

国鉄技第91号
平成20年1月11日

各地方運輸局鉄道部長 殿

鉄道局技術企画課長

「車両の衝突安全性に関するこれまでの研究成果の取りまとめ」について

平成17年4月に発生したJR西日本福知山線列車脱線事故に係る航空・鉄道事故調査委員会からの事故調査報告書（H19.6.28）において、「客室内の空間が確保されるよう車体構造を改善することを含め、引き続き車両の安全性向上策の研究を進めるべきである。また、客室内設備についても、事故発生時における被害軽減の観点から、手すりの配置、形状の改善などを検討するべきである。」との所見が示されたところである。

また、これまで日比谷線中目黒駅構内列車脱線衝突事故、JR九州鹿児島線の列車衝突事故及びJR西日本福知山線列車脱線事故等を踏まえ、車体設計上の配慮やサバイバルファクターの導入等による、事故時の乗客の被害軽減を目的として、衝突時の車両の安全性向上に関する研究を行ってきたところである。

こうした経過を踏まえ、昨年8月「車両の安全性向上策研究会」を設け、車両の安全性向上策を総合的に検討しているが、このほど同研究会において、別添のとおり、車両の衝突安全性に関するこれまでの研究成果・知見を取りまとめたので、業務の参考とすると共に、管下鉄軌道事業者に情報提供されたい。

車両の衝突安全性に関する
これまでの研究成果の取りまとめ

平成20年1月
車両の安全性向上方策研究会

取りまとめにあたって

鉄道輸送において安全の確保は最も重要なことであり、事故を発生させないための対策を実施することが極めて重要である。しかしながら、現実には列車衝突・脱線事故が発生していることも事実であり乗客等の被害を最小限に抑える方策についてさらに検討を進めるため、本年、鉄道事業者や車両製造メーカー等からなる「車両の安全性向上方策研究会」を設け車両の安全性向上について総合的に検討を進めているところである。

今般、これまでの研究で得られた車両の衝突安全性に関する成果・知見について情報の共有化を図るため、鉄道総研のこれまでの研究成果に併せて、東京メトロにおいて既に取り組んでいる事例を取りまとめた。

なお、取りまとめた事例の中には、個別の特許が適用されている方法もあるので、同類の構造を採用する場合には、事前に、関係先に特許の有無の確認が必要である。

鉄道局技術企画課

(目 次)

I. 鉄道総合技術研究所のこれまでの研究成果	．．． 3
(1) ステンレス鋼製車両の編成列車の衝突挙動解析	．．． 3
(2) ステンレス鋼製車両のオフセット衝突時の衝撃破壊挙動	．．． 5
(3) 鋼製車体の衝撃エネルギー吸収構造	．．． 7
(4) ロングシート着座乗客の安全性向上策	．．． 9
(5) 衝突事故分析資料	．．． 11
II. オフセット衝突対策構体の検討（取り組み事例）	．．． 15

I. 鉄道総合技術研究所のこれまでの研究成果

(1) ステンレス鋼製車両の編成列車の衝突挙動解析

1. 研究の背景

近年、ステンレス鋼製車両の列車衝突事故が発生し(図1)、事故を起こさない対策と同時に、事故時に被害を最小限に抑えるための車体の衝突安全対策が重要な課題となっている。この第一歩としてステンレス鋼製車体構造の衝撃時の挙動解析や安全性評価手法の検討などを行った。

2. 実施概要

衝突挙動の解析に際しては、車体各部分の圧縮破壊特性を把握する必要がある。ステンレス鋼製車体各部について、車体長手方向の静的圧縮破壊試験を実施し(図2)、圧縮変形挙動を調べた。

過去の列車衝突事故では、編成列車の中間連結部において、一方の車端部の車体台枠が他方の車体台枠に乗り上がり、車体の損傷が大きくなった事例がある(図1)。そのため、車端部について、車端全面圧縮試験と台枠より上部を圧縮する上下オフセット圧縮試験を実施し、乗り上がりの有無による変形挙動の違いを調べた。また、これら圧縮試験に対応する FEM 解析を行い、その妥当性を検証し、精度向上を図った。

さらに、編成列車について、中間連結部の乗り上がり現象をも評価しうる衝突挙動解析手法を検討した。

3. 成果、知見

ステンレス鋼製車体各部の静的圧縮試験結果により、車端部、客室窓部、出入口部の圧縮荷重-変形量特性などを得た。また、車端部の圧縮試験に対応する FEM 解析を行った結果、圧縮荷重-変形量特性、屋根部、台枠などの変形挙動を精度良く再現できた(図3)。

中間連結部の乗り上がりを想定した台枠より上部を圧縮する試験の結果、乗り上がりの無い場合に比較して、小さな圧縮荷重で、台枠上部の変形が大きくなることが明らかとなった。

編成列車の衝突時の挙動を評価する際に、全ての車両について3次元FEM解析を行うことは、効率的ではない。また、従来の1次元ばね-質点モデルに導入した解析手法では車体の上下方向やピッチングが表現できない。そのため、車端部の静的圧縮試験およびFEM解析の結果から求めた圧縮破壊特性と、車両の2次元ばね-質点モデル(図4-(a))を組み合わせた、編成列車の衝突挙動解析手法を考案した。

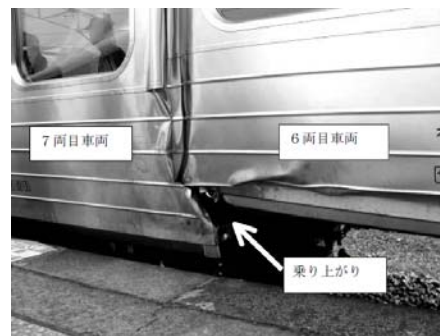


図1 列車衝突事故の損傷例
(平成14年2月JR鹿児島本線列車追突事故、追突された先行列車の連結部の状況。国土交通省 航空・鉄道事故調査委員会調査報告書より)

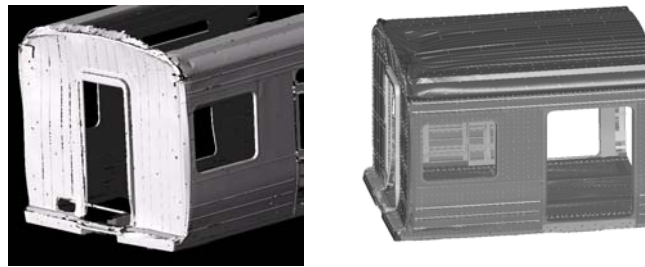


図2 圧縮試験の状況

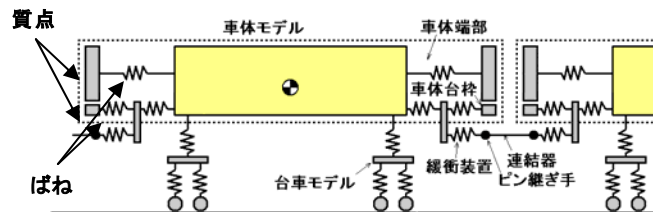
4. まとめ

車端部の静的圧縮試験およびFEM解析の結果から求めた圧縮破壊特性と、車両の2次元ばね-質点モデルを組み合わせた、編成列車の衝突挙動解析手法により、列車衝突時の衝撃加速度、連結器破損、乗り上がりの挙動および車端部の変形などの挙動を評価できることを提案した(図4-(b))。

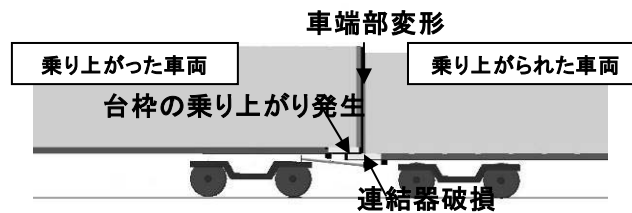
適用にあたっては、静的圧縮条件と衝突条件の違いによる破壊特性の変化についての検討、実事故を想定した条件での解析による検証などが必要である。



(a) 静的圧縮試験結果 (b) FEM解析結果
図3 乗り上がりを想定した車端部の変形挙動



(a) 車両の解析モデル



(b) 追突された列車の連結部分の解析例

図4 列車の衝突解析例

(2) ステンレス鋼製車両のオフセット衝突時の衝撃破壊挙動

1. 研究の背景

平成12年3月に発生した営団地下鉄（現：東京メトロ）日比谷線中目黒駅構内での列車脱線・衝突事故では、編成列車中間連結部の車端隅部同士がオフセット衝突し、車体が損壊、乗客に大きな被害が生じた。オフセット衝突の場合（図1）、衝撃力が限定された箇所に集中的に作用するため、比較的低速の衝突でも車体が損壊する可能性がある。また、双方の車両が衝突後もある速度を保ちつつ行き違うような、衝突エネルギーの極めて大きな事故が発生しうる。

本研究では、ステンレス鋼製車両の中間連結部同士のオフセット衝突について、車体の変形挙動を評価し、衝突安全性向上についての方向性を検討した。

2. 実施概要

ステンレス鋼製車両の中間連結部同士がオフセット衝突する場合について、車体の損傷状況を数値解析により評価した。また、オフセット衝突では、車端隅部の台枠、隅柱、側構え及び妻構えの接合部の破壊挙動を把握することが重要となる。そのため、この部分を模擬した実物大部分車体構造の衝撃試験と、この衝撃試験に対応する数値解析の比較検証により、オフセット衝突時の変形挙動を評価した。

3. 成果、知見

ステンレス鋼製軽量車体構造の中間車両同士の左右、上下オフセット衝突時のFEM解析の結果、特に車体台枠の乗り上がりが発生すると、軽量ステンレス鋼製車両は車体が大きく破損し、破損した部材が車内へ入りこむ可能性のあることが明らかとなった（図2）。

また、中間連結部の車端隅部の実物大部分車体構造を車両の台枠を模擬した剛体ブロックに打ち当たる衝撃試験（図3）とFEM解析を行った結果、以下の知見を得た。

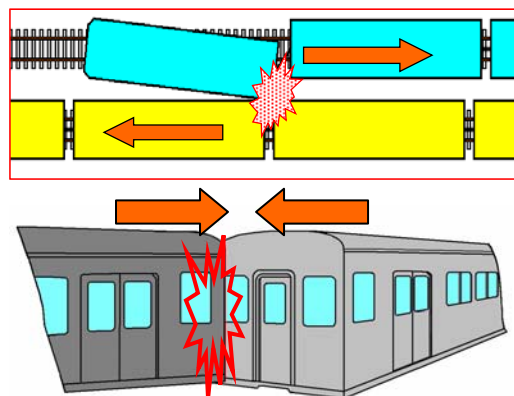


図1 オフセット衝突事例

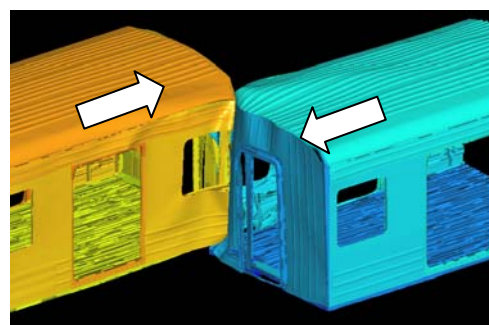


図2 オフセット衝突解析事例
（ステンレス鋼製軽量車体構造の中間連結部同士、双方の速度25km/h、）

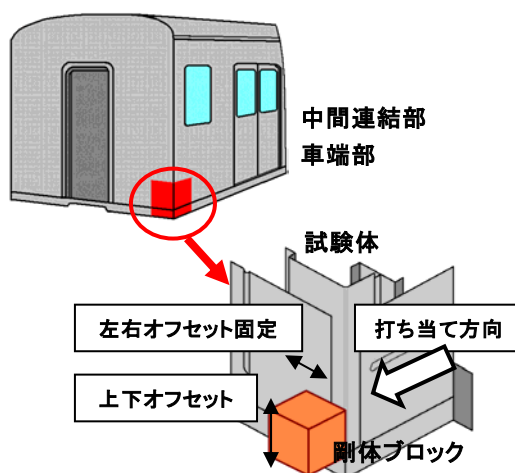
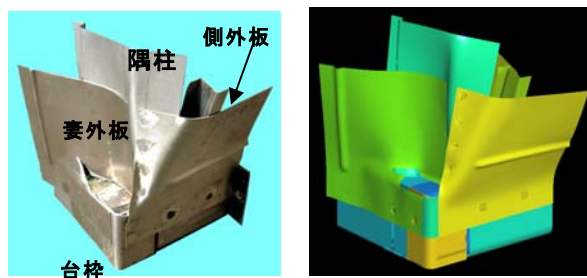


図3 実物大部分車体構造の衝撃試験

- (1) 衝突時に台枠の乗り上がりが発生すると、妻外板および隅柱の破断により乗り上がりが進行し車体の破損が拡大する(図4)。
- (2) 台枠同士が衝突する場合は、台枠同士の破損と食い込みにより車体の破損が拡大する可能性がある。

4. まとめ

オフセット衝突事故に対する安全性向上策は、車体の破損が進行し、破損した部材が車内に入り込む前に、双方の車両が離れるような方策をとることが望ましい(図5)。このためには、車体の乗り上がり防止と台枠の食い込み防止が課題であり、これに適した車端隅部の妻構えおよび側構えの構成を、車両設計時に考慮する必要がある。



衝撃試験結果 FEM解析結果

図4 乗り上がりが生じる衝撃試験結果と FEM解析結果 (試験体外側の状況)

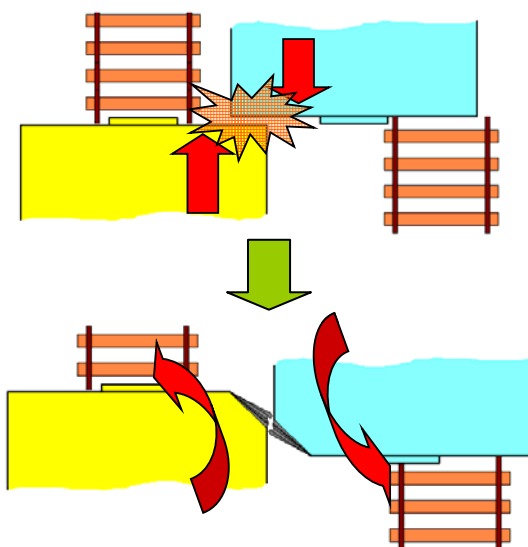


図5 オフセット衝突事故に対する安全性向上策の考え方

(3) 鋼製車体の衝撃エネルギー吸収構造

1. 研究の背景

鉄道車両の衝突事故では、瞬間的に大きな衝撃エネルギーが発生する。この衝撃エネルギーを吸収し、乗客及び乗員の安全を確保する一つの方法として、クラッシュブルゾーンのような構造が考えられる。しかし、鉄道車両の場合は、車種によっては（例えば通勤型電車）その構造上、クラッシュブルゾーンに相当する領域の設定が困難な場合がある。

列車衝突時の衝撃を吸収する車体構造、乗客などの被害軽減を考慮した材料及び車内設備、人間工学的な検討に基づく乗客の安全姿勢などに関する研究開発の一環として、鉄道車両の衝撃エネルギー吸収構造の検討を行った。

2. 実施概要

鋼製の通勤車両を例にして、その車体構造の長手方向の主要部材に、エネルギー吸収構造を組み込むことを検討した。部材レベルの試験でエネルギー吸収構造の形状を決定し、この部材を設置した車両の先頭模擬構体の静荷重試験及びこの先頭模擬構体を実車に取り付けた衝撃試験を実施し、エネルギー吸収構造の性能評価を行った。

3. 成果、知見

エネルギー吸収構造は、車体構体の長手方向の主要部材である溝形鋼を、車体前後方向の強度を一樣にし、安定的に変形するように閉断面化し、さらに閉じた箇所及び反対側の面に開口部を設けた構造とした（図1）。

エネルギー吸収部材の開口部の形状は、圧縮最大荷重及びエネルギー吸収効果に大きく影響する。そのため、丸穴、ひし形、楕円の開口形状について、大きさ及びその加工性なども考慮に入れた検討を行った。開口形状の異なるエネルギー吸収構造の静荷重試験（図2）とその数値解析を実施した結果、丸穴開口形状が他の形状よりも、最大荷重が低く、その後の変形でも荷重の低下は少なく、エネルギー吸収効果の高いことを確認した。

この丸穴開口形状のエネルギー吸収構造の衝撃試

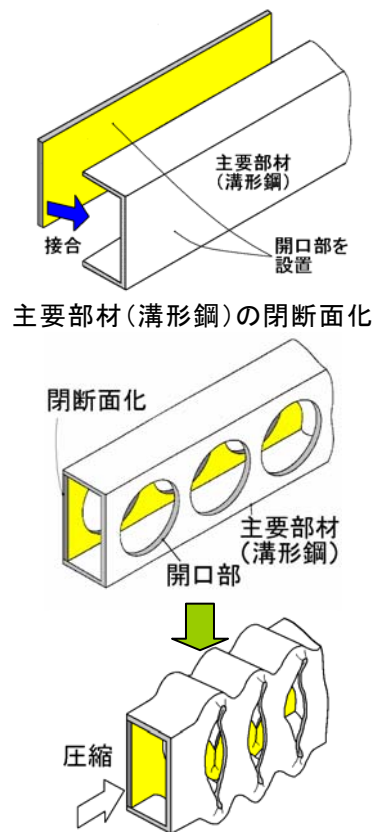


図1 エネルギー吸収構造略図



図2 エネルギー吸収構造の静荷重試験結果(φ110mm丸穴)

験では、全般に荷重が静荷重試験の場合よりも大きくなったが、従来構造よりもエネルギー吸収効果が高いことを確認した。

エネルギー吸収構造を実車レベルで性能評価するため、主要部材で構成した実物大の車両先頭部模擬構体（以下「基本構体」と記す。）を試作し、これの側はり、中はり及び屋根桁を閉断面化し、それぞれ3個のφ110mmの丸穴開口部を設けたエネルギー吸収構造を組み込んだ（以下「エネルギー吸収構体(図3)」と記す。）。

これらの構体について静荷重試験を行った結果、エネルギー吸収構体は、基本構体よりも最大荷重がやや高いもののその後の荷重低下が少なく、エネルギー吸収効果を確認した。

基本構体及びエネルギー吸収構体を先頭部に取り付けた車両で衝撃試験を行ない、エネルギー吸収構造の性能を評価した。その結果、静荷重試験のように顕著ではないが、エネルギー吸収構体車両でエネルギー吸収効果を確認した。

4. まとめ

鋼製の通勤車両を例にして、車体構造の長手方向の主要部材である溝形鋼を閉断面化し、丸穴形状の開口部を設けたエネルギー吸収構造を提案し、そのエネルギー吸収効果を確認した。

車体の衝突安全性向上には、強化とエネルギー吸収の方法があり、このエネルギー吸収構造を個々の車体構造に組み込むにあたっては、組み込み位置、開口部の大きさなどのほか、クラッシュブルゾンの設定を考慮することが今後の課題である。

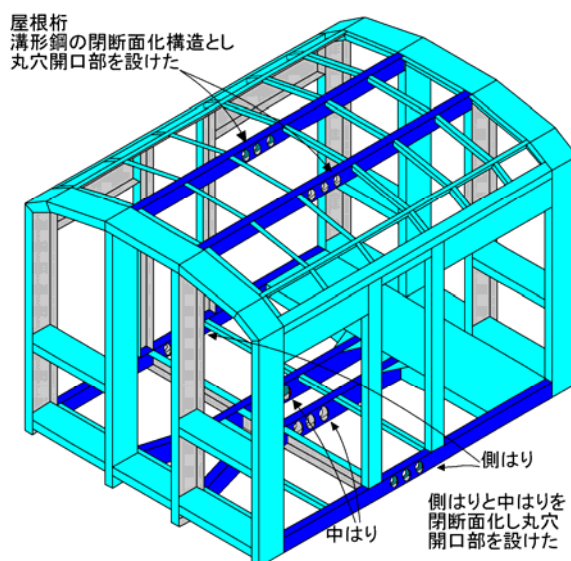


図3 エネルギー吸収構体

(4) ロングシート着座乗客の安全性向上策

1. 研究の背景

国鉄在来線の列車衝突事故の乗客被害調査を実施した。列車衝突事故では駅構内での追突型の事故が多い。このような事故では、乗車姿勢、座席および支柱といった部分の車内構造や配置の違いが、傷害を左右する。調査から見えてきた代表的な特徴として、次のような傷害パターンがあげられた。

- ・ロングシートの前の立位乗客が転倒し、頭部を床にぶつけて傷害を起こすパターン
- ・ロングシートに座っている乗客が胸部を袖仕切りにぶつけて傷害を起こすパターン
- ・クロスシートに座っている乗客が頭部あるいは下肢を座席にぶつけて傷害を引き起こすパターン。

ここではこのうち、ロングシート着座乗客の安全性向上策に検討した事例を紹介する。

2. 実施概要

ロングシート着座乗客の傷害パターンについて、数値シミュレーションによる解析を行った。座った乗客の場合には乗客胸部の変形が重要なポイントとなるため、乗客には FEM 人体モデルを使用した(図1)。解析条件として、仕切り形状や材質などを変えて胸部への影響を調べた。ここでの仕切り形状として、図2に示す代表的な2タイプ、パイプタイプと板タイプを設定した。乗客をそで仕切りと2次衝突を起こすように衝撃を加え、この時の胸部肋骨の変形の大きさ(胸部変位)によって安全性を評価した。

また、衝突用人体ダミーを用い、シミュレーションと同様の条件で衝撃実験を行い、シミュレーション結果の妥当性を確認した。

3. 成果、知見

上記の数値シミュレーションの結果、もっとも明確な影響が現れたのは袖仕切りの形状の差であった。この結果を図3に示す。パイプタイプより板タイプで胸部傷害が起きにくく、衝突

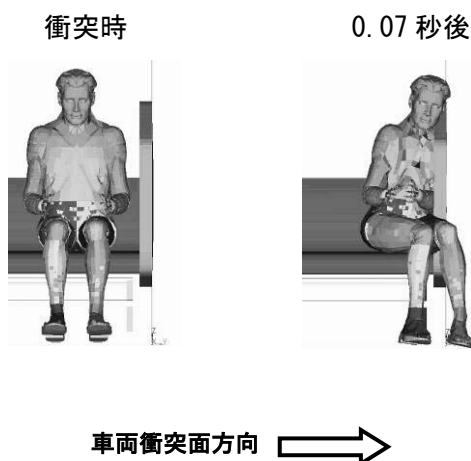


図1 ロングシート乗客シミュレーション例

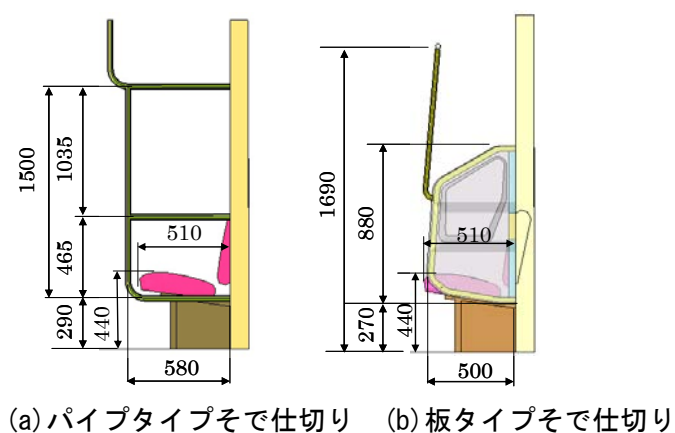
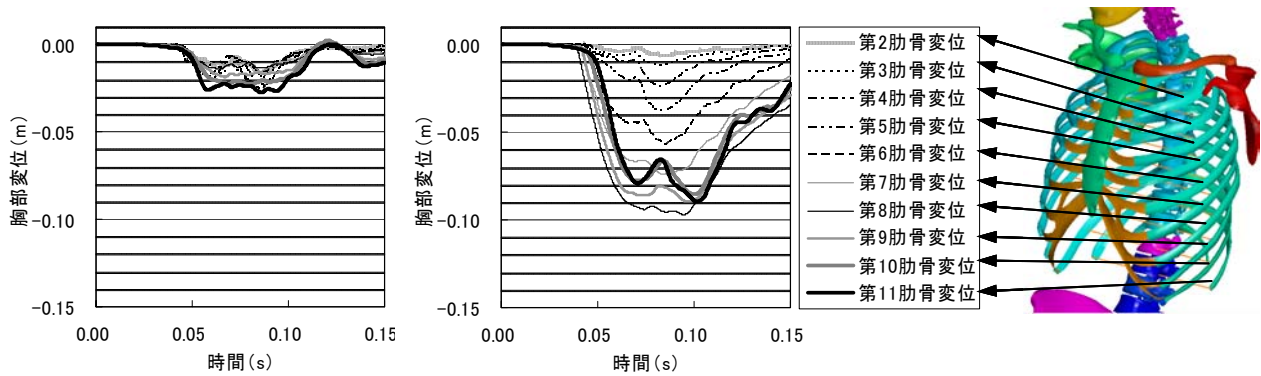


図2 ロングシートモデル側面図

(単位: mm)



(a) 板タイプそで仕切り

(b) パイプタイプそで仕切り

図3 数値シミュレーションから推定された胸部変位

安全性の観点から板タイプのそで仕切りのほうが有利である結果であった。さらに、他のシミュレーションで、現行の板タイプのそで仕切りの強度を下げた場合、板表面上にウレタンなどを添付した場合、仕切り板内に衝撃吸収材を充填した場合について調べたが、胸部変位は同程度であった。

さらに衝突実験用ダミーを用いた試験（図4、図5）を行った結果についても、数値シミュレーション結果と同様の傾向が確認された。

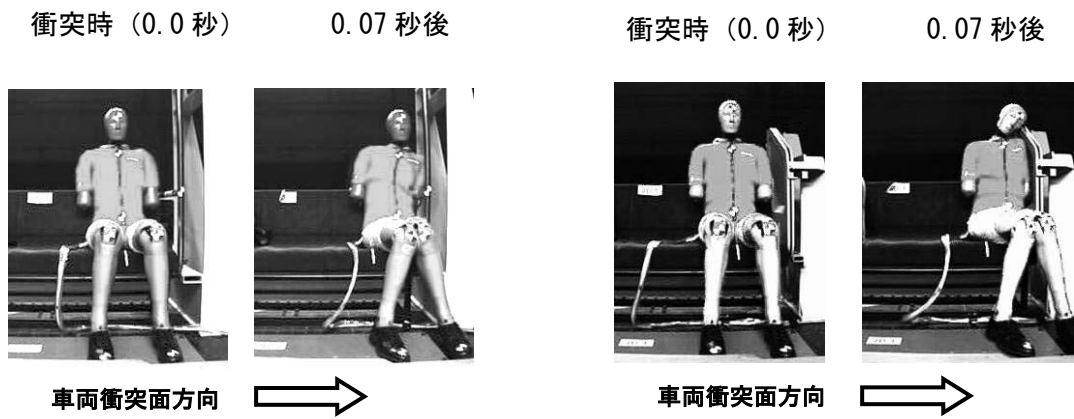


図4 パイプタイプそで仕切り条件の衝撃実験例

図5 板タイプそで仕切り条件の衝撃実験例

4. まとめ

ロングシート着座乗客に関する数値シミュレーションと衝撃試験から、列車の前面衝突による乗客の胸部変位はパイプタイプより板タイプのほうが小さく、胸部傷害が起きにくいと推定され、衝突の衝撃を板面で受けることが対策のポイントとなる。今後は着座姿勢以外の乗客への影響も考慮し、この研究の深度化を図る予定である。

(5) 衝突事故分析資料

1. 研究の背景

衝突事故の被害軽減対策には、被害を受けた過去の事故状況の分析が不可欠である。特に、乗客の被害の特徴を明らかにすることが、ポイントとなる。そこで、国鉄時代の在来線列車衝突事故の乗客被害調査を実施した。

2. 実施概要

事故に遭った乗客へのアンケートによって、被害の状況を調査した。ただし、数多くの事故について実施することは不可能なので、列車衝突事故に多くみられるパターンであること、及び被害者数が大きいという以下の条件にしたがって3つの事故を選定した。

(1) 前面衝撃

(2) 駅構内の低速での衝突事故

(3) 負傷者数の多い事故

対象に選んだのは通勤型列車の衝突事故1件と近郊型列車の衝突事故2件（それぞれ、近郊型Ⅰ、近郊型Ⅱとよぶ）とした。表1にこれらの事故概況を示す。

表1 国鉄時代の3件の事故概況

	通勤型	近郊型Ⅰ	近郊型Ⅱ
事故現場	駅構内	駅構内	駅構内
座席タイプ	ロングシート	クロスシート	クロスシートと一部ロングシート
合計車両数	20両	15両	5両
脱線両数	1両	3両	0両
相対衝突速度	33km/h	33km/h	20km/h
乗車人員	約4000人	約540人	約200人
死傷者数	758人	378人	146人

3. 成果、知見

〈通勤型列車と近郊型列車の比較〉

3件の事故アンケートの回収数は通勤型、近郊型Ⅰ、Ⅱそれぞれ103、197、72であった。ただし、通勤型と近郊型Ⅱに関しては、傷害を負ったとみられた乗客にのみアンケートを実施したのに対し、近郊型Ⅰでは傷害を負っていない乗客にも区別なくアンケートを実施した。

このため、それぞれの事故の比較に関するデータでは、傷害がなかったものを除いている。

傷害の種別としては、いずれにおいても打撲が多いが、3事故を比べてみると、通勤型に比べて近郊型でむちうち割合が高い（図1）。人間の頸部の耐性には方向性があり、横方向よりも前後方向に対して低いとみられる。クロスシートではロングシートに比べて、乗車姿勢が前後方向に向く割合が高くなるようなシート配置となっており、このことが近郊型で頸部のむちうちが多い原因の1つと推測される。

また、傷害を引き起こした車内設備等（以下「加害部位」と記す。）については、通勤型と近郊型で特徴の違いが見られ（図2）、特に、近郊型では座席（背もたれなど）での傷害が多いことがあげられる。これに対し、通勤型では支柱、床、人（他の乗客）といったものが加害部位として多く、全体の3/4を占めている。この特徴の差は、近郊型に比べ、通勤型で立位姿勢のものが多いこと、あるいは座席・支柱といった部分の構造や配置の違いが、その原因として推測される。

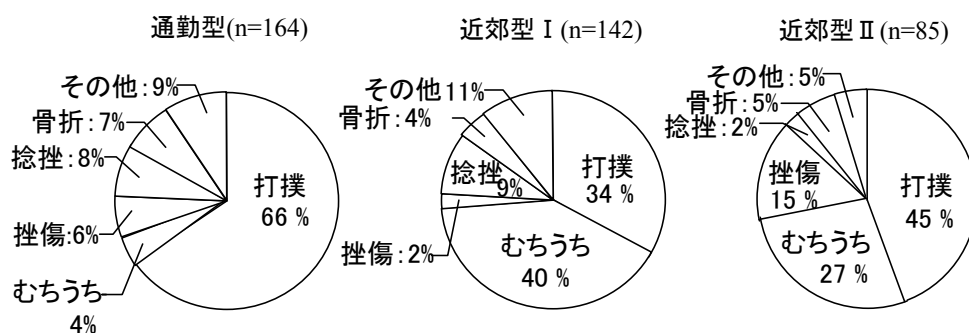


図1 傷害の種別（重複回答を含む）

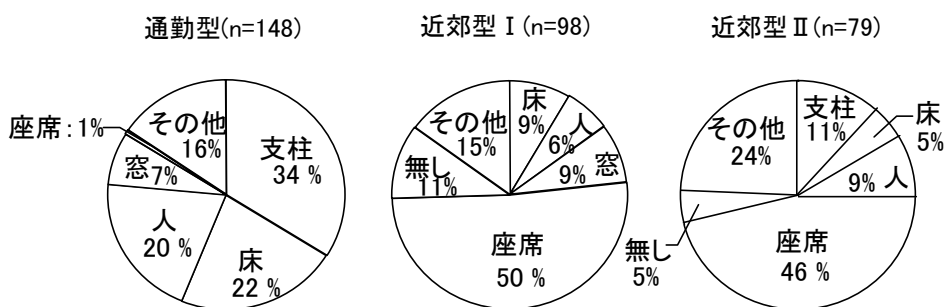


図2 加害部位（重複回答を含む）

〈立位姿勢と座位姿勢の比較〉

近郊型 I に関してのみ、受傷率を求めることができるため、立位と座位について、その受傷率の比較を行った。図 3 は一次衝撃を受けた時点で前向きと後向きの姿勢をとっていたものについて立位と座位の受傷率を示している。統計的に見ると、前向きと後向きを併せると立位と座位では差がみられない。また、座位と立位を併せると前向きと後ろ向きで有意な差はない。しかし、姿勢別に見ると、座位の場合には前向きが後向きよりも受傷率が高い。

上記のように傷害パターンは乗車姿勢ならびに車内設備、特に座席に依存する。そこで今回実施した調査の中からロングシートを配した通勤列車事故の調査データについて、衝突直前の乗車姿勢を立位と座位に別けて再整理した。乗客が受けた傷害の身体部位（傷害部位）を図 4 に、その傷害を引き起した物あるいは箇所（加害物）を図 5 に示す。傷害部位をみると、立位姿勢での傷害数は頭部が 13 名（20%）と最も多く、座位姿勢では胸部が 14 名（48%）と顕著に多い。加害物をみると、立位姿勢では床、手すり、人で 45 名（80%）、座位姿勢では手すりだけで 16 名（64%）となっている。ここで座っている乗客に対して加害物となっている手すりは、そで仕切りの役目も兼ねている部分であり、以降この部分を限定してそで仕切りと呼ぶ。座位で傷害を受けた乗客についてみると、座っていた位置が不明な乗客を除くと、24 例中 15 例が衝突面寄りのそで仕切り脇に座っているか、あるいはそで仕切りから離れて座っていたが、その間が空席であった乗客である。この中には 1 ヶ月程度又はそれ以上の治療日数を要した肋骨骨折などの比較的重い傷害の乗客が見られた。これらのことから、そで仕切り脇に座っていて、そのそで仕切りで胸部を傷害するパターンがあることが推察される。

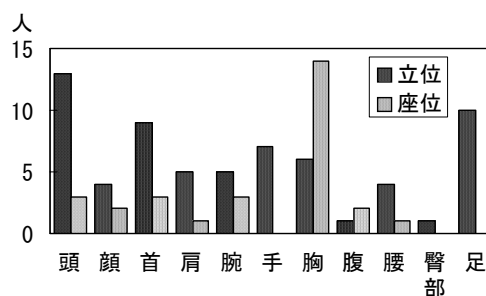
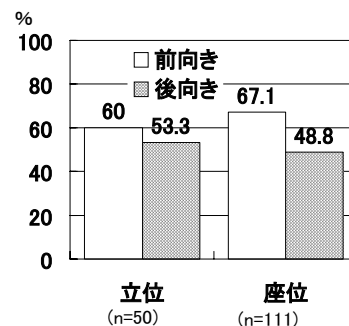


図 4 傷害部位の分布

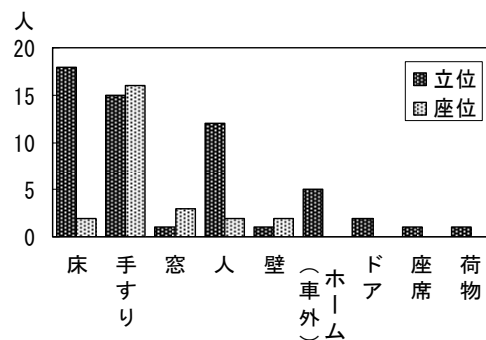


図 5 加害物の分布

4. まとめ

国鉄時代の在来線の列車衝突事故の乗客被害調査から、その被害状況は車内設備に依存していることが明らかになった。ロングシートを配した列車とクロスシートを配した列車では、次のような傷害特徴があった。これらのことを考慮した車両設計が必要である。

(1)ロングシート型に見られる特徴

- ・支柱、床、人（他の乗客）が二次衝突による傷害の主な原因であった。
- ・座席のそで仕切り脇に座っている乗客がそで仕切りで胸部を傷害するパターンがあった。
- ・立っている乗客が倒れて床で頭部を傷害するパターンがあった。

(2)クロスシート型に見られる特徴

- ・二次衝突による傷害の約半数は座席自体が原因となっていた。
- ・衝突面に向いて座っていた場合、その反対を向いた場合よりも受傷率が高かった。

(財) 鉄道総合技術研究所 研究開発推進室

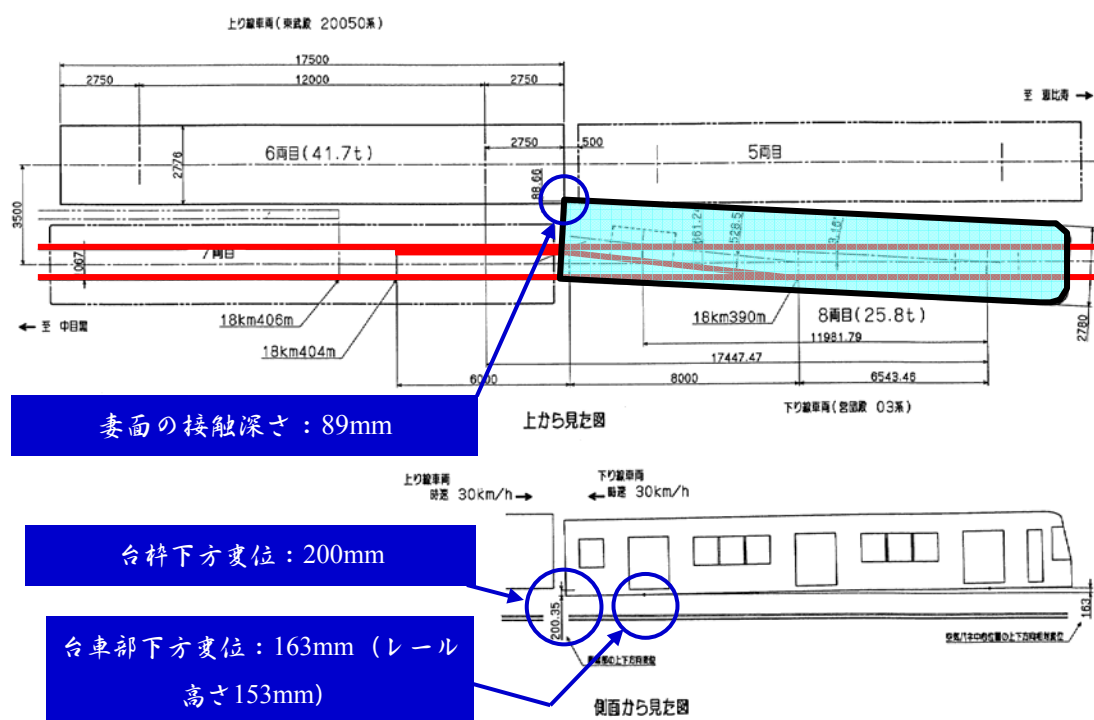
TEL : 042-573-7244 FAX : 042-573-7372

E-mail : shiroto@rtri.or.jp

Ⅱ. オフセット衝突対策構体の検討（取り組み事例）

平成12年3月に発生した日比谷線中目黒脱線衝突事故の経験をもとに、半蔵門線08系車両の車体構体構造を車両メーカーと共に検討した。中目黒脱線衝突事故発生時の軌道条件、車体構造及び車体損傷状況をもとに、衝突事故をシミュレーション解析することによって、車体構体構造を分析し、車両のオフセット衝突に対して客席の被害を最小限とする車両構体構造を検討した。またシミュレーションで検討した対策構体の有効性を検証するために、実寸法で切出した供試体による落重式衝突試験（供試体高さを一定とした自由落下試験。評価は、衝突エネルギーを一定とした構体変形量の比較。試験条件落下高さ：6m 衝突速度：40km/h 供試体重量：850kg）を実施した。

（1）検討条件



（2）施策実施内容

【08系構体変更部位】2002年

①隅柱の強化

車体コーナー部の隅柱（外板内部に隠蔽）を厚肉化したアルミ中空型材とし、断面形状を三角形にすることにより、衝突の初期段階に発生する側構体への相手車体の台枠侵入のきっかけとなる致命的な破壊を防止し、相手車体の接触部の衝撃力緩和を図ると同時に相手車体を押し退ける構造とした。

②車両端部の側構体腰部の強化

車端寄りの側構体腰部に中空形材を採用することにより、隅柱を強度上補助する役割を果たすと同時に、側構体の強化を図った。

中空形材の二重構造によって、側構体と台枠との接合部の強度を向上させることにより、側構体と台枠の分離を防ぐとともに、衝突エネルギーを吸収するようにした。

③側構体腰下部の強化

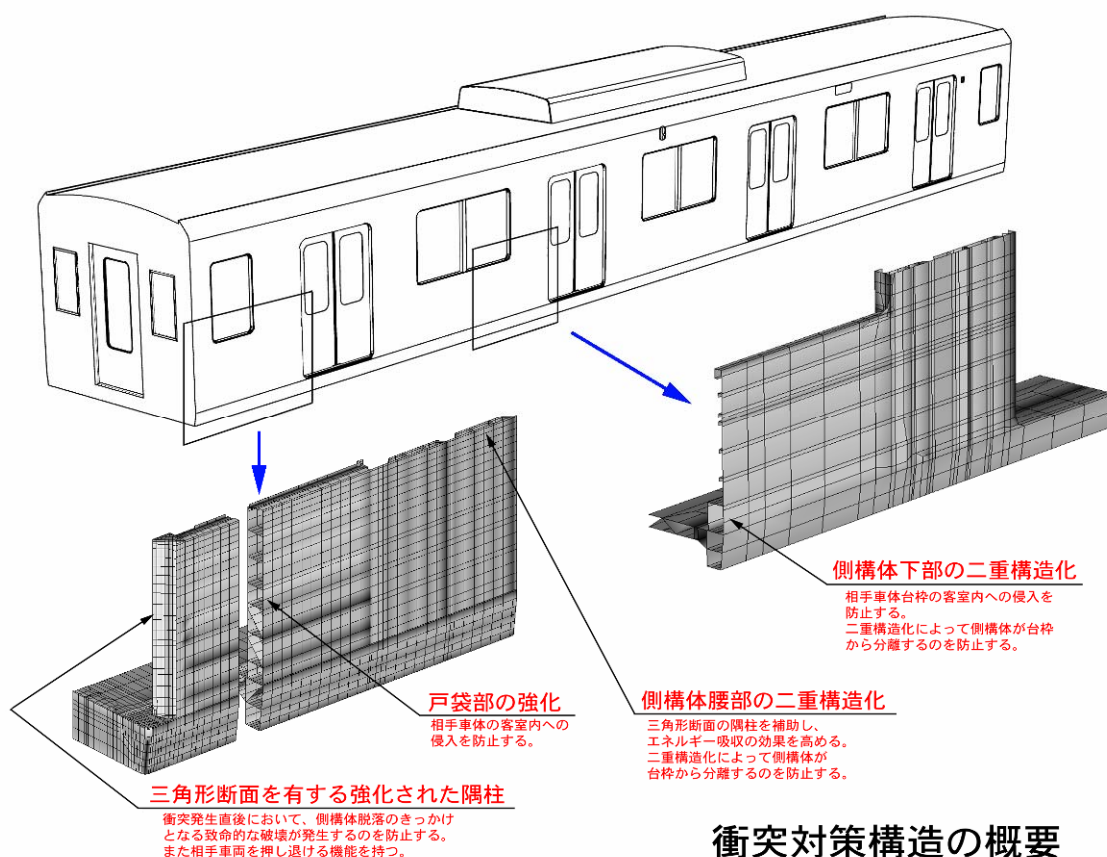
側出入口間の腰下部に中空形材を使用することにより、車両端部の側構体と同様に、側構体と台枠との接合部の強度を向上させた。

④車体側戸袋部の強化

戸袋部について中空形材を採用することにより、当該部位の強度を向上するとともに、車体幅方向に作用する力に対して強度を高めた。

⑤台枠側梁部の強化

側梁に採用しているアルミ押出し形材の形状変更を行い、側梁の剛性向上及びオフセット衝突時に相手車両の台枠への乗り上がりを可能な限り防止する構造とした。



【05系13次車及び10000系構体変更部位】2004年、2006年

①フルダブルスキン構体採用

08系構体検討時に行ったオフセット衝突に対する対策を踏襲し、更に安全性向上を図るため、フルダブルスキン構体での検討を行った。

シミュレーション解析を同じように行った結果、フルダブルスキン構体が、より安全性向

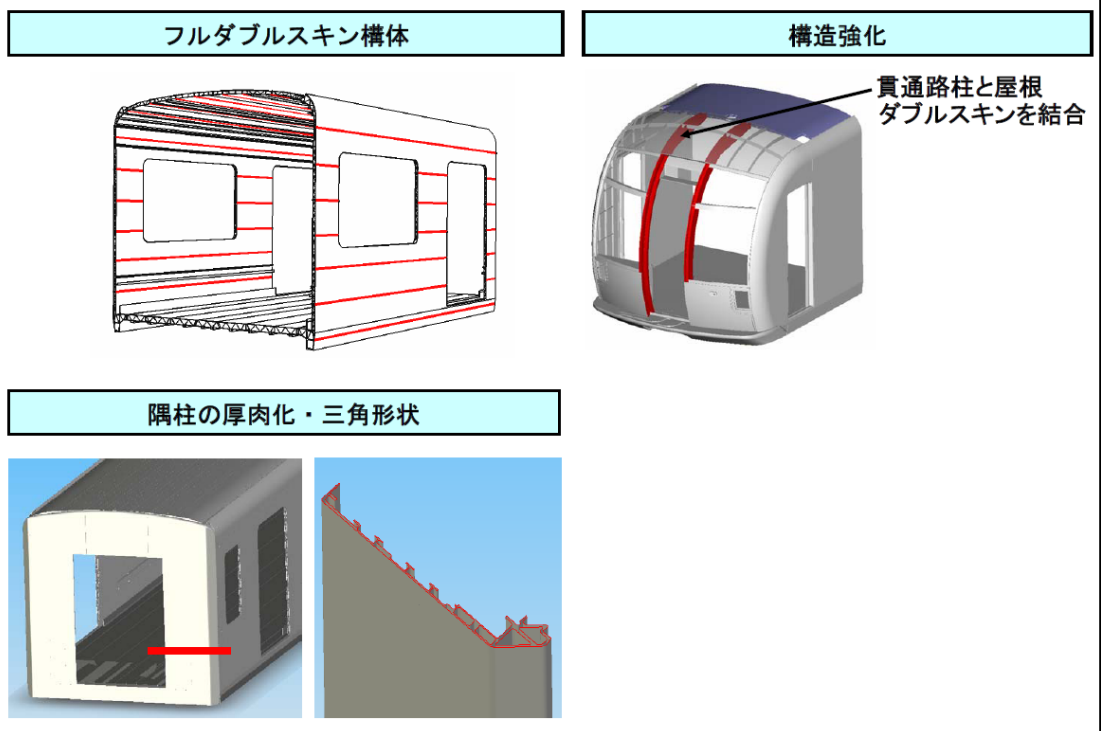
上が図られていることを確認した。

②先頭車両前面の強化

先頭車両の衝突安全性を向上させるため、貫通路柱を強化し、かつ天井構体（ダブルスキン）と強固に結合した。

③隅柱の強化

車体コーナー部の隅柱を厚肉化したアルミ中空型材とし、断面形状を三角形にすることにより、衝突の初期段階に発生する側構体への相手車体の台枠侵入のきっかけとなる致命的な破壊を防止し、相手車体の接触部の衝撃力緩和を図ると同時に相手車体を押し退ける構造とした。



形式別剛性比較（参考）

	有楽町線 10000系	東西線 05系 13次車	半蔵門線 08系	東西線 05系 1次車	有楽町線 06系	千代田線 6000系
製作年度	2006	2004	2002	1988	1992	1972
車体長(mm)	19500					
台車中心間(mm)	13800					
車体幅(mm)	2800		2780	2800		
側出入口数(片側)	4					
曲げ剛性(10 ¹⁴ N・mm ²)	13.34	12.90	9.64	6.86	7.85	7.65
ねじり剛性(10 ¹⁴ N・mm ² /rad)	3.81	3.52	2.56	1.93	2.31	
曲げ振動数(Hz)	13.92	14.15	13.40	10.80	11.15	11.80
ねじり振動数(Hz)	4.98	4.49	5.49	5.00	5.55	