

○ [土] 溝口 敦司 [土] 千代 誠 (西日本旅客鉄道株式会社)

Development of the vehicle guide device after derailment for slab track

○Atsushi MIZOGUCHI, Makoto SENDAI, (West Japan Railway Company)

The vehicle guide device after derailment (referred to below as "the device") has been developed as the measures against the phenomenon of first Shinkansen's derailment in commercial service due to Niigata-ken Chuetsu Earthquake in 2004. The function of the device is to reduce the damage in the case of derailment by the shake of an earthquake, preventing derailment vehicles from deviating greatly from the track by guiding derailment wheels. After being confirmed that the device satisfied its basic performance, it was installed on the Shinkansen operation line to confirm the influence on both vehicle and the site, and long-term situation of the installation. Though the device has been installed around 1,200 m for more than one year, the situation of the installation has been good, and the trouble of train operation has not been happened. In this way since it has been admitted its completeness, full-scale installation will be planned.

キーワード: 地震, 逸脱防止ガード, スラブ軌道, 減災

Key Words: earthquake, The vehicle guide device after derailment, slab track, damage reduction

1. はじめに

新潟県中越地震における新幹線車両の脱線および施設被害を踏まえ国土交通省が主体となり設置された「新幹線脱線対策協議会」において、施設面、車両面で当面とりうる脱線対策等の一つとして「逸脱防止対策」が示された。JR西日本では逸脱防止ガードの実現に向けた開発¹⁾に取り組んできており、これまでに技術的に成立する見通しを得ることができたことから、現在、山陽新幹線の新大阪～姫路間で整備を進めているところである。

そこで、本稿においては、主にスラブ軌道用逸脱防止ガード(以下、「ガード」という。)の開発の考え方およびその性能確認内容について述べる。

2. 開発の考え方

ガードは、列車が万一脱線した場合でも脱線後の被害を軽減するために脱線車輪を走行レールに沿って誘導し、脱線車両が軌道から大きく逸脱しないようにする設備である²⁾。この開発にあたっては、この機能を達成することに加え、設置に伴う通常時の列車走行に与える影響を考慮した。

開発方針は具体的には以下のとおりとし、図1に示すような開発ステップに基づいて、設計したガードに対して室

内試験等により基本性能を確認した後に、本線上への試験敷設を行って最終性能評価を行うこととした。

2.1 逸脱防止の機能

(1) 脱線車輪から受ける水平方向の衝突荷重に耐える

水平力 200kN (設計荷重相当)²⁾の荷重に対し、ガード部材に対し有害な損傷が発生しないものとする。

(2) 脱線車両を大きく逸脱させない

脱線車輪をスラブ板やまくらぎから外れない位置で誘導できることとする。

(3) 脱線時に車両の高剛性部材 (ECB ディスク) が衝撃しない

高剛性部材がガードの上方に衝撃する場合には逸脱防止機能の確保が困難である場合も想定されたことから、走行レールと高剛性部材との衝撃を回避させることとする。

2.2 日常の列車走行および軌道保守への対応

(1) 日常の列車走行安全を確保する

日常の列車走行に対し、ガードおよび軌道部材が十分な強度を有していることとする。

(2) 信号に異常を発生させない

ガードの設置により、信号システムの機能に影響を与えないものとする。

3. ガードの構造概要

ガードの構造についてはバラスト一般区間用と同様に汎用鋼材を梯子型に一体構造とすることによりコスト低減を図り、軌道スラブへの設置間隔を可能な限り拡大することとした。

3.1 構造の特徴

ガードの構造の特徴を以下に示す。

- ・軌道スラブへの固定方法については、軌道スラブ形式によらずレール直角方向に一定間隔（600mm）で設置されている注入孔にアンカーインサートを設置して、六角ボルトを用いてガードを固定することとした。
- ・ガード幅については、逸脱防止機能を高めるため極力大きくすることが望ましいが、信号影響を考慮して幅を決定することとした。

なお、信号影響については、軌道スラブの形式により若干であるものの違いが認められたことから、影響の小さいタイププレート式より本線敷設による影響確認を行い、影響の見極めののちに、座面式の本線敷設を行うこととした。

3.2 具体的な構造

ガードの具体的な構造については、既存の軌道構造を変更することなく比較的容易に設置でき、汎用性の高い部材を用いることにより経済的な構造とすることとした。開発したガードは2種類あり、うち座面式用のガードを図2に示す。

座面式用の構造上の特徴は以下の通りである。

- ・ガード材には $150 \times 75 \times 9/6$ のI型鋼、桁材に $150 \times 80 \times 6$ の角型鋼管を用いた。バラスト軌道用と異なりガード材にI型鋼を用いたのは、脱線車輪が軌道スラブの座面部を走行するときに ECB ディスクとの衝突を回避させるためである。
- ・ガードを固定する注入孔は、軌道スラブの両端部のもの（計4箇所）を用いることとした。整備区間に敷設されている軌道スラブにおいて、この間隔は1900mm～4380mmとなる。
- ・桁材の本数については、腐食を考慮した構造検討（腐食量はバラスト軌道用と同様に片側0.5mm）により決定し、試験により強度を確認した。なお、この腐食によるガードの剛性の低下（約1割）についても考慮した。
- ・ガードの固定部（ボルト、アンカーインサート）の強度が十分確保できることが確認されたことから、バラスト軌道用のような装置受台およびくさびを省略し、直接ガード材を軌道スラブに固定する構造とした。
- ・ガードを固定するボルトは、万一脱落した場合にも建築限界を支障させない構造とした。
- ・ガード材上面に滞水することによる腐食を防止するため、ガード材には水抜き孔を設けた。
- ・ボルトには緩み止めと防錆効果が期待できるエポキシ静電粉体塗装を施すこととした。
- ・ガードの長さについては細部見直し時に軌道スラブと同一し、構造物の温度伸縮に伴う影響回避を図り、ガードの

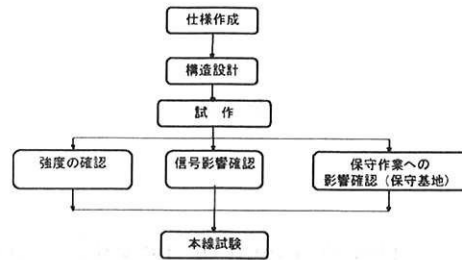


図1 ガードの開発ステップ

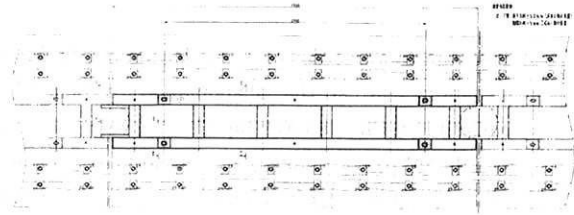


図2 開発したガード

境界部には継手を設けて脱線車両を連続的に誘導するものとした。境界部の載荷時においてガードの目違い量に差が出ることから、目違い量を小さく抑えることができるよう、ガードの配置については、列車進入方向手前側が継手部となるように規制することとした。

4. ガードの基本性能等の確認

4.1 地震時の車輪衝突に対する強度確認

脱線車輪衝突時にはガードに対して衝撃荷重が作用する。評価については、安全側の評価が得られ、簡易に試験が可能な静的荷重を載荷することにより行った。供試体には、通常の鋼材厚のものと長期使用に伴う部材厚の減少を考慮したものを使用し、腐食時の断面減少を考慮して評価を行った。なお、載荷位置については、ガード中央部付近の桁部直上に加え、ガード接続部での誘導性能を確認するためガード端部の2箇所とした。

試験実施状況を図3、結果の一例を図4に示す。

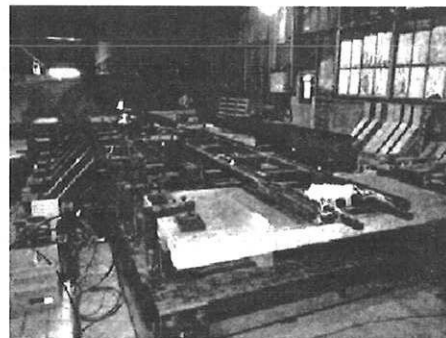
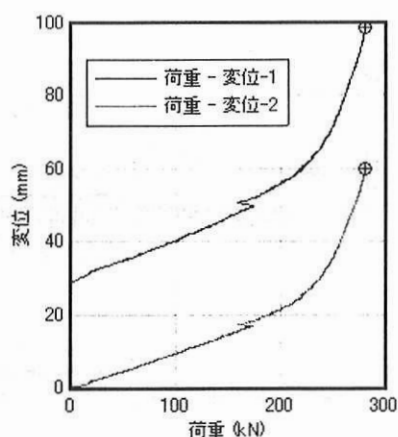
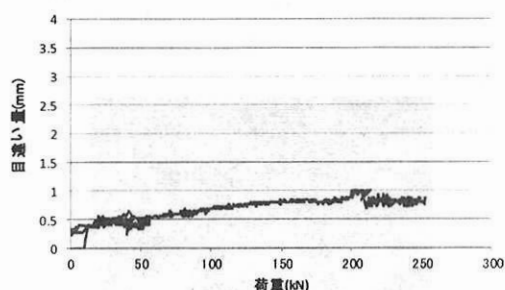


図3 試験実施状況



※変位-1: 載荷側のガード中央部,
変位-2: 載荷点反対側のガード中央部

(a) ガード中間部載荷時の荷重-変位測定結果



(b) ガード端部載荷時の荷重-目違い測定結果

図4 載荷試験結果の例

これらの結果より、いずれも 200kN 程度までは弾性的挙動を示しており、十分な強度を有していると考えられる。また、ガード端部の目違い量は、1mm 以内であり、脱線車両を連続的に誘導することが可能であると判断された。

4.2 氷塊衝撃試験

冬季に列車に付着した氷塊等の落下に伴う影響を確認することを目的に、氷塊（質量 720g）および金属片（質量 200g）を空気砲によりガードに 300km/h で衝撃させる試験を行った。試験の結果、氷塊、金属片いずれが衝撃した場合においても鋼材の損傷は限定的であり、ガード機能に影響を与えるような損傷は認められなかった。

これらの試験を通じ、ガードは必要強度を満たしているものと判断した。

4.3 信号影響の確認

ガードは鋼製で軌間内に設置されることから、ATC 信号等への影響が懸念される。そこで、ガードの敷設に伴う、ガードとレール、地上子類との離隔、および連続敷設による軌道回路および地上子類への影響を確認するための試験を実施した。

試験は基本的に、地上での確認（保守基地および本線）、車上での確認（電留線、本線）の順にステップアップして

実施することとした。

地上子類に対するガードの設置は、図5に示すように、ガード材相互の離隔（離隔A）と、地上子のレール長手方向の離隔（離隔B）を変化させることにより行っている。

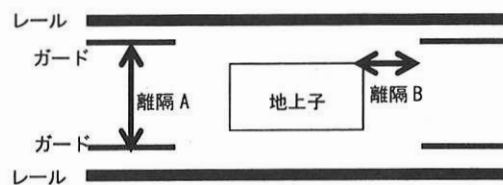


図5 ガードとレール・地上子との離隔

この試験の構成を図6に、試験の実施状況を図7に示す。試験の結果、離隔Aを 550mm から 740mm に変化させた際にガード敷設による受信レベルの変化は小さく、問題はないことがわかった。

また、地上子類との離隔は、離隔Bを変化させた際の試験の結果①に基づいて決定した。

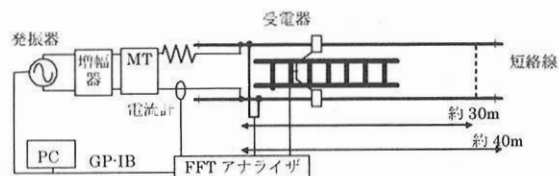


図6 信号影響試験の構成

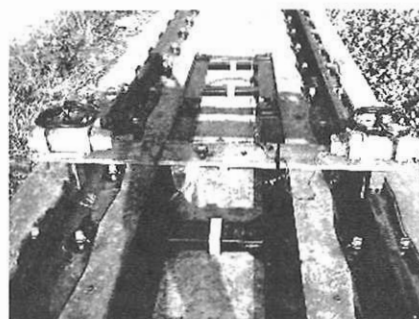


図7 信号影響確認試験の実施状況

5. 本線試験敷設

前述の通り基本性能確認の結果により、本線の列車走行への支障のないことを確認したことから、長期の設備保守性の確認を目的として、平成 21 年 12 月より本線への試験敷設に着手した。

なお、試験敷設の流れについては、図8のとおりステップアップしていくこととして、まず低速区間より行い経過を確認したのちに高速区間への敷設を実施した。

なお、これまでのガードの敷設延長は4区間で約 1.2km である。

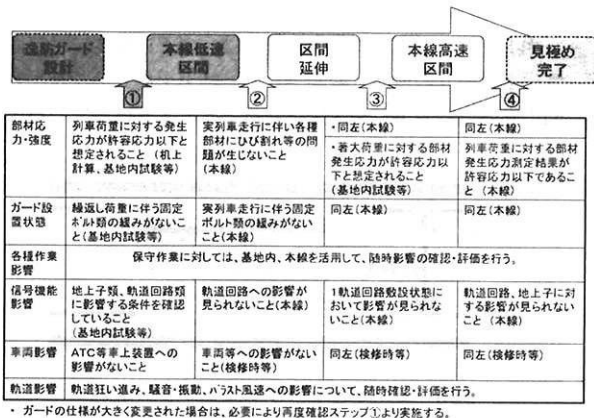


図8 本線試験敷設ステップと確認項目

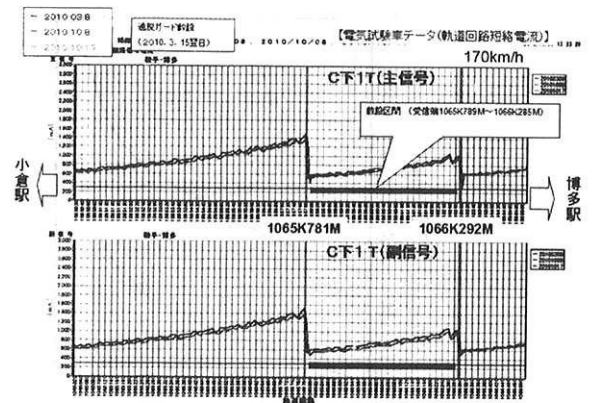


図10 信号レベルの推移

5.1 営業列車走行に伴うガードおよびまくらぎ応力

営業列車走行に伴う部材強度を 300km/h 走行区間で確認した。応力等の測点配置を図9に、測定結果の一例を図10に示す。いずれの測点においても、前述の強度確認結果と同様に発生応力が非常に小さく、部材強度については問題ない結果が得られた。

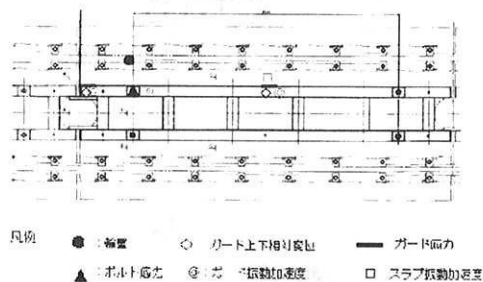


図9 測点配置

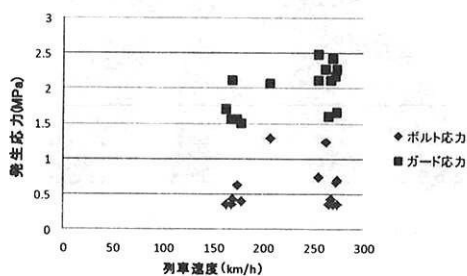


図10 測定結果の一例

5.2 信号レベルの変動

ガード敷設によるATC信号受信レベルの季節的变化を確認する目的で1軌道回路分の連続試験敷設を実施した。試験車により測定された、試験敷設箇所付近の受信レベルの推移は図11に示すとおりで、ガード敷設に伴う影響および季節の変動も認められず敷設後2年半以上経過した現在において良好に推移している。

5.3 ガードの設置状況の経過

ガードの設置状況を図11に示す。これまでのところ、ガード固定部のボルト緩み等軌道への異常は認められず良好に推移している。

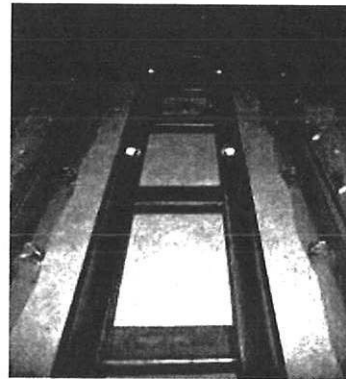


図11 現地敷設状況

6. まとめ

スラブ用のガードについて、汎用鋼材をベースとした構造を提案して、基本性能を確認したのちに、本線試験敷設を実施してきた。これまでの良好な経過を踏まえ、ガードの構造成立を確認できたことから、現在、山陽新幹線の新大阪～姫路間にてバラスト用ガードとともに本格的な敷設に着手している。

最後に、開発全般にわたり、技術協力、試験協力をいただいた（公財）鉄道総合技術研究所をはじめとするJR各社および関係メーカーに対し、紙面をお借りして謝意を申し上げます。

参考文献

- 1) 楠田将之、山口義信：逸脱防止ガードの開発、第18回鉄道技術連合シンポジウム pp31～34, 2011.12
- 2) 柳川秀明：軌道における地震時の新幹線脱線対策、第210回鉄道総研月例発表会講演要旨, 2008.3