

スラブ軌道を健全に保つ

高橋 貴蔵
軌道技術研究部
(軌道・路盤 研究員)

関根 悦夫
同
(同 研究室長)



たかはし たかぞう せきね えつお

はじめに

いきなり質問ですが、山陽新幹線の建設以降(岡山以西)、新幹線の軌道が碎石を用いた軌道(バラスト軌道)から図1に示すようなコンクリートを用いた軌道(スラブ軌道)に変わったことをみなさんご存知でしょうか? 図2に示すように、スラブ軌道は山陽新幹線の岡山-博多間(山陽-西)で新幹線の主要な軌道構造として用いられ始め、現在では建設される新幹線の軌道の約9割はスラブ軌道です。



図1 スラブ軌道

スラブ軌道が用いられるようになった理由は様々ありますが、その中でも軌道のメンテナンスが少なくすむことが第一に挙げられます。このことは、労働力の確保が困難となっている現在では非常に重要です。新幹線のスピードは最高で300km/hと非常に高速なので、レールのゆがみ(上下・左右方向の曲がり具合等)をできる限り小さくする必要がありますが、その値は在来線より厳しくなっています。図3に示すまくらぎを碎石で支持するバラスト軌道では、列車が繰返し通過することによって次第に碎石が崩れ、レールにゆがみが生じやすくなり、ゆがみを直すためには日常的なメンテナンスを必要とします。しかし、スラブ軌道はコンクリート板(軌道スラブ)とてん充層でレールを強固に支持するため、レールにゆがみが生じにくく、日常的なメンテナンスを必要としません。また、レールにゆがみが生じにくいことから安定した列車の高速走行が可能になります。以上のように、スラブ軌道は軌道のメンテナンスが少

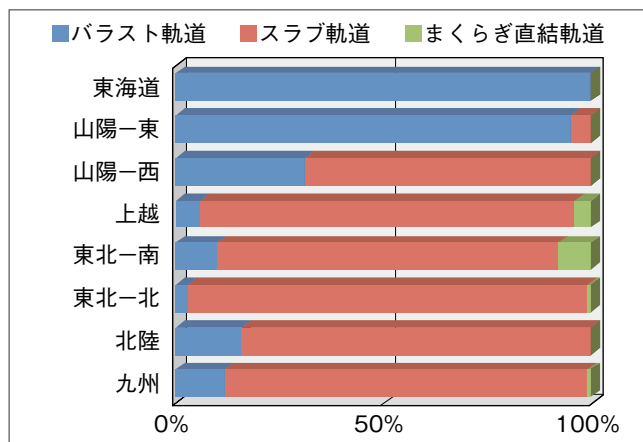


図2 新幹線の軌道種別割合

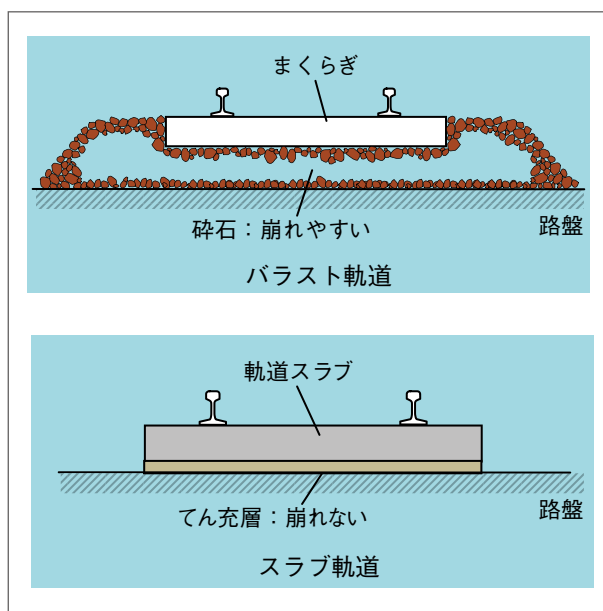


図3 軌道構造の概要

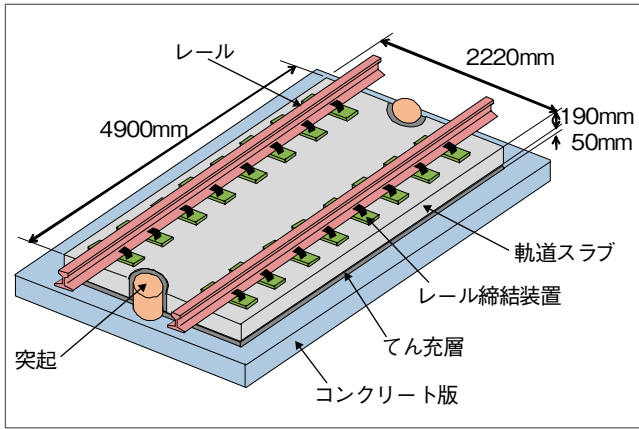


図4 スラブ軌道の基本構造



図5 凍害によるCAモルタルの損傷状況

なく、安定した列車の高速走行に寄与することから、新幹線での主要な軌道となり、台湾高速鉄道にも採用され、中国やスペインでも注目されています。

しかし、スラブ軌道が健全な状態にないと、レールにゆがみが生じやすくなり、メンテナンスに手がかかり、列車の走行も安定したものにならない場合があります。そこで、スラブ軌道の特性を維持するためには、スラブ軌道を健全に保つことが非常に重要となります。そこで、スラブ軌道を健全に保つための補修方法について紹介します。

スラブ軌道の構造

スラブ軌道は図4に示すように、レール、レール締結装置、軌道スラブ、てん充層、突起、コンクリート版（路盤コンクリート）で構成されます。

軌道スラブは工場で作られるプレキャスト製品です。一般に、新幹線の軌道スラブの形状は長さ4900mm、幅2220mm、厚さ190mmで、標準的にはレールを8カ所のレール締結装置で固定します。

てん充層は軌道スラブを直接支持する厚さ50mm程度のもので、CAモルタル（セメント、砂、アスファルト乳剤（常温で取り扱えるように工夫したアスファルトのこと）等の混合物）が用いられます。CAモルタルはスラブ軌道のために開発された材料で、スラブ軌道建設時に軌道スラブ底面全体にてん充するための流動性に優れ、薄くても割れにくい特性を持った材料です。

突起は軌道スラブの前後で列車走行等に伴う軌道スラブの横方向の移動を拘束するためのものです。突起の形状は円柱で、線路が曲線でも長方形の軌道スラブを設置できるようにしています。

スラブ軌道は高架橋上に直接敷設することもできますが、通常は路盤コンクリートに設置します。なお、盛土等の土構造物上では、多くの場合、路盤の上に直接設置します。

路盤コンクリートは、スラブ軌道を設置する構造物の高さを調整する役割の他に、積雪が多い場所で軌道面に雪が溜まりにくくする役割も果たしています。

スラブ軌道の補修方法

スラブ軌道の沈下補修

スラブ軌道はトンネル内や高架橋上等に多く施工されていますが、近年では盛土や切土等の土構造物上にも施工されるようになってきました。通常、スラブ軌道を支える構造物は沈下しないように設計されますが、構造物に予期せぬ沈下が発生するとスラブ軌道も沈下します。スラブ軌道が沈下すると列車の走行安全性が確保できないため、スラブ軌道の沈下に対する補修を行う必要があります。沈下の補修には2つの方法があります。

1つはレール締結装置で調整する方法です。スラブ軌道のレール締結装置は高さ調整が可能な構造となっており、レール締結装置と軌道スラブの間に調整板を挟むことで高さを調整することが可能です。

もう1つはCAモルタルで調整する方法です。レール締結装置でスラブ軌道の沈下を調整できない場合は、軌道スラブを持ち上げ、CAモルタルを撤去した後に新しいCAモルタルをてん充する方法が用いられます。CAモルタルをてん充する場合は、列車が走行しない夜間の間に施工しますが、補修後数時間で列車を通す必要があります。そのため早期に強度が発現するCAモルタルを用いる必要があります。

CAモルタルの補修

CAモルタルが健全であれば軌道スラブに変状が生じることはありませんが、CAモルタルが変状すると、軌道スラブを支持するのに不安定な状態となり、軌道スラブが変状する可能性があります。CAモルタルの主な変状の原因は図5に示すような凍害です。凍害はCAモルタル中に浸

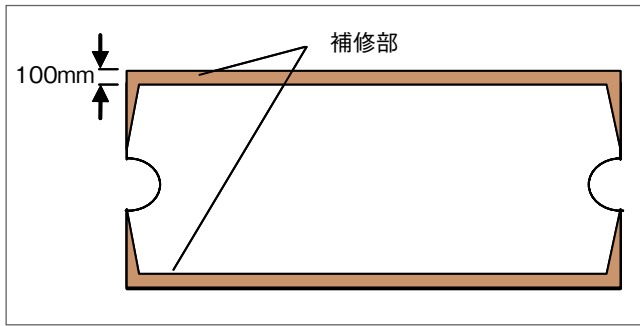


図6 CAモルタルの補修部

透した水分が凍結と融解を繰り返すことによって生じます。

凍害の補修は、図6に示すようにCAモルタルの周囲100mm程度を除去し、早期強度が高く、既設のてん充層と同じ弾性で環境に対する高い抵抗性がある補修用CAモルタルをてん充します。

軌道スラブの補修

軌道スラブの損傷の主な原因は、図7に示すような塩害(鉄筋腐食)、図8に示すような凍害および図9に示すようなアルカリ骨材反応です。

塩害は温度、湿度が一定で海水を含む漏水が多い海底トンネル等で発生しやすく、軌道スラブのコンクリート内部に腐食性物質である塩分が侵入して鉄筋が腐食する現象です。鉄筋が腐食すると膨張して、コンクリートにひび割れを発生させ、図7のようにコンクリートが剥落したりします。

図7の損傷状態は、コンクリートの剥落範囲が軌道スラブの補修要否の判定目安¹⁾に示されている100mm以上で、鉄筋が露出しているため、直ちに補修を行う必要があります。



図7 軌道スラブの塩害による損傷状況

補修は、補修を実施する箇所の鉄筋の周囲のコンクリートを取り除き、鉄筋の錆をワイヤーブラシ等で除去した後には有機系もしくはポリマーセメント系プライマー等の防錆処理を施し、取り除いたコンクリート分をポリマーセメントモルタル等で埋め戻して行います。

凍害はコンクリート中に浸透した水分が凍結と融解を繰り返すことによってコンクリートを劣化させていくもので、凍害を受けたコンクリートでは、一般に縞模様のひび割れが生じたり、表層がフレーク状にはく離すること(スケールリング)が多く、損傷が進むと表層からコンクリートが崩壊していく現象です。

図8に示した損傷状態は、損傷範囲が軌道スラブの補修要否の判定目安¹⁾に示されている100mm以上であるため、直ちに補修を行う必要があります。補修には、劣化したコンクリートを取り除いた後、ポリマーセメントモルタル等で埋め戻し、さらに水分が透過しにくい合成樹脂系の塗装材を補修部の表面に塗る方法があります。

アルカリ骨材反応は、図9に示すように骨材に含まれている十分に結晶化していないシリカ等(反応性シリカ)が、コンクリート内のアルカリと反応することによって、水ガラスの一種であるアルカリ・シリカゲルを生成し、これが水を吸うことによって膨張し、コンクリートにひび割れを生じさせるとともに、強度低下あるいは弾性の低下という物性の変化を伴う現象です。

アルカリ骨材反応によって軌道スラブに生じる損傷は、図10のような側面の軌道長手方向に生じるひび割れや、表面の亀甲状のひび割れがあります。図10に示した損傷状態は、ひび割れ幅が軌道スラブの補修要否の判定目安¹⁾



図8 軌道スラブの凍害による損傷状況

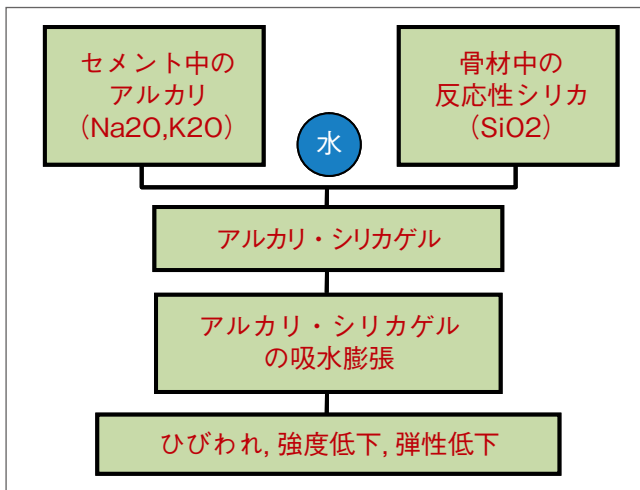


図9 アルカリ骨材反応



図10 軌道スラブのアルカリ骨材反応

に示されている0.2mm以下であるため、周囲の軌道スラブとともに順次補修を行う必要があります。

アルカリ骨材反応に対する補修方法は軌道スラブの表面や側面を被覆してアルカリ骨材反応に必要な水分の供給を少なくする方法が用いられます。被覆する材料はひび割れの状態によって選択します。ひび割れ幅が狭い場合にはアルカリ骨材反応の抑制を優先的に考え、コンクリート内部の水分量を減少させるため、水分が侵入しにくく内部水が蒸発しやすい水性シラン系の材料を用います。また、ひび割れが広く、鉄筋の腐食が懸念される場合には、内部水の蒸発については水性シラン系よりも劣りますが、ひび割れ部の鉄筋を防食し、ひび割れ挙動に追従するシリコン樹脂系または弾性ポリマーセメント系の材料を用います。

軌道スラブを簡易に交換

軌道スラブに損傷が発生した場合は、前記した補修で対応しますが、軌道スラブにかなり大きな損傷が生じたり、補修を行ってもたびたび損傷が発生する場合は、経済性等を考慮し、補修を続ける方が不経済となる場合は軌道スラブを交換する必要があります。

通常、軌道スラブを交換する場合、突起があるため軌道スラブを横から挿入できないので、レールを上げたり切ったりしますが、レールをそのままにして交換する方法もあります。この方法は、図11に示すように2つのプレキャスト鉄筋コンクリート部材を軌道の左右から挿入し、PC鋼棒で連結する方法です。この交換方法に対して試験を行いました。十分な性能を有していることが確認されました。

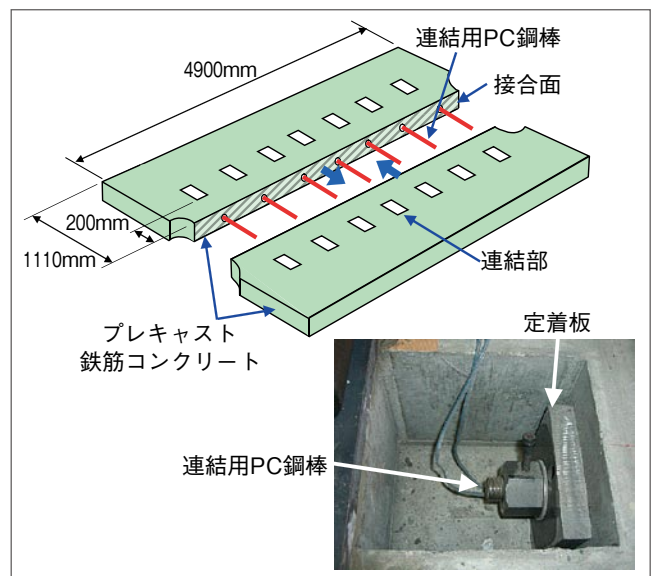


図11 取替用軌道スラブの概略

おわりに

現在、スラブ軌道の補修については、スラブ軌道各部の損傷の状態に応じた方法が手引きに示されていますが、損傷しているスラブ軌道の健全度を評価する方法はまだ提案されていません。今後はより効率的にスラブ軌道の維持管理を行えるよう、健全度評価手法の開発に取り組む予定です。[RRR]

文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：スラブ軌道各部補修の手引，2002.7