

石橋への誤解と環境適応性について

On misunderstanding about Masonry-Arch Bridges and their environmental features

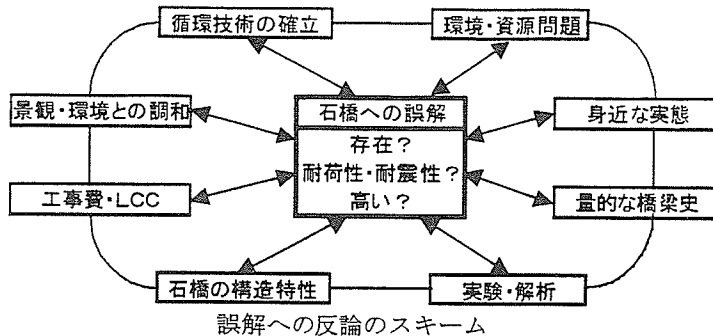
辻目英正** 吉原進***

By Nigeme Eisei and Yoshihara Susumu

まず、気になることは「石橋は誤解されている（歴史、強度他諸々）。」ことである。

そのいくつかについて、下のスキーム図のように、身近な実態や量的な橋梁史などで、反論の根拠の提示する。

石橋の特性や歴史を調べると、「自然と調和し、理に合う、歴史・実績の重み」を感じずる。21世紀、石橋を甦らせることで、循環技術を確認し、逼迫する環境・資源・財政問題等に寄与することを期待したい。



はじめに

従来、石造アーチ橋は、アーチの優美さ、自然との調和が意識されながらも、現代的工法として構造型式の選択肢に上がっていなかった。この原因には道路橋示方書に取り上げられていないこともあるが、一般的には次のように思われている。

- ①石橋は九州に少しある程度で、架設数は少ない?
- ②石橋は耐荷力が低い?、道路橋には向かない?
- ③石材がバラバラで、地震に弱い?
- ④石橋の径間は10～30 m程度である?
- ⑤石橋は工事費が高い?
- ⑥その他

- ・離散構造は、安全性が定量的に確認できない?
- ・伝統的石工の技量に依り、作れる人がいない?
- ・石橋の秘法は一子相伝?

これらは、全くの誤解であった。

1. 石橋は九州に少しある程度で、架設数は少ない?

(1) 橋名等が確認できる石橋の数

石橋のイメージに長崎眼鏡橋に代表される江戸時代、中国(明)から伝えられ、九州に数橋架設された(古くて、少ない)ものというのがある。

一つ一つの石橋を個別に確認していけば、その総計として石橋の架設数が出てくるはずであるが、実際に試み

ようとしても、石橋は多くの場合で既に流失し、記録も残っていない。それでも文献に記載があった石橋約4,000橋から、橋名・架設年が推定できる約1,800橋について、県別、時代別に架設数を整理したのが表-1である。

これからおよそその石橋史が伺えるが、今後もパラパラと発見が続くことが予想され、この類の表から架設総数や石橋の全容を知ることは無理である。

(2) 日本の量的な橋梁史

そんな中で、明治35,40,45年の国・県・市が管理する道路橋の統計(内務省の資料*1)での石橋数(表-3)、また、昭和23,27~31年の道路橋数が道路種別・橋歴別・橋種別に記載(終戦直後の建設省の資料*2)されたなかで「石及びコンクリート橋」数(表-5)を発見した。これと、対象期間の人口・耕地面積の関係*3)や明治以降の鉄鋼RCPCの橋梁史などを参考に、図-1年代別・橋種別存在数、図-2年代別・橋種別架設数を推計できる。

これらから、①日本では木橋が圧倒的に多かったものの、②明治から大正には盛んに石橋が架設されたこと、③鉄橋・鋼橋は明治・大正・戦前を通じて、架設数からは全体の0.2%に過ぎず、特殊な、高価なものであったこと、④コンクリート橋は明治末に始まるものの、実際に一般的になるのは大正末から昭和初期で、以来その施工し易さ、鉄橋に比べての安さもあり、飛躍的に架設数が伸びてきたことが分かる。

これら橋種別架設状況から、石橋の存在数は大正末頃に最大を迎え、約7万橋(橋長6m以上)あったこと、架設数では明治後半で年2,000橋に達していたことが推計される。

*keyword 石橋、橋梁史、構造特性、工事費、環境

**正会員 ほつま工房(株)

(〒228-0802 相模原市上鶴間2850-1-602)

***正会員 鹿児島大学 工学部 海洋土木開発工学科

(3) 県別石橋存在数

また、県別の石橋数も推計（表-2 県別石橋存在数）できるが、古い県史、市史の記述とほぼ一致する場合としない場合（記録は希で分類の仕方も異なる）がある。

橋種別構成比で石橋が多い県は香川、長崎、鹿児島、大分、徳島、宮城などであるが、北海道から沖縄に至るまで全国に普及していたことが分かる。

(4) 石橋の衰退

さて、明治・大正の橋種別工事費を資料*4) から分析すると、木橋で 17 円/m²、石橋で 36 円/m²、コンクリート橋で 45 円/m²、鋼橋で 120 円/m² であった。日本で石橋が架設されなくなったのは、工事費ではなく、以下の原因と思われる。

①強度に対する誤解

②明治以来の富国強兵、欧米化を意図する政策

石橋は当時中心だった木橋に比べ遙かに重たいにもかかわらず、基礎工法には無知であったこと、或いは支保工法のまずさからも、明治初期の石橋には不良なものも多かったようである。これらはまもなく木橋や鉄橋に架け替えられ、石橋の評価ともなった。結局、石橋は価格競争に敗れたわけではなく、技術的な未熟と政策的に消滅したといえる。

2. 石橋は耐荷力が低い？、道路橋には向かない？

(1) 実績

ローマ時代に建設された石橋で、現在、道路橋として使われているもので、スペインのアルカンタラ、フランスのポンチュガールなどは写真などで見る機会も多いが、本来、石橋は自動車を通れることが当然のようである。また、それらは 2,000 年の時を経て、石橋の強度、耐久性を実績で示している。

19 世紀（石橋の全盛期）の鉄道時代に建設された石橋は、100 年そこそこしか経っていないが、ヨーロッパ、アメリカ、中国、日本など世界中に多く分布し、重荷重に耐え、多くは現役で使われている。中国では道路橋、鉄道橋として、現在も架設されている。

日本の著名なものでも、碓井第三橋梁（煉瓦造）は現役を退いたが、東京駅の近くの煉瓦高架橋や日本橋は現役である。実は、外国や日本の特定の例を出すまでもなく、道路統計年報*5) に国道、県道、市町村道で使われている道路橋で径間 15m 以上の石橋は 350 とある。

(2) 載荷試験と解析

a) イギリス軍等が実施した載荷試験

第 2 次世界大戦中、ヨーロッパに数多くある石造アーチ橋に戦車を通す必要が生じ、イギリス軍は補強の必要性の有無を載荷試験で確認したという。

この他、オーストリア、イギリス（MTC A）、中国では北京（盧溝橋）はじめ多くの実験結果で石橋の安全性や構造特性が調べられている*6)。

b) 西田橋での載荷試験及び個別要素法によるコンピュータシミュレーション

移設復元に先立ち、西田橋で載荷試験を実施し、荷重と変形の関係を調べ、石橋の耐力の大きさを確認し、本学会にも報告*7,8) した。

3. 石材がバラバラで、地震に弱い？

(1) 実績

従来、離散構造は地震に弱いとされてきた。これは、関東大震災での煉瓦造建物の被災からといわれ、以来、アーチ構造も同一視されてきた感があるが、煉瓦積の壁や柱と石造アーチ橋では、地震に対する復元力、アーチの拘束性は全く異なる構造である。

実際の関東大震災の石造アーチ橋の被災は、東京市の管理する道路橋（675 橋）で、石造アーチ 144 橋中、7 橋に留まり（被災全体では 358 橋）、地震に強いことが報告*9) されている（表-4 関東大震災の道路橋の被災参照）。また、震災直後、三浦七郎は「道路橋梁の震害とその対策」*10) の中で、拱橋の丈夫さを指摘している。

身近なところで、二重橋は 1888 年、日本橋は 1911 年の創建で、先の地震にあっているが被災していない。また、先の阪神淡路大震災では多くの土木施設が被災した中、明治初期に建造された阪神間・京阪間鉄道の煉瓦アーチ約 100 橋が健全であったとの報告*11) がある。

この他、大正 3 年桜島大噴火（地震）では石橋は殆ど被災しなかったという新聞記事や世界の実績でもその強さが証明されている。

イタリアもスイスも決して地震の少ない国ではないが、アオスタのサン・マルタン（写真-3）は 2,000 年、スイスのランドワッサー橋（写真-1）は 64 m の高さながら、100 年間ビクともしていない。

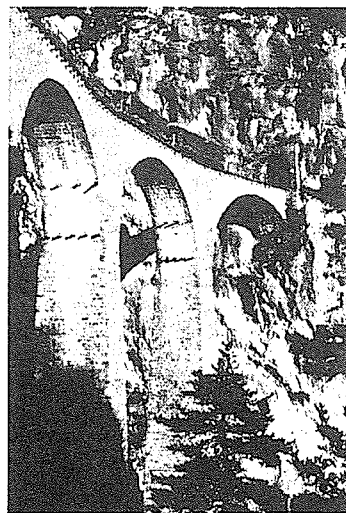


写真-1 ランドワッサー（スイス）

(2) 石橋の構造特性

筆者らは先に紹介した「個別要素法による石造アーチ橋の構造特性の検討」土木史研究 16（土木学会 1996）などで、石橋の構造特性のコンピュータシミュレーションの結果を報告し、自重・活荷重（参考 2）、地震時の応力特性、地盤の変異に対する追随性、風化、浮力や洪水時の挙動など、以下の特徴を確認している。

- ①鉛直荷重に対し、アーチ構造から石材の圧縮力に対応するため、非常に強固である。
- ②地震のような繰り返し荷重には、アーチ軸力は復元力、石材間の伸縮が減衰効果を持ち、安定する。

- ③基礎が変位しても、離散体からなるアーチは変位に追随し、安定を保つ。
- ④石橋の寿命は石材の風化によるところが大きい、風化しやすい凝灰岩でも、100年で1mm程度である。
(花崗岩などはほとんど風化しない)
- ⑤安定が石材などの自重によるため、洪水時の浮力はこれを低減する。
- ⑥洪水時には、浮力に加え、縮流による複雑な流れによる横方向力が作用して、石材が遊離しやすくなる。

4. 石橋の径間は10～30m程度である？

(1) 日本の石橋技術

石橋の径間はせいぜい10m程度と思われてきた。実際、記録のあった1,677橋中、10m以上は394橋(23%)である。江戸期では霊台橋28.3m、通潤橋28.2mは特に大きいもので、現存最長は昭和初期の架設の轟(とどろ)橋31.6mである(表-6 日本の石橋の径間順位)。なお、現存しないが、鹿児島川内川の栗野轟橋は壮大な径間を伺わせる。(写真-3、詳細は不明)

先の日本の量的な橋梁史でみたように、明治になって永久橋の必要性から石橋の架設が進められたが、数からは圧倒的に木橋が中心(国道1,2号の木橋:石橋の構成比は2:1(昭和9年))で、径間も小さいものであった。

政府は石橋の架設と並行して、当時のヨーロッパの最先端技術として、外国人技術者の招聘や製品の輸入により、鉄橋・コンクリート橋の導入を図るが、数からは全く微々たるもので、コンクリート橋が本格的に架設されるのは大正末からであった。

この間、その後も一貫して、技術の関心は、鋼橋、コンクリート橋に向いていた。日本では、石橋の組織的技術改良はなかったことになり、明治、大正の架設はもっぱら従来の伝統技術によるものである。

径間を大きくするためには、伝統的石工の技だけでなく、計算法、基礎工法・支保工の施工法など、技術全般の発展を待つ必要があった。

(2) ヨーロッパ、中国の石橋技術の発展史*13~17)

ローマ期に遡るヨーロッパの石橋技術史も決して順調なものではない。いわゆるローマの石橋は素朴で確実な作りであるが、径間は通常は10数m程度(最大は例外的に大きいサン・マルタン(写真-4)の35m)である。加えて、アーチ石や橋脚も径間の割に大きなものである。

中世の人々は古く巨大な橋を「悪魔の橋」といい、技術的発展は滞ったとされる。

再び技術的発展が始まるのはルネッサンスからで、フィレンツェのベッキオ橋やサンタ・トリニタ橋で径間の拡大、薄いアーチ石が現れる。

更に、都市部(相対的に軟弱な地盤)での長大化への要求が強まると、橋体に穴をあけて重量の軽減を図り、径間を46mとしたイギリスのポンテブリッド(写真-2)は18世紀中頃である。

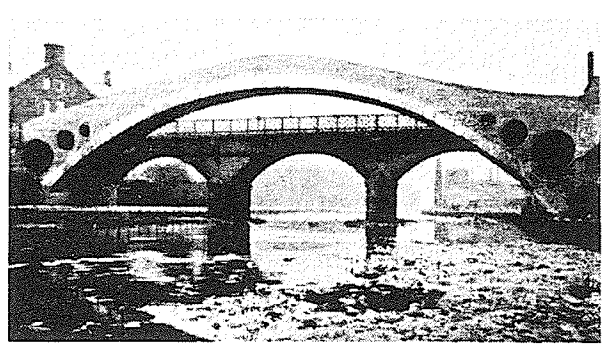


写真-2 ポンテブリッド(詳細は表-9のNo.9参照)出典*15)

産業革命を迎えると更に橋への需要と要求は強まり、設計法、施工法、デザインと様々な展開を見せる。ルクセンブルクのアドルフ橋径間85m、ドイツのフリードリヒブリュッケ(写真-5 径間90m)は20世紀初頭のことである。(図-7 ヨーロッパの石橋の発展史、表-9 代表的径間の橋1参照)

一方、中国では古くから多くの石橋が架設され、宗、清の頃には石橋の施工法の標準もできるが、径間は隋代の趙州橋37.5m(AD605、写真-6)を越えることはなかった。これが戦前まで続く。あの趙州橋を作った技術・民族をして標準仕様をはみ出すことはできなかった。

中華人民共和国になって、従来の石橋技術に西洋の橋梁設計・施工法を取り入れ、1950年代から再び石橋架設が盛んになり、1959年、黄虎港大橋(径間60m)等で趙州橋を抜き、1960年代からは100mを越え、1990年、鳥巢河橋(写真-7)は径間120mである。

(表-8 中国の石橋の発展史、表-10 代表的径間の橋2)

日本では、明治以来、和魂洋才、追いつき追い越せの下、技術輸入は当時最新最先端の鋼橋、コンクリート橋に向けられ、石橋は歴史的・観光的な紹介が多かった。

5. 石橋は工事費が高い？

(1) 工事費

石橋の施工ではおおよそ次の工程がある。

- ①基礎工
- ②支保工
- ③石材の切り出し、加工、組石工
- ④橋体中詰工
- ⑤橋面工

この内、石橋の構造的特徴は②③④であるが、②支保工は現場打ちRCスラブなどと類似するもので特別なのではなく、また、④橋体中詰工は石材のはつり屑などが利用でき、工事費への比重は小さい。石橋の特長は③石材の切り出し、加工、組石に集約される。

伝統工法のように、固い石材を厳密に加工するのは大変な人手、コストを要し、採石・整形・合端の加工などを国内で行う場合は通常のコンクリート構造などの数割増から2倍になると試算できる。

しかし、最も費用の掛かる石材の合端面は圧縮力を伝達するのみの機能であるから、合端面の厳密な加工を省

略し、コンクリートなどで間詰めすることが可能である。

加えて、応力解析で要求されるアーチ材の強度(参考2)は石材に限定する必要がないことから、アーチ材にコンクリートブロック、コンクリート廃棄物の固化材、従来主構造として用いられなかった低品位材なども利用することが可能で、これにより工事費もかなり安くすることができる。もとより、技術発展の止まった工法であるから、現在の技術をして様々な工夫が可能であり、工事費で相当の低減が期待できる。

(2) 耐久性、補修及びライフサイクルコスト

石橋の利点を十分に享受するためには、日頃のつき合い・補修方法を理解する必要がある。

アーチ石は軸方向の圧縮力を受け、これと直角方向にわずかながら膨らみを生ずる。これらの応力度は小さく、アーチ石にリサイクル品など低品位材の固化物を用いても基本的には半永久的(数千年)に耐えると考えられる。

しかし、材料・荷重は均質ではなく、必ず局部的には損傷するものである。一般的な連続体構造と異なり、本工法では部材はバラバラな状態であるため、その破損したものを補修すればよい(数十年から数百年周期)。補修はアーチ形状が極端に変形していない内は破損したアーチ石を外側からコンクリートなどを充填、成型すればよい(この種の事例はヨーロッパ、中国に多い)。

アーチ形状が応力度の伝達に支障を来すほど変形したときは、支保工を設置、全アーチ石を一旦外した後、損傷した石材を取り替え、所定の位置で再度組石することになる。ほとんどの石材は半永久的に再利用できる。

このように、維持管理費はほとんど必要としない工法であるため、従来の橋梁と比べ、ライフサイクルコストは飛躍的に改善されることになる。

6. その他の誤解

(1) 石橋などの離散構造は、安全性を定量的に確認できない?

従来、離散構造の解析は困難で、石橋の設計には経験的方法、図解法などが用いられていた。現在、計算器や解析手法の発展により、比較的手軽に石橋の応力状態が求められる。しかしながら、石橋の研究は絶対量が少なく、今後、多くの施工事例とデータの蓄積が待たれる。

(2) 石橋の秘法は一子相伝?

先に述べたように、お国の事情により石橋の歴史も異なるが、中国では現在も石橋の架設が進んでいる。これらの技術には、石橋施工の特殊性、経験に基づくノウハウはあるが、俗に言う秘伝とされるものではなく、土木技術一般に共通するものである(誰でも作れる)。

先に実施された鹿児島県の石橋移設復元では、小規模ながら、現在の計器・機材を用いて、正確、確実に施工された。これ自体は技術的に特別なことではないが、相応の工夫と注意力が求められ、長大橋に通ずるものである。

7. 石橋の環境適応性と効果

「21世紀、石橋が甦る」意義は以下のようになる。

①資源問題、環境問題に寄与

建設資材として一般的なコンクリートはじめ、従来、主構造として用いられていない低品位材、スラグ、コンクリート廃材などの利用を可能とし、これら循環技術の確立により、資源問題、環境問題に寄与する。

②景観に優れる

アーチ石橋のプロポーション、テクスチャーは、古くから親しまれており、アーチ外側のデザインで、自然の風景にも、多様な都市景観にもあう。

③耐荷性、耐久性、耐震性に優れる

拘束性離散体アーチの構造的利点は実験や解析を待つまでもなく、数多い世界の石橋の実績が証明している。

④工事費、維持管理費が圧倒的に安い

維持管理費が安いのは自明であるが、アーチの素材を選定し、合端の加工を少なくすることで、工事費も安くすることができる。

⑤石工の技に頼る伝統的な工法と異なり、現代的・合理的設計施工が可能

躯体の安全性、石材の応力度は個別要素法などにより照査できる。設計条件(外力、アーチ厚など)に応じてプレストレスを加えるなど、設計の自由度が大きい。また、施工技術の進歩を十分に享受できる。そして、技術はいつも伝統とイノベーションが求められている。

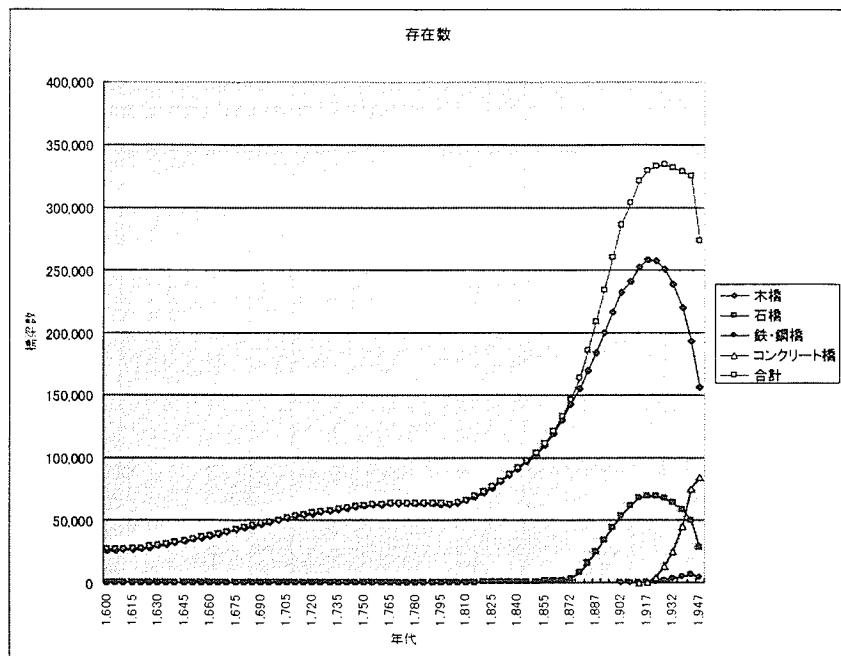
参考文献

- 1) 日本道路協会 日本道路史 技術編第5章橋梁 p 930, S52.10
- 2) 建設省道路局 橋梁現況調 1948, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956
- 3) 鈴木藤一郎 文化財の登録制度と歴史的土木施設—建設省の場合「文化財の登録制度と近代土木遺産の保存・活用」シンポジウム 土木学会土木史研究委員会 H8.12
- 4) 愛知県史、大分の石橋、熊本県史、東京府史、港区史、横浜市史、広島市史、その他郷土史
- 5) 道路協会 道路統計年報 2000
- 6) 羅英・唐寰澄 中国石拱橋研究 人民交通出版社 1993
- 7) 吉原、遼目他「石造アーチ橋の載荷試験と構造特性について」土木史研究No. 16, p 263, 土木学会 1996
- 8) 吉原、遼目他「個別要素法による石造アーチ橋の構造特性の検討」土木史研究No. 16, p 281, 土木学会 1996
- 9) 前掲1)に同じ, p 972
- 10) 三浦七郎「道路橋梁の震害とその対策」道路改良 6巻1号 p79, 道路改良会 大正13.1.1
- 11) 小野田滋「阪神間・京阪間鉄道における煉瓦・石積み構造物とその特徴」土木史研究No. 20, p 269, 土木学会 2000
- 12) 前掲1)に同じ, p 849
- 13) Bundesminister für Verkehr Steinbrücken in Deutschland Beton-Verlag 1988
- 14) ARREY Bernard Les Ponts modernes. Tome 1. 18e-19e siècles. Paris, Picard 1991
- 15) Wilbur J. Watson Bridge Architecture New York, William Helburn INC 1927
- 16) Frank Brangwyn W. Shaw Sparrow A Book of Bridges. London 1914
- 17) Ruddock Ted ARCH BRIDGES AND THEIR BUILDERS 1735-1835 Cambridge University, London 1979

表-1 県別・時代別石橋架設数

[illegible]

図-1 年代別橋種別存在数



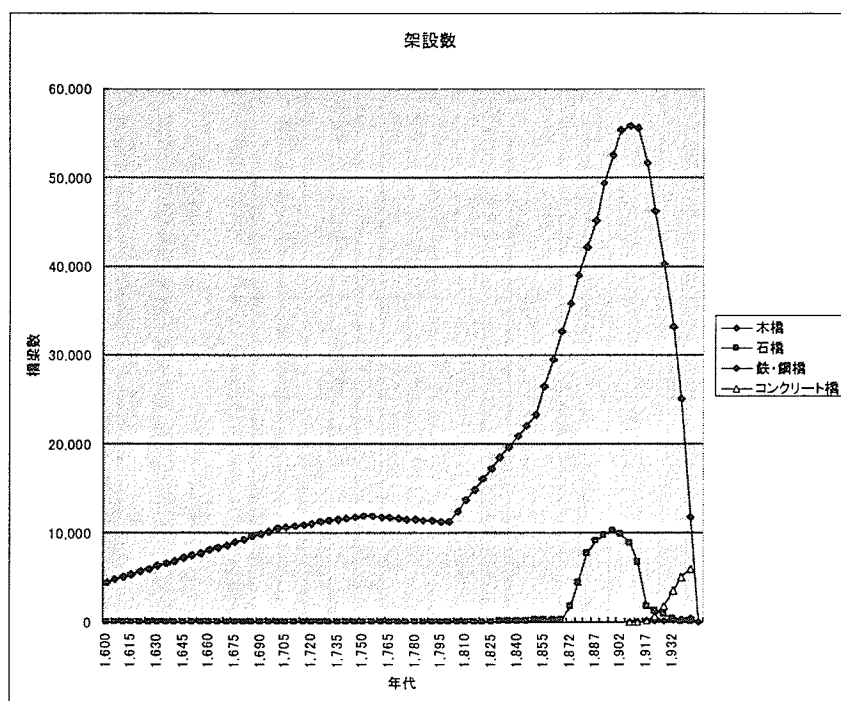
橋梁は用途から、道路橋、鉄道橋、水路橋、歩道橋、農道（道路又は歩道）等に分類されるが、この内、資料に記載がある限り、道路橋を対象とした。

また、管理者で国道、都道府県道、市町村道、その他に分けられ、橋長も2m.6m.15 m以上の区分で集計されていたりするが、資料が不足するところは推定補完した。

用いた資料は、表-3 に示す明治35,40,45年の橋種別橋梁数（内務省）と表-5 昭和23,28,31年の橋齢調書（建設省）の他、郷土史などである。

存在数は、橋種毎の架設数の累計から架替（寿命）、撤去（取壊し）などの累計を引いて求めている。

図-2 年代別橋種別架設数



横軸は時代で5（凡例は15）年間隔、縦軸はそれぞれ、石橋の存在数、架設数（5年分）である。

データが不足する江戸時代の木橋の推定は日本の人口と耕地面積が関連している報告*8）から、木橋架設数においても人口と関連していると仮定し、先の統計データがあるものと摂動させるように推定した。木橋の物理的耐用年数は27.5年とした。

【参考1】エポック

明治4年 堤防橋梁積方大概（木橋）

堤防橋梁組立之絵図

明治20年代 木鉄混合トラスの技術書

明治元年 くろがね橋 明治2年 吉田橋

明治45年 鋼鉄道橋設計示方書

明治36年 メラン式RCアーチ

明治42年 広瀬橋

表-3 明治の石橋数

	合 計	国道橋	県道橋	里道橋	鉄 橋	石 橋	木 橋	土 橋	その他
明治35年	286,152	9,275	35,821	241,056	85	53,478	130,938	101,289	362
		3.2	12.5	84.2	0.0	18.7	45.8	35.4	0.1
明治40年	303,352	9,514	38,093	255,745	114	61,816	131,547	109,321	554
		3.1	12.6	84.3	0.0	20.4	43.4	36.0	0.2
明治45年	321,469	9,504	39,255	272,710	315	67,935	135,099	117,497	623
		3.0	12.2	84.8	0.1	21.1	42.0	36.6	0.2

明治年間における道路種別別、橋梁材種別調査表(文献*1)

上段の数字は橋梁数、下段は構成率%
橋長6m以上、土かぶり3m以下。

この他、昭和9年の調査で、最重要路線とされた国道1号、2号の橋梁で木造：石造の構成比は約2：1であったとされる*12）。

【参考2】アーチの応力度

アーチ部材の応力度は軸力の大きさと部材の厚さで決まる。従来（石造アーチ橋）の経験に基づく部材寸法の取り方では、極薄リングや超扁平リング以外は過大設計になっている。鹿児島県西田橋の例では、石材の許容応力度100kgf/cm²に対し、自重による最大応力度は8.0 kgf/cm²、活荷重による最大応力度は3.0 kgf/cm²と推定された。*7,8)

表-4 関東大震災の道路橋の被災(東京市)

橋 梁 橋 種	橋数	震害		火害	
		橋数	比率(%)	橋数	比率(%)
木 橋	420	6	1.4	276	65.7
鋼 橋	60	6	10.0	49	81.7
石 橋	144	2	1.4	5	3.5
コンクリート橋	4	4	100.0	0	0.0
鉄筋コンクリート橋	47	0	0.0	10	21.3
合 計	675	18	2.7	340	50.4

出典*1)

鋼橋の震害、火害は当時床組が木材であったため、地震後3日間続いた火災で炎上した。
震災直後、三浦七郎は「道路橋梁の震害とその対策」*10)で詳細に触れ、アーチ橋の健全さを指摘している。

表-6 日本の石橋の径間順位

橋 名	架設	径間 (m)	橋長(m)	連数	幅員(m)	拱矢(m)	拱矢比
轟(とどろ)橋	昭和7(1932)	31.60	68.5	2	2.50	9.0	3.5
大野橋	昭和19(1944)	30.00	64.8	2	5.50	21.0	1.4
明正井路合川補水4号橋	昭和18(1943)	30.00	40.0	1	1.10		
近戸橋	明治26(1893)	30.00	38.0	1	4.20		
出合橋	大正14(1924)	28.70	39.0	1	3.90	7.5	3.8
霊台橋	弘化4(1847)	28.30	37.5	1	5.60	14.2	2.0
通潤橋	安政元(1854)	28.20	76.3	1	6.30	14.4	2.0
松尾橋	大正13(1923)	28.00	35.0	1	3.50	7.0	4.0
緒方橋	明治44(1911)	27.70	46.0	2	4.00	7.9	3.5
下大河平水路橋	昭和3(1928)	27.50	58.2	3	2.30	15.3	1.8

径間の記述のある1,677橋から上位10橋をリストアップしたもの。
現存しないがスパンの大きいもので栗野轟橋(写真-3、鹿児島川内川)がある。ただし、詳細は不明。

表-5 終戦直後の橋種別橋梁数

	区分	鉄橋	石及びコンクリート橋	木橋	計
昭和23	国、都道府県道	2645	52183	52224	107053
	市町村道	2346	60515	104082	166943
	小 計	4991	112698	156306	273996
昭和30	国、都道府県道	3422	63047	57784	124253
昭和31	国、都道府県道	3504	65620	56206	125331

出典*2)

橋梁現況調には橋種別、橋長別、橋歴別、管理区分別、地域別に記載がある。ここでは合計の値のみ抜粋。
昭和27~29年はスペース上省略。
昭和27年以降の市町村道は不明。

表-7 ヨーロッパの石橋の発展史

		架設年代(世紀)																				計	時代不明																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
径間m (未満)	10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

表-8 中国の石橋の発展史

		架設年代(世紀)																				計	時代不明										
		-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	16	17	18	19	20		
径間m (未満)	10																2	1	1	1	1	3	2	2	2	5	3	6	12	13	54	12	
	20													1		1	1				2	1	3	1	2	8	6	4	5	18	53	11	
	30															1						3	1		1	1	1			2	28	3	
	40																1														9	11	2
	50																									1					3	3	2
	60																														8	8	2
	70																													5	5	1	
	80																														1	1	
	90																														3	3	1
	100																														3	3	1
	110																													3	2		
	120																													3	3		
	130																													1	1		
橋数													1		1	5	1	1	1	3	7	6	3	5	15	10	10	17	89	175	35		
平均m													13		12	15	7.2	7	8	8.8	15	12	10	12	13	13	9.1	7.8	35	23.5	21.9		
径間不明												1	1		1	3	3	1	2	12	6	15	10	8	6	17	10	15	23	27	161	142	

図表-7.8 について

ヨーロッパ、中国とも約500橋から径間長・架設年代の記載のあるものを集計した。
表中の数字は架設数で、横軸は架設年代、数字は世紀を示す。縦軸は径間長で数字の未満であることを示す。

表-9 代表的径間の橋 1 (ヨーロッパ)

番号	国名	地域・都市	橋 名	架設年	径間 (最大)	年代、備考 その他	索引 No.
1	イタリア	アオスタ、サン・マルティノ	サン・マルティノ橋、サン・マルタン橋	-120	35.6	BC.120、前1世紀、BC144、BC25再建	25
2	イタリア	ローマ	ファブリチオ橋、クトロ・カピ橋、マーキュリー橋	-62	24.5	B.C.62	27
3	スイス	ヘルン	アール河の橋	1250	46.0	13C	80
4	スペイン	マルトレル	マルトレル橋、ディアブロ橋「悪魔の橋」	1295	37.3	1282～1295、凱旋門はBC8	92
5	フランス	セレ	セレ橋、ディヤブル橋	1339	45.5	1341説、中世3大アーチ	101
6	イタリア	ヴェローナ	スカジエロ橋	1355	48.7	カングラネ2世スカジエロ、1353年(太)、1355(橋)、1945年ドイツ軍により破壊、その後復原	115
7	イタリア	トレット	グイスコンティ橋、アッタ川橋	1375	72.0	アッタ川	117
8	フランス	グラン・ボン	グラン・ボン	1500	49.2	15-16C	135
9	イギリス	南ウェールズ、カーディフ近郊	ホント・ブリット・ホント・フリース橋	1756	42.7		228
10	イギリス	Chester	グロウナー橋	1833	61.0	当時のスパン最長	401
11	ルクセンブルグ	ルクセンブルク	アルフ橋	1903	84.7		1899-1903
12	ドイツ	フラウエン	フリードリッヒブリュッケン、スリュタル橋	1905	90.0	11個の穴 拱矢比0.2	514 518

表-10 代表的径間の橋 2 (中国)

番号	省・市・県	橋 名	創建	径間	橋長	連数	備考・補 修他	検索 番号
1	河北省	方順橋	309	13.3	16.6	2		15
2	河北省	安濟橋(趙州橋)	605	37.0	50.8	1	拱矢比1/5	24
3	広東省の自治区	茶江橋	1959	52.0	120.0	2		272
4	湖南省	黄虎港大橋	1959	60.0		3		418
5	湖南省	徳山大橋	1960	65.0		1	拱矢比1/6	280
6	雲南省	長虹大橋	1961	112.5	171.2	1		283
7	広東西の自治区	紅渡橋	1966	100.0	235.0	3		295
8	四川省	紅旗橋	1968	111.0				299
9	四川省	九溪溝大橋	1972	116.0	140.0	1	拱矢比1/8	315
10	湖南省	鳥巢河橋	1990	120.0	241.0	1		353

表-9,10 は、表-7,8 から架設時に径間長を更新した(着色したところなど)なかで、代表的なものを例示した。

また、この中でも代表的なものの写真を以下に添付した。

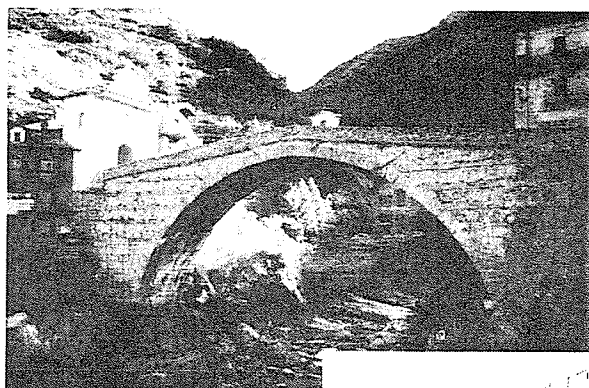


写真4 サン・マルタン
(詳細は表-9 の No.1 参照)

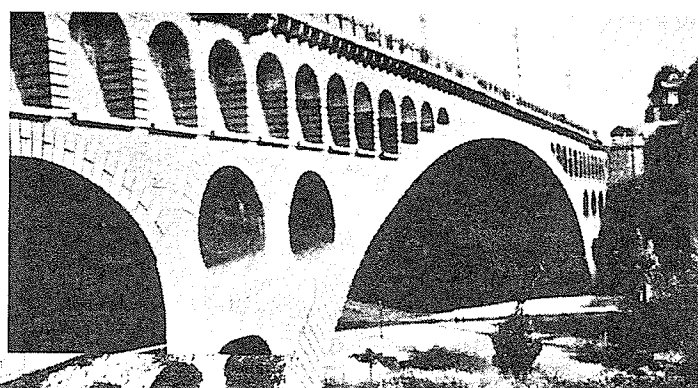


写真5 フリードリッヒブリュッケ
(詳細は表-9 の No.12 参照、出典*15)

写真3 栗野高橋
(鹿児島川内川
写真：吉井龍巳氏)

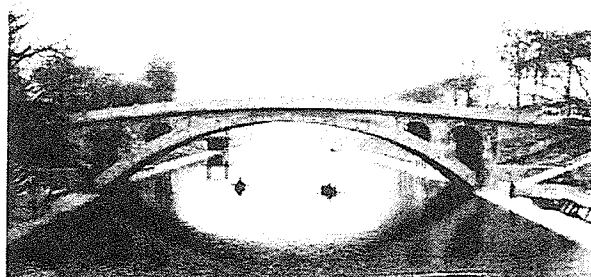
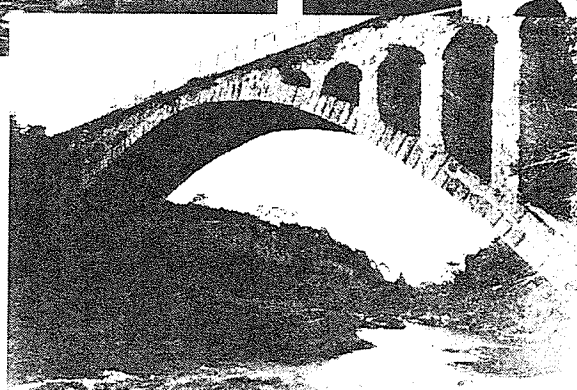


写真6 趙州橋(詳細は表-10 の No.2 参照、撮影：秋山裕史氏)



写真7 鳥巢河橋(詳細は表-10 の No.10 参照、撮影：鄧 検良氏)