く路盤の中にめり込んでポケット状になっていることがある。これをバラストポケットと呼んでいる。又このような所には水がたまっていることがあるのでその時は特にウォーターポケットと呼んでいる。

3) 以上の外に噴泥という言葉には一見遠い感じを与えるが、その原因が非常に似ていると思われる現象に、木と枕木との間で路盤土が盛上る現象がある。勿論それ枕に対応して枕木従つて軌条が幾らかずつ沈下しているわけで、模式的に描くと図-3のようになる。この場合道床は格別汚染されているとは限らないが、枕木の直下で

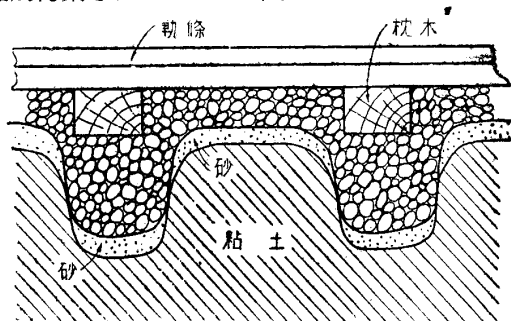


図-3

け砂利層があつて、枕木と枕木との間では路盤土がそのまゝ上昇してきて甚しい場合枕木の上面近くまで上つていることもある。これは端的には路盤の支持力不足によると考えてよいが、このような所は土質が非常に噴泥し易い所で通過屯数(交通量でt/年で表わす)の割合少ない所、或いは比較的噴泥し難い土で通過屯数の割合高い所等に見られるようである。

4) 又噴泥のし方には年間を通じて常に噴泥している所と、雨期或いは降雨後数日間のみ噴泥する所とあつて、前者を常時噴泥、後者を一時噴泥と呼んでいる。しかし一時噴泥でも道床砂利を掘つてみると相当汚染しているのが普通である。

3. 噴泥区間の線路保守

現在噴泥している区間の保守作業量が、噴泥し始める

前に比しどのように多くなつたかという調査はあまりないようであるが、噴泥している所に何らかの対策を行つて噴泥を止めた所の保守作業量の減少、或いはそのような所と類似の線路状態の未施工区間との作業量の比較は、幾らかの実例が報告されている。次に2~3の例を掲げよう。

新橋保線区に於て品鶴線御嶽山で噴泥防止工事を施工した時は、年間 360 m³ を要した補充砂利が施工翌年は 40 m³ に減少し、年間の作業人員は線路工手 1,044 人 人夫 188 人が、施工翌年は線路工手 289 人 人夫 52 人となつている。

又、白河保線区が東北本線高久一黒田原間で行つた調査によれば、軌道 100 m 当りの年間保守労力は未施工区間の 100.2 人に対し、切込砂利置換で噴泥を防止した区間 33.7 人、砂置換により噴泥を防止した区間 31.4 人となつている。

又函館本線銀山一然別間は殆んどが非常に粘土質に富んだ噴泥し易い山の連続なのであるが、その中で噴泥箇所とそこと線路条件のよく似ていてしかも噴泥していない所とを夫々 2 KM 宛取つて、その区間の保守労力を 29 年度の実績について比較してみると、良好区間の保守労力約 390 人に対し、噴泥区間の労力 570 人となつている。

4. 噴泥の原因

1) 道床噴泥は前述のように原因も大体わかつているから土質工学的には大した問題はなく、主として問題となるのは路盤噴泥についてであるから、以下問題を路盤噴泥に限つて話をすゝめる。噴泥防止の対策を樹てするためにはその発生原因を充分に知つておく必要があるが、前述のようにまだ原因の充分な解明はできていない。現在大まかに推定されている所を述べると、主要原因としては、1) 噴泥し易いという土の質、2) 荷重状態、3) 水の存在、という 3 要素が考えられる。

2) 先ず噴泥し易いという土の性質であるが、噴泥の噴出物が微細粒土からなつていることから考えて、噴泥し易い性質としては微細粒土の存在割合が注目されるわけである。しかしそれを土のどの性質によつて示すのが一番よいかまだはつきりしていない。現在の所では種々調査の結果、路盤土の液性限界が一つの index として使用できるのではないかとと思われる。

路盤が粘土層の場合は当然噴泥し易いわけであるが、このような所は多くの場合地耐力も低く路盤としても悪い所といえる。しかし silt Stone や頁岩或いは風化粘板岩の所では地耐力は相当大きくて一見良好な路盤のように見えるにもかかわらず、容易に噴泥を起すという場合が多い。

3) 次に荷重であるが、これは噴泥の現象を巨視的に

把握する範囲では通過屯数を一つの index として大体良いように考えられるが、道床砂利或いは置換砂層が汚染されてゆく速度等を調べるには、繰返し荷重としての荷重強度と繰返し回数とを考えに入れなければならないと思われる。

4) 最後に水の存在が非常に重大な関係を持つことは、噴泥が両切取の区間に非常に多いことからもうなづける。このような所では両側の側溝に常時湛水していたり、又は相当多くの水が常時流れていたりすることが多い。このように地下水位の高い所は噴泥し易いと考えられるが、しかし地下水の供給は絶対的なものではなく、土質が十分に悪ければ地表水（雨水その他）の存在のみでも噴泥は起り得るものである。即ち、噴泥し易い資料で盛土すると高さ 8m 位の盛土でも何年か後には噴泥し始めるものでそのような実例がある。この事は地下水位が高くてそのために噴泥しているように見える所でも、路盤の土質が非常に悪い所では排水設備を如何に充分に行つて地下水位を下げても噴泥を完全に止めることはできないことを示している。

5. 噴泥の対策

1) 噴泥を防止する方法は、その効果をどの程度に止めるかによつて設計も変つてくるわけである。つまり半永久的に防止する方法が比較的安価にできる時はそれを採用すべきは論をまたないが、もしそれが非常な大工事になつて多額の金を要し、しかも他に比較的容易で少くも数年間は噴泥を防止してその効果を持続し、従つて保守作業量を減少し得るという方法があれば、その工法を数年に繰返す方が得策となる場合もある。従つて、噴泥の対策は、工費と保守費の減少額やその他の経済的比較と、工法の難易や安全性等を考慮して総合的判断により樹立すべきではあるが、こゝでは一般的な話として種々の工法を掲げてみよう。

2) 噴泥の原因とそれに対応する工法とを掲げると次のようになる。

原因の排除	工 法
土質の改善	砂 置 換
	炭ガラ置換
	コンクリート版設置
	コンクリート梁設置
	薬液注入
荷重の軽減	遮断層設置
	軌条の強大、長尺化
	車輛の軽量化
	枕木の増設
	道床砂利厚の増加
	補助道床による線路扛上
	路盤面の傾斜
	排水管の設置

排水 側溝の低下及び側溝勾配の増加
サンドドレイン
中央溝の増設

3) これ等の各工法について説明をする。

砂置換—路盤土を適当な厚さ切取つて砂と置換えるもので最も信頼性の高い工法である。切取る形は排水を考えて図-4 のように線路と直角方向に 1/20~1/25 の勾配をつける。この方法の欠点は匍進防止枕が打てない点である。

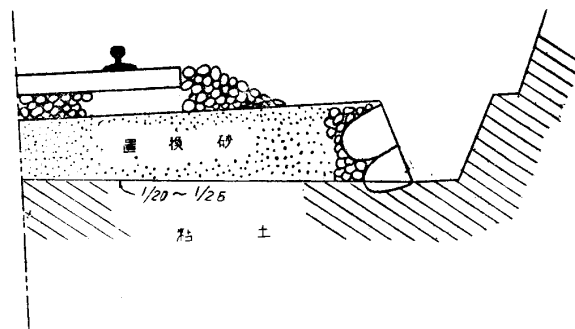


図-4

炭ガラ置換—砂のかわりに炭ガラを使用するもので、砂が非常に高価な場所ではよく実施されているが、炭ガラはその粒がこわれ易いためか砂より悪いと思われる。

コンクリート版設置—路盤土を適当な厚さ切取つてコンクリート又は鉄筋コンクリートの版を置くもので、これは結局道路の舗装の設計で荷重を列車荷重（勿論軌条、枕木、道床砂利を通して）にしたものに相当する。

コンクリート梁設置—版のかわりに橋梁のようにコンクリートの梁又は桁を路盤土の中に設置するので、特に軟弱な土質の所に設置して成功している例はあるが、高価であることと永年の中には梁の横から噴泥が出ることもあるようである。唯コンクリートの梁の上に直接枕木が乗っているため、少し位の噴泥では軌道の狂いは増大しないので効果的である。

薬液注入—路盤土が軟い粘土の場合、特殊な薬液を注入することによつてその粘土を噴泥し難い性質のものに変えようという工法で、まだ研究の段階にある。

遮断層の設置—路盤土の表面にアスファルト等の薄層を作つて表面水が浸み込むのを防ぎ、又噴泥のソースができたとしてもそれが上昇するのを遮断しようとするものであるが、正規の設計の路盤面即ち枕木下の道床砂利の厚さが 15~25 cm の所の路盤面にアスファルトの薄層を作つても砂利が直ちにめり込んで間もなく破壊されてしまう。

実際には砂置換した所で砂層の下にアスファルトの 2~3 cm の層を置いた例があつて、施工後 3 年の今日良好な結果を示している。しかしこれは砂置換の効果か或いはアスファルトがいくらか効いているのかはわからない。しかし何かの理由である程度以上深く砂置換できな

い場合、その下にアスファルト層を置くことによつて、砂置換の効果を援けるということは大いに考えられることである。

軌条の強大、長尺化—噴泥が軌条の継目部に特に多いことから考えて、長尺化すれば噴泥の箇所数が減る事は当然考えられる。又荷重を広範囲に分布することになるから荷重強度を幾らかでも減少して、噴泥防止に役立つということは考えられるが、その程度の事では多くの場合噴泥を完全に防止することはできない。軌条を強大化した時も同様である。

車輛の軽量化—ディーゼルカーが多く使用されるようになった線区で噴泥箇所数が減った例があるから、車輛の軽量化は当然噴泥防止に対しては有利ではあるが、車輛の軽量化は噴泥防止をその目的として行うような事柄ではないし、又その程度の荷重の軽減で噴泥をすべて完全に防止できるものではないことはいうまでもない。

枕木の増設、道床砂利厚の増加—何れも荷重強度を軽減する意味で有効である。しかしこれだけで噴泥を完全に止め得るものでないということは一上二項と同様である。

補助道床による線路扛上—汚染した道床砂利を除き砂又は切込砂利等を路盤の上において補助道床としてその上に正規の道床砂利を置く方法で、結局補助道床の厚さだけ軌条面は上り従つてそれに伴つて線路の勾配変更をしなければならない。橋梁や隧道等の構造物が附近になくて勾配変更が容易な所では安価な工法である。

路盤面の傾斜—砂置換の所で述べたように路盤の表面で線路に直角方向に勾配をつけるもので、雨水等軌道内に浸入した水をできるだけ早く排除しようとするもので、砂置換等のときは是非実施した方がよい。

排水管の設置—路盤の表層に線路と直角方向に排水管を設置する方法で、表面排水が特に重要な場合は必要な工法である。有孔管が使用されその周囲には適当な粒度の濾過層を作る必要がある。又地下水位低下のために側溝の下適当な深さの所に線路方向に排水管を埋設することもある。

側溝の低下及び側溝勾配の増加—地下水位が高い場合や地形の関係上降雨時等に路盤が冠水することがある場合は、側溝を低下したりその断面を大きくしたり又側溝の勾配を急にすることによつて滯水を早く排除することを考えねばならない。しかしそのようにしても尚土質の如何によつては完全に噴泥を防止し得ない事があることは前述の通りであつて、そのときは土質の改善の工法を同時に施工しなければならない。

サンドドレイン—あまり深くない所に透水層があるとき路盤から鉛直にその層までオーガー等で孔を掘り、その孔に砂を詰めて、いわゆるサンドドレインを作る方法で表面水の排除等に有効である。

中央溝の増設—何かの理由で側溝の低下が困難なとき

は軌間内で線路方向に中央溝を作り、路盤の直角方向の勾配を逆に中央に向つて下げてつけることもある。表面水の排除や地下水位の低下に有効である。又構内等で複線以上の場合に線路と線路との間に溝を作ることもしばしば実施されている。

4) 噴泥防止の工法はこの様に種々あるがその中のどれを撰ぶかは慎重に考えるべき事である。

噴泥の原因の中主要なものとして土の質があるから、もし非常に噴泥し易い土と思われる所では先ず土の質の改善ということを考えるべきである。しかし置換えるにしてもその深さには限度があるので、置換えた下の新しい路盤土の表面について、それが再び噴泥になつて置換えた砂層をつき破つてこない様に、その荷重状態や排水の問題を考慮すべきである。

土質はそれ程不適當でもないのに地下水位が高いため或は荷重状態が悪いため噴泥していると思われる時は、必ずしも路盤土の置換えをしなくてもよい場合がある。そのようなときは地下水位低下の工法を採り、且つ表面水の排除を良くし又枕木増設や軌条の強大長尺化を併行して実施すれば、それだけで充分噴泥は防止できるものである。

要するに同じ路盤噴泥に対しても常に唯一つの工法のみを最良と決めて採用するということはないで、夫々の現場の特質によつて主な原因に対する工法をまず考慮してその中の一つを採用すべきであり、又その効果を確実且永続的なものにするため現場の状況に応じて他の工法を併用すべきである。

(昭 30. 11. 12)

泥炭土の呼び名

[英: Peat, 独: Torf, ソ連: Tundra]

西南日本には比較的少ないが、東北日本には広く分布している「泥炭土」は、我々ソイルエンジニアにとつては「ガン」的な存在であるが、「所変れば品変る」とでも云おうか、同じ日本の水生植物から生成されたものながら、各地に見られる「泥炭土」にはそれぞれ固有の呼び名がついているのも面白い。

泥 炭	(北海道)
サルケ	(青 森)
ボヤリ	(青 森)
ネ キ	(秋 田)
ガ ス	(秋 田)
スクモ	(宮 城)
草 炭	(福 崎)
ケ ト	(千 葉)

(室町)