

# 軽量化・ボルスタレス台車と 尼崎事故

## 車両構造を問題視するのはタブー？

国土交通省の事故調査委員会が、8月中に尼崎事故に関する中間報告をだすという。

だが「社会的規制については必要最小限のものとする」「市場原理にゆだねられるべきものは市場原理にゆだねる」「鉄道事業者の自主性、主体的判断を尊重できるものとする」（運輸技術審議会答申）という発想で、鉄道輸送の安全確保に関する規制を徹底して緩和・解体したのは国土交通省自身である。どのような報告が出されるのか。本質的な問題はすべて闇に葬られ、結局は運転士個人の責任に一切が帰せられる可能性が高い。そんなことを絶対に許してはならない。

とくに、事故当初から指摘されていた軽量化車両やボルスタレス台車等、車両の構造上の問題点を指摘する声は、案の定ほとんど聞かれなくなっている。「ほとんどの新車に採用され、新幹線でも使われているボルスタレス台車を急カーブに弱いとするのはタブーのようだ」（鉄道アナリストの川島令三氏）と言われていたとおりだ。



## あれは脱線事故ではない

尼崎事故が107名もの乗客・乗員の生命を奪う大惨事となった大きな要因が、コスト削減のために追求された車両の極端な軽量化にあることは、今も誰もが目に焼き付いているあの悲惨な事故現場の状況を見れば明らかである。マンションに激突した二両目の車両は、まるでブリキのおもちゃのようにペシャンコに潰れ、マンションの角に張りつくような状態になったのだ。

また、尼崎事故は一般に「脱線事故」と言われているが、あれは脱線事故ではない。車両が横転し、宙を飛んでマンションの駐車場に突っ込んでいったのである。こんなことが起きたのも、軽量化やボルスタレス台車など、車両構造上の問題(欠陥)ぬきに解明されるものではないことは明らかだ。

## 車両軽量化の現実

### 軽量化とコストダウンが自己目的化

別表のとおり、軽量化ステンレス車両が一斉に投入されるようになったのは、国鉄が民営化され、JRが発足してからであった。

JR東日本も発足当初から「これまでの車両の設計思想から発想の転換を図る」「質量

(重量)半分、価格半分、寿命半分」「軽量化とコストダウン」をかけ声として新型車両の開発が行なわれ、今や首都圏約8000両の通勤・近郊型電車の多くが軽量化ステンレス車両に置き換えられている。

今は言わなくなったが、当初は、JR東日本自身が「使い捨て車両」と称していたように、そこには設計思想の抜本的転換があった。

とくに現在も遮二無二追求され続けているのが、さらなる軽量化とコストダウンである。JR東日本や東急車両、日立製作所などの車両設計者の設計思想を見ると、どこまで軽量化できるのか、どこまでコストダウンできるのかが自己目的化してしまっている。

車体で言えば、軽量化ステンレス車両どころか、E257系や700系新幹線のように、「超軽量化車体」と呼ばれるダブルスキン構造（ダンボールのように二重に形成したアルミ材で車体を造ることにより骨材を一切使わない）のアルミニウム製の車体が導入され、台車で言えば、「接続台車」（一両二台車ではなく、連結部分に台車を配置することにより、例えば10両編成で11台車で済む）の車両が導入され始めている。

だが、こうしてコストダウンとスピードアップに突き進むことが、安全上どのような影響を及ぼすのかは、トータルな意味では全くと言っていいほど検討もされていなければ検証もされていない。これは恐るべきことだ。尼崎事故は、まさにその恐ろしさをまざまざとわれわれにつきつけたのである。



## 車両の軽量化

	103系	209系	E231系
構体質量	9.5t(100)	5.4t(57)	5.5t(57)
空車質量・M車	39.7t(100)	27.7t(70)	28.4t(72)
空車質量・T車	28.8t(100)	21.0t(73)	22.2t(77)
編成重量(10両)	359t(100)	241t(66)	254t(70)
編成 M/T比	6M4T	4M6T	4M6T

まず、どれほど車両の軽量化が図られているのか、JR東日本で現在の標準タイプとされている209系と、今後の標準タイプとなるE231系を対象にその現実を見ていく

い（総武快速E217系は209系と同じコンセプトで作られた近郊型）。

「構体質量(重量)」というのは、車体そのものと考えてもらえばいいが、103系に比べて実に57%の重量しかない。編成重量でも66%～70%まで計量化が進められている。

ちなみに尼崎事故の207系はM車で32tである。東日本ではそれ以上に軽量化が進められていることがわかる。



103系



E231系



113系



E217系

## 台車の軽量化

次に台車の重量の変化だけを取りだしてみると次のようになる。

左の表のDT21台車は113系などに使われているものであり、DT61台車は209系、E231系等に使われているものである。動力台車で一台車当たり約1.1t、モーター非積載の台車で、約1.6tもの軽量化が進められ、M/T比が6M4T→4M6Tに逆転したこともあり、10両編成では台車だけで約16t近くもの軽量化が図られたのである。

M 車		T 車	
DT21(揺枕式)	DT61(ボルクス)	DT21T(揺枕式)	TR246(ボルクス)
6,607kg(100)	5,440kg (82) ▲1,167kg	5,784kg(100)	4,220kg (73) ▲1,564kg

## 軽量化とコスト削減

問題はなぜこれほどまでに、ひたすら軽量化が追求されたのかということだ。目的はただ一点、コスト削減とスピードアップを併せて図るためであった。

東急車両の設計者と、JR東日本の車両設計者は、「軽量ステンレス車両の経済効果」と称して、①直接的には運転動力費の節減、②間接的・長期的には軌道保守費の節減、③スピードアップー運転時分の短縮、④無塗装化による経費節減、⑤メンテナンスフリー化による車両保守費の削減等をあげている。

例えば消費電力量は、E231系は103系に比べて実に47%の消費電力量となっている。消費電力量を削減する最も早い方法は、一編成中の動力車比率を減らすことだ。そのためには車両の軽量化が必須の条件となる。そして悪無限的に軽量化が追い求められることになる。

「軌道保守費の節減」とは、線路は通過トン数で管理されるため、車両を軽くすればす



るほど、レール交換等の費用が削減されるということだ。そしてスピードアップのためにも軽量化が求められる。こうして、軽量化の追求は歯止めなく加速されることになったのだ。

「無塗装化」についても、塗装工程にかかるコストが削減できるというだけではなく、次のように提起されている。「保守面からはある期間ごとに行なわれる塗装の塗替作業が省略できることから工場在場日数が短縮でき、あわせて予備車の低減が可能になるなどの効果がある」と。つまり工場―検修区全体の合理化にとって大きな効果をもたらすというのである。さら耐蝕性に優れたステンレスやアルミは「構体(車体)の保守がほとんど不要であることから保守費の削減ができる」等、「軽量化車両の経済効果」なるものが、設計思想としてとにかく綿々と提起されている。

細かいことを言えば、「窓枠ユニット全体としてのコストダウンと軽量化」のために熱線吸収ガラスを採用して客席のブラインドカーテンを無くしたこと、「空気配管をなくしコンプレッサー数を削減する」ために、空気シリンダーによってドアを開閉する方式ではなく、電気式ドア開閉装置としたこと等すべてが、コストダウンと軽量化という観点から考えられている。

だが、問題はそれだけではない。205系以降は、骨組み構造まで骨材の板厚を下げるということが行なわれている。それまで厚さ1・2mmのものを骨材として使用していたのに「軽量化のため」に1mmにしたのである。荷重に耐えられるよう断面の工夫などがされたとはいうが、そもそも「想定外」であった尼崎事故のような横からの衝撃等に対する強度がどうなったのかは何も検証されていない。

こうした結果が、先の表のような軽量化となった。また103系と比べると209系の製造コストは20%下がり、E231系はさらに5%のコストダウンとなったという。新系列車両は様々な機器にコンピューターシステムが組み込まれていることを考えると、これはまさに大幅なコスト削減である。



京浜東北線に最初に投入された209系

## こんなものを使って大丈夫なのか？

車両の軽量化については、小さな地域新聞への投稿だが、鉄道工学を研究されていた方から次のような指摘がある。

私は、鉄道工学を大学で研究して国鉄OBに習ったことから今回の事故を分析すると、報道各社が知らせていることと少し違う見方をしている。制限速度を30km/h超えたとしているが、鉄道というものは、安全率の取り方が厳しいので30キロオーバー位ではカーブでも脱線しない。歴史をたどれば、昭和33年頃から新系列として国鉄が車両の開発を行い、それまでの木造の車両に鉄板を張ったいわゆるニセスチールといわれていた車両を減らし強度の高い車両と速度の向上を図ってきた。それらの車両は30年以上の耐久性をもっている。JRにな



ってから車両は10年もてばよいという考えで部品の簡素化、極端な軽量化を図ってきた。……今回の事故車両はJRになってからの設計であり、車両強度がかなり弱いと考えられる。普通、車体を解体する時もガス切断機を使わなければ解体できない。あの事故現場では、ビル解体をするときのような機械を使っている。これは木造車両を解体するときを使う。最近の車両は、木造車両と同じ位の強度ということが言える。JRが今の車両を製造するに当たり、下請け会社から「こんなものを使って大丈夫なのですか」という意見が沢山あったと聞いている。……軽量化とともにモーター車を減らしている。出力を落として、同じ人員を輸送するという事は、単純な軽量化では対応できない。事故は車両構造にも原因があったと思う。

5月10日付「稲毛新聞」

## 軽量化と車両の強度

### 車体の強度に関する基準

ところで、車体の強度に関する基準は、①上下方向の荷重と②「曲げ剛性」（一定の力を加えたときに車体がどの程度変位・変形するかということ）によって管理されている。また、尼崎事故のように列車が転覆した場合や、衝突したりした際の強度は「想定外」のものでされている。

軽量ステンレス車両の開発が始まったのは70年代半ばだが、やはり最大の問題となったのは「強度」であった。76年に米ボーイング社製の立体解析プログラムを用いて強度解析をする目処がついたことが開発の引き金になったという。

始めに試作された構体（車体）重量は、「とにかく考えられる最も軽く単純な構造の構体」という発想で造られ、4130kgであったという。現在のE231よりも1.4tも軽かったということだ。もちろん実際に使える代物ではなく、それに補強を繰り返して、使用可能、生産可能になったのが現在の軽量ステンレス車両の原型となった。つまり、当初から限界ギリギリの軽量化が追求されたということだ。

### 上下方向の荷重に対する強度

JRの場合、上下方向の荷重については「定員の3倍（300%）の荷重（乗客一人あたり55kg）を負荷し、安全率を1.5とする」という基準で設計されている。車両の強度の基準として存在するのはこれだけで、脱線や転覆、衝突に対する強度はまさに「想定外」なのだ。

この基準は、1961年7月に総武線津田沼駅構内で、自衛隊員を動員して最大何%乗車することが可能なのかを実験してわりだしたものだと言われている。つまり「強度の基準」とは言うが、これは、その車両が乗客を乗せて走らすに足りうるものであるかどうかということに過ぎない。

今日のように過密ダイヤが設定され、スピードアップが行なわれることなどは想定されていなかった時代につくられたものだ。自動車が溢れ、踏切での列車との衝突事故が頻繁

に起きるといふことも想定されてはいなかったはずだ。条件が全く違う今日の現実のなかで、車両の強度に関する基準がこのようなものだけであっていいとは考えられない。

しかし、その基準すら緩和しようという声があがっている。「安全率を1・5とすると、4、5倍（450%）乗車までの強度要求ということになり、物理的な乗車実態とかけ離れている。近年のコンピューター解析の精度向上、および信頼度の向上を考えると、安全率の数値に関しては見直しが必要と考える」（鉄道ジャーナル／2000年9月号／JR東日本の車両開発プロジェクトの設計者）というのだ。

## 車体の「曲げ剛性」の問題

それ以上に問題なのは、「曲げ剛性」についてである。これは「いまだ基準がなく経験値に依存している現状」だという。だがそれも実際はウソで、次の表のとおり「曲げ剛性」は、従来型の車体の強度・剛性を無視して、大幅に小さくなっている。つまりかかったモーメント（力）に対し、簡単に变形してしまう弱い車体になっているということだ。

「曲げ剛性」の大小は、車体の強さ、弱さとほぼイコールだと考えていい。

前記で車体の骨材の厚さを1・2mmから1mmに薄くしたことを明らかにしたが、その後目にした資料では、側板まで、E231系はそれまで1・5mmだったものを1・2mmにし、さらに台枠（床板）も軽量化したという。尼崎事故のように激しい衝撃を受けたときに一体どうなるのか、という観点など全く無いままに、ペラペラな車体が製造されている。尼崎事故は、まさに起きてはならない最悪のかたちでそれを実証することになったのだ。

	103系	209系	E231系
相当曲げ剛性	12.6	6.4	5.8

危険は自ら承知していた

車体の強度については国土交通省令上も、「車両の車体は、堅ろうで十分な強度を有し、運転に耐えるものでなければならない」（省令）「車両の車体は通常の営業運転で想定される車体への荷重等に対して、運転に耐えられる十分な強度、剛性及び耐久性を有するものであること」（解釈基準）としか定められていない。このような基準ならざる基準を前提として、ひたすら軽量化とコストダウンが追求されたときに何が起きるのかは歴然としていると言わざるをえない。

JR東日本の車両設計者も、自ら「軽量化と転覆、浮き上がり防止は矛盾する要素技術」と書いているとおり、危険と背中併せだという認識はもっていた。だが、軽量化、コスト削減、スピードアップ、そして見せかけの乗客サービスだけが車両設計にあたっての最優先思想とされた結果、結局安全は何ひとつ顧みられることなく、尼崎事故に行き着き、今

もまたJRは第二第三の尼崎事故に向けて暴走しているのである。

## 本当に「想定外」だったのか

一方、尼崎事故のような大惨事は本当に「想定外」だったのだろうか。この間起きた事故の数々が「安全」という観点から検証され、教訓化されていけば、尼崎事故はけして想定外の事態であったということとはできない。

例えば、2000年に起きた日比谷線脱線衝突事故について、鉄道総研は、「軽量ステンレス鋼製中間車両の車端同士の側面衝突では、衝撃力が車端隅部の限定された箇所に集中的に作用する。このため、比較的低い速度でも車体が損壊し、破損した構成部材が車内に入り込む恐れがある」と報告し、「側面衝突時の衝撃破壊挙動」の評価が必要だとしている。

1997年の大月駅事故も、本線をまたいで入換作業を行なう列車が、本線通過列車の側面に衝突した事故であった。余部鉄橋からの列車落下事故も、車両の軽さが最後の引き金となったものであった（重いDD51機関車は鉄橋上に残り、軽い14系客車だけが全車転落した）。

さらには、後で詳しく述べるとおり、ボルスタレス台車の曲線での安定性には以前から疑問と警鐘の音があがっていた。しかし、こうした問題が真剣に検討された形跡はない。むしろ、こうした事故の数々を経験しながら、なお軽量化とコスト削減、スピードアップだけが遮二無二追求されつづけたのである。

## 「重心高さ」の問題

では、自ら「軽量化と転覆、浮き上がり防止は矛盾する要素技術」とした問題はどのように「解決」しようとしていたのか。「重心高さの管理」によってであった。

重心高さについては、現場では全く明らかにされていないので、はっきりとしたことは分からない。だが、公表されている数値は次のとおりである。

これは「台車を除く完成車体での数値」とされている。

	103系	209系	E231系
重心高さ	1544mm	1614mm	1556mm

また、車体+台車で、209系先頭車の重心高さが1436mmという数値が記載されている資料もある。

さらに「台車のバネ装置の変位で重心は見かけ上15～25%高くなる」と言われており、後者の数値に25%増で計算すると、1615mmとなる。これらから見ると、確かに大幅に重心が上がるという設計はされていないと考えられる。しかし、台車の軽量化、とくに重さ1tほどもある床下のボルスタ（枕はり）を取ってしまったことによって、車両の重心は確実に高くなっている。

台車を軽くし、なおかつ重心高さを維持しようとするれば、否応なく車体はもっと軽くしなければならないというベクトルがはたらく。ここでも車両の安全性を無視した軽量化のいたちごっこが起きているのではないかと考えられる。

しかも、ここには大きな落とし穴、ごまかしがある。重心高さが1600mmとすれば、重心位置は乗客が乗った場合、膝下ぐらいの位置になる。乗客が乗った分だけ重心位置は上がるということだ。しかも、車体が大幅に軽量化されていることを考えれば、乗客が乗車した場合の重心の上昇率は、従来の車両と比べずっと大きくなるということだ。しかも人間は頭が重いのである。



これはすべて当たり前の常識に過ぎない。しかし、こうした問題が指摘され、検討された形跡はなく、意図的に無視・封殺したとしか考えられない。実際、JR西日本は尼崎事故の後、「車両に砂袋を置いてカーブ走行実験をする」というが、重心高さという問題を考えた場合、これは実際の条件とは全く違ったものになる。「安全上問題なし」というデータを得るという結論だけが先にあり、そのために仕組まれた実験だというしかない。

また、曲線のカント設定一速度設定等は、車両の重心高さ1600mmを前提として計算されているという。ここでも実態とかけはなれたことが平然と行われている。ラッシュ時等の重心は、明らかに1600mmを大きく超えているのだ。

「軽量化と転覆、浮き上がり防止は矛盾する要素技術」とされた安全上の問題点の、唯一と言っていい解決策が「重心高さの管理」であったが、それもこのようなものでしかないのである。これでは事故が起きない方が不思議だと言わざるをえない。

## 技術的破たん点？

さらに、209系以降は、車体幅を2800mmから2950mmに広げた「幅広車両」が標準化されている。ラッシュ時の混雑緩和のために導入されたものだが、これはいうまでもなく曲線等での車両の安定性を損なうものである。JRの軌間は狭軌(1067mm)だから、車体は車輪よりも1m近く左右に張り出していることになる。わずかな拡幅に過ぎず問題はないというかも知れないが、当初から曲線での安定性が問題視されているボルスタレス台車、そして極端な軽量化という問題が重なったときに、本当に問題無しと言えるのか。

狭軌だから即危険ということではないが、標準軌(1435mm)と比べて曲線での安定性が大きく落ちることは言うまでもない。例えば、狭軌で限界速度130km/hの曲線は、標準軌なら145km/hになる。規定上定められた最大カントは狭軌では105mmで、このとき左右のレールの傾斜は5・6度。標準軌では200mm、傾斜角度7・4度である。

日本で鉄道が敷設された当初、強いられた条件のなかで採用された狭軌。当初は認識されていたであろう限界性が忘れられ、スピードアップ、軽量化、ボルスタレス台車の採用、



幅広車両の導入、……といった不安全要素が次々に付加されたときに、いつか技術的な破たん点に行き着くことは避けられない。

とくに民営化以降、営利優先主義のもとで、まともな検証もされず猛烈な速度で進められたこうした車両設計の変更が、まさに破たん点に行き着いたことを示したのが尼崎事故ではなかったのか。

## 安全無視の技術思想

六本木ヒルズの事故以降、回転ドアの危険性が社会的問題となり、様々な検討が行なわれている（JR東日本もその検討会に参加している）が、その結果、次のような問題点が浮かび上がってきたという。

回転ドアの安全性に関する設計上の基本思想は、回転部分は可能な限り軽くなくてはならないということであった。何かが挟まってセンサーが働いたときに瞬時に止まるため、あるいは挟まってもドアの方が変形して人体の安全を守るためにである。

ところが、ヨーロッパから回転ドアを輸入したメーカーは、豪華さを求めるユーザーの要求に応じて、軽量化のためにアルミでできていたドア枠をステンレスにし、どんどん大型化し、その結果重さで回転部分に歪みが生じるようになったのでさらに骨材を組み込み、今度は駆動モーターに負荷がかかり過ぎるようになったため、モーターが何機も付加され、しかもそれを回転部自体に乗せる形で設計し……、結局回転部分だけで数トンにもなるようなドアができ上がるようになったというのである。そして、センサーが働いても直ちに止まらないようなドアとなって子供の頭をおし潰し、生命を奪った。

「回転部分は軽くなければいけない」は、ヨーロッパでは設計上の常識だったというが、それは日本では忘れ去られ、継承されず、次々と安全を無視した付加設計が行なわれ、そして回転ドアは殺人マシンに変貌したのである。

しかも、死亡事故が起きた後、実は同種事故が何百件も起きていたことがはじめて明らかにされている。

JRでも、車両の設計をめぐってこれと同じことが起きているのではないかと考えざるを得ない。しかもJRは、尼崎事故が起きてなお、何ひとつ反省しようとしていないのである。

JR東日本の車両設計者は、一般向けに書かれた車両設計の考え方についての文章を次のように結んでいる。「電車を待っていると……、決まって自分が設計を担当したところに目が行き、それを目が追いかけている。……しかし、うまくいった設計ばかりではない。……そして胸がズキッと痛む。……（車両設計は）実にミステリーでワクワクする」と。車両の安全性に関する設計思想の基本がどこに置かれているのか、という提起は全く無い。

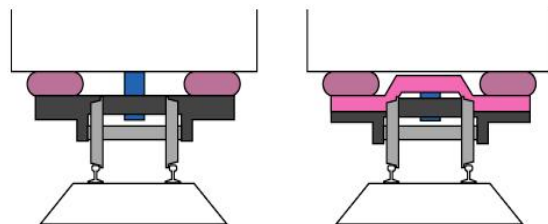
列車の利用者は、JR東日本だけでも毎日1600万人に及ぶ。1600万人が、日々ミステリー列車に乗せられ、人体実験にかけられているのではないかという危惧を抱かざるを得ない。

## 横転した原因はボルスタレス台車？

これまで、車両の軽量化問題を中心として、いかに安全がないがしろにされてきたのを見えてきたが、尼崎事故を107名の生命を奪う大惨事に至らしめた最大の要因は、ボルスタレス台車にあったと考えられる。

ボルスタレス台車とは、その名のとおりに、軽量化のために「ボルスタ（枕ばり）」（別図1参照）をとって、車体と台車を左右二つの空気バネ（枕ばね）で直接つなぐ構造にした台車の総称である。国鉄・JRでは、国鉄時代の末期にはじめて導入され、この30年余りの間に急速に普及するようになったが、重さ1tほどもあるボルスタを省くことで一気に軽量化を図ることができ、かつ部品点数が大幅に減ってメンテナンスコストを下げられるというのが採用の理由であった。そして台車は「（構造の簡素化、部品点数の減という点では）これ以上は構造的にどうしようもない程度までできている」と言われるようなものになったのである。

またそれは、車両の重心を押し上げることも意味する。先にも述べたように、重心高さを抑えるためには車体側も軽くするしかなく、台車が軽量化されればされるほど、車体の軽量化も止めどなく追求されることになる。ボルスタレス台車の採用が車両軽量化に拍車をかける一因となったことは間違いない。



（図1）ボルスタレス台車（左）はボルスタを省略したため、車体と台車が空気バネで直結される構造になっている。

## 危険だと指摘する声

だが、危険だと指摘する声は次のとおり当初から上がっていた。

転倒脱線が計算値よりもずっと低い速度で起ったのは、まさしくボルスタレス台車が要因であると言うのに等しい。だが、……ボルスタレス台車そのものに問題があるとは、鉄道業界を・・挙げて口にしたくないことなのである。台車メーカー、鉄道会社、さらには国土交通省もボルスタレス台車を開発・改良し、導入を推進してきたので、我が子のようなボルスタレス台車に欠点があること認めたくないのである。しかし、鉄道業界でも一部の人はボルスタレス台車を危険視しており、また鉄道会社のなかにはボルスタレス台車を採用しようとしなないところもある。

（川島令三「なぜ福知山線脱線事故は起ったのか」）

ここで言われている「ボルスタレス台車を採用しなかった鉄道会社」とは、阪急、京阪、京浜急行などである。とくに阪急は、一度試験的に採用したが、「台車はレールに吸い付くような構造にしなくてはならない。どんな条件でも脱線しない台車がいい」という理由で、その後の新車はすべてボルスタ付きの台車にしているという。

## これだけの問題が起きている

実際、初期のボルスタレス台車は低速で走る急カーブで何度も脱線している。原因は、台車の構造上の欠陥による「輪重ヌケ」であった。1両2台車、計8つの車輪に、曲線でもいかに均等に輪重がかかるように設計するかが、安全に走行する車両の基本であるが、直線～緩和曲線～本曲線～緩和曲線～直線と移行する過程でのカント変化、レールのねじれのために輪重がアンバランスになり、輪重ヌケを起こして乗り上がり脱線を起こすとい

うケースである。低速で起きたのは、「輪重がアンバランスになる時間が高速時よりも長い」ためだと言われている。

最近では、01年の日比谷線脱線事故でボルスタレス台車との関連が指摘されていたが、「最終的に事故との関連性は報告されておらず、メーカーや鉄道事業者に対しての指導や通達は行っていない」（国土交通省）と、因果関係は闇に隠された。

だが、営団地下鉄は、その後事故と同形台車の空気バネや軸バネ等を、輪重ヌケを抑えるように改良しており、実際上は台車に欠陥があったことを認めている。

今回の尼崎事故でも、事故直後に、国土交通省の事故調自身が、「空気バネが異常な振幅を繰り返し、脱線を誘発した可能性が高い」（5月5日付毎日新聞／p17）と発表し、水平についているヨーダンパが垂直になって破損している写真を公表した。

だが、最終的には事故との関係性を否定する報告書がだされる可能性が高いのではないと思われる。なぜか。車体の軽量化問題もそうだが、それに触れることは、コスト優先で突っ走ってきた現在の日本の鉄道技術全体の根本的欠陥に触れることになるからだ。それは、国鉄分割・民営化以来20年間の鉄道政策そのものや、もっと大きく言えば、市場原理主義、民営化＝規制緩和という基本政策にも連なる問題である。

## 反復横跳びするような揺れ

またボルスタレス台車は、次のような指摘もされていた。

ボルスタレス台車特有の問題か、反復横跳びをするような揺れを指摘する声もある。ポイントの通過や、ロングレールではない曲線で、波長の長い揺れが発生し、しかも増幅するようになるという意見だ。一部の揺れについてはJR東日本でも検討の俎上にあるそうだが、地上の路盤やレールの問題か、車両側の問題か明確にならない部分もあり、その都度調査しているという。（鉄道ジャーナル／2000年9月号）

これは日々われわれ自身が経験していることである。「運転していて、ガクーンと強く横にもっていかれる」という声は、組合員からずっとあがり続けている。また組合には「乗客が将棋倒しになるほど大きく揺れる」「激しく手すり棒に叩きつけられた」という声まで寄せられている。こうした車両の揺れについては、何度も申し入れを行なっているが、会社からは、その都度「調査の結果問題はない」という回答が行なわれるだけであった。

## ボルスタレス台車の特性

ボルスタレス台車とは先にも述べたとおりボルスタ（枕ばり）をとってしまった台車ということだが、それに伴って、車体と台車の中心に回転軸があって、それを中心に台車が回転し、曲線に対応するという構造も無くなった。台車の回転は、左右のバネが横方向に歪むことで確保する仕組みだ。そのために横剛性の低い（歪みやすくした）特殊な空気バネが開発された。空気バネ自体は、以前から使用されていたが、それまでのものとは全く違う性格のものとなったと言っている（別図3）。

つまり、やわらかいゴム風船の上に車体に乗っていると考えればいい。駅で乗客が乗り

降りするだけで車体が大きく揺れるようになったのは、誰もが知っているとおりである。ちなみにボルスタ付き台車の場合は、空気バネ自体の構造が違うというだけでなく、堅固なボルスタアンカによって、その変位を抑え込む構造となっている。

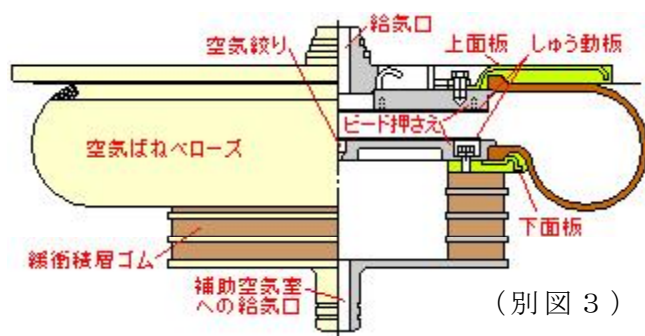
だが、そうしたことの代償としてボルスタレス台車は、「蛇行動」(ヨーイング)が起りやすくなった。蛇行動とは、台車が振れて車輪のフランジが左右のレールに当たりながら走る状態のことを言う。

蛇行動は、ごく低速では起きないが、ある一定のスピードで第一の不安定域に入って発生し、これを過ぎると再び安定域に入って収まる。さらに高速になると第二の不安定域に入って激しく振動し、再び安定することは無いという特性をもっているという。

これも、普段現場からあがっている声と合致する。「同じ箇所でも激しい揺れを感じるという運転士と、そんな揺れを感じたことはないという運転士がいる。運転の仕方にもそれぞれ個性があるから、同じ箇所でも、運転士によって走る速度が違ってくる。そのせいなのか?」という声である。

尼崎事故で「カーブに入る前に直線でいつもと違う激しい揺れを感じた」という乗客の証言も、激しい蛇行動が起きていたためだと思われる。そして、蛇行動と遠心力によって空気バネが大きな振幅を起こして横転したのではなかったのか。

しかし、ボルスタレス台車がこうした不安定な特性をもっていることなど、現場には、転士にも検修職にも全く知らされてはいない。



## 極めて不安定な構造

それを抑えるためにつけられたのが「ヨーダンパ」(ボルスタレス台車が高速域で起こす蛇行動を防ぐため、水平方向に取り付けられているオイルダンパ)で、両サイドで台車を引っ張って左右に振れないようにしたのである。しかし、それは曲線での走行性を逆に犠牲するものだ。蛇行動の防止と曲線での走行性能の向上は相反する関係をもつ。

しかし、そのヨーダンパも、例えば総武快速線を走るE217系では、初期製造車両は取り付けられていたが、なぜかその後は取り外されている。逆に尼崎事故の207系は、始めは付けられていなかったが、スピードアップをするために後から取り付けられている。

さらには、空気バネを制御す





るために、自動高さ調節弁だとか、差圧弁（左右の調節）、上下動ダンパ、左右動ストッパー、異常上昇ストッパーなどを取り付けることによって、異常な振幅を抑え込んでいるのが現実である。このように取ったり付けたりが繰り返されているということ自体、ボルスタレス台車が、基本設計上いかに不安定な構造をもつのかを示していると言わざるを得ない。

また、左右の空気バネで支えるという構造により、台車の前後振動も起きるようになり、その解消は、牽引装置（車体を牽引するための台車-車体間の連結器。ボルスタ付き台車では、ボルスタアンカが牽引装置となっている）を台車の重心とほぼ同じ位置に置くことで図っている。ここから見えてくるのも、やはりボルスタレス台車の不安定な特性である。

一方、ボルスタレス台車は安全だと言い張る人たちは、「新幹線でも使っているが、あれだけ高速で走っても問題は起きていない」ことを理由にする。だがそれは理由にはならない。

新幹線の場合は、国土交通省令（解釈基準）で、本線における最小曲線半径はR 2 5 0 0 とされており、山陽新幹線以降は実質的には4 0 0 0 m以上を確保するよう線形が設計されている。つまり、

始めから非常に大きな回転半径の曲線しかない条件のもとで使われているのだ。だから台車も「新幹線のヨーダンパはボルスタアンカよりもがっしりしたものになっていて、ボルスタ付きにしてもいいように思えるほどである」と言われるような設計がされているのである。

## やはりボルスタレス台車が原因か

「なぜ福知山線脱線事故は起きたのか」で川島令三氏は、「(輪重ヌケによって)カーブで起こりがちな乗り上がり脱線ではなかった。……枕バネの変位度が高いのがボルスタレス台車である。そのために遠心力によってカーブの外側の枕バネが縮まり、内側が膨らんだ結果、車体を外側に傾かせて転倒脱線するに至ったのである」

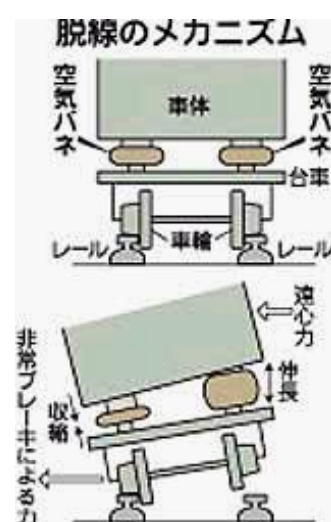
と結論づけているが、これまで見てきたボルスタレス台車の特性や、尼崎で起きた恐るべき現実からすれば、この指摘は正鵠を射ていると考えられる。

事故現場の緩和曲線が、60 mと規程ギリギリの延長しかなかったことも、空気バネ（枕バネ）に大きな変位を起こさせる要因となったであろう。だが問題は、尼崎事故のような大惨事に至らずとも、多かれ少なかれ全ての列車がこのような条件のなかで走っているということだ。

## ボルスタレス台車とレール

このように、不安定な空気バネの上に車体に乗っていることによって蛇行動作を起こし、曲線でも遠心力によって車体が大きく振れ、運転士が日常的に体感しているようにポイントなどでも強い横圧を受けて列車が走っている状態のなかで、レールと車輪・フランジとの間にも激しい横圧が生じていることは間違いない。

湘南新宿ライナーが開通してから、フランジの異常磨耗が多発するという声が、小山車両センターや国府津車両センターから上がっているが、こうした現実もそのことを証明し





ている。ちなみに湘南新宿ラインは、福知山線と同じで、小田急等の私鉄と熾烈に乗客の奪い合いをしている線である。

また、千葉でもそうだが、車両検修区で毎日朝から晩まで車輪を転削し続けなければならないなどということも、国鉄時代には無かったことだ。

レール破断が頻発する昨年来の非常事態、そして国鉄時代には考えられなかったようなレール側面の激しい磨耗や、踏面のシェリング、ゲージコーナーシェリングが無数に発生しているという現実。これは、検査（巡回）周期の大幅な延伸や丸投げ的外注化等による保守体制の過度な合理化、スピードアップやそれに伴う急加速、急減速の影響ということが原因として考えられるが、それだけでなく、ボルスタレス台車自身の欠陥に起因するものだと見る必要があるのではないのか。

## なぜこれほどレールが破壊されるのか

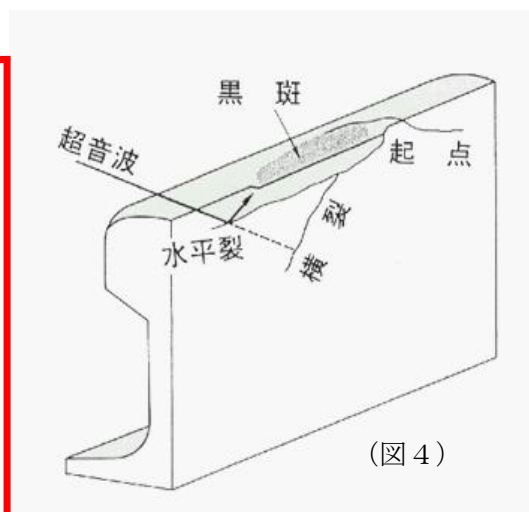
実際、車両の軽量化は、軌道や車輪に与える影響力を小さくするはずであり、とくにバネ下重量（レールに最も近い軸バネから下の重量で、車軸・軸箱等の重量）を軽くすることが軌道破壊に与える影響力を小さくすると言われている（実際、ボルスタレス台車はバネ下重量も相当軽く設計されている）。

にも係わらず、なぜこれほどまでにレールが破壊されるのかは、ボルスタレス台車との関係ぬきには理解のしようのないものだ。蛇行動や空気バネの振幅による強い横圧の発生が、これまでの経験値や想定の域をこえてレールを痛めつけているのではないのか。

しかもレールに傷などがあると、そこに著大な輪重が発生する。一度痛むと加速度的に悪化する可能性があるということだ。実際、われわれが指摘してレール交換をさせた幕張車両センター脇の快速線にしろ、市川駅上り方の快速線にしろ、みるみるうちにレール状態が悪化している。

レール破断の原因について、鉄道総研は、

日本の高速鉄道におけるレール損傷の中で、特に問題となっているのはシェリング傷である。その発生や成長過程については、これまで多くの調査・研究がなされ、かなりの知見が得られている。シェリングは、車輪から被る転がり接触疲労により発生し、水平裂が雨水の影響の助けを得て成長し、その極く一部においてき裂の分岐が起こり、横裂になってレール破断に至ることが知られている。また水平裂の大きさと横裂の大きさに相関は無く、き裂成長メカニズムも異なる。しかし、傷の成長速度については、ほとんどわかっていない。



としている（図4）が、台車の特性によって車輪がレールにどのような衝撃力を与えるのかという問題や、レールが損傷したときにそれが加速度的に進行する可能性をもつこと等

も無視することはできないであろう。

## 車輪踏面、スラックの問題



模型車輪踏面(修正円弧踏面設計形状)と  
実際の摩耗レールとの接触状態

また、ボルスタレス台車や蛇行動と関係して、「車輪踏面」(レールとの接触面)の問題がある。車輪はフランジから外側に向けてテーパ(勾配)がつけられている。かつての車輪は、「円錐踏面」と言って直線的にテーパがつけられていたが、蛇行動を抑えるために205系以降は「円弧踏面」「修正円弧踏面」と呼ばれる踏面形状が採用されている。車輪踏面が、レール踏面の丸みに添って緩い曲線に形成されているということだ。こうした踏面形状は、蛇行動を抑えるためには有効でも、曲線通過時には強い横圧を発生させると言われている。また車輪踏面形状は、車両が安全に走行するために大変重要な要素となるが、「高速走行安定性と曲線通過性能や脱線防止と分岐器通過のように両立させるは難しい条件がある」という。レールの異常磨耗やシェリングの多発は、ボルスタレス台車の採用に伴い、蛇行動を抑えるために車輪踏面を変えたことも影響しているのではない。

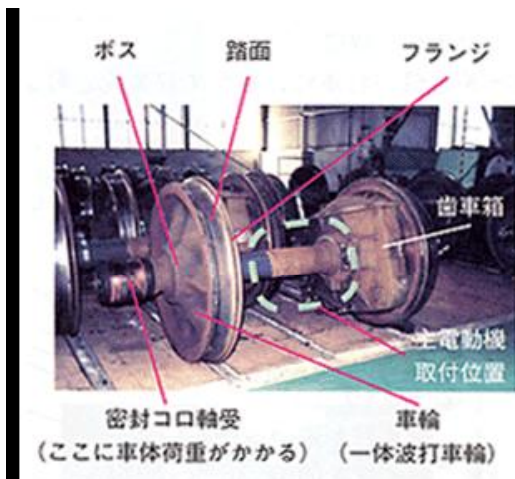
さらにもうひとつ、ボルスタレス台車一円弧踏面の採用と関係して、「スラック」が横圧やレールにどのような影響を与えているのかという問題がある。

スラックとは、曲線の軌間をわずかに広げて、過大な横圧がかかることなくスムーズに曲がれるようにすることを言う。曲線では、遠心力によって、車輪が外側に押しつけられるようになるが、車輪の踏面は斜めになっているので、軌間に若干の余裕を設けることによって、外

側の車輪は半径が大きくなり、内側は小さくなることで、その内輪差でスムーズに曲がれるようにするのである。

運輸省令上、スラックは次のように規定されている。「円曲線には、曲線半径、車両の固定軸距等を考慮し、軌道への過大な横圧を防止することができるスラックを付けなければならない。ただし、曲線半径が大きい場合、車両の固定軸距が短い場合その他軌道への過大な横圧が生じるおそれのない場合は、この限りではない」。つまりスラックとは、曲線における横圧防止対策、脱線防止対策として設けられるのである。

だが、JRになってから、そのスラックを無くしてしまったというのだ。われわれには何も明らかにされていないため、詳細は判らないが、団交で質した際も、千葉支社は「今はそのようなものは設けていない」と回答している。なぜ無くしてしまったのか。想定領域を出ないが、やはりこれまで述べてきたような、ボルスタレス台車の不安定な構造上の



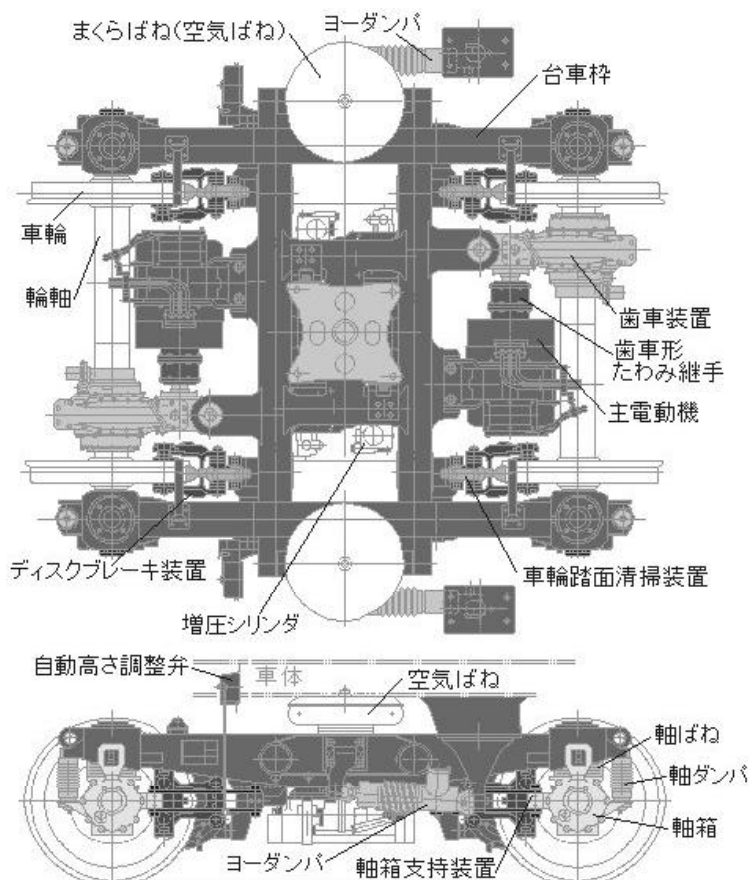
特性や円弧踏面が採用されたことがからんでいられると思われる。ボルスタレス台車や円弧踏面の特性がスラックによって過大な横圧がかかることを防止するという仕組みに適さなかったからではないのか。そして適合させるために「横圧の防止」という問題が切り捨てられ、無視されたのではないのか。

以上のようにボルスタレス台車は、それ自身の欠陥のみならず、レール側との関係でも深刻な影響生み出していると考えられる。しかし、これまで述べてきたような問題が相乗的に重なったときに、どのような危険な事態を招くのかは何ひとつ検討された形跡がない。

そればかりか、こうした問題を団体交渉で議論しても、安全を真剣に追求しようという姿勢など全くなき、レールの側面がフランジとの接触によって 11 mm も削り込まれているというのに、「それはレールとフランジが馴染んでいるということとくに問題はない」などという回答が返ってくるだけなのだ。

資料

ボルスタレス台車とは？ 台車の構造と主な部品のメカは？ 台車だ行動とは？ <http://www1.odn.ne.jp/~aaa81350/kaisetu/truck/truck.htm>



## 別図2 尼崎脱線事故:空気バネ、異常振幅 脱線を誘発の可能性 毎日新聞 2005.5.5朝刊

兵庫県尼崎市のJR福知山線脱線事故で、事故を起こした快速電車は、車体の揺れを制御する空気バネが異常な振幅を繰り返し、脱線を誘発した可能性が高いことが、国土交通省航空・鉄道事故調査委員会の調べで分かった。

右カーブに高速で進入した際、車両のバランスが崩れるのを増幅したとみられる。非常ブレーキ作動前に運転士が常用ブレーキを強めにかけていたことも判明。2度にわたる急ブレーキが車体を不安定にし、横転しやすい状況につながったとみられている。脱線した207系型車両は「ボルスタレス」方式と呼ばれる、台車に取り付けた左右一対の空気バネの上に車体が載っている。

電車の車輪は通常、レール内側を左右の車輪のフランジ（つば）が微妙に当たりながら軌道に沿って走る「蛇行動（だこうどう）」を取って進む。空気バネは、車体に蛇行動などに伴うたつきが伝わるのを緩和するため付けられている。

事故調のこれまでの調べで、脱線した快速電車は制限速度70キロを大きく超える時速100キロ以上（回収したモニター制御装置の記録では同108キロ）で現場の右カーブに進入したことが分かっている。

その際には、同70キロの場合の2～3倍の遠心力がかかるが、事故調は、スピード超過による遠心力だけでは脱線までには至らないと判断。バネの振幅が影響した可能性が強まった。

「蛇行動」は低速でも起きるが、高速になるに従って激しくなり、バネの振幅も増加する。このため、通常はスピードを落として蛇行動を収めてからカーブに進入する。

事故調は、今回の事故について、振り子運動のように車体全体の揺れを助長する力が加わり、横転しやすい状況を作ったとの見方を強めている。

専門家の見解では、右カーブの場合、カーブに入って左側に遠心力がかかるタイミングと、空気バネで車体が左に揺れるタイミングが合うと、脱線の危険性が増すという。乗客の証言では「カーブに入る前に、普段より大きい横揺れが起き、どんどん大きくなって脱線した」といい、事故調はカーブ前の電車の速度がポイントと見て、電車から回収した「モニター制御装置」などを解析し、速度の確定を急ぐ。

また1、2両目のバネは破損していたため、事故調は、JR西日本や車両メーカーから設計資料を取り寄せるなどして、快速電車の空気バネの性能について調べている。一方、非常ブレーキが作動する前に、高見隆二郎 運転士（死亡）が常用ブレーキを強めにかけていたことが事故調の調べで分かった。それでもカーブ進入に耐えうる速度に減速できなかったため、非常ブレーキを作動させた疑いが出てきた。 【川辺康広、田中謙吉、坂口雄亮】