

# 鉄道の 足元を支える クロッシング

写真提供：PIXTA

長く伸びる鉄道の軌道の先には、必ず分岐点がある。  
軌道の上を走る列車を目的の方向へ、安全に導く重要部品が「分岐器」であり、  
それを構成する部位の一つが「クロッシング」である。  
鉄道の高速化や快適性を足元で支えるクロッシングには、  
どのような材料技術が生かされているのだろうか。



## 行き先へと導く クロッシングの役割

鉄道では軌道の上を列車が走るが、一つの軌道を二つ以上の軌道に分けるために設けられる軌道構造は分岐器と呼ばれる。分岐器があるからこそ、列車は駅等で待機中の別の列車を追い越したり、路線別に行き先を変更したりすることができる。分岐器は数々の部位より構成されているが、その中でもクロッシングは軌道が交差する箇所に設置される重要部位である（図1）。

クロッシングにはいくつかの種類があるが、構造によって「固定クロッシング」と「可動クロッシング」の2つに分類される（図2）。

固定クロッシングには、交差部を列車が通過する際に、交差部に車輪のフランジが通過するための欠線部が設けられている。また、列車が分岐する際に、左右両側の車輪が異なる軌道に進入しないように、反対側の軌道にガードレールが設けられている（図3）。列車が欠線部を通過する時には“ガタン”と衝撃が伴うため、通過速度はあまり上げることができない。

一方、可動クロッシング（本稿ではノーズ可動クロッシングを指す）は、可動レールと呼ばれる特殊なレールが左右に動く構造をしている。可動レールが動くことにより列車が進む方向に軌道がつながるので、固定クロッシングのような欠線部が無い。そのため、通過時に衝撃が無く、高速でも安定して走行することができるという特徴がある。

JRの場合、固定クロッシングは在来線を中心に多く使われ、可動クロッシングは新幹線の分岐部に多く使用されている。

図1 分岐器の構成<sup>(1)</sup>

分岐器は、ポイント、リードレール、クロッシング、ガードなどの部位から構成される。

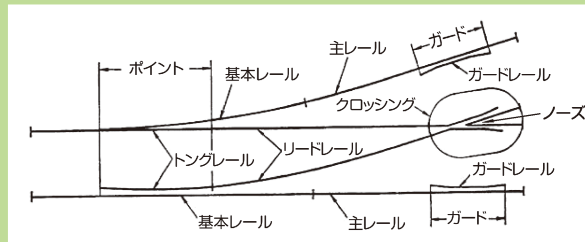
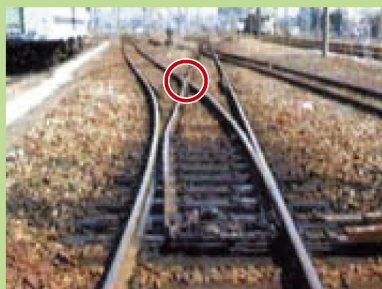


図2 固定クロッシングと可動クロッシング<sup>(1)</sup>



固定クロッシング



可動クロッシング

## 大きな荷重に耐える クロッシング

軌道には、車輪とレールの接触部に常に車両から大きな荷重がかかり、また、レールとレールの間の継目では、とくに大きな荷重がかかる。クロッシングにはこの両方の荷重がかかる。クロッシングの欠線部はレール間の継目より幅が大きいため、かかる荷重はより大きくなる。クロッシングを通過する車輪は、車輪の内側と外側とで直径の異なる2箇所がクロッシングに接することで、クロッシングは2つの異なるすべり接触を受けることになる。

クロッシングに生じる損傷の一つに、衝撃

荷重とすべり接触とを受けて起こる「<sup>ざかい</sup>挫壊<sup>\*</sup>」がある。挫壊は放置すると重大な損傷となる可能性があるため、発見されたら経過観察や計画的な交換が必要となる。挫壊を起きにくくするために、クロッシングの耐衝撃性の確保は極めて重要である。

## 耐衝撃性に優れる 高マンガン鋼製クロッシング

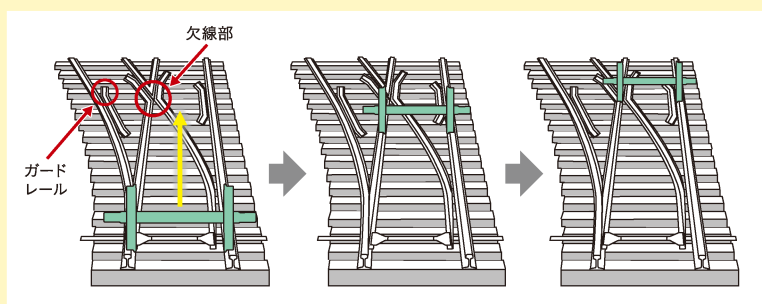
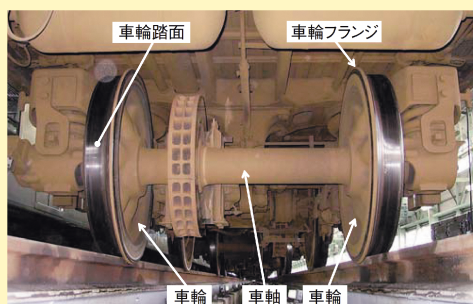
クロッシングには、車輪からの大きな衝撃にも耐えられる材料として、高マンガン鋼とレール鋼が用いられる。

高マンガン鋼の合金主成分はC0.90～1.20 mass %, Mn11.00～14.00 mass %

\*挫壊：固定クロッシングにおいて形成される損傷の呼称で、車輪からの衝撃荷重によりレール頭頂面に数ミリ単位の塑性変形が生じ、はく離が生じる損傷形態のことである。

図3 固定クロッシング上の車輪の動き

列車の車輪を前から見ると、内側にフランジが付いた形状をしている。車輪はレールにかかりながら回転するため、軌道から逸脱することなく走行できる。固定クロッシング上には軌道が一部切れた欠線部が設けられており、車輪はここでクロッシングを横切って、分かれた軌道へ進路を変える。





である（JIS G5131高マンガン鋳鋼品SCMnH3）。高マンガン鋼は、レール鋼と異なりオーステナイト組織を有し、耐摩耗性に優れる、き裂に対する安全度が高い、列車の荷重を受けると表面が加工硬化する、などクロッシングに適した特徴を発揮する（表1）。

高マンガン鋼製のクロッシングは鍛造で製造される。クロッシングは長尺のため、電気炉で溶解した高マンガン鋼を、安定した流れで素早く鋳型に流し込む必要がある。また、鋳造のままでは組織内に炭化物が析出し、脆くなってしまう。そこで、靱性および耐衝撃性を高めるために、約1050℃の固溶化温度に加熱した後水中で急冷する熱処理（水靱処理）を施すことにより、オーステナイト組織とする。

## 圧延材から作られる レール鋼製クロッシング

レール鋼は、高炭素鋼で0.72～0.82 mass%のCを含むパーライト鋼（JIS E1120 HH340）であり、耐摩耗性と強度に優れる。レール鋼のクロッシングは、所定のレール形状に圧延されたレールを、分岐器メーカーにおいてクロッシングの形状に加工し、熱処理により表面の硬さを高める。かつては、加工したレールを組み立てていたが、溶接技術の進歩によりレール同士を

表1 高マンガン鋼クロッシングと炭素鋼レールの機械的性質<sup>(2)</sup>

|              | 降伏点<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 伸び<br>(%) | 衝撃値<br>(J/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------|-----------------------------|------------------------------|-----------|-----------------------------|
| 高マンガン鋼クロッシング | 400～440                     | 780～980                      | 40～80     | 200～300                     |
| 炭素鋼レール(生)    | 400～490                     | ≥800                         | ≥10       | 20～50                       |
| 炭素鋼レール(HH)*  | 700～780                     | ≥1100                        | ≥8        | 5～20                        |

\*頭部全断面熱処理レール

接合して一体化したレール鋼製のクロッシングが増えていく。

## 保守作業の負担を 減らす試み

現在、新幹線のクロッシングには、主に高マンガン鋼製の可動クロッシングが使用されている。可動クロッシングであれば、直線部を速度制限なく走行することができる。しかし、高マンガン鋼は鋳鋼品であるため、金属組織内部にできる鑄巣（微細な空隙）を完全に除去することは難しい。鑄巣をはじめ組織内部の欠陥の状況を非破壊で把握する方法の一つに超音波探傷検査があるが、高マンガン鋼は結晶粒サイズが鋳造凝固時のままのため大きく、超音波が散乱反射するために適用が非常に困難である。そのため、代替として外観検査をこまめに行う

ことが必要となる。特に細かい検査が必要なのは、可動クロッシングの可動レールである。可動レールは、万一破損すると事故につながりかねない重要部品である。

また、可動レールは、進行方向によって左もしくは右のウィングレールに押し付けられる。可動レールが押し付けられた時のウィングレールとの隙間はわずか1mm未満と決められており、接触面には高精度の加工が求められる。一般的に可動クロッシングは半年ごとに解体され、表面キズの検査が行われる。新幹線の可動クロッシングの場合は特に厳しい検査が行われ、交換の目安を累積通過トン数（通過した車両の重量を累積した数値）1.8億tとしており、これは通過本数が多い箇所では4～5年程度通過したトン数にあたる。

このような軌道の検査・保守作業は鉄道会社にとって大きな負担となるが、交換後の部品はまだ使用可能な状態であることが多く、使用期間を伸ばすことが検討されている。

実は新幹線のレールは、開業当初の50kgTレール（53.3 kg/m）から現在は60kgレール（60.8 kg/m）へと置き換わっている\*。これはレールの縦剛性及び横剛性をより高める目的からレールの断面積が

\*50kgTレールと60kgレール：一般にレールは1m当たりの重量で呼ばれる。50kgTレールは東海道新幹線開業当初に新幹線用として設計されたものである。60kgレールは山陽新幹線（新大阪～岡山）に使用するレールとして設計され、その後は新幹線のみではなく、在来線でも使用されている<sup>(3)</sup>。

### 日本最大の分岐器

高崎駅から北へ約4 km、上越新幹線と北陸新幹線の下り線の分岐点に敷設されたノーズ可動式38番分岐器は、全長約135mに及び純日本製かつ国内最大の分岐器であり、直線側（新潟方面）へは240 km/h以上で、分岐線側（長野方面）へは160 km/hで通過できる。



写真提供：東日本旅客鉄道（株）



I N T E R V I E W



及川 祐也 さん  
(公財) 鉄道総合技術研究所  
軌道技術研究部 軌道構造研究室  
研究室長

## 鉄道システムに不可欠な「クロッシング」

日本全国に張り巡らされた鉄道システムの中で、クロッシングは重要な役割を果たしている。もしクロッシングが無かったら、列車は同じ軌道の上を行き来するしかない。クロッシングが行き先を確実に切り替えることにより、多様な運行を実現している。元々は全てが固定クロッシングであったが、新幹線では主に高マンガン鋼製の可動クロッシングが使用されている。可動クロッシングは、直線を速度制限無く走行できるメリットがあるが、超音波によ

る内部の検査が出来ないため、半年ごとに解体して検査している。クロッシングは複雑な構造を持つが、限られた時間で確実に検査し、保守作業を行うことが必要である。鉄道会社にとっては負担が大きく、今後は保守省力化につながる技術開発が大きな課題となってくる。その一つがレール鋼を用いた可動クロッシングの開発であり、今後は信頼性やコストなどを含めた検討が進むことを期待している。

増加したもので、これに伴いレールの保守周期は長くなり、周辺部材の使用期間も長くなっている。

クロッシングの保守作業の負担を減らすための取り組みの例として、レール鋼を用いた可動クロッシングの開発がある<sup>(4)</sup>。可動クロッシングの材料にレール鋼を用いれば超音波探傷検査の実施が可能となり、これまでの検査の手間を減らす方法として検討されている。

### クロッシングへの要求に応える技術開発

鉄道の高速化が進められる中、騒音や振動の低減、乗り心地向上を図るため、レールの継目部を溶接したロングレールの採用が一般的になっている。このような中で、新幹線や高密度線区などでは、高マンガン鋼

クロッシングとレールとを溶接したいという要望が高まっている。しかし高炭素鋼のレールと高マンガン鋼のクロッシングは材料組成も組織も全く異なり、溶接は難しい。少し具体的に言うと、レール鋼は焼入れ硬化性があるため、溶接後に急冷すると異常硬化組織が形成されて硬く脆い性質となる。そのため溶接時には、ワークを予熱して冷却速度を下げなければならない。一方、高マンガン鋼では、溶接後の冷却速度が遅いと冷却中に炭化物が析出し、脆化する。これを防ぐには冷却速度を上げなければならない。つまり、クロッシングとレールにおいて最適な冷却速度は、全く反対である。

性質の異なる材料を接合するための方法として、ステンレス鋼系の中間材をレールと高マンガン鋼クロッシングの間に挟み、フラッシュバット溶接で接合する技術がヨーロッパで開発され、日本でも一部導入されているが、コスト高などの課題がある<sup>(5)</sup>。

古くから軌道の弱点といわれてきたクロッシングは、製造方法や材料選定、使用場所に応じた材料の開発など、弱点を克服すべく発展してきた。これからも、安全、快適な交通インフラを支えるための技術開発が進められることだろう。

(取材協力：(公財) 鉄道総合技術研究所)

### 文 献

- (1) 及川祐也：Railway Research Review, 73(2016), 28-31.
- (2) 長尾貴文：新線路, 8(2018), 49-51.
- (3) 新版軌道材料編集委員会：新版軌道材料, 鉄道現業社, (2011.5).
- (4) 及川祐也, 原田茂幸, 伊藤太初, 兼松義一：Railway Research Review, 71(2014), 16-19.
- (5) 梅村孝雄：特殊鋼, 61(2012), 26-28.

# 安全と経済性の 両立を目指して