

## わが国におけるニューマチック ケーソン工法の歴史(その2)

福山大学 正会員 平川 脩士

Historical Study of Pneumatic Caisson Method  
in Japan

by S. Hirakawa

### 概 要

過去において、わが国のニューマチックケーソン工法の歴史について言及されている著書や報文などには、その年代や表現方法をとちがえて記述されているものが多く見かけられる。とりわけ、圧気工法がわが国にもたらされた時期のものに、これらが顕著のようである。

エアロックを用いた圧気工法の導入時期は1899年(明治32年)で、以来今日まで88年もの歳月が経過している。単独の工法としてこのように長年月にわたり定着している工法は数多くみられないと考える。これらの要因を考えてみるに、初期の時代に輸入された施工機械をわが国独自で改良し、活発に現場に活用してきたこと、設計方法の確立、さらに高度な工事管理方法が導入されてきたからではなかろうか。

本文は、わが国におけるニューマチックケーソン工法の歴史を3編にわけ、第1編<sup>1)</sup>は工法導入とその揺籃期のもの、第2編ではエアロック、シャフトなどの改良過程について、さらに第3編では設計法ならびに工事管理法などについてとりまとめたものである。(基礎工、施工法、ニューマチックケーソン工法)

### 1. はじめに

ニューマチックケーソン工法によって地下構造物を施工する場合、作業室に圧縮空気を送り、ある深さにおける作業気圧を、作業員や土砂バケットの出入があっても、一定に保持するためには、エアロックならびにシャフトが必要である。第1編(その1)でも述べたように、M. Triegerが1841年に自ら発明したエアロックによって炭坑のたて坑の工事を施工している。しかしながらニューマチックケーソン工法そのものの特許は、1830年にsir Thomas Cochraneが特許を取り、エアロックも考案したようであるが、彼は一度もこれを使用しなかったらしい<sup>2)</sup>。1841年以降欧米で盛んに利用されたニューマチックケーソン工事では、施工の当事者が独自のエアロックを考案して施工している。

わが国で使用されてきたエアロックは、明治時代後半のヨーロッパ系統のものと、大正末期から使用されてきているアメリカ系統のものがあるが、本編ではこれらの構造と、現在にいたる改良過程などについて述べる。

### 2. 19世紀後半のエアロックについて

ニューマチックケーソン工法について記述されている海外の著書には、施工事例によって構造が異なった

エアロックが紹介されている。たとえば、A. Brinton Carson は1860年代のものとして、図-1<sup>3)</sup>のようなエアロックを、またF. D. C. Henry はニューマチックケーソンの一般図として図-2<sup>4)</sup>のようなエアロックを紹介している。これらのエアロックは、いずれも作業員出入用と排土バケット専用のドアが別個に設備されており、英国では主としてこの系統のものが使用されていたようである。一方、フランスで使用されたものには、図-3、図-4のように作業員出入用と排土バケット用を別個にしたエアロックを考案している。

このように欧米各地で施工されたニューマチックケーソンでは、さきにも述べたように、施工業者が、その都度施工条件に合わせて、異なったエアロックを使用しているのが見られる。しかし共通していえることは、排土用エアロックの気密室容積をできるだけ少なくして、ドア開閉による圧縮空気の消費量を最小限におさえようとしている点である。このことは、Brennecke,

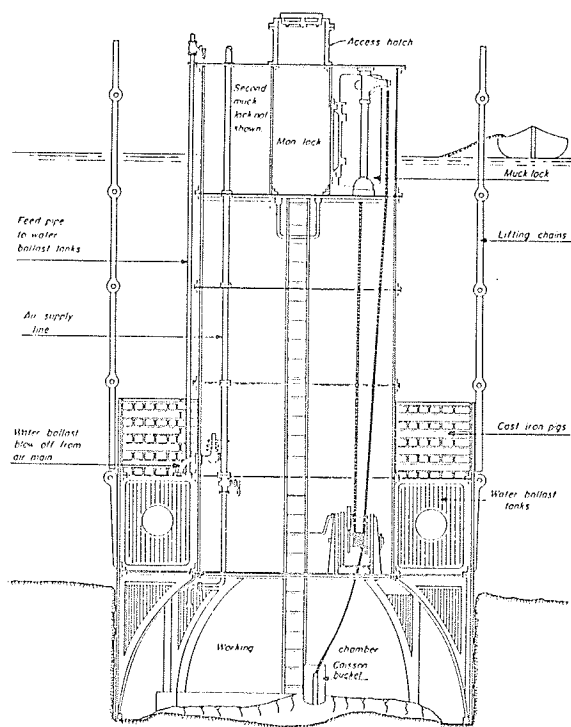


図-1 1860年代のニューマチックケーソン

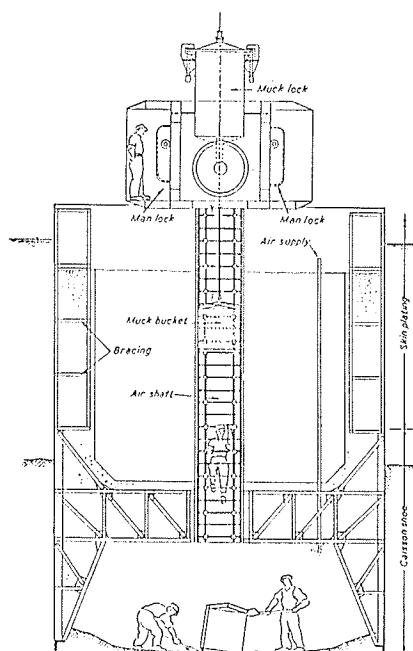


図-2 F. D. C. Henry が示したニューマチックケーソンの一般図

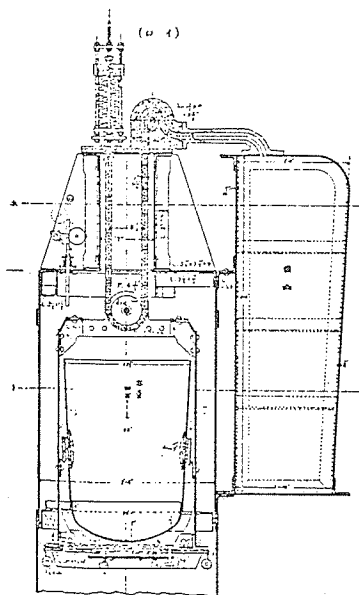


図-3 明治時代のエアロック（排土用）

Lohmeyer<sup>5)</sup>も指摘しており、当時の空気圧縮機（エアコンプレッサー）の容量に限度があったことから肯定できるものである。ただ、この系統のエアロックは重量が大きくなるため、艀装工のときに揚重能力の大きいクレーンが必要となる。

図-3、図-4は1899年（明治32年）に着工された横浜港岸壁工事における移動式ケーソン<sup>6)</sup>、ならびに1909年（明治42年）に着工された鴨緑江鉄道橋下部工の基礎ケーソン<sup>7)</sup>に用いられたエアロックであり、排土用と作業員出入用に分離することによって、ロック重量を軽減している。

このタイプのエアロックは、バリのMirabeau橋橋脚基礎ケーソンに使用されており、Zschokke・Terrierの考案によるものであって、排土バケットの昇降にチェーンを用いているのが特徴である。

わが国において、上記両工事に用いられたこのタイプのエアロックは、石川島造船所（現石川島播磨重工業）において制作されており、当時の所長であった渡辺嘉一<sup>8)</sup>が、スコットランドのフォース橋の工事経験があったことから、各種のエアロックの適否が検討された結果、このタイプのエアロックが採用さ

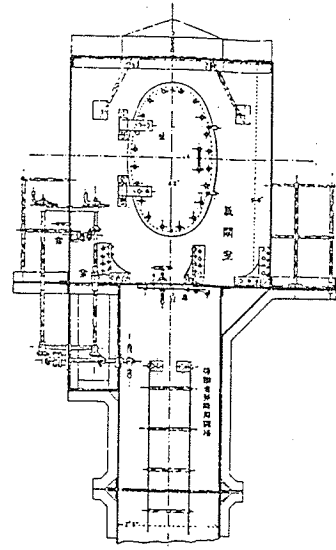


図-4 明治時代のエアロック  
（作業員専用）

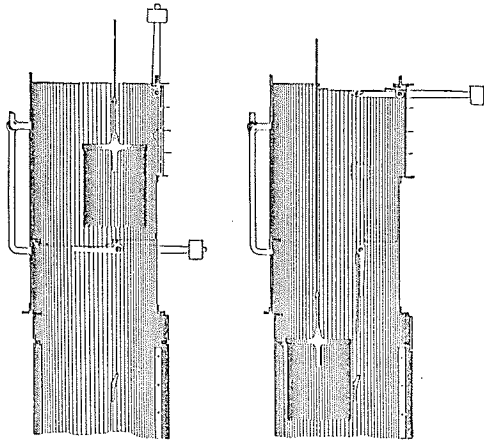


図-5 Moranのエアロック

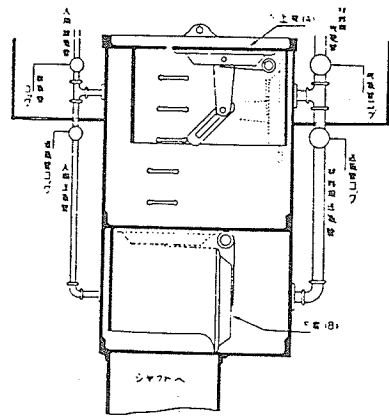


図-6 大正末期のエアロック

れたものとする。

これらのエアロックは1910年（明治43年）に、鴨緑江鉄道橋下部工事が完了して以降全く使用されていない。

### 3. 1924年（大正13年）以降のエアロックについて

前編において述べたように、1924年（大正13年）に着工された隅田川の橋梁架設工事において、その下部工にニューマチックケーソン工法が採用されるのであるが、「鴨緑江鉄道橋において経験があるにもかかわらず」との反論がおさえられ、大田円造の英断によって、Newyork Foundation Co. から、施工機械一式の購入と、3名の技術者を招聘して下部工のニューマチックケーソン基礎が施工開始されるのである。

欧米において、19世紀後期から橋梁下部工に主として採用されたニューマチックケーソン工法は、19世紀末から20世紀初頭にかけて、ニューヨークでビルの基礎工として盛んに用いられるようになる。これを主として施工したのがNewyork Foundation Co.で、基礎外径や現場の施工条件に合せたエアロックが考案されている。

ビルの基礎は、基礎外径が橋梁基礎に比較して小であるので、そこで考案されたのが図-5に示すMoranのエアロック<sup>9)</sup>である。このタイプは現在のものと類似した構造をしており、Singer Buildingの工事に用いられ、排土用と作業員出入用が兼用されているのが前記のものと相違している。

隅田川の橋梁基礎ケーソンでは、前述のようにこの会社の製造になるエアロックを使用することになったので、このタイプの改良型となったようである。

橋梁の基礎ケーソンはビルの基礎と異なって、一回の排土量を大きくしなければならないうえ、作業員も多人数入室をさせる必要があり、これに合せてわが国にもたらされたのが図-6<sup>10)</sup>に示すようなエアロックである。

以来現在まで、標準タイプのエアロックは、これと類似した構造がとられている。

隅田川の橋梁諸工事は、復興局の直轄工事であり、エアロックやシャフトを含む施工機械類の所管は当然当局にあり、しばらくの間この形態が続けられる。

#### 4. エアロックならびにシャフトの改良について

隅田川での橋梁下部工にニューマチックケーソン工法が採用され、その完工前の1926年(大正15年)8月には国鉄関西線の本曾・損斐両鉄道橋の工事に本工法が用いられたが、エアロックが不足したため、この工事用として10基のエアロックが米国から購入されている。

以後1927年(昭和2年)の新潟県万代橋のニューマチックケーソン工

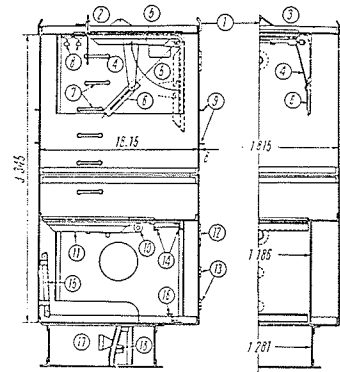


図-7 現在使用されているエアロック

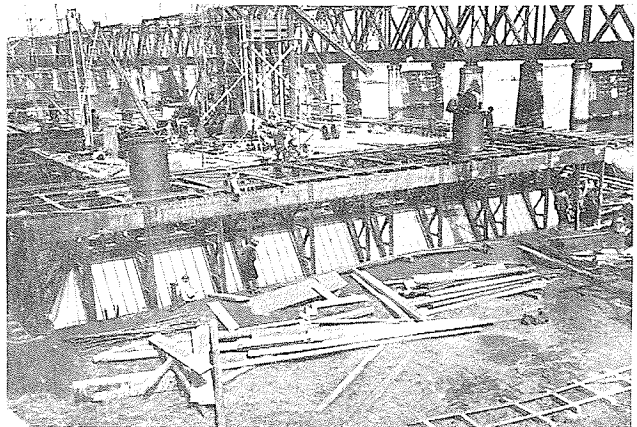


図-8 十三橋ニューマチックケーソンのシャフト埋込み

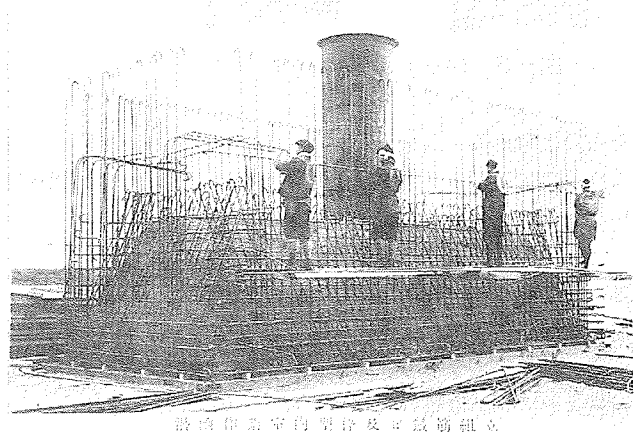


図-9 吉野川ニューマチックケーソンのシャフト埋込み

事までは直轄形態が続くが、1929年以降の橋梁工事では、建設業者による請負形態に移行してくる。しかしながら、ニューマチックケーソン工事用の主要施工機械類は、業者に貸与されており、その借入れ先は復興局ならびに鉄道省（旧国鉄）となっていた。当時の施工業者は、間組、銭高組、大林組の3社であったが、1930年（昭和5年）に東京潜函基礎工業（1940年解散）、1933年（昭和8年）に白石基礎工業（現株式会社白石）が専門業者として、それぞれ発足するにおよび、請負形態が、さらに専門業者への下請もしくは直接受注が主流となってきた。

隅田川や万代橋のニューマチックケーソン工事に従事した多くの技術者は、前記の建設業者や専門業者に転出し、自ら体得した施工技術を駆使して、多くの施工業績を残している。

専門業者が誕生して以来、従来使用していたエアロックやシャフトに、これらの技術者が改良を加えることになる。

#### （1）スペシャルシャフトの考案

わが国において、本格的なニューマチックケーソン工法が採用された隅田川の橋梁工事に続き、多くの工事に従事してきた技術者で、現在でも健在である方々は非常に少ない。なかでも直接工事に接したり、機械類の改良に当たってきた技術者は、筆者の知る限りでは、2～3名にすぎぬ状態である。

筆者は古い工事録写真のなかから、図-8<sup>11)</sup> や図-9<sup>12)</sup> のように作業室天井スラブに直接シャフトが埋込まれ、コンクリートに埋込まれる状態を発見した。現在では図-10のように、スペシャルシャフトを作業室天井スラブ上に置いて、その上にシャフトを取付けるのが一般的であるので奇異に感じていた。

スペシャルシャフトの考案経過は、「施工機械の完全転用を常に考えているのに、ケーソン1基あたり少くとも1本のシャフトを損失してゆくのは如何にも惜しい、何とかならないだろうか。しかも、その上のシャフトを撤去してゆくためには、ケーソン内部の湛水を作業室近くまで排除しなければならない。さらに非常な危険作業をとまなう。」といった要望から、1933年（昭和8年）9月から施工された、大阪駅西高架線補強工事（旧鉄道省発注・現清水建設から旧白石基礎工業が下請施工）において、大坪薫美氏<sup>13)</sup> が機械担当者として考案されたのが現在のスペシャルシャフトである。

当時は「専門業者でもあるから、特許まで取得する必要もなかろう」との上司の判断があったようで、以来各施工業者間でも使用されるようになった。

#### （2）エアロックの分割

初期に米国から購入されたエアロックの寸法は内径約1.82m、全高3.88m（ショートセクションを含む）で重量約5.4tのものであり、これを資材倉庫から現場に輸送するにあたって、しばしば問題が生じたようである。また、建築基礎ケーソンの場合は、揚重機の移動範囲に限度があるため、艀装作業に障害をきたすこともあり、担当者は非常に苦慮したと聞く。

たまたま、1935年（昭和10年）10月に着工された、東京放送会館基礎工事において、これに従事した白石幸三郎氏<sup>14)</sup> が、こうした問題に直面し、エアロックを図-11に示すように、上下2分割する案を

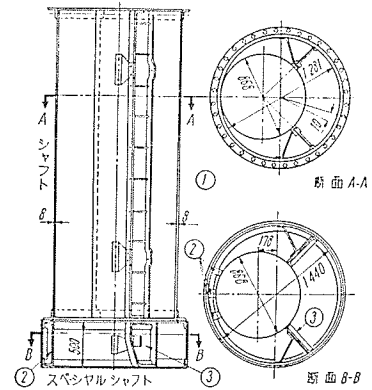


図-10 現在用いられているスペシャルシャフトとシャフト

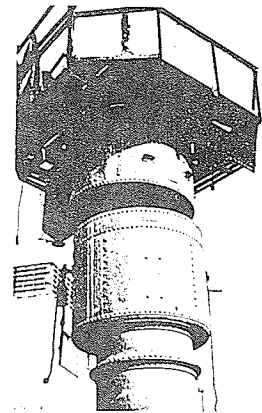


図-11 上下分割されたエアロック

考え、これを試作したところ、各種諸問題の解決に大きく寄与できた。以来前記白石基礎工業（現株式会社白石）においては、新たにエアロックを購入するにあたり、上下2分割できるものを製作するようになった。

このように、ニューマチックケーソン工法が、わが国に定着してゆくにしたがって、各種の施工機械に対する改良がなされてゆく。

## 5. むすび

1924年（大正13年）に隅田川の橋梁下部工事にニューマチックケーソン工法がとり入れられて以来、今日まで、関係施工機械の改良件数は数知れないものがある。現今では、エアロックやシャフトにとどまらず、作業室内の省力化や高圧下の作業を最小限にとどめようとする方策も試験段階の域を脱し、さらにまた、無人化への研究も着々とすすめられている。

本編では、エアロックやシャフトを中心に、わが国におけるニューマチックケーソン工法の、初期の時代におけるものについてのべた。

本文でとりあげた、エアロックやシャフトの改良については、これらが現在ではごく一般化されているため、当時の状況があまり知られていない。筆者は、現在健在である直接の関係者に接し、こうした改良過程について貴重な知識をえることができた。次編（その3）では設計法ならびに工事管理方法などについて、こうした知られざる事項をも含めてとりまとめてみたい。

## 参 考 文 献

- 1) 平川 脩士、わが国におけるニューマチックケーソン工法の歴史、第2回日本土木史研究発表会論文集、土木学会、p.52-54、昭和57年6月
- 2) A. Brinton Carson, 「Foundation Construction」, McGraw-Hill, p.338, 1965
- 3) 同上, p.341
- 4) F. D. C. Henry, 「The Design and Construction of Engineering Foundation」, E & F. N. Spon, p.328, 1956
- 5) L. Brennecke, E. Lohmeyer, 「Der Grundbau」, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, s.330-331, 1934
- 6) 「横浜港税関海面埋立工事報告」, 大蔵省臨時税関工事部編, 第11図, 明治39年3月
- 7) 山田 亀治, 「鴨緑江橋工事報告」, 帝国鉄道協会報第14巻第1号, 付図, 大正2年2月
- 8) 三浦 基弘, フォース橋と渡辺嘉一, 第2回日本土木史研究発表会論文集, 土木学会, p.48-51, 昭和57年6月
- 9) Jacoby & Davis, 「Foundation of Bridges and Buildings」, McGraw-Hill, p.372, 1941
- 10) 平山 復二郎, 「地底に基礎を掘る」, バシフィックコンサルタンツ（株）, 付第二図, 昭和30年7月
- 11) 「十三橋潜函工事報告書」, 大阪府十三工営所, 工事写真, 昭和5年8月
- 12) 「高徳線吉野川橋橋梁基礎潜函工事並に構桁架設工事誌」, 鉄道省岡山建設事務所, 工事写真, 昭和10年8月
- 13), 14) 平山 復二郎, 「地底に基礎を掘る」, バシフィックコンサルタンツ（株）, p.42, 昭和30年7月