

## 九州における石造アーチ橋のデータベースと橋梁工学的考察

Database of Stone Arch Bridge in Kyusyu and a Study on Structural Form

岡林隆敏\*\* 小嶺啓蔵\*\*\*

by Takatoshi OKABAYASHI and Keizou KOMINE

本研究は、伝統的な近世の橋梁建設技術から近代的な橋梁建設技術に移行する過程を明らかにする研究の一環として、石造アーチ橋を事例にして、その時代的な変化を検討したものである。本研究は、明治中期から昭和初期に架設された、いわゆる近代の石造アーチ橋を対象にして、現存している橋梁831橋のデータベースを作成し、統計的に近代の石造アーチ橋の特徴を抽出した。さらに、現地調査と撮影した写真から、特に石造アーチ橋を建設する場合に着目すべき、橋脚の時代的な変遷に着目した。そこで、近世の石造アーチ橋から、石材の接着剤としてセメントを使用した近代の石造アーチ橋へ移行する過程において、橋梁の形態の変化と橋脚の形態の変化について考察を加えたものである。

### 1. はじめに

九州には、わが国の中で石造アーチ橋が集中している。これらの石造アーチ橋については、これまで、分布、形態、石工等について多くの研究がなされてきた。しかし、これらの研究の多くは近世の石造アーチ橋を研究対象にしたものが大半であった。しかし、九州の石造アーチ橋は明治時代から昭和初期にかけて、膨大な数の建設がおこなわれており、橋梁の規模においても100m越す長大石造アーチ橋が建設されている。明治30年代には、九州においてすでにコンクリート橋が建設されており、九州の石造アーチ橋は明治30年以降から大正時代には、これらの橋梁が混在している。九州の石造アーチ橋は、大正時代に絶頂期を迎え、昭和初期にはその使命を終わったようである。これまで、石造アーチ橋については、近世の伝統的な技術から近代のコンクリートアーチ

橋に連続的に移行する、明治から昭和初期の石造アーチ橋はあまり着目されてこなかった。

本研究は、伝統的な近世の橋梁建設技術から近代的な橋梁建設技術に移行する過程を明らかにする研究の一環として、石造アーチ橋を事例にして、その時代的な変化を検討したものである。本研究は、明治中期から昭和初期に架設された、いわゆる近代の石造アーチ橋を対象にして、現存している橋梁831橋のデータベースを作成し、統計的に近代の石造アーチ橋の特徴を抽出した。さらに、現地調査と撮影した写真から、特に石造アーチ橋を建設する場合に着目すべき、橋脚の時代的な変遷に着目した。そこで、近世の石造アーチ橋から、石材の接着剤としてセメントを使用した近代の石造アーチ橋へ移行する過程において、橋梁の形態の変化と橋脚の形態の変化について考察を加えたものである。

\*Keywords: 石造アーチ橋、データベース、九州

\*\*正会員 工博 長崎大学助教授

工学部社会開発工学科

(〒852 長崎市文教町1番14号)

\*\*\*オリエンタル建設(株)福岡支店副部長

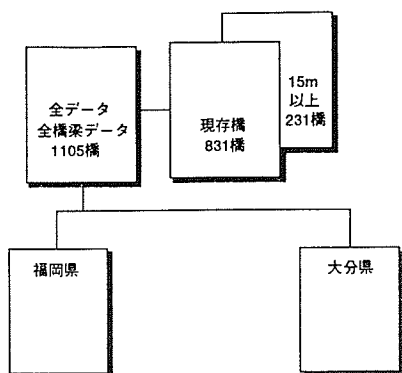
(〒810 福岡市中央区天神4丁目2番31号)

### 2. 九州の石造アーチ橋のデータベースについて

九州の石造アーチ橋はこれまでの研究により、概略その全容が明らかになっている<sup>(1)(2)</sup>。しかし、これまでの調査は、近世の橋梁に重点が置かれているように思われるが、すでに調査された、既存のデー

タを素材にして、九州の石造橋のデータベースを構成した。橋梁のデータは、文献（３）のものを使用した。データベースは様々なものがあるが、簡単で、検索の速いものとして、マイクロソフト社のEXCELを用いた。

データベースには、①橋梁名、②橋長、③径間、④ライズ、⑤連数、⑥建設場所、⑦建設年を、記入した。対象とした橋梁は、九州の石造アーチ橋の全体1105橋である。その中で、現存するものが831橋あった。さらに、15m以上のものは231橋ある。



図一 橋梁データベース設計の概要

表一 長大石造アーチ橋

| 番号 | 橋名        | 橋長(m) | 径間(m) | 3径比 | 連数 | 所在県 | 年(西暦) |
|----|-----------|-------|-------|-----|----|-----|-------|
| 1  | 耶馬溪橋      | 116   | 12.8  | 4.3 | 8  | 大分  | 1923  |
| 2  | 藤原寺橋      | 89    | 26.8  | 5.8 | 3  | 大分  | 1920  |
| 3  | 長瀬橋       | 78.4  | 10.6  | 3   | 6  | 大分  | 1923  |
| 4  | 明正井路第一拱石橋 | 78    | 10.7  | 3.2 | 6  | 大分  | 1919  |
| 5  | 通所橋       | 76.3  | 28.2  | 1.9 | 1  | 熊本  | 1854  |
| 6  | 原尻橋       | 73    | 13    | 3.3 | 5  | 大分  | 1923  |
| 7  | 武之橋       | 71    | 15.5  | 2.9 | 5  | 鹿児島 | 1848  |
| 8  | 下駄橋       | 71    | 27.3  | 5.3 | 1  | 熊本  | 1886  |
| 9  | 八勢橋       | 62    | 18.2  | 2.1 | 1  | 熊本  | 1855  |
| 10 | 世無田若宮井路橋  | 59    | 21.5  | 2.4 | 2  | 大分  | 1917  |
| 11 | 明正井路二号橋   | 57    | 15.2  | 2.6 | 3  | 大分  | 1923  |
| 12 | 山王橋       | 56    | 16.4  | 2.7 | 3  | 大分  | 1912  |
| 13 | 鳥居橋       | 55.1  | 10.9  | 2.1 | 5  | 大分  | 1916  |
| 14 | 高麗橋       | 55    | 12.6  | 2.3 | 4  | 鹿児島 | 1847  |
| 15 | 戸上橋       | 53    | 24.1  | 3.2 | 2  | 大分  | 1910  |
| 16 | 土岩遺橋      | 52    | 26.8  | 5.7 | 1  | 大分  | 1922  |
| 17 | 玉江橋       | 51    | 11.6  | 2.3 | 4  | 鹿児島 | 1849  |
| 18 | 川上橋       | 51    | 11    | 2.7 | 4  | 鹿児島 | 1922  |
| 19 | 鳴滝橋       | 50    | 8.3   | 2.8 | 5  | 大分  | 1922  |
| 20 | 西田橋       | 49.6  | 11.7  | 2.7 | 4  | 鹿児島 | 1846  |
| 21 | 轟橋        | 49.5  | 18    |     | 2  | 鹿児島 | 1923  |
| 22 | 鎌早瀬橋      | 49.2  | 18.1  | 3   | 1  | 長崎  | 1839  |
| 23 | 赤瀬橋       | 47.4  | 16.1  | 2.3 | 2  | 大分  | 1913  |
| 24 | 赤松橋       | 47    | 17.9  | 3.8 | 2  | 大分  | 1897  |
| 25 | 新上橋       | 46.8  | 10.8  | 2.5 | 4  | 鹿児島 | 1845  |

作成したデータベースに基づき、次の分析を行った。

#### （１）年代による橋梁の特性の変化

建設年代による、①橋長、②径間、③ライズ、④連数の変化。

#### （２）九州の県別による橋梁個数の変化

#### （３）九州の県別による橋長の変化

データベースによる分析の概要が、図一である。

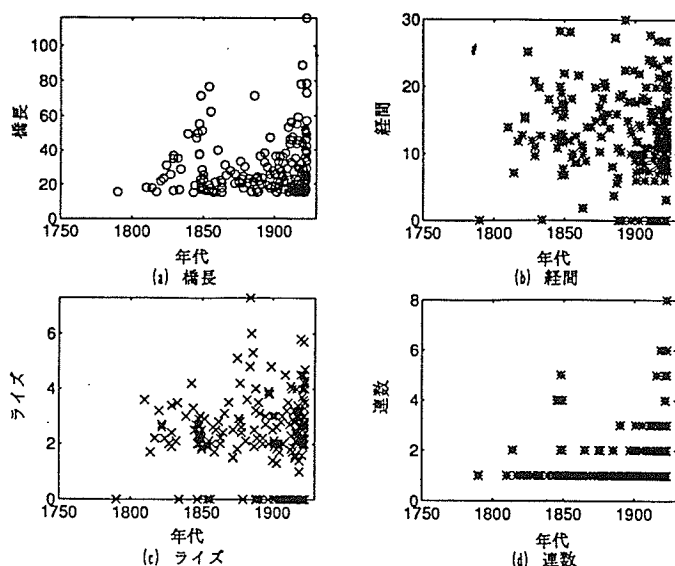
表一に、九州の代表的な長大石造アーチ橋を示した。長大石造アーチは建設年代が明治後半から大正・昭和初期に建設されている。この頃は、九州においてもすでにコンクリート橋梁が建設されており、コンクリート橋梁と共存している時期である。最長のものは、大分県耶馬溪町の山国川に架設されている耶馬溪橋である。大正12年（1923年）架設の、橋長116（m）、8連の橋梁である。

#### 3. 石造アーチ橋の時代的变化

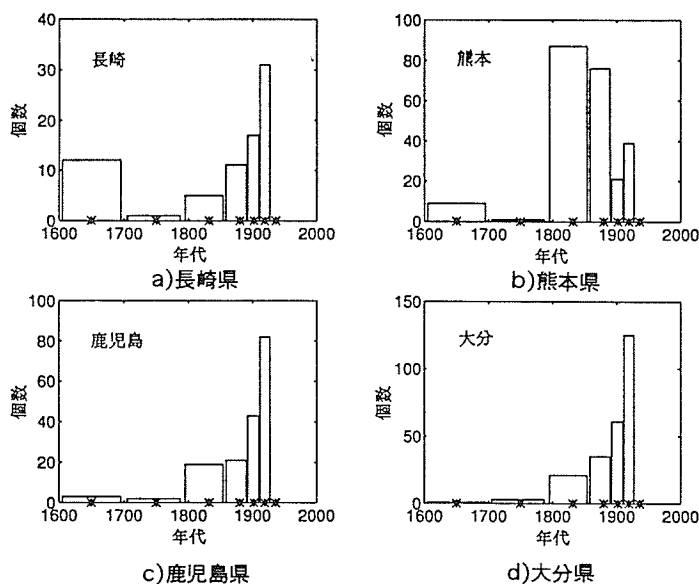
九州の石造アーチ橋の時代的特性を調べるために、橋梁の構造特性として、①橋長、②径間、③ライズ、④連数を指標にして、これらの時代的变化を検討した。橋梁は、江戸中期から昭和初期（1750年から1930年）における、橋長15m以上の橋梁を対象にした。橋梁の統計的な特性から、構造特性の変遷を抽出することが目的である。

図二は、年代を横軸に、それぞれの要素を縦軸にして、散布図でこれらの状態を示したものである。橋梁のデータは、江戸時代中期（1750年）から大正時代（1926年まで）のものである。図a）は、橋長の年代による変化を見たものである。橋長が大きく変化した時期が二つあることが分かる。一つは、1850年頃の幕末の時期と、1912年から1926年の大正期である。幕末の1850年頃は、わが国の伝統的橋梁技術の絶頂期を示していると考えられる。また、明治後期から大正期における橋長の伸長は、近代的橋梁建設技術とセメントの使用による施工技術の改善によるものであると考えられる。

図b）と図c）は、それぞれ径間およびライズと年代の変化を示したものである。この図より、これらの構造特性の時代的な傾向は認められない。図d）に連数と年代の関係を示した。一般的な傾向として、橋長の増加と共に、連数は増加する。図から、時代と共に連数が指数的に増加している傾向を見ることができる。この傾向は、図a）の橋長の図とはほぼ一致する。すなわち、橋長の増加は、連数を増加させている。図a）において述べたが、橋長と同じく、連数においても、幕末の1850年頃と1920年頃の大正期にピークを持っている。1920年代のピークは、石造アーチ橋の長大化に伴う、連数の増加で



図一 橋梁構造特性の年代による変化



図一 石橋の建設年の地理的変化

あり、「耶馬溪橋」では、8連の橋梁になっている。他の一つのピークである、1850年頃のもの、鹿児島県の5石橋により生じたものである。特に連数においては、その時代の平均的な2連や3連から飛び抜けて、4連から5連の橋梁が建設されている。鹿

児島の5石橋が、当時の平均的な橋梁技術を越えて、高い技術レベルで建設されていることがわかる。この点については、実証的な検討が必要であろう。

#### 4. 石造アーチ橋の地理的変化

九州における石造アーチ橋の地理的分布の時代的变化を、建設橋梁数と橋長より考察した。調査対象を、石造アーチ橋の多い、長崎県、熊本県、鹿児島県、大分県とした。

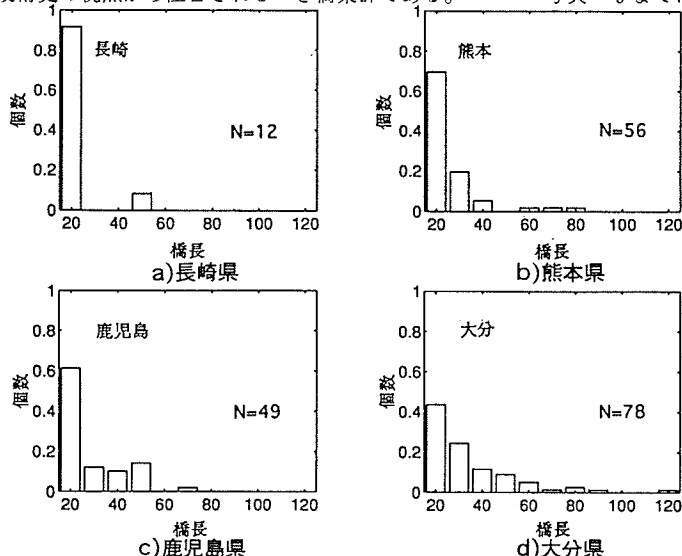
##### (1) 橋梁数の時代的变化

各県の年代による橋梁数を調べるために、時代区分を次のように設定した。1600年から1700年を江戸前期、1700年から1800年を江戸中期、1800年から1868年までを江戸後期、明治25年までを明治中期、明治45年までを明治後期、大正時代、昭和初期から戦前までを昭和初期である。対象橋梁に対するヒストグラムを図一3に示した。図における、それぞれ a) b) c) d) は、長崎県、熊本県、鹿児島県、大分県の結果である。いずれの場合でも、明治後期から大正期になると、石造アーチ橋は多くなるが、各県の特徴を抽出してみよう。長崎県は江戸初期の橋梁が多い。熊本県と鹿児島県は、江戸後期の橋梁が多い。大分県は明治後期から大正期の橋梁が圧倒的に多い。著者等が関心するのは、明治時代から昭和初期の、いわゆる近代石造アーチ橋であるが、近代の橋梁に対する十分な調査が実施されていないので、近代に限定した傾向は抽出できていない。しかし、大分県については、近代の石造アーチ橋が多く残されており、近代化遺産として重要な構造物群となっている。

##### (2) 橋長の時代的变化

次に、各県ある橋梁の橋長の分布について調べた。各県における、橋長の分布を図一4に示した。

それぞれa) b) c) d)は、図－3と同じ県を示している。これらの図より、次のことが分かる。長崎県の橋梁は比較的短径間である。熊本県と鹿児島県の場合は、橋長40mから50mのものが含まれる。大分県の場合は、長径間のものが九州の中で最も多い。大分県の場合は、明治後期から大正期にかけて、長大石造アーチ橋が架設されている。これらの橋梁は近代橋梁技術により架設されたものであり、橋梁技術史の視点から注目されるべき橋梁群である。



図－4 橋長と地理的变化

橋梁個数の時代的变化と橋長の分布を、各県の地理的視点から考察した。この結果、次のような傾向が類推できる。長崎県では、比較的古い時期の橋梁が他県と比べて多く、橋長は比較的小さい。大分県では、近代の橋梁が相対的に多く、長大石造アーチ橋が多いことに特徴がある。このことは、前記の表－1からも示されている。熊本県と鹿児島県は、この中間形態にある。九州の石造アーチ橋を見た場合、橋梁の建設技術は、地理的に相互関連しながら変化している。近代になると、さらに鉄製橋梁やコンクリート橋梁の影響を受ける。

## 5. 長大石造アーチ橋の橋梁工学的特徴

### (1) 石造アーチ橋の形態の変遷

長大石造アーチ橋の形態は時代と共に変化している。江戸時代の橋梁では、橋梁の橋脚が明確に分離されていない。近代の長大石造アーチ橋の特徴は、石材の接着材としてセメントを使用し、下部構造で

ある橋脚と上部構造であるアーチ本体とを分離したところにあると考えられる。橋梁の施工においても、橋脚を建設した後、上部構造であるアーチ部の架設をしていると考えられる。

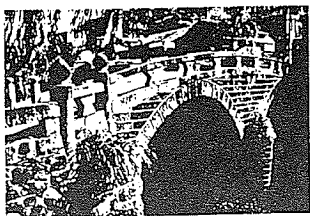
このような視点から、著者らは、九州の長大石造アーチ橋の調査を実施している。現在、対象とする橋梁の調査が全て終わっていないが、現在まで得られている写真から、考察を行った。写真－1から写真－9までに、代表的な多径間の石造アーチ橋を

示した。

写真－1は長崎市にある長崎眼鏡橋である。寛永11年(1634)に架設された。写真－2長崎県諫早眼鏡橋である。天保13年(1839)架設である。写真－3は鹿児島市5石橋の一つである、高麗橋である。弘化4年(1847)架設である。これらの、近世の石造アーチ橋は、時代と共に橋長が長くなっているが、橋脚と橋梁上部構造の分離がまだできていない。

写真－4から写真－9までに近代の石造アーチ橋を示した。橋長が長い橋梁と、特徴のある橋脚をした橋梁を選んだ。写真－4は大分県竹田市の山王橋である。明治45年(1912)建設、3連の橋梁である。写真－5と写真－6は大分県院内町にある、荒瀬橋と鳥居橋である。それぞれ、大正2年(1913)と大正5年(1916)の架設で、2連と5連の橋梁である。写真－7は長崎県吉井町にある、樋口橋である。大正11年(1922)の架設で2連の橋梁である。写真－8は大分県緒方町にある原尻橋である。大正12年(1923)架設の5連の橋梁である。写真－9は大分県耶馬溪町にある耶馬溪橋であり、大正12年(1923)架設の8連の橋梁で、わが国の最長の石造アーチ橋である。

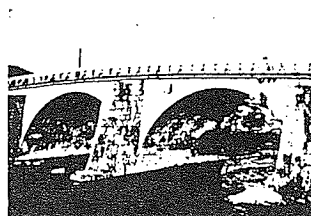
大分県の高橋脚のアーチ橋である。荒瀬橋と鳥居橋は、橋脚をセメントで固め、その後、上部構造を架設しているものと考えられる。長崎県の樋口橋は、充填剤にセメントを使用している。大分県に分布する、長大石造アーチ橋の例として、原尻橋と耶馬溪橋を上げた。基本的な形態は、コンクリート橋に近



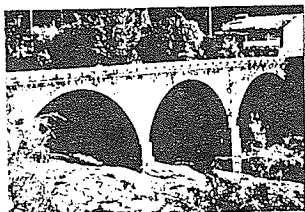
写真一 長崎眼鏡橋（寛永2年）



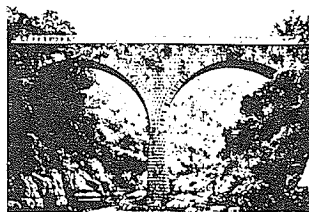
写真二 諫早眼鏡橋（天保10年）



写真三 高麗橋（弘化4年）



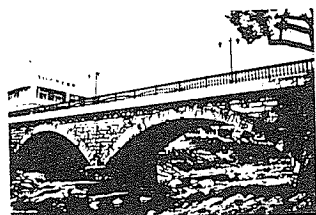
写真四 山王橋（明治45年）



写真五 荒瀬橋（大正2年）



写真六 鳥居橋（大正5年）



写真七 樋口橋（大正11年）



写真八 原尻橋（大正12年）



写真九 耶馬溪橋（大正12年）

い形になっている。このように、明治後期から大正期になると、橋長の長い橋については、近代的な橋梁技術が適用されている。近世の橋梁技術から近代の橋梁技術へ移行する過程を、石造アーチ橋の形態の変化から見ることができる。

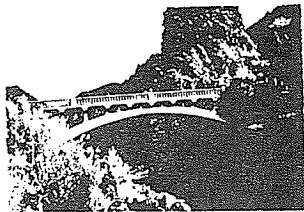
## （2）初期のコンクリートアーチ橋

明治後期になると、鉄筋コンクリート橋梁が架設され始める。鉄筋コンクリート橋梁の九州における実績は早い。明治39年（1906）には、長崎県佐世

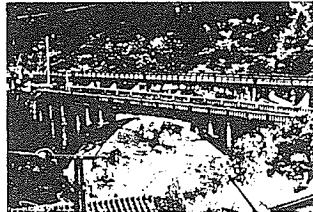
保市に橋長21.6m佐世保橋が架設される。明治40年（1907）に鉄筋コンクリートアーチ橋である梅香崎橋が、架設されている。これが写真一10である。著者等の九州の近代橋梁の調査で、九州に現存する鉄筋コンクリートアーチ橋として、大正14年（1925）架設の熊本県水俣市にある写真一11の久木野川橋と、大正15年（1926）架設の宮崎県北方町にある網之瀬橋を示した。大正期にはすでに鉄筋



写真一10 梅香崎橋（明治40年）



写真一11 久木野川橋（大正14年）



写真一12 網之瀬橋（大正15年）

コンクリートアーチ橋梁が架設されており、石造アーチ橋と混在していることがわかる。

## 6. まとめ

本研究では、九州の幕末から大正期に架設された長大石造アーチ橋を対象に、伝統的橋梁技術と近代的な橋梁技術の移行過程を考察したものである。明治中期から大正後期の長大石造アーチ橋は、わが国の橋梁技術史において特異な一群を構成しており、近世から近代への移行期の橋梁として重要である。得られた結果を要約すると、次のようになる。

(1) 九州に現存する831橋に関する石造アーチ橋のデータベースを構成した。

(2) 橋長の時代的变化をの分析から、橋長は幕末の1850年と1920年（大正後期）にピークがあることが分かった。大正期の橋長の伸びは、石材の接着剤としてセメントを使用したためであると考えられる。

(3) 橋梁特性の地理的分析から、長崎県では、比較的古い時期の橋梁が他県と比べて多く、橋長は比較的短い。大分県では、近代の橋梁が相対的に多く、長大石造アーチ橋が多いことに特徴がある。

(4) 九州における石造アーチ橋の調査から、明治後期から大正期になると、橋長の長い橋については、近代的な橋梁技術が適用されていることが予想される。近世の橋梁技術から近代の橋梁技術へ移行する過程を、石造アーチ橋を事例にして見ることができた。

本件研究では、石造アーチ橋を近代橋梁技術の視点から調査している。まだ実証的な調査が十分されていないが、今後、設計手法や架設法に関する資料の調査を行う予定である。

## [参考文献]

- (1) 山口祐造：九州の石橋をたずねて（前編）（中編）（後編）、昭和50年、昭和51年。
- (2) 太田静六：眼鏡橋、理工学社、昭和55年。
- (3) 山口祐造：石橋は生きている、葦書房、平成4年。
- (4) 明治工業史土木編：第1編第4章明治期に於ける道路・橋梁事業、日本工業会、昭和6年
- (5) 岡林隆敏、松田浩：九州の歴史的近代橋梁調査、平成6年