

## 旧三江線 目の字ラーメン橋（志谷川・日向川橋りょう）

酒井雄壮

### 1. はじめに

本年度は、令和3年度の旧三江線ガイドブック制作支援で発見した土木遺構の詳細調査および新たな発見・発掘として昭和9年11月に開業した石見川越～石見川本間に2箇所建設された「目の字ラーメン構造物」の現地調査を企画した。

研究部会メンバーによる活動は現地調査のみならず建設当時の文献調査も行われ、先人の探究に敬服するとともに、この時代に導入された設計・計画技術が現在においてもそのまま運用されていることに感服し、その内容の紹介と若干のコメント（私見）を追記する。



写真-1 志谷川橋りょう

道路橋の補修調査足場を利用して詳細調査



写真-2 日向川橋りょう

周囲の雑木伐採を行い、景観を保全

### 国立国会図書館デジタルコレクションによる文献資料

（鉄道遺構研究分科会メンバーの岸根真志さんの検索による）

- ・ 鐵道建設現場に応用したラーメン橋の一例 齊藤鼎、櫻井亭  
土木工学 2(3)工学雑誌社 昭和8年3月
- ・ 特殊ラーメン橋梁 福田武雄  
アルス鉄筋コンクリート工学講座第6巻 アルス出版 昭和13年
- ・ 地震と橋・特にその下部工について 福田武雄  
土木技術 土木技術社 昭和25年6月

### JR 西日本より遺構研究を目的に提供していただいた図面

- ・ 鹿賀～因原間 27k805m50 志谷川橋りょう 財産図 米子鉄道管理局浜田保線区
- ・ 因原～石見川本間 30k357m15 日向川橋りょう 財産図 米子鉄道管理局浜田保線区

## 2. 地形および外観形状

・一級河川江の川に谷間を切り込んで注ぎ込む小河川の高さ12m位置を跨ぐ橋りょうで、構造形式は比較検討の結果、最も鉄筋コンクリート量を減らすことができる目の字型ラーメン橋が選定されている。

私はこの旧三江線をめぐる観光ツアーのガイドを行う機会があった。どうやら一般の人はこの構造が目の字に見えないようで、両脇の翼壁は巨大なコンクリート塊に見えてその断面が目の字であると想像できないようである。図面を示してやっと目の字であることが分かるらしい。

## 3. 構造計画

- ・径間は川幅に合わせ6.0m、2本のストラットを入れて躯体の厚さを薄くし鉄筋コンクリートが節約されている。
- ・線路と川は斜交するため橋りょうは60度のスキウ(斜角)とされている。
- ・橋台両側の翼壁は、外方に曲折れすることを防ぐために両側が隔壁により連結されている。
- ・砂利道床は両側に砂利止工を施し砂利の散落を防ぐ。ただしこの砂利止工のためにマクラギ交換に困難をきたすため、線路曲線の外側に落とし板を施して抜替を可能にされている。

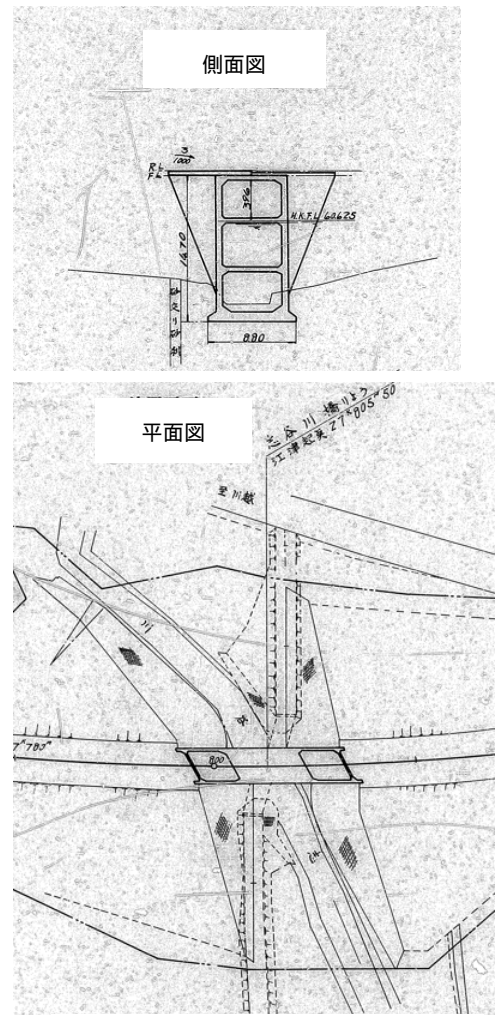


図-1 志谷川橋りょう一般図

2本のストラットを入れて目の字型ラーメン構造にしているところや隔壁を設けて躯体厚を薄くしているところが現場に最も適応した構造的工夫と言え、これまでの慣例にとらわれない設計者の創意工夫が伺える。

また、スキウ(斜角)60度は地形と交差条件に合わせたものだが、現在の設計標準では土圧を受ける構造物の偏心を一律に規制していることから、自然地形に馴染むスキウ(斜角)計画はできない。しかし本構造は背面翼壁が隔壁で補強された巨大な箱型構造でもあり、効果的な計画が行われていると考える。

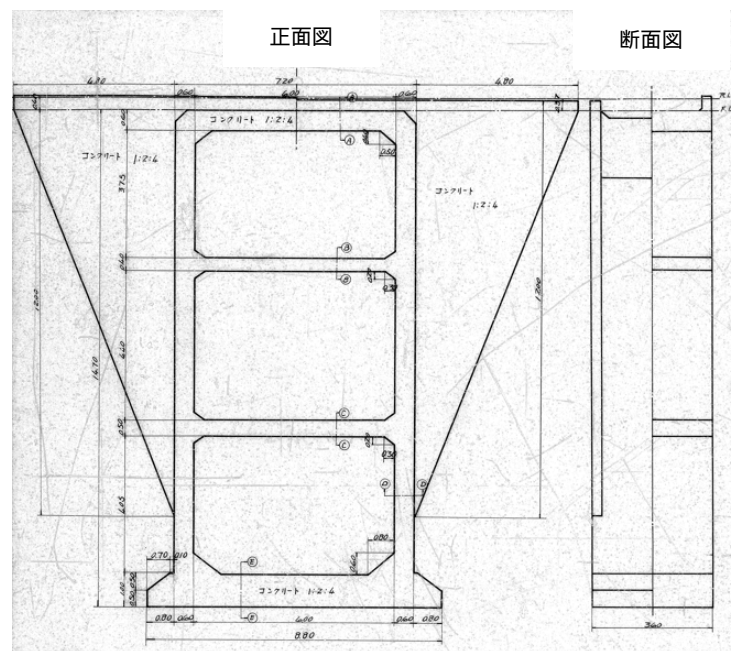


図-2 志谷川橋りょう構造図



#### 4 . ラーメン設計

##### 4 - 1 荷重

・「活荷重 KS-15 の荷重系により径間 6.6m の桁に生ずる absolute maximum bending moment (絶対最大モーメント) を求めこれを equivalent uniform load (等分布荷重) に換算して作用させた」とされている。

現在の設計においてもスラブ設計では、等分布荷重に換算して載荷するとともに、等分布換算による場合の疲労回数算定までも換算されている。

尚、この換算計算は意外と計算手数が掛かるとともに理解困難な箇所もある。古来から続けてきた手順で問題が発生しないことから、そこに潜んでいる不慮の計らいを尊重しそのまま続けることも重要であるが、計算技術や疲労現象に関わる知見の進展に応じた改善提案があっても良いのではないか。

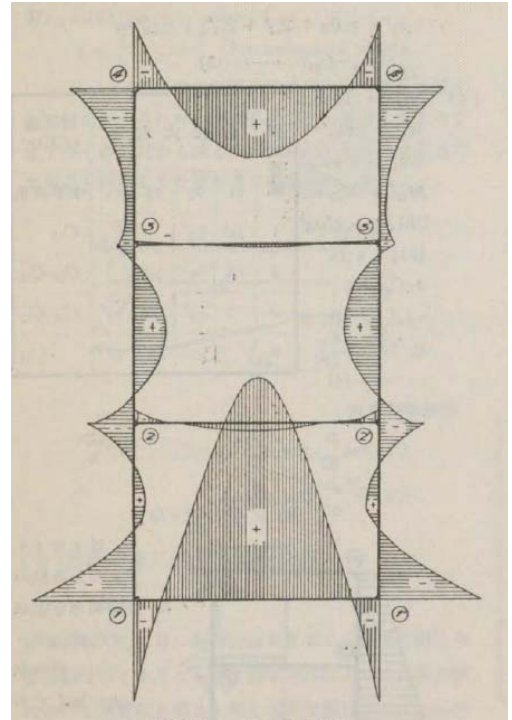


図-7 最大断面力図

##### 4 - 2 構造解析

・「ラーメン各接合部に於ける湾曲力率を求むるにあたり shopedeflectin method を応用した」とされている。また、理論と具体的計算手順も紹介され同様構造での汎用も推進されている。

shopedeflectin method (たわみ角法) は Wilson (米) および Gehler (独) の両教授によりほとんど同時にそれぞれ独立に提案されたが大正 4 年 ~ 5 年の提案であり、これを国内に取り入れて、昭和 8 年には実構造物が計画されているのである。

また、この shopedeflectin method (たわみ角法) は構造物の対称性などの特徴を巧みに利用して少ない計算手数で構造解析を行うもので、この規模のラーメン構造で厳密解法とされる変形変位法と同じ解を得ることができる。さらに、その後が開発されたモーメント分配法によれば巧妙な計算手順により、特定条件下の近似解であるが素早く解析結果が得られる。

近年の計算機器は次元を超えて進展していかなる計算も可能と感ずることもあるが、更なる桁外れの大量計算が求められる中で、これら先人が考案した巧みな近似計算も応用されていることを忘れてはいけない。

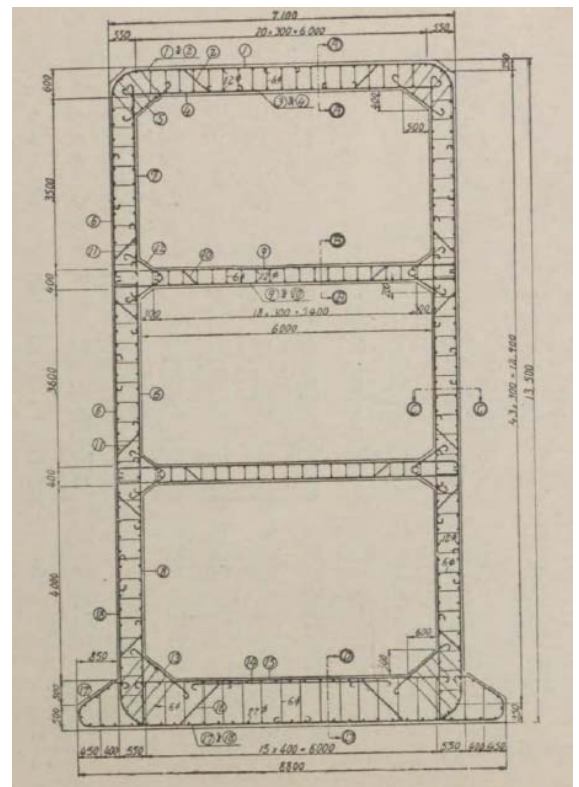


図-8 断面配筋図

更に、近年の設計技術でも部材の物理特性変動を反映した設計シミュレーションを行い、確からしさを検証する方法が主流となりつつある。

計算技術や一般に利用する計算機性能の向上から、このような確率論を用いた合理的評価も一般に可能となっているが、その判定は閾値である。統計・確率・信頼設計にかかわる課題も、計算機もない古来から先人たちが考案し続けているものであり、これら先人の知恵を生かした閾値検討もできるのではないであろうか。

- ・構造解析において必要となる各部材の moment of inertia (断面剛度) は配置される鉄筋量を考慮して設定したとされている。

現在の設計では終局に至るまでの過程は弾性挙動に近似することから、ひび割れの発生しないコンクリート全断面有効とした弾性剛度による解析が主流であるが、当時は終局を越えた破壊状況を考慮した検討を目していたのかも知れない。

尚、現在の終局を超える破壊までの解析は、鉄筋コンクリート部材の非線形を考慮した時刻歴解析とされているが、慣用的に終局までの換算弾性挙動を用いた方法も見られ、昭和初期の技術者が取り組んでいた状況と変わっていない。

#### 4 - 3 断面応力計算

- ・部材詳細設計は土木学会制定の鉄筋コンクリート標準示方書によるとされている。

当時の設計基準としては、昭和6年土木学会鉄筋コンクリート標準示方書および大正3年鉄筋コンクリート橋設計心得(鉄道院)が考えられるが、この中にも興味深い先人の考えがみられた。

- ・当時のコンクリート配合は容積法でセメント：砂：骨材 = 1 : 2 : 4 や 1 : 3 : 6 で施工され、水セメント比は特に記載されていない。

鉄筋コンクリート橋設計心得によるコンクリートの許容圧縮応力度は 1 : 2 : 4 で  $42\text{kg/cm}^2$  ( $600\text{lb/in}^2$ )、1 : 3 : 6 でその 75% と規定され、4 週強度に対する安全率が 3~4 と考えると  $ck=120\sim 170\text{kg/cm}^2$  以上を期待していたと考えられる。

先日行った反発硬度計による強度推定によると両橋りょうとも  $ck=50.6\text{N/mm}^2$  ( $495\text{kg/cm}^2$ ) が計測され、相当に丁寧で適切な加水が行われて高品質なコンクリートが構築されていることに驚く。



写真-4 反発硬度試験状況

・コンクリートおよび鉄筋の応力度計算は鉄筋とコンクリートの弾性係数比  $n=15$  とした弾性計算が規定されている。

この弾性係数比  $n=15$  の設定根拠には諸説あり不明な点も多いが、現在に至ってもなお同じ係数が使い続けられている。

また実務計算にはノモグラムが利用され、計算機がない時代には解けない連立式も簡易に解く手法として常用されていたものであるが、実に巧みにできている。

計算機が普及した現在ではこの鉄筋コンクリート断面応力計算用のノモグラムを利用することはないがノモグラム図を見ると人間はアナログな動物であることを実感する。このノモグラム図を使うと、どの程度の断面力や荷重の増加で応力超過となるか瞬時に創造できていたもので、現在のデジタルではその物理量を把握するためにデジタル数値を頭で物理量に変換する必要がある。

いまや、無次元化の技術は実験装置の相似モデル制作に利用される程度かもしれないが、先人は幅広く巧みに利用していた。

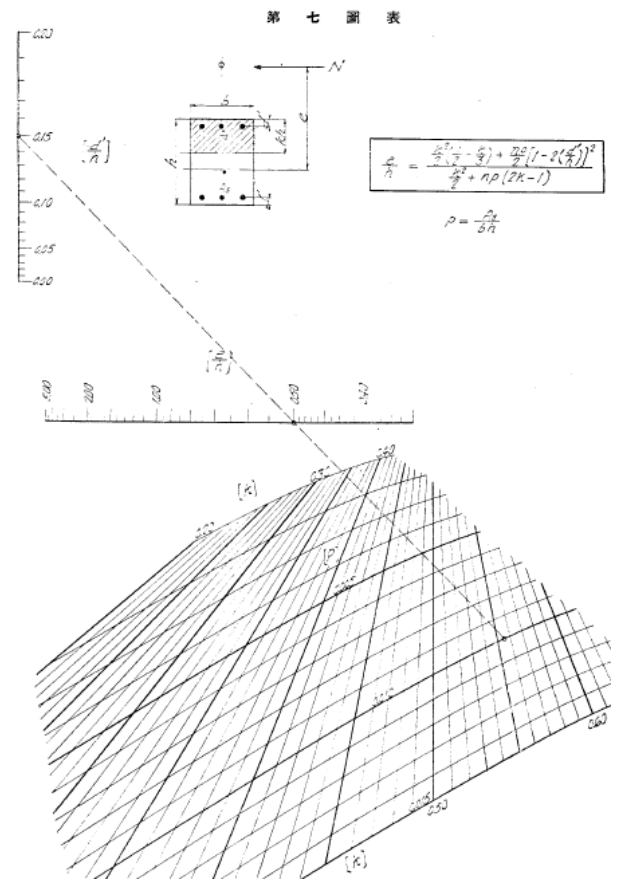


図-9 M-N ノモグラム図

## 5 . おわりに ( 緒言 )

右は、「標準設計図が制定されている場合、これによって設計施工することが簡単であることから現場条件に適應しないにも関わらず標準を適用している」と苦言しておられるのであるが、私が設計実務に関わり始めた 40 年ほど前には、「標準示方書や標準設計には、これに従う技術者の創意工夫は無く、技術力の向上や技術発展を阻害するもの」と論じておられる先輩が数人おられた。

「先入主となる」の言に漏れず、我々が日常従事する工事の設計に當り、或る先入観に囚われ、當時は何等の疑念を懐かなかつたものが、工事竣功後に至つて再び其の設計を吟味する時、必ずしも其の現場に適合せざる事に思ひ至る事が屢々ある。特に標準示方書設計圖等が制定せられてある場合には、此等定規に依り設計する事の作業極めて簡單なる爲め、長い間には機械化するに至り此の轍を繰返す事が誠に多い。

図-10 緒言 (昭和 8 年土木工学より)

現在の実務現場では、標準示方書・設計標準・標準設計が法的基準類と見なされ、その解説やマニュアルに至るまで厳守することが求められることもある。技術基準を法規制と解するならば「間違いであろうとも、法の下で公平を保つ」法治に従う必要があるが、技術者の技術力向上や技術発展を阻害しない範囲と解したい。

以上