ベントナイトライナーによる路盤変状防止対策（BLITS工法）

既設営業線のバラスト軌道のバラストにセメントやアスファルト等を注入して固結させ，疑似的にスラブ軌道のような軌道構造としたものを「既設線省力化軌道」（図1）といいます。これは，新幹線用スラブ軌道のような新設線用の省力化軌道（図2）とは構造が異なります。既設線省力化軌道は，新設線の場合と違って十分な施工時間を取ることが困難なので，排水機能を有した強固な路盤工が施工されることはほとんどありません。したがって，既設線省力化軌道の路盤には，どうしても雨水等が溜まりやすくなります。

滞水した路盤上の省力化軌道は，いわば水溜りの上に大きな板を敷いたようなものです。この板に繰返し荷重が作用すると路盤面に大きな水圧が発生し，路盤土の細粒分が流出していきます。そして，省力化軌道のセメント注入層（コンクリート層）の下に徐々に空洞が成長し，最終的には大きな軌道沈下が生じてしまいます。これが，既設線省力化軌道において発生する路盤変状のメカニズムです（図3）。

この既設線省力化軌道の路盤変状を防止するには，路盤土を砕石等の水はけの良い材料で置き換える路盤改良が最も有効です。しかし，前記したように，短時間で施工せざるを得ない既設線省力化軌道において，さらに深い掘削が必要な路盤改良まで行なうのは至難の業となります。そこで，既設線省力化軌道の路盤変状メカニズムを踏まえて，路盤土流出だけをピンポイントで防止しようというのがBLITS工法（Bentonite Liner for Track-bed Surface）です。具体的には，ベントナイトという粘土で既設線省力化軌道下の路盤面に保護層を造り，路盤土流出を防止しようという工法です（図4）。

ベントナイトは極めて高い吸水力・保水力を持つ特殊な粘土で，身近な例ではペット用トイレ砂（いわゆる猫砂）に使用されていたりします。一般にベントナイトライナーと呼ばれるものは，ベントナイトを用いた遮水層のことで，産業廃棄物処分場の遮水バリアー等に用いられています。BLITS工法のベントナイトライナーは厳密な遮水層として機能するわけではなく，ベントナイトの高い保水力によって路盤面の水の移動を拘束してしまおうというものです。路盤面の水が拘束されてしまうと，原理的には路盤土が流出することもなくなります。

BLITS工法の施工法は，特殊な造粒加工をした粒状ベントナイト（図5）を路盤面に散布するだけ（図6）ですので，路盤改良に比べてはるかに簡便かつ短時間に施工でき，低コストです。ただし，ベントナイト自身に路盤強度を増加する作用はなく，あくまでも現状維持を目的とした工法ですから，現状で明らかに路盤強度が不足しているような場合は，やはり何らかの路盤改良を行なう必要があります。しかし，現在，既設線省力化軌道が敷設されているような線路は開業から数十年が経過し，路盤は列車荷重によって十分に締め固まっています。したがって，路盤面からの路盤土流出を防止すれば，既設線省力化軌道の路盤変状はかなりの確率で防止できます。

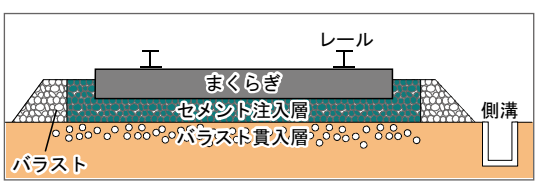


図１　既設線省力化軌道の構造例

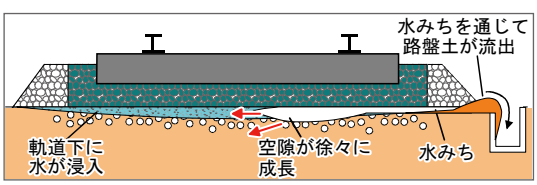


図３　既設線省力化軌道の路盤変状メカニズム

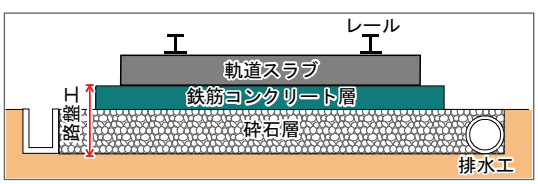


図２　新設線用スラブ軌道の構造例

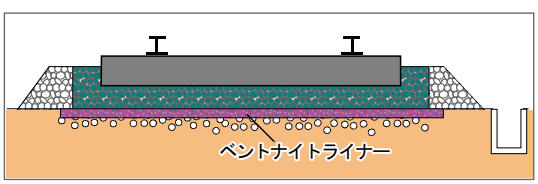


図４　BLITS工法の施工断面

発明余話

路盤土が泥土化して外部に流出する現象を，鉄道では噴泥といいますが，BLITS工法に関しては，「噴泥を防止するためにベントナイトなんかを使うなんて非常識だ！」といった御意見を地盤工学の専門家の方から伺うことがあります。土木業界では，ベントナイトは泥水にしてトンネルや基礎の掘削工事に使用するというイメージが強いからでしょう。

BLITS工法は既設線省力化軌道の路盤変状メカニズムを解明する過程で得られた偶然の産物です。「どういう路盤土が変状しやすいのか？」といった検討をするために全国からいろいろな土を集めるのは大変なので，人工的に特性を変化させた試料を使って実験を行なっていました。その際に使用していた材料が，実はカオリンとベントナイトという2種類の粘土だったのです。地盤工学の世界ではこの2つの粘土は非常にポピュラーで，配合比率を変えることで特性をいろいろ変化させた粘性土試料を作ることができます。そして，実験を進めていくうちに，路盤変状の発生しやすさがベントナイトの配合比率に対して極めて敏感であることがわかりました。これが，最終的にはBLITS工法へと繋がるのですが，当初は私自身も「噴泥を防止するためにベントナイトなんかを使う」羽目になろうとは考えもしませんでした。



図５　BLITS工法用に開発した粒状ベントナイト（RKB-999R）



図６　ベントナイト層の施工状況

ただし，原理的に有効であるからといって，実際に現場で施工可能な工法として成立するとは限りません。JR東日本とクニミネ工業㈱の皆様に多大なご協力を頂き，数多くの材料を試作し，試験施工を重ねた結果ようやく実用化に漕ぎつけました。例えば，本工法に使用する粒状ベントナイトは，夜間に投光機の下で施工する際の視認性を向上するために，食用色素で鮮やかな赤色に着色するという工夫がなされています。これは，極めて短時間に多くの人間が入り乱れて作業しなければならない既設線省力化軌道の施工現場においては，結局のところ目視が唯一の施工管理方法だからです。

余談ですが，BLITS工法はひょっとしてバラスト軌道の噴泥対策にも有効なのではないかと検討してみたことがあります。残念ながら現実は甘くなく，見事に失敗に終わりました。これは，バラスト軌道の噴泥メカニズムが省力化軌道の場合とは全く異なるためで，現在，それを踏まえて，バラスト軌道の噴泥対策については別の対策法を検討しています。

（軌道技術研究部　軌道・路盤　村本勝己）

《権利メモ》

発明の名称：省力化軌道およびその施工方法
概要：特に粘性土からからなる路盤上に形成されたてん充層によってまくらぎを支持する省力化軌道およびその施工方法。
出願番号：特願2004-044415　（2004.2.20）
公開番号：特開2005-232846　（2005.9.2）
登録番号：特許第3987045号　（2007.7.20）
総研発明者：村本勝己

発明の名称：路盤改良材およびその視認性改良方法
概要：鉄道や道路の路盤改良などの技術分野に適用するに好適な，路盤改良材およびその視認性改良方法
出願番号：特願2005-258952　（2005.9.7）
公開番号：特開2007-070889　（2007.3.22）
総研発明者：村本勝己
共願者：クニミネ工業㈱

※記事に関するお問合せ先：情報管理部（知的財産）
ＮＴＴ：042-573-7220　Ｊ　Ｒ：053-7220