

報 文

UDC 627.841 : 624.624

国鉄信濃川発電真人沢水路橋について

准 員 金 原 弘*

ON THE DESIGN AND CONSTRUCTION WORKS OF MATTOZAWA AQUEDUCT

(JSCE July 1952)

Hiroshi Kimpara, C.E. Assoc. Member

Synopsis The following is a paper on the design and construction works of Mattozawa Aqueduct. Its waterway, whose section is of the largest scale in Japan, is 7 m wide, 8 m high and its dead load amounts to 100 tons per metre in the ordinary condition. Therefore, it was the first problem in designing to decide the allowable bearing power of the foundation rock.

Since watertightness and durability is essential for the structure, we used Vinsol resin as air-entraining agent, dry sandblasting to clean up construction joints and consistency metre for control of concrete manufacturing.

写真—1 竣工した真人沢水路橋



要旨 本水路橋は延長 15.6 km 直径 7 m の標準馬蹄形水路ずい道に連なり、延長 90 m の 4 径間鉄筋コンクリートアーチ橋で、その水路断面は本邦最大である。水路荷重は常時 100 t/m に達するので基礎地盤の調査は慎重に行つた。氷雪による気象作用がはげしい場所であるので、コンクリートの耐久性と水密性を増すため、水路コンクリート 2960 m³ に AE 材を用い、800 m³ の施工機目はサンドブラストによつて

清掃した。

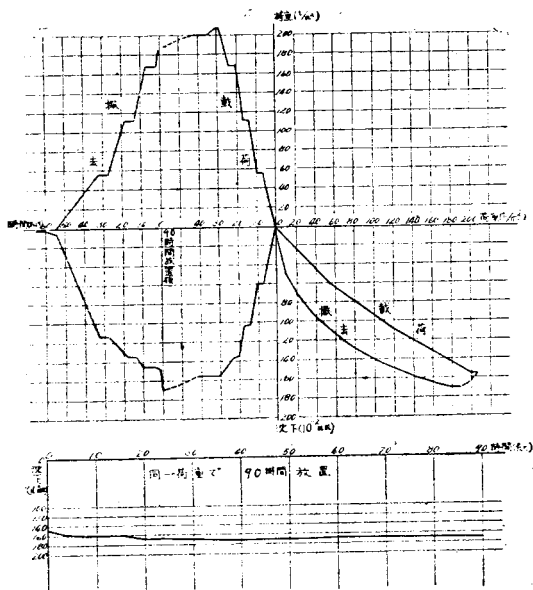
1. 地質

基礎岩盤は第三紀層頁岩、俗に土丹と呼ばれるものでコアボーリングによると地表からの深さは最大 8 m。地表からこの盤までは玉石混りの砂利砂層である。頁岩層に達してから砂岩と互層をなしているが、調査した深さ 35 m までには軟弱な層はなかつた。

荷重試験には、基礎岩盤に達する堅坑を掘り、土丹を砥石で水平に平滑に仕上げ、その上に底面 30 cm 平方の鋼載荷函を置き、オイルジャッキで約 20 t の

* 日本国有鉄道、信濃川工事事務所

図-1 荷重試験結果図表



軌条荷重を持ち上げその反力を杉丸太を通じ載荷函に伝えた。荷重はジャッキに取付けた圧力計により、沈下は載荷函に取付けた2箇のダイヤルゲージにより測定した。この結果は図-1に示す。最大沈下は 215 t/m² の荷重で載荷 20 時間後 1.7 mm でこの量はその後、70 時間同荷重で放置しても増加せず、荷重撤去後は殆んど最初に復し、亀裂は全然発見出来なかつた。

又この堅坑から 10cm 立方および 10cm 平方高さ 4cm の岩盤試験片それぞれ 2 箇を採り、層に直角方向に圧縮し、破壊強度平均それぞれ 32.5 kg/cm²、50 kg/cm² を得た。

以上の調査から岩盤は 215 t/m² 以上の耐荷力があると判断出来たので許容耐荷力を静定構造の場合 100 t/m²、不静定構造の場合 70 t/m² として設計を行った。

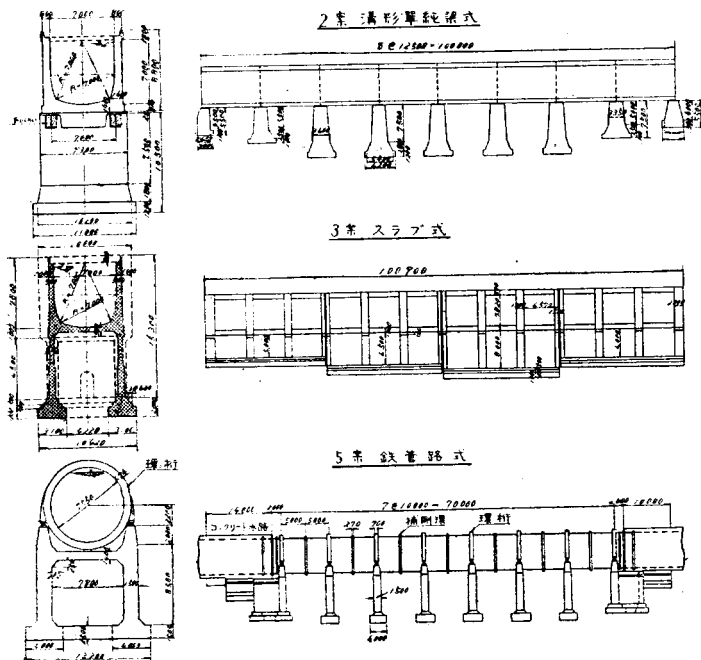
2. 比較設計案

鉄道技術研究所並びに本工事事務所で行つた比較設計案の主なるものは次の 6 案で以下その得失を述べる。

1 案 鉄筋コンクリートアーチ式 荷重が大きく常に等分布荷重である水路橋としては最も一般的な型で、基礎が良ければ信頼度の最も高い構造形式であろう。既述した地質調査の結果、この点は満足すべきことが判り、又設計施工上の難点も少ないので、問題となるのは経済上の得失である。

2 案 溝形単純梁式 鉄筋コンクリート U 字形開渠を支間 12.5 m の単純梁とし可動端にはロッカー播承を使用する。この開渠はその横断面内に水圧による応力を受けると同時に桁として働く。支点反力は 600 t でロッカーは 4 t に達し設計施工が難しい。基礎反力は静定であるが桁の応力計算上に不明確な点が免れ難く、このような大断面水路橋に適用するには困難である。

図-2 比較設計案の3例



3 案 スラブ式 水路は底部と側壁をスラブとした開渠で、このスラブから伝わる水圧はラーメンで支持する。ラーメンの基礎は格子構造となつているので基礎はアーチの場合要求される程よくなくても差支えない。水路から岩盤までの高さが低い場合はよいが、この場合は工事数量が多くなり経済的に 1 案に劣る。

4 案 サイフォン式 戦時中セメント、鋼材の節約と耐爆上採り上げられたが氷頭損失 60 cm となり、中落差大水量発電工事には極めて不利で又掘さく数量が 30 000 m³ に達し工事費自体も他案と大差ない。

5 案 鉄管路式 水路を内径 7.55 m 支間 10 m の 7 スパン連続梁とし橋脚は鉄筋コンクリートラーメンとする。直径が既往の鉄管路より非常に大きくこれに比し板厚は水圧の

小さいことから薄く (12mm) なるのでパイプ葎の撓屈に対し確信が得られなかつた。水路自重が小さく橋脚が軽快になり経済的には1案よりやや有利である。鉄管路の鋼材は 418t を要する。

6案 盛土上可撓鉄管路式 沢を水路ずい道から出るずりて埋めて締固めその上に flexible な鉄管を敷設する。川水は暗渠で処理するので沢の洪水量に対して絶対安全である事が必要である。沢の流域面積は 12km² で過去 32年間の時間最大降水量 94mm に対し約 120m³/sec の洪水量が考えられる。従つて河川処理費がかさみ予想される程経済的に有利でない。

以上の結果 1案を採用し本設計に入つた。

3. 設計条件および応力計算

水路の桁作用は考えないで等分布荷重としてアーチに載ると仮定する。地震力は水平 0.15g を考える。

(1) 井筒 底面積の大きさは底面支圧力が 70t/m²

表-1 許容応力表

	井筒	アーチ	水路
曲げ圧縮	67	45	
せん断	ハリで 45 版で 60		
付着	55		
鉄筋の引張	1800	1200	800
水セメント比	60%	60%	50%以上45%

(註)地震時 1.5倍 単位 Kg/cm²

になるように定め、自重で沈下させるため周辺摩擦力が 2t/m² となるよう壁厚を決めた。この結果壁厚 80cm, 2枚の隔壁を有し鉄筋量は 20kg/m³ となつた。又橋脚用特殊型井筒として水平地震力に対する安定計算を行つた。

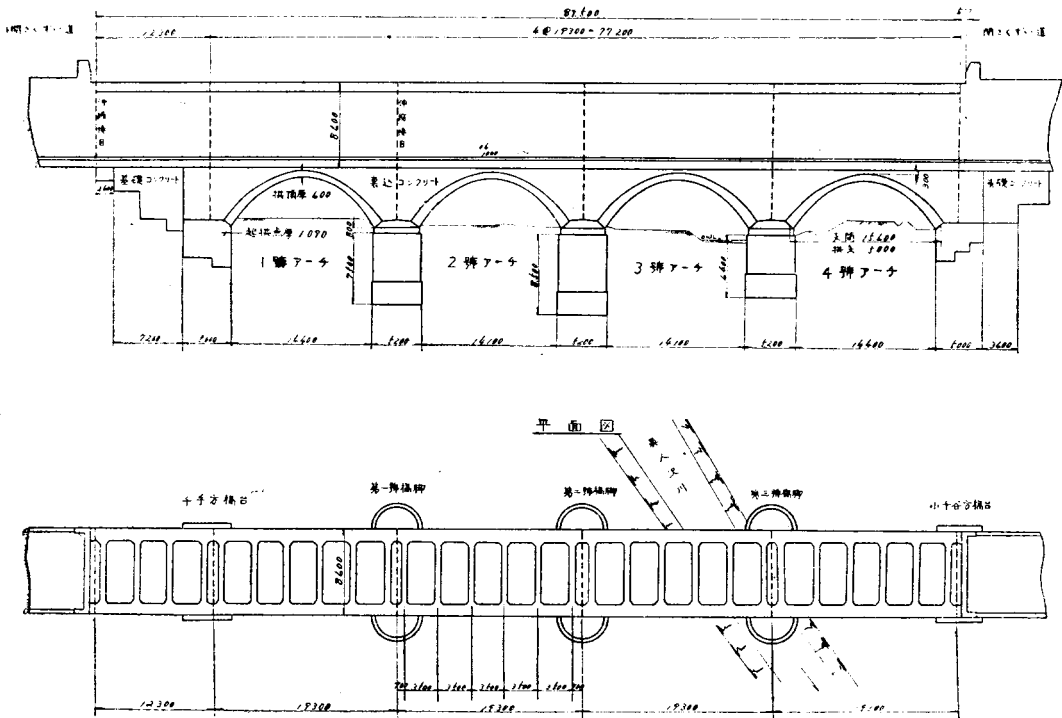
(2) アーチ 水路荷重は常時 100t/m, 最高水位積雪時 114t/m の等分布荷重である。拱軸線は変垂曲線とし、各アーチを独立にシュトラスナーの方法で計算する。温度変化 ±15°C 硬化収縮 -10°C を考える。

(3) 水路 水位は仰拱底面より常時 6.65m 最高 7.65m 雪荷重は積雪 2m 比重 0.4 地震時動水圧についてはダムの場合と同様に考える。最大水位と地震とは同時に考えない。水路は剛床上に載ると考える。

側壁は上端ヒンジ、下端固定の1次不静定変断面片持版と仮定、水平に 16分割し数値計算を行う。仰拱は剛床上の1方向版とし上からの水圧および両側壁からの反力とモーメントを外力とし弾性方程式を解く。側壁頭部は側壁反力を等分布に受け、繋材との交点を支点とする連続梁として解く。繋材は $k=0.042$ の門型ラーメンの水平部材と考え、外力を側壁よりの反力自重および雪荷重として解く。地震力の計算の時も、

図-3 一般図

(側面図)



同じ門型ラーメンと近似して計算する (図-5 参照)。

計算の結果, 以上の仮定の再検討を行ったが, 繫材の伸びが側壁に及ぼす影響, 連続梁の撓みが側壁に及ぼす影響は何れも無視できる程度である。仰拱部曲げモーメントは水位によって符号が変わるがその大きさは小さく配筋に影響する程ではない。

伸縮継目には厚 4mm 巾 450mm の銅板を Z 型に用う。

4. 施工

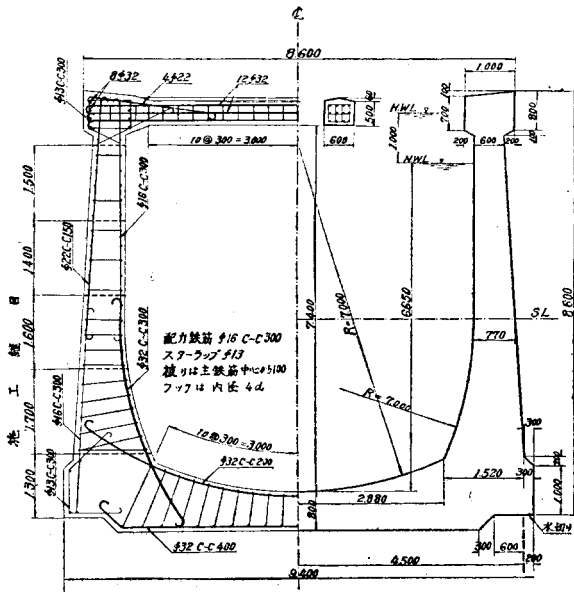
施工は前田建設工業株式会社が請負い, 昭. 25. 5. 着工, 昭. 26. 5. 竣工, 冬期 2ヶ月間は工事を休んだ。

表-2 工事数量表

工事種類	単位	昭25-5月	昭26-3月	計
		至25-12月	至26-5月	
コンクリート	m ³	4,600	2,960	7,560
切取および根堀	m ³	3,400	1,600	5,000
支給品	セメント	7	1,110	2,330
	鉄筋	70	226	296
	銅板	0	2,080	2,080

(注) この数量は延長 27m の両側 取付間さくすい道工事を含んでいる。

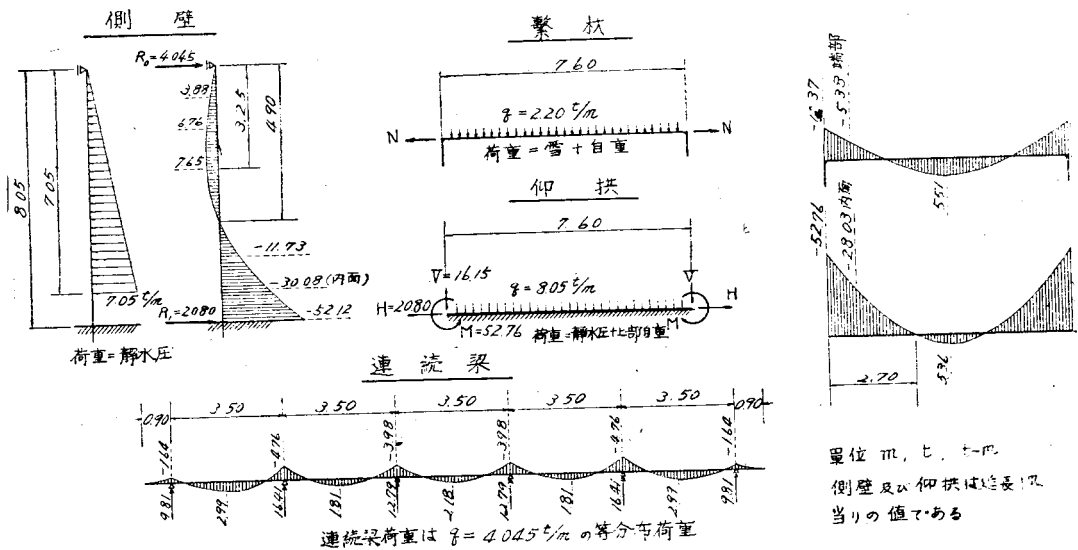
図-4 水路設計図



(1) コンクリート設備 1日の施工量平均 50m³ とし均質なコンクリートを製造できるように次の諸点に注意してプラントを建設した。即ち第 1, バッチャープラントの採用, 第 2, 粗骨材を 5~25mm, 25~50mm の 2種に分け, 第 3, 骨材含水量変化を少なくするため各サイズの骨材貯蔵ビンを 3室に分け屋根をかけ, 第 4 骨材はダイヤル目盛のついた重量計量器ではかり, 第 5, コンシステンシーメーターによりコンクリートの製造を管理したこと, 等である。コンクリートの品質については別に報告されているのでここでは省略する。

(2) 井筒工 約 2.5m 素掘りし良い砂利層を出し鉄脊を据えた。井筒の長手中心線上に I 形鋼を架設 1t の電気ホイスを走らせ, ずりの搬出をした。湧水は毎分 0.2m³ 位で 3時ポンプで排水し空掘りした。設計の通り自重だけでよく下り, 1日平均 40cm の進行であつた。

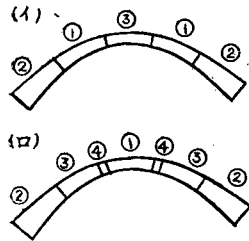
図-5 水路計算仮定および曲げモーメント図



中埋は水セメント比 0.90 のコンクリートに玉石を 1.5 割だけ別に混入し (セメント量 145 kg/m^3) 3 日に 1.5 m の割合で打ち上りその間冷水を張り冷却した。

(3) アーチ 1 スパン 139 m^2 のコンクリートを 1 号アーチは (イ) の方法で、2 号以下は (ロ) の方法で打った。(イ) は拱架の変形が少ないが①を打つ

図-6 アーチ打込順序図



時の下側のせき板の支持にかなり苦労し又①と②の密着が不十分であった。上げ越しを 20 mm にしたが竣功後 1 号アーチの拱軸線を実測した結果は設計より平均 11 mm 最大 78 mm 下つていた。これは拱架の変形よりも基礎工が不十分だったためである。裏込コンクリートは水セメント比を内部 0.90, 露出部 0.60 とし、同時に打った。

(4) 水路 水密性と耐久性が最も強く要求される部分であるので水セメント比を小さくし AE 材を用い、型枠はボルトで締付け、施工継目はサンドブラストで清掃するなど、最善の施工に努力した。

a) 水セメント比は常時水面附近より上は 0.45, 他は 0.50 とし全部にビンゾール樹脂を AE 材として用いた。空気量は 4% を標準としたが作業時間中 2 時間毎に測定した結果は最大 5.3% 最小 3.1% であった。

b) 側壁の型枠は 16 mm 又は 19 mm のボルトで締付け、埋込まれる部分は油紙で巻きコンクリートの硬化後に引抜き、キルクをつめモルタルで後埋めした。キルクは直径をボルトより 2 mm 大きくし、切口に防腐のためアスファルトを塗り、両側から 2 個づつつめた。

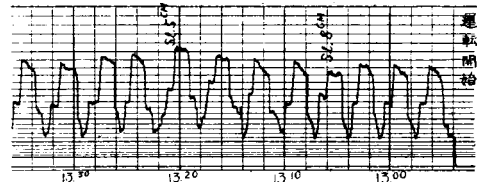
c) 施工継目にはホゾを設けず、サンドブラストで清掃した。機械 1 台、作業人員 2 名で 1 日実働 8 時間に平均 50 m^2 の能力があつた。機械入手後の全打継目 800 m^2 をこの方法で清掃したが、鉄筋の林立した狭い部分でも確実にレイタンスの除去が出来た。

d) 当地の気候は 3 月末までは降雪と -5°C までの気温低下があるので防雪、防寒設備をした。混合水を 70°C に暖め新しいコンクリートの温度を 10°C 以上に保つと共に打込場所は上屋をかけ、その中で薪炭により暖房し打込後 5 日間 5°C 以上に保つた。

(5) コンシステンシーメーター 記録電力計でミ

キサの消費電力を記録したものでこれによりコンシステンシーの変化、練り時間、バッチ数が監督者の机上でわかり、更に作業能率をも知ることが出来た。

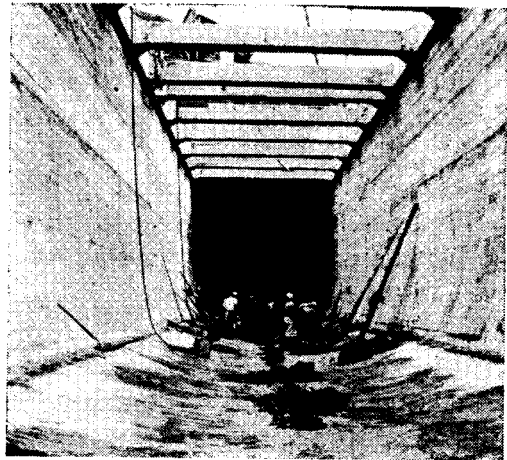
図-7 コンシステンシーメーターの記録



5. 通水後の状態

通水試験当日、構造物各部の変位を測定し基礎や施工に欠陥のないことを確めた。その中で特に面白い結果は基礎の沈下で 60 t/m^2 から 65 t/m^2 までの 5 t/m^2 の荷重増加に対する沈下増加は、 30 cm 平方の載荷版の荷重試験の時は 0.038 mm であったが、底面積 68 m^2 、周長 34 m の実際の橋脚では 0.20 mm で約 5.4 倍になっていることである。

写真-2 完成した水路内部



昭. 26. 10. の漏水程度は水面下の施工継目総延長 810 m のうち約 40 m 、ボルト後埋の部分は総数 2400 のうち 44 がいざれもコンクリート表面が湿つて見える程度で、晴れた日照の強い日には乾くので殆んどわからない。

6. 結語

紙面の都合でアウトラインに止まり詳細に述べることが出来なかつたが、これは別の機会にゆづることにしよう。終りに臨み、設計施工に多くの貴重な助言を頂いた東大諸教授、本庁特殊設計課および土木課の諸職員に心からの感謝をささげる次第である。

(昭. 27. 2. 20)