

架線とパンタグラフの相互作用に関する国際規格(IEC62486)案の審議状況

○藤田 徹夫 ((財) 鉄道総合技術研究所) 正 [機] 池田 充 正 [電] 吉原 茂 (株)日立製作所

Report of Technical Criteria for the Interaction between Pantograph and Overhead Line (IEC62486) Deliberations

Tetsuo Fujita, Mitsuru Ikeda (Railway Technical Research Institute)

Shigeru Yoshihara, HITACHI, Ltd.

In IEC (International Electrotechnical Commission)/TC9 (Electrical equipment and systems for railways), the EN standard (Europe standard) 50367 about the interaction of pantographs and overhead contact lines was proposed by FTP (Fast Track Procedure) as a draft International Standard in 2006. EN50367 stipulated standard related with the rolling stock and the interface of electrical equipment, for direct operation within EU, and it is completely different from the situation of current collection systems in Japan. Now, the international Project Team of IEC/TC9 is inaugurated and the final draft International Standard is under creation through an international conference etc. The contents of the draft standard are introduced also including the circumstances of deliberations.

Keywords: Overhead contact lines, Pantograph, Current collection system, IEC Standard, EN Standard, TC9, FTP

1. はじめに

2006年IEC(国際電気標準会議)/TC9(鉄道電気システム)において、パンタグラフと架線の相互作用に関するEN規格(欧州規格)50367が、FTP(迅速手続き)によって国際規格案として提案された。

EN50367規格は、規格タイトルの最後にカッコ書きで“(TO ACHIEVE FREE ACCESS)”¹⁾と記されており、EU(欧州共同体)圏内でのインターオペラビリティ(相互直通運転)を実現するために、車両と地上設備のインターフェイスに関して規定をしている。

近年EUでは地域規格であるEN規格を大量に作成し、それをそのままIECやISO等の国際規格に格上げする動きが活発であり、且つそれが戦略的に計画されている。このEN50367も本来はEU圏内で使用する目的ではあるものの、その必要性が認められ、国際規格のステージに上げられたものである。

IECでは迅速手続きというルールがあり、これは国家規格や地域規格をIECの原案として、規格開発の途中段階から審議スタートできる制度である。今回、EN50367はIEC62486の原案として、そのまま形を変えずに国際規格の審議にCDV(投票用委員会原案)として持ち込まれた。

そのため、このCDVの内容はENと同じ、つまり欧州仕様そのものであるため、日本における集電系の状況と全く異なっている。

日本国内では、このIEC提案に対応すべくIEC/TC9の国内審議団体である鉄道総研が事務局となり、架線とパンタグラフの相互作用国内作業部会(主査:吉原茂)を発足し、審議にあたった。現在は、IEC/TC9の国際プロジェクトチーム(PT62486)が発足し、国際会議等を通じて最終の国際規格案(FDIS)を作成中である。本稿ではIEC62486規格案の内容と審議状況を報告する。

2. 規格案(EN50367)の概要

2.1 規格案が対象とする路線

本規格案では、欧州における計画および将来の路線を対象としている。ただし、規格本文の後ろに附属するAnnexでは、欧州各国の既存路線の架線やパンタの特性

が数値や図で示されている。

本文では、Table 1において、直流と交流それぞれ速度区分による路線カテゴリーを定めている。

Table 1 Line categories

Line speed v [km/h]	$v \leq 160$	$160 < v \leq 220$	$220 < v < 250$	$v \geq 250$
Category for a.c. system	AC 1	AC 2	AC 3	AC 4
Line speed v [km/h]	$v \leq 160$	$160 < v \leq 220$	$220 < v \leq 250$	-
Category for d.c. system	DC 1	DC 2	DC 3	-

AC 1 conventional and connecting lines - a.c.

AC 2 and AC 3 upgraded lines around 200 km/h - a.c.

AC 4 high-speed lines - a.c.

DC 1 conventional and connecting lines - d.c.

DC 2 upgraded lines around 200 km/h - d.c.

DC 3 high-speed lines - d.c.

2.2 引用規格

本規格案では、IEC,ISO,ENのほか、EU指令やUIC leafletを引用している。本稿での詳細な説明は略す。

2.3 用語と定義

本規格案では、ニュートラルセクション(neutral section)を「電圧、位相又は周波数の異なる連続した電気セクションが集電装置の通過により互いに接続されるのを防ぐため両端に区分点を備える架線のセクション」と定義している。

また、アーク離線率NQとして次のように定義している。

$$NQ(\%) = \frac{t_{\text{arc}}}{t_{\text{total}}} \times 100$$

t_{arc} 5 msより長く続くアークの持続時間

t_{total} 公称電流の30%より大きい電流での測定時間

これら以外にも本規格として必要となる用語を定義している。

2.4 電車線の特性

本文にて、電車線の規定は EN50119（電車線路）によることとしているほか、トロリ線の高さの値を Table2 や Table3 のように路線カテゴリーごとに規定している。

Table 2 – Overhead contact line characteristics for a.c. systems

Category	AC 1	AC 2	AC 3	AC 4
Nominal contact wire height (m)	5,0 up to 5,75	5,0 up to 5,5		5,08 up to 5,3
Minimum contact wire height (m)	4,95	4,95		-
Maximum contact wire height (m)	6,2	6,0		-

Table 3 – Overhead contact line characteristics for d.c. systems

Category	DC 1	DC 2	DC 3
Nominal contact wire height (m)	5,0 up to 5,6	5,0 up to 5,5	5,0 up to 5,3
Minimum contact wire height (m)	4,9	4,9	4,9
Maximum contact wire height (m)	6,2	6,2	5,3

さらに、ニュートラルセクションの要求事項や、トロリ線の偏位・材質についても EN50119・EN50149（銅および銅合金トロリ線）を引用して、具体的に規定している。

2.5 パンタグラフの特性

パンタグラフについては、すり板の材質、形状、作用高さ、パンタグラフ自動降下装置やその動作に要する時間などを規定している。

さらに、パンタグラフの作用高さや交流システムでの複数パンタグラフ間の電氣的接続の禁止など、欧州仕様そのまま転用されている。

2.6 架線とパンタグラフの相互特性

欧州圏内における直通乗り入れを考慮して、次のような内容も数値や性能を規定している。

静的特性として、

- ・ 停車時の静的接触力
- ・ 停車時の最大電流 (Table 4)

動的特性として、

- ・ 列車走行時の舟体の可動範囲 (kinematics envelope)
- ・ 集電性能を考慮するための相互作用の評価

相互作用の評価方法としては、平均接触力 F_m と接触力の最大標準偏差 σ_{max} もしくは、アーク離線率 NQ 及び支持点でのトロリ線押上量によって受け入れ基準を満たすものとしている。また、これらは EN50317 に従い測定さ

れなければならないとなっている。Table 5 に相互作用の評価値を示す。なお、トロリ線押上量については、曲線引金具にストッパのある場合にはそのストロークの 2/3 まで、ストッパのない場合には全ストロークの 1/2 までが許容されている。

Figure 1, Figure 2 に交流、直流区間それぞれの平均接触力の目標値のグラフを示す。300km/h において約 160N（静押上力 70N+揚力 90N）が目標値として規定されているが、この値は新幹線の実情（静押上力 54N+揚力 30~60N）と比べるとかなり高い値である²⁾。

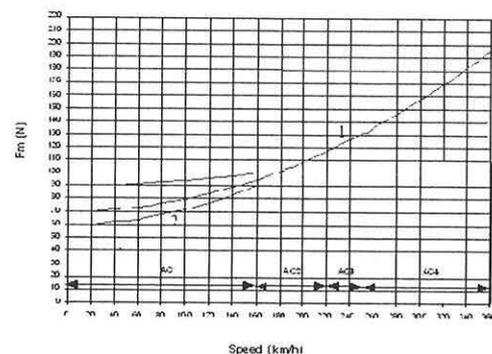
Table 4 – Maximum current at standstill

Category	AC 1 to AC 4	DC 1 to DC 3 1,5 kV	DC 1 to DC 3 3 kV
Maximum current at standstill per pantograph (A)	80	300	200

Table 5 – Values for interaction performance

Category	AC 1	AC 2	AC 3	AC 4	DC 1	DC 2	DC 3
F_m (N)	$970 \times 10^{-6} \times V^2 + 70$ [N]				$228 \times 10^{-5} \times V^2 + 90$ (d.c.1,5 kV)		
					$97 \times 10^{-5} \times V^2 + 110$ (d.c.3,0 kV)		
σ_{max} (N) at maximum speed	$0,3 F_m$				$0,3 F_m$		
NQ (%) at maximum speed	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2

Figure 1 – Target for mean contact force F_m for a.c. systems depending on running speed

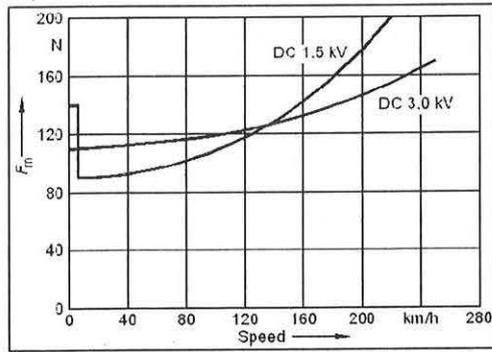


$$F_m = 970 \times 10^{-6} \times V^2 + 70 \text{ [N]}$$

Key

- 1 Target curve
- 2 Tolerance area depending of the static contact force

Figure 2 – Target for mean contact force for Fm for d.c. lines depending on the running speed



d.c. 3 kV $F_m = 97 \times 10^{-5} \times V^2 + 110$
 d.c. 1,5 kV. $F_m = 228 \times 10^{-5} \times V^2 + 90$

3. 国際プロジェクトチームでの規格審議概要

前章で説明した欧州仕様そのものの規格案に対して、IEC の投票では 24 カ国中、日本のみが反対し、そこに 73 項ものコメントを付した。その後、IEC 年次総会での日本の要求により国際プロジェクトチーム (PT) が発足し、規格を審議することとなった。PT リーダーはドイツの Behrends 氏である。PT 参加国は日、独の他に中、仏、伊の 5 カ国である。国際会議 (2008 年 2 月ベルリン) は 1 回しか開催されておらず、後はエキスパート間でメール等でのコメントや文書のやり取りで進められている。

現時点 (2009 年 10 月) での規格審議状況の一部を簡単に報告する。主に日本が主張して、リーダーから同意を得られている事項についてのみ記載する。

3.1 規格案が対象とする路線

計画および将来の路線を対象としていることについては、そのままとし、Annex にある各国の既存路線の架線やパンタの特性に日本の仕様を追加する。

日本では、新幹線鉄道とそれ以外を分類し、新幹線は『主たる区間を列車が 200km/h 以上の高速度で走行できる幹線鉄道』としているので、200km/h に境界を設ける。

3.2 引用規格

EU 指令や EN 規格が引用されているところを、対応する国際規格に変更する。対応する国際規格がなければそれを削除するか参考文献 (Bibliography) とする。ただし、EN50119 は対応する規格がないので、2008 年の IEC/TC9 年次総会の PT62486 活動報告でも結論が出ず、オープンアイテムとなっている。

日本の在来鉄道運転速度向上試験マニュアル・解説を Bibliography に追記する。

3.3 用語と定義

日本の離線率の測定方法に即した定義を新たに追記する。EN では離線によって生じるアーク光のうち紫外光領域の光を検出し、5ms 以上継続しているものを測定対象としている。一方、日本では光学式離線率測定、電流式離線率測定などケースに応じて種々の測定法を使い分けているうえ、しかも検出した全ての離線を離線率の評価対象としている。日本からは定義の変更を要求したが、欧州方式でのアーク離線率と日本が提案している可視光や電流波形により測定した離線率をどちらも NQ と表記するのは好ましくないのではということになり、日本方

式での光学式測定方法を AQ (percentage of all arcing)、パンタグラフ間を高圧母線で引き通した状態での集電電流を測定する電流式測定方法を CQ (percentage of contact loss) として新たに定義することとなった。

$$AQ(\%) = \frac{\sum t_{arc}}{t_{total}} \times 100$$

t_{arc} = is the duration of an arc measured with visible light of arcing

$$CQ(\%) = \frac{\sum t_{cl}}{t_{total}} \times 100$$

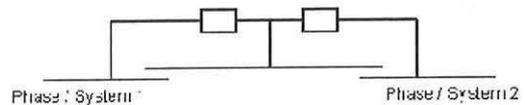
t_{cl} = is the duration of contact loss (e.g. Measurement with waveform of collected current of pantograph which is connected with other pantograph)

Annex での、セクションとパンタグラフの配列の両立性の記述で、異電源セクションは IEC62313 (電力供給設備と車両の協調) によることと追記する。ちなみに IEC62313 には、日本のデッドセクションおよび切替セクションが規定されている (Figure 3, Figure 4)。

Figure 3 – Insulator section



Figure 4 – Changeover section



3.4 電車線の特性

日本の実情を考慮し、公称トロリ線高さの範囲を全て 5,0m へとする。最低トロリ線高さは日本においてトンネル内など低減する条件があるので、記述自体を削除する (Table 6)。

Table 6 – Overhead contact line characteristics for a.c. and d.c. systems

Line Speed	$v \leq 200$	$200 < v < 250$	$v \geq 250$
Range of nominal contact wire height	5,0 up to 5,75	5,0 up to 5,5	5,00 up to 5,3
Maximum contact wire height a.c.	6,2	6,0	5,5
Maximum contact wire height d.c.	6,2	6,2	5,3

3.5 パンタグラフの特性

日本の設備を考慮し、交流区間のパンタグラフ間の電氣的接続の禁止は切替セクションがある場合を除くこととする。また、パンタグラフ自動降下装置の採用の可否は設備管理者側との間で決めてよいこととする。

3.6 架線とパンタグラフの相互特性

静的特性として、

- ・停車時の静的接触力は日本の特例を追記する。
- ・停車時の最大電流については、日本は補機電流に依るので、具体的数値は削除するか注記を設けよとの立場であった。

現在は「カーボン系すり板の場合には配慮が必要である。」と注意書きする形になっている。

動的特性として、

・集電性能を考慮するための相互作用の評価について
 アーク離線率の測定では、同じ光学式での測定であっても、アークの検出方法やその評価基準が欧州と日本で異なるため、NQ の他に日本方式の光学式測定方法 AQ、電流式測定方法 CQ による離線評価を併記する (Table 7)。

Table 7 – Values for interaction performance (arcs)

Requirement	for $v \leq 160 \text{ km/h}$	for $160 < v \leq 250 \text{ km/h}$	$v > 250 \text{ km/h}$
Percentage of arcing at maximum line speed, NQ (%) (minimum duration of arc 5ms)	≤ 0.1 for AC systems ≤ 0.1 for DC systems	≤ 0.1 for AC systems ≤ 0.2 for DC systems	≤ 0.2 for AC systems
AQ (%) (by detecting an arc with visible light)	5	5	5
CQ (%) (based on the waveform of collected current)	30	30	30

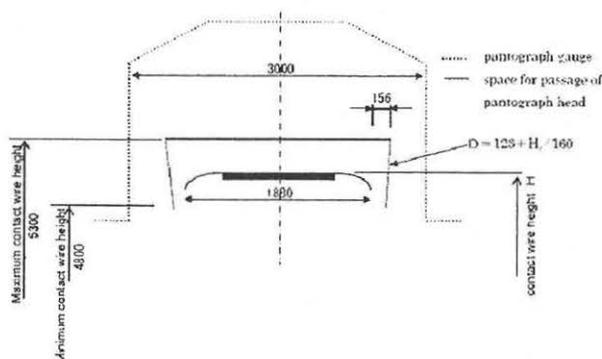
トロリ線に生じる応力について、日本は CDV 投票時から考慮せよとコメントしていた。EN ではその概念がなく³⁾、リーダーに一回却下されたが、「想定される回数のパンタグラフ通過に対してトロリ線の疲労断線が生じない値以下にすること」との注記を残すこととなった。

3.6 付属書 Annex について

本規格案には本文の他に Annex が A,B,C とあり、A,B が normative (規定) であり、C が informative (参考) となっている。基本的に欧州の内容しか記述されていないので、日本は A,B,C 全てを informative にせよと要求したが、却下されている。

Annex A は特別要求事項として、パンタグラフの配列とニュートラルセクションの関係、舟体の標準的な幾何学的形状、舟体の可動範囲 (kinematics envelope) の算出方法、直流システムでの停車時の電流によるトロリ線の温度上昇試験方法等も記載されている。kinematics envelope については、日本の舟体幅 1880mm に対するパンタグラフの可動範囲限界 (パン限界) を併記することとした (Figure5)。

Figure5 – Space for passage of pantograph heads and pantograph gauge
 (bw=1.88, l=1.435 high speed line $V \geq 200 \text{ km/h}$)



Annex B は国ごとの特例ということで、既存の欧州各

国の直流、交流の電車線特性、車両特性、架線パンタの相互作用の特性、パンタヘッドの形状などが表や図で記されている。それぞれについて日本の数値を併記することとなった。

Annex C はパンタグラフすり板の材料について、欧州各国で使用されている現状が表記されている。Annex C はあくまでも Informative であり、規定とはならない。

4. IEC62486 審議の特徴

欧州と日本では鉄道システムがそれぞれ独自に発展してきたために、国際規格での審議となると、各国の考え方が根本から異なっているため、議論に相当時間がかかる。まず初めに、日本の技術を説明しないと相手に理解してもらえず、枝葉末節のようなコメント審議には程遠い状態となる。このことは信号など他の分野においてもよく言われることであるであるが、本規格案の審議も例外ではない。

一つの例であるが、本規格案は欧州での車両の高圧母線引き通し設備がない集電システムを前提としているため、日本の新幹線のように平均接触力が EN の規定値より低くても母線引き通しによりアークが抑えられることや、電流による離線測定法があるという説明をする必要があった。

その他にも、日本が重要視するトロリ線のひずみなどへの理解にも欧州側にとっては壁があり、本来あるべき規格審議の姿になるには、相当の時間と努力がまだ必要な状態である。

また、本規格の特徴として、架線とパンタの境界領域を扱うことから、地上側と車両側設備の規定が幅広く関係してくる。しかし、そこには既に別の EN 規格が存在しているので、それ以上は本規格審議で言及できないところに難しさがある。

7. おわりに

以上、IEC62486 規格案の原案と現在の規格状態の概要を簡単に説明した。IEC に規格案が回覧されてから国内では 6 回の国内作業部会を開催し、意見をまとめて投票し、国際会議で折衝しつつようやく日本の意見がここまで通るようになってきた。しかし、日本の意見を反映した FDIS案が各国のエキスパートに一度回覧されて以来、活動が止まっている状態である (2009 年 10 月)。

IEC62486 はまだ IEC に格上げされていない他の EN 規格との関連が大きく、それらの EN 規格が国際規格提案されるかその準備が始まると、同時に活動が再開される可能性がある。今後、日本としてもそれらが国際規格に提案される前に他の関連 EN 規格や UIC leaflet の違いを早期にまとめ、対策を立てておく必要がある。

今までご協力いただいた架線とパンタグラフの相互作用国内作業部会委員各位に感謝申し上げるとともに、今後も関係各位にご支援を賜うようお願い申し上げます。

参考文献

- 1) “EN50367:2002 Railway applications – Current collection systems – Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead line (to achieve free access)”, CENELEC, (2002)
- 2) 池田 充：“欧州の集電性能評価指標と日本の集電系の現状”，電気学会 TER-09-22, 2009.5
- 3) 吉原 茂：“パンタグラフと架空電車線の相互作用に関する規格”JREA, Vol.52, No.2 pp60-62, (2009)