

踏切の無警報対策



森 健司*

平成16年2月に当社管内において相次いで踏切無警報が発生した。従来より踏切の無警報対策として、無警報の発生した箇所および短絡不良が発生した箇所については対策（踏切バックアップの設置）を実施してきたが、コストがかかることもあり、いまだ完全には終了していない。そこで、踏切無警報による踏切事故を未然に防ぐために、新たな無警報対策を計画的に進めることとなった。今回、踏切無警報時には列車を非常停止させ、かつ運転士には無警報による停止であることを線路脇の回転灯で知らせる装置を試作し、現地試験を実施した。その結果、本対策が有効であることが確認できたので、以下に報告する。

●キーワード：踏切、無警報、バックアップ、地上子

1. はじめに

踏切を鳴動させるためには、踏切の手前の一定の位置に列車が進入してきたことを検知する必要がある。列車検知装置としては、踏切制御子や踏切用軌道回路（パルス軌道回路）が使われている。これは車輪がレールを短絡することで列車の接近を検知する方式であるが、特に通過本数の少ない箇所ではレールと車輪の接触の機会が少なく、その結果、錆の発生や落ち葉の堆積等によって短絡が阻害され、踏切の無警報が発生するケースがある（図1）。

踏切の無警報を防ぐ対策は既に実用化されているが、コストが高く、地方線区ではなかなか導入に踏み切れないのが現状である。

このため、踏切の安全を確保しつつ、コストを抑えた新しい踏切の無警報対策の実用化に向けた取り組みを行った。

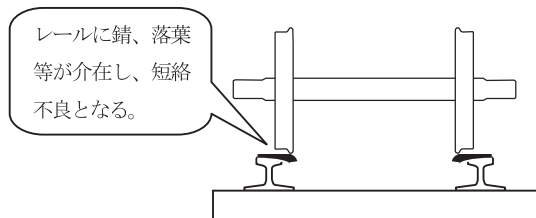


図1 短絡不良イメージ

2. 現在の対策

現在行われている踏切の無警報を防ぐための対策としては、鳴動開始点に踏切バックアップ地上子を設置する方法がある。この対策により、踏切制御子が短絡しなくても、バックアップ地上子の検知により所定に踏切が鳴動するようになっている。踏切制御子が電気的な接触による検知であるのに対し、地上子方式は無線での検知であるため、異なる検知方式の併用により、お互いのデメリットを補い、信頼性を高めているのが特徴である。（図2）

ただし、導入にはケーブルが制御区間の長さだけ必要になる。特に、軌道回路方式を採用している踏切で対策を行う場合には、ケーブル布設に多大なコストがかかるという難点がある。

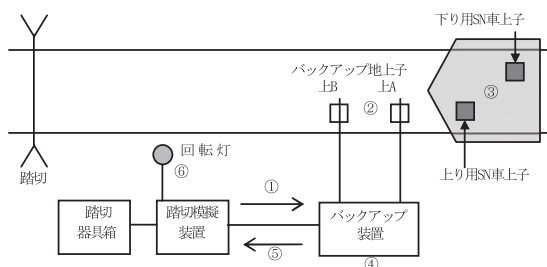
軌道回路検知		相互チェックで 故障把握可能 ↓ デメリットを 補う関係	バックアップ地上子	
メリット	信頼性が高い (故障時はフェール セーフ側に動作する)		メリット	落葉など異物がレールと 車輪の間に介在した場合 にも列車検知ができる
デメリット	落葉など異物がレールと 車輪の間に介在した場合 に列車検知ができない		デメリット	地上または車上のATS 装置が故障した場合は 列車検知ができない

図2 現在の対策の特徴

3. 無警報対策装置の開発

今回、踏切の安全を確保し、かつコストダウンを図るという視点から検討を行い、次の事柄をポイントとする開発を行った。

- ①地上子を従来よりも踏切の近くに設置することで、ケーブル布設長の短縮によるコストダウンを図る。
- ②安全を確保するため、踏切が無警報状態の時に地上子を通じた場合には、列車に非常停止制御をかけ、踏切の手前に停止させる。



踏切側装置	バックアップ装置	列車
①踏切警報伝達	②踏切警報状態に対応した情報送信	③踏切無警報時に地上子通過で非常停止
⑥踏切無警報時に列車接近で回転灯点灯	④列車方向検知 ⑤列車通過情報伝達	

図3 踏切無警報対策システム概要図

3.1 試験装置概要

今回開発したシステムの概要図を図3に示す。

本装置には、踏切無警報で列車が接近してきた時、地上子を通することで、確実に踏切を鳴動、しゃ断機降下させ、かつ列車を踏切の手前で非常停止制御させる機能を持たせた。

現地試験の実施にあたり、踏切側と地上子側にそれぞれ試験設備用の器具箱を仮設した。

通常時は踏切側では既設の踏切から踏切警報条件を受け取って、地上子側に条件を送信するが、試験時には無警報条件を模擬的に作成し、送信する結線となっている。

地上側では受け取った踏切警報情報を地上子に送信し、踏切が無警報の時に列車が地上子の上を通過すると列車に非常ブレーキがかかる。また、列車が地上子の上を通過したという情報は地上子からバックアップ装置に送られ、地上子通過のタイミングから列車の進行方向を割り出す。これらの情報は踏切側に送られ、踏切が無警報の状態では列車が接近した場合は、回転灯を点灯させることになる。運転士は回転灯の点灯を確認することにより、非常停止の原因が踏切の無警報である事を認識することができる。

今回の試験では、動作条件を地上側から受け取るのとしたが、回転灯を点灯させる条件を踏切鳴動条件に組み込むことも可能である。

試験装置の結線図を図4に示す。

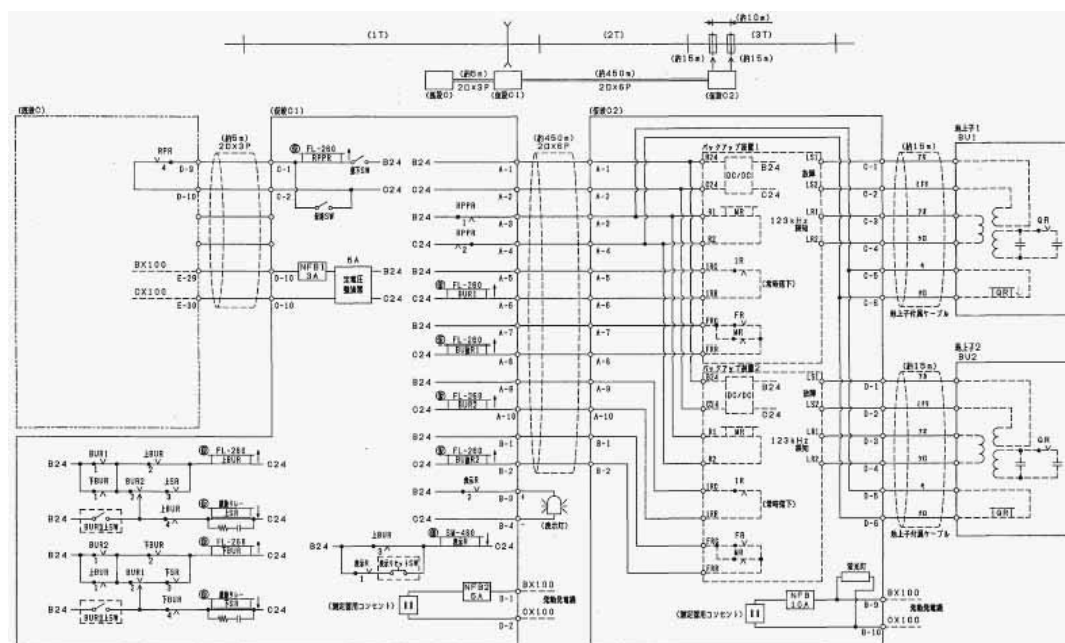


図4 試験装置結線図

3.2 列車方向の選別

本研究は、単線区間での実施を想定しているため、逆方向の列車に対しては本装置が機能しないように、マスクする必要がある。

今回の踏切バックアップ地上子はATS-SN地上子と組み合わせたものを使用している。ATS-SN地上子は軌道中心から210mmずらして設置することで、上り列車と下り列車を区別している。列車の車上子もそれぞれ対応した位置についているため、通常の列車であれば誤動作を起こすことはない。しかし、検測車については対向検測用車上子を設置しているため、このままでは逆方向走行時にも列車検知となり、誤動作を起こすことになる。

これを防ぐため、地上子を下り・上り専用として各2個設置し、検知に方向性を持たせることとした。図3で踏切から遠い地上子を上A、手前を上Bとした時、上り列車は上A→上Bの順に通過する。列車が上Aを通過した時に、踏切が警報を開始していない場合は、地上子を停止情報(123kHz)に制御することで列車に非常制動がかかり、踏切の手前で停止する。

検測車が踏切を通過後、反対方向の地上子を通過する場合は、上B→上Aの順に検知するが、上Bを検知した後に、一定時間機能をマスクさせることで、非常制動がかからないようになっている。

4. 現地試験

4.1 試験内容

関係各所との協議の結果、過去に踏切無警報の事象が発生した線区の踏切を試験箇所として選定し、現地試験を行った。

仮設した試験装置によって踏切無警報の状況を設定し、踏切バックアップ地上子からは停止周波数を発信させる。この地上子を通過した試験列車に非常ブレーキが掛かって停車することと、試験列車が踏切無警報で接近したという情報が踏切バックアップ装置に送信されることを確認する。また、試験列車の走行速度、停止までの走行距離についても確認する。

図5～8に各装置の外観を示す。



図5 踏切バックアップ装置



図6 バックアップ地上子



図7 踏切模擬装置



図8 回転灯

4.2 試験結果

試験列車（キハ100系、1両編成）は速度を変えて2回走行した。第1走行目は30km/h、第2走行目は60km/hで地上子を通過した。その結果、2走行ともに地上子通過後、非常ブレーキが動作、踏切の手前に停車した。また踏切に設置した、踏切無警報を示す回転灯が点灯することを確認した。

なお2走行とも、非常ブレーキ動作時、および停車時に目印を投下し、その距離を測定した。結果を図9、図10に示す。

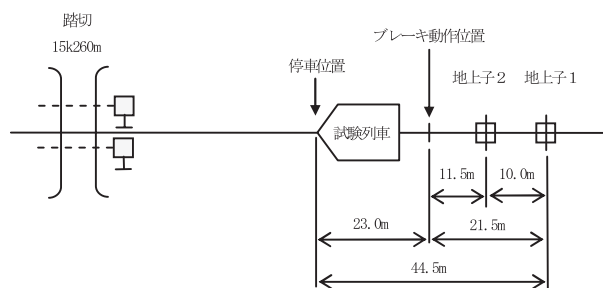


図9 第1走行（30km/h）試験結果

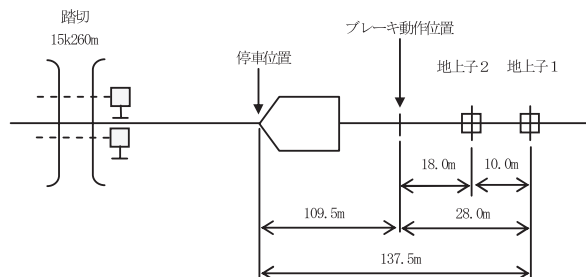


図10 第2走行（60km/h）試験結果

5. 考察

5.1 実測値と理論値との比較

今回の試験による実測値と、理論値との比較を表1にて示す。

表1 停止するまでの距離の比較

走行速度	実測値	理論値
30km/h	44.5m	48.2m
60km/h	137.5m	159.6m

実測値の方が若干停車までの走行距離が短くなっているが、その差はほとんど無い。これは実測と理論がほぼ一致していることを示していると考えられ、実用化の検討時にはこの試験結果が地上子の設置位置等の選定の参考にできるものと思われる。

なお、実測値の方が走行距離が短くなったのは、試験時の天候が良く、ブレーキが利きやすかったのに対し、理論値は安全側に数値を出していることによるものと考ええる。

5.2 ケーブル布設量の比較

今回の試験の目的の1つに、現行の踏切バックアップ装置を設置する時のケーブル布設量が多いため、これを低減することがある。

よって今回の試験の方式を採用した場合のケーブル布設量との比較を行い、その低減量を算出した。

試験を行った線区は基本的に旅客列車のみが運行する線区であるが、単機のディーゼル車も走行する場合がある。踏切設備を設置するには、その線区を走行する全ての種類の列車に対して安全を確保する必要がある。

踏切の鳴動開始点を決める要素としては、必要とする踏切警報時間と線区最高速度がある。

試験を行った箇所が必要とされる警報時間は34秒、線区最高速度は85km/h=23.6m/sなので、鳴動開始点は2つの積、

$$34 \times 23.6 = 803\text{m} \cdots \text{①}$$

で表される。

これに対し、試験の方式を採用した場合は、信号設備設計施工標準にある地上子の設備方で定められている式を使用する。式の抜粋を表2に示す。

表2 設計施工標準より抜粋

	A	B	C
旅客列車	$\frac{V^2}{20} + 3.6$	$5 \frac{V}{3.6}$	$\frac{V}{3.6}$
貨物列車	$\frac{V^2}{15} + 3.6$	$5 \frac{V}{3.6}$	$\frac{V}{3.6}$

A：非常制動距離（m）

B：警報が鳴動してから非常制動がかかるまで走行する距離（m）

C：地上子を通過してから警報が鳴動するまでの時間に走行する距離（m）

V：閉そく区間の計画運転速度の最高値をとるものとする。

今回の試験に当てはめると、警報鳴動と非常制動は同時に行われると解されるため、 $B=0$ とする。よって、地上子通過から非常ブレーキ動作までの走行距離はC、非常ブレーキ動作から停車までの走行距離はAで表される。これにより、地上子の設置位置は $A+C$ で表される。

この式に必要な数値は、V：最高速度なので、旅客列車の最高速度85kmと、貨物列車の最高速度75kmを、それぞれ当てはめて見る。計算した結果、433m（旅客）、500m（貨物）となった。ここでは安全側の数値として、

500m・・・②

を採用する。

この①と②の差が、求められるケーブル布設低減量である。計算すると、

$$1 - 500/803 \approx 0.37$$

約37%、ケーブル布設量が低減できる計算となる。

なお、この数値はあくまで設計値に基づいて計算したものであるため、実際の設置時には当該箇所を走る列車の性能（減速度）や種類によって、設置位置が変化すると考えられる。

5. まとめ

今回の試験結果と、設定上の車両性能とを比較した場合、両者に大きな差は無く、今後、本案件で実用化を目指すに当たって、地上子設置位置をATS設置基準に基づいて設置したとしても、十分に安全は確保でき、且つケーブル布設量も低減できることが判明した。

踏切無警報状態を乗務員に示すために設置した回転灯については、その動作を確認することができた。ただ、実用化段階では視認性や設置箇所について運転、設備関係各所の意見交換が必要となる。

今回の試験結果を受け、今年度、大船渡線において、本方式の実用化を行う予定となっている。