

古構造学的視点から見たスガントイプ吊橋の由来

熊本大学工学部 学生会員 ○村上 梨沙
熊本大学大学院 正会員 本田 泰寛、小林 一郎

1. はじめに 著者らは現在、古構造学の確立に向けた研究をおこなっている¹⁾。本稿では1825年にマルク・スガンによって設計されたトゥルノン橋を事例として取り上げる。同橋の特筆すべき点は、ワイヤーケーブルおよび補剛桁の採用にある²⁾。これによって大幅な自重軽減と工期短縮を実現した。

スガントイプ吊橋には、①主塔の配置や②ケーブルの張り方などに独創的な試みが認められる。しかし、これらは現在では採用されていない。本稿では、1825年にマルク・スガンによって設計・施工されたトゥルノン橋を例に、スガントイプ吊橋の構造と地形との関係について、当時の視点で見直すことで、彼らの創造性が何であったのかを探る。

2. スガントイプ吊橋の特徴 スガントイプ吊橋は、産業革命(1820年代)以降、数多く施工されながらも、1850年にアンジェーで大規模な落橋事故が起きたことにより建設されなくなった。ここでは、ローヌ河に架橋された初期の8橋のスガントイプ吊橋の構造上の特徴について述べる。この8橋は、1831年に書かれたヴィカの論文³⁾に報告され、リヨン、アルル間に、5年という短期間に架けられた。表-1、図-1は8橋を上流から示したものである。

建設年	橋梁名	橋長	径間数	最大径間
1 1829	ヴィエンス橋	172m	2	86m
2 1828	サブロン橋	180m	2	90m
3 1827	アングダス橋	180m	2	90m
4 1825	トゥルノン橋	170m	2	85m
5 1830	ヴァランス橋	220m	2	110m
6 1830	サンタンデオル橋	255m	3	85m
7 1829	ボーケール橋	446m	4	127m
8 1830	フルク橋	140m	2	70m

表-1 スガントイプの吊橋 (ヴィカ論文³⁾より)



図-1 スガントイプの吊橋の位置



写真-1 主塔と側塔 (上:文献⁴⁾より転載 下:著者撮影)



写真-2 定着方法 (著者撮影)

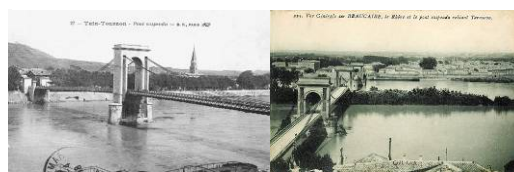


写真-3 2径間と多径間 (文献⁴⁾より転載)



写真-4 メインケーブルの形式 (著者撮影)

a)2径間 表-1にあげた8橋のうち6橋が2径間吊橋である。本稿では便宜上、橋脚上の塔を主塔、橋台上の塔を側塔とする。側塔の有無で2つに分類することができる (写真-1)。

b)定着方法 スガントイプ吊橋の最大の特徴は、ケーブルの定着方法である。ケーブルが各径間で独立し、塔頂で真下に折り曲げられ、塔背面に沿って橋脚部まで下げられて定着されている (写真-2)。これより、多径間吊橋も基本構造は同じである (写真-3)。

c)メインケーブルの形式 現在の一般的な吊橋は、二面吊で片側に一本のケーブルを用いている。一方、スガントイプ吊橋は、両側とも数本のケーブルを主塔に15~20cm間隔に並べている (写真-4)。

3. トウルノン橋の構造 本章では、トウルノン橋（図-2）を例に、古構造学的視点から構造上の特徴を考察する。

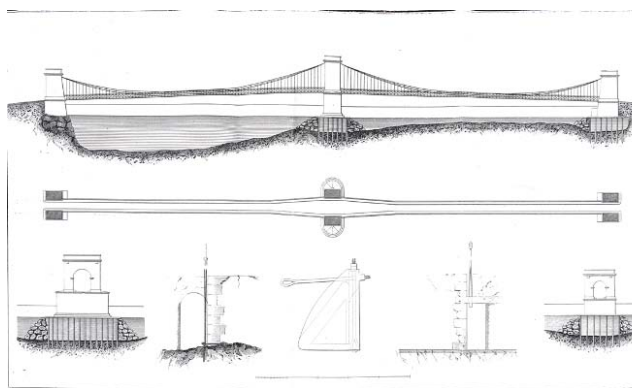


図-2 トウルノン橋の概要（文献 5）より引用）

a) 湾曲部での架橋 ローヌ河は、フランスの 4 大河川の中でも流れが速く、水位変化が大きい。このため、河川中での工事は、極力少なくすることが望ましかったと推測される。また、橋長が大きくなると、工期的にも、経済的にも不利となるため、川幅が狭く、湾曲した場所が架橋地点として選ばれた。

b) 2 径間吊橋 通常、吊橋の構造は 2 本の主塔を持つ 3 径間が一般的である。ではなぜ、トウルノン橋は 3 本の主塔を持つ 2 径間の構造となっているのだろうか。

まず、架橋地点に着目すると、架橋位置が湾曲部であるため、外側の河床は深くなっている（図-3）。単径間の場合、橋脚は不要となるが、側塔のみで橋の重量を支えなければならない。また、表-1 のうち最大スパンは 130m であり、170m の河川に単径間の橋をかけるのは技術的にも不可能であった。一方、3 径間の場合、河川中の橋脚は 2 本になり、そのうちの 1 本は、河床の深い位置に橋脚を建てなくてはならない。いずれにせよ、技術的にも、地形的にも困難であったと推測される。これらの理由から、2 径間の構造が採用されたと推測される。

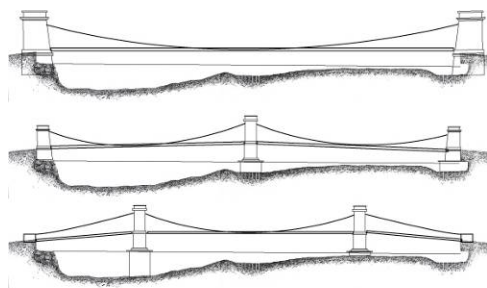


図-3 スパン割（文献 5）より加筆）

c) 定着方式 1820 年代、英米ではチェーンケーブルを用いた重量吊橋が主流であったが、フランスでは、チェーンの作製が技術的に困難であったため、ワイヤーケーブルが採用された。この新材料に対して、架設法も新しく考案された。架橋位置の隣に仮橋を作り、そこで 3mm の鉄線を束ねて 30m のケーブルを作製する。これらをチェーンのように繋ぎ 90m のメインケーブルとし、塔に吊っていく。この作業はほぼ人力で行われ、1 本のケーブルの長さや直径が制限されたため、メインケーブルが数本で構成され、各径間で独立した形式となった。

また、当時の橋梁技術者は、風や活荷重による吊橋の揺れを抑えることに腐心しており、補剛材を用いて桁の剛性を補う一方で、各径間が独立した形式のため、1 つの径間の揺れは、他の径間に影響を及ぼしにくい構造となっている。この定着法より、主塔の形状は、ケーブルの張力に耐えるため、丈夫な構造は必須であり、マッシブな門状の主塔が立てられた。

d) メインケーブルの形式 トウルノン橋のメインケーブルは、二面吊で両側とも 6 本ずつ架けられている。これら 6 本のケーブルをフェストゥーン式に張り、ハンガーを傾けて架けることで、水平方向の揺れに対応している。また、6 本のメインケーブルは橋の構造に冗長性を与える。このため、例えば 1 本のケーブルが切れたとしても、すぐに落橋することはない。

4. おわりに スガンタイプ吊橋の構造は、19 世紀初頭に①架橋地の地形、②ワイヤーケーブルの使用という条件でしか成立し得なかった。この橋は、まず地形条件に近いローヌ河へと広がった。表-1 で見た吊橋のほとんどが 2 径間であるのは、こうした理由によるものであろう。さらに、単径間で独立した構造を連続して配置することで、川幅の広い地点でも架橋が可能であったため、フランス各地の河川に建設されていた。つまり、トウルノン橋という固有解は、スガンタイプ吊橋という一般解となって普及していったといえることができる。

【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) 本田他、「橋梁史研究の一手法としての古構造学の確立に関する研究」、土木史研究論文集 Vol.26, pp.1-8, 2007. 2) 小林他、「世界初の本格吊橋トウルノン橋の上部工について」、土木史研究論文集 Vol.16, pp.89-104, 1996. 3) L. Vicat, Ponts Suspendus en Fil de Fer sur le Rhône, Annales des Ponts et Chaussées; pp.93-144, 1831. 4) <http://www.art-et-histoire.com/> 5) SEGUIN Ainé [Marcel], Des ponts en fils de fer, 1824. 2^e ed.