

ルイ・アレル・ドゥ・ラ・ノエによる鉄道高架橋群の設計に関する考察*

Railway Viaducts in Côtes-du-Nord by Louis Harel de la Noë

本田泰寛**、小林一郎***、星野裕司****

By Yasuhiro HONDA, Ichiro KOBAYASHI, Yuji HOSHINO

abstract

The objective of this paper is viaduct construction for the branch lines of in Côtes-du-Nord (France) built in the beginning of the 20th century. The structure of the viaducts designed by Louis Harel de la Noë is very unique. But it is generally thought that the origin of unique design is referred to the strong personality and architectural talent of Harel de la Noë. In our research, we regard Harel de la Noë as an engineer who worked for railway construction. This paper shows an analysis of structure of the viaducts design and elucidates the origin of the design concept of the viaduct design of Harel de la Noë.

1. 研究の背景と目的

著者らは現在、古構造学の創設¹⁾に向けた事例研究として、19世紀末から20世紀初頭にかけて主にブルターニュ地方の鉄道網整備に携わったエンジニア、ルイ・アレル・ドゥ・ラ・ノエ (Louis Harel de la Noë, 以下アレルと表記) (写真-1) に関する調査をおこなっている。アレルは、1877年からおよそ40年の職務期間中、常に地方都市の土木事業に携わった官僚エンジニアである。生まれ故郷であるコート・デュ・ノール県の鉄道整備では、他の地域には見られない独特な鉄道高架橋を数多く建設したが、これまではフランス土木史や橋梁史においてもその経歴が簡単に紹介される程度であった^{2),3)}。また、1937年から1956年にかけて相次いで路線が廃止された結果、当時建設された橋梁のほとんどが放置・撤去されているため、これまでほとんど忘れ去られた存在となっていた。

近年、地方で活動したエンジニアの再評価や土木遺産の保存・活用に対する意識の高まりによってアレルの経歴及び実績がレピンらによってまとめられたところである⁴⁾。そこでは石造アーチ橋や駅舎などのデザインに見られる建築家としての資質や、RCアーチ橋の先進的な導入などが評価されている。

コート・デュ・ノール県におけるアレルの実績において着目すべき点は、ある地域における新たな交通体系の整備

を一手に担当しつつ、橋梁設計もおこなっていた言う点である。しかし、既往の研究においては独創的な構造物の由来を設計者のやや特異な性格に求める傾向にある。

本研究では、アレルが鉄道網整備を実施したエンジニアとして捉え、そこに見られる橋梁設計上の特徴を明らかにする。本稿では、アレルが設計したコート・デュ・ノール県の鉄道高架橋群に見られる設計上のコンセプトを明らかにし、それが石造アーチからRCアーチに至るまで一貫したものであったことを指摘する。また、地域開発と鉄道高架橋群との関連性について考察を加え、今後の課題を述べる。



写真-1 ルイ・アレル
・ドゥ・ラ・ノエ

2. アレルの経歴

本章では、主に文献5) にもとづいて、アレルの職歴と主な仕事内容を概観する。

(1) 土木大学卒業まで

アレルは、1852年にフランス北西部、英仏海峡に面するコート・デュ・ノール県の中心地サン・ブリュに生まれた。中学校を卒業するまでをこの地で過ごした後、パリの高校に進学した。その後理工科学校を経て、1875年に土木大学を卒業した。この頃の土木大学卒業生は、多くの場合官僚エンジニアとしてフランス各地に点在する土木局

*keywords : 古構造学、ルイ・アレル・ドゥ・ラ・ノエ、
鉄道高架橋

**正会員 博(工) 〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39番1号

***正会員 工博 熊本大学大学院自然科学研究科教授

****正会員 博(工) 熊本大学大学院自然科学研究科准教授

の機関へと配属され、土木事業の計画や構造物の設計に携わった。アレルは、パリから 500km ほど南、中央山塊にあるアヴェイロン県への赴任を命じられた。

ここで、当時の土木局が全国で実施される土木事業を統括していた制度について簡単に触れておきたい。各県には、県全体の事業を統括するアンジェニア・アン・シェフ (ingénieur en chef) が 1 名配置された。各県はいくつかの地区に分割され、それぞれの地区には、アンジェニア・オルディネール (ingénieur ordinaire) が通常一人ずつ配置された。本稿では前者を「主任技師」、後者を「技師」と表記することとする。

土木大学卒業後にアレルが赴任したアヴェイロン県は、ロデス、ヴィルヌーヴ・ドゥ・ルエルグ、サンタフリック、エスバリオンの 4 地区に分かれており、アレルはエスバリオン区の技師として配属された。1893 年までを技師で、その後 1918 年に退職するまでは主任技師として各地の土木事業に携わった。

(2) 土木大学卒業から退職まで

表-1 アレルの略歴を示す。土木大学を卒業後の約 15 年間、アレルは技師として 6 つの地区を転任している。赴任期間は、ル・マン地区での 7 年間以外は 1 年ないし 2 年間である。仕事の内容は、橋梁の設計が主であった。

その後、1893 年に計画・設計を統括する主任技師としてル・マンに赴任する。この頃から、アレルの設計する橋梁にはエックス橋 (写真-2) やラ・フィレ橋 (写真-3) のように特徴的な橋梁が見られるようになる。

1901 年にサルト県の支線網が開通すると、アレルはコート・デュ・ノール県へと異動する。その背景には、サルト県での支線網整備の経験を頼りに、地元からの強い要請があった。その後、1901 年から 1918 年の退職まで生まれ故郷での支線網整備に携わり、鉄道高架橋をはじめとする数多くの構造物を設計した。

アレルの経歴からは、事業の最初からほぼ終わりまで、

全体を取り仕切れる立場として参加していたことを特徴的な点として指摘することができる。

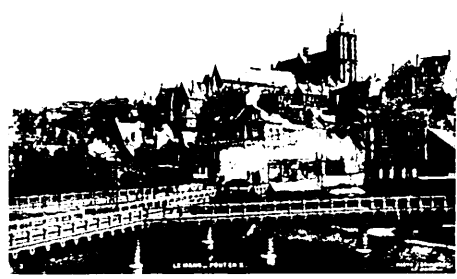


写真-2 エックス橋(絵葉書より)



写真-3 ラ・フィレ橋(撮影:本田)

3. コート・デュ・ノール県の鉄道網整備

(1) 鉄道網整備の背景

19 世紀末のフランスでは、6 大鉄道会社によって国内の主要都市および各地方の都市を網羅する幹線鉄道の整備が完了しつつあった。ブルターニュ地方では西部鉄道会社によってパリープレスト間が開通し、さらに主要都市を結ぶブルターニュ鉄道の建設が進められていた。

1878 年になると国土整備計画 (フレシネ・プラン) が策定される。これは全国の小都市を結ぶ鉄道網の完成および運河の再編を目的としたもので、1880 年から 1914 年の間に全国各地で総延長 90,000km の鉄道が建設された。各

表-1 アレル・ドゥ・ラ・ノエの経歴

年	職位	赴任地等	主な仕事
1852		サン・ブリューにて誕生	
1868		パリのサン・ルイ高校入学	
1870		高校を卒業、理工科学校に入学	
1872		理工科学校を卒業、土木大学に入学	
1874		土木大学卒業	
1875	ingénieur ordinaire	①エスバリオン(アヴェイロン県)に赴任	エスバリオン区及びロデス区の道路橋、鉄道橋の設計
1877		②ロデス(アヴェイロン県)へ異動	
1878		③カンペール(フィニステール県)へ異動	
1880		④ヌヴェール(ニエーヴル県)へ異動	
1884		⑤ル・マン(サルト県)へ異動	
1891		⑥プレスト(フィニステール県)へ異動	
1893	ingénieur en chef	⑦ル・マン(サルト県)へ異動	サルト県全体の第二期鉄道網の計画・設計・施工を監督 1901 年には全ての路線が供用開始
1901		⑧サン・ブリュー(コート・デュ・ノール県)へ異動	
1918		退職	
1931		ランデルノーにて没	

県の支線網整備は、その重要度に応じて第一期鉄道網 (1^{er} réseau) と第二期鉄道網 (2^{ème} réseau) に分けて実施された⁶⁾。県内では、1900 年から 1905 年にかけて第一期鉄道網 (10 路線、総延長 209km)、1912 年から 1926 年にかけて第二期鉄道網 (9 路線、総延長 452km) が整備された。

(2) 県内の状況

コート・デュ・ノール県の地形は起伏に富んでいるために交通の便が悪く、県内の都市は孤立しがちであった。さらに県内には目立った工業もなく、財政状況も芳しくなかった。それまで赴任していたサルト県が 1901 年には支線網の整備を完了していたことを考えると、地域開発という点では他県と比べて遅れをとっている状態であった。陸の孤島のようなこの地域にとって、鉄道整備は現状を切り抜ける切り札として大きく期待されていた。早急な鉄道網整備と財政上の問題、という両立困難な課題を抱える地域での支線網の整備が、アレルに一任された仕事であった。

(3) 支線網の高架橋群

主任技師として着任したアレルは、路線の決定から橋梁、駅舎や蒸気機関のための給水塔、擁壁など、鉄道網整備全般にかかわった。表-2 および表-3 に、第一期鉄道網および第二期鉄道網に建設された高架橋群を示す。

第一期鉄道網に建設された高架橋は 15 橋で、このうち 13 橋が石造アーチ橋、残る 2 橋は鉄や RC との混合構造である。第二期鉄道網には 7 橋の高架橋が建設されているが、これらは全て RC アーチ橋である。

高架橋の構造は、第一期鉄道網と第二期鉄道網のそれぞれにおいて、アーチスパンが統一されている。石造アーチのスパンは 6m である。また、RC アーチ橋ではスパン 12m を基本とし、架橋地の地形や地盤の状況によって部分的にスパン 24m～45m のアーチが用いられている例も見られる。ただしいずれのスパンにおいても RC アーチは共通の構造となっている (図-1⁷⁾)。橋脚の断面形状は、第一期鉄道網では H 型断面、第二期鉄道網では、橋脚高の高い場合には H 型断面、低い場合には長方形断面で構造が統一されている。

4. 高架橋群の構造

(1) カルアル高架橋

本橋 (写真-4) は橋長 102.50m、最大高さ 17.50m、有効幅員 4.22m の RC アーチ橋で、現在は歩道橋として利用されている。総径間数 6 径間のうち、スパン 45m のアーチとスパン 12m アーチを含む 3 径間は RC で、他の 3

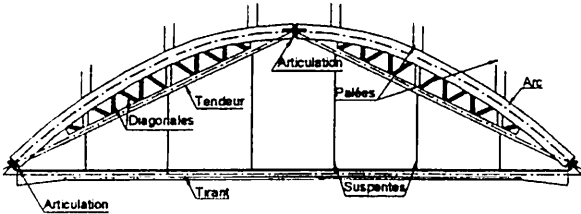


図-1 12m アーチ側面図

表-2 第一期鉄道網に建設された石造高架橋

橋梁名	橋長(m)	小アーチ数	最大橋脚高	路線
スーザン	259.0	23@9m,8@5m	32.0	サン・ブリュール - ブルーア
トス・モンターニュ	68.4	7@6m	13.5	サン・ブリュール - ブルーア
オルヴェ	60.6	6@6m	15.0	サン・ブリュール - ブルーア
グロニエ	94.4	6@6m	21.0	サン・ブリュール - ブルーア
コルヴェ	86.6	10@6m	16.7	サン・ブリュール - ブルーア
バルフォン・ドゥ・グエ	124.1	13@7m	34.0	サン・ブリュール - ブルーア
シアン・ノワール	94.4	11@6m	15.4	サン・ブリュール - ブルーア
ボーフィヤージュ	64.2	7@6m	10.8	サン・ブリュール - ブルーア
ブーリ	91.8	10@6m	16.5	サン・ブリュール - ブルーア
ボント	91.0	8@6m	13.4	サン・ブリュール - ブルーア
トゥーバン	172.9	7@15m(鉄),4@6m(石)	38.8	サン・ブリュール - モンコントゥール
グレヴ・デ・クルス	62.2	12m	-	サン・ブリュール - モンコントゥール
ドゥーヴナン	130.8	15@6m	22.8	サン・ブリュール - モンコントゥール
ヴォー・エルヴェ	58.2	7@6m	15.0	サン・ブリュール - モンコントゥール
ケルデオゼール	84.0	10@6m	18.0	トレギエール - ペロス・ギレック
ブランシャルドー	149.2	18@6m	10.0	ギャンガン - ブルーア

表-3 第二期鉄道網に建設された RC 高架橋

橋梁名	橋長	小アーチ数	中央径間	最大橋脚高	路線
ブレック	203 m	12@12m	-	32 m	ブルーア - バンホル
カドラン	204 m	9@12m	39 m	18 m	ギャンガン - サン・ニコラ
ケルロスケール	133 m	5@12m	26 m	14 m	ギャンガン - サン・ニコラ
ボン・ヌフ	237 m	8@12m	-	27.60 m	イフィニャック - マティニョン
ブレト	95 m	4@12m	-	12 m	イフィニャック - マティニョン
カルアル	109 m	2@12m	45 m	17 m	イフィニャック - マティニョン
ボール・ニュー	207 m	7@12m	26 m	29 m	イフィニャック - マティニョン

径間には石造の 6m アーチが用いられている。それぞれのアーチは、先に図-1 に示したような 3 ヒンジトラスアーチである。このアーチを 2 列に並置し、その上に RC 床版を設置することによって軌道を支えている。またアーチ部分は、プレハブの部材を現場で組み立てる工法が取られ、施工の簡易化による工期短縮が図られた。

本橋をはじめとする第二期鉄道網の高架橋が RC 構造となっており、海砂が用いられている。これは、架橋地の多くが海岸線であるため、石材よりも海砂を用いた方が資材運搬にかかるコストを抑えることができたためであろう。なお、他の地域の地方鉄道網ではすでに RC 橋が導入されているため、レビンらが指摘する RC 導入とアレルの創造性とは直接的な関連性があるとは言えない。本章では、これまで個別に捉えられてきた高架橋との比較を通して、他地域には見られない構造がどのような背景によるものであったかを明らかにしたい。



写真-4 カルアル高架橋(撮影:本田)

(2) トゥーバン高架橋

カルアル高架橋より早い時期に建設されたものの中で、最も近い構造を有するのはトゥーバン高架橋である(写真-5)。本橋は橋長 172.9m、最大橋脚高 38.8m、有効幅員 7.80m で、現在は 2 車線の道路橋に転用されている。鉄製アーチリブが 3 列に並置され、その上に RC 床版が載せられている。橋脚は 3 層から成っており、2 層目までは石積みで、3 層目は RC による骨組みが用いられている。

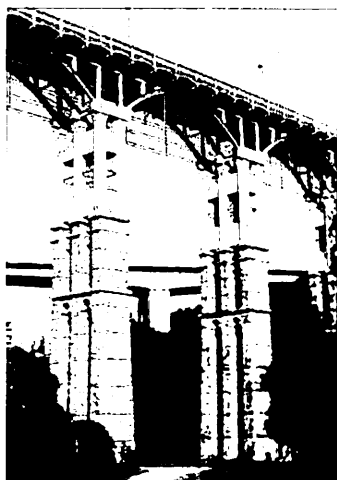


写真-5 トゥーバン高架橋(撮影:本田)

第一期鉄道網の高架橋群の中で、鉄アーチ橋が採用されているのは本橋のみで、他は全て石造アーチ橋である。資料焼失のためその理由を知ることができないが⁸⁾、以下のような点が推測できる。まず、自重を軽減する必要性である。本橋は橋脚高が 36m と高架橋群中最大であり、安定性を高めるために上部工の重量を抑える必要があったのであろう。橋脚の 3 層目が石造ではなく RC の骨組構造になっていることも同じ理由によるのであろう。もう一点は工期が 2 年以上と、他の高架橋と比べて長期間となっている点である。石積みから鉄部材へと変更することで、可能な限り工期を短縮しようとしたのではないだろうか。トゥーバン高架橋におけるこのような考え方と構造は、ほとんどそのまま第二期鉄道網の RC 橋にも適用されたものと考えられる。

(3) ドゥーヴナン高架橋

本橋は、橋長 130.80m、高さ 22.80m (最大部)、幅員 3.90m の石造アーチ橋で、現在歩道橋として利用されている(写真-6)。上部工は通常の石造アーチ橋に見られるようなアーチリングではなく、アーチリブとなっている。スパンドレルは、はらみ出しを防ぐために凹型になっている。

第一期鉄道網の高架橋について、アレルは計画段階で次のように説明している⁹⁾。「地形的な制約によって、ほとんど高架橋が半径 120m の曲線橋となったので、アーチスパンを小さくせざるを得」ず、「このような地域的事情によってアーチ数及び橋脚数が増加したため、独立したアーチを並置する構造にすることで施工性を高めた」。すなわち、小スパンのアーチリブを連続で配置する、という RC アーチ橋にも採用されている方法は、この段階で決まっていた。また、「橋脚高が 15m 以下の橋梁については最も安価な材料を用い、使用量も可能な限り抑える」としている。最も安価な材料とは、現場周辺に豊富にある石材であり、実際には橋脚高 30m 以上でも用いられている。またアレルは、導入が予定されていた重量 27t の機関車を、18t のものへと変更している¹⁰⁾。コート・デュ・ノール県における高架橋設計は、石造アーチ橋のマスをいかに削るか、という考えに立ったものであった。こうした点を考えると、



写真-6 ドゥーヴナン高架橋(撮影:本田)

第一期・第二期鉄道網敷設における高架橋のコンセプトは、石造アーチ橋の設計段階で確立されていたと考えられる。

(4) スーザン高架橋

上記のコンセプトを石造アーチ橋として最も明確に捉えることができるのがスーザン高架橋である(写真-7)。本橋は橋長 259m、最大橋脚高 32m、有効幅員 10.8m で、1905 年に第一期鉄道網に建設された複線の高架橋である。橋脚は 2 層に別れており、1 層目は石造で 2 層目はレンガ造である。上部工はスパン 9m の石造アーチリブが 4 列に並置されている。他の石造アーチ高架橋と異なり、スパンドレルは開腹となっている。鉄道廃止後、本橋は道路橋として利用されていたが、1966 年に撤去された。

本橋は石造アーチ橋ではあるが、スパンドレルを開腹としていることやアーチリブを並置している点などは、後に建設される第二期鉄道網の RC アーチ橋にも共通したものである。スーザン高架橋は、アレルが石造アーチ橋の設計において設定した「石造アーチ橋のマスをついに削るか」というコンセプトを突き詰めた結果実現したものであり、トゥーバン高架橋やカルアル高架橋は、そのヴァリエーションであったと考えられる。

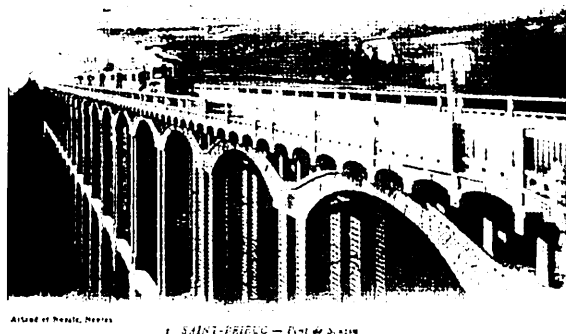


写真-6 スーザン高架橋

5. 今後の課題

アレルは、自身が手がける鉄道の役割は、50 年後には道路が取って代わると考えていたようで、この点についてマレーは「恒久性よりも一時性を好むエンジニアであった」と述べている¹¹⁾。支線網の顛末を見れば、こうした見方も確かに可能である。しかし、そのような思想のもとでアレルが主任技師として 20 年近い期間を費やしたとは考えにくい。例えば、使用する機関車の重量を予定より小さく設定したことや、既存道路の路肩を利用せず、道路とは独立した場所に鉄道を敷設している。これは、将来的な輸送手段を全て鉄道に委ねるのではなく、将来的に主体となるであろう自動車交通との役割を想定していたのではないだろうか。第一期・第二期鉄道網の高架橋群は、このような輸送手段の変化を想定しつつ、地域の実情に合わせた設計をおこなった結果として建設されたのではないかと

考えられる。今後、地域開発と高架橋群の構造の関連性について明らかにしたい。

(謝辞)

本研究の一部は、文部科学省科学研究費・基盤研究(C)(課題番号 19560539)の補助を受けたものです。記して謝意を表します。

参考文献

- 1 本田・小林ほか、古構造学の創生へ向けて、土木史研究論文集 vol.26, pp.1-8, 2007
- 2 コート・デュ・ノール県は 1990 年にコート・ダルモール県(Côtes d'Armor)へと改称されている。本研究で対象としている時期は改称以前に相当するため、本稿では「コート・デュ・ノール」で統一することとした。
- 3 A. Picon : *L'art d'ingénieur*, pp.223-225, Le Moniteur, 1997
- 4 B. Marrey : « Louis Harel de la Noë », *Les Ponts Modernes 20^e siècle*, pp.44-47, Picard, 1995
- 5 François Lépine : *LOUIS HAREL DE LA NOË (1852-1931) Un grand ingénieur breton*, Presse de l'école nationale des Ponts et Chaussées, 20
- 6 Laurant Goulhen, *L'album du petit Train des Côtes-du-Nord*, Association des Chemin de fer des Côtes-du-nord, 2005
- 7 L'association pour la Mémoire et la Notoriété de Louis Harel de la Noë : *Le Viaduc de Caroual et son environnement*, AMENO-HAREL, 2006
- 8 *Le Viaduc de Toupin*, L'association pour la mémoire et la Notoriété de Luis Harel de la Noë, p.8, 2004
- 9 *Les 13 Viaducs de type Grognet de Louis Harel de la Noë*, p.5, AMENO-HAREL, 2006
- 10 Cronu Alain, *Petits Train des Côtes du Nord*, p.31, Edition Cénomane, 1985
- 11 前掲 4)、p.46