

# 東京の橋

## 下町の誌上橋めぐり—日本橋(その2) アンコの話

日本大学理工学部社会交通工学科 特任教授 (産業考古学会 会長)

伊東 孝

今回の話は、日本橋のアンコの話が中心である。なぜアンコに煉瓦とコンクリートを入れたのか、機会をとらえて橋屋さん(橋梁の専門家)に話を聞き、データを検討し、数値も算定してみた。アンコの問題は、いままで誰もふれていない(と思う)ので、内容が多少くどくなったところもあるが、今後の研究調査に期待を込めて、今回は推測も含めて記してみる。

いろいろヒアリングをした中で、橋梁工学が専門の依田照彦先生(早稲田大学教授)は、日本橋100周年を迎えるにあたって、修理工事をしたときの委員長をされていたので、明快な見解をもっておられた。先生の御了解をえて紹介する。

「なぜ煉瓦とコンクリートを充填したのか」である。

「煉瓦とコンクリートを利用したのは、アーチとして大変扁平で幅が広がったので、コンクリートで一体化させ、中央部は軽くするためコンクリートの代わりに煉瓦を使用したものと思われま。す。(軽くすることで、橋脚の沈下を防ぐ。)また、電車の衝撃を避ける意味から橋の端部ではコンクリートを使っていることが力学的には重要です。」

ここには3つの論点が指摘されている。一点目は、日本橋が扁平アーチであること、二点目は中央部を軽くするため煉瓦を用いたこと、三点目は

電車の衝撃を避けるためにコンクリートを使用したことである。以下、順に説明していく。

### 1 | 扁平アーチの日本橋

九州に多く見られる空石積み(石と石との間にモルタルなどの接着剤は用いず、石との噛み合わせで石を積む工法)のアーチ橋は、アーチが半円に近い。これに比べると日本橋は扁平である。

専門的には、この扁平度を測る指標として、スパンライズ比、ないしはライズスパン比がある。スパンライズ比とは、アーチスパンをライズ(アーチの高さ)で割った値のこと。ライズを、弓を例に説明すると、弦を下にして弓を横にしたとき、弓のアーチ・トップから弦までの高さのことをいう。たとえば半径1の半円アーチ橋の場合、スパン(=直径)が2で、ライズ(=半径)が1なので、スパンライズ比は $2/1=2$ となる。スパンライズ比の値が大きくなるにつれ、扁平になる。

これに対し、ライズスパン比は、スパンライズ比の逆数で、ライズをスパンで割った値のことである。半径1の半円アーチの場合、 $1/2=0.5$ となる。こちらの場合、ライズスパン比の値が小さくなると、扁平になる(スパンライズ比の方がわかりやすいと思うので、以下はスパンライズ比で説明する)。



写真1 日本橋の上流側側面

二つのキーストーン（要石）の内側には煉瓦が、外側から両側の橋台まではコンクリートが充填されている。

伝統的アーチ橋のスパンライズ比は、石橋研究家の故山口祐造氏によると、3.0～5.8であるという。これに対し日本橋は、スパン70尺、ライズ9尺なので、スパンライズ比は7.78である。扁平になると、アーチを安定させるのが難しくなるので、アンコにコンクリートを入れて、一体化させたと考えられるのだ。スパンライズ比が大きいこと、つまり扁平アーチであることは、コンクリート・アーチ橋をふくめ、洋式アーチ橋ないしは近代アーチ橋の特徴となっている。

## 2 中央部の煉瓦は、橋を軽くするため

中央の橋脚には、理論的には左右からアーチ半分の荷重がかかり、あわせてワン・スパン分の荷重がかかることになる。これに対し橋台側は、アーチ半分の荷重ですむ。そのため中央橋脚の負担を少しでも軽くするため、煉瓦を用いたのである（写真1、2）。

具体的にはどのくらい違うのか。コンクリートと煉瓦の比重のちがいを見てみよう。日本橋で使用されたコンクリートと煉瓦の比重は不明だが、一般的には次のような値が知られている。文献によって多少違いはあるが、コンクリートの2.30に対し、普通煉瓦は1.70である。コンクリートは、煉瓦の1.35倍で、35%も重いのである。

上記の比重の値は、ネットの「比重データ」のホームページを参考にしたものだ。しかしこの表をよくみると、コンクリートの比重が1.80～2.45（セメント：砂：砂利＝1：2：4）という値もある。セメントの比重はあまり変化しないと思うが、どのような組成の砂や砂利を使うかによってコンクリートの比重が変わってくるということになる。

さらに依田先生からはその後、煉瓦の比重は、1.2～2.2の範囲で、1.7は平均値であり、当時の煉瓦は軽かったかも知れないとの説明もいただいた。これと、コンクリートの比重1.80～2.45とを考え合わせると、コンクリートは煉瓦の1.0～

2.04倍の重さになる（煉瓦の方が重たい場合もあるが、中央部を軽くするという前提で考えたので、煉瓦より重たい場合を想定した）。したがって極端な場合、煉瓦の重さがコンクリートの半分の場合もありうることになる。この場合、両橋台と橋脚にかかる荷重は、ちょうど1：1：1になり、均等になるのである。

### 3 煉瓦とコンクリートの費用

当時の先端材料である煉瓦とコンクリートの費用は、どのようになっていたのだろうか。検討してみた。米元晋一の論文「日本橋改築工事報告」（以下「米元論文」）に「単位工費」や「工事進行高」の表が掲載されているので、簡単に比較できると思ったが、単位のちがいなどからはつきりさせることはできなかった。それでもアンコという中詰材（ボリューム）として考えると、煉瓦の方がコンクリートより倍以上、値段の高いことがわかった。高くても煉瓦を使用する効用を優先させたことがわかる。以下、推定法について説明する。

#### (1) 煉瓦の材料費は、コンクリートの倍

工事に関する「単位工費表」からコンクリートの1立坪当たりの金額と煉瓦（モルタル配合比1：3）1000本当たりの金額（22,036円）が掲載されていた。内容からこれは、単位当たりの材料費とみなせるので、二つの材料を同一基準で比較できるか検討すると、煉瓦1立坪当たりの金額を算定できることがわかった。当時はまだ煉瓦の標準サ



写真2 右岸橋台（上流側）

本文ではふれなかったが、橋台翼部のアンコも煉瓦である。

イズは決まっていなかったが、とりあえず現在のJIS規格の煉瓦寸法210×100×60（mm）で仮定して、1立坪当たりの煉瓦個数を計算すると4860本となり、煉瓦で1立坪積むには数字を丸めて5000本とした（煉瓦1立坪=5000本）。金額としては、110.18円になる。

これをコンクリート1立坪の金額と比較すればよいのだが、コンクリートは5種類の配合比（セメント1：砂2：砂利4～1：4：8）があり、それによって値段がちがう。両端の半アーチ部の配

表1 煉瓦積とコンクリート打設の一日当たりの使用材料数量と賃金

工事種類	使用材料数量	職人	人数	賃金
煉瓦積	6200本	煉瓦工	2.2人	2.2円
		煉瓦手伝	9.4人	4.23円
コンクリート打設	3.42立坪	土方	7.8人	3.9円

◆煉瓦・コンクリートの1立坪手間賃の比較

6200本の煉瓦手間賃	$2.2円 + 4.23円 = 6.43円$
5000本の煉瓦手間賃	$5000 / 6200 \times 6.43 = 5.19円$
1立坪のコンクリート手間賃	$3.9円 / 3.42立坪 = 1.14円 / 立坪$

表2 煉瓦・コンクリートの1立坪工事費（材料費+人件費）の比較

(単位：円)

工事種類	①単位工費	②手間賃	③計 (①+②)
煉瓦	110.18	5.19	115.37
コンクリート	52.288	1.14	53.428

◆工事費比較

$$\text{煉瓦} / \text{コンクリート} = 115.37 / 53.428 = 2.159 \approx 2.2$$

合比は、セメント量が一番少ない1：4：8が採用されているので、1立坪の金額は52.288円となっている。

以上から煉瓦の材料費は、コンクリートの2.1倍になる。

(2) 材料費に人件費を加えると？

米元論文では、「工事進行高」と称して、1日当たり何人の職工や人夫が働き、どれだけの材料を使用したのかについても表にまとめている。表には職工人夫に対する賃金の合計金額も掲載されていた。したがって合計金額を職工人夫数で割れば、1人あたりの人件費も算定できる。

まず1日当たりの工事の進捗状況（使用材料数量）と賃金の合計金額から煉瓦とコンクリートの1立坪当たりの工事費を比較してみる（表1）。

煉瓦は、1日当たり2.2人の職人と9.4人の手伝いで、6200本積んでいる。煉瓦工の合計賃金は1日当たり2.2円、手伝いは4.23円である。

コンクリートは、1日当たり3.42立坪打っているが、該当職人は明記されておらず、表から該当する職種を探すと「土方」しかいない。米元論文を読んでも、コンクリート・ミキサーを使用したような記述はない。当時はスランプ（コンクリートの硬さ）なども決められていなかったから、コンクリートの配合割合に沿って土方がシャベルで材料を切り返ししながら、砂利と砂、セメントを混ぜていったのであろうか。土方の人数は、7.8人、合計賃金は3.9円である（注参照）。

以上から、煉瓦6200本を積む人件費6.43円を求め、比例計算で5000本に要する人件費を計算すると、5.19円になる。同様に3.42立坪のコンクリート打設の人件費3.9円から1立坪に要する人件費を算定すると、1.14円になる。1立坪の煉瓦とコンクリートの工事では、煉瓦の手間賃はコンクリートのなんと4.6倍（ $\approx 5.19 / 1.14$ ）である。

したがって材料費をふくめた1立坪あたりの煉瓦およびコンクリートの工事費（材料費+人件費）

表3 職人一日当たりの賃金

職工人夫	円/人
石工	1.4
煉瓦職	1
大工	1
アスファルト工	1
石工手伝い	0.75
鳶人夫	0.6
土方	0.5
大工手伝い	0.5
アスファルト手伝い	0.5
煉瓦職手伝い	0.45

を求めると、煉瓦115.37円、コンクリート53.428円となり、煉瓦はコンクリートの2.2倍となる(表2)。煉瓦の手間賃はコンクリートの4.6倍であったが、材料費(単位工事)が大きな額を占める(人件費が安い)ので、全体に与える影響は少なかったことがわかる。

ちなみに日本橋に関わった職人の1日当たりの賃金算定表を掲載しておく(表3)。石工が一番高く1.4円、煉瓦職・大工・アスファルト工は同じで、各1円であった。

#### 4 電車の衝撃

三点目の「電車の衝撃を避ける」について説明する。橋上を車や市街電車が通ると、橋は振動する。振動は、道路と橋との継手部や、橋上路面に凹凸があると、不規則で大きな振動となる。このような振動を避けるために、「橋の端部ではコンクリートを使っていることが…重要」なのである(写真3)。

橋梁工学では、車などの動荷重を「衝撃荷重」の一種とみなしているので、依田先生は「電車の衝撃」という表現をされた。日本橋の設計当時、衝撃荷重の算定方法はなかったが、橋の設計者はこのような問題を施工方法で補ったと考えられるのである。



写真3 橋と道路との境界部

アスファルトは道路部、石敷きは橋梁部。石敷き下にコンクリートが充填されている。

注：煉瓦を積んだのは、全四期ある工事期間のうち、第三期工事の「橋台橋脚築造、拱及上部構造の一部(路面以下の部)拱架、既設縮切及土捨場板柵撤去、舟除杭建設諸工事一括」のときである。この時期の土方は一日当たり15.8人だが、工事の内容を考えると、すべてがコンクリート打設に従事したとは考えられない。ここでは第四期工事のコンクリート打設3.419立坪に対して土方7.8人の値を参考に算定した。

#### 【参考資料】

「比重データ」

<http://homepage2.nifty.com/TSE/hijyu.htm>

(写真：伊東 孝)