

# ビニロン繊維補強コンクリートの軌道への適用

関根 悦夫  
軌道技術研究部  
(軌道・路盤 研究室長)

高橋 貴蔵  
同  
(同 研究員)



せきね えつお



たかはし たかただ

## はじめに

バラスト軌道は、図1に示すように、レール、まくらぎ、碎石の集まりであるバラスト道床で構成され、日本を始め世界で使われている代表的な軌道ですが、軌道には、図2に示すように、バラスト軌道のほかに、碎石を用いない直結系軌道があります。直結系軌道の代表的なものとして、

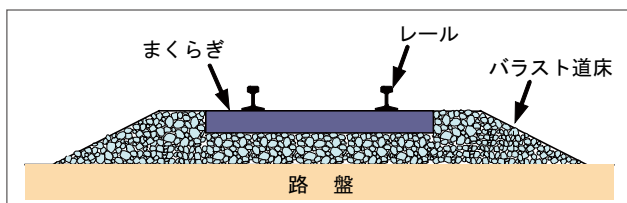


図1 軌道の分類

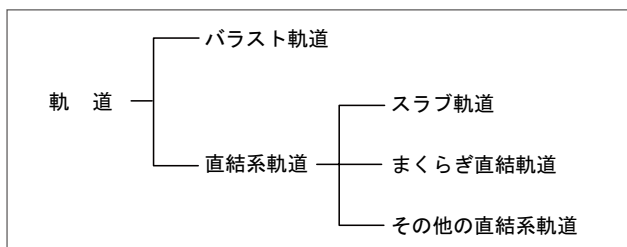


図2 軌道の分類

長さ5mの鉄筋コンクリート製の版(軌道スラブという)でレールを支持するスラブ軌道(図3)と、まくらぎを鉄筋コンクリート(コンクリート道床という)で支持するまくらぎ直結軌道(図4)があります。

バラスト軌道は、列車が繰り返し通過することによって徐々に碎石が崩れるために日々のメンテナンスが必要ですが、直結系軌道は、碎石を用いないため日々のメンテナンスがほとんど必要ありません。そのため、新幹線では岡山以西の山陽新幹線からスラブ軌道が主要な軌道として用いられ、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。また、まくらぎ直結軌道は、都市近郊の新設線に用いられてきています。

これら直結系軌道の構成部材である軌道スラブやコンクリート道床は、鉄筋コンクリート製で、軌道スラブは工場で作成、コンクリート道床は現場で施工しますが、その際の鉄筋の加工・組立(配筋という)(図5, 6, 7)には労力がかかります。また、鉄筋を用いていることから、海水を含む漏水が多い海底トンネル等では、鉄筋が腐食してコンクリートにひび割れが発生する塩害が軌道スラブに生じている場合もあります。

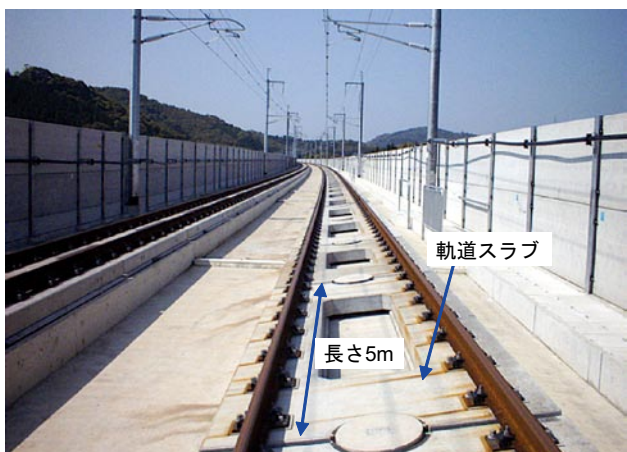


図3 スラブ軌道



図4 まくらぎ直結軌道



図5 軌道スラブの配筋の状況



図8 ビニロン繊維

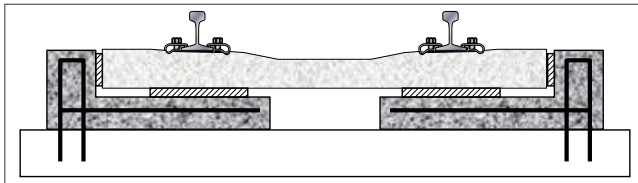


図6 まくらぎ直結軌道の配筋の概略



図7 まくらぎ直結軌道の配筋の状況

そこで、配筋作業が無く、塩害等の環境作用に対して耐久性のあるコンクリート道床や軌道スラブを開発するために、ビニロン繊維で補強したコンクリートの適用を検討したので紹介します。

## ビニロン繊維補強コンクリート

### ビニロン繊維

ビニロンは、ポリビニルアルコール (PVA) を原料として得られた合成繊維に与えられた一般名称で、PVAは、水溶性プラスチックの一種でポパールともよばれ、合成高分子の一種でありながら“水に溶ける”というユニークな性質を持つことから、PVAを原料とするビニロン繊維(図8)は親水性に優れ、コンクリートとの付着が良い繊維です。

PVAはビニロンの他、フィルムの原料や繊維加工剤、紙加工剤、近年は、自動車のフロントガラス用中間膜原料、インクジェット用紙等の情報用紙の加工剤、刷版材に使わ

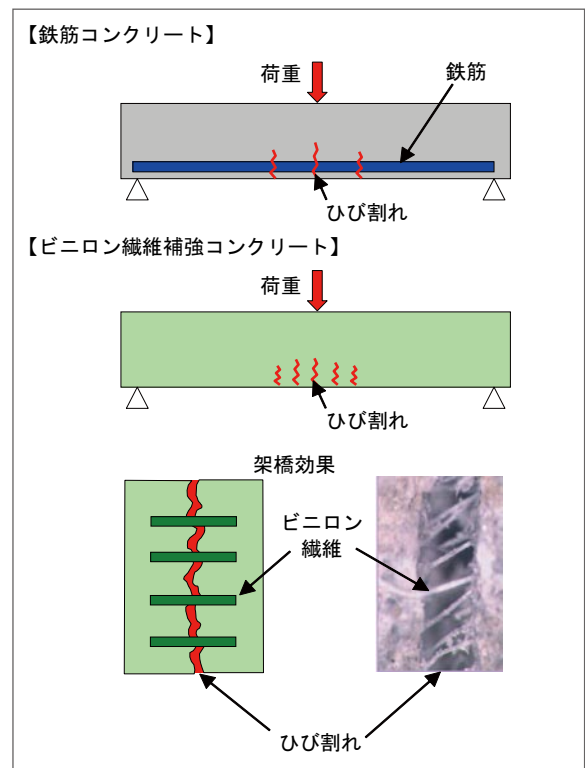


図9 ビニロン繊維コンクリートの架橋効果

れています。

### 架橋効果

鉄筋コンクリートにひび割れが発生すると鉄筋がひび割れの進行を抑制しますが、ビニロン繊維補強コンクリートの場合、図9に示すように、ひび割れが発生するとそのひび割れの界面をビニロン繊維がつなぎ、ひび割れの進行を抑制します。これを架橋効果といいます。この架橋効果のため鉄筋をなくすることが可能となります。

### 施工性

コンクリートへ繊維を混入すると、一般的に流動性が悪くなります。流動性が悪くなるとコンクリートの打設時の施工性が低下するため、繊維を混入したコンクリートの流動性は重要です。この流動性の指標となるのが、コンクリートのスランプフロー (SF) です。

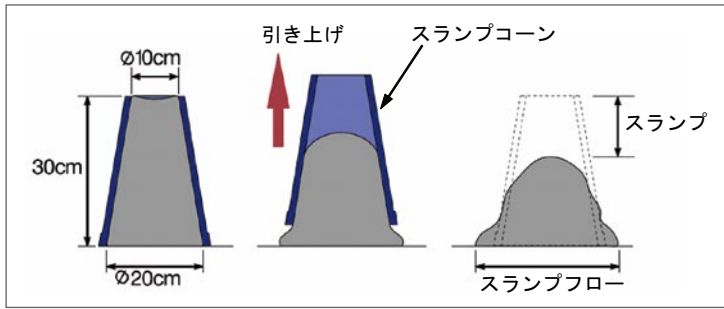


図10 スランプ試験

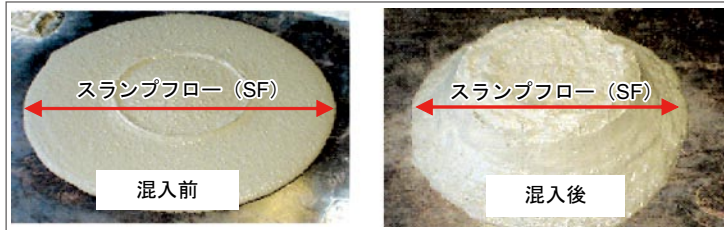


図11 繊維混入前後のスランプフローの状況

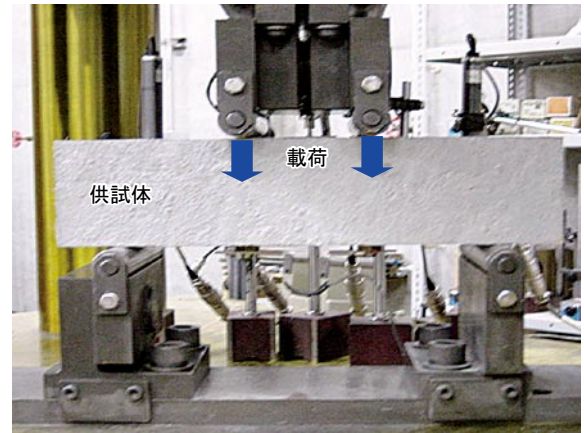


図13 コンクリートの曲げ試験

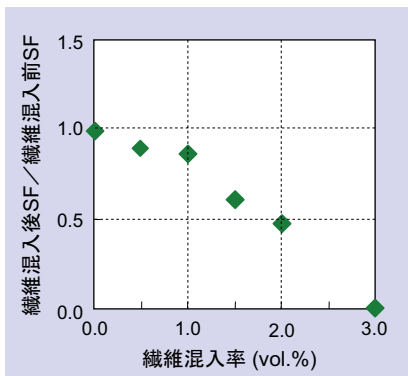


図12 繊維混入率とスランプフロー変動比

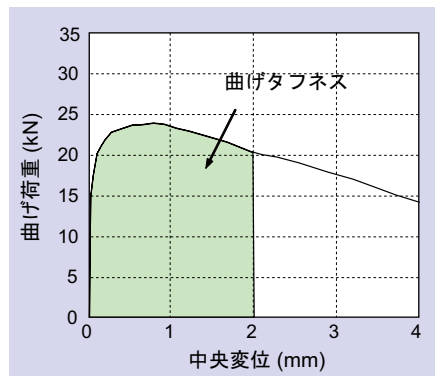


図14 曲げ試験による荷重・変位関係

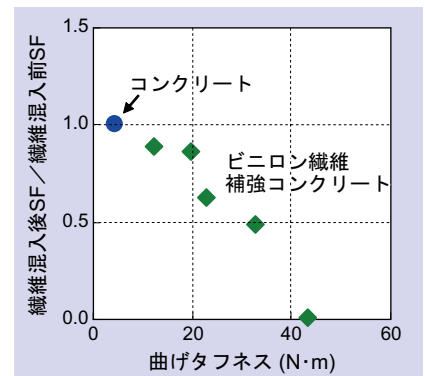


図15 曲げタフネスとスランプフロー変動比

スランプフローはスランプ試験から得られます。図10に示すように、コンクリートを詰めたコーンを上に引き上げ、コンクリートの横への広がりの変化がスランプフローで、高さの変化がスランプです。

ビニロン繊維を混合したコンクリートは、混合前後のスランプフローの比（スランプフロー変動比）が0.5以下となるとコンクリート打設時の施工性が悪くなるため、コンクリートへのビニロン繊維の混合率は体積比で2%程度が限界となります（図12）。

#### 強度特性

コンクリートの強度特性を把握するため、通常、曲げ試験（図13）が行われます。この曲げ試験から図14に示す荷重変位関係が得られますが、図14に示す曲げタフネスはコンクリートの粘り強さを示す指標となります。コンクリートの粘り強さを示す指標である曲げタフネスと施工性の指標となるスランプフロー変動比の関係（図15）を見ると、ビニロン繊維補強コンクリートは通常のコンクリート

に比べて粘り強さが大きいことがわかります。また、ビニロン繊維補強コンクリートは、スランプフロー変動比が大きいほど粘り強さが大きくなりますが、同時に施工性が悪くなります。つまり、施工法やビニロン繊維補強コンクリートの適用箇所を考慮して繊維の混入率を決めることとなります。

#### ビニロン繊維補強コンクリートの軌道への適用 コンクリート道床への適用

まくらぎ直結軌道のコンクリート道床の施工時の配筋作業をなくすために、ビニロン繊維補強コンクリートをコンクリート道床に適用するため、曲線部で列車の車輪からレールを介して作用する水平方向の荷重（横圧という）に対しての検討を載荷試験で行いました。

載荷試験は、図16に示すように、コンクリート道床の実物大模型を垂直に立てて行い、鉄筋コンクリートと同等の強度があることが確認され、まくらぎ直結軌道の道床コ

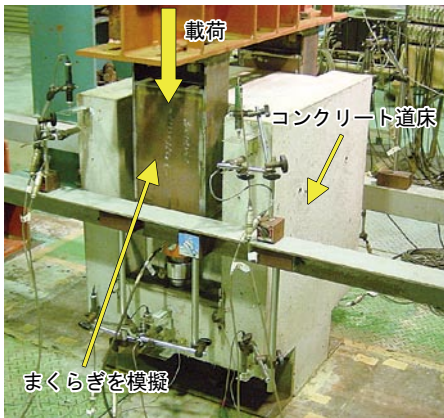


図16 コンクリート道床の荷重試験の状況

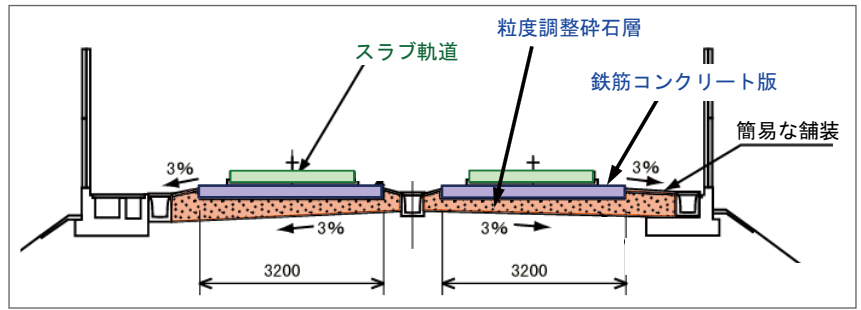


図18 コンクリート路盤の構造

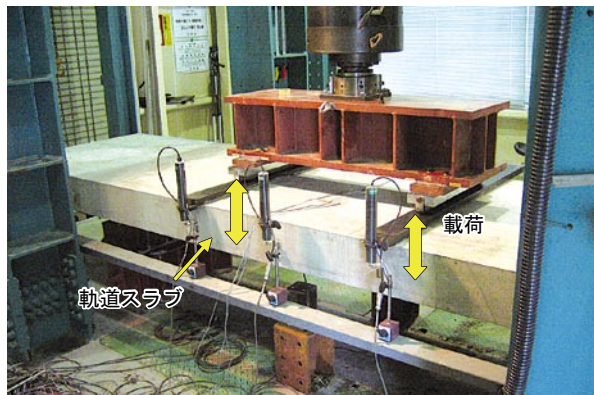


図17 軌道スラブの荷重試験の状況



図19 繊維の投入状況

ンクリートにビニロン繊維補強コンクリートが十分適用可能であることがわかりました。

### 軌道スラブへの適用

軌道スラブの設計耐用年数は通常50年としています。その間、列車走行による車輪の通過回数は1億回以上にもなります。軌道スラブは、レールを介して列車からの荷重を受けるため、1億回以上の繰返し作用する荷重に対して耐久性がなくてはなりません。

そこで、ビニロン繊維補強コンクリートを用いた軌道スラブの繰返し作用する荷重に対する耐久性の検討を図17に示す繰返し試験により検討しました。その結果、1億回以上の繰返し作用する荷重に対して問題のないことが確認されました。なお、軌道スラブは工場で製作するため、工場製作に関する検討が必要となります。

### コンクリート路盤への適用

盛土上等の土構造物上にスラブ軌道を敷設する場合は、図18に示すように、路盤にはコンクリート路盤（鉄筋コンクリート版+粒度調整碎石層）が適用されます。この路盤の鉄筋コンクリート版にビニロン繊維補強コンクリートを適用するための検討として、延長60mの施工試験を行いました。



図20 ビニロン繊維補強コンクリートによる路盤

図19は、生コン車に繊維を投入している状況で、生コンと良く混合した後、打設することとなります。60mのコンクリート打設が1日で可能で、施工性の問題はなく、完成後6ヶ月経過しても、ひび割れ等の変状は生じて無いことが確認されています。

### おわりに

まくらぎ直結軌道用のコンクリート道床や土構造物上のコンクリート路盤には、ビニロン繊維補強コンクリートは十分適用可能ですが、軌道スラブについては、製作等についての課題があるため、今後、検討を進め行く予定です。

RRR