

フランスのトレイン・シェッドの歴史

金井 昭彦¹

¹正会員 ジェイアール東日本建築設計事務所（〒151-0053 東京都渋谷区代々木二丁目二番六号）
E-mail:kanai@jred.co.jp

ヨーロッパのホーム空間に多く見られる、ホームを覆う大屋根をトレイン・シェッドというが、19世紀のフランスの駅においては、特に、ポロンソートラスという鉄道技術者の考案した切妻型の架構が発展・普及していった。やがて、構造的な不安定さや施工の難しさからディオン式トラスへと変わっていくが、本稿では、フランスのトレイン・シェッドの鉄道黎明期からの歴史的経緯を、技術的・形態的観点から整理することを目的とし、当時の専門誌の中に見られたエンジニアの分析を含めて、イギリスやドイツで主流のアーチのトレイン・シェッドとの相違点を抽出し、フランスのトレイン・シェッドの特異性を明らかにした。

Key Words : トレイン・シェッド、ポロンソートラス、技術史、アーチと切妻

1. はじめに

フランスには現在でも19世紀建設の駅舎が多く残り、特にそのホーム空間の圧倒的な迫力は、蒸気機関車時代の面影を残していて、見るものを飽きさせない。しかし、鉄道黎明期からフランスのトレイン・シェッドがどのように誕生し、発展していったかは明らかにはされていない。本稿では、単独のトレイン・シェッドの材質、スパン、構造型式、形態等にも着目して、その発展経緯と特異性を明らかにする。

2. 鉄道黎明期のトレイン・シェッド

初期のトレイン・シェッドは、鉄道発祥国のイギリスを見習った切妻型で、構造は木造のものが多く、一部引張力が必要な部分に鉄のタイ材を用いるものもあった。ホームをいくつの屋根で覆うかは、様々であったが、1スパンで覆う例として、ルーアン・サン・セベール駅Ⅰ（1843）では、スパン25mの木造トラスで5つの束に多くの斜材を組み合わせたトレイン・シェッドで、頂部まで13.7mの高さを実現しているのに対し、オルレアン駅Ⅰ（1844）ではスパン28mのシェッドの中央部には、柱が建てられ、切妻中央の束に鉄が用いられている。

2スパンの初期の例としてはミュルーズ駅Ⅰ（1839）では、スパン11mで中央の束に斜材、傾斜した下弦材が鉄材で支持されているのに対し、パリ北駅Ⅰ（1847）では、木造の主構造は、切妻の垂木部分と、シェッド頂部

のキングポスト・トラス、切妻基部の方杖に、水平・垂直の鋳鉄の張弦材を組み合わせたハイブリッド構造で172mのスパンを実現している。このシェッドは、中央部の柱にも雨水を処理する鋳鉄管が用いられ、煤煙を排出する天窗も備えている。

3スパンで覆う例としては、教会内部と同様な三廊構成をとる木造シェッドの、ベルサイユ左岸駅（1840、総スパン30.3m）、パリ・オステルリッツ駅Ⅰ（1840m、総スパン26m）ルーアン右岸駅Ⅰ（1847、総スパン26.6m）や同スパンの鉄製張弦材を持つシェッドを3つ並べたル・アーブル駅Ⅰ（1847、総スパン36.6m）があげられる。この時期の総スパンは、構造、スパン割の違いはあるが、25～35m程度であった。

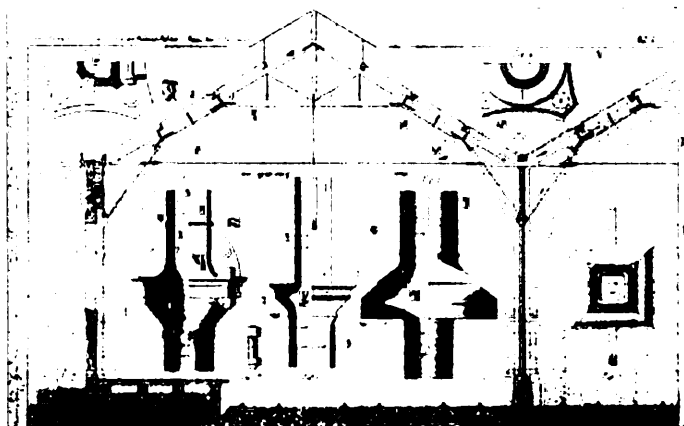


図-1 パリ北駅（1847）172@2=34.4m¹

3. ポロンソー・トラスの誕生

やがてフランスの鉄道技師カミーユ・ポロンソーによって新しい架構システムが考案される。1840年の建築雑誌に「耐久性と経済性、言い換えるならば、部材はなるべく少なく、接合部の収まりは可能な限り単純であるべき」²という考えの下に、下弦に束を持つ二つの張弦梁を、切妻の合掌として寄りかからせ、タイ材で繋いだ原理を紹介した。実際建設された屋根には、この原理に垂直部材が加えられた。圧縮力と引張力の絶妙なバランスによって安定を保っているこの構造のメリットは「経済性、軽快さ、耐久性、支持壁のスラスト削減、高い空間の確保、接合部材の単純さ、組立・解体の容易さ³」であり、実際、構造の安定性に決定的に重要な施工も、機械なしで4人の職人で30分で行われた。最初の施工例は、パリーベルサイユ左岸鉄道会社の84mのスパンのものであった。

3. ポロンソー・トラスの展開

ポロンソー・トラスはトレイン・シェッドにも用いられるようになり、初期においては切妻は木造であり、パリ・モンパルナス駅Ⅰ（1852、 $18@2=36\text{m}$ ）、パリ・リヨン駅Ⅰ（1853、 $22@2=44\text{m}$ ）は、それぞれ、前者は3つ、後者は1つの束を持っていた。やがて、合掌部分が鉄で作られるようになり、パリ・サン・ラザール駅では、全部材一体T型断面のリブ材で、束が3つ、40mスパンのポロンソー・トラスが1853年に実現した。しかし、リブ材は鋳造が困難なため、主流は合掌部分がラチスであるトラスとなり、リヨン・ペラーシュ駅（1856、35m）が最初の例となった。このタイプは、リヨン・ペラーシュ駅では、束が1つであったが、パリ・オステルリッツⅡ（1869）では、束が3つとなり53.5mのスパンを達成する。ポロンソー・トラスの最大スパンは、パリ・北駅Ⅱ（1865）の72mで、ボルト締め合掌リブの中央部はポロンソー・トラスで支えられているが、中央部は幾何学的装飾の施された鋳鉄柱で支持されて、頂部の高さは38.5mにもなる。

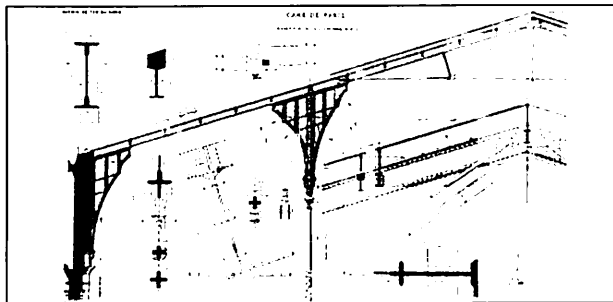


図2 パリ北駅Ⅱ（1865）72m⁴



図3 オステルリッツ駅Ⅱ（1869）53.5m

さらに、1890年代になると、それまでボルトで締められていた、細いタイ材や中央部の膨らんだ束材は、H鋼のリベット打ちとなり、ラチス・トラスの合掌部分とのペアでスパンの大きいポロンソー・トラスが多く建設されていった。1883年のパリ・サン・ラザール駅の増築部分は52.5mに達し、古い木造のトレイン・シェッドを撤去して、新設したパリ・リヨン駅Ⅱ（1900）は43.6mスパンが2列に並び、マルセイユ・サン・シャルル駅Ⅱ（1896）では52.5mとなったが、すべて切妻を3つの束が支持しているタイプとなっている。

4. ディオン式トラスの誕生

ポロンソー・トラス以外には、フランスのトレイン・シェッドに、エコール・セントラルのエンジニアであるドゥ・ディオンによって、ラチス・トラスで形態としてはアーチと切妻の中間の架構が1878年に考案される。この理由を考えるのには様々なエンジニアの分析を引用するのがよい。最初にポロンソー・トラスに関しての問題提起がなされたのは、1867年にパリ万博覧機械館が建設されたときで、楕円平面の同心円状の展示スペースには、外周部分のアーチを除いては、ポロンソー・トラスで覆われていた。エンジニアのヴォーティエは、複雑な部材が多いポロンソー・トラスはパース視点では見栄えが悪く、「互いに傾いて配置された部材は、架構が平行に並んでいる感覚を麻痺させ、全体として錯綜した雑多な集まりとなっていて、目で空しく追いかけても識別できない。⁵」と引張材が架構の内側に多く存在する視覚的な欠点を指摘している。ドゥ・ディオンは1878年のパリ万博機会館で、初めてこの方式を実現させるが、当初は35mスパンのポロンソー・トラスで計画されていた。エンジニアであるオッペルマンは1876年の新建設年鑑で、「鋳造部分が建設費を増大させるので1845年の古いしきたりを断ち切る良い機会だ。⁶」とさえ述べている。エ

ンジニアであるダリは「ヴォールトの一種でとても軽快でエレガントであり、建造物として目新しく、構造の安定性に関して偉業を成し遂げた。7」と賞賛している。

さらにドウ・ディオンはもう一つの同様のトラスを機械館アネックスで提案していて、この形式はラチスの下に支柱がなく、地面から直接立ち上がり、頂部のラチスの垂直部材が最小となっている。機械館の断面では合掌の接合部と壁との接合2箇所、合計3箇所が応力分布に合わせてラチス部材が大きくなっている。

ドウ・ディオンは、タイ材が架構内部を横切らない型式の研究を重ねていた。ボルトガルのドーロ川に掛かる橋梁の応力計算において、数学的に1変数が決定できないことが問題であったが、エンジニアにとっては図式解法によって近似値が得られれば十分であった。

ポンゼショセのエンジニアであるピカールも、数学的に不確定な部分があっても、単純な仮説と正確な施工に基づいた計算法は、その結果自体を絶対的な法則とみなせるという見解を示している。

機械館に用いられたこの型式は「遠近法的効果や壮大さによって耐久性のある構造であるという印象」を与えるだけでなく、「斬新さ、大胆さはこれ以上望むものはない。8」ほどであると賞賛されている。

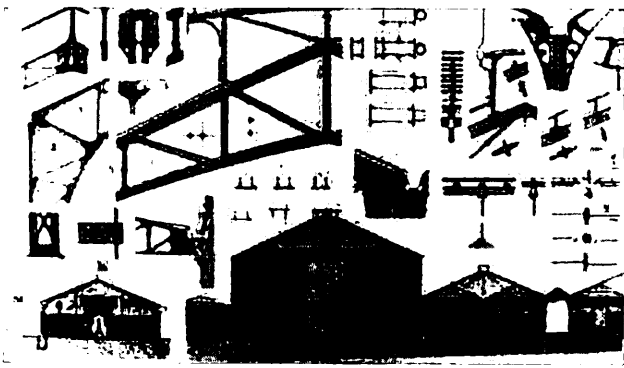


図4 パリ万博機械館のディオン式トラス (1878) 9

5. ポロンソー・トラスに対する批判

この時期の専門誌には、パリのシャトー・ドーをはじめとした崩落事故が多く発生したことが原因で、ポロンソー・トラスの安定性を疑問視する記述が多く見られる。「一つの部材が破断すると架構全体の崩壊につながる」欠点のあるポロンソー・システムが、高価で複雑な鋳造部材の製造・運搬が難しく、施工が遅れる原因となると非難している。

また1900年のオルセー駅のコンペにも参加したエンジニアであるルシアン・マーニュは、正確な分析をしていて、「スパンが短い場合は、経済的であり、応力もさほど大きくもなく、施工が確実に行われれば安全性にもんだいは生じないが、スパンが大きくなると、応力は増大

し、接合部材数も増えるので、事故を避けるためには、施工時の監視を怠ることはできない。支持材を減らしてスパンを大きくしても、鋳造部材の製造や施工の難しさによるコスト増を補うことができない。10」と結論付けている。

また、ピカールは、一連の機械館の構造的発展について、エンジニアは、鋳造部材や溶接箇所を減らし、構造を単純化することに尽力したと総括し、鋳鉄は純粋に装飾の部分にか限るべきであると考えていた。彼にとってディオン式トラスの偉業は、「構造体上部を占有し、不安定の象徴であったタイ材を取り除き、さらに、ラチス・トラス部材が増えているのにもかかわらず、経済的な解決法であったことだ。11」としている。

6. ディオン式トラスの展開

ディオン式トラスを用いたタイプには、垂直断面が大きくなっている箇所数によって3種類ある。ドウ・ディオンによって1878年に提案されたのは、機械館と同じ合掌接合部と壁との接合部の3箇所のタイプ、機械館アネックスの地面との接合部2箇所のタイプであるが、前者の例は、ルーベ駅 (1887、18.8m)、リール・フランドル駅 (1892、65.4m)、ル・アーブル駅II (1888、36.7m) であり、後者の例はトロワ駅III (1890、47.8m) があげられる。もう一つのタイプとして、下弦材のアーチのライズが低く、合掌部のみ垂直断面が高く、壁との接合部が低いタイプもあり、トゥール駅II (1900、31m@2=63m)、パール・ル・デュク駅 (1904、28m)、ラ・ロッシュェル駅 (1924、38m) があげられる。このタイプは、壁となる垂直部分のトラスがなく、線路平行方向へ一つおきに架構を繋ぐ、合掌基部のトラスの応力伝達の効果もあって柱の数が半分となっている。また、ディオン式トラスの接合はリベット締めH型钢となっているのは、ポロンソー・トラスの発展と同様である。



図5 トゥール駅II (1900) 31m@2=62m

7. アーチトラスの展開

フランスのトレイン・シェッドは切妻が主流ではあったが、アーチも建設されている。初期の例では、ポロンソー・トラスと組み合わせたポロンソー・アーチトラスがあり、パリ東駅（1849、30m）では、リジッド・アーチを支える束は2段の下弦材で繋がれ、細いタイ材が数多く、アーチ下を横切っているのに対し、ナンシー駅Ⅱ（1853、275m）ではシンプルなポロンソー・トラスとなっている。タイ材も用いない例としては、ニース駅（1864、255m）があげられ、壁面とアーチ基部の部分からレース状のトラス断面が頂部へ行くにしたがって細くなっていく。他のリジッド・アーチの例としては、タイ材がポロンソー・アーチではなくアーチ基部から水平に伸びるタイプがあり、ボルドー・サン・ジャン駅（1888、57.7m）やリヨン・ブロットー駅（1908、33.9m）があげられる。

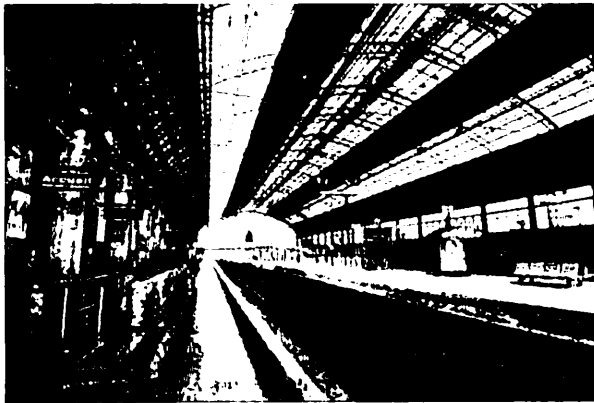


図6 ボルドー・サン・ジャン駅（1888、57.7m）

7. フランスのトレイン・シェッドの形態論 ～切妻とアーチ～

最後に、フランスのトレイン・シェッドの形態についてであるが、ポロンソー・トラスもディオン式トラスも切妻であり、アーチトラスにおいても、イギリスのセントパンクラス駅（1867、73m）のように地面から直接アーチが立ち上がることはなかった。この理由を考察するに当たって、エンジニアや建築家が専門誌に書いた記事が興味深く、アーチは「支持される部材と支持する部材の調和が取れていない¹²⁾」、セントパンクラス駅のような尖頭アーチは、「垂直部材がないので強い転倒感を引き起こすし、つぶれたような形態は、プロポーションが良い建築が持つ壮大さが無い¹³⁾」と批判している。また、ディオン式トラスがタイ材を撤去しただけでなく、垂直材があるからこそ、高さが確保でき、壮大な空間となると説明し、フランス人にとってはアミアンの大聖堂のような垂直性の強調された空間が理想であったことがうかがえる。

8. まとめ～フランスのトレイン・シェッド

フランスのトレイン・シェッドの発展は、木造キングポスト・トラスから始まるが、鉄道エンジニアの発明したポロンソー・トラスが、その経済性、軽快さ、施工の容易さから普及していく。構造は初期においては合掌部は木造、タイ材、束は鉄といったハイブリッド構造であったが、やがて、すべて鉄の構造となっていく。リブのリベット打ちであった合掌部分は、徐々に、リジッド・トラスに置き換わっていくが、ボルトでつながれていたタイ材も、19世紀後半には安定性の高いH鋼のリベット打ちに変わっていく。さらに、ポロンソー・トラスは、鋳造部材の製造の難しさや施工の遅れ、複雑な部材の施工の難しさが、徐々にエンジニアたちに認識されるようになり、崩落事故も多発したことから、安全性が疑問視され徐々に用いられなくなった。

これに変わったのが1878年のパリ万博機械館において初めて採用されたディオン式トラスで、ポロンソー・トラスの欠点である、構造体上部を占有していたタイ材の施工不良による不安定さを払拭し、経済的かつエレガントな外観をもっていて、駅舎においても採用が増えていった。

フランスにおいてトレイン・シェッドの形態は、ポロンソー・トラス、ディオン式トラス共に切妻であり、アーチを採用した屋根においても、地面から立ち上げる型式がなかったのは、壮大な空間の原型として教会の内部のような垂直性が強調された空間があり、それゆえに壁と屋根という古典的な建築の構成を重要視した可能性があったといえる。

参考文献

- ¹ 「パリの終着駅」東京ステーションギャラリー、1990、p85.
- ² Camille Polonceau, « Notice sur nouveau système de charpente en bois et fer », in *Revue Générale de l'Architecture et des Travaux Publics*, 1840, p. 27.
- ³ *Ibid*
- ⁴ B. Lemoine, *L'architecture du fer*, 1986, p74.
- ⁵ L. Vauthier, *R.G.A.*, 1868, p. 265.
- ⁶ Oppermann, *Nouvelles Annales de la Construction*, 1876, p. 174.
- ⁷ C.Daly, « Galerie des Machines », in *R.G.A.*, 1878, p. 138
- ⁸ Molinos et Seyrig, *Notice sur Henri de Dion*, 1879, p.36.
- ⁹ C.Daly, « Galerie des Machines », in *R.G.A.*, 1878,
- ¹⁰ Aet L. Magne, « Marché de la Châcelle », in *N.A.C.*, 1886, p. 39.
- ¹¹ Picard, « Considérations générales sur les ossatures métalliques à propos de l'exposition universelle de 1889, Extrait du rapport générale », in *Encyclopédie d'architecture*, 1890, p.161.
- ¹² L. Reynaud, « Gares de chemins de fer », chapitre X, in *Traité d'Architecture*, p. 563.
- ¹³ M. Piéron, « Considération générale sur les gares de voyageurs. Combles à grande portée », 1885, p. 9.