

第25回

スラブ軌道

はじめに

軌道は主にバラスト軌道とバラストレス軌道の2つに分類されます。バラスト軌道はレールを締結したまくらぎを道床バラスト（最大粒径が60mm程度の碎石）で支持する軌道構造で、世界で最も普及している軌道構造です。バラスト軌道は敷設が容易で建設費が安く、さらに軌道変位の整正が容易であるという長所を持っていますが、列車荷重の繰り返しによって、道床バラストのかみ合いが徐々に崩れたりすることで軌道に沈下が生じます。そのため、バラスト軌道には定常的な保守作業が必要となります。

一方、バラストレス軌道は、文字通りバラスト道床を使用しない軌道であり、列車通過に伴う軌道の沈下などが生じにくいので、日々の保守コストを大幅に低減することができます。ただし、あまり大きな軌道変位の整正はできないので、バラストレス軌道を支持する構造物には高い剛性と精度が必要であり、バラスト軌道に比べて敷設コストが高くなります。

バラストレス軌道には、一般的なまくらぎを用いるまくらぎ直結軌道と、片レールを複数箇所で締結することができる軌道スラブを用いるスラブ軌道があります。最近では、まくらぎ直結軌道は在来線で、スラブ軌道は新幹線での適用事例が多く、整備新幹線では施工速度の向上のためにスラブ軌道敷設作業の機械化が進められています。

スラブ軌道は山陽新幹線（岡山－博多間）で本格的に使用されて以降、敷設延長は新幹線で1781km（建設中も含む）、在来線で420km以上に達しています。特に、新幹線において採用比率が増加し、現在建設が進められている整備新幹線では9割以上の区間でスラブ軌道が採用されています（図1）¹⁾。

ちなみに、バラスト軌道とスラブ軌道の経済性を比較すると、新幹線のような場合、9～12年程度の供用で、スラブ軌道の方がバラスト軌道よりもトータルコストが低くなると試算されています²⁾。

スラブ軌道の概要

スラブ軌道の基本構造について、最も多く使用されているA形スラブ軌道を例に説明します。

A形スラブ軌道は図2に示すように、プレキャスト製のコンクリート板である軌道スラブの底面を適度な弾性を持ったてん充層で支持する構造です。てん充層にはA形スラブ軌道のために開発されたセメントアスファルトモルタル（以下CAモルタルという）が使用されています。CAモルタルは建設時における流動性に優れており、供用時には十分な強度と適度な弾性、さらに薄くても割れに

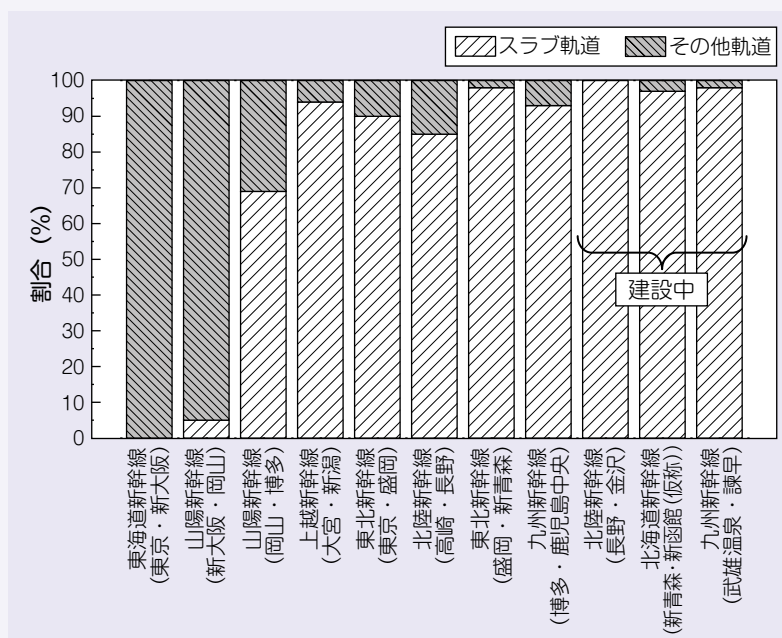


図1 新幹線の軌道種別割合

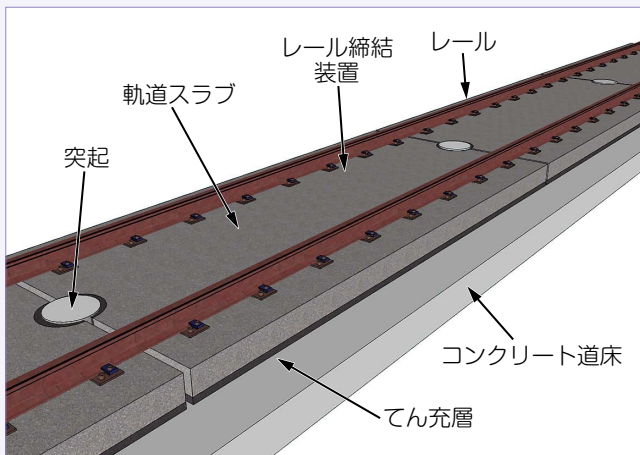


図2 A形スラブ軌道

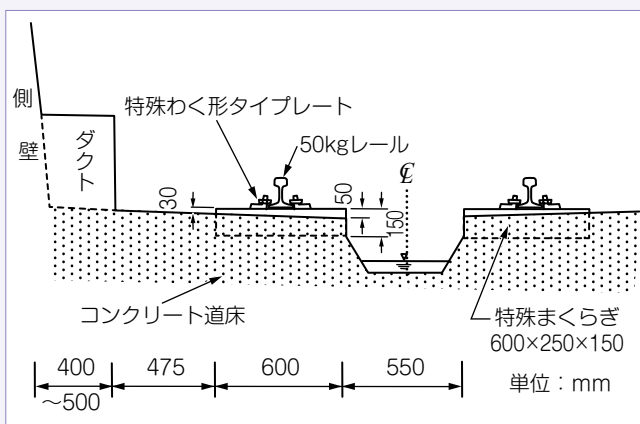


図3 関門トンネルの短まくらぎ直結軌道

出典：佐藤裕，樋口芳朗，道床部に着目した新軌道の研究，土木学会論文報告集，第184号，1970.12

くいといた特性を有しています。

軌道スラブの横方向の移動は底面摩擦力のほかに、軌道スラブ両端に勘合される円柱形状の突起で支持されます。施工性の向上とコスト低減を図るため、現在は5mを標準的な突起間隔として軌道スラブのサイズを可能な限り統一し、構造物の長さもそれに合わせるようにしています。

スラブ軌道の開発経緯

スラブ軌道を含むバラストレス軌道の開発は古くから行われており、昭和30年以降に実用化されるようになりました。

特に保守作業が困難な長大トンネル区間では、木製の短まくらぎ（左右レールを別々に支持するブロック状の短いまくらぎ）をコンクリート道床で支持する軌道が用いられた例があり、その代表的なものとして図3に示す関門トンネル内に敷設された短まくらぎ直結軌道があります。ただし、この軌道には、経年とともにまくらぎとコンクリート道床の間に目地切れが生じ、まくらぎが移動してしまうと

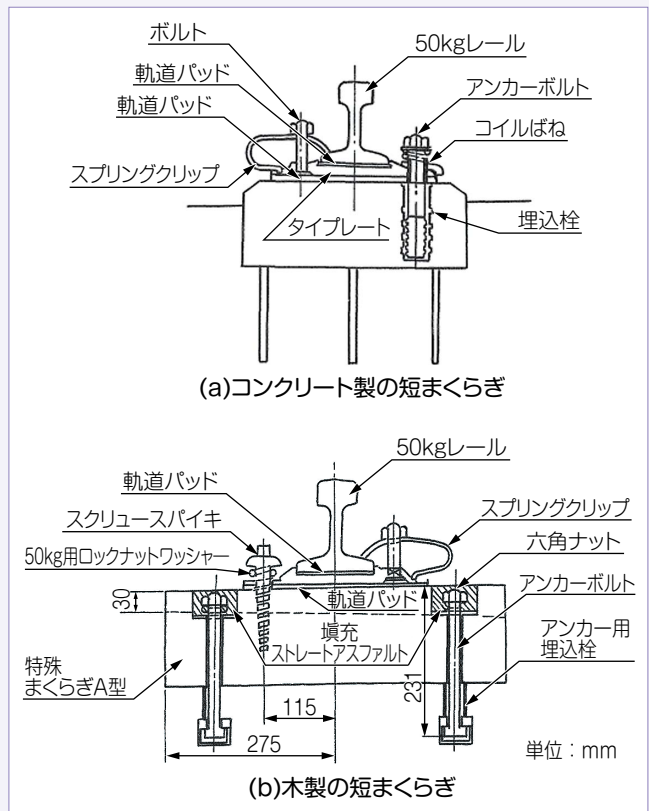


図4 北陸トンネルの短まくらぎ直結軌道

いった問題がありました。

次に開発されたのが北陸トンネル内に敷設された図4に示す短まくらぎ直結軌道です。この軌道では直線区間にコンクリート製の短まくらぎ、曲線区間に木製の短まくらぎを使用し、それぞれ鉄筋やアンカーでコンクリート道床に固定する構造でした。昭和35年に北陸トンネルの全長13kmに敷設され、その後多くの長大トンネルで採用されることとなりました。なお、曲線区間で木製の短まくらぎを使用したのは、カントの変更が必要とされた場合、上面を削ることで対処しようとしたためです。

前述した長大トンネル用の軌道を一般区間に適用する場合、施工費が高価であること、施工速度が遅いこと、下部構造の変状に対して修正が困難であることなどが問題点として挙げられました。そこで、これらの課題を受け、新たなバラストレス軌道を開発することとなり、以下の4点を開発目標として定めました。

- ①敷設経費をバラスト軌道の2倍以内に抑えること。
- ②バラスト軌道と同程度の弾性を有し、合わせて十分な強度があること。
- ③施工速度は200m/日以上で、施工法が簡単であること。
- ④下部構造の変状に伴う軌道変位（軌道狂い）をある程度整正できる構造であること。

これらを満足する軌道として、M形、L形およびA形の3種類のスラブ軌道が提案されました。図5に示すM形は軌道スラブの隅角部の4点をブロックで支持する構造で、L形は軌道スラブのレール直下を帯状のてん充材で支持する構造でした。一方、図2に示したA形は軌道スラブ全面をてん充材で支持する構造でした。

当初、軌道スラブを支持するてん充材は、高価な合成樹脂の使用が前提だったため、てん充材使用量がM形やL形よりも多いA形は、コスト面から採用が困難と考えられました。しかし、前述のCAモルタルが安価なてん充材として開発されたため、構造が簡易で施工性や耐久性に優

れているA形スラブ軌道が最終的に標準構造となりました。

スラブ軌道の改良

スラブ軌道は新幹線の延伸とともに随時改良が行われており、ここでは、その一部を紹介します(表1)。

軌道スラブの構造は、当初RC(鉄筋コンクリート)構造のみでしたが、東北・上越新幹線(大宮-盛岡・新潟間)において寒冷地へ適用することを考慮し、通常の使用時にひび割れが発生しないように制御することが可能なPRC(プレストレスト鉄筋コンクリート)構造が開発されました。

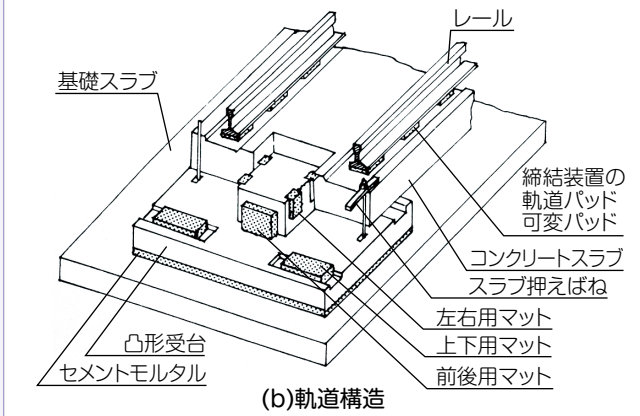
表1 スラブ軌道の改良

	軌道スラブ			CAモルタル		敷設区間
	構造	形状	締結間隔	配合	施工方法	
山陽(岡山-博多)	RC	平板	625mm	旧温暖地用	型枠	コンクリート構造物 トンネル
東北(東京-盛岡)	RC PRC			旧温暖地用		
上越(大宮-新潟)				旧寒冷地用		
北陸(高崎-長野)	RC PRC	平板 枠形	625mm 725mm※1	新温暖地用※2	ロングチューブ (不織布袋)	コンクリート構造物 トンネル 土構造物
東北(盛岡-新青森)				新寒冷地用		
九州(博多-鹿児島中央)						

※1：軌道スラブ間の締結間隔は650mm、※2：旧寒冷地用を新温暖地用として使用



(a)敷設状況



(b)軌道構造

図5 M形スラブ軌道

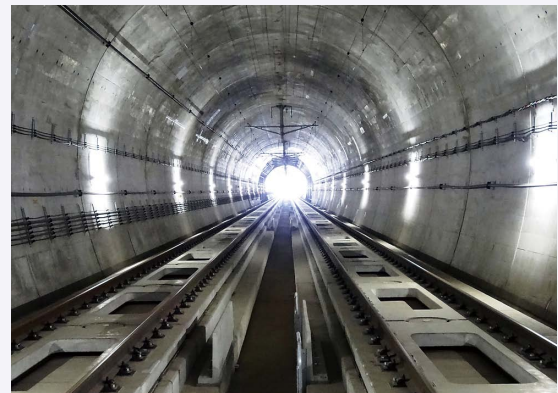


図6 枠形スラブ軌道の外観



図7 RA形スラブ軌道の外観



図8 土構造物上(切土区間)のA形スラブ軌道の外観

CAモルタルについても、東北・上越新幹線(大宮-盛岡・新潟間)への延伸に対して寒冷地への適用を考慮し、消泡材とAE剤(空気連行剤)を用いることで耐凍害性を向上させました。さらに、北陸新幹線(高崎-長野間)以降には、ポリマーを混入することでさらなる耐凍害性の向上を図ったCAモルタルが開発され、現在も使用されています³⁾。

山陽新幹線(岡山-博多間)で採用された初期の軌道スラブの形状は図2に示したように平板でした。北陸新幹線(高崎-長野間)以降は、ロングチューブと称する帯状の不織布製の袋にCAモルタルをてん充する施工法が確立されたことから、図6に示す枠形状の軌道スラブも使用されるようになりました。枠形状の軌道スラブを用いることで、軌道スラブの製作に関する材料費を低減できると共に、軌道スラブ上下面の温度差に起因するスラブのそり現象が低減し、スラブ軌道の安定性が向上しました⁴⁾。

また、A形スラブ軌道は、剛性の高いコンクリート構造物上への敷設を前提としていたため、当初は盛土や切土などの土構造物上への適用を想定していませんでした。土構造物区間に対しては、柔軟性のあるアスファルト路盤を敷設し、図7に示す比較的短尺のRA形スラブ軌道やバラスト軌道が適用されました。しかし、建設区間に異なる軌道構造が混在すると、連続した施工ができないため建設コストの増加につながり、さらに敷設後も一部のバラスト軌道のために軌道保守を行う必要があります。この問題を解決するため、北陸新幹線(高崎-長野間)以降において、管理基準および支持地盤条件を満足する盛土・切土にコンクリート路盤を施工することで、A形スラブ軌道が適用できるようになりました(図8)。

上述した以外にも、防振スラブ軌道の開発、軌道パッドの低ばね化、レール締結間隔の最適化、CAモルタル施工用ロングチューブの改良などが随時行われています。



図9 軌道スラブの敷設状況

スラブ軌道の施工

スラブ軌道の施工方法は、軌道スラブの運搬方法とCAモルタルの運搬・てん充方法およびこれらの組み合わせにより何種類か提案されています。どのような施工方法を採用するかは、敷設現場の条件、使用できる施工機械の種類、工期などを勘案して最も経済的な方法を選定しています。

新幹線の場合、図9に示す軌道スラブ運搬敷設車やCAモルタル注入車などを用いた走行レール法が用いられており、1日当たり200m以上のスラブ軌道を敷設することが可能です。ちなみに、この施工速度はバラスト軌道や弾性まくらぎ直結軌道の倍以上となっています。

おわりに

初期に敷設されたスラブ軌道は、間もなく設計耐用年数の50年に達しようとしており、一部、環境条件が厳しい箇所では補修を必要とする箇所も出てきました。しかし、ほとんどのスラブ軌道は十分な強度と健全度を維持しており、適切な維持・管理を行うことで、50年経過後もさらに数十年は安全に使用することが可能です。鉄道総研では、スラブ軌道の延命化とさらなる信頼性向上に向けて、維持・管理技術やリニューアル技術の開発を進めています。

(高橋貴蔵/軌道技術研究部 軌道・路盤研究室)

文献

- 1) 山岸明：軌道と構造物，土木学会誌，Vol.96，No.7，pp.69-72，2011
- 2) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説(軌道構造)，丸善，2012
- 3) 上野眞，板井則之：改良型寒冷地用CAモルタルの開発試験，鉄道技術研究所速報，No.A-86-4，1986
- 4) 羽賀修：スラブ軌道の今そしてこれから，日本鉄道施設協会誌，Vol.38，No.12，pp.17-20，2000