

明治刊行の「工業叢書 土木実用 アーチ設計法」について

テクノコンサルタント	正会員	○草野健一郎	九州産業大学	フェロー会員	水田 洋司
鹿児島大学	非会員	二宮 公紀	福岡大学	正会員	坂田 力
福岡大学	正会員	今泉 暁音			

1. はじめに

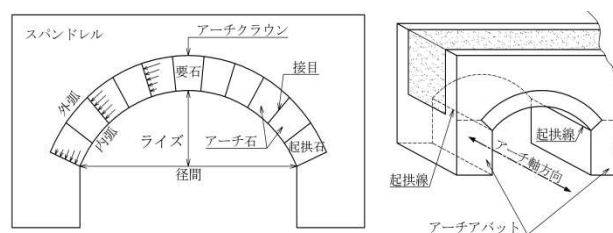
本報告書の原本⁽¹⁾は、コンクリートアーチ橋が本邦に導入される以前のアーチ構造の中心をなした石造アーチ橋設計の入門書として出版されたものである。現在わが国には石造アーチが 2000 橋程度現存するが、計算手法が確認できる資料は存在しない。また、現在にいたるまで設計規準類の整備はなされていない。

本書は、叢書とあるとおり、石造アーチ橋設計に必要な基礎知識修得を目的に、石造アーチ橋に関連する材料力学や構造力学を中心とした、明治時期に入手可能であった海外の書籍を翻訳し、体系的にまとめた石造アーチ設計の技術者向け入門書として刊行されたものである。一方、本書は、句読点のない明治期の漢文調日本語で書かれ、構造力学や材料力学の専門用語も現在とは異なっている。また、用語・記号等が統一性に欠け、さらに文章と挿入図との不整合、印刷上の誤植も散見されるため、現在の土木建設分野の専門家がストレスなく内容を理解することは極めて困難である。しかしながら、本書は石造アーチの設計書として体系的に整理記述されたわが国で唯一現存する書籍であり、その現在的な価値は大きいものがあり、さらに、今後の石橋設計に資するためにも本書を現代語訳で紹介する意義があると考える。

2. アーチ各部の名称とアーチ設計の基礎力学

2.1 石造アーチ各部の名称

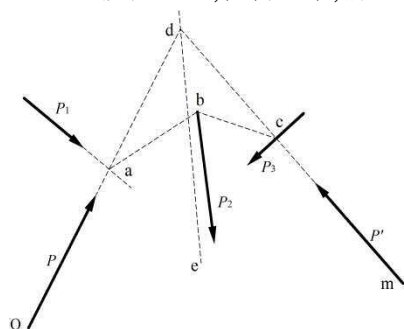
石造アーチ各部の名称は、第 1 図参照。尚、アーチ軸線は、現在の橋梁では橋軸直角方向がそれに該当する。



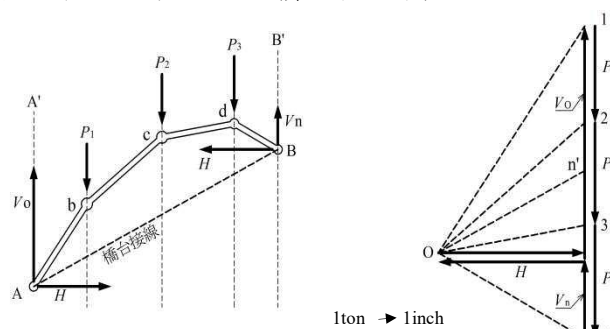
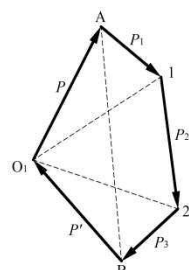
第1図 アーチ各部の名称

2.2 アーチ設計の基礎力学

アーチ設計には、材料力学、構造力学および土質力学の基礎知識が必要である。(第2図参照)



第2図 平面上の力の合成と示力多角形



第3図 鉛直反力の求め方

3.アーチの図式解析法

3.1 鉛直力の図式力学

石造アーチに作用する力は、鉛直荷重の死荷重および活荷重、両アーチアバットでの反力である。構造物をつり合い状態に保つ力は、アーチアバットでの反力を除きすべて鉛直である。構造物がつり合い状態にあれば、両反力の水平分力は、大きさが等しく逆方向に作用しその合力は0である。本書で論じるつり合い多角形では、この関係を念頭に置き、構造物の示力多角形を作成する。第3図の左図で、アーチリングに作用する各力の合力は、各力の作用位置で大きさ、方向は定まる。これらの関係を示すと第3図の右図の通りとなる。これが鉛直力が作用する場合の示力多角形である。ここで、極Oは任意に設定し、Oから各力の起終点に下した線は射線である。

キーワード 石造アーチ 土木実用アーチ設計法 アーチの安定 アーチリング 圧力線

連絡先 〒870-0108 大分市三佐1丁目5番14号 TEL 097-527-5111

3.2 示力図とつり合い多角形の関係

つり合い状態の構造物に作用する力の示力多角形で、極から各荷重線に下した射線を空間図に投影するとつり合い多角形(曲線)が求まる。また、空間図の閉合線を極から荷重線に投影した交点から各支点反力が求まる。

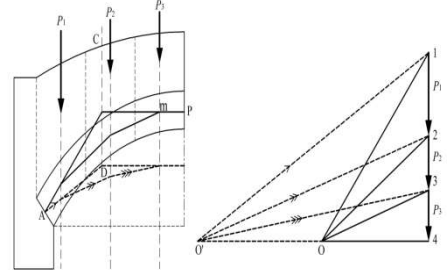
3.3 アーチの安定度

アーチの安定度は、おおむね以下の3項で規定される。

- (1)回転に対する安定度：合成圧力が接目の中央3分の1内に存在する
- (2)摩擦に対する安定度：接目と合成力方向のなす角がアーチ石間の内部摩擦角より小さい
- (3)圧壊に対する安定度：合成圧力がアーチ石の圧壊強度より小さい

3.4 アーチの図式解析法

アーチ安定の図式解析は、第4図に示すように、アーチに作用する各種荷重をアーチ石材に換算し荷重視形線を求め、アーチリングの形、厚さ、径間、ライズ等を与条件や設計規準から仮定する。その後、示力図を画きその射線を空間図に投影しアーチのつり合い多角形を画くことで行う。



第4図 図式解析

アーチ安定の目安の一つは各アーチリング接目に作用する各荷重の合成力の作用位置、すなわち圧力線がアーチリング接目の中央3分の1にあることである。そのため、圧力線の最大分離の点がアーチリング厚の中央3分の1に入るよう第5図Qの位置を調整する。入らない場合、現状のアーチリング厚ではアーチは不安定となる。(第5図)

4. アーチリング厚の各種決定法

d ：要石厚、 S ：径間、 R ：ライズ、 H ：外弧～路面間の鉛直距離

4.1 アーチクラウンでのアーチリング厚(要石厚)

トラストワインの公式(米式)： $d = \frac{1}{4}\sqrt{R + S/2} + 0.2$

ランキンの公式(英式)： $d = \sqrt{0.12R}$ 単一アーチ

$d = \sqrt{0.17R}$ 多径間アーチ

ペローネーの公式(仏式)、デヤルデヒンの公式(仏式)、独・露の公式(ペローネーの公式+0.02H)、バアーの公式等がある。

4.2 起拱線でのアーチリング厚(起拱石厚)(第6図中 l)

テスノイエルの公式： $\frac{r}{S} \geq \frac{1}{4}$ $l = 2d$ (半円アーチ、もしくは欠円アーチ)
 その他、ステフェンソンの公式(上式の20~30%増) レニーの公式(上式の100%増)がある。

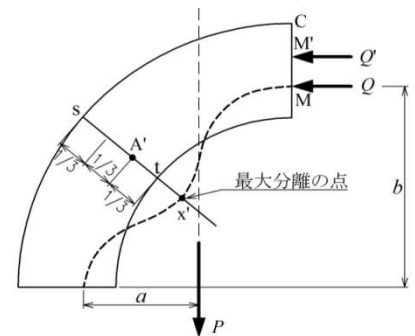
5. アーチ設計の実際

石造アーチの諸元は精密な公式から計算して得られるものでない。そのためと条件により、種々の実験公式等でスパン、ライズ、アーチリング厚等を適宜仮定し、作用荷重により圧力線(接目における作用合力位置の軌跡)がアーチリング中のどの位置に存在するかを検討する。その際、安定性や安全性に応じてアーチリング厚を増減し、圧力線が一定限界内にあるときの最小アーチリング厚を決定することがアーチの設計となる。

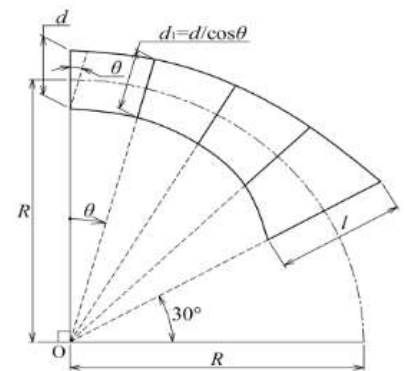
6. おわりに

ここでは、石造アーチの主構造であるアーチの力学とそれを構成する要石および起拱石の構造安定上の必要厚決定手法を中心に紹介した。新設石造アーチ橋の設計では、実橋での実績をもつ本書(原本)で示される手法を用いれば、構造安全性は確保可能である。

『参考文献』1) 松永 工・飯田耕一郎：工業叢書 土木實用アーチ設計法、東京博文館蔵版、1907



第5図 最大分離の点



第6図 アーチリング厚