

レールの通り狂い変形への地盤等の影響

前橋工科大学 フェロー会員 那須 誠
JR 東 日 本 齊藤英一
JR 北 海 道 及川 浩

1. はじめに

いくつかのレールの通り狂い変形を地盤に着目して調べた。その結果、それらは共通して地盤・路盤等の条件の変化点で発生していた。ここでは、その事例を示すとともに推定した変形機構を述べる。

2. 変形事例と地盤・路盤状態

(1) 1968年の十勝沖地震の際に東北本線八戸・陸奥市川間の脱線箇所ではレールに通り狂いが生じている⁹⁾。ここでは盛土の滑動、沈下、路盤の亀裂等の変状が発生しており、ここには小さい埋没枝谷の存在が考えられている²⁾。

(2) 1978年の宮城県沖地震の際に宮城野貨物線の数箇所では橋台裏等においてレールに大きい通り狂い等が多く発生している³⁾。旧版地形図⁴⁾をみると昔はそれらの発生箇所が水路(河道部)で現在は埋め立てられたところも多い²⁾。

(3) 1983年の日本海中部地震の際にレールに通り狂い(1=40m)が発生している。それは図1に示すように洪積台地の切取と開析谷の盛土の境界部の盛土側で生じている。なお、ここでは後にレール損傷が発生している。

(4) 1986年に橋梁上でレールに通り狂いが発生している⁶⁾。この発生位置は図2⁷⁾に示すように、長さの異なる橋脚1Pと2Pの間の桁の上である⁶⁾。また、図2からわかるように通り狂いの発生箇所では橋脚1P~2P間の斜面の等高線方向とレールの走行方向が斜めに交わっている。

(5) 1995年兵庫県南部地震でレールの通り狂いが橋台裏盛土や切盛境界部、盛土厚さ急変部等で発生している。それらの地盤には砂や礫混じり土層の下に軟弱粘性土層が存在する上下逆転型地盤が多い。地盤中に軟弱な粘性土層等があると地震のときにその層が滑り面ようになって、硬質地盤より上下逆転型地盤の方が大きく動き、埋没谷では地震のとき谷軸方向の地盤の動きが大きい。このような地盤の動きがレールに強制変位として作用して通り狂いの発生に影響したことが考えられている。

また、橋台裏盛土は強度特性が大きく異なる橋梁(橋台)と盛土の接続点である。しかも橋梁は旧河道部等に作られること即ち地盤条件の不連続点に造られることが多い。この場合には地盤と橋梁の不連続点が重なり地震時に通り狂いがさらに大きく発生することも考えられている²⁾。

(6) 2000年の有珠山噴火の際に室蘭本線で図3⁸⁾~4に示すような大きいレールの通り狂いが発生しているが、この位置は岩盤の切取りと盛土の境界部(破線は切盛境界線を示す)の盛土側、即ちいわゆる硬軟地盤境界部の軟地盤側で発生している。しかも、レールの屈曲はその境界線に対して図3

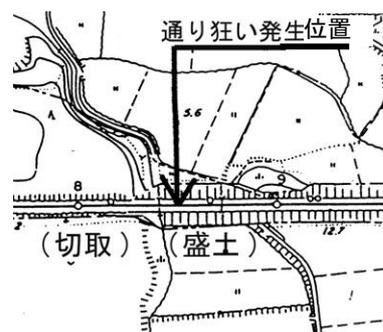


図1 レール通り狂い発生位置

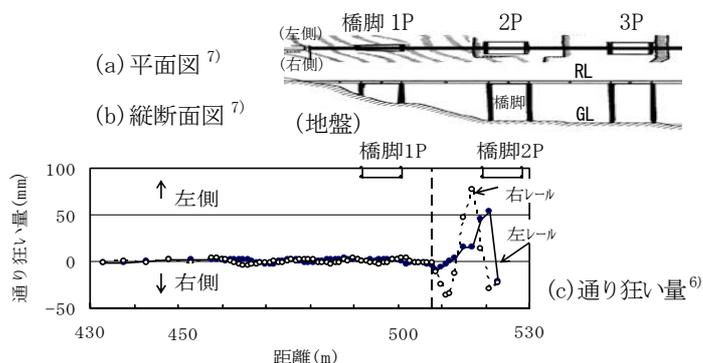


図2 橋梁上のレール通り狂い



図3 レール通り狂いと地盤⁸⁾

のようにレールの走行方向と境界線のなす角のうち鈍角側で発生している。

(7)兵庫県南部地震等のいくつかの地震で発生したレールの座屈は橋台裏等での発生が多いが、レールの方向と断層の方向が多少の角度で斜交しているものが多くみられるという報告もある⁹⁾¹⁰⁾。

3. 変形機構の推定

以上に述べたように、レールの通り狂い変形は埋没枝谷や切取・盛土の境界部、盛土厚さ急変部、橋台裏等で発生し、これらは硬軟地盤境界部あるいは硬軟路盤境界部即ち不連続点である。しかも、橋梁は旧河道部等に作られること、即ち地盤条件の不連続点につくられることが多い。長さの異なる橋脚間の桁上での発生箇所も、橋脚は長いほど強度が小さく変形が大きいので、ここも硬軟地盤・路盤境界部に類似の位置と考えられる。従って、いずれのレールの通り狂いも硬軟地盤・路盤等の境界部でしかも軟らかい方の地盤・路盤等で発生しているということができる。ここで断層線を跨ぐ橋梁の被害機構を示す文献¹¹⁾を参考にすると、地盤が硬軟地盤・路盤境界部でその境界線に平行にずれる場合には図5に示す様なレールの変形が考えられる。即ち、硬質地盤(切取や短い方の橋脚等)に対して軟質地盤(盛土や軟弱地盤や上下逆転型地盤、長い方の橋脚等)が平行に、しかもレールの走行方向と両地盤の境界線のなす角のうち鈍角側(図の下側に)ずれたとすると、レールは強制的に変形させられてaからcの状態になるが、そのとき硬質地盤と軟質地盤の境界部でレールに圧縮力が作用して短縮し座屈(通り狂い)が発生することが考えられる。逆に、軟質地盤がbの方に動けばレールには引張力が作用して伸張(破断)が起きることも考えられる。

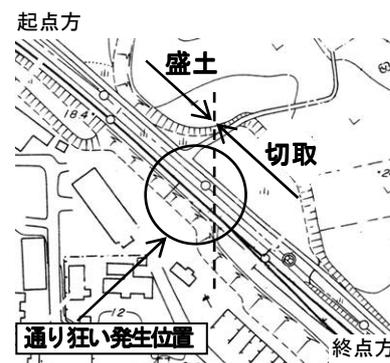


図4 レール通り狂いと地盤

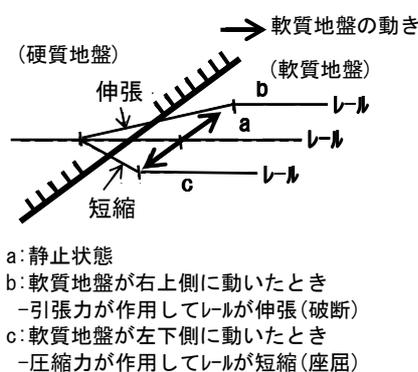


図5 硬軟地盤等の境界部におけるレール変形発生機構の推定図

このことは図2の510M付近の通り狂いについては、短い橋脚1Pよりも長い方の橋脚2Pが相対的に大きく斜面の等高線に平行に、両者の交角の鈍角側に(左側に)ずれた場合に相当する。また、図3においては、盛土が切取に対して切盛境界線に平行に、しかもレール走行方向と切盛境界線の交角の鈍角側(図3の右側)にずれた場合に相当する。

4. おわりに

以上に述べたレールの通り狂い変形には、硬軟地盤・路盤境界部の軟地盤・路盤側で、レール走行方向と硬軟地盤・路盤境界線が斜めに交わったところで発生しているという共通点がある。また、そのレールの通り狂い変形は硬軟地盤・路盤境界線に平行に軟らかい方の地盤や路盤等が、レール走行方向と硬軟地盤・路盤境界線の交角の鈍角側に相対的に大きくずれたのに伴って、レールが強制的に変形させられた際に、レールに圧縮力が働いて座屈して発生したことが推定された。今後とも同様の变形データを集積して深度化する予定である。

参考文献

- 1) 山田剛二、高山常雄、室町忠彦、藤原俊郎、佐藤吉彦、小林芳正: 十勝沖地震調査報告、鉄道技術研究報告、No. 650、1968.
- 2) 那須誠、菊池保孝: 阪神・淡路大震災における列車脱線への地盤と路盤の影響、鉄道力学論文集、第3号、pp. 71-76、1999. 6.
- 3) 宮城県沖地震調査研究グループ 編: 1978年宮城県沖地震調査報告、鉄道技術研究報告、No. 1111、1979.
- 4) 地形図、1:5万、1905年測図、1952年応急修正、1955年5月発行、仙台.
- 5) 日本海中部地震調査研究グループ 編: 1983年日本海中部地震調査報告、鉄道技術研究報告、No. 1267、1984.
- 6) 那須誠: 脱線発生と地盤、平成11年鉄道技術連合シンポジウム(J-Rail'99)講演論文集、S6c-5、pp. 357-358、1999. 12.
- 7) 鉄道総研編: 技術調査委員会報告書、1988.
- 8) 有珠山噴火で室蘭線レールぐにゃり曲がる、朝日コム、http://www.asahi.com、2000. 4. 3.
- 9) 高橋成典、大町達夫、年縄巧: 鉄道レールの座屈による地震時地盤歪の推定、第23回地震工学研究発表会講演概要、pp. 273-276、1995. 7.
- 10) 濱田政則、大町達夫: 直下地震による表層地盤の変位量とひずみ量の検討、阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集、pp. 69-80、1996. 1.
- 11) 2002 鉄道総研技術フォーラム配布パノフレット、断層を跨ぐ橋梁の変形実験、(財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部(基礎・土構造研究室)、2002. 9.