

# 既設線における軌道スラブ水平変位拘束装置の開発

軌道技術研究部 軌道・路盤研究室

研究員 藪中 嘉彦

## 1. はじめに

スラブ軌道の突起コンクリート（以下「突起」とする）は、軌道スラブの水平変位を拘束する RC 製の部材である。近年、一部の区間において内部鉄筋の腐食が要因と考えられる突起の損傷等が報告されており、早急に補修が必要とされる箇所も存在する。しかし、突起は軌道の中心に位置しているため、営業線において抜本的な補修や再施工を行うことが困難となっている。そこで、鉄道総研では営業線においても簡易に敷設することが可能で、かつ既設の突起と同等の機能を有する軌道スラブ水平変位拘束装置（以下「拘束装置」とする）の開発を行っている。

ここでは、拘束装置の概要と基本構造について示すとともに、室内試験および解析により性能を確認し、現地試験施工を行った結果について紹介する。

## 2. 拘束装置の概要

図 1 に拘束装置の概要を示す。同装置は溶接加工した鋼材を軌道スラブ隅角部に設置し、水平変位を拘束するものである。同装置の固定は、高架橋等の下部構造物にアンカーボルトで締結することを基本としている。同装置と軌道スラブとの間には可変パッドを挿入し、同装置の固定後に樹脂をてん充することにより、不陸が生じることを防ぐ。また、軌道スラブ下面と同装置との間には合成ゴム等の弾性材を挿入し、列車走行時に生じる上下方向の変位を拘束しない構造としている（図 2 参照）。

## 3. 拘束装置本体の基本構造

拘束装置本体の基本構造を決定するため、有限要素法を用いた三次元静的弾性解析を行い、突起の設計荷重に対する本装置の強度・変形特性を確認した<sup>1)</sup>。図 3 に解析モデルを示す。解析によって得られたミーゼス応力の分布を図 4 に示す。同図に示す A 点で応力値が最も大き

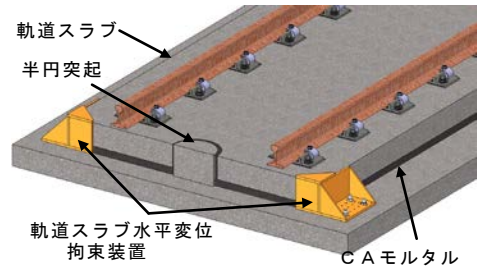


図 1 軌道スラブ水平変位拘束装置の概要

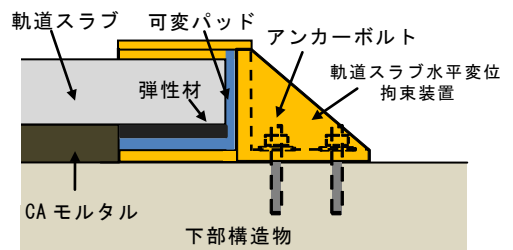


図 2 拘束装置の概要（断面図）

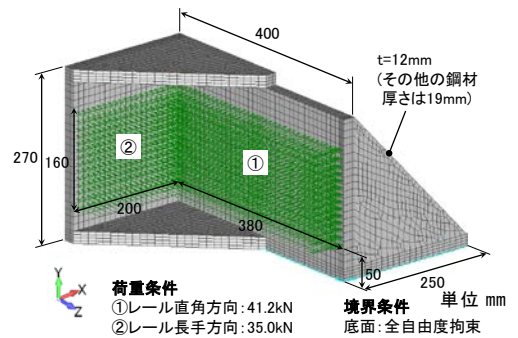


図 3 基本構造の解析モデル

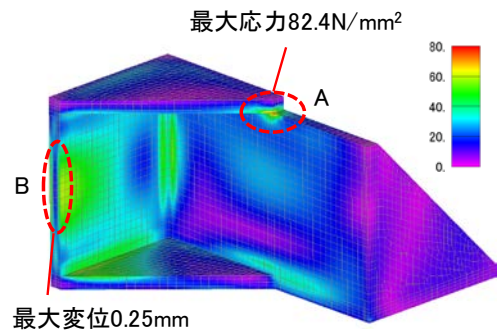


図 4 ミーゼス応力分布

く、 $82.4\text{N/mm}^2$ であった。これは、同装置に用いた鋼材(SS400)の降伏強度の35%程度であり、部材として十分な強度を有していることを確認した。また、B点において最大変位を示し、レール長手方向への変位が $0.25\text{mm}$ 程度であった。よって、本解析により検討した構造において、突起の設計荷重に対し、微小な変位量で軌道スラブの水平変位を拘束することが可能であると考えられる。

#### 4. 拘束装置の固定方法

##### 4. 1 固定方法の概要

###### (1) アンカーボルトで固定する方法

アンカーボルトで固定する方法は、図1および図2で示した基本的な取付方法であり、拘束装置を下部構造物にセメント系てん充材を用いて固着した4本のアンカーボルトで固定するものである。同装置は、標準的なてん充層の厚さ(50mm)を想定して基本構造を設計しているが、既設線の一部では、てん充層が標準よりも厚い箇所が存在する。これを踏まえ、本固定方法の検討の際には、図5に示すように同装置を短繊維補強モルタルで嵩上げすることも併せて検討した。なお、モルタルに短繊維を採用した理由は、万が一ひび割れ等が生じた場合であっても、モルタル片の飛散防止効果が期待できるためである。

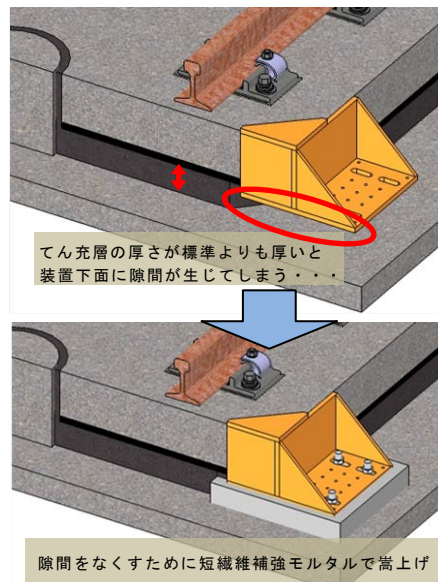


図5 短繊維補強モルタルで嵩上げする方法

###### (2) コンクリート道床に接続して固定する方法

図6に示すように、下部構造物がアンカーボルトを埋め込むことができないPC桁等であり、かつコンクリート道床の厚さが薄い等の理由により、必要なアンカーボルトの埋込深さが得られない場合には、前述した「アンカーボルトで固定する方法」では、拘束装置を固定することができない。そこで、このような敷設状況の箇所を対象とした、アンカーボルトを使用しない取付方法を検討した(図7参照)。本取付方法の設置手順は、以下の通りである。

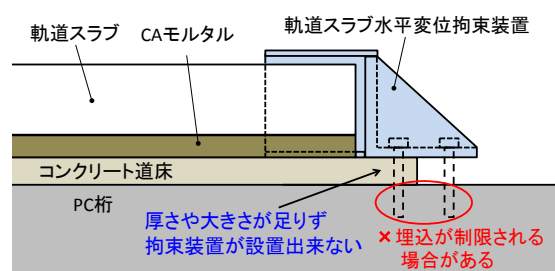


図6 アンカーボルトが使用できない箇所

①既設のコンクリート道床を一部はつり取り、鉄筋を露出させる。

②露出させたレール直角方向の鉄筋をフレア溶接等により延長し、レール長手方向の鉄筋を配筋する。

③拘束装置を据え付け、本装置に加工したタップ穴に定着用のボルトを挿入し、モルタルの打込みを行う。

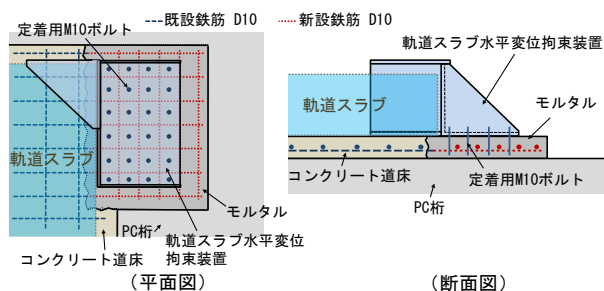


図7 コンクリート道床に接続して固定する方法

## 4. 2 水平載荷試験

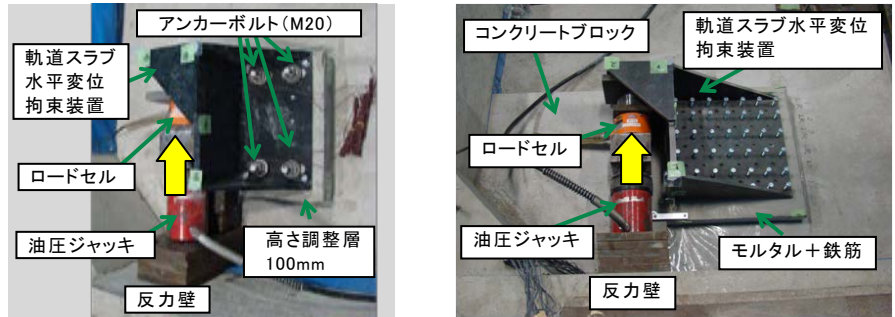
提案した拘束構造に対し、水平載荷試験を実施した。試験では、油圧ジャッキにより拘束装置に水平荷重を載荷した。試験ケースを表1に示す。また、

試験状況を図8に示す。「コンクリート道床に接続して固定する方法」は装置を下方に押さえつける構造ではないため、「アンカーボルトで固定する方法」と比較して荷重作用時に浮き上がりによる転倒モードが生じやすい。これを考慮し、拘束装置下面の定着部の寸法をレール直角方向に1.8倍程度拡大したCASE3を実施した。載荷試験は各ケースにつき1つの供試体に対して載荷方向をレール長手方向およびレール直角方向に変化させて実施し、載荷時には載荷と除荷を繰り返して荷重を増加させた。

試験結果を図9～図11に示す。全てのケースにおいて、設計荷重載荷時の変位量は許容値を満足した。しかしながら、CASE2およびCASE3では、レール直角方向載荷時において、設計荷重到達前にグラフの傾きが小さくなり（グラフの破線で囲む範囲内）、直後の除荷では、わずかながら残留変位が生じた。その他の試験条件では、設計荷重以内で除荷時の残留変位はほとんどなく、変形は弾性範囲内であることを確認した。こ

表1 試験ケース

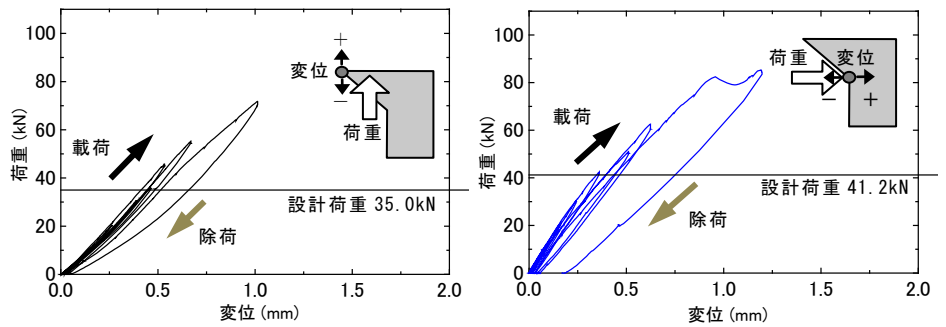
CASE	固定方法	拘束装置の寸法
1	アンカーボルトで固定 (短繊維補強モルタルで嵩上げ)	基本寸法
2	コンクリート道床に接続して固定	基本寸法
3	コンクリート道床に接続して固定	レール直角方向に拡大



(a) CASE1

(b) CASE3

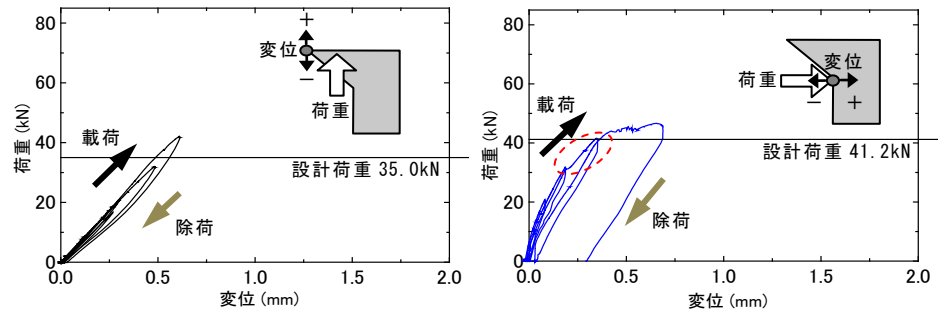
図8 試験状況（レール長手方向載荷）



(a) レール長手方向載荷

(b) レール直角方向載荷

図9 試験結果 (CASE1)



(a) レール長手方向載荷

(b) レール直角方向載荷

図10 試験結果 (CASE2)

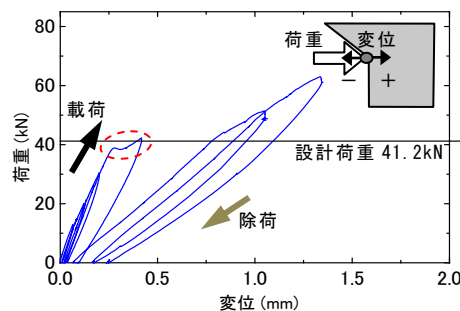


図11 試験結果 (CASE3)  
レール直角方向載荷

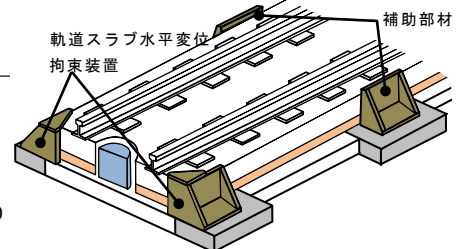


図12 補助部材の設置例

のことから、「コンクリート道床に接続して固定する方法」による拘束構造を弾性変形の範囲内に留めるためには、隅角部に設置する拘束装置に加え、軌道スラブ中央部付近にレール直角方向の荷重を分担する補助部材(図 12 参照)を設置することが必要であると考えられる。

## 5. 現地試験施工

現地試験施工は、JR 西日本が実施した。試験施工では、「アンカーボルトで固定する方法」により拘束装置を敷設した。作業の流れは、次のとおりである。①拘束装置の設置スペースを確保するために軌道スラブ隅角部下のてん充層 (CA モルタル) を一部撤去する (図 13)。②仮固定用のボルトを脚にして拘束装置を据え付ける (図 14)。③ボルト孔にアンカーボルトを設置する (図 15)。④型枠を設置して短繊維補強モルタルを打込みする (図 16)。⑤短繊維補強モルタルの養生

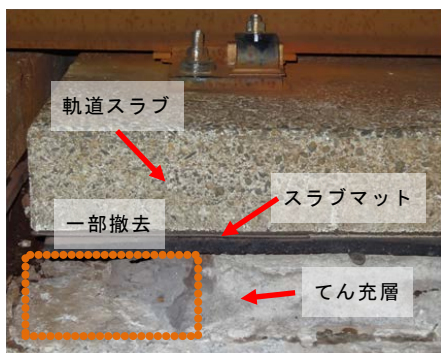


図 13 てん充層の一部撤去

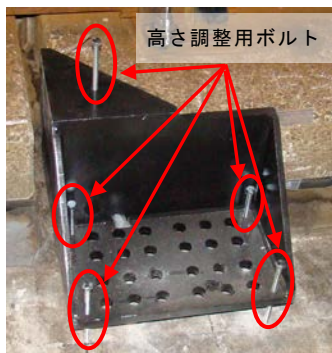


図 14 拘束装置の据え付け



図 15 アンカーボルトの設置

後 (1 週間程度) にボルトを締結して完成 (図 17)。

試験施工は夜間の作業時間帯に行い、本作業 (①～④) に要した時間は約 160 分であった (⑤は別日に実施した)。営業線における試

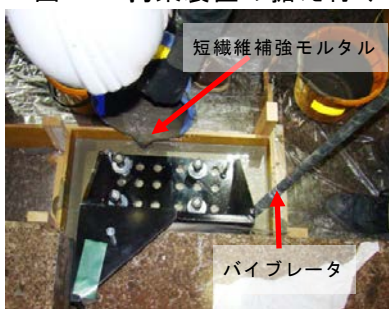


図 16 短繊維補強モルタルの打込み



図 17 設置完了

験施工は、これまでに 2 回行い計 6 基の拘束装置を試験敷設している。初期の敷設からは約 2 年が経過しているが、拘束装置本体およびモルタル等に変状はなく、経過は良好である。

## 6. おわりに

本研究では、営業線において敷設が可能な軌道スラブ水平変位拘束装置を開発し、一部の構造については営業線への試験敷設を行い、経過を観察中である。今後も検討を深度化し、本装置を突起損傷箇所の補修対策として、営業線スラブ軌道の補修マニュアルに追加する予定である。

最後に、本装置の試験敷設にご協力いただいた JR 西日本施設部および広島新幹線保線区の皆様に感謝の意を表す。

## 参考文献

1) 瀧上翔太, 高橋貴蔵, 村本勝己: 軌道スラブ水平変位拘束装置の水平耐力に関する検討, 土木学会第67回年次学術講演会, 2012