

橋梁架設用操重車ソ1形の歴史

国鉄・鉄道技術研究所 正会員 小野田 滋

A History of the SO-1 Type Derrick Car for Bridge Erection

by

S.ONODA

Abstract

First derrick car called SO-1 type was designed for bridge erection by Japanese Government Railways, and 6 units of them had been built from 1920 to 1927. This derrick car was capable of erecting up to 70ft span and 28ton weight class plate girder bridge. Though based on the past similar idea, the car was an original one for railway use, and it contributed very much to construction of railway network at that time. This erection method was characterized in that it made the bridge erection safer, faster and more economical than the former staging erection. But it retired about 1960', because a new bridge erection has been developed thereafter, and a new derrick car SO-200 type appeared in 1960. This paper describes a history of the first derrick car for bridge erection.

[キーワード：橋梁架設／鉄道車両／大正]

1. 緒言

国鉄では、起重機を有する鉄道車両のことを操重車(Derrick Car)と称しており、その用途により、事故復旧用、レール積卸し用、橋梁架設用の3種類に大別されている(車両分類上は貨車として扱われ、“そうじゅうしゃ”の頭文字から“ソ”の形式称号を冠する)。このうち、橋梁架設用操重車は、鉄道橋梁のうち最も需要の大きい鉄桁(Plate Girder)を安全かつ迅速に架設できるよう開発された特殊な構造の専用車両で、その施工法は他に類例を見ない鉄道独自の施工技術として継承された。本稿では、国鉄がこれまでに開発した3形式の橋梁架設用操重車—ソ1形、ソ200形、ソ300形—のうち、その嚆矢たるソ1形操重車^{it1)}について登場の背景、沿革について考察する。

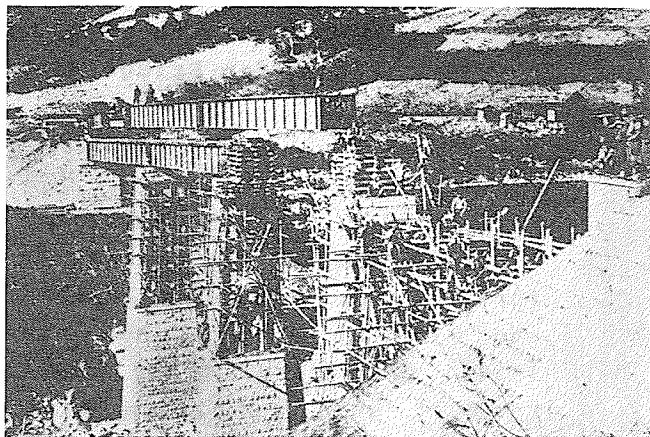
2. 橋梁架設用操重車登場の背景

橋梁架設用操重車が登場した1920(大正9)年以前の我国における鉄桁の架設は、大部分が足場法と呼ばれる施工法で行われていた。足場法は、桁架設に際して予め丸太で足場を組んでおき、その上で桁を縦取りしてジャッキにより所定の位置へ降下させるというもので、特殊な道具や技術を要しないため、小規模の桁架設には効果的であったが、連数の多い長大橋梁や河床面からの高さが高い橋梁には向いていなか

った。とりわけ、足場の仮設、撤去には多大な費用と危険が伴い、また河川の氾濫により足場が流失する恐れもあったため、これに代わる施工法の登場が期待されていた。折しも、明治末期から大正にかけての年代は、鉄道建設が幹線から支線網の拡充へと移行する時期にあたり、こうした情勢の中でいかに効率よく桁架設を行うかは、当時の建設技術者の一大関心事と言えた。

2.1 中央線大滝川橋梁における試み

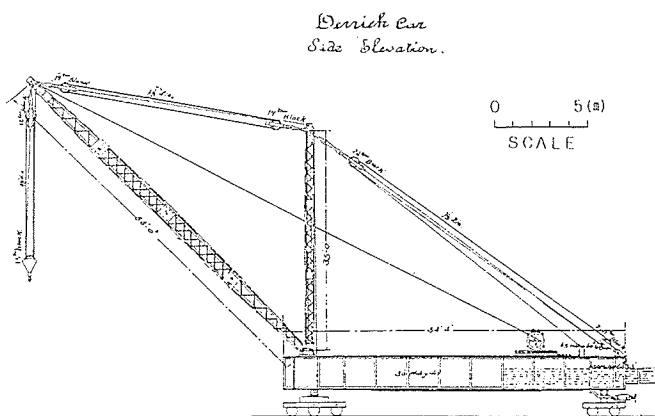
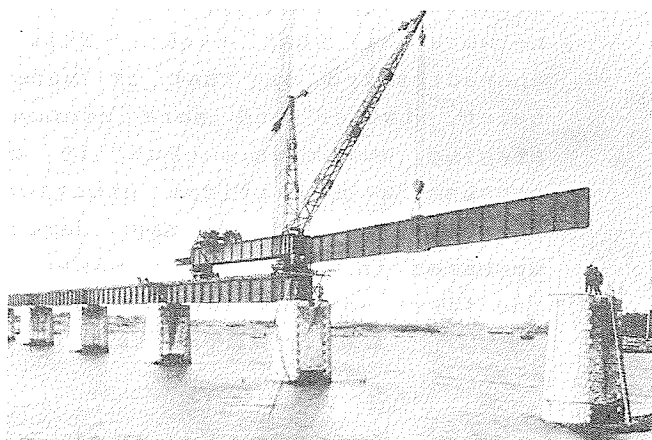
1908（明治41）年11月、中央西線田立～坂下間の大滝川橋梁では、60フィート桁2連の頭部を仮剛結して後方の桁を対重とし、機関車の推進によって前方の桁を送込み、足場なしに鉄桁を架設することに成功した。「繰出し法」「連結法」「2連式」などと呼ばれるこの架設方法は、桁と桁との接合部に負担がかかること、接合部の剛結金具を撤去するのに手間取ること、桁端に振動が生じ安定性に欠いたことなどから本格的に用いるまでには至らず、1928（昭和3）年土讃線吉野川橋梁で採用されるまで省みられなかった。



写－1 中央西線大滝川橋梁における二連式桁架設（1908）
※文献3)

2.2 那波光雄のデリックカー

1913（大正2）年、当時鉄道院大分建設事務所所長の任にあった那波光雄（1869～1960）は、50フィート鉄桁を車体としこれに台車、支柱、滑車、ワイヤー、ウインチ等を取付けた簡易な構造のデリックカーを製作し、折から建設中の佐伯線（現・日豊本線の一部）で試用した。このデリックカーは、1912（大正元）年9月に鉄道院小倉工場で製作され、同月23日に大分駅付近で組立てを行ったもので、同年10月から12月にかけて大分～大在間の大分川橋梁ほかで70フィート鉄桁42連を架設した。架設方法は、後述の操重車による方法の原型とも言うべきやり方で、車体前方に突出したクレーンにより桁を吊上げ、機関車で所定の位置まで推進した後、桁を吊下す



写－2（上）佐伯線大野川橋梁における那波式デリックカー（1912） ※文献1)

図－1（下）那波式デリックカー ※文献1)原図

ものである。しかし、架設能力は15トンと小さかったため、70フィート桁を一度に吊上げる事はできず、桁の片側(約13トン)を2度に分けて架設するという方法で行われた。那波自身は工事報告の中でこの装置を“デリックカー”または“起重機車”と称しており、単なる施工機械のみならず鉄道車両としての性格も持ち合せていることを示しているが、50フィート桁にクレーンを取付けただけの急造機械であり、営業線上を回送できなかったために正式な車両称号も与えられず、わが国初の操重車とはなり得なかった。^(注2)

2.3 シカゴ、ミルウォーキー&セントポール鉄道におけるデリックカー

那波光雄がデリックカーを開発した同じ頃、アメリカでもデリックカーやロコモティブクレーン^(注3)を用いた桁架設が試みられ、我国にも紹介された。このうちシカゴ、ミルウォーキー&セントポール鉄道で開発されたデリックカーはソ1形の原型とも言うべき構造を有していた。図-2は同鉄道で用いられたデリックカーのうち架設能力30トンクラスの車両を示したもので、ブームの長さは桁に応じて替えることができ、ブームを線路中心から幾分旋回することが

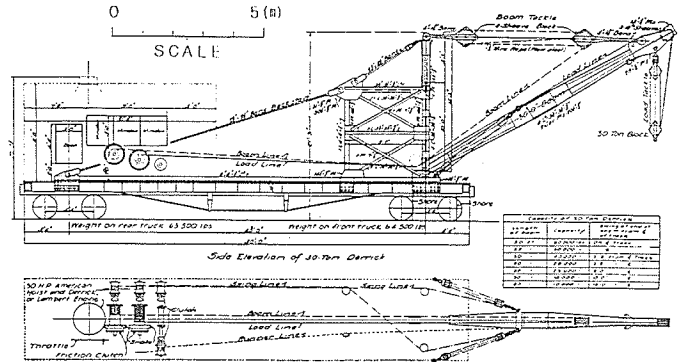


図-2 シカゴ・ミルウォーキー&セントポール鉄道
の30トンクラスデリックカー

※Journal of the Western Society of Engineers, Aug. 1909. 原図

可能であった。同社にはさらに架設能力50トンクラスのデリックカーもあり、この車両は回送時にはブームを折畳む構造となっていた。これらアメリカにおけるデリックカーは1909(明治42)年には既に開発されており、那波光雄のデリックカーや後に登場するソ1形の開発にあたって参考とされたのではないかと推察されるが、両者の相互関係について触れた文書は今のところ見当たらない。^(注4)

3. ソ1形の概要

3.1 登場のいきさつ

1915(大正4)年、鉄道院工務局設計課長に転任した那波光雄は、佐伯線で試用したデリックカーをさらに改良するべく直ちに準備を進めたが、第一次世界大戦の影響により資財の調達が困難であったため一時中断の已むなきに至った。その後、状況の好転とともに1919(大正8)年再び作業に着手し、当時鉄道院大臣官房研究所に在った黒田武定(1888~1979)の下にわが国初の橋梁架設用操重車ソ1形の設計が開始された。^(注5)

3.2 設計の概要

ソ1形の架設方法は、前述のデリックカーがいずれも桁の中央で1点支持により桁を支えたのに対し、桁の先端と後端を支える2点支持構造とした点に特徴がある。

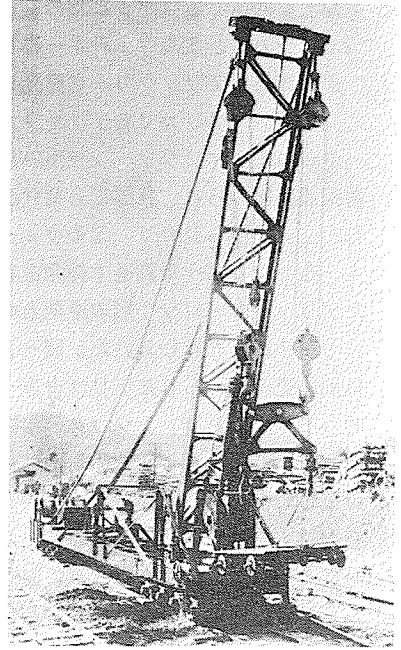
ソ1形による架設能力は活荷重クーパーE40で設計された径間70フィート、重量28トンの上路鉸桁が架設できることが要求された。当時、上路鉸桁には径間80フィートクラスのものもあったが、施工例が極めて稀であること、軸重や車両限界などの制約により操重車の設計が困難であることから、70フィート桁を最大限とした。^(注6)設計計算にあたっては、まず静荷重状態において各部材に発生する応力が求められた。この際、ウインチの巻上げ時や走行時の振動により発生する衝撃荷重は、静荷重の2割として計算された。また、設計で特に注意が払われたのは、顛覆に対する安定性であったが、これについては、縦方向、横方向および風圧についてそれぞれ検討した結果、許容範囲が設定され、この範囲内であれば施工上十分な安全性が確保できることが示された。

3.3 製作

ソ1形のうち下部構造（ボギー台車および運転装置）の設計は鉄道省工作局車両課で行われ、製作は鉄道省大宮工場が担当した。一方、上部構造は鉄道省大臣官房研究所の指導の下に横浜市の東西製作所に設計、製作が委託された。しかし、1920（大正9）年8月に東西製作所は業績不振を理由に工場を閉鎖してしまつたため、製作途上にあつたソ1形は未完成のままやむなく鉄道省浜松工場へ移され、同所において大宮工場より送られてきた下部構造と共に総組立てを行つて、同年11月末に完成した。製作費は約33,000円であつた。

3.4 構造

こうして完成したソ1形は径間70フィート（重量28.3トン）までの鉸桁を架設する能力を有し、径間60フィートまでであれば、軌框を載せたまま桁を架設することができた。エンジンなどの動力源はなく、桁の吊上げ、吊下しなどは手巻ウインチを操作することによりすべて人力によって行われた。また、自走することができないため、架設位置までの移動は機関車により行われたが、機関車では正確な架設位置に固定することが困難であることから手動の自転車を操縦車に備え、架設位置の微調整ができるようにした。各部の構造は図-3に示す通りで、柱は架設時のみ跳ね上げられ、回送時には車両限界を侵さぬように折畳まれた。なお、桁架設の際に予め車両の向きと架設の方向を一致させておく必要があるが、車体長23.1m、ボギー中心間隔16.8mに達する大形車両であつたため、一般の転車台では方向転換を行うことができず、このような場合は一旦、台車を短縮ボギーセンターへ移設してから方向転換を行うこととした。自重は約70トンに達した。



写-3 柱を上げた状態のソ1 (1920) ※文献6)

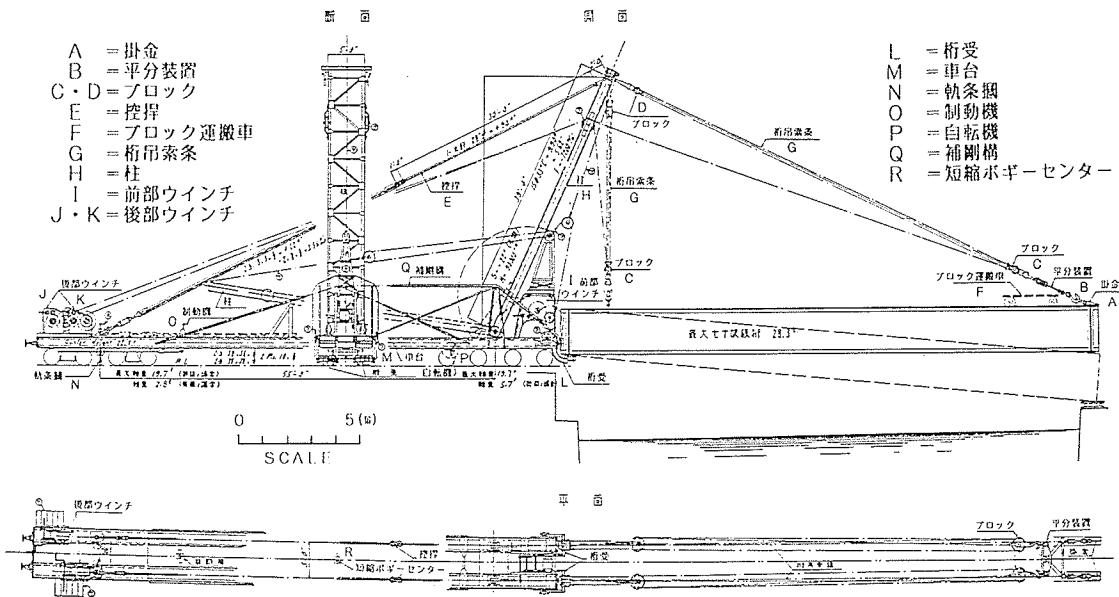


図-3 ソ1組立図

※文献3)原図(一部加筆)

4. ソ1形による施工

鉄道省浜松工場で落成したソ1は、当時建設が進められていた日豊南線（現・日豊本線の一部）高鍋一川南間の小丸川橋梁架設工事に初めて使用された。小丸川橋梁は、径間70フィート×35連の上路钣桁で、全長2,642 フィート（805 m）に達する九州では最も長い鉄道橋であった。操重車による桁架設は1920（大正9）年12月16日より開始され、翌1921（大正10）年1月14日に完了した。

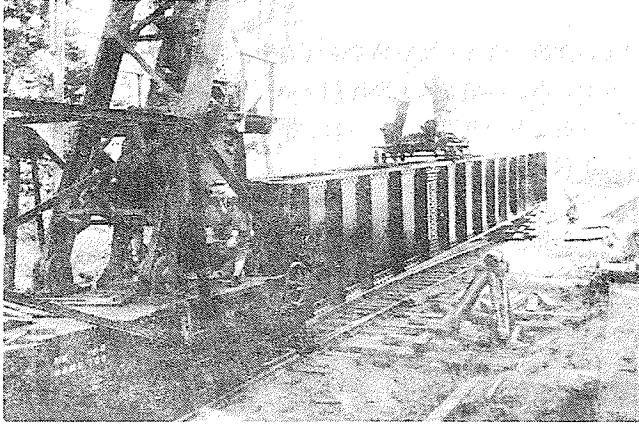
操重車による桁架設は概ね下記の順序により行われた。

- (1) 機関車により操重車を桁の吊込位置まで移動させる。
- (2) 桁の4フィート（1.2 m）手前で機関車を解放し、自転機により操重車前端と桁の後端が一致するまで操重車を移動させる。
- (3) ブロック運搬車を桁上に載せる。
- (4) 桁後端部を操重車により吊上げ、桁受けに載せる。
- (5) 平分装置、ブロックをブロック運搬車に載せ、前部ウインチにより桁先端部へ移動させる。
- (6) 桁先端部を吊上げて桁受用トローリーを挿入し、桁先端部を預ける。
- (7) 機関車を連結した後、再び桁を吊上げて桁受用トローリーを抜取り、桁を水平にする〔図4(3)〕。
- (8) 架設位置の4フィート手前まで推進し、機関車を解放する。
- (9) 自転機で正確な架設位置まで前進させ、制動機およびレール摺により操重車を固定する。
- (10) 桁先端部を橋脚上に吊下す〔図4(4)〕。
- (11) ブロック運搬車に平分装置およびブロックを載せ、後部ウインチにより桁先端部から桁後端部へ移動させる〔図4(5)〕。
- (12) 桁後端部を吊上げ、制動機およびレール摺を緩めて自転機により操重車を約5インチ（12cm）後退させる。
- (13) 桁後端部を橋脚上に吊下す〔図4(6)〕。
- (14) 自転機により操重車を4フィート後退させた後、機関車を連結し、所定の位置まで回送する。

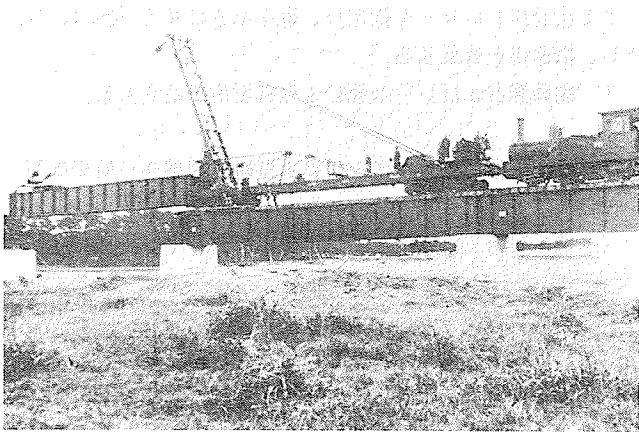
上記の工程は操重車の最も一般的な使用方法によるものであるが、小丸川橋梁では準備作業として貨車（長物車）により輸送されてきた桁を一旦トローリーに受替えて吊込み位置へ運搬する方法と、貨車に積載したまま吊込位置へ運搬しサンドル上に取卸す方法の両者が比較された。1～9、11～20、22～25、35径間は前者により、10・21・26～34径間は後者により行われ、施工能率の点ではトローリーに受替える方法が

表-1 日豊南線小丸川橋梁における架設所要時間 ※文献4)修正

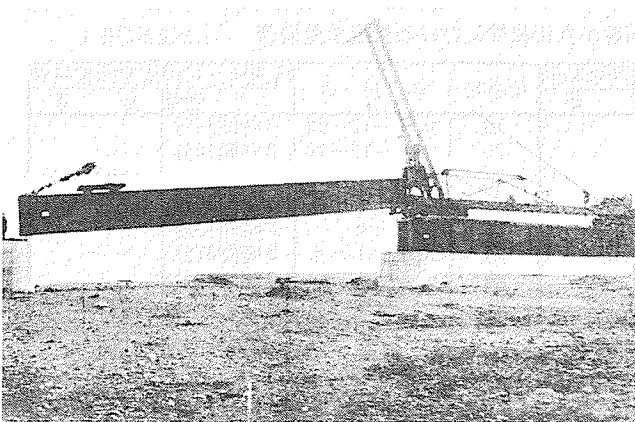
桁番号	年月日	桁運搬方式別架設所要時間		桁番号	年月日	桁運搬方式別架設所要時間	
		トローリー受替	貨車			トローリー受替	貨車
1	大9-12-16	5時間59分	-	19	大9-12-28	3時間33分	-
2	-12-17	6時間26分	-	20	-12-29	3時間18分	-
3	-12-18	5時間33分	-	21	〃	-	3時間41分
4	-12-19	4時間12分	-	22	-12-30	3時間49分	-
5	-12-21	3時間30分	-	23	〃	3時間13分	-
6	-12-23	4時間17分	-	24	大10-1-4	3時間37分	-
7	〃	4時間06分	-	25	〃	2時間49分	-
8	-12-24	3時間17分	-	26	-1-5	-	3時間30分
9	〃	3時間20分	-	27	-1-6	-	3時間32分
10	-12-25	-	4時間30分	28	-1-7	-	3時間24分
11	〃	3時間31分	-	29	-1-8	-	3時間49分
12	〃	3時間20分	-	30	-1-9	-	4時間00分
13	-12-26	3時間22分	-	31	-1-10	-	3時間40分
14	〃	2時間59分	-	32	-1-11	-	3時間35分
15	-12-27	3時間40分	-	33	-1-12	-	3時間56分
16	〃	2時間57分	-	34	-1-13	-	3時間48分
17	〃	3時間02分	-	35	-1-14	3時間30分	-
18	-12-28	3時間35分	-	平均		3時間28分	3時間46分



(1) 作業基地における桁の吊込作業

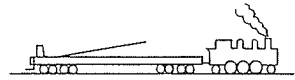


(2) 機関車による架設位置への移動

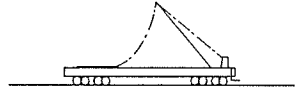


(3) 桁の吊下し作業

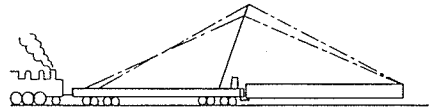
写-4 日豊南線小丸川橋梁における桁架設(1920)
※文献4)



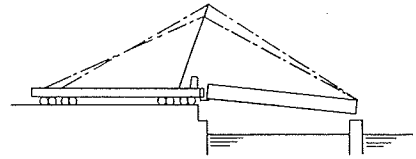
(1) 建設現場への回送



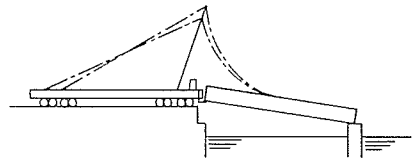
(2) 柱の持上げ



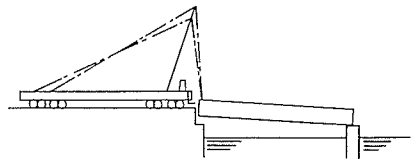
(3) 桁の吊込と移動



(4) 桁先端部の吊下し



(5) 桁後端部へのブロックの移動



(6) 桁後端部の吊下し

図-4 架設順序図
※文献3)原図(一部加筆)

やや有利と判断されたが、現場の条件など他の要素にも支配されるため、最終的な結論を出すには至らなかった。

各径間毎の施工時間は表-1に示す通りで、当初、歯車の欠損などのトラブルや作業員の不慣れなどにより作業能率も低かったが、6径間以降は1日2~3連を架設し、その威力を発揮するに至った。

また、小丸川橋梁での施工実績は、直前に旧来の足場法により施工された

表-2 足場法と操重車法の架設費比較(1連あたり)

※文献4)修正

単位 円、銭

箇所 内訳	小丸川橋梁			小計
	一ツ瀬川橋梁	架設費	準備費	
建築工夫	5.477 (1)	3.492	0.534	4.026 (8)
線路工夫	4.745 (1)	2.363	0.400	2.763 (5)
並人夫	44.382 (9)	13.129	3.424	16.553 (32)
鳶	78.767 (16)	13.298	0.645	13.943 (27)
大工	16.679 (4)	—	1.500	1.500 (3)
女人夫	4.150 (1)	—	0.644	0.644 (1)
船夫	9.715 (2)	0.928	0.232	1.160 (2)
計	163.915 (34)	33.210	7.379	40.589 (78)
杭打	133.976 (28)			— (—)
材料費	180.986 (38)			11.531 (22)
総合計	478.877 (100)			52.120 (100)

一ツ瀬川橋梁での施工実績と比較された。一ツ瀬川橋梁は、日豊南線広瀬-三納間に位置する径間70フィート×21連の上路鉸桁で、地形、水深などの架設条件も小丸川橋梁に酷似し、1920(大正9)年3月から5月にかけて架設作業が行われた。比較の結果は表-2に示す通りで、工事費は足場法の約9分の1にまで軽減されていることが判り、操重車による方法が格段に優れていることが立証された。

5. ソ1形の増備

日豊南線における成功により、ソ1形は1922(大正11)年度から1927(昭和2)年度にかけてさらに5両(ソ2~ソ6)が増備されるに至った。これら増備車の基本的構造はソ1と同じであるが、細部については使用実績に基づき種々の改良が行われたため、外観は図-5に示すようにやや異なる構造となった。改良点について解説した資料がないため、その具体的内容については不明確であるが、1)補剛構の形状をトラス形としたこと、2)柱を梯子状のものから支柱状のものとしたこと、3)桁吊索条を柱の部分で1本としたことなどがソ1と異なる。

ソ1を含めたこれら6両のソ1形操重車は全国各地に配置され、以後、各地の橋梁架設に活躍するのであるが、使用実績を具体的に把握した資料がなく、当時の桁架設に占める操重車の比重を定量的に解明することは、今後に残された課題である。^{注8)}なお、特殊な使用例として手延式と操重車式を組合せて桁架設を行った例や、^{注9)}トラス橋の撤去工事に使用した例もある。^{注10)}また、架設中の事故もあったようで、ソ3は1945(昭和20)年前後、^{注11)}桁架設の際に顛覆したと伝えられる。

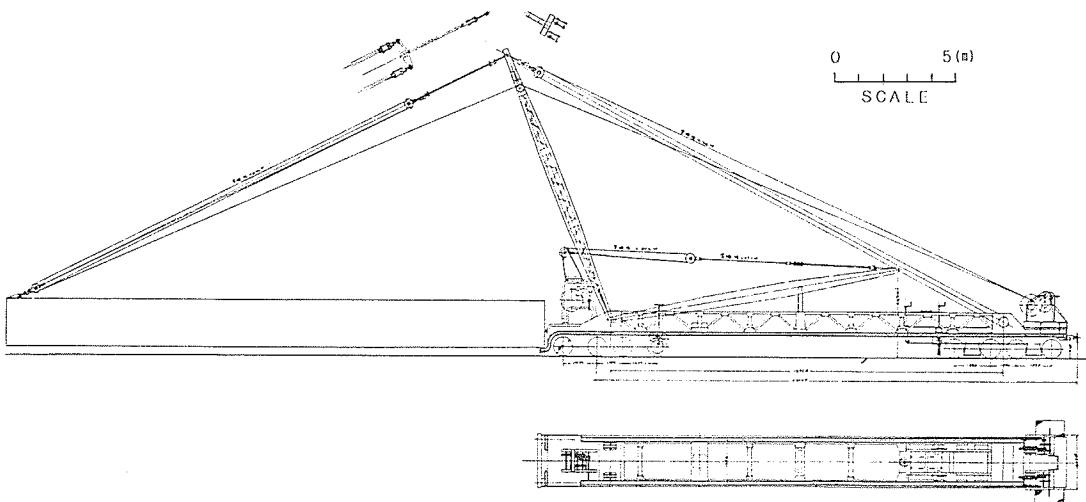


図-5 ソ2~6組立図 ※文献9)原図

6. ソ1形の終焉

操重車による橋梁架設が普及する一方では、より合理的な鉸桁架設法をめざしてさらなる努力が続けられていた。1920（大正9）年上越南線（現・上越線の一部）第二瀧川橋梁における帆柱式架設法、1921（大正10）年松田線（現・内房線の一部）における綱渡り式架設法、1922（大正11）年上越南線第一根川橋梁における手延式架設法、1923（大正12）年伯備北線（現・伯備線の一部）第六日吉川における自動帆柱式架設法など、新たな鉸桁架設法が次々と考案され、操重車による方法はこれら多種多様な架設方法の選択枝のひとつとして位置付けられることとなった。

操重車による桁架設法は、1)電化区間では使用できないこと、2)曲線区間における使用が困難かつ危険なこと、3)背後にトンネルがある場合には使用できないこと、4)8番分岐器通過の際にたびたび脱線事故をおこしたこと、5)下路鉸桁では架設した次の桁を架設することができないこと、6)急勾配区間での架設では滑走の危険があること、7)コンクリート桁の架設では能力が不足すること、8)大形車両のため輸送費が高くつき、20～30連以上の連続架設でなければ経済的でないこと、といった問題点を内包しており、特に戦後においては操重車自体の老朽化と共にその抜本的な改良が望まれた。ソ1形による桁架設は1950年代後半まで続いたが、前述のように使用実績に関する資料が乏しいため、明確には判らない^{注12)}。こうした中で、1960（昭和35）年にはソ200形が、1966（昭和41）年にはソ300形が相次いで登場し、橋梁架設用操重車は新たな時代を迎えることとなった。そしてソ1形は1960（昭和35）年頃から順次廃車となり、1970（昭和45）年度に形式消滅となってその姿を消した。

7. おわりに

本稿では大正期に我国で初めて実用化された橋梁架設用操重車について当時の文献に基づき概観した。操重車の開発に先立っていくつかの試験的先例があったとは言え、足場を必要としない桁架設法を最初に実用化した意義は大きく、鉸桁を安全、迅速かつ経済的に架設するというすべての目的に合う方法として鉄道橋梁の架設に一大革新をもたらした功績は十分に称えられよう。

注1) 製造時には「オソ10形」と称したが、1928（昭和3）年の車両称号規定改正で「ソ1形」と改められた。従って、1920（大正9）年～1928（昭和3）年にかけてはオソ10形として記述すべきであるが、本論文においては混乱を避けるため、ソ1形として統一して表現した。なお、「ソ1形」と称する場合には6両あるソ1形全体（ソ1～6）を、単に「ソ1」と称する場合には6両のうちの特定車両（この場合は第1号車）を示す。

注2) 文献7)によれば、最後に線路の不陸が原因で頓挫し、その後用いられなかったとしているが、文献1)ではその点には何ら触れていない。デリックカー（操重車の登場後はデリッククレーンとして区別された）による架設方法はその後1924（大正13）年頃に上越南線第五利根川橋梁や大郡線（現・水郡線の一部）第二久慈川橋梁で用いられた。

注3) デリックカー同様、起重機を備えた車両であるが、蒸気機関やディーゼル機関により運転されクレーンを自由に旋回することができる。事故復旧用の操重車がこの構造を有する。

注4) 黒田は文献3)において、『該操重車ナルモノハ諸外國ニモ全く其ノ類似ヲ見ザル新シキ考案デアッテ……』と述べている。

注5) デリックカーの対訳として「操重車」の名称が与えられたのはソ1形が最初である。

注6) 公称能力は70フィート桁までであるが、1926（大正15）年に高森線立野橋梁では84フィート桁を架設している。ただし重量が超過するため片側づつを2回に分けて架設した。また、1929（昭和4）年には越後南線第5長良川橋梁で80フィート鉸桁を架設した記録がある。

注7) 1958（昭和33）年現在におけるソ1形の配置状況は、札幌工事局、盛岡工事局、東京操機工事事務所、岐阜工事局、大坂工事局に各1両で、残る1両はこの時点で既に廃車されていた。

注8) 文献11)では、『此1臺ノ操重車ニ依リ架設セラレタル鉸桁數ハ既ニ600連ニ達スルト稱セラル……』としている。また、文献13)では『新しく着しき成績を挙げて現今標準的架設法と認めらるゝのは上路鉸桁における操重車と手延機、……』と述べており、手延式と並んで操重車が重用されていたことが窺える。

注9) 文献14)参照。この工事では、操重車に電動機を取付て施工能力の向上が図られた。

注10) 文献15)参照。

注11) 文献16)参照。ソ3はその後、大宮、名古屋の各工機部で修繕工事を行い、1948（昭和23）年に北陸線9頭竜川橋梁震害復旧工事で再び使用された。

注12) 文献19)等によれば、1958（昭和33）年に東北本線と賀川橋梁の架設工事で使用した記録がある。

注13) ソ200形はブームを水平に繰出し、1点支持により桁を架設するもので、ブームを立てて桁の先端と後端を2点支持するソ1形とは根本的に相違する。ソ300形はソ200形とほぼ同構造であるが、自走することができる。なお、ソ200形は奇しくもソ1形が40年前に初めて桁架設を行った日豊線小丸川橋梁の架設工事において初めて使用された。

【参考文献】

- 1) 那波光雄「佐伯線に於ける七十呎鋼桁架設工事」帝國鉄道協会会報、15-2, pp. 49-63, 1909
- 2) 後藤佐彦「橋梁架設用機械としてのデリック・カー及びロコモティブ・クレーンの価値」帝國鉄道協会会報、17-6, pp. 42-68, 1911
- 3) 黒田武定「新造二十八噸鉸桁架設用操重車二號子」業務研究資料、9-4, pp. 1-18, 1921/土木学会誌、7-4, pp. 1-12, 1921
- 4) 大河内甲一「操重車ニ依ル鉸桁架設工事報告」業務研究資料、9-4, pp. 19-76, 1921/土木学会誌、7-5, pp. 1-35, 1921
- 5) 「日豊南線高鍋英々津間鉄道建設概況」鉄道時報、1138, pp. 509, 1921
- 6) 「日豊南線建設工事一覽」鉄道省宮崎建設事務所、1922
- 7) 橋本敏之「本邦鉄道工事と橋梁施工法の変遷」鉄道時報、1345, pp. 6, 1924
- 8) 「高森線立野橋梁架設工事」鉄道省熊本建設事務所、1925
- 9) 鉄道大臣官房研究所編「鉄道設計図表全集（橋梁の部）」鉄道時報局出版部、1928
- 10) 「鋼桁・構橋建設及架設作業写真帖」淀屋書店出版部、1928
- 11) 風間武雄「操重車に依る80呎鋼桁架設」建設工事現場業績第2集、鉄道省建設局、pp. 185-193, 1933
- 12) 久保田敬一「本邦鉄道橋梁ノ沿革ニ就テ」業務研究資料、22-2, pp. 1-95, 1934
- 13) 稲葉権兵衛「最近の鉄道橋梁架設の概況」土木学会誌、20-12, pp. 1671-1676, 1934
- 14) 松村文夫「下淀川橋梁建設工事」第7回改良講演会記録、鉄道省工務局、pp. 227-242, 1936
- 15) 河野孝蔵「操重車に依る百呎ポニイワレン橋桁架設工事に就て」第1回土木講演会記録、鉄道省、1942
- 16) 「北陸線九頭竜川橋梁震害復旧工事記録」第17回土木施工研究会記録、運輸省鉄道総局施設局、1949
- 17) 今野輝雄「操重車による鉸桁架設」鉄道土木、1-10, pp. 22-25, 1959
- 18) 大平拓也「鋼ケタの架設（鉄道土木シリーズ7）」山海堂、1967
- 19) 「東北本線黒磯・青森間操機工事誌」国鉄盛岡工事局、1971