

地震に対する架線金具の強度特性

網干 光雄, 常本 瑞樹 (鉄道総合技術研究所)

中村 登, 小林 武弘* (三和テッキ)

Strength Properties of Fittings for Earthquake

ABOSHI Mitsuo, TSUNEMOTO Mizuki (Railway Technical Research Institute)

NAKAMURA Noboru, KOBAYASHI Takehiro* (Sanwa Tekki)

The damage of fitting of overhead contact line is confirmed due to the earthquake in recent years. We infer the behavior of metal fittings at the earthquake from the damage situation of fittings. We examined on the condition of guessing, and confirmed strength of fittings being used. This report shows the test results.

キーワード: 破壊荷重, 曲線引金具, ハンガイヤー, ドロッパ

Keywords: Breaking Load, Pull-off arm, Hanger ear, Dropper

1. はじめに

ハンガイヤー・曲線引金具等の架線金具は、引張・圧縮・ねじり等の性能が規格で決まっているが、近年の中規模地震において架設した金具が破損する事例が生じている¹⁾。

そこで、各金具の破損状況を推測し、その状況において破壊試験を実施して、各金具の破壊荷重等を確認した。なお、今回の強度特性の確認については、新幹線用の架線金具を対象とした。

2. 金具の規格

架線金具の規格としては、JIS規格、旧国鉄規格（JRS規格）、各鉄道会社が定めた製品規格等がある。JIS規格は、主に在来線用の架線金具が対象となっており、ここでは、旧国鉄規格におけるハンガイヤー（新幹線用）と曲線引金具（新幹線用）の項目、規格値およびその根拠を、表1, 2に示す。規格値については、標準取付時に金具に掛かる荷重を考慮した値から算出しており、地震等の突発的に発生する荷重については、現状の規格においては想定していな

表1 ハンガイヤー（新幹線用）の旧国鉄規格

項目	規格値	根拠とされる考え方
耐引張	2.94kN	ハンガとイヤーの接続を圧縮式としたことにより、必要な荷重を考慮
耐ねじり	24.5N・m	必要な荷重と試験結果を考慮
耐すべり	1.0kN	トロリ線への固定方法を袋ねじとしたことにより、性能が安定したことと、経年劣化を考慮
ハンガ耐屈曲	16回	材料の性能
ハンガ耐引張	1.5kN	人が1~2人トロリ線に足を掛けることを考慮
振動回数	2×10 ⁶ 回	トロリ線の耐用年数までのパンタグラフ通過数

表2 曲線引金具（新幹線用）の旧国鉄規格

項目	規格値	根拠とされる考え方
耐引張	4.12kN	R=1000m、S=50m、張力14.7kN×1.1の構成時、A種風圧荷重と横張力の合成荷重の2倍
最大引張	8.23kN	耐引張の2倍
耐圧縮	2.45kN	耐引張荷重の構成時におけるA種風圧荷重の2倍
最大圧縮	4.90kN	耐圧縮の2倍
耐ねじり	49N・m	必要な荷重と試験結果を考慮
最大ねじり	98N・m	耐ねじりの2倍
耐すべり	1.47kN	トロリ線への固定方法を袋ねじとしたことにより、性能が安定したことと、経年劣化を考慮
振動回数	2×10 ⁶ 回	トロリ線の耐用年数までのパンタグラフ通過数

3. 試験方法と供試品

〈3・1〉ハンガイヤー・ドロップ

地震におけるハンガイヤーの破損は、ハンガグループ部が変形して、電車線から外れる状況であった。また、ドロップ線は、曲がりや折れ等の変形が生じていた。

地震時にトロリ線やちょう架線の上下振動によって破損・変形したと考えられることから、ハンガグループ部とイヤ間、ドロップ線の両端間に引張・圧縮荷重を加えて、各部に永久変形、破損等の異常が生じるまでの状況を確認する。

〈3・2〉曲線引金具

曲線引金具の破損は、引手アイ金具とパイプの継手部や、引手アイ金具の均圧金具取付用の穴箇所破損する状況であった。

地震時にトロリ線の上下振動がおこり、引手アイ金具がアーム支持金具のストッパやばねユニットのアイボルトで固定される場合や、トロリ線が流れた時の左右移動で曲線引金具が回転し、引手アイ金具がアーム支持金具に固定されるなどで曲げ荷重が加わり、引手アイ金具が破損したと考えられる。金具の破断面の状況から線路水平方向と鉛直下方向に引っ張ることで金具に曲げ荷重を加え、各部に永久変形、破損等の異常が生じる状況を確認する。

〈3・3〉試験品

試験に使用した金具を表 3 に示す。

ハンガイヤーは、コンパウンド架線に使用しているループ 60mm、全長 150mm と整備新幹線に使用しているループ 100mm、全長が 3 種類 (700mm, 800mm, 900mm) の合計 4 種類とした。ドロップは、全長を 3 種類 (600mm, 800mm, 1000mm) とした。曲線引金具の主アームは、コンパウンド架線用として引手アイ金具とパイプの接続方法が圧縮式とリベット式の 2 種類と、整備新幹線用として接続方法が圧縮式の 1 種類の合計 3 種類とし、補助アームは、圧縮式とリベット式の 2 種類とした。

表 3 試験品一覧

品名	仕様	試料数
ハンガイヤー	H形 GT170 L150	引張、圧縮 各3本
	H形 GT110 L700, 800, 900	
ドロップ	6φ L600, 800, 1000 丸-楕円	
曲線引金具 主アーム	圧縮式 コンパウンド架線用	横方向、下方向 各1本
	リベット式 コンパウンド架線用	
	圧縮式 整備新幹線用	
曲線引金具 補助アーム	圧縮式	
	リベット式	

4. 試験結果

〈4・1〉ハンガイヤー・ドロップ

それぞれの金具について、試験品の長ささと最大荷重の関係を図 1, 2 に示す。

引張試験については、試験品の長さの違いによる荷重の最大値にほとんど差は無く、ハンガイヤーについては、約 2.5kN の荷重でハンガグループ端部が保護カバーから外れた。また、ドロップについては、約 7kN の荷重でドロップ線のループ部根元が破断した。引張試験での破損、変形状況を図 3 に示す。

圧縮試験については、試験品の長さが長くなるほど荷重の最大値は小さくなっており、ハンガイヤーについては、0.2~1.2kN の荷重でハンガが座屈によって変形し、ドロップについては、0.2~0.6kN の荷重でドロップ線が座屈によって変形した。圧縮試験での破損、変形状況を図 4 に示す。

ハンガイヤーの引張試験とドロップの圧縮試験による試験品の破損状況は、地震によって破損した状況と同じであった。

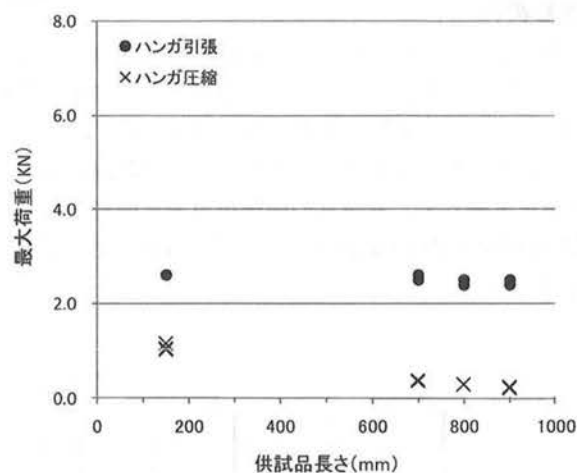


図 1 ハンガイヤー引張・圧縮試験結果

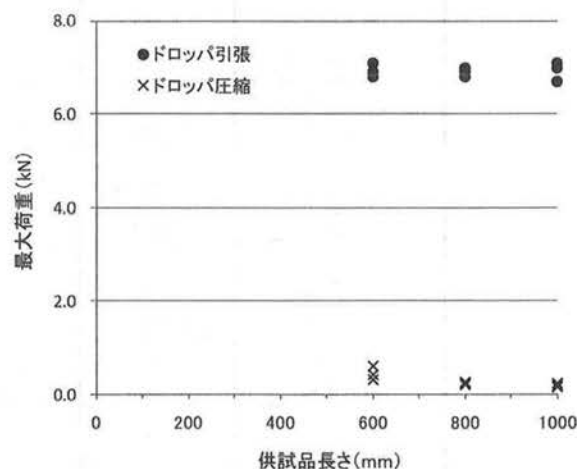
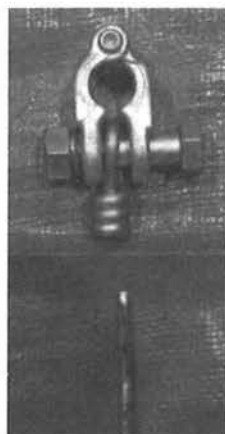


図 2 ドロップ引張・圧縮試験結果



ハンガイヤー



ドロツパ

図3 引張試験破損、変形状況



ハンガイヤー



ドロツパ

図4 圧縮試験破損、変形状況

〈4・2〉曲線引金具

金具の種類による横方向、下方向の最大荷重を図5に、圧縮式コンパウンド架線用の破損状況を図6に示す。

水平方向の引張試験については、圧縮式の主アームは約7kNの荷重で引手アイ金具のパイプ挿入部が、また、圧縮式の補助アームは約7kNの荷重で引手アイ金具ボルト挿入部が、それぞれ破断した。リベット式の主アームは約15kNの荷重でトロリ線の横滑りによってイヤーからトロリ線が外れ、リベット式の補助アームは約22kNまで荷重を上げたが、破断しない結果となった。

鉛直下方向の引張試験については、圧縮式の主アームは1～2kN、圧縮式の補助アームは約4kNの荷重で引手アイ金具のパイプ挿入部で破断した。リベット式の主アームは約9kNの荷重でばねユニットのアイボルトねじ部が破断し、リベット式の補助アームは約30kNまで荷重を上げたが破断しない結果となった。

圧縮式の引手アイ金具破損箇所は、地震によって破損した箇所と同じであった。

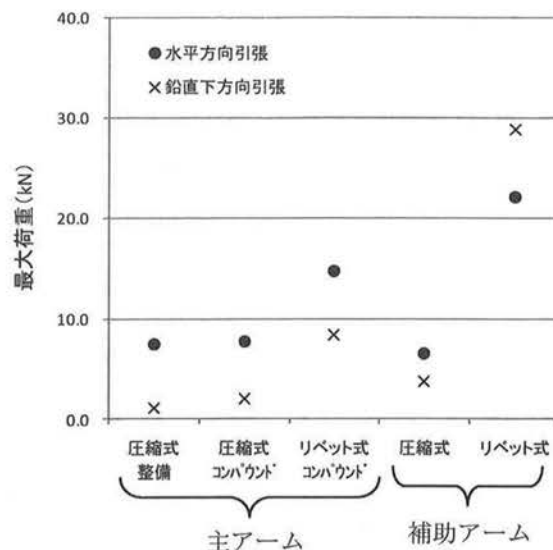
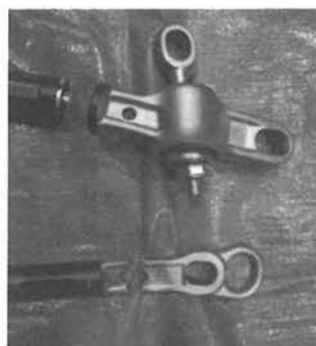
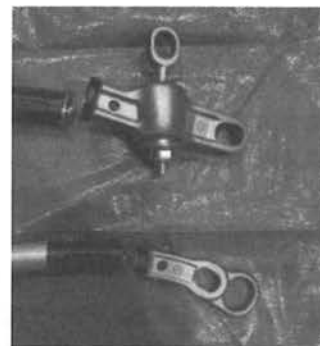


図5 曲線引金具引張試験結果



水平方向



鉛直下方向

図6 引張試験破損状況

(圧縮式 コンパウンド架線用

上：主アーム 下：補助アーム)

5. 考察

〈5・1〉ハンガイヤー・ドロツパ

引張試験について、ハンガイヤーのループ形状はループ長さが異なるだけで端部形状は同じであり、ドロツパも端部形状は同じであるため、全長が変わっても引張荷重の最大値は等しくなったと考える。

ドロツパの引張荷重 W を式(1)で計算した。

$$W = \sigma \times A \dots\dots\dots (1)$$

ここで、C1100BD-1/2Hの引張強さ σ ：245 (N/mm²)、ドロツパの断面積 A ： $\pi/64 \times d^4$ (mm⁴)、直径 d ：6 (mm)とすると、計算結果は6.9kNとなり、測定結果の最大値とほぼ同じ値になる。引張荷重を加えていくとドロツパが伸び、直径が細くなったループ部根元で破断したと考えられる。

圧縮試験について、全長が600mm以上のハンガイヤー、ドロツパについて、一端固定、他端回転とした場合の座屈荷重 W を式(2)で計算した。

$$W = \frac{2 \times \pi^2 \times E \times I}{\ell} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、C1100 の縦弾性係数 $E : 120000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ 、ドロップの断面 2 次モーメント $I : \pi/64 \times d^4 \text{ (mm}^4\text{)}$ 、直径 $d : 6 \text{ (mm)}$ 、全長 $\ell : 600 \sim 1000 \text{ (mm)}$ とする。

計算結果を表 4 に示す。計算値と測定結果の最大値はほぼ同じ値であり、座屈による変形であったと考えられる。

表 4 ハンガイヤー・ドロップ座屈荷重

金具種類	全長 (mm)	座屈荷重 計算値 (kN)	圧縮試験 最大荷重 (kN)
ハンガイヤー	700	0.37	0.31
	800	0.29	0.24
	900	0.23	0.19
ドロップ	600	0.45	0.42
	800	0.23	0.24
	1000	0.19	0.15

〈5・2〉曲線引金具

水平、鉛直下方向共に、リベット式のほうが圧縮式よりも最大荷重が大きく、約 2～7.5 倍の値となった。リベット式の補助アームについて、水平方向は引手アイ金具が変形し、鉛直下方向はストッパが無い場合、引手アイ金具が固定されずに回転してしまい、荷重の掛かり方が曲げではなく引張となったことにより、破断しない結果になったと考えられる。圧縮式について破損した箇所、リベット式について断面が一番小さい箇所の断面性能を表 5 に示す。トロリ線からの水平距離はほぼ同じであるが、リベット式は全体的に圧縮式と比べて断面係数が大きい場合、破壊荷重が大きくなったと考えられる。

6. まとめ

ハンガイヤー・曲線引金具等の架線金具について、近年の中規模地震において架設した金具が破損する事例が生じているため、金具の破損状況から荷重が掛かった状況を推測し、その状況にて破壊試験を実施して、各金具の性能を確認した。試験結果は以下の通りである。

- ①試験後の各試験品の破損状況・箇所は、地震における破損状況・箇所と同じであった。
- ②ハンガイヤー、ドロップの引張試験については、長さの違いによる荷重の最大値にほとんど差は無く、最大荷重はハンガイヤー約 2.5kN、ドロップ約 7kN であった。
- ③ハンガイヤー、ドロップ圧縮試験については、長さが長くなるほど荷重の最大値は小さくなり、最大荷重はハンガイヤー 0.2～1.2kN、ドロップ 0.2～0.6kN であった。
- ④曲線引金具の引張試験については、パイプと引手アイ金具の接続がリベット式の方が圧縮式より破壊荷重が大きくなり、2～7.5 倍の値であった。

中規模地震において破損した金具については、今回測定した荷重以上の荷重が金具に掛かったと推測される。金具に発生する荷重をシミュレーション等で求めることによって、地震時に破損しない金具を検討することが出来ると考えられる。各金具の強度を上げる方法としては、以下の対策が考えられる。

- ①ハンガイヤー、ドロップについては、破損部品の材質を変更するか、直径を大きくする。
- ②ハンガイヤーについては、ループの端部をイヤー等に固定することで閉ループ形状（両端固定構造）とする。
- ③曲線引金具については、引手アイ金具の材質を変更するか、破損、変形箇所の断面形状を大きくする。

今後は、上記の対策案について検討を行い、その効果について試験で確認していきたいと考える。

文 献

- 1) 原田智, 網干光雄, 清水政利 「最近の地震に対する電車線路設備の被害報告」, 電気学会研究会資料 TER-10-46, 2010 年 8 月

表 5 曲線引金具の断面性能

曲引種別	算出箇所	トロリ線から 算出箇所までの 水平距離 (mm)	断面積 (mm ²)	水平方向 断面係数 (mm ³)	垂直方向 断面係数 (mm ³)
主アーム 圧縮式 コンパウンド架線用	引手アイ金具 パイプ挿入部	939	249	554	554
主アーム リベット式 コンパウンド架線用	引手アイ金具 均圧金具取付部	928	326	841	2403
主アーム 圧縮式 整備新幹線用	引手アイ金具 パイプ挿入部	1036	249	554	554
補助アーム 圧縮式	引手アイ金具 パイプ挿入部	971	249	554	554
補助アーム リベット式	引手アイ金具 均圧金具取付部	930	286	707	2019