

鉄道の輸送トラブルに関する対策のあり方検討会
とりまとめ
(参考資料)

平成 30 年 7 月 27 日

鉄道の輸送トラブルに関する対策のあり方検討会

目次

1. 最近の事故・輸送トラブル一覧	1
2. 台車き裂対策	5
3. 輸送障害対策	17
4. 組織体制・技術伝承対策	29
4-1. データ集	31
4-2. 先進事例集	47
5. 安全に関わる基本的な問題に対する状況認識と対応方針	63

1. 最近の事故・輸送トラブル一覧

1. 最近の事故・輸送トラブル一覧

(平成29年)

5月12日(金)	京浜急行電鉄	京急本線ちょう架線断線による輸送障害
6月21日(水)	東海旅客鉄道	東海道新幹線トロリ線断線による輸送障害
6月29日(木)	東京急行電鉄	田園都市線トンネル内漏水による輸送障害
8月7日(月)	北海道旅客鉄道	函館線における列車の車内発煙事象
9月5日(火)	東日本旅客鉄道	蕨交流変電所停電による輸送障害
9月7日(木)	東京地下鉄	銀座線青山一丁目駅における車両発煙事象
9月10日(日)	小田急電鉄	小田原線における沿線火災
9月12日(火)	東京モノレール	羽田空港線車両故障による輸送障害
9月14日(木)	九州旅客鉄道	山陽線車両故障による輸送障害
9月18日(月)	九州旅客鉄道	筑豊線における車両脱線
10月1日(日)	西日本旅客鉄道	阪和線富木駅における鉄道人身障害事故
10月19日(木)	東京急行電鉄	田園都市線配電ケーブル損傷による輸送障害
10月22日(日)	南海電気鉄道	南海本線における列車脱線事故
10月23日(月)	相模鉄道	いずみ野線車内への煙流入による輸送障害
	東日本旅客鉄道	東北線(宇都宮線)がいし破損による輸送障害
10月27日(金)	東京急行電鉄	田園都市線あざみ野駅における車両発煙事象
11月15日(水)	東京急行電鉄	田園都市線き電ケーブル損傷による輸送障害
12月6日(水)	北海道旅客鉄道	函館線における列車脱線事故
12月11日(月)	西日本旅客鉄道	新幹線台車亀裂等(重大インシデント)
12月12日(火)	東武鉄道	野田線パンタグラフ損傷による輸送障害
	東海旅客鉄道	東海道線パンタグラフ等の損傷による輸送障害
12月16日(土)	東日本旅客鉄道	京浜東北線補助ちょう架線断線による輸送障害
	日本貨物鉄道	鹿児島線における鉄道人身障害事故
12月23日(土)	東京地下鉄	南北線パンタグラフ損傷による輸送障害
12月24日(日)	東日本旅客鉄道	東北新幹線AT保護線断線による輸送障害

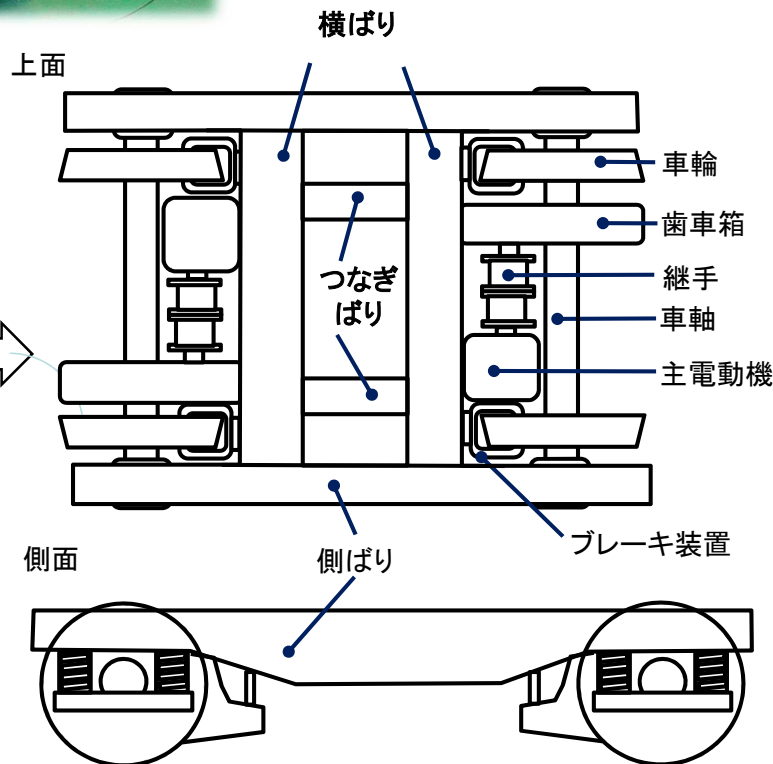
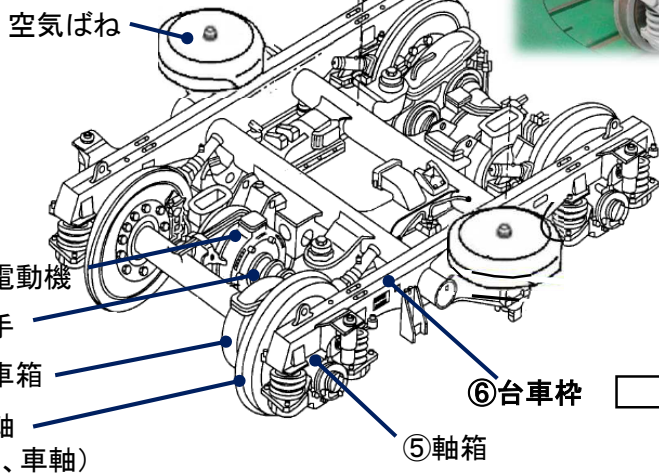
(平成30年)

1月11日(木)	東日本旅客鉄道	信越線における大雪による輸送障害
1月21日(日)	東海旅客鉄道	紀勢線特急列車の台車の軸箱体亀裂
2月24日(土)	東京都交通局	ちょう架線損傷による輸送障害
	北海道旅客鉄道	石勝線における貨物列車脱線事故
3月1日(木)	東日本旅客鉄道	上越新幹線融雪装置出火による輸送障害
	四国旅客鉄道	瀬戸大橋線強風による輸送障害
3月4日(日)	神戸電鉄	粟生線における沿線火災
3月9日(金)	東京地下鉄	半蔵門線押上駅における車両発煙事象
3月11日(日)	東海旅客鉄道	東海道新幹線停電による輸送障害
3月13日(火)	東京急行電鉄	田園都市線たまプラーザ駅における車両発煙事象

4月18日(水)	仙台市交通局	南北線における停電による輸送障害
5月20日(日)	東日本旅客鉄道	東北線仙台駅における車両発煙事象
5月24日(木)	東海旅客鉄道	東海道新幹線 転てつ器故障による輸送障害
6月5日(火)	東京地下鉄	千代田線 レール絶縁装置破損による輸送障害
6月14日(木)	西日本旅客鉄道	山陽新幹線 ボンネット破損を伴う人身障害事故
6月17日(日)	東日本旅客鉄道	東北新幹線 パンタグラフ付近での地絡による輸送障害
6月18日(月)	関西圏事業者	大阪北部を震源とする地震による輸送障害
6月25日(月)	東日本旅客鉄道	山手線における軌道回路故障による輸送障害

2. 台車き裂対策 参考資料

台車の構造



前後力の伝達

①主電動機 ⇒ ②継手 ⇒ ③歯車箱
⇒ ④輪軸(車輪、車軸) ⇒ ⑤軸箱
⇒ ⑥台車枠 (⇒車体)

台車枠の検査に関する技術基準等

○鉄道に関する技術上の基準を定める省令

(施設及び車両の定期検査)

第90条 施設及び車両の定期検査は、その種類、構造その他使用の状況に応じ、検査の周期、対象とする部位及び方法を定めて行わなければならない。

2 前項の定期検査に関する事項は、国土交通大臣が告示で定めるときは、これに従って行わなければならない。

○施設及び車両の定期検査に関する告示

(車両の定期検査)

第5条 車両については、別表に掲げる車両の種類ごとに、それぞれ同表に掲げる期間を超えない期間ごとに定期検査を行わなければならない。

車両の種類	期間		
	状態・機能検査 (交替検査)	重要部検査 (台車検査)	全般検査
新幹線	30日又は当該車両の走行距離が3万kmを超えない期間のいずれか短い期間	1年6月又は当該車両の走行距離が60万kmを超えない期間のいずれか短い期間	3年又は当該車両の走行距離が120万kmを超えない期間のいずれか短い期間

○解釈基準(鉄道局長通達)

1 重要部検査及び全般検査の検査項目及び検査方法

区分	検査項目	検査方法
一 走行装置等	(一) 枠組、揺れまくら、釣合いばり等の変形、き裂及び腐食 (二) しゅう動部の損傷及び摩耗 (三) 主電動機取付部、歯車箱つり受、揺れまくらつり及び揺れまくらピンの損傷及び摩耗 (四) 振り用コロの損傷及び摩耗 (五) 空気室の損傷	探傷

6 台車枠の検査方法について
台車枠の検査については、「台車枠の検査マニュアル」による。

○台車枠の検査マニュアル

・平成13年9月、重要部検査及び全般検査時に確実に台車枠のき裂が発見することができるように台車枠の検査マニュアルを策定。

・台車枠のき裂は急激には進展しないことが明らかことから、小さいうちに発見して処置ができるように、定期検査で、探傷検査など確実に発見できる方法によりき裂の有無を検査することが重要。

台車枠き裂発生事例集

・国は、毎年、き裂発生状況を調査し、事例を拡充して周知。

重点検査箇所の指定

・「台車枠き裂発生事例集」を参考に、鉄道事業者が各台車枠構造の特性等を踏まえて、重点検査箇所を指定。

台車枠の検査方法

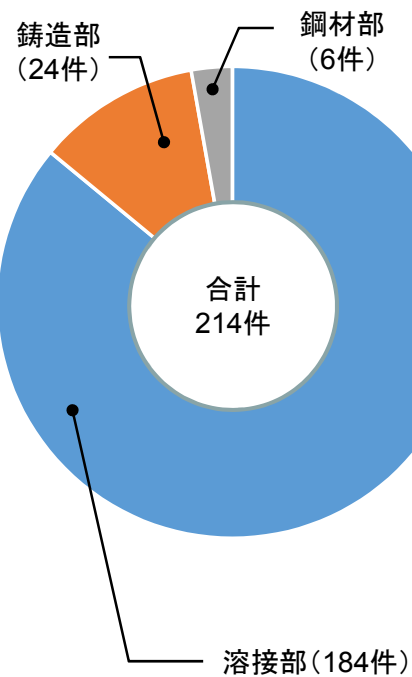
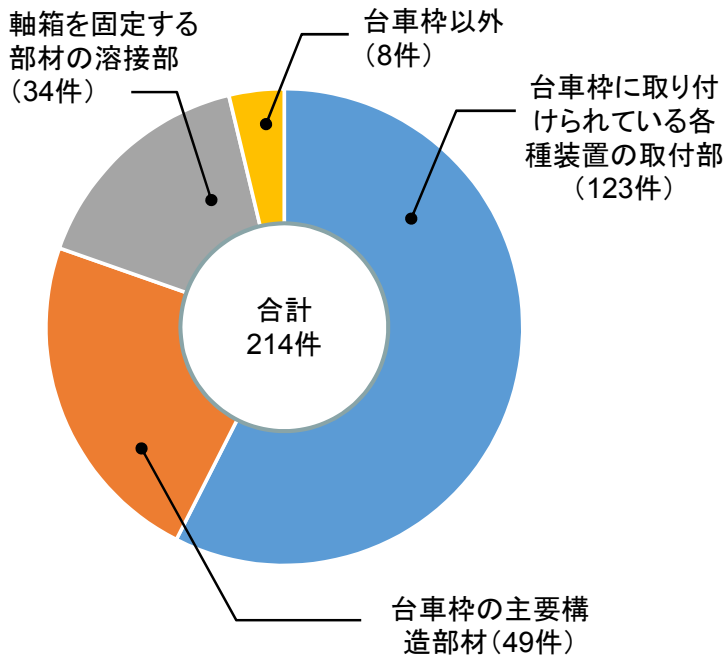
・重点検査箇所は、基本的に探傷検査を実施。
・目視で確実な確認が可能な箇所や特別な対策が施された台車枠は、目視による検査を行ってもよい。

[特別な対策]

- I 以下①～④の全ての対策が行われた台車
 - ①溶接接合部の溶け込み状況の確認
 - ②溶接表面形状不良による応力集中除去
 - ③溶接表面の確認
 - ④精度の高い強度評価

II 新幹線台車のように設計・製造から使用開始時までに台車の強度等の安全性が十分考慮されている場合には、き裂の発生実績が無いため、設計条件を超えて使用しないことを確認した場合には、この実績を考慮して、鉄道事業者が定期検査時の検査方法を定めることができる。

き裂発生箇所の件数(直近4年間)

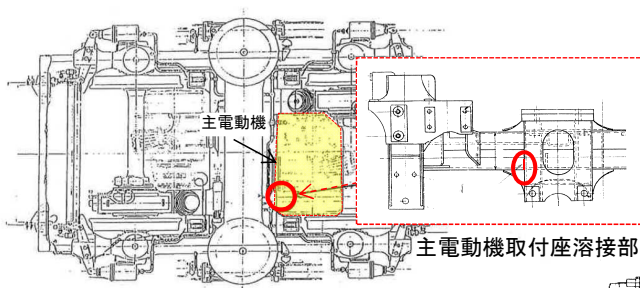


・件数は、平成24年11月から平成28年10月末までの間にき裂が発見された箇所数。
(ただし、平成25年5月の東上本線の台車枠き裂を除く)

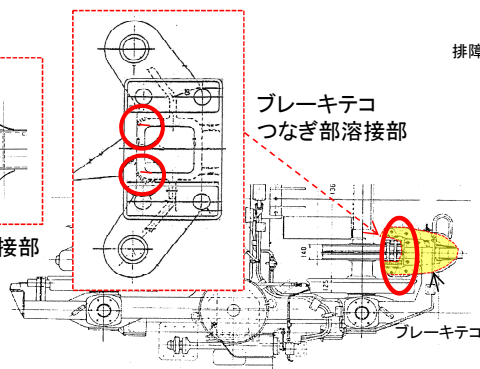
き裂発生箇所(一例)

台車枠に取り付けられている各種装置の取付部

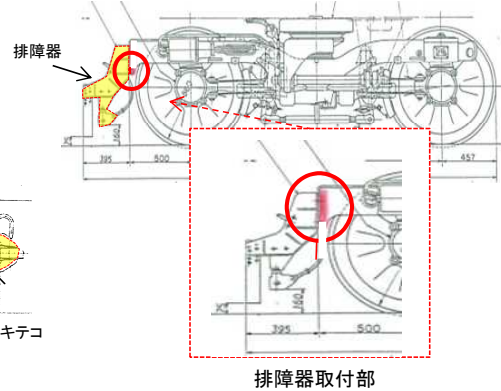
◇主電動機取付座(一例)



◇ブレーキテコつながり部(一例)

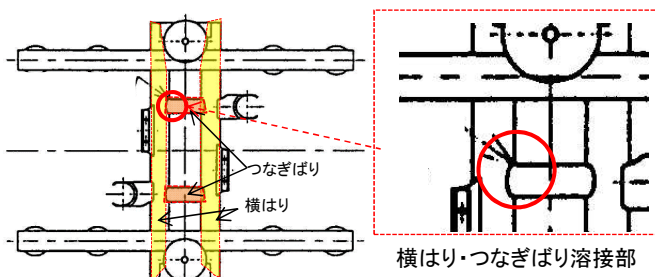


◇排障器取付部(一例)



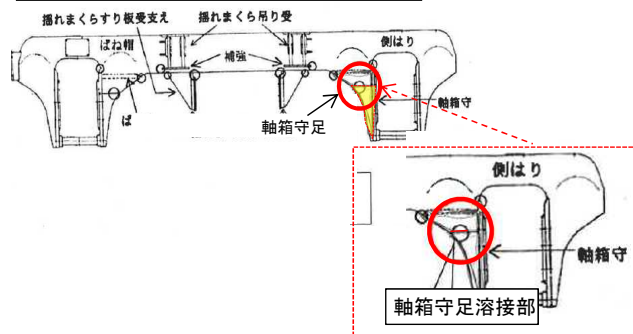
台車枠の主要構造部材

◇横はり・つながりばり(一例)



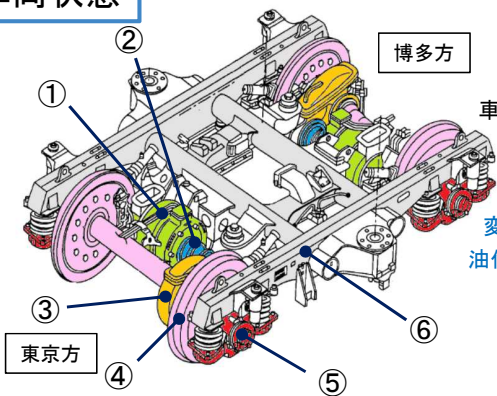
軸箱を固定する部材の溶接部

◇側はり・軸箱守足溶接部(一例)



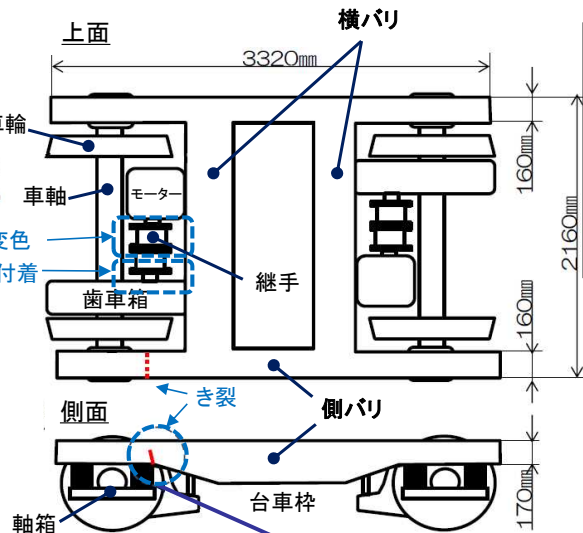
車両状態

○ 台車構造



力の伝達

- ①モーター ⇒ ②継手 ⇒ ③歯車箱
- ⇒ ④軸箱(車輪、車軸) ⇒ ⑤軸箱
- ⇒ ⑥台車枠



◆ 当該車両(N700系)検査履歴

全般検査:平成29年 2月21日
(走行距離 570,438km)
交番検査:平成29年11月30日
(走行距離 27,231km)
※全般検査は3年又は120万km毎に車体を分解する詳細検査。
交番検査は45日又は6万km毎に行う目視検査。

比較的応力が大きな接合部で探傷検査を実施している。
(モーターと横バリの接合部や側バリと横バリの接合部など)

継手に変色



歯車箱への油脂の付着

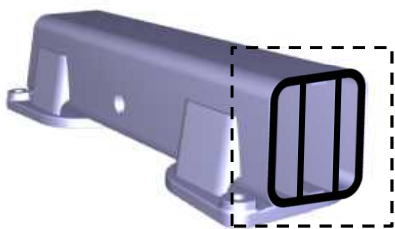


台車枠の一部にき裂

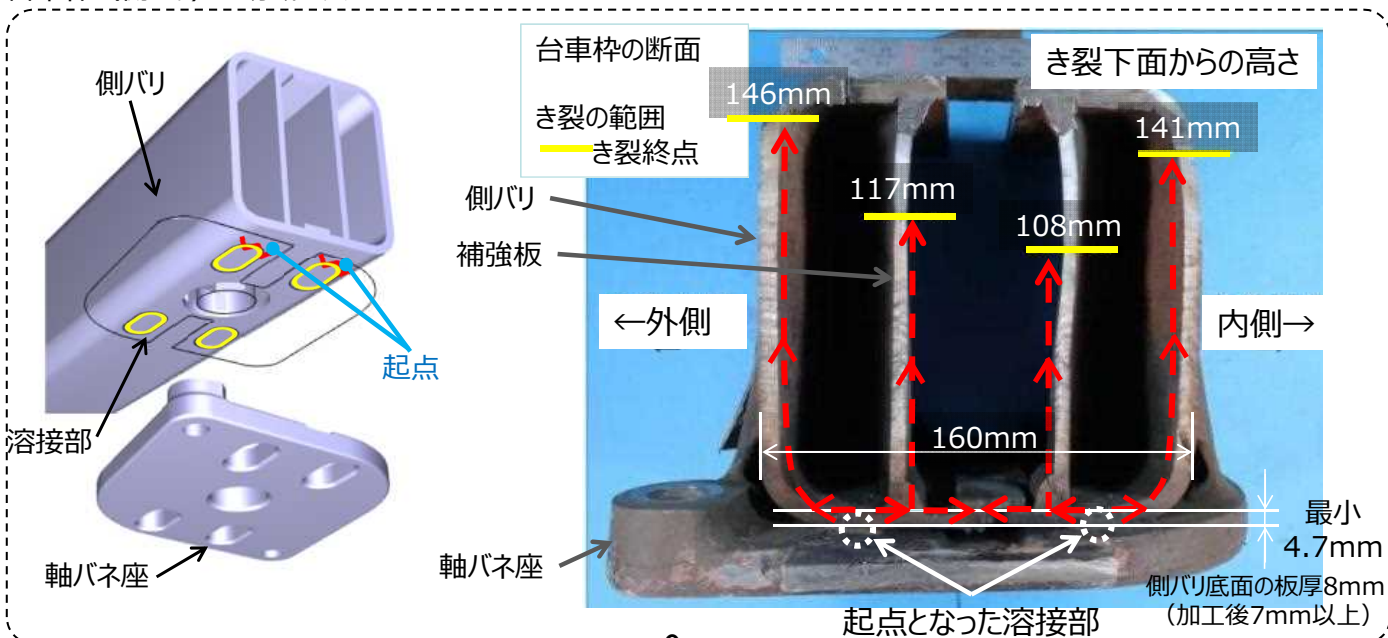
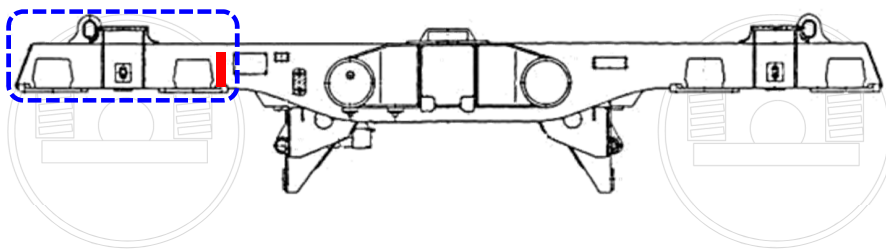


側バリのき裂
・側面:約140mm
・底面: 160mm

側面



台車枠(側バリ)の切断モデル



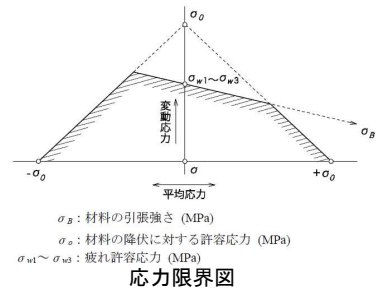
台車枠の設計・製造に関する主な日本工業規格

【JIS E 4207 鉄道車両—台車—台車枠設計通則】

・鉄道車両の速度向上・安全性確保に伴い、走行装置の重要部品である台車枠の負荷条件、強度、構造など設計の共通的な条件について規定。

[主な内容]

- ・負荷荷重条件（静荷重条件、動荷重条件）
- ・強度設計条件（応力計算、許容応力）
- ・構造設計条件（形状、材料、溶接継手形状の考慮事項）等

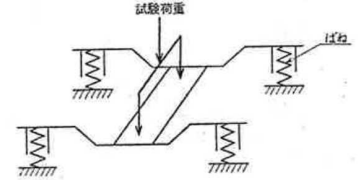


【JIS E 4208 鉄道車両—台車—荷重試験方法】

・走行装置の重要部品である台車枠、まくらばりなど主要構造部材の安全性を確保するため、台車各部の応力及びたわみ量を測定する試験方法及び評価方法について規定。

[主な内容]

- ・試験の種類（上下荷重試験、左右荷重試験、前後荷重試験 等）
- ・測定項目（応力（ひずみ）、たわみ量、負荷荷重）
- ・測定方法（ひずみゲージ、変位計、ロードセル） 等



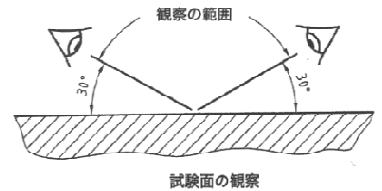
台車枠の上下荷重試験

【JIS Z 3090 溶融溶接継手の外観試験方法】

・金属材料の溶融溶接継手の外観試験方法について規定。

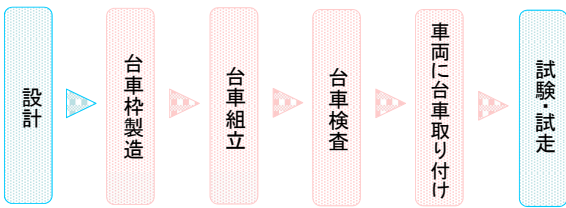
[主な内容]

- ・試験条件及び器具（試験表面明るさ、目視観察の距離、角度 等）
- ・試験技術者の要件（知識、経験 等）
- ・試験の種類（目視試験、計測試験）



台車の設計、製造

台車の設計、製造の流れ(一例)



台車枠製造(台車枠溶接) (一例)

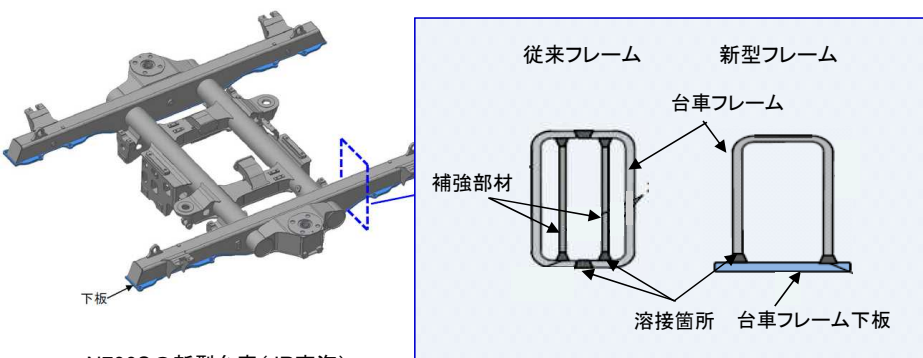


台車検査 (一例)

※日本車輛製造ホームページからの抜粋

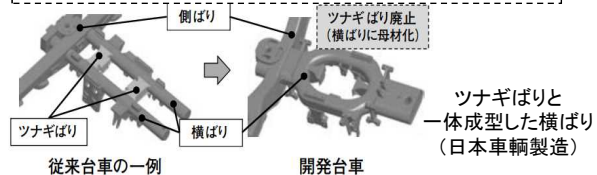
溶接箇所を低減した設計等(一例)

①補強部材と溶接箇所を削減し信頼性向上等した事例



N700Sの新型台車(JR東海)

②ツナギばりと横ばりの一体成形により溶接箇所を低減した事例



③CFRP(炭素繊維強化プラスチック)を採用し溶接箇所を低減した事例

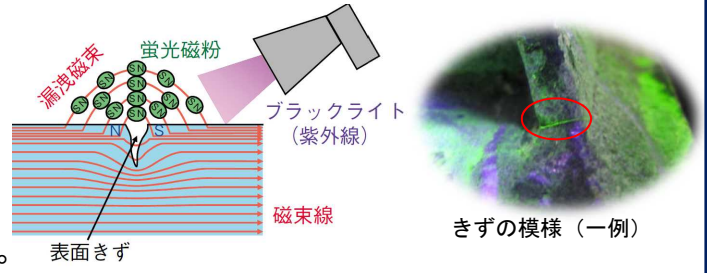


efWING(川崎重工)

主な探傷試験方法

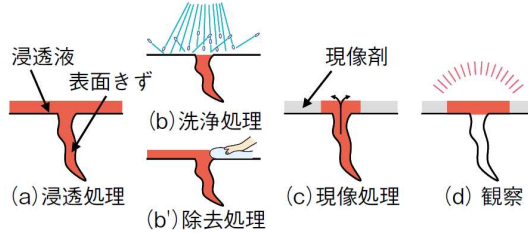
【磁粉探傷試験】

- 鉄鋼など強磁性体の材料の表面や表面付近にきずがある場合、磁化された被検査材の磁気の流れはそのきずの部分で漏れ出てくる。
- 蛍光磁粉を吹き付けることで、漏洩磁束により蛍光磁粉がきずの部分に集まるため、そこに紫外線を照射し発光させて微細なきずを発見しやすくする方法。



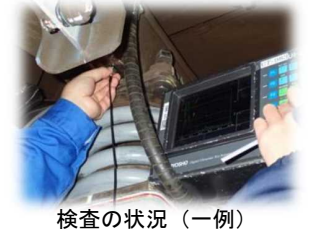
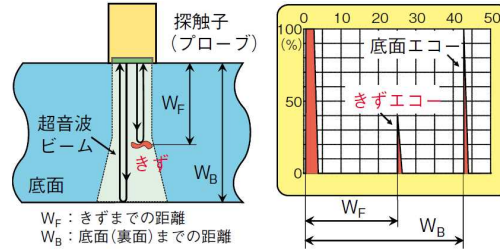
【浸透探傷試験】

- 表面が開口したきずに赤色・蛍光色等の浸透液を浸透させた後、白色微粉末などの現像剤によりきずに浸透した液を吸い上げ、きずを発見しやすくする方法。



【超音波探傷試験】

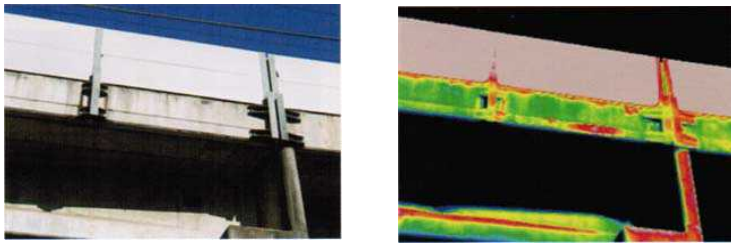
- 被検査材内部に超音波を入射した時に、その反射波の波形から欠陥の位置や大きさを確認する方法。



※図は鉄道総合技術研究所論文からの抜粋

他分野における探傷検査の事例(赤外線カメラを用いた方法の例)

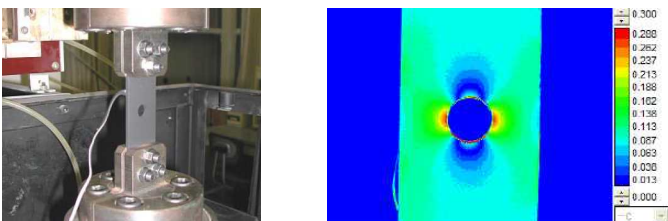
①高架橋のかぶりコンクリートの浮き検出の事例



・赤外線サーモグラフィ試験(きずによる断熱温度場検出に基づく方法)

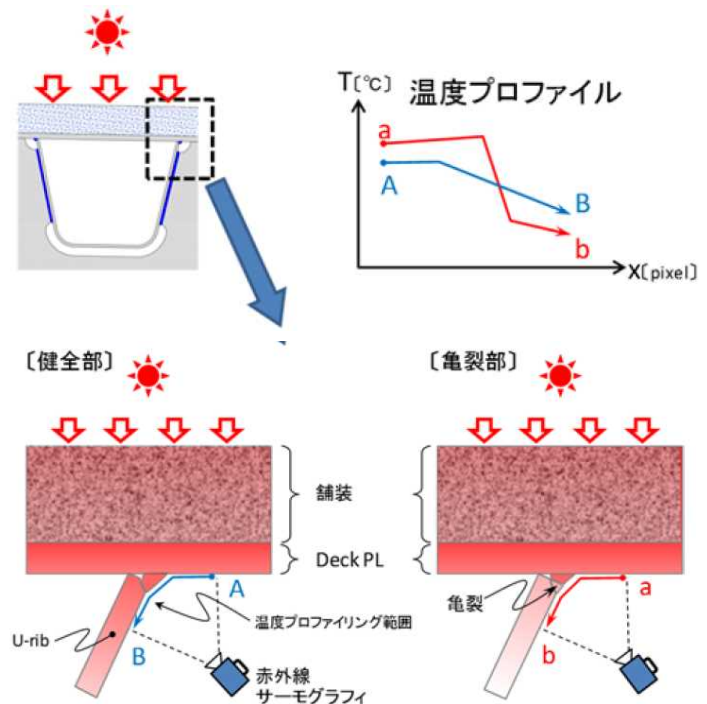
※日本非破壊検査協会「赤外線サーモグラフィ試験 I 2011」からの抜粋

②き裂先端における応力集中を利用したき裂検出の可能性



- ◇熱弾性効果
 - 断熱膨張(引張り) ⇒ 吸熱(温度低下)
 - 断熱圧縮 ⇒ 発熱(温度上昇)
 - 繰返し負荷による疑似的断熱状態
 - 温度分布が主応力分布と一致
- ◇き裂先端における応力集中を利用したき裂検出も可能

③赤外線カメラを用いた鋼橋梁の新しい維持管理技術

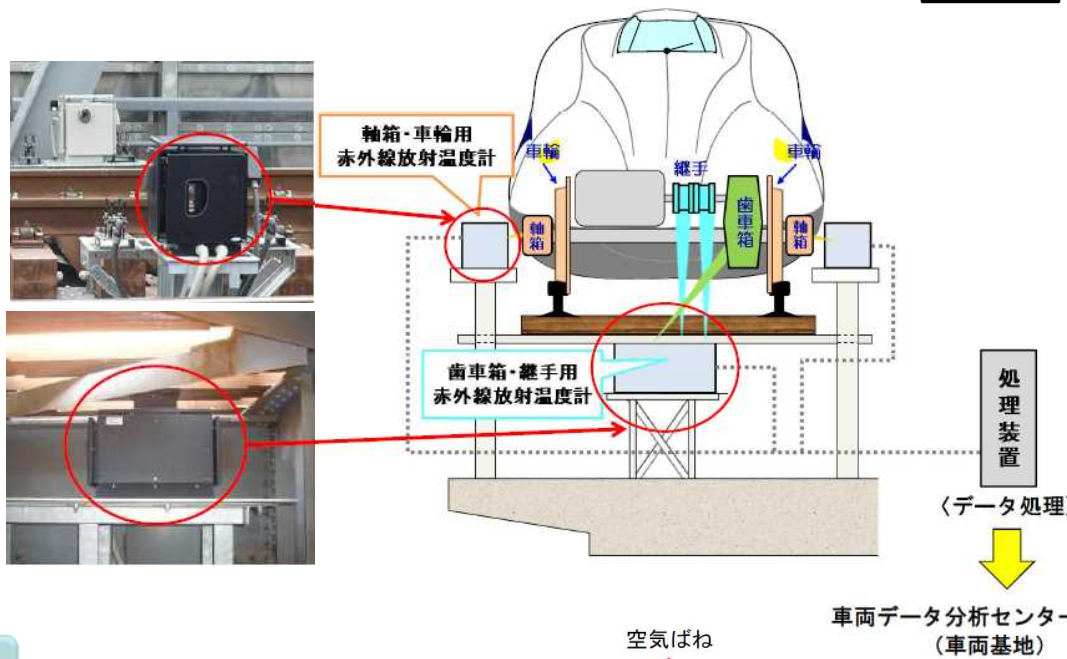


溶接部にき裂があれば、き裂部で熱伝導が阻害されるため、き裂を境に温度ギャップが生じる。この温度ギャップを赤外線カメラを用いて検出する。

※③：神戸大学 阪上隆英教授ご提供

①新幹線台車温度検知装置

- ・各箇所測定した温度データから、各台車の温度推移を監視し、異常の有無を自動判定する検知手法を新たに導入予定
- ・東京駅～新大阪駅の現在2箇所設置しており、更に3箇所増設予定



②車両状態の監視機能の追加

- ・車両データ(台車の空気ばね圧力)を自動的に分析し、台車の異常を検知した際に運転台にアラーム表示
- ・N700Aタイプに順次搭載予定



※①、②: JR東海による公表資料からの抜粋

台車の安全確保に向けて

東京工業大学 名誉教授
台車き裂対策WG 主査

中村 春夫

安全対策の要件として、危険を技術的・合理的に予見して、それを回避することが挙げられる。有限要素法では普遍的(general)な弾性基礎方程式に境界条件を与えて解を求めるが(図1参照)、個別的(individual)な台車の情報は入らない。一方、計測では個別な台車の属性を得るが(図2参照)、結果は他の形式の台車に適用できない。

各鉄道事業者は、過去の製造・運用実績ならびに今後の方向性などを総合的に俯瞰することにより、図1と図2とを統合して(=工学における逆問題や最適化などに相当)合理的に予見・回避を行ってきている。「規格に基づく設計・製造・検査」も基本的にはこの一般と個別との統合という論理に基づく。図1の「解」や図2の「属性」は、「水平方向には互いに独立であるが、より上位では繋がっている」。この観点から鉄道事業を見れば、例えば図3のように見えるであろう。台車の設計図面や、検査マニュアルはこのような一般と個別との統合という成果の一例である。このように図3の個別が行っている「安全・安心」の手法を水平弁証法と呼ぼう。

一方、現在の新幹線を例にとれば、安全対策が向上すればするほど、「予見・回避」に必要な統計的バックデータが減少傾向を示すという矛盾現象が生じつつある。そのような状態においてもなおかつ、合理的に台車の検査部位や検査方法を決定していかなければならない。統計に頼らずに予見・回避を行う「人間だけに備わ

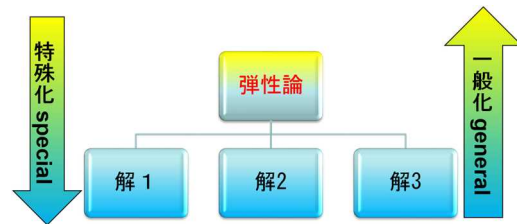


図1 理論における一般と特殊

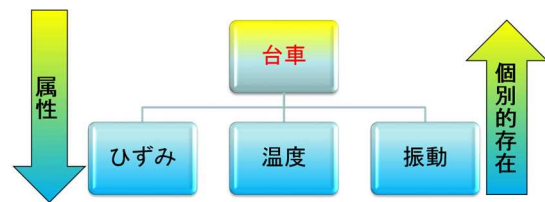


図2 計測における個別と属性

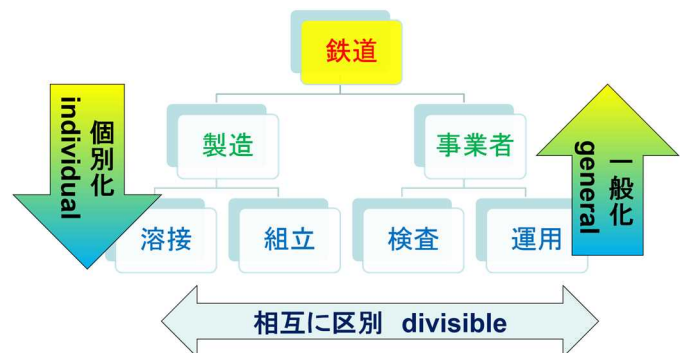


図3 鉄道事業の一般と個別

っている固有の器官」として、「無いものを見る眼」としての「創造性」が挙げられる。1995年に、科学技術創造立国に向けて科学技術基本法が制定された。その提案理由（抜粋）に以下の言葉がある。

①日本は「目標となる先進国が常に存在し、かなりの分野で技術導入が可能であった時代の終焉を迎え」、「今後は、フロント・ランナーの一員として、自ら未開の科学技術分野に挑戦し、創造性を最大限に発揮し、未来を切り拓いていかなければならない時機に差し掛かって」きて・・・・・・・・

(<http://www8.cao.go.jp/cstp/cst/kihonhou/riyuu.html>、抜粋)

②第1条：第十四条

(<http://www8.cao.go.jp/cstp/cst/kihonhou/houbun.html>、抜粋) 国は、研究開発機関又は研究者等相互の間の交流により研究者等の多様な知識の融合等を図ることが新たな研究開発の進展をもたらす源泉となるものであり、また、その交流が研究開発の効率的な推進にとって不可欠なものであることにかんがみ・・・・・・・・

日本の鉄道事業はまさにこのフロント・ランナーに相当し、「安全・安心」を司る組織構造も、創造性をより発揮できるように、シフトさせる段階に差し掛かってきていると考えられる。

創造的な観点から鉄道事業を見ると、**図4**に示すように、設計・製造・検査・運用は「それぞれが個性を発揮しながらも、互いに協調して、全体として一つのPDCA（Plan（計画）→Do（実行）→Check（評価）→Action（改善））サイクルを実践している有機体に類似したシステム」とみなせる。まず、この見方を「俯瞰」と呼ぶ。俯瞰力には、有機体システムの不調和を見抜く力が備わっており、これが社会発展の推進力になっている。他方、創造性には、社会を自己表現の場所とみなし、俯瞰した社会の中にいる、「もう一人の自己」に役割を「実践」させる能力がある。この「安全・安心」プロセスを垂直弁証法と呼ぼう。この「俯瞰と実践」は野球で言えば、プレイング・マネージャーに相当する。

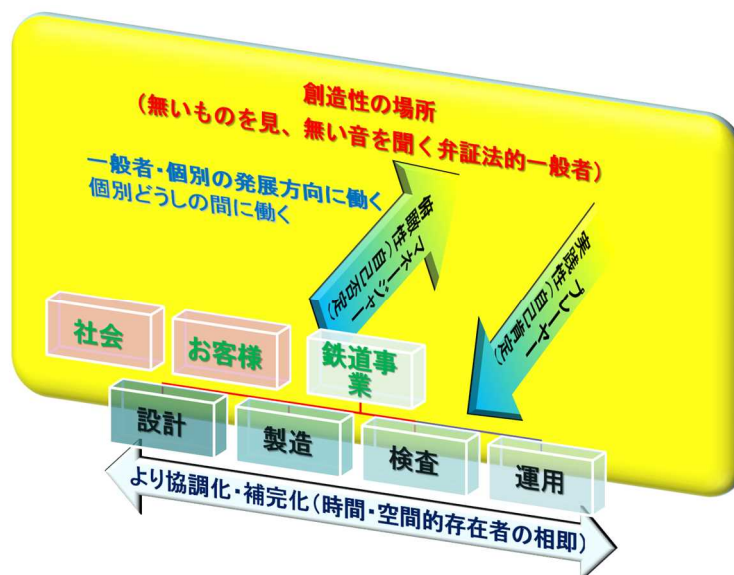


図4 鉄道事業における「俯瞰性(マネージャー)と実践性(プレーヤー)」の概念

台車を製造するメーカー（以下「メーカー」という。）を例にとって説明すれば、「これまでの発注者向けの視点」を自己否定して、鉄道事業・お客様・社会の全体を俯瞰して自己存在の目的と意義を自覚するとともに、この俯瞰した「世界」の中にいるプレーヤーとしての自分に直観(intuition)により命令を下す。他方、命令されたプレーヤーとしての自己は高い専門的技術力により、その命令を的確に実践（自己肯定）し続けていく必要がある。この例からわかるように、創造的手法はかなり難解で複雑な論理構造を有している。例えるならば、月夜にふと足を止めると松の木の影が見えている。その時に、これを影とみるのが水平弁証法であり、他方、月光とみて発展の契機ととらえる観点が垂直弁証法である。

この実践のためには以下が必要である。

- (1) 対象認識から俯瞰へ：自分の主観が外界の客観を見ているという対象認識を否定して、客観を見るとその中に自分が含まれるという、「矛盾的自己同一（西田幾多郎）」の能力を涵養する必要がある。
- (2) 俯瞰と交流との相違：リンゴは万有引力の法則により地球に落ちる。リンゴと地球が形成するそれぞれの重力場は重なり合って区別できない。すなわち、存在者という観点ではリンゴと地球とは別々であるが、働き（運動）という観点からは一致している。これがマネージャーが行っている俯瞰という「働き」のメカニズムの物理的側面である。同業異分野交流を通じて、鉄道事業全体としての働き（主体的な行動や行為）に自己を一致させる（個別的な自己の否定による自己の弁証法的一般化）ことによって、自己存在の目的と意義を自覚することが重要である（上述の科学技術基本法第1条：第十四条参照）。なお、異分野の人々と単に交流することとは全く異なることを知る必要がある。
- (3) マニュアル(general)による実践：マニュアルの徹底は必要であるが、それだけでは現場の創造的な実践力の涵養に直結しない。日々技術力の向上に努めるだけでなく、より高い観点から技術の実践目的と意義を自覚する必要がある。その意味で、単純にマニュアルを細かく・詳しくして実践さえすればいいという考え方をシフトしていく必要がある。
- (4) 幹部の役割：今後、上に立つものに、より一層の俯瞰力と実践力が要求されるようになる。現場では率先してこの能力の習得に努めるようにすべきであり、たとえ幹部が習得の途中の未熟者であっても、これを部下に積極的に教え、組織がより創造的にシフトするよう努める必要がある。
- (5) 習得する場の創設：リンゴと地球とは一つの重力場を形成して、その場のなかで運動していて、逆にその運動を通じて重力場の重なりを体得している。この体得が俯瞰である。このような場がないと、俯瞰能力は育たないし、またそれは実践の場を通してのみ涵養される。その意味で、俯瞰力の涵養の場（台車枠の安全性を扱う委員会など）が必要である。

- (6) データ数の増加：各事業者間、あるいは各メーカー間の「安全・安心」に係るデータを共有化することにより、データの絶対数を増加させる必要がある。「安全・安心」という観点からは、インシデントあるいはそれに関するデータはお客様や社会に属しているという視点が必要である（図4参照）。
- (7) 社会・お客様を含めた俯瞰：メーカーの横のつながりを緊密にするとともに、設計・製造・検査・運用という縦のつながりも絡める必要がある。事業者の観点からはメーカーは入札関係にあり、それらの単純な交流は談合を助長する可能性をはらむ、という観点からは慎むべきであろう。しかし、社会・お客様という、より高い観点を優先させて、費用便益という観点から「安全・安心」に係るトータルコストの低減を図るとともに、より「安全・安心」な台車づくりを目指し、もって社会の発展ならびにお客様の利便性の向上に寄与していく必要がある。

これらができれば、例えば、「製造者」は今自分が作っている部位を修正しようとする際に、たとえそれが善意であっても、周りに訊く必要性が直感できれば、そこが「事業者の検査対象になっているのか否か」を見極めて判断することの重要性を指摘されるであろうし、それが金属疲労にとってどのような影響を持つかも指摘されるであろう（あくまでも例えの話）。また設計者ではなく、同業他社に聞くことも選択肢に入るであろう。この繰り返しにより、俯瞰能力が次第に発達していった、新しい時代が来ればその垂直弁証法が普通の水平弁証法になって、次世代にはさらに高度な課題が現れて新しい垂直弁証法が要請されるようになり（これをパラダイムシフトと呼ぶ）、このように時代は発展を続けていくであろう。

スマホやインターネットの発達により、社会はますます開放システム（個性を競い合いながら協調する自律分散協調システム）に移行しつつある。もちろん、複数の企業が公正に競い合う（すなわち、閉鎖的競合関係にある）ことにより、ユーザや社会の利便性が向上する面があることは論を俟たない。しかしながら、「安全・安心」に関しては、「談合抑止」という枠を超えて、業界全体がより実情にマッチしたPDCAサイクルに移行することが求められている。