

鉄道における既設線省力化軌道下の路盤変状に関する考察

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 村本勝己

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 関根悦夫

1. 既設線省力化軌道について

鉄道で最も一般的に用いられているバラスト軌道(図1)において、線形を保守するという作業は、まくらぎを支えるバラスト砕石層を整正するという事とほぼ同義である。そして、線形を保守機械や人力によって容易に整正出来る一般的なバラスト軌道は、逆に列車荷重や地震等によって容易に線形が崩れるフレキシブルな構造体でもある。したがって、バラスト軌道を使用するかぎり、どのように理想的な地盤条件や軌道条件であっても、軌道の保守作業を無くすことは基本的には不可能である。

これらの軌道保守作業は、機械の性能向上や経験によってある程度効率のかつ容易に行なえるようになってきている。しかし、一般に夜間にしか行なうことのできない軌道保守作業は、騒音等沿線環境への影響が大きく、また、少子高齢化時代を迎えて高度な保守作業を行なう要員の確保が今後さらに困難になると予想され、鉄道の軌道構造は既存の路線も含めて基本的にはバラストレスの省力化軌道構造へと移行していくものと考えられる。

土路盤上に省力化軌道を敷設する場合、新設線においては排水性や列車荷重に対する耐久性等を考慮した路盤工を施工するのが基本であり、その上にはスラブ軌道をはじめとする様々な種類の省力化軌道構造が敷設可能である。しかし、すでに営業している既設線の場合は、運休はおろか一晩あたり2~3時間程度の工事時間しか取れない場合も多く、適用できる省力化軌道の種類は少ない。現在、最も多く施工されているのが図2に示すような、バラスト軌道のバラスト層にセメントやアスファルト系のおん充填材を注入し固結して、連続した板構造とする軌道構造である。

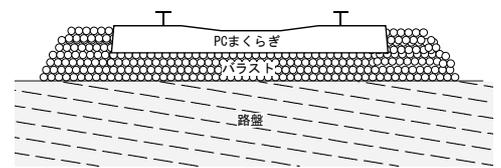


図1 一般的なバラスト軌道

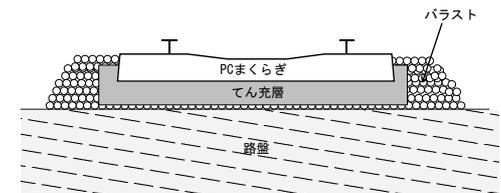


図2 既設線省力化軌道の例

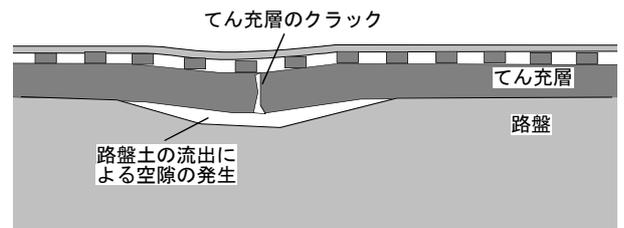


図3 省力化軌道下の路盤変状の例

2. 既設線省力化軌道下の路盤変状

開業後数十年を経た既設線の路盤は列車荷重履歴を十分に受けているため、路盤圧力がバラスト軌道より小さい既設線省力化軌道において、一般に路盤強度は問題にならないと考えられる。しかし、1978年以前に敷設された既設線は、路盤に十分な排水工を施工していない場合が多く、省力化軌道化に伴って軌道の排水性能が低下した結果、路盤噴泥や路盤陥没を生じた事例(図3)がある。

筆者らは模型実験や現地の観測等によって、省力化軌道下の路盤変状発生

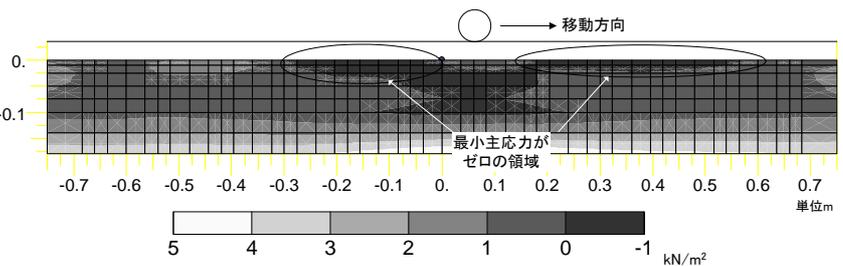


図4 省力化軌道の模型載荷試験のシミュレーション(最小主応力分布)

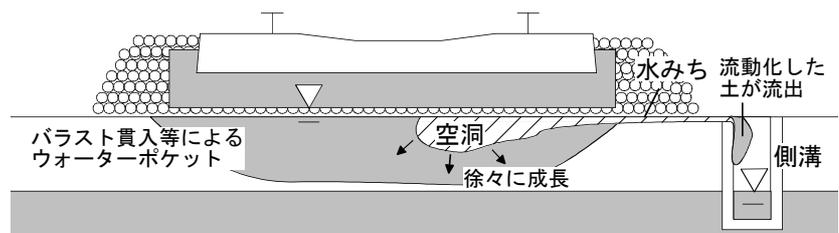


図5 省力化軌道の変状発生メカニズム

キーワード: 省力化軌道, 繰返し載荷, 粘性土, 模型試験, 間隙水圧, 路盤

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

TEL:042-573-7276

FAX:042-573-7413

因について検討してきた。その結果、図4に示すように、列車荷重によって路盤とてん充層との境界付近の有効応力が低下し、図5に示すように路盤土が流動化して空洞が発生するというプロセスが明らかとなった。

3. 路盤変状が発生しやすい土質の検討

前述した路盤変状の基本的プロセスを踏まえると、既設線省力化軌道下の路盤が変状するには、①路盤面付近で飽和度が高い、②水圧変動による有効応力の低下、③流動しやすい土質、の3つの条件が揃わなければならないが、①および②についてはすでに明らかになっている^{1), 2)}ので、③の流動しやすい土質について検討する。

図6は、模型実験や現地観測の結果から得られた、既設線省力化軌道下の路盤変状の発生と路盤土のコンシステンシー特性との関係を示したものである。データが少ないためまだ確実ではないが、粘土系よりもシルト系の土に変状が発生しやすいことが推測される。

また、路盤土のコンシステンシー特性と流動性との関係を把握するため、図7に示すようにカオリンとベントナイトの混合率を変えてコンシステンシー特性を変化させた4種類の粘性土供試体を予圧密圧力100kPa（一般的なバラスト軌道の路盤圧力に相当）で圧密して作製して水浸させる耐流動性確認試験を行なった。この際、大気中に切出した粘性土供試体は不飽和状態で透水係数が低いため、図8のように単に水浸させただけでは供試体内部の有効拘束圧が負圧によって維持されてしまう。そこで、供試体を水没させた後、セル内を脱気することで供試体の飽和度を上げて、1時間放置した結果が図9である。カオリン100%のAの供試体は脱気開始直後から自立強度を失って流動化してしまっただが、ベントナイトを10%以上添加して粘性を増加させた供試体は長時間にわたって自立強度を維持していた。

このことから、路盤土の流動化しやすさと、コンシステンシー特性とは非常に密接に関係すると予測される。ただし、軌道下の路盤条件に当てはめると、列車荷重による水圧上昇で路盤表面の有効拘束圧が低下している時間と、路盤表面が強度を完全に失って流出するまでの時間にはタイムラグがあり、強度低下する時間が短時間ならば、すぐに間隙水圧が消散して有効拘束圧が回復し路盤土流出は発生しないと考えられる。すなわち、列車長が長く、列車運転間隔が短い路線ほど、同一荷重履歴でも路盤変状は発生しやすくなると予測される。

参考文献: 1)「列車荷重が粘性土路盤の水圧変動に与える影響」、大塚、村本、関根、第38回地盤工学研究発表会講演概要集、pp.1295-1296、2003、地盤工学会

2)「繰返し載荷試験による粘性土路盤の軟弱化の検討」、村本、大塚、関根、第38回地盤工学研究発表会講演概要集、pp.1297-1298、2003、地盤工学会

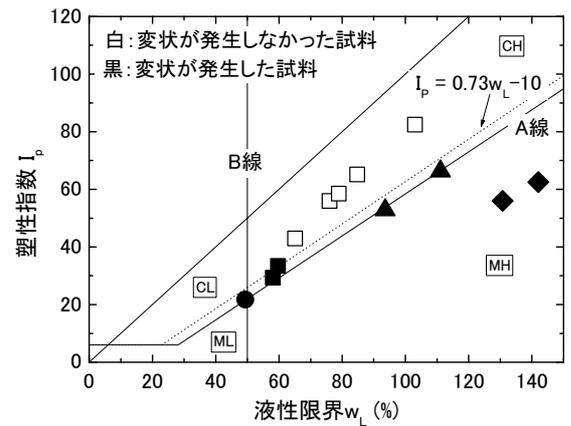


図6 路盤変状とコンシステンシー特性

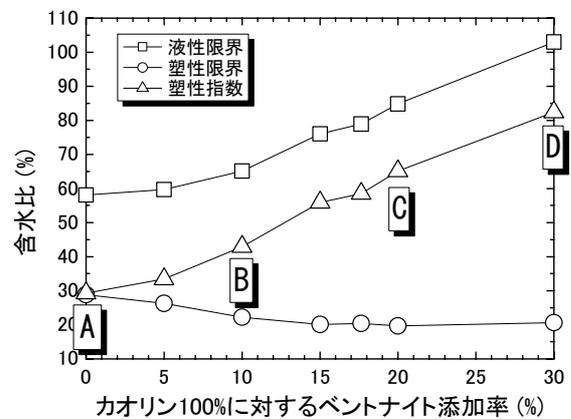


図7 ベントナイト混合によるカオリンの調整

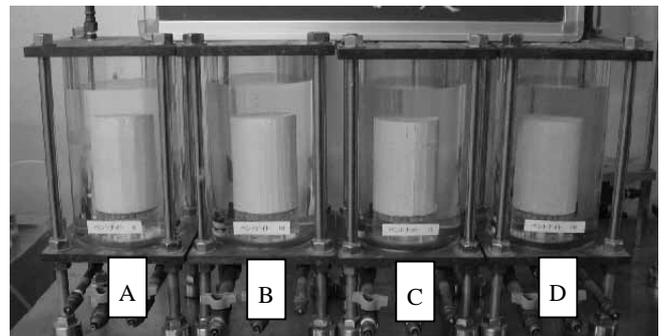


図8 土の耐流動性比較試験(水浸直後、脱気前)

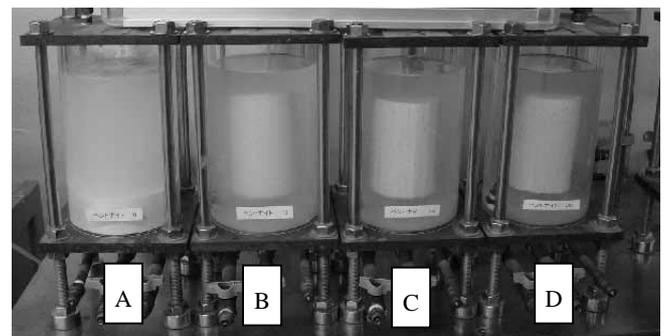


図9 土の耐流動性比較試験(脱気後1時間)