

技術解説

鉄道用車輪設計技術の現状と今後の展望

Design Technologies for Railway Wheels and Future Prospects

岡 方 義 則*
Yoshinori OKAGATA

抄 録

鉄道用車輪に要求される特性には、機械的強度、耐摩耗性、耐ブレーキ熱特性、騒音振動特性などがある。一体車輪は、ボス部、板部、リム部の3部位で構成されており、それぞれ要求される特性が異なる。板部は、車両の重量を支えるための十分な機械的強度を有するとともに、ブレーキ熱応力を低減するための最適形状設計を行っている。リム部は、メンテナンスコストの観点から、耐摩耗性が重要であるが、一方、踏面ブレーキ車輪では、安全性の観点から、耐熱きれつ、耐割損性が要求される。両者は、材料の炭素量に対して相反性能であるため、使用条件に応じて適正な材料を選択する必要がある。我が国の車輪材料は、過去の車輪とレールの摩耗試験に基づいて規格化されたものである。

Abstract

Solid wheels for railway need to have several characteristics such as enough strength, anti wear, anti thermal damage and noise / vibration characteristics. A solid wheel consists of three portions, that is, hub, web and rim. The characteristics for each portion are different each other. The web portion has to have enough mechanical strength against the loads caused by vehicle mass, and at the same time, its configuration is designed from the view point of thermal stress distribution. For the rim portion, steel grade is to be considered from the view points of anti wear and anti thermal characteristics each of which has different dependence on carbon content of the material. The material specification of wheels for domestic service was determined according to a series of research on wear characteristics of wheels and rails.

1. はじめに

鉄道用車輪は、車軸とともに、鉄道車両の安全運行を支える最重要部品のひとつである。車輪は、車両の全荷重を支えており、かつ、万一、異常を生じた場合に、他の部品でバックアップするフェールセーフ構造にはできないため、強度上、絶対的な信頼性が要求される。したがって、車輪の設計において最も基本的な特性は強度である。

しかしながら、“壊れないこと”は、車輪として当然の性能であるため、製品性能の差別化という観点では、強度以外の特性、例えば、耐摩耗性、耐熱きれつ性、騒音振動特性などが注目される場合も少なくない。特に、車輪は交換部品であるため、メンテナンスコスト上、寿命は大きな関心事である。

これらの特性を向上すべく、これまでに、種々の研究や技術開発が行われてきたが、そのアプローチには、大別して、材料設計と形状設計のふたつの分野がある。本稿では、

車輪に要求される諸特性について概説したのち、そのなかから特に重要なものについて、これまでの研究開発の事例を紹介する。最後に、まとめとして、現下の課題を述べたうえで今後を展望する。

なお、鉄道用車輪には、外周部分とそれ以外の部分を別の部材で構成する組立式の車輪もあるが、本稿では、現在最も一般的に使用されている一体車輪を対象とした。

2. 車輪の構造と要求特性

2.1 車輪の構造と部位の名称

鉄道車両用一体車輪（以下、単に、車輪と称す）は、図1に示すように、車軸が嵌まるボス部（Hub）、レールと接触するリム部（Rim）、および両者をつなぐ板部（Web）の3つの部分から構成されている。リム部のうち、外周部分のレールと接触する部分を踏面（Tread）、突起の部分をフランジ（Flange）と呼んでいる。

* 交通産機品事業部 製鋼所 シニアスタッフ 工博 大阪府大阪市此花区島屋 5-1-109 〒554-8555

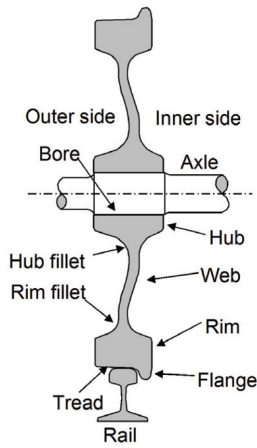


図1 一体車輪の構造と名称
Designations of each part of a solid wheel

2.2 車輪に要求される諸特性

車輪に要求される特性を、以下に挙げる。

- (1) 重量：車輪は、ばね下部品であるため、乗り心地や、台車部品に与える影響という観点から、できるだけ軽量であることが望ましい。特に、高速車両では重要な設計要素である。
- (2) 板部の疲労強度：車両の重量によって生ずる機械的応力の繰り返しに対して、十分な疲労強度を有していなければならない。
- (3) 踏面の接触面圧強度：踏面とレールが接触する部分での応力（ヘルツ応力）に耐え得る強度が必要である。
- (4) ブレーキ熱による応力分布の変化：踏面ブレーキ車輪において、ブレーキ熱によってリム部が膨張すると、板部とリム部に熱応力が発生する。過大な熱応力が発生すると、車輪の応力分布が変化し、製造時の正常な状態から逸脱する場合がある。
- (5) 耐熱き裂・耐割損性能：踏面ブレーキの摩擦熱によってリム部に発生する熱き裂とその進展に関する特性である。最悪の場合、車輪割損につながる。
- (6) 耐摩耗性：レールとの接触、および、踏面ブレーキ車輪の場合は、ブレーキシューとの摩擦によって踏面に摩耗を生じる。車輪の寿命に直結する特性である。摩耗量自体よりも、摩耗の不均一性が問題となる場合もある。
- (7) 走行性能：直線走行時の安定性、曲線通過性能などは、基本的には、台車全体の性能として評価すべきものであるが、車輪の踏面形状も、その一要素である。
- (8) 音響性能：環境対策の観点から車輪の走行騒音の低減が求められている。台車構造の改善やレール塗油など、種々のアプローチがあるが、車輪自体の対策としては、防音部材を装着した防音車輪の採用が一般的である。
- (9) 振動：車輪に起因する振動は、大別して、踏面の損傷

によって生ずるものと、車輪のアンバランスによって生ずるものがある。前者は、上述の接触面圧強度や耐摩耗性によって影響を受ける。後者のバランス性能は、一般的には、製造時、および、補修時の機械加工の精度によって決まる。特に、高速車両用車輪において重要である。

- (10) 車軸把握力：車輪が車軸に対してずれないように、ボス部が車軸を把握する特性であるが、一般的には、規定の締め代と圧入力などの管理を適正に行えば問題となることはない。

3. 板部の設計

前章で挙げる諸特性のうち、特に、重要な特性に関する設計技術に関して、以下に詳述する。なお、ボス部については、前章末尾に述べたように、設計上、特に、重要な選択肢はないため、板部とリム部の主な特性に絞って、述べることにする。

まず、板部に関して、下記の特性について順に述べる。

- (1) 機械的荷重に対する板部形状設計
- (2) 板部材料の疲労強度
- (3) 板部形状とブレーキ熱応力分布の関係

3.1 機械的荷重に対する板部形状設計

3.1.1 機械的荷重の種類

車輪に負荷される機械的荷重には、図2に示すように、垂直荷重と、水平荷重がある。垂直荷重は、車重を垂直に支えるために生ずる荷重である。水平荷重には、2種類あり、曲線の外側車輪のフランジの付け根部に、軌道の外側から内側に向けて作用する荷重を横圧、逆に、内側車輪のフランジの裏側に、軌道の内側から外側に向けて作用する荷重を背圧と呼ぶ。横圧は、主に曲線通過する場合に連続的に生ずるもので、車輪板部の強度検討上最も重要な荷重である。一方、背圧は、ポイント通過時などに、フランジの裏側が、ガードレールに接触する場合に生ずるものである。

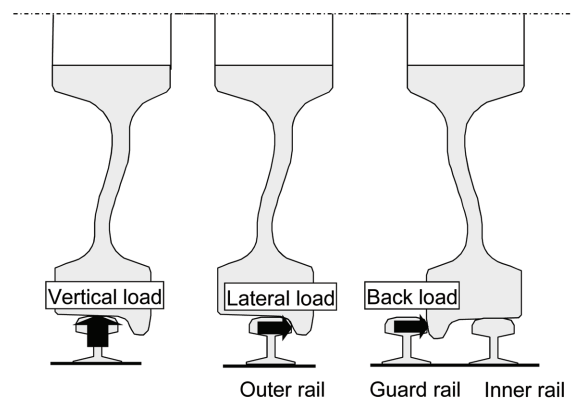


図2 車輪に負荷される荷重の種類
Positions and directions of the mechanical loads

が、発生頻度が、横圧に比較して著しく小さいため、規格によっては、強度設計上、考慮していない場合もある。

3.1.2 板部の基本形状

国内で使用されている車輪の形状は、その板部の形状によって、A種、B種、C種の3種類に分類される。図3 a) から c) に示すように、A種車輪の板部は、リム側に対してボス側が車両の内側に窪んでおり、B種は、その逆である。C種の板部は、車軸に対して垂直である²⁾。

前項で述べたように、車輪は、曲線を通過するとき、垂直荷重 P と横圧 Q を受ける。したがって、ふたつの作用力の合力は、図4に示すように、レールとの接触点から上向きに、輪軸の内側に傾いた方向に作用する。板部に発生する応力は、一般に、ボス側の付け根で最大となるが、同図に示すように、荷重が同じであっても、モーメントのアーム長（図中の L_a ）が相対的に短いA種の方が、モーメントが小さくなる。すなわち、A種の板形状の方が強度上優れており、国内外を問わず、他の制約がない場合には、A種車輪が最も一般的な形状として採用されている。

B種の形状は、狭軌用の駆動輪軸において、輪軸の内側

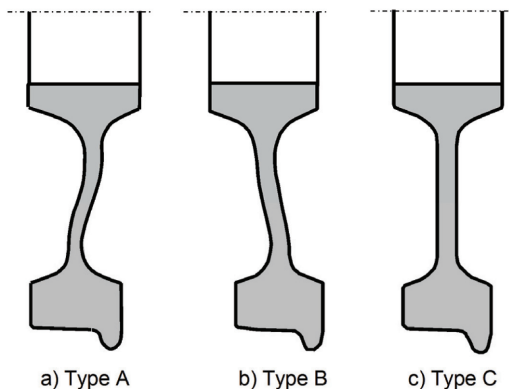


図3 車輪板部の基本形状
Typical web configurations

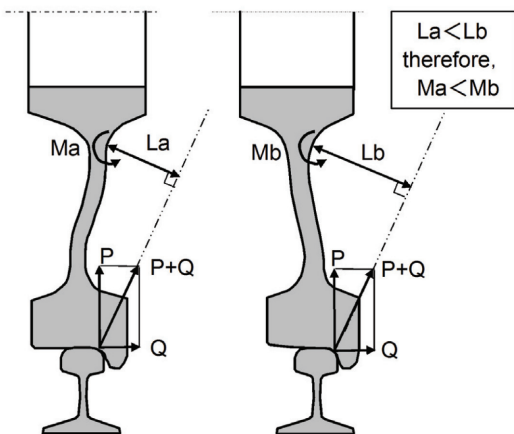


図4 A種とB種のモーメント比較
Comparison of bending moments

に駆動装置を構成するスペースを確保するために設計された形状である。上記のA種車輪に比べて強度的には不利になるため、A種車輪よりも板厚を増やす必要がある。

C種の形状は、一般的には、板部の両側にブレーキディスクを装着する前提で設計された車輪であり、通常は、単純な平板形状になっている。

なお、車輪を板部の形状によって、A種、B種、C種と呼称して区分しているのは、我が国独自のものであり、この呼称は世界的には通用しない。筆者の知る限り、英語で世界的に共通で固有の呼称はないが、B種車輪を Reversed web wheel, A種車輪を Normal web wheel と呼ぶことが多いようである。

3.1.3 応力サイクル

発生応力の検討は、静的最大軸重（停止状態で、1対の輪軸に負荷される最大重量）に基づいて行うが、走行時の振動や曲線通過による付加的荷重をどの程度の割増率で考慮するかは、各国（地域）の規格によって異なっている。

国内の板部強度設計規格としては、“日本鉄道車輛工業会規格 JRIS J 0405：鉄道車両—一体車輪板部の疲労強度評価方法”が在来線車両用車輪を対象として制定されている³⁾。詳述は避けるが、この規格に基づいて、国内向けの代表的車輪である“A種一体車輪”の応力サイクルを評価した結果を図5に示す。同規格では、通常、背圧を考慮しない規定となっているため、同図は、垂直荷重 P と横圧 Q によるそれぞれの応力、および、これらが同時に作用した場合の3種類の応力サイクルを示している。評価は、板の表裏両面で行うが、同図は、反フランジ側で最大応力を生じる位置（ボス側の付根部）での応力を示している。この図は半サイクル分を示しており、これの線対称部分を合わせれば1サイクルとなる。同図により、相対的に横圧の影響が大きいことが明らかである。また、A種車輪では、垂直荷重による応力と横圧による応力の符号が逆になるため、重ね合わせた応力の絶対値は、横圧のみの場合よりも

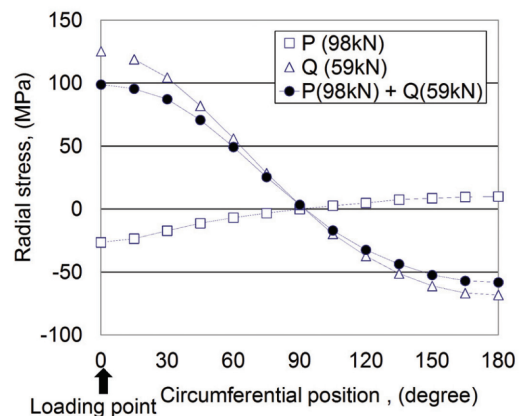


図5 機械的荷重による応力サイクル
Stress cycle by mechanical loads

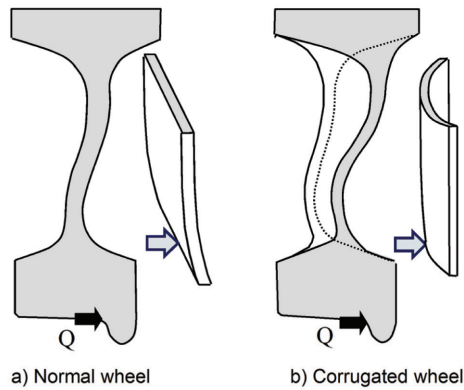


図6 波打車輪の剛性向上原理
Concept of web design of the corrugated wheel

小さくなる。

板を厚くすれば、当然、応力は低下するが、同じ厚さであっても、板部の偏心量（3.3.1 項参照）によって発生応力が変化するため、後述する耐熱応力特性と合わせて最適形状を検討している。

3.1.4 波打車輪

板部の形状設計において特筆すべきものとして波打車輪がある⁴⁾。図6に示すように、板部を円周方向に波状にすると横圧に対する剛性が向上するため、その分、板厚を薄くすることができ、結果として軽量化できる。これによって板厚を約30%薄くすることができる。

3.2 板部の疲労強度

上述したように、板部には、機械的荷重による繰り返し応力が作用するため、板部の材料強度としてこれに耐えられる疲労強度を有しなければならない。

国内向け車輪の板部疲労強度に関しては、1958年に鉄道技術研究所（当時）が疲労試験結果を報告しており⁵⁾、以降、これに基づいて、157MPa（16kg/mm²）を許容応力として設計を行ってきた。その後、1972年に平川らが実体疲労試験結果を報告しているが⁶⁾、その後、系統的な疲労試験は行われていなかったため、2004年から2006年にかけて、改めて調査を行った。図7に、代表的な国内向け在来線用車輪の調査結果を示しており、疲労強度は概ね240MPaであることが判明した。

前出の国内の設計規格であるJRIS J 0405では、永年の実績値である157MPaを丸めて、160MPaを設計許容値として規定しており、実測値240MPaはその1.5倍である。すなわち、上記の設計許容値は、平均的疲労強度に対して、安全率1.5が考慮されているといえることができる。

なお、同図の結果は、いずれも黒皮表面にショットピーニングを施工した状態で得られたものであり、機械加工表面の疲労強度調査結果は割愛するが、加工後の表面残留応力の影響が大きいことが判明している。

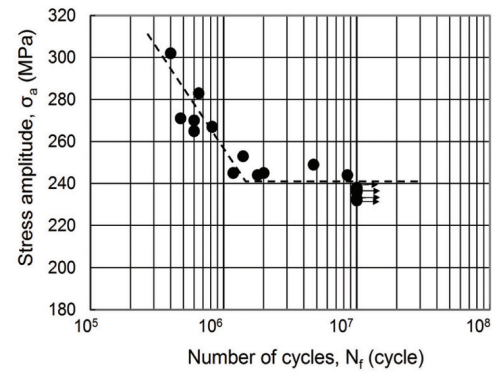


図7 国内向け車輪板部の疲労試験結果
Fatigue test results of the domestic wheels

3.3 板部形状とブレーキ熱応力分布の関係

3.3.1 ブレーキ熱応力と残留応力の反転現象

車輪踏面にブレーキシューを押しつけてブレーキを掛けると、摩擦面に熱を生じる。通常の停止ブレーキでは、車輪の性状に大きな影響はないが、長い下り坂での抑速ブレーキや、ブレーキ装置の故障で不緩解（ブレーキのひきずり）などが発生すると、リム部全体が加熱膨張する。これによって、リム部が板部を外周側へ引っ張り、板部に径方向引張応力が発生する。

この熱応力が板部材料の降伏点を越えるレベルに達すると、板部は塑性変形によって、外周側へ延びてしまう。このうち、ブレーキが解除されて車輪が冷却されると、リム部は収縮しようとするが、変形した板部が障害となって縮むことができない。その結果、板部がリム部を外側に押す状態となって、リム部に引張応力を生じる。リム部には、製造時、熱処理によって圧縮の残留応力を付与しているが、以上のメカニズムによって残留応力が圧縮から引張に変わってしまう場合がある。これが、“リム部残留応力の反転現象”である。一旦、この状態になると、踏面に存在する微細な熱きれつが進展を始め、著しい場合は、車輪割損に至ることがある。したがって、この応力状態は、非常に危険な状態である。図8は以上のプロセスを図解したものである。

しかしながら、1970年代の研究により、この残留応力反転現象は、板部形状の改善によって、抑制できることが明らかとなった⁷⁾。重要なパラメータは、図9の上欄に示す板部の偏心量である。同図のグラフで明らかなように、偏心量を増やすと、板部の熱応力が減少している。すなわち、板部の降伏による塑性変形（外周への延び変形）を抑制することができ、冷却時のリム部の収縮を妨げないため、結果として、リム部の残留応力の反転を防止できる。このコンセプトに基づいて開発した車輪を、住友金属工業(株)はHT（High Toughness）車輪と名付けた。

1970年代、米国の貨車車輪では過大なブレーキ条件に起因する車輪割損事故が年間数百件発生しており、HT車

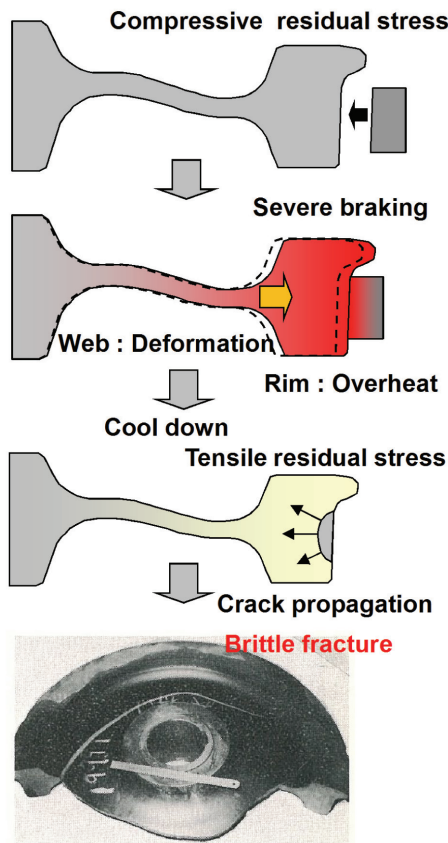


図8 残留応力反転のメカニズム
Initiation of the tensile residual stress in the rim

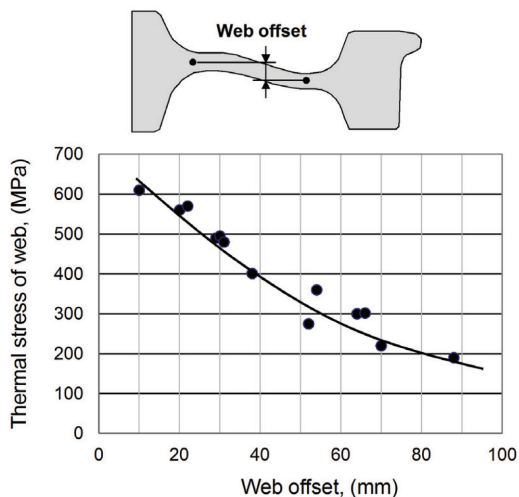


図9 板偏心と板部熱応力の関係
Thermal stress of web depending on web offset

輪は、この対策として開発されたものである。HT 車輪の投入によって同種の割損事例は激減し、その後、米国貨車用には、同様の板部形状を有する車輪以外は、使用が禁止されている。

国内向け車輪の使用条件は、一般に、米国貨車のように過酷ではないが、より安全な車輪として、同じコンセプトで耐ブレーキ熱性能を向上させた国内向け車輪が実用化さ

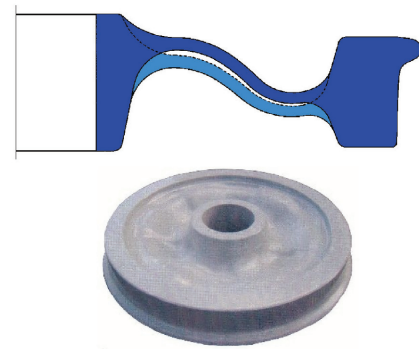


図10 HT 波打車輪（新 A 種波打車輪）
High toughness corrugated wheel

れている。典型的な例が、波打車輪を HT 化した新 A 種波打車輪（図 10）である。

4. リム部の設計

次に、リム部の下記特性について述べる。

- (1) 踏面の摩耗特性
- (2) リム部の耐熱きれつ、耐割損性
- (3) 踏面の耐接触面圧強度

4.1 踏面の摩耗特性

4.1.1 我が国の車輪材料の選定経緯

踏面の摩耗特性は車輪の寿命に直結し、メンテナンスコストに大きな影響を与えるため、経済的に重要な特性である。車輪の摩耗特性と最も強い因果関係にあるのが、鋼材の炭素量であり、炭素量が多いほど、耐摩耗性は向上する。しかし、後述するように、炭素量が増えると、熱損傷が起こり易くなるため、海外の車輪の材料規格では、低炭素鋼から高炭素鋼まで、いくつかの種類を設けているのが一般的である。表 1 には、米国鉄道協会の AAR 規格、および、欧州の EN 規格について、鋼種毎の炭素量と硬さを示している。一方、国内向け車輪材では、同表に示すように、炭素量 0.60% 以上の高炭素系材料のみを用いている。これには、下記の歴史的経緯がある。

およそ 90 年前の大正時代、鉄道用車輪^{*1}の摩耗に起因する短寿命が大きな問題となっていた。我が国の鉄道技術のルーツは欧州にあるため、当時の車輪材料は、欧州で一般的な低炭素系（炭素量 0.5% 前後）であった。炭素量を増やせば車輪の寿命延長に効果があることは予想されたが、それによってレールが短命化する懸念があった。そこで、官民合同の研究会が設置され、車輪とレールの最適組み合わせを調査することとなり、斎藤らは、住友金属工業（株）の敷地内に、直径 24.4m の円形軌道を敷設し、約 1/3 縮尺の車輪を装着したミニチュア車両を走行させることで、車輪とレールの摩耗量を、種々の材料を組み合わせ

^{*1} 当時の車輪は一体車輪ではなく、輪心にタイヤを焼き嵌めた組立車輪であったが、タイヤの材料がそのまま車輪の材料として引き継がれており、ここでは区別していない。

表1 欧米日の車輪材料規格
Steel grades specified by EN, AAR and JIS

Region	Specification	Steel grade	Carbon content	Hardness
			(%)	(HB)
Europe	EN 13262	ER6	≤ 0.48	234-270 *
		ER7	≤ 0.52	247-282 *
		ER8	≤ 0.56	258-296 *
		ER9	≤ 0.60	300-350 *
North America	AAR M-107/ M-208	Class L	≤ 0.47	197-277
		Class A	0.47-0.57	255-321
		Class B	0.57-0.67	302-341
		Class C	0.67-0.77	321-363
		Class D		341-415
Japan	JIS E 5402-1	SSW	QS	246-307
				311-363
				295-347

* Equivalent hardness according to specified tensile strength

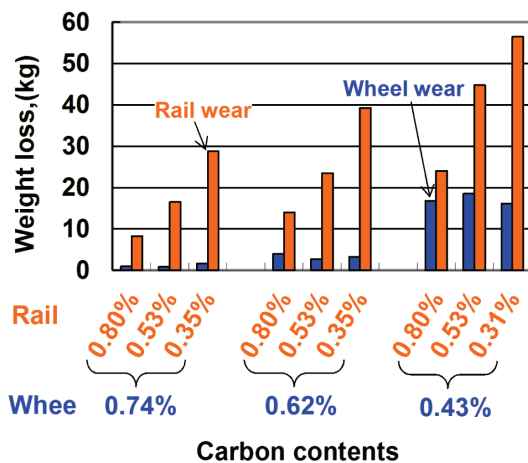


図11 ミニチュア車両による摩耗試験結果
Abrasion tests by miniature vehicle

測定した。

足かけ7年にわたる調査の結果は、予想とは異なり、“車輪の炭素量を増加すれば、車輪の摩耗はもとより、レールの摩耗も減少する”という画期的なものであった。図11は、車輪とレールの炭素量を3段階に変えて、それぞれの組み合わせで摩耗量を比較した結果を示している。このような結果になった理由は、摩耗によって脱落した摩耗粉が研磨剤として作用し、車輪とレールのいずれの摩耗をも促進するためと考察されている。すなわち、車輪の摩耗が減れば、研磨粉も減るため、レールの摩耗も減るというメカニズムである。したがって、車輪材を高炭素化しても、レールの

寿命は短くなることはなく、却って、長寿命となる可能性もあるという結論が得られたのである。

一般的な摩耗試験では、直径数十mmの円筒形試験片を、一定のすべり率で接触回転させる方法が多いが、この方式では、摩耗粉が飛散してしまうため、研磨剤としての影響は評価されない。この点が、上記の試験結果が、従来の常識と異なるものとなった理由といえる。

この調査結果に基づいて、その後、車輪材の炭素量規定は、徐々に高炭素化し、最終的には、現在のJIS規定値（0.60～0.75%）に到達したものである。

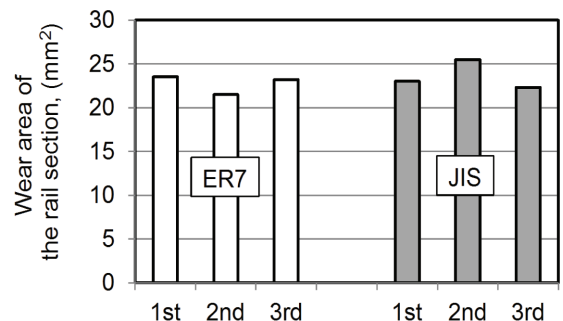
4.1.2 ドイツ鉄道による寿命比較試験結果

ドイツ鉄道は、かねてより、高速列車ICE 1および2の車輪の偏摩耗問題に苦慮していたが、我が国の新幹線用車輪では同様の問題がないことを知り、ICE用車輪の従来材であるEN規格ER7材（炭素量0.52%以下）と、上述のJIS規格材を用いて、比較現車試験を実施した。2003年から6年以上にわたる追跡の結果、JIS材車輪の寿命は、ER7材車輪の約1.5倍となり、顕著な効果が確認された。

現車試験と並行して、レール摩耗に対する調査が、車輪-レール実体評価試験機によって行われた。この試験機は、輪軸状態の実大車輪に荷重を掛けた状態で、実大軌道を往復させる方式であるため、前述の摩耗粉はレール上に残って研磨粉として作用すると考えられる。現車試験に供試した2種類の車輪材でレール摩耗を比較した結果を図12に示しており、両者はほぼ同等である。前項の斎藤らの結果のように、高炭素車輪材の方が少なくなっているが、少なくとも、車輪材を高炭素化しても、レールに悪影響はないという結論が得られている⁸⁾。

4.2 リム部の耐熱きれつ、耐割損性

踏面ブレーキ車輪の場合、正常なブレーキ条件であっても、踏面表層部の加熱、冷却の熱サイクルによる微細な熱



Test conditions ;
- Rail material : EN 13674-1 R260
- Wear measurement : Three tests of each material under the same condition.

図12 レール摩耗比較試験結果
Rail wear depending on wheel materials

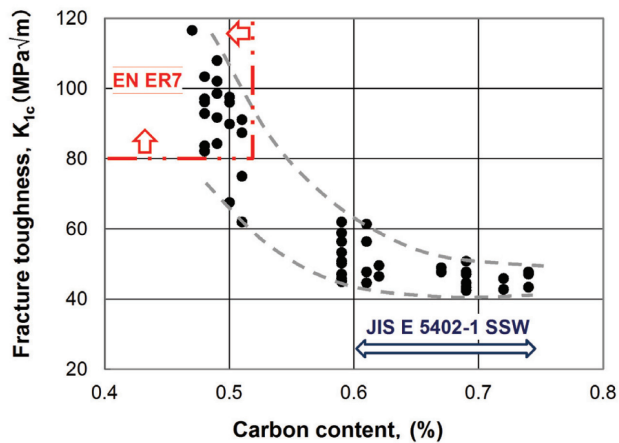


図 13 炭素量と破壊靱性値の関係
Fracture toughness depending on carbon content

きれつの発生は避けられない。一般に、材料の焼き入れ性が高いほど熱きれつは発生しやすいため、熱きれつ防止の観点からは、炭素量は低いことが望ましい。

更に、3.3 節で述べたように、過大な踏面ブレーキが作用すると、リム部が引張の応力状態になり、その後のブレーキの繰り返しによって、微細なきれつが成長して、ついには割損に至る場合がある。当然、きれつが大きいほど、また、引張応力が大きいほど、割損は生じやすくなるが、同じ条件であっても、材料によって、割損抵抗は異なり、破壊力学上、この抵抗力を破壊靱性値という指標で表す。破壊靱性値は、一般に、低炭素になるほど大きくなり、割損しにくくなる。図 13 は、車輪リム部の破壊靱性値と炭素量の関係を調査した結果を示している。

以上のことから、耐熱きれつ、耐割損特性の観点からは、低炭素系材料が優れており、前述の耐摩耗特性とは、相反する性能である。したがって、車輪材料の選択に当たっては、ブレーキ条件やメンテナンスの実態に基づいて、適正な炭素量レベルを検討する必要がある。

2004 年に新たに制定された車輪の欧州規格 (EN 13262) では、踏面ブレーキ用車輪に限定して破壊靱性値の下限値が規定された⁹⁾。これは、車輪の公的規格としては世界初である。前出の図 13 に ER7 の規定範囲を示しているが、この考え方に従えば、炭素量が 0.5% を越える材料は、踏面ブレーキ用車輪には使用できないことになる。一方、国内車輪の炭素量は 0.60% 以上であるにもかかわらず、多くの車輪が踏面ブレーキ用として問題なく使用されている。これは、リム部残留応力を反転させるような異常なブレーキ条件を生じないように、ブレーキのメンテナンスが十分に行われていることが背景にあり、欧州と我が国との考え方の相違ということができる。

4.3 踏面の耐接触面圧強度

近年、北米において、ダブルコンテナ貨車などの重荷重

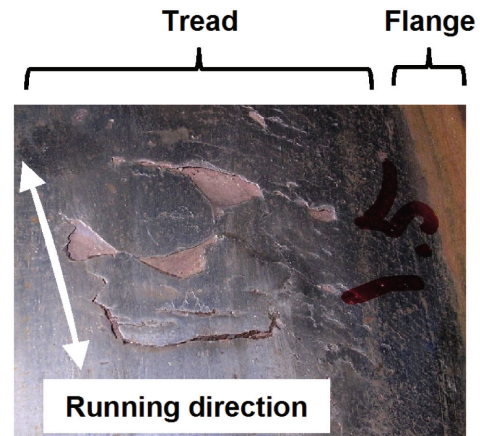


図 14 踏面シェリングの例 (AAR)
Example of shelling of AAR freight wheel

貨車用車輪で、レールとの接触部位に生じる踏面損傷が問題となっている。これらの車輪の負担荷重は、旅客車用など一般的な車輪の負担荷重の 2 倍前後にも達する。図 14 は損傷の一例で、一般にはシェリングと呼ばれている。この損傷は、踏面の表層部が過大な接触応力に耐えられず表面直下にきれつを生じ、やがて、これが成長して、表面に現れるもので、放置すると、リムの欠損に至ることもある。

このため米国鉄道協会は、対策の一環として、2008 年の車輪材料規格の改訂において、従来の高炭素系鋼種の Class C と炭素量は同等であるが、踏面硬度を高く規定した Class D を追加した¹⁰⁾。高硬度を得るための方策として、合金元素の添加や焼き入れ時の冷却速度の向上が考えられるが、その結果、マルテンサイトやベイナイト組織を生じると、通常のパーライト組織に比較して、耐摩耗性や耐熱きれつ性が劣化する恐れがあるため、目下、各メーカーが、材料の化学成分と、製造プロセスの最適化に取り組んでいるところである。

5. まとめ

国内で一体車輪が本格的に実用化されたのは、今から 60 年ほど前である。その後、現在に至るまで、材料に関しては、連続鋳造法の開発などにより製鋼品質は飛躍的に向上し、形状設計においても、コンピュータによる応力解析の進歩など設計ツールは革新的に進歩してきた。しかしながら、車輪の鋼種は依然として普通鋼が大半を占め、形状的にも、ボス、板、リムの一体構造は不変である。これは、車輪が、安全運行上極めて重要な役割を担っていることから、“Simple is best” という考え方が基本にあるためということができる。そもそも、かつては、輪心とタイヤによる組立品であった車輪を、圧延技術の開発によって一体化したことによって、車輪の信頼性は、抜本的に向上したのであり、今後も、車輪の構造が大きく変化することはないと思われる。

ただし、近年の車輪の技術動向を振り返ると、用途による性能の特化がより明確になる傾向が認められる。世界で、車輪の技術を主導してきたのは、欧州と米国と日本ということができるが、欧州と日本は旅客車用が主体であり、当然そのなかには、高速車両用車輪の技術開発が含まれる。一方、米国では、貨車用車輪の比率が圧倒的に高く、技術開発もこの分野に関するものがほとんどである。当然、旅客車用と貨車用では、要求される特性が同じではない。端的にいえば、旅客車用車輪では信頼性が第一であり、そのための多少のコストアップはやむを得ないと考えるが、貨車用車輪では、イニシャルコストとランニングコストが最大の関心事である。

この考え方の相違は、米国と欧州の規格の規定内容に表れている。欧州の車輪車軸の EN 規格は、欧州統合に伴う欧州域共通の規格として今世紀に入って以降、順次整備されてきた規格である。ベースとなった規格は UIC (International Union of Railway) 規格であるが¹⁰⁾、EN 規格化に当たって、多くの新規規定が追加されている。例えば、新たに、高速車両用と在来車両用とを Category 1 と 2 で区分したのも特徴のひとつである。このような規定の追加や細分化の理由として、より高品質の車輪を調達するということに加えて、EN 規格が、欧州市場の門戸開放という前提で作られているため、新規のメーカーから従来品の品質より劣る製品が流入しないように、より多くの特性について、厳格に規定せざるを得ないという側面もあると思われる。いずれにしても、これらの規定の検討に当たっては、多くの専門家が調査と議論を重ねており、その場を通じて、車輪に関する技術の深度化が図られている。

一方、米国貨車の規格は、元来、非常にシンプルな規格になっており、材料品質の規定項目としては、基本的には化学成分と硬さが規定されているのみである。全般的に、AAR の考え方は、いかにもアメリカ的で合理的であり、“余分なコストはできるだけ掛けない。良いものはすぐ採用する”という思想が明確である。したがって、メーカーからの新規提案についても、常に前向きであることから、市場ニーズの把握に努め、対応する技術開発を迅速に進めることが重要である。

鉄道規格の分野では、最近、大きな動きがある。それは、ISO (国際標準化機構) のなかに、これまではなかった、

鉄道 TC (Technical Committee) が開設されたことである。TC269 として 2012 年 10 月に第 1 回総会がドイツで開催され、これから、鉄道関連の ISO 規格の審議を開始する。日本は、2010 年 4 月に発足した鉄道国際規格センター (公益財団法人 鉄道総合技術研究所内に開設) を中心に、積極的に規格の提案、国際会議への参加を推進していくことになっている。当面、車輪、車軸に関する規格審議が行われる予定はないが、近い将来、その時期が到来すると認識しておかなければならない。兼ねてより ISO 規格審議は、欧州勢が主導する形になりがちであり、EN 規格が ISO 規格としてそのまま採用され兼ねないため、EN 規格の動向には常に関心を持ち、必要であればこれに対抗できる技術蓄積に注力していくべきである。

最後に、本稿では、車輪の設計技術について紹介したが、適正な材料設計や形状設計は、車輪の信頼性を確保するうえでの言わば必要条件であり、これにも増して、製造における品質の作り込みが重要である。すなわち、不断の製造プロセスの改善と、日常の技術管理、作業管理に基づいて、高度かつ均一な品質の車輪を供給することによって、新幹線をはじめとする国内全ての車輪の安全を保証することが車輪メーカーとしての使命であり、かつ、世界市場における競争力の源であることを述べて、結びとしたい。

参考文献

- 1) 広重巖：輪軸。初版、東京、(株)交友社本店、1971、p. 2
- 2) 高速車両用輪軸研究委員会：鉄道輪軸。初版、東京、丸善ブラネット(株)、2008、p. 53
- 3) 日本鉄道車輛工業会：日本鉄道車輛工業会規格 JRIS J 0405. 2010、p. 2
- 4) 野田 ほか：住友金属。19、253 (1967)
- 5) 車両構造研究室：鉄道技術研究所速報。No.58-32、(1958)
- 6) 平川 ほか：住友金属。24、345 (1972)
- 7) 鈴木 ほか：住友金属。33、296 (1981)
- 8) Maedler, K., Okagata, Y. et al.: CM2012. Chengdu, 2012.8
- 9) European Committee for Standardization: BS EN 13262: 2004+A2: 2011, p. 12
- 10) Association of American Railroads: AAR Section G. M-107/ M-208, p. 6
- 11) International Union of Railway: UIC 812-3: 1984



岡方義則 Yoshinori OKAGATA
交通産機品事業部 製鋼所 シニアスタッフ
工博
大阪府大阪市此花区島屋5-1-109 〒554-8555