# 路盤下空洞の影響を受ける軌道狂い発生メカニズムの解明と管理方法に関する一考察

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 〇佐々木 陽 西日本旅客鉄道株式会社 正会員 武山 和生

### 1. はじめに

山陽新幹線では、トンネル内スラブ区間の一部箇所において、路盤下空洞の影響によって路盤が沈下し、軌道狂いが発生して いる.現行の軌道管理は、電気・軌道総合試験車(以下、マヤ車とする)の測定による軌道狂いの管理値と1回の測定間(以下、 マヤ間とする)での軌道狂いの進み管理を基本としている.しかし、この路盤沈下は軌道狂い進みが緩やかに進行するため、1 マヤ間では把握することができない.また、軌道狂いが管理値に達した場合において、路盤沈下は現地確認が困難であることか ら、軌道狂いの原因が路盤沈下であることを特定できず、非効率な補修を実施することとなる.以上のことから、路盤沈下によ る軌道狂い発生の予兆を捉え、適切に補修することが望まれる.本研究では

路盤沈下による軌道狂いの発生メカニズムを解明し,その管理方法を検討す ることとした.

### 2. 路盤沈下箇所における高低狂い進みの検証

これまでに路盤沈下の影響により軌道狂いが発生した箇所について、マヤ 間の進みが緩やかであることから、H18.1 月から H21.10 月までの3年10ヶ 月間の高低狂いの推移を検証した.高低狂いは、マヤ車の測定データ(偏心 矢)を用いた.路盤沈下が発生するとまず1枚のスラブが沈下し、徐々に広 がると考えられ、山陽新幹線に敷設されているスラブ長は5mを標準として いることから、1枚および2枚の沈下を捉えるために、5・10m弦を用いた.

図1に福岡トンネルにおける路盤沈下箇所の高低狂いの推移を示す. H20.9 月にスラブむら直しを施工するまで 5・10m 弦とも徐々に進行しており,施 工後も進み続け H21.3 月にタイプレート交換及び路盤注入を施工することで 進みが止まっている. H18.3 月から H20.9 月の 90 マヤ間で 10m 弦高低は -5.66mm 進行しており,現行管理の1マヤ間に換算すると-0.063(mm/マヤ間) と緩やかな進みであり,狂いが管理目標値である-6mm に達することでよう やく把握することができる.また,図2に倉敷トンネルにおける高低狂いの 推移を示す.この箇所は,周期的な変化をしながら,凹凸のピークにおいて 進行が見られる.この周期的変化は夏季(雨季)に値が大きく,冬季に小さ いことから路盤下の水量の増減が影響していると考えられるが詳細は不明で ある.図1,2とも5mより10m 弦高低狂いの進みが速いことから,路盤沈 下による軌道狂い発生の予兆は10m 弦高低狂いの推移から把握することが 可能であると考えられる.

## 3. 路盤沈下による軌道狂い発生のメカニズムの解明

## 3.1 軌道狂い発生のメカニズムの仮説

路盤沈下が確認されている福岡トンネルにおいて,軌道狂い発生のメカニ ズムの推定を行った.図3に現場調査で路盤及びスラブ板上のレベル測量の 結果を示す.路盤境付近で最も沈下していることが確認でき,路盤境から沈 下していくと考えられることから,図4に示す軌道狂い発生メカニズムの仮 説を立てた.路盤沈下は,列車振動荷重によって路盤を支える均しコンクリ ート下の岩が細かく削られ,山からの流水や湧水により流されることで,徐々

キーワード 路盤下空洞,路盤沈下,10m 弦高低狂い進み,復元原波形

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5丁目5番15号 西日本旅客鉄道株式会社 新幹線管理本部施設課TEL(06)4805-7084

高低狂い(mm) 10m弦 n弦高低 5m弦高低 18 6 18 12 19 3 19 6 19 9 19 12 20 3 20 6 20 9 20 12 21 3 21 6 21 9 21 22 12 2 午日

図1 福岡トンネルでの5·10m 弦高低狂いの推移







図3 路盤及びスラブ板上のレベル測量結果



に空洞が広がり、路盤境から沈下すると想定される.

#### 3.2 高低狂いの波形の推移による仮説の検証

高低狂いの波形の推移からメカニズムの仮説を検証した.波形の分析には, マヤ車の測定データから算出した高低復元原波形,10m 弦高低,5m 弦高低を 用いた.路盤沈下によるスラブの変動を把握するために復元帯域は,スラブ1 枚に対して2.5-3-8-12m,スラブ2枚に対して2.5-3-15-20m,路盤(20m 長)上 のスラブ4枚に対して2.5-3-25-30mの3通りとした.図5にそれぞれの波形の 推移を示す.現場での目視による路盤の変状位置や図5の波形から,1048k682m において低むらの進行が見られ,3-8m復元原波形や5m 弦高低よりも,3-15m, 3-25m復元原波形,10m 弦高低の方が狂いの進行が顕著にみられ,波形のピー ク(上に凸)の間隔から15m程度の波長の進行が見られる.従って,福岡ト ンネルの路盤沈下による軌道狂い発生メカニズムは,図4に示すように路盤が 沈下して高低狂いに現れたと推定できる.なお,高低狂いの波形がいずれも段 違い形状にあることから,図4において,左側(起点側)の路盤のほうが大き く沈下していると推定できる.

#### 3.3 路盤沈下に対して有効な波長の検証

図6に3-25m復元原波形のパワースペクトル密度を示す.波長15m程度の 狂いに進行が見られることから、15m程度の高低狂いを捉える必要がある.図 5において、復元原波形より10m弦の方が波形の進行が顕著に見られること、 10m弦の検出特性から波長15mに対して検出倍率が1.5倍であること、また、 1枚のスラブから沈下すると考えられ、15mより短い波長についても捉える必 要があることから10m弦が有効であると考えられる.

#### 4. 管理方法の検討

前述の通り,路盤沈下による軌道狂い発生箇所は 10m 弦高低狂いの進みか ら把握できると考えられる.過去の路盤沈下箇所の初期段階において年間 1mm 以上の進行がみられることから,トンネル内スラブ区間において,年間 高低狂い進みを算出し,1mm 以上の箇所を抽出する.年間進みのみでは進み の原因が不明であるため,当該箇所の過去3年分の10m 弦高低狂いの推移図 を作成し,進みが図1,2の傾向であることを確認する.現地確認で路盤沈下 であることを確認すれば,ただちに路盤注入を実施する.また,1mm 未満の 進みで進行しているものについては,今後の課題であるが,軌道狂い発生のメ カニズムから,路盤沈下箇所においては,路盤の変状によりスラブのあおりが 発生すると考えられる.従って,図7に示すようにあおりのあるスラブ上にマ ヤ車の1,2軸が載荷した場合の1-2-4軸配置と3軸のみ載荷した場合の1-3-4 軸配置で検出された高低狂いには差が見られると想定される.図8に福岡トン ネルの路盤注入直前の状態において,検証した結果を示す.復元帯域は路盤長



図5 各高低狂いの波形の推移



図 6 3-25m 復元原波形のパワースペクトル



-3 <u>1-3-4輛復元高低注い</u> -4 660 670 680 690 700 710 キロ程1048K(m)

図8 軸配置の違いによる復元高低狂いの比較

及びマヤ車の 1-4 軸間が 20m であることから 2.5-3-20-25m とした. 1-2-4 軸配置と 1-3-4 軸配置の高低狂いに差が見られたこと から、この手法を用いることによって、路盤沈下を把握できる可能性があり、今後 1mm 未満の進みで進行している箇所につい て検証し、新たな管理方法を検討する.

#### 5. まとめ

路盤沈下による軌道狂い発生メカニズムの仮説を立て、マヤ車の測定データによる波形の推移から検証すると伴に、10m 弦高 低狂いの推移による管理が可能であることが示された.

#### 謝辞

本研究を進めるにあたって,財団法人鉄道総合技術研究所の田中氏,木村氏にご協力いただき厚くお礼申し上げます.