

■このシリーズの2016年12月号までは協会誌をご覧ください。

木造橋梁の建設とその改築：その3 (ブルネルによるサウス・デヴォン鉄道とウェスト・コーンウォール鉄道の木造橋梁)

国士館大学 名誉教授

岡田 勝也
OKADA Katsuya

1. まえがき

鉄道初期の木造橋梁の建設とその改築シリーズ⁶⁸～⁷⁴の“その3”⁷⁰は、ブルネルが木造橋梁を系統的に多用したサウス・デヴォン鉄道とウェスト・コーンウォール鉄道の木造橋梁について紹介したい。

ルイス (Brian Leis) はブルネルの木造橋梁を分類しているが、その概念図を示すと図-1 のようである。

なお、このシリーズに関連する都市と構造物のイギリスにおける位置概念図はシリーズ⁶⁸の図-1 に示したが、特に、図-2 には、これから述べるデヴォンシャーとコーンウォールを中心としたブルネルの木造橋梁の位置図を示した。

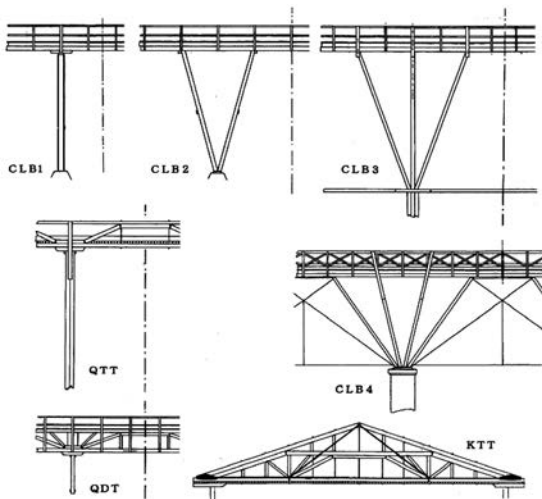


図-1 ルイスによる木造橋梁のタイプの概念図

2. サウス・デヴォン鉄道 (South Devon Railway)

(1) サウス・デヴォン鉄道の建設

サウス・デヴォン鉄道は1844年に認可を受けた軌間2,140mm (7ft0.25in) の広軌鉄道であり、ブリストル・アンド・エクセター鉄道 (Bristol & Exeter Railway) のエ

クセター・セント・デーヴィッツ (Exeter St. Davids) からプリマス (Plymouth) とトーキィ (Torquay) に至るものである。

1846年5月にはエクセターからティーンマス (Teignmouth)、同年12月にはニュートン・アボッツ (Newton Abbot) へ、1847年6月にはトットニス (Totnes) へ、そして、1848年に5月にはプリマスのレイラ (Laira) の仮駅へ、最終的には1849年4月にプリマスへ到達した。また、ニュートン・アボッツからトーキィ (後にトー (Torre) と駅名を変更) への支線は1848年に開業した。

1859年5月、後述のコーンウォール鉄道の開業に伴って、プリマス駅は共同駅となり、さらに1859年6月にはサウス・デヴォン・アンド・タヴィストック鉄道 (South Devon & Tavistock Railway) もこの駅に乗り入れた。

1876年2月、この鉄道はグレート・ウェスターン鉄道と合併し、その直後にはロンドン・アンド・サウス・ウェスターン鉄道 (London & South Western Railway) がプリマスに到達し、ノース・ロード (North Road) に共同駅を開業した。

この鉄道は、当時の蒸気機関車が登坂できる勾配よりも急勾配を、しかも急曲線でも走行が可能で、さらに建設費が安価な真空鉄道として、ブルネルによって設計された。1847年9月に真空鉄道列車が走り始めたが、1848年9月にシステム不良により運転を休止したあと、復活することはなかった。

(2) サウス・デヴォン鉄道の木造橋梁の建設

a) 木造橋梁の建設の概要

この鉄道の木造橋梁は2つのグループに分割できる。第一グループは、スタークロス (Starcross) とドーリッシュ (Dawlish) にある2つの背の低い高架橋、ランガトン (Wrangaton) 近くの幹線道路を横断する斜角橋梁を含む河川や運河などを横断する多くの橋梁である。



図-2 ブルネルが関係した高架橋と橋梁の位置図

としては真空鉄道の軽量機関車重量しか考慮していなかったため、蒸気機関車牽引の重量に合うように木製梁によって強化され、1861年には木造上部工は錬鉄桁に置き換えられた²¹⁾。

b) アイヴィブリッジ (Ivybridge) 高架橋

第二グループに属するアイヴィブリッジ高架橋の位置を図-2に示した。この橋梁は、スパン18.6m(61ft)11連からなる全長230m(252yd)の曲線橋梁で、その高さは33m(108ft)である。

図-3は、当時の水彩画¹⁶⁾をもとに、この橋梁の構造が明瞭になるように、スケッチしたものである。これから判るように、軌道より上部はクラス2: QTTの構造であるが、軌道より下にはトラス形状を有する複合構造となっており、全体ではクラス7: MISに分類される。前後の橋脚間のトラスの支点はロッドで結ばれている。

単線木造高架橋であるアイヴィブリッジは、1893年に南側に建設された複線アーチ高架橋によって置き換えられた¹⁶⁾²¹⁾(写真-1)。この当時の陸地測量部地図³⁹⁾⁴⁰⁾によれば、複線石造アーチ橋の北側には木造単線橋梁の橋脚の跡が10橋脚認められる。新しい高架橋の東端側には旧高架橋の橋台からさらに西側に盛土が延長された結果、新高架橋は一径間分だけ橋長が短くなり¹⁶⁾、209.9m(229yd)となった⁴¹⁾。高架橋の西端は、アイヴィブリッジ駅であったが、現在の駅はこの橋梁より東側遠くに移設されている。

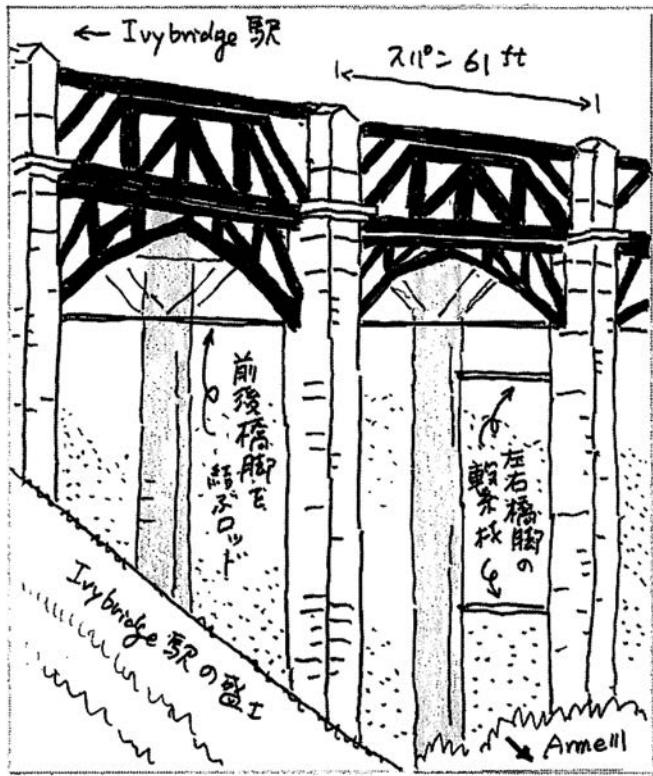


図-3 アイヴィブリッジ(当時の水彩画の一部をスケッチ)

第二グループは谷を横断する背の高い5つの高架橋である¹⁶⁾。このグループは、石造橋脚の上に木造構造の上部工を建設する構造で、約5.5m(18ft)の間隔で錬鉄製のタイによって橋脚は相互に連結された。活荷重



写真-1 アイヴィブリッジ高架橋。手前は現在線の石造アーチ橋。向こうに木造橋梁を支持した石造橋脚が見える。

3. ウェスト・コーンウォール鉄道 (West Cornwall Railway)

(1) ウェスト・コーンウォール鉄道の建設

ウェスト・コーンウォール鉄道はトロアロウ (Truro) からペンザンス (Penzance) までの延長40.6km (25.25mi) の鉄道である。この鉄道は、ヘイル (Hayle) とレッドルース (Redruth) を結ぶ既設のヘイル鉄道 (Hayle railway) を継承するために1846年に設立されたもので、元々は標準軌で建設された。先のヘイル鉄道はヘイルからプール (Pool) まで1837年に貨物輸送を開始し、翌年にはレッドルースまで延伸し、旅客輸送を1843年に始めた。

ウェスト・コーンウォール鉄道になってからは、1852年5月にトロアロウからレッドルースまでの間を、同年8月レッドルースからペンザンスまでの間を完成させ、トロアロウ・ロード (Truro Road) からペンザンスまでの幹線を開業させた。その後、1855年にはトロアロウ・ロードからニューアム (Truro Newham) まで延伸したが、後述のコーンウォール鉄道が1859年プリマスからトロアロウまで開業したのを機に、トロアロウ (カーブドラス) (Truro (Carvedras)) 共同駅を開業させた。それに伴って、トロアロウ・ロードとニューアムの両駅はそれぞれ1855年と1863年に廃止された。

1865年、この鉄道はグレート・ウェスタン鉄道、ブリストル・アンド・エクセター鉄道とサウス・デヴォン鉄道に賃貸された、翌年には広軌が併設され、三線軌道となった。

(2) ウェスト・コーンウォール鉄道の木造橋梁の建設

a) 木造橋梁の建設の概要

ウェスト・コーンウォール鉄道の沿線の地形は平坦なところは少なかった。そのために、高架橋を建設せねばならなかったが、ブルネルは建設費を削減するために木造橋梁を多数建設した。主要な木造橋梁は9橋を数える。そのうち、クラス2: QTT形式の1橋を除いてはクラス1: CLBタイプである。

b) ペンボンズ (Penponds) 高架橋

1852年に完成したペンボンズ高架橋は、元々のヘイル鉄道がインクラインを用いて谷を横断していた盛土の上に建設された。全長は225m (739ft) で、最大高さは14m (45ft) である⁴²⁾。橋脚の間隔は6.4m (21ft) 間隔で、1橋脚につき2本柱で、互いにブレースが設置されていたが、列車の増加に伴って1861年に真中に柱が1本追加された。木材はアメリカ・ストローマツ (American white pine) が使用された²¹⁾。外側の柱の傾きは1/20で中心のそれは鉛直である。その直後には、ペンザンス方の盛土が約18m (60ft) だけ延長されたの

で、高架橋の延長は211m (693ft) に減少した⁴²⁾。1873年当時の陸地測量部地図⁴³⁾から当時の高架橋付近を抽出して描いたのが図-4の上図であるが、ヘイル鉄道時代に建設された盛土の様子が良くわかる。なお、図の右下に斜めに走る盛土はヘイル鉄道が大きく南にカーブして走るルートである。

1898年当時の写真⁴²⁾によれば、木造橋梁の建つヘイル鉄道の盛土の法尻付近に、ペンザンス方には新線のアーチの骨組みが、谷の中心部では石造橋脚が建設中であり、また盛土法肩には狭軌の工専用線路が見られる。1900年、木造高架橋は5径間の石造アーチ橋に置き換えられた。この橋梁の橋台前後の高い盛土の様子は図-4の下図の1974年の陸地測量部地図⁴⁴⁾に明瞭に描かれている。

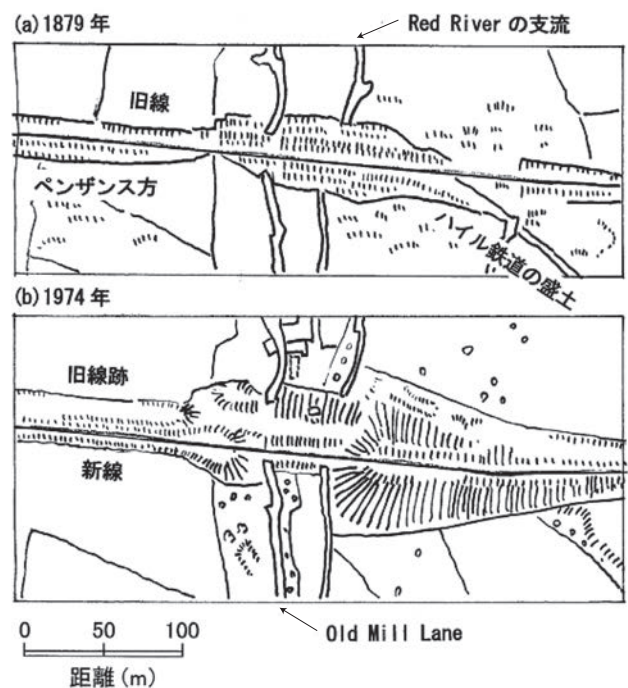


図-4 ペンボンズ高架橋の地形図(1873年と1974年をもとに作成)

c) ヘイル (Hayle) 高架橋

ウェスト・コーンウォール鉄道は、ヘイルの町の北側を背が低くて延長の長いヘイル高架橋で横断することになった。1850年に完成した延長253m (277yd) の高架橋の形式はクラス1: CLBである。

この高架橋はスパン約6.1m (20ft) 36連と12.2m (40ft) 2連で構成される。橋脚は木造の2本柱が基本とされたが、ペンザンス方ではハービー (Harbey) 鋳物工場の火災の影響を考慮して厚さ60cm (2ft) の石造橋脚が建設された。

1864/65年には木製橋脚の台座の補強などが行われた。さらに標準軌の複線化のために橋梁幅を拡幅する必要が生じた。ペンザンス方の6基の既存石造橋脚は

下り側に2.1m拡幅された。下り側の拡幅に伴って、7本の鋳鉄柱が従来のスパンの2倍の間隔で、重たい錬鉄桁を支持するために立てられた。これらの柱は、石造台座(1.4m(4ft6in)平方)の上に乗る花崗岩支承(1.1m(3ft6in)平方、厚さ6.1m(2ft))によって支持された。

南側道路交差に近接した2本柱の木造橋脚は、拡幅石造橋脚に変わった。北側道路交差の橋台も拡幅され、一方トロアロウ方の橋脚も同様に拡幅された。

このようにして木造の上部工は徐々に錬鉄桁に置き換わり、橋梁は1899年から複線化された(写真-2)。

その後、ペンザンス方にあった元々の橋脚はレンガで補強され、鋳鉄柱はレンガ橋脚に埋設された⁴²⁾。

d) ペンザンス(Penzance) 高架橋

ペンザンス駅(写真-3)に入る少しの間、列車はマウント湾(Mounts Bay)の海岸線を走る。ウェスト・コーンウォール鉄道は、ここに延長317m(347yd)のペンザンス高架橋を建設した。レール・レベルでの幅3.8m、最大高さ3.6m(12ft)の背の低い、スパン5.8m(19ft)の51連木造高架橋である。構造形式はクラス1:CLBである。

開業後間もない1852年12月の嵐によって、ペンザンス方の55m(60yd)間の木造高架橋が流出した。1868年の年末には半分以上の構造物が破壊され、厚さ0.6~0.9m(2~3ft)の砂で覆われた。そこで、軌道を陸側に一旦振って、旧高架橋の跡に、1871年10月に新しい木造高架橋を建設した。

木造高架橋の床は、他の高架橋と同様に、密閉構造であったので、水圧をまともに受けることになっていた。それで床組構造の変更が行われた。18cm(8in)角の床材間に9cm(4in)の空隙を空けることなどの改良が行われた。さらに、2本柱の木造橋脚のうち、橋脚高さが比較的高いペンザンス方の9基は花崗岩の橋脚に置き換えられた。その後も木造高架橋は様々な補強策が追加され、1921年の写真⁴²⁾に示されるように、木造橋脚の2本柱は斜材で×型に補強された。



写真-2 ヘイル高架橋。北側にある船溜まりから見る。右がペンザンス方。



写真-3 イギリス最西端の終着駅ペンザンス駅は開業当時とほとんど変わっていない。



写真-4 ペンザンス木造高架橋は、防潮堤を兼ねた盛土に変更された。向こうはペンザンス駅。

1920年代初め、この単線木造高架橋は、新しい蒸気機関車の重量には耐えられないとの結論に達し、木造高架橋を花崗岩ブロック被覆の盛土に変更し、複線軌道を敷設することにした。海岸側ではレール・レベルより0.9m(3ft)高いパラベットを防潮堤として施工した。この工事は1921年に完成した(写真-4)。ここに使用された花崗岩のブロックは、アンガラック(Angarack)高架橋をはじめとするウェスト・コーンウォール鉄道の木製橋梁の破棄された石造橋脚の石材を転用したものである。

4. あとがき

“鉄道初期に建設された木造橋梁とその改築”シリーズの第3回として、ブルネルによって建設されたサウス・デヴォンシア鉄道とウェスト・コーンウォール鉄道の橋梁を取り上げた。今回は、これらの鉄道に続くコーンウォール鉄道の橋梁を紹介する。なお、本文中に引用した文献の詳細は紙面の都合上割愛し、下記の引用文献の文末に示した。

<引用文献>

岡田：初期の鉄道構造物の建設と地盤工学の芽生え：その16、木造橋梁の建設と地盤工学の芽生え、国土館大学理工学研究所報告、No.25, 2013.