

西欧近代工学の成立と工学教育

Formation of the modern engineering science

地域開発学研究所 会員 島崎 武雄 Takeo Simazaki

1. フランスにおける西欧近代工学の成立

17～18世紀のフランスにおいて、数学を基礎とした力学・水工学の体系化が進んだ。次に、それらの主たる成果を見ることとする。

1. 1 ラ・イール『力学概論』(1695)

フランスの科学アカデミー (L'Académie Royale des Sciences) の会員であり、コレージュ・ロワイヤル (Collège Royale) の教授であったラ・イール (Philippe

de La Hire, 1640 – 1718) は、1695年に『力学概論 (Traité de mécanique)』¹を著した。本書は「技術の実践に従事する人のために物理学を利用して重力を有する物体の特性を説明すること」(副題)を目的としており、序文の中では古代ギリシャの科学者アルキメデス (Archimedes, BC287 – 212) の伝統を受け継ぎ、これを発展させるものであることを述べている。その内容は

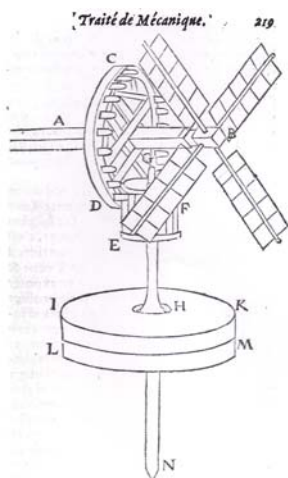


図-1 風車と歯車

[資料] Philippe de La Hire, “Traité de mécanique”

天秤、歯車、動輪、滑車、くさび、斜面と螺旋階段、摩擦力、衝撃力に関することがらを取り扱っており、静力学から始まり、機械工学に及ぶものとなっている。

1. 2 ゴーチエ『橋梁概論』(1716)

1713年、土木局 (les Ponts et chaussées) の技師だったゴーチエ (Henri Gautier, 1660-1737) は『橋梁概論』 (Traité des ponts) ²を著した。本書の表紙には、次のような内容が謳われている。

①ローマ時代および現代の橋梁につき、石積工、骨組工など ②材料、基礎工、足場工、アーチ用型枠、機械など ③固定橋、浮き橋、旋回橋、跳ね橋など ④用語解説、各種図面。

序文では、今まで橋梁技術をまとめた書籍がなかったため、これまでさまざまな形で蓄積されてきた成果を整理してまとめたと述べている。

第1章では、ローマ時代以降の橋梁建設の概要を述べ、代表的橋梁技術者の業績を紹介している。第2章では、浮き橋・跳ね橋など橋梁の形式の分類を行っている。以下、橋梁の部材名、橋梁計画、河川洪水への対応、工具、木材の使用方法、数量、種類、計測、それらの数表、杭、足場、アーチ型枠、梁、機械、器具、浮きドック、基礎

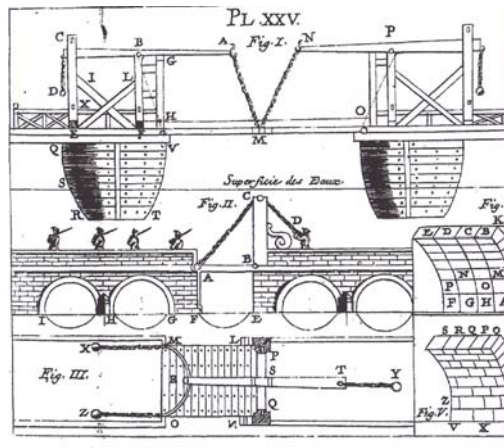


図-2 跳ね橋の立面図・平面図

[資料] Henri Gautier, “Traité des ponts”

工事、橋台、橋脚、アーチ、欄干、石積工事、骨組構造物について述べられており、次に橋梁建設用語集、26枚

の図面と解説が付されている。

さらに橋梁建設に関する勅令・条例などの説明、維持補修、通行料金について述べられている。本書は力学や数学に基づくものではなく、もっぱら、これまでの橋梁建設に関する知見・経験を広く求め、橋梁計画・設計・施工・維持・監理に関する概論をまとめたものである。

1. 3 ベリドール『技術者の科学』(1729)

フランスの科学アカデミーの会員であったベリドール (Bernard Forest de Belidor, 1698 – 1761) は、1729年に『技術者の科学』 (La science de ingénieurs) ³を著した。本書は国王に捧げられており、また、副題が「築城および民間建設工事の監督における」となっており、築城が第一に挙げられていることから、軍事目的の構造物建造を主とした技術の指導書であることが分かる。

内容は6章からなり、第1章は築城の際の石積工事の力学を考察し、石積みの土圧、規模などについて論じ、城壁の石積工の土圧に釣り合った高さや厚さを表示している。第2章では丸天井、第3章では建設材料、第4章では築城に伴う大構造物の建設方法のほか、民間建築物の建設方法も示している。第5章では建造物の装飾、第6章では構造物の見積書の作成方法を説明している。本書は、簡単な静力学と多年の現場工事における経験値をまとめたものであり、構造物の設計・施工のハンドブックに当たるものである。

1. 4 ベリドール『水工技術』

(1) ベリドール『水工技術』第1巻(1739)

ベリドールが1739年にまとめた『水工技術』第1巻 (“Aricheteur hydraulique”, livre premier) ⁴では、水工技術とは「生活に必要な水を引き、揚げ、管理するための技術」(副題)であるとしている。

第1巻は第1部と第2部に分かれている。第1部は3章からなり、第1章では力学の原理、第2章は摩擦、第

3章は水工学 (Hydraulics) が扱われている。第2部は水車を取り扱っており、5章からなっている。第1章では製粉用水車の作成方法を示しており、水車の羽根の数と幅の関係を示す表と各種の水車を示す10枚の図が付されている。第2章は水車の駆動・伝達部の製作方法が7枚の図面とともに説明されている。第3章は大砲用火薬と粉末セメントを製造する水車の装置が2枚の図面とともに説明されている。第4章は鎖水車と揚水機の製作方法が10枚の図面とともに示されている。

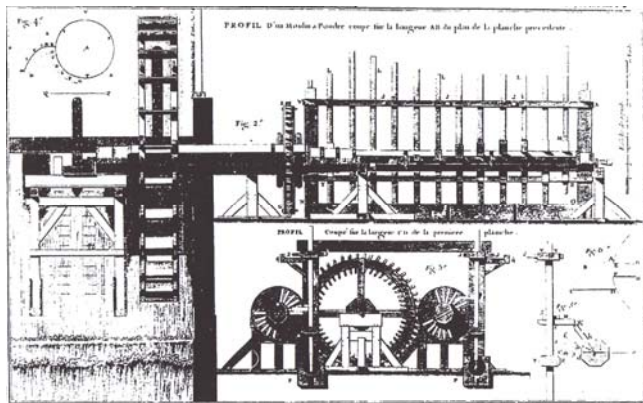


図-3 製粉用水車

[資料] B.F. de Belidor, “Arichcteur hydraulique”, livre premier

(2) ベリドール『水工技術』第2巻(1753)

ベリドールが1753年にまとめた『水工技術』第2巻 (“Arichcteur hydraulique”, seconde partie)⁵では、水工技術とは「要塞防護、商業、農業のために河海水を制御する技術」(副題)であるとしている。第2巻は第1部のみであり、15章からなる。第1,2章では、フランス北部で英仏海峡に臨む要塞都市：ダンケルクの建設の歴史が述べられている。第3~15章はすべて閘門に関する記述であり、第3~4章が基本計画、第5章が側壁、第6章が杭や閘室の施工方法、第7章が現地特性に合った閘門建設法、第8~13章が基礎工・矢板工・石積工・ゲートなどの設計・施工法、第14章が見積書の作成方法、第15章が部材の詳細を示している。第2巻は、閘門が主題となっており、当時のフランスにおける運河の重要性を示している。

2. エコール・ポリテクニク

2. 1 設立

フランス革命期(1789-99)の中、1794年、革命政権によりパリに公共事業中央学校 (École centrale des travaux publics) が設立され、1795年にエコール・ポリテクニク (École polytechnique) と改称された。⁶

2. 2 モンジュ『画法幾何学』(1798)の意義と内容

(1) 画法幾何学の意義

公共事業中央学校の創設者の一人であったモンジュ (Gaspard Monge, 1746-1818) は、エコール・ポリテクニクを主導した。モンジュの思想は、自然科学を基礎とする技術学の体系を構築しようとするものであった。その基本となったのは、モンジュが大成した画法幾何学であった。モンジュは、『エコール・ポリテクニク紀要』第1巻⁷で、画法幾何学の意義として次の二つの視点を指摘している。

①視点の第一は、職人は画法幾何学を利用して物体の知識を互いに交換することである。画法幾何学は、建築物・機械の設計図、建築物・時計の計画図、劇場の装飾図などを作成する手段である。この方法は、これらの物体それぞれの位置・形状を調べ、描写するために利用できる最も良い方法であり、すべての職人にとって、必要不可欠の言語となる。

②視点の第二は、画法幾何学は石工頭・大工・建築家・船大工・木工職人・金物工などにとって、厳密に定義されたすべての物体それぞれの形態・位置を正確に見出す手段となることである。

(2) 画法幾何学の内容

『画法幾何学』⁸の内容を見ると、全体は131節からなり、それらが5章に分割されている。さらに、25ページ

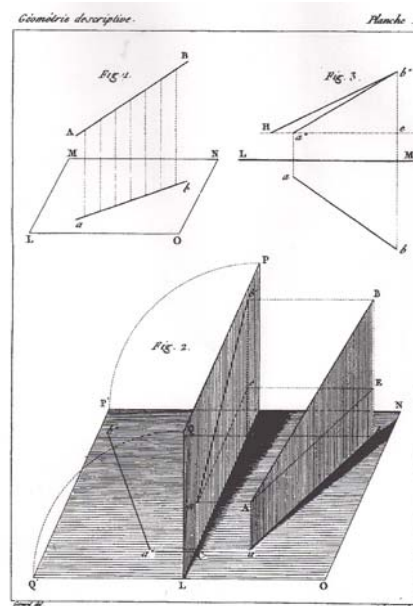


図-4 平面の投影

[資料] G.Monge, “Géométric descriptive”

の図面 (Fig 50まで) が付されている。各章は、次のような構成となっている。第1章 画法幾何学の目的など 第2章 接平面と法線など 第3章 曲面の相貫、二重曲率曲線の定め方など 第4章 相貫線理論を応用した諸問題 第5章 平面

曲線と二重曲率曲線について、こ

れらの縮閉線・伸開線・曲率半径についてなど。

[註]

¹ Philippe de La Hire, “Traité de mécanique”, 1695, Paris, Jean Anisson

² Henri Gautier, “Traité des ponts”, 1716, Paris, André Caillieu

³ Bernard Forest de Belidor, “La science des ingénieurs”, 1729, Paris, Claud Jombert

⁴ Bernard Forest de Belidor, “Arichcteur hydraulique”, livre premier, 1739, Paris, Antoine Jombert

⁵ Bernard Forest de Belidor, “Arichcteur hydraulique”, seconde partie, 1753, Paris, Antoine Jombert

⁶ 堀内達夫『フランス技術教育成立史の研究』、1997.1.20、多賀出版(株)

⁷ Gaspard Monge, “Stereotomie”, Journal polytechnique, premier cahier, 1795

⁸ Gaspard Monge, “Géométric descriptive”, 1798, Paris, Bauduin、日本語の用語はモンジュ[訳]山内一次『モンジュ図法幾何学1811年版』、1990.10.31による。