

構造物境界部における軌道沈下対策のための路盤構造の検討

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○桃谷尚嗣 関根悦夫

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 高橋貴蔵 中村貴久

1. はじめに

ボックスカルバートや橋台と盛土が接続する構造物境界部ではバラストの流動によって軌道の沈下が大きくなり、保守上の弱点箇所となることが多い。そのため図1に示すように、盛土を新設する際には粒度調整砕石等を用いたアプローチブロックを構造物境界部に設けることとなっている。しかしながら、現在供用されている既設盛土の多くは設計標準が整備される以前に建設されたアプローチブロックを持たない構造であり、このような盛土では現在でも構造物境界部における軌道沈下が多く見られる。軌道沈下対策として、既設盛土に新たにアプローチブロックを設けるのは困難であるものの、軌道側からの対策についてもこれまで効果的な方法がなかった。そこで、本研究では路盤による軌道の支持剛性に着目し、構造物境界部における軌道沈下を抑制するための路盤構造について、動的解析および模型実験による検討を行った。

2. 動的解析による輪重変動の評価

アプローチブロックやコンクリート製の踏掛版により軌道支持剛性の急変を回避できるが¹⁾、ここではLS-DYNAを用いて車輪とレールの接触を考慮した動的解析を行い、構造物境界部の構造が輪重変動に与える影響について検討した。解析モデルを図2に示す。ここでは単純化のため、車両の軸ばねやまくらばね等は考慮せず、輪重80kNに相当する質量を与えた車輪を160km/hで走行させた解析を行ったため、大きめの輪重変動が得られていると考えられる。解析で得られた輪重変動を図3に示す。緩衝構造がない場合は25%程度輪重が減少した後に、20%程度の輪重増加が見られたが、アプローチブロックや踏掛版を用いて軌道支持剛性を滑らかに取り付けることで、輪重の増減を10%以下に低減できることがわかった。

3. 模型実験による軌道沈下量の評価

模型実験では図4に示すマルチアクチュエータ方式小型移動載荷試験装置²⁾を用いて移動する列車荷重を再現した載荷を行った。模型は縮尺1/5とし、実験条件は図4に示した「緩衝構造なし」に加え、軌道沈下抑制工法として図5に示す「アプローチブロック」、「踏掛版」、および「低弾性路盤」について行った。ここで、「低弾性路盤」はバラストマットのような低弾性体を路盤に設置することで、コンクリート構造物上の軌道支持剛性を低減させる方法である。

模型のコンクリート構造物はコンクリートブロックと石膏で作成

キーワード：構造物境界、軌道、移動載荷

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 軌道・路盤 Tel 042-573-7276

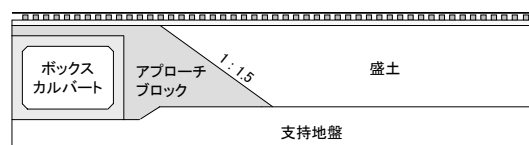


図1 構造物境界部のアプローチブロック

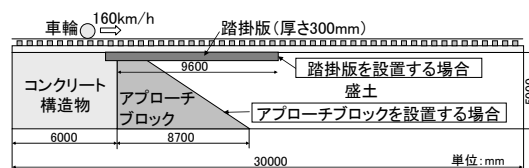


図2 輪重変動を考慮した動的解析モデル

表1 動的解析に用いた物性値

要素	弾性係数 (MN/m ²)	ポアソン比	密度 (t/m ³)
レール	210,000	0.3	7.9
まくらぎ	35,000	0.2	2.3
軌道パッド	110MN/m (一締結あたり)		
バラスト	100	0.4	1.6
路盤	180	0.4	2.0
盛土上部 (0-2m)	15	0.4	1.2
盛土下部 (2-5m)	30	0.4	1.2
アプローチブロック	180	0.4	2.0
ボックスカルバート	30,000	0.2	2.3
踏掛版	30,000	0.2	2.3

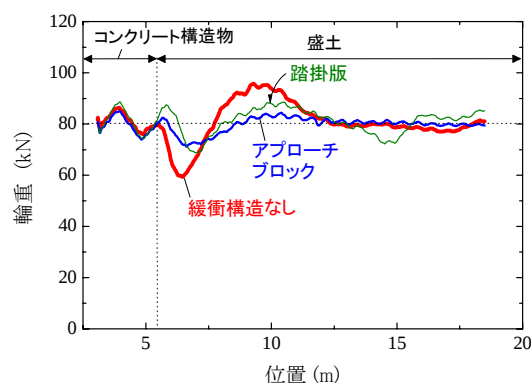


図3 輪重変動の解析結果

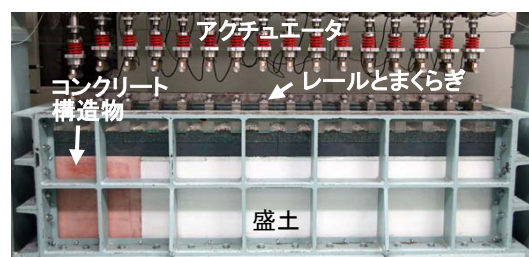


図4 小型移動載荷試験装置
(「緩衝構造なし」の模型)

し、盛土にはEPS（密度 20 kg/m^3 ）を用いた。アプローチブロックおよび路盤（厚さ 60 mm ）は砂質礫（粒度調整碎石の 5.6 mm ふるい通過分）を締固め度 95% に締め固めて作成した。また、バラスト層（厚さ 50 mm ）には道床バラストの $1/5$ 相似粒度となるように調整した単粒度碎石を用いた。まくらぎはPC3号の幅の $1/5$ から 48 mm とし、まくらぎ間隔は 120 mm とした。レールは縮尺 $1/5$ の相似側を考慮して 50 N レールの断面二次モーメントから断面形状を決めた。踏掛版はコンクリート製とし、低弾性路盤には厚さ 30 mm のウレタンゴムを用いた。移動載荷試験では、10両編成（40軸）の列車を再現した軸重を与え、一編成ずつ走行方向を変化させた。軸重は 2 kN とし、走行速度は 3.6 km/h （実スケールで 18 km/h に相当）とした。

「緩衝構造なし」の場合のまくらぎ沈下量を図6に示す。載荷初期は盛土側の沈下量がやや大きくなるが、局所的な軌道沈下は見られない。しかしながら、50編成目あたりから徐々に局所的な軌道沈下が現れ始め、200編成目には大きな局所沈下が生じている。局所的な沈下が生じる位置ではまくらぎが荷重をほとんど受けない浮きまくらぎ状態となっており、まくらぎ沈下の大部分はバラストの流動に起因するものである。この実験では一定荷重で載荷を行っていることから、輪重変動のない場合においても、構造物境界部では局所的な軌道沈下が生じることがわかった。すなわち、走行速度が比較的low輪重変動が小さいような箇所でも構造物境界部では軌道沈下が生じると考えられる。

軌道沈下抑制工法を適用した場合のまくらぎ沈下量を図7に示す。「アプローチブロック」の場合に沈下量が最も小さくなったが、「踏掛版」や「低弾性路盤」の場合においても局所的な軌道沈下の発生を回避しており、レールの折れ角としてはアプローチブロックとほぼ同等となることが確認できた。

4. まとめ

本研究では構造物境界部の軌道沈下について検討を行ったが、連接軌道など軌道の剛性が高い箇所の前後でも局所的な軌道沈下が見られる³⁾。一連の実験結果から、これらの現象は輪重変動がない場合でも生じることが明らかとなっているが、そのメカニズムについては構造物境界部における大きなせん断ひずみや浮きまくらぎの発生に伴う押さえ荷重の低下が影響していると考えられる。模型実験の結果から、構造物境界部において緩衝構造のない場合は局所的な軌道沈下が生じるが、ここで示した軌道沈下抑制工法を適用することで、局所的な軌道沈下の発生を回避できることがわかった。一方、高速走行を対象とすると輪重変動の影響についても考慮する必要があるが、動的解析による輪重変動の検討結果から、アプローチブロックや踏掛版を適用することにより、軌道支持剛性の変化による輪重変動を抑制できることがわかった。

<参考文献>

- 1) 中村貴久, 桃谷尚嗣, 関根悦夫: 異種構造物境界上路盤の列車走行による動的変形解析, 土木学会第60回年次学術講演会, 2005
- 2) 村本勝己, 関根悦夫: マルチアクチュエータ方式移動載荷試験装置を用いたバラスト軌道の模型試験, 土木学会第60回年次学術講演会, 2005
- 3) 鈴木貴洋, 村本勝己, 名村明: 連接軌道模型による構造変化箇所の繰返し移動載荷試験, 土木学会第60回年次学術講演会, 2005

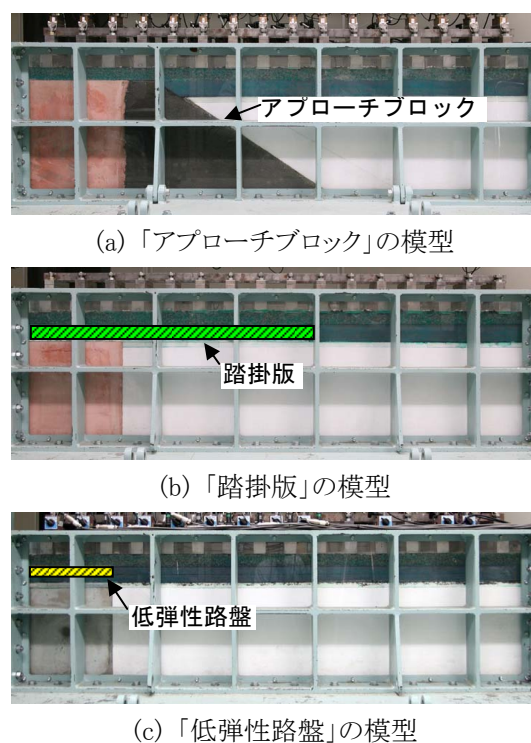


図5 軌道沈下抑制工法の模型

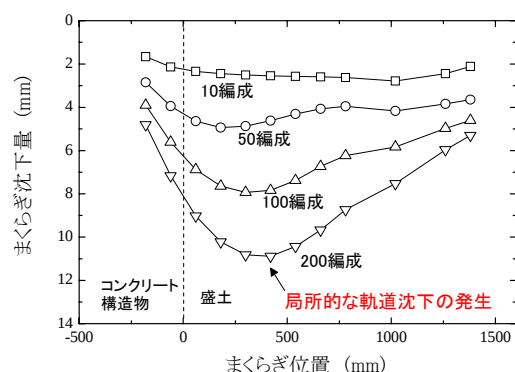


図6 「緩衝構造なし」のまくらぎ沈下量

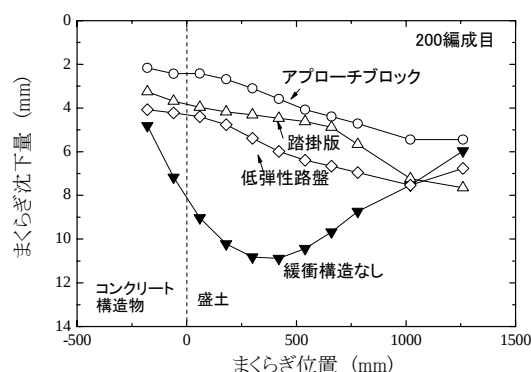


図7 軌道沈下抑制工法のまくらぎ沈下量