

1. まえおき

過去において、ニューマチックケーソン工法の歴史に関し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りにくく記述されているものも多くみられる。かくいう筆者もそのうちの1人であり、10数年前に島崎雄次の指摘をうけて、文献の再確認を行った経験がある。以来適当な機会をとらえて、本工法に關する正しい変遷についてのとりまとめを行いたいと考えていた。

本文は、わが国のニューマチックケーソン工法の歴史を正確に分けてとりまとめたものの第1編であり、「(その1)」として本工法の襁褓期のものについて述べたものである。次編以降において、ニューマチックケーソン工法特有の施工設備、設計法ならびに工事管理法などについても、工法の発展とともにこれらの歴史を述べてゆきたい。

2. ダイビングベル、泳気鍾ならびに潜水函

コップ状の筒を逆にして水中に静かに沈めてゆくと、筒内の空気はコップが沈むにつれて圧縮され、この空気は水の浸水を防ぐように抵抗する。沈めた水深に等しい圧縮空気を送ると浸水はコップ下面で防止することになる。この原理を利用して1250年頃にヨーロッパで釣籠式の潜水機を用い、水中作業を行ったとされている。

1778年に英國のJ・スミートンがこの方法を取り入れ、図-1のような潜水機を用い、橋梁の基礎工事を行っている²⁾。この潜水機をダイビングベルとよんでいた。以来ヨーロッパでは水中の土木工事に多用されるようになり、レンニーによって改良が加えられ図-2のようなダイビングベルによる水中工事を実施された³⁾。

ダイビングベルはオランダ語でドイルクルコロッツ(Duikers Kloek)といわれ、1860年(明治元年)長崎製鉄所の岸壁工事に際し、オランダの技術者ハルデースの指導で利用されている⁴⁾。当時はこのレンニータイプのダイビングベルを「泳気鍾」と呼んでおり、これはわが国における圧気移動式ケーソン工法の始まりである。

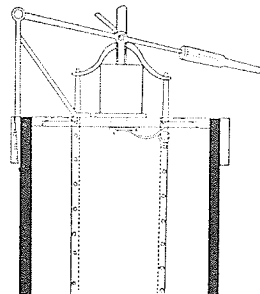


図-1 スミートンのダイビングベル

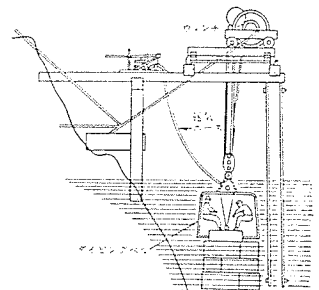


図-2 レンニーのダイビングベルと水中工事

長崎製鉄所は現在の三菱重工業長崎造船所の前身であり、この建設工事に關して島崎⁵⁾が詳細な調査を行っている。当時の「泳気鍾」は長崎島オランダ商館跡に図-3のように存置されている。

1859年(安政6年)に開港された横浜港は、明治22年~明治38年(1889年~1905年)の間に第1期港湾海面埋立工事が実施され、このときに図-4のような移動式ケーソンが用いられている。当時このケーソンの名称を「潜水函」と呼んでいた⁶⁾。

この移動式ケーソンは岸壁の基礎地盤のなまし作業と基礎コンクリートの打込み用に用いられ、平面寸法は7.2m×10.8mの長方形で、高さ4.1m、重量は247tの鋼製であり、その施工状況は図

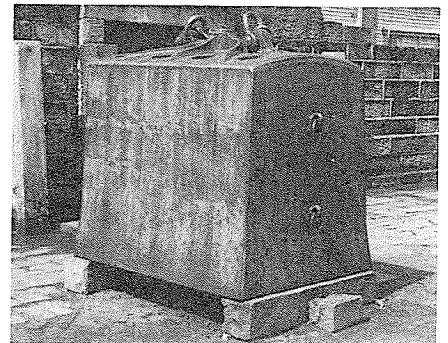


図-3 泳気鍾

一々に示すようである。

筒状の枠を水中に沈下させてゆく途中において、圧縮空気を利用したのは1841年、M・トリガー⁸²であり、この際の筒状の枠は基礎工事用のものではなく、炭坑の立て坑に使用したものである。この工事において彼はエアロツクを発明しており、以後欧米で橋梁基礎にこうした工法を用いるようになった。

横濱港の岸壁工事における「潜水函」では歐洲の橋梁基礎ケーソン工事で多用された同形式のエアロツクを用いており、この工事におけるエアロツクその他の工事用設備は石川島造船所（石川島橋梁工）で製作されている。

長崎製鉄所岸壁工事における「泳気鏡」と本工事における「潜水函」の相互関連は全くないようである。

本工事は丹羽鋳造所土木課長、坂出鳴海教授と1で施工しており、古市久成、中山秀三郎、岡博士が顧問として図示されている。

「潜水函」による水中工事は明治35年7月に着手し、明治38年に完了した。この「潜水函」を利用して工事を進めたのは580日であった。

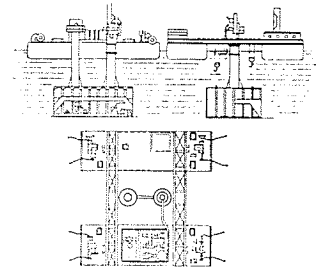


図-4 横濱港岸壁工事における移動式ケーソン（潜水函）

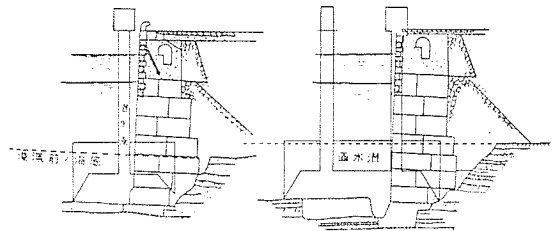


図-5 移動式ケーソン（潜水函）による水中工の状況

3. 橋梁下部構造としての潜水函

前節において述べたように、エアロツクはM・トリガーにより発明され、ヨーロッパ北部と米国でニューマチックケーソン工法が利用されることになる。その代表的なものとしてヨーロッパではスコットランドのフォース橋、ならびに米国のブルックリン橋で、いずれも1880年前後に施工されている⁸³。

エアロツク構造はヨーロッパ形式のものと米国形式のものに分かれ、現在でもこれらが踏襲されている。

これらのエアロツクのうちヨーロッパ形式のものから以下に述べるが、明治44年10月に竣工をみた鴨綠江橋梁に用いられ、横濱港岸壁工事と同様に石川島造船所で製作されている。

明治37・8年戦役（日露戦争）勅発後、京城（現在のソウル）・義州（北朝鮮）間の鉄道敷設が、戦争終結後におけるわが国の満洲（現在の中国東北部）への陸路進出を容易にするため、国境を越える鴨綠江の橋梁建設が急がれた。鴨綠江の対岸は当時清国領であったため、工事の実施には存続の難問題があったようであるが、ともかく左岸側（北朝鮮側）から橋梁工事にかかると決定され、明治42年（1909年）に着工された。

この橋梁は橋長929m（3,098呎）の歩道併設12連吊り鋼鉄道床橋であり、舟運のために旋回橋も設置されている。橋脚基礎12基にすべてニューマチックケーソン工法が採用されているが、当時は「潜水函」という用語が使用されている。

橋梁完成後、山田憲治は帝國鉄道協会報14巻第1号⁸⁴に「鴨綠江橋梁は其の延長398呎にして必ずしも其の長大なるの點に於て尤を稱するに足らずと雖水深、潮汐干満、洪水及氷害其他天然の障害の異常に非ざるもの多く且潜水函沈下及閉鎖橋架設等の工事は我國に於ける晴天にして朝鮮領道中の最難工事に属したるのみならず我帝國工業界の至難事業たるを以て本架橋計畫の常時は世人皆然技術者の能力を疑ひ其の成效を危めたる處にして然も本橋梁は鮮滿連絡の要路に當り欧亚交通の利便を定するものなるに依り本工事の成否は實に帝國の技術能力を世界に表示するに足ると云ふも敢て過言に非ざるなり。」（原文どおり）と述べているが、当時の技術者の意気込みが窺いえる。

また「潜水函」の利用成果について（参考文献）本工事施行期間中嚴冬結氷期と盛夏降雨期とを除き其の有効

作業期間僅に1年々箇月に過ぎず而も其の期間中約々箇月間は清国領土に著すること能はざりし事に想ひ到れば誰か其の時の短少なるに一聲を喚せざるものあらんや蓋し是れ主として潜水函使用機械應用の效果大なりしに起因せるものなり……」(原文どおり)と述べている。

現時までこの程度のニューマチックケーソン基礎の工事はとして難工事とはいえないが、当時としてはすべてが未経験の新工法であったので、施工にあつての労苦は容易ならぬものであつたと考えらる。

この工事は其の後のニューマチックケーソン工法採用に全く無関係でなく次節の隅田川橋梁工事に連ねて行はれてゆく。(平山俊二郎著:「地産に基礎を極む」より)

4. 隅田川橋梁工事を昭和初期にいたるニューマチックケーソン

鴨綠江橋梁工事に於いて、ニューマチックケーソン工法が多大な実績をおさめているのに、この工法が関東大震災後の首都復興事業まで採用されるに至つた理由は詳みでないが、平山俊二郎は「まさか、この工法を有効に使用出来る工事なつたというわけではありますまい。これには、この工事が外地の朝鮮で施行されたということもあり得るでしょうが、つまりはこういう機械利用による施工を、積極的に実行しようという気運がまだ勃然となつたという外ないと思ひます。」¹⁾(原文どおり)と述べており、当時より土木工事の機械化を企画して、先進諸外国からの技術導入に熱意をもやっていた大田内造などは、橋梁基礎工事やトンネル工事に圧縮空気を利用する機会を得ていたのは事実である。

大正12年(1923年)9月1日に発生した関東大地震により大被害をうけた東京を復興するため、当時の内務省の外局として復興院(後の復興局)が設置され、首都の復興を担当することになった。この事業の一環として隅田川の橋梁の架設が計画され、橋梁基礎にニューマチックケーソン工法を採用されることになった。

ヨーロッパで始めてとり入れられ、米国において盛に利用されたニューマチックケーソン工法は、エアロツウを改良することによって高層ビル基礎としても利用されるようになっており、この工法を視察して帰国した白石多士良の意見具申によって、本橋梁工事は米国形式の圧入設備を採用されるようになる。もともと、本工事における施工設備の採用決定にいたるまでに、過去鴨綠江橋梁において経験のあるにもかかわらず、その議論もあったが、大田内造の英断によって、ニューヨーク・フアウンデーション・カンパニーから必要の施工機械1式の購入と指導技術者3名の派遣依頼がなされた。

かくして東日本米人の指導のもとで永代橋、清洲橋などの基礎がニューマチックケーソン工法によって施工されることになるが、この工事の完成前の大正14年に、本工法はも早東京電灯(現在の東京電力)鶴見火力発電所の発電機の基礎として採用されている。

隅田川の橋梁工事に従事し、本工法を修得した技術者たちは引続いて国鉄の本巻川、揖斐川、新潟県の万代、大沼の十三、三光島の伊勢などの橋梁、さらには瀬洲園(中国東北部)における橋梁の建設に従事し、ついに完成させてゆく。昭和初期における本工法発展の基礎を築いてゆく。

本文は、わが国におけるニューマチックケーソン工法について、その導入期から検証期までの変遷をとりまとめたものであるが、文中において各工事概要を述べたのは、次編以降で親身にみえた考察をいうと同時に、これらと関連をもたせて工事概要を述べようと考えたからである。本編を終るにあたり、各種の資料を提供していただいた岡本東一郎氏ならびに島崎武雄氏に謝意を申しあげる。

(参考文献)

- 1) 島崎武雄: 空気ケーソンのはじめとつりかけ、大正建設業会報、70-8、p.10.
- 2) 平山俊二郎: 地産に基礎を極む、白石基礎工事(株)昭和30年2月
- 3) 同上
- 4) 三菱造船(株): 創業百年の長崎造船所、p.114、p.121、昭和32年10月
- 5) 文庫C-1)と同じ
- 6) 島崎武雄: 吾々の長崎製鉄所建設工事における土木技術、市26回土木学会年次大会講演会、p.203~206、1971年10月
- 7) 大蔵省臨時視察工部局: 横濱港視察海面埋立工事報告、明治39年3月
- 8) Jacoby & Davis: Foundation of Bridges and Buildings, McGraw-Hill, p.119, 1917
- 9) 同上 10) 山田通治: 鴨綠江橋梁工事報告、帝國航空協会報、p.15、p.54、p.56、大正2年2月、11) 平山俊二郎: 地産に基礎を極む、白石基礎工事(株)、p.10、昭和30年7月