

# 簡単な石造アーチ橋の作り方

平成14年2月

ほつま工房株式会社

<http://www.hotsuma.jp/>

## 1. 簡単な石橋の作り方

### (1) 石橋キット



支保工（組立時、煉瓦を載せる蒲鉾型の台）

橋台（橋の両サイドの台、径間 1.3m）

くさび（支保工の高さ調整用）

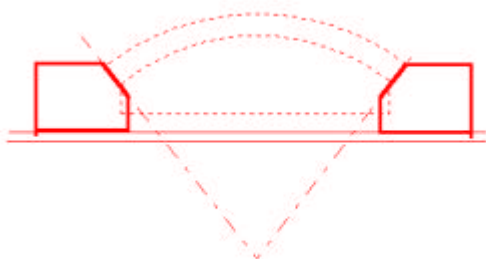
間詰め用砂とショベル（砂の代わりにモルタルを使うと簡単に壊れなくなる。）

砂を濡らす水と霧吹き

軍手、金槌、掃除用刷毛も使う

（この他に煉瓦（大 210 × 100 × 60... 21 個、小 100 × 100 × 60... 21 個、市販品）が必要）

### (2) 橋台（事前に作成）



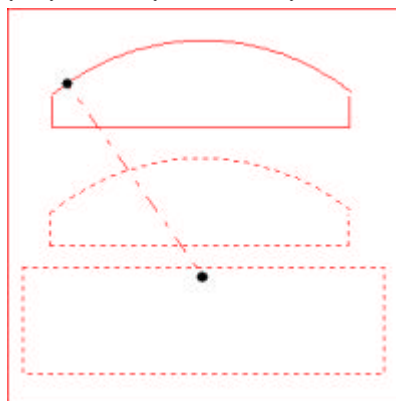
橋台はアーチ端部の中心線の角度にあわせて加工する。  
橋台には大きな水平力が掛かるので動かないことが肝要。  
（写真のものは底面から釘を打ってある。）

自然地盤の時は基礎工をしっかりすること。

本来、アーチ石橋にはアーチと路面の間に中詰石があり、アーチを拘束し、安定する。

ここでは簡単にするため中詰、路面を省略し、安定のためアーチを扁平にし軸力を大きくしているの、橋台の水平反力は大きくなっている。

### (3) 支保工（事前に作成）



ベニヤ板から蒲鉾の型、上に貼る板を切り抜き、ボンドで接着する。

別途、リップを作り、適宜補強すること。

蒲鉾型の円弧は糸の先に鉛筆を付けて描く。

ベニヤ板はカッターで切れるもの（約 1 mm）で十分であるが、何回も使うときはその分厚めに。

### (4) くさびを配置



なお、石橋を解体するときにもくさびを使う。

解体で、くさびを打ち込む時、くさびの頭が壊れることもある（消耗品）

### (5) くさびの上に支保工を配置



くさびは支保工の補強リップの位置にある

(6) 支保工の上に煉瓦を置く



煉瓦の高さはくさびで支保工の高さを調節し、橋台の高さと合わせる。橋台間に煉瓦がちょうどよく（整数倍、ここでは 21 個）納まるように計算するが、微調整はくさびで行う。煉瓦は大小交互に並べる方がよい（安定、見た目）。

(7) 煉瓦の配置完了



側面から見た煉瓦上面の隙間は当然であるが、上から見た縦の隙間はない方がよい。（右の写真は悪い例）また、縦に煉瓦の位置を揃えること。

煉瓦の間（上側）に隙間がある



(8) 煉瓦の隙間に砂をまく。



砂でなくてもよいが、何かを隙間に詰め、煉瓦がグラグラしないようにする。砂は煉瓦の上面、側面にしっかり詰めた方がより安定する。

(9) 煉瓦の隙間に砂を詰める



砂が乾いていると側面からこぼれる



この時は砂に水を含ませるとよい。煉瓦はそれぞれ形が違うので、下面も隙間が空いている。気にせず、砂を詰めればよい。

(10) 砂は水のサクシオンにより自ずと固まる。



(11) 砂の間詰め完了



(12) くさびを抜く



支保工と煉瓦の間に隙間ができる。

(13) 支保工を抜く



(14) 完成



橋の上でジャンプしても壊れることはない。



橋が深い深い峡谷の上にあっても怖くはない。

(15) 解体

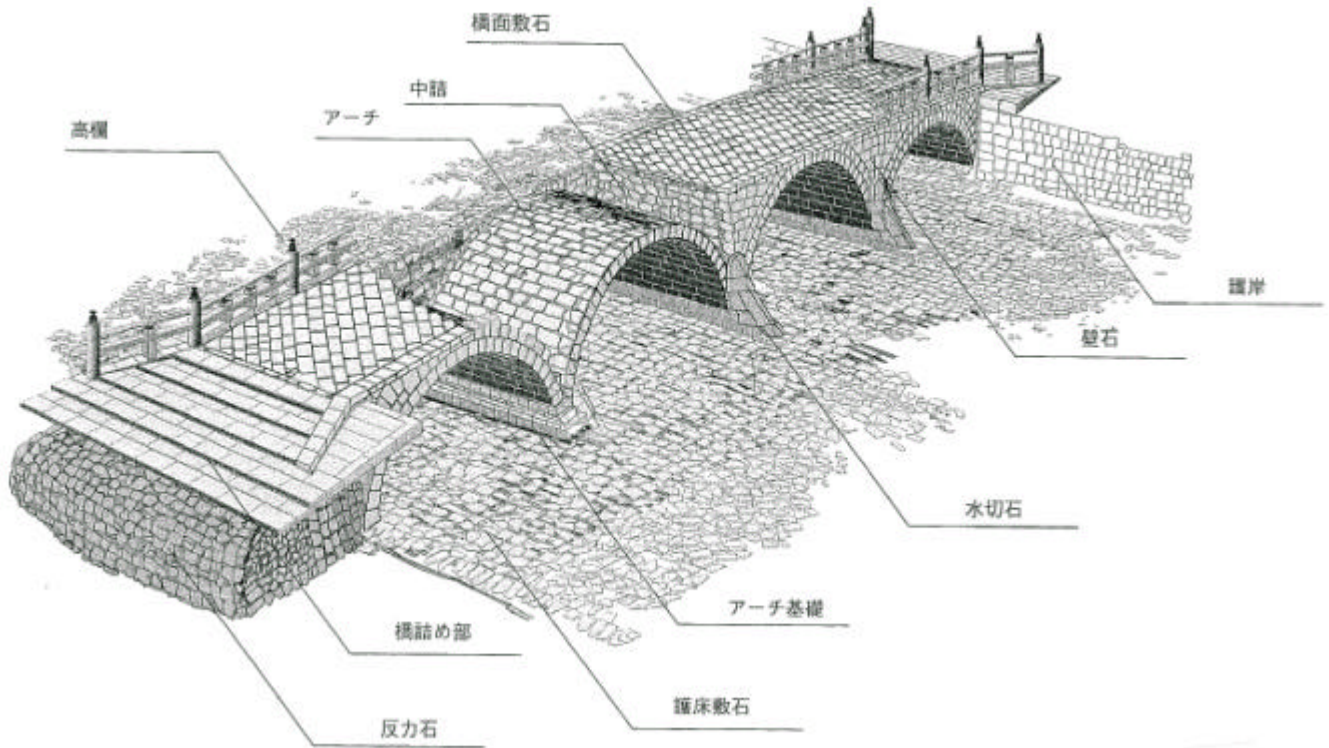
解体は支保工を入れ、くさびを打ち込み、煉瓦を若干浮かせると、バラバラになる。

(16) 結論

石橋は簡単に、誰でも造れる。  
しかも、強くて、長持ち。  
かつ、美しく、楽しい。

## 2. 補足

### (1) 石橋の構成と名称 (西田橋 (鹿児島) 報告書より)

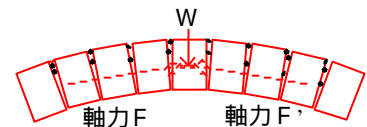


### (2) アーチ石はなぜ宙に浮かぶか? (石橋の原理)

#### アーチの軸力

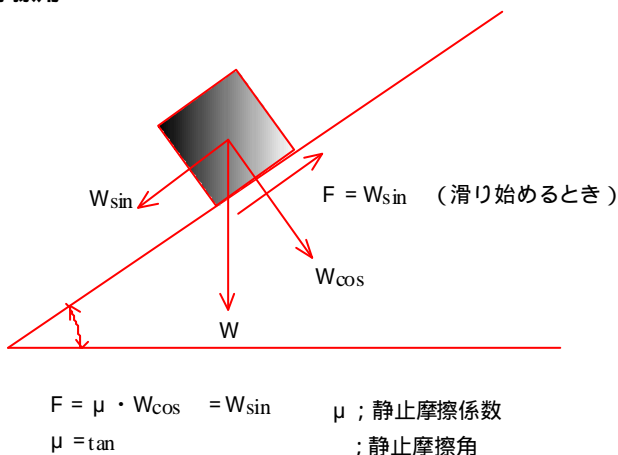
煉瓦の自重や荷重 $W$ はアーチの軸力 $F$ ,  $F'$ と釣り合い、支えられている。

すなわち、目には見えないが、煉瓦間には自重や荷重 $W$ 以上の大きな圧縮力 $F$ が発生していることが分かる。



煉瓦の自重や荷重 $W$ は軸力 $F$ ,  $F'$ と釣り合い、支えられる。

#### 摩擦角



理科で習ったように、斜面の角度が斜面と物体の静止摩擦角より小さい場合、物体は(いくら大きく重くなっても)滑り落ちない。

石橋でも、アーチ軸に対し隣り合うアーチ石(煉瓦)の角度が摩擦角より小さいとき、上の荷重に関わらず互いにずれることはない。

注意) 伝統工法の石橋のアーチ石

アーチ石の形はアーチに合わせた台形をしており(上図参照)アーチ石間の隙間は原則ないようにしていた。

なお、アーチ石の形がアーチの形以上に下向きの場合、「石が跳ねる」ことがある(大分の石橋の古文書に記述あり)。

この場合、アーチ石の正確な加工が重要になり、また、堅い石材を加工することは大変な手間であった。

しかし、上の摩擦角の原理からアーチ石はアーチの形に合わせた台形である必要はないことが分かる。

ここでは、方形の煉瓦とその隙間には砂を使っているが、上の摩擦角が保たれる限り、アーチ石の形状は何でもよい。

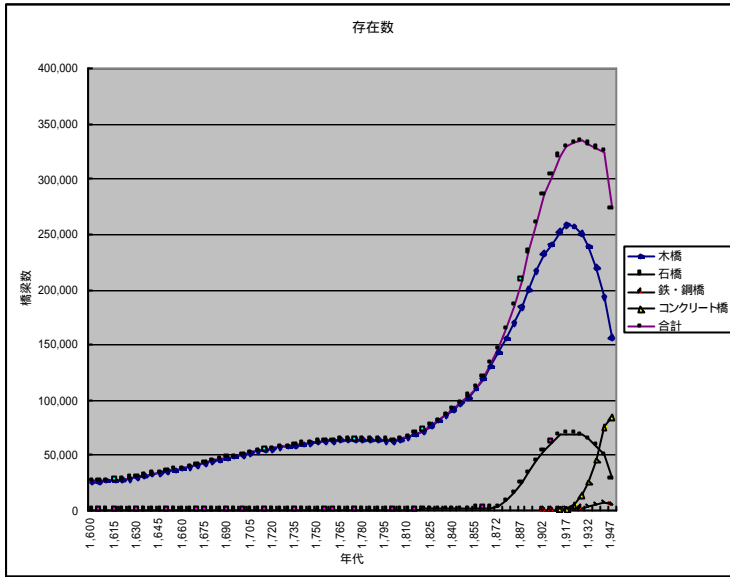
#### 強度

物質はおおよそ圧縮力に対しては非常に強い。詳細な計算によると通常の石橋では自動車荷重に対して約10倍以上の安全率があることが分かっている。

このことから、石材の代わりに煉瓦、コンクリートガラ、石炭灰やスラグなど廃棄物の固化材も使えることが推測できる。

3. 余談 割り箸で橋が造れる！（風土に合わせいろんな橋が考えられてきた（日本 v s 中国 v s メソポタミア））

(1) 日本の橋

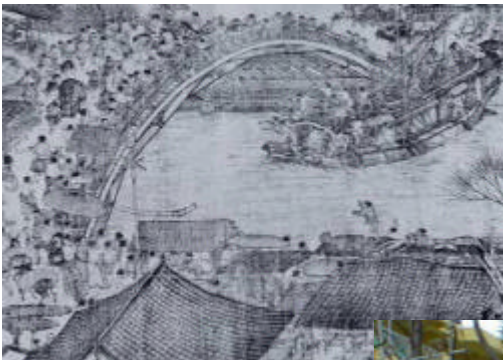


古来、良質な木材に恵まれた日本では、橋は木で作られてきた。（例外的な形式（猿橋、祖谷のかずら橋、錦帯橋、愛本橋など）が有名だったりするが、橋のほとんどが木橋（土橋）であった。）



田舎の土橋（江戸時代；出展甞る幕末）

(2) 中国 - 清明上河図（部分；宋）



割り箸でも大きな橋が作れる。

割り箸の橋（全景）



スパン 77cm  
幅員 18cm  
耐荷力 20kg

（相似形で10倍に拡大（スパン7.7m 割り箸の梁高は5cm、長さ2.0m）すると、耐荷力2,000kg程度と歩道橋として耐力を持つ。）

（出展；世界文化史大系）

中国は大きな木に恵まれない。そこで、比較的小さな木で大きな橋を作る技術が考えられた。後に述べる船の作り方も参照。



割り箸の橋（側面から）

(3) パピロンの塔とイシュタル門（パピロン）



（出展；世界文化史大系）

木に恵まれなかったメソポタミア地方では、紀元前4,000年頃には日干し煉瓦でアーチ橋を作る技術が発展した。

このアーチ技術はその後、エトルリア人に受け継がれ、ローマに伝わり、道路橋、水路橋（2,000年経った今も使われている）として活用された。

ファブリッチオ（イタリア BC.62）



（出展；BridgeArchitecture）

参考 風土の特徴は、船の作り方でも異なってくる。



蓬萊古船（出展；中国登州古船博物館 HP）  
中国では首柱、主竜骨、尾竜骨など、船体の骨組みを作り、それに比較的小さな板を張り船体とする。比較的小さな木でも大きな船が造れる。



菱垣廻船（出展；玉島歴史民俗海洋資料館 HP）  
和船は厚手の板を張り、船体を作る。大きな木に恵まれれば、船を経済的に作れるが、大きな船には向かない。

#### 4. 橋の将来

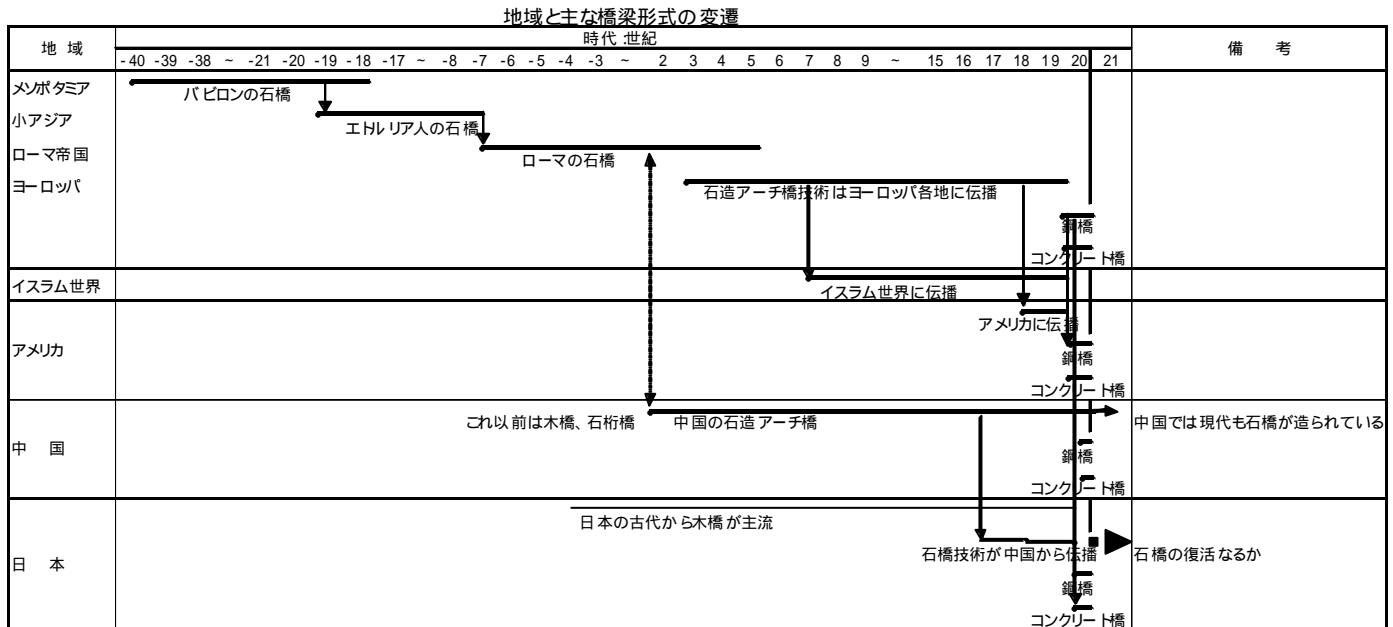
##### 橋梁の種類と特徴

橋梁の種類と特徴

	径間	耐荷力	耐久性	その他
木橋	20～30m程度	小	約20年	自然材料
石造アーチ橋	現在最長は120m	大	2,000年以上	自然材料、廃棄物が出ない
鉄筋コンクリート橋	約400m	大	50～100年	資源、環境、財政問題を誘起
鋼橋	1～2kmまで	大	50～100年	資源、環境、財政問題を誘起

石造アーチ橋は現代にこそ求められる特徴を備えている。

##### 橋の形式の変遷（イメージ）



世界的にみれば、紀元前 4,000 年前から、鉄の量産が可能となり鋼橋、鉄筋コンクリート橋が出現する 20 世紀に至るまで、橋の主流は石造アーチ橋であった。（上の図は時代の一部を割愛している）

日本ではなじみの薄い石橋であるが、江戸時代初期、石造アーチ橋技術が中国から伝えられ、全国に伝播した。橋は従来木橋が主流であったが、明治政府は富国強兵、不燃都市建設を目指し、石橋を多く建設した。以来、コンクリート橋、鋼橋が主流になる昭和初期まで石橋が主流であった。

21 世紀、環境問題、資源問題、財政問題等を前にし、再び石造アーチ橋の特徴が見直される。