

# ひょうご 水百景

## No.57 烏原・立ヶ畑堰堤（神戸市兵庫区）

～優美な曲線重力式粗石モルタル造堰堤～



写真-1 烏原貯水池・立ヶ畑堰堤（平成 25 年 6 月撮影）

### ■ 市街地に近接、緑に囲まれた烏原貯水池と優美な曲線を描く立ヶ畑堰堤

神戸市営地下鉄・湊川公園駅を降りて、北へ約 1.2km 歩き、石井町バス停の手前を左折、住蓮（じゅうれん）坂<sup>※1</sup>と呼ばれる急な坂をプチメタポの体に鞭打ちながら登っていくと烏原（からすわら）貯水池<sup>※2</sup>に着きます。都会の喧騒がまるで嘘のようで、緑に囲まれた湖畔の散策路を歩く人がちらほら。湖面の向こうには石張りの立ヶ畑（たちがはた）堰堤（大正 4 年の嵩上げ後の堤高=33.3m、堤頂長=122.4m）が見えます。

この堰堤は、新湊川水系石井川に建設された神戸市の水道専用ダムで、近代化の進展とともに人口が急増する神戸の街の衛生環境改善を図るため、神戸市創設水道 2 番目のダムとして、明治 34（1901）年 6 月建設工事に着手、明治 38（1905）年 5 月に竣工しています。

堰堤の設計・施工を指揮したのは、明治 32（1899）年に吉村長策<sup>※3</sup>が辞任した後を受け神戸市創設水道の工事長となった佐野藤次郎<sup>※4</sup>です。

佐野は、明治 33（1900）年生田川上流に完成した布引五本松堰堤の経験を踏まえ、英領インドのダムを視察に行くなどして海外の技術を吸収し、約 4 年の歳月をかけて明治 38（1905）年 5 月曲線重力式粗石モルタル造の立ヶ畑堰堤を完成させます。同年 10 月 17 日竣工式が行われ、これにより明治 30（1887）年 5 月に起工された神戸市創設水道事業は完了しました。



写真-2 曲線重力式粗石モルタル造の立ヶ畑堰堤

※1 住蓮坂：烏原貯水池に沈んだ烏原村は、昔上野と呼ばれていて、奈良時代に僧・行基がここを訪れ、観音寺というお寺を建てた。その後すっかり荒廃してしまいましたが、住蓮という僧（浄土宗の開祖・法然の弟子）が再建し、願成寺という名にした。住蓮は、この寺から兵庫の町へ布教に行くためによくこの坂を通ったことから「住蓮坂」と呼ばれるようになったとか。なお、願成寺は、立ヶ畑堰堤建設に伴い、兵庫区役所の南西約 200m の松本通 2 丁目に移転している。

※2 烏原貯水池：貯水池名としては、取水塔覆屋に掲げている銘板に「KARASUWARA RESERVOIR」とあるが、住所表示としては「からすはら」と読むようだ。

※3 吉村長策：「ひょうご水百景 No.12」参照

※4 佐野藤次郎：「ひょうご水百景 No.12」参照

## ■ 立ヶ畑堰堤の設計

五本松堰堤の設計・施工で中心的役割を担った佐野は、五本松堰堤の漏水量が意外に多かったことから、さらなる研究を要するとして英領インドの水道視察を願い出ます。しかし、市議会はその海外出張費の支出を否決したため、やむなく佐野は浅見忠治工手と共に自費で明治 33 (1900) 年 10 月から 70 日間インドの 5 ダム（タンサダム、ツルシーダム、ペリヤーダム、パートガールダム、ムータダム）および香港のチャタムダムなど当時世界でも有数の大きさのダムを視察研究して、立ヶ畑堰堤の設計変更に取り掛かります（堰堤完成後、市は市長交際費を割いて海外出張費を佐野らに支弁している）。



写真-3 佐野藤次郎

以下に、佐野の論文『神戸市水道拡張水源工事』を基にその概要を述べます。（工事中の写真は神戸市水道局 HP から引用）

### (1) 型式

直線重力式の五本松堰堤に対して、立ヶ畑堰堤は曲線重力式（平面半径 600 尺 $\approx$ 181.8m）という珍しい型式を採用している。佐野は曲線を採用したことについて、「是れ決シテ横拱ノ働キヲ計算ニ加エタルニ非ズ 只温度ノ変化ニ抵抗シ易カラシメンガ為ナリ」と述べている。当時のコンクリートダムは横継目を設けない全面シヤー工法だったので、堤体の温度変化により上下流方向にクラックが発生する可能性が高い。そこで、クラックが発生したとしても、堤体を円弧形にすることによって、水圧をダム軸方向の圧縮力に変えて、クラックからの漏水を抑制することを狙ったわけです。セメント価格が高かった時代、漏水対策を重視し、あえて堤体積の増える曲線を採用している。

### (2) 堤高

元設計は、河床から 99 尺 (30.0m)、根入 11 尺 (3.3m) として総高 110 尺 ( $\approx$ 33.3m) <sup>※5</sup> の堰堤を築くこととしていた。しかし、基礎掘削において堤敷南側付近の岩盤が酸化していたことから、基礎処理は入念に行った上で、さらに慎重を期して当面の水需要に対応できる範囲で堤高を 9 尺 ( $\approx$ 2.7m) 抑えることとし、堤高を 101 尺 ( $\approx$ 30.6m) に変更している。

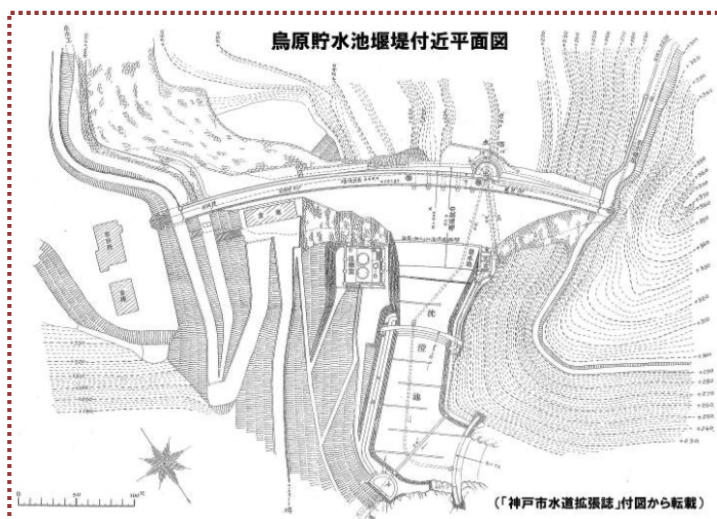


図-1 烏原貯水池堰堤付近平面図

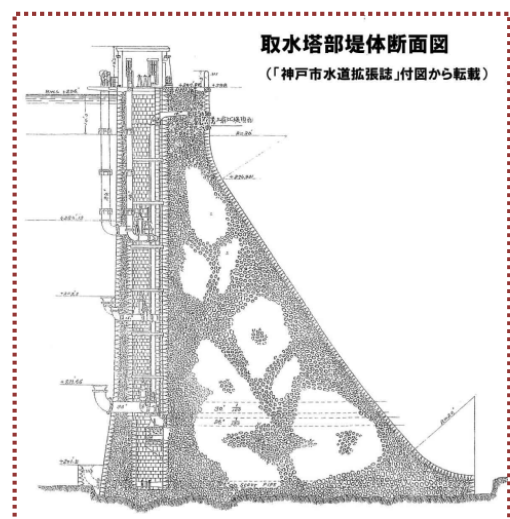


図-2 取水塔部堤体断面図

### (3) 断面形状

基礎岩盤は、五本松堰堤のそれより劣るため、許容最大圧縮力を五本松堰堤の75%として設計している。また、洪水が堤体下流面を流下することを考慮して、上下端に半径20尺(≒6.1m)の円弧を挿入している。上下流面はいずれも間知石の布積みで、中心(いわゆるアンコの部分)はすべて1~2立方尺大の粗石と中埋めに栗石および片石を用い、石とモルタルの割合は容積にして概ね石6割、モルタル4割である。

### (4) 堰堤基礎掘削

地質は中生代白亜紀の布引花崗閃緑岩で、全体に割れ目が多く、特に右岸部は風化が著しい。掘削は亀裂の少ない岩盤に達するまで行い、河床部で平均深さ7尺(2.1m)、左岸部で17尺(5.2m)、右岸部で28尺(8.5m)に達した。加えて浸透防止のため、堰堤軸に沿って幅5尺(1.5m)、深さ平均4尺(1.2m)の溝掘りを行い、ち密な岩盤まで到達させている。岩掘削は火薬を使用するが、仕上げ掘削は発破振動により岩盤が緩むのを避けるため手掘りとした。また、右岸の山体は痩せていることから、遮水性の向上を図るため、延長430尺(130.3m)の間、幅6尺(1.8m)、平均深さ26尺(7.9m)の溝掘りを行い、底より10尺(3.0m)は粘土を充填、そこから満水面までは漆喰(配合:石灰1:真砂土6の割合)を充填した。溝掘り部の貯水池側法面は押え盛土により2割勾配とし、表面に張石を施している。

### (5) 堤体材料

佐野が英領インドのダム視察で得た知見を基に、当初、五本松堰堤と同じ粗石コンクリート造だったものを、漏水防止に効果の高い粗石モルタル造に変更している。モルタルにはスルキ(下等レンガを粉碎してつくった微粉末)を混ぜて水密性を高めている。モルタルの配合は、堤体の大部分を占める甲号粗石積(セメント:スルキ:石灰:真砂土=1:4/3:2/3:9/2)と、堤体上部に使用しそれなりの強度が要求される乙号粗石積(セメント:スルキ:石灰:真砂土=2:4/3:2/3:6)が主体となっている。



写真-4 明治35年4月

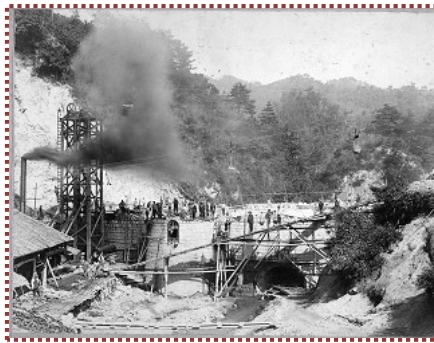


写真-5 明治35年10月



写真-6 明治36年6月

**セメント:** 指名競争入札により大阪セメント(株)が落札。配合試験の成績が良好だったことから以後随意契約により同社から購入している。

**石灰:** 土佐産および伊予産を使用、石灰1に真砂土6の割合で供試体をつくり耐伸力を計ったが、ほとんど差はなかった。

**スルキ:** 同等の機能を持つ火山灰よりはるかに廉価で、煉瓦製造業者から屑煉瓦や下等煉瓦を購入、工場近くの水車で粉末にし、0.15mmフルイを通過したものを使用した。

**粗石:** 総数の2割は水没地にあった古石垣や溪流に散在していた川石を採取、他は上流約3.3kmにある民有山に石取場を開き、火薬を用いて破碎し、軽便鉄道を敷設して運搬した。軌道は全線を3区に分けて、接続箇所には断崖絶壁の箇所を選んで、石を落として積み替えたとか。(すいぶんと荒っぽいこと)

### (6) 洪水吐

当時、洪水吐は土堰堤のルールを踏襲して堤体には設けずとしていたが、立ヶ畑堰堤は地形上それが困難だったため、わが国のダムとしては初めて堤体を洪水が流下する形式を採用し、堤体中央部にストーニー式ゲート4門(1門の幅10尺≒3.0m)を配置している。越流頂高は、満水面以下3尺(≒0.9m)、最大放流量は660立方尺(≒18.4 m<sup>3</sup>/秒)、さらに、越流水による堰堤基礎の破壊を防ぐため、堰堤直下に減勢池を設け、ウォータークッションにより水勢を緩和する対策が採られている。

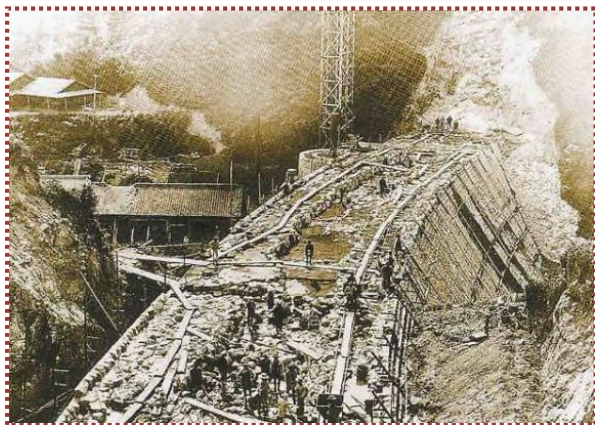


写真-7 明治36年6月 粗石モルタル造堰堤の施工状況

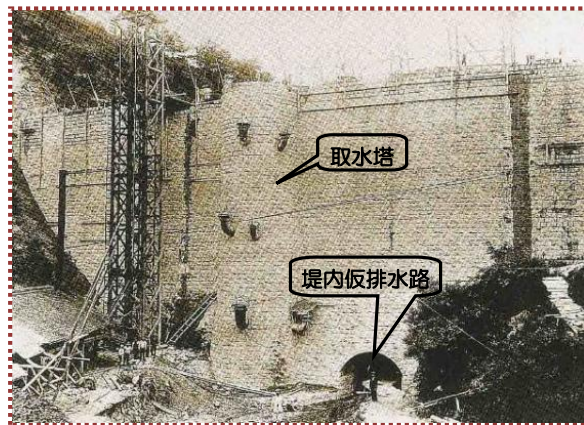


写真-8 明治37年6月 堰堤上流面

### (7) 取水設備

洪水吐の左岸側に取水塔が設けられ、塔には、内径24イチ(≒0.61m)および30イチ(≒0.76m)の縦管を通し、24イチ管は約2km東の奥平野浄水場へ延び、30イチ管は将来の拡張に備える予備管としている。これらの2管は、いずれも3個の取水用支管を持ち、取水する層を選択できるようになっている。なお、これらとは別に、河床標高に内径24イチの底部放流管(佐野の論文では「掃除管」と記載されている)が設置されている。

※5 総高110尺(≒33.3m)：佐野が明治39(1906)年5月に発表した論文『神戸市水道拡張水源工事』では、長さの単位として「呎(フィート)」が用いられ、明治43(1910)年発行の『神戸市水道誌』では、同じ数値に対して「尺」が用いられている。立ヶ畑堰堤の設計・施工に直接関わった佐野が単位を間違えることは考えにくく、一方、『水道誌』の編纂主任書記の「例言」には「資料が散逸し、当時の関係者に聴いても人毎に話が異なり…」と編纂にかなり苦労されたようだ。いずれが正しいのか判断に迷うが、ここでは、公表数値との整合を考慮して「尺」を使用し、「m」に換算表記する。なお、1フィート≒0.3048m、1尺≒0.3030m。

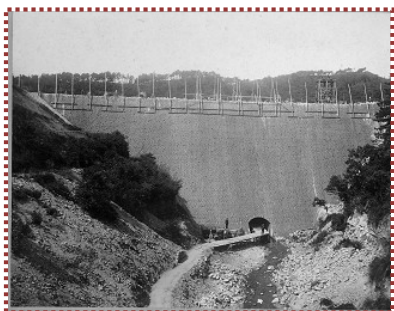


写真-9 明治37年6月

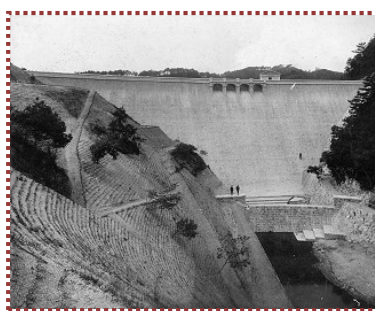


写真-10 明治38年5月 完成した堰堤

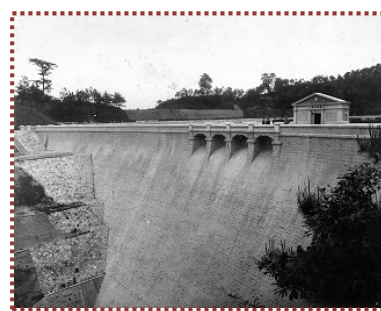


写真-11 明治38年5月 完成した堰堤

### ■ 立ヶ畑堰堤の施工状況

佐野の論文『神戸市水道拡張水源工事』によると、立ヶ畑堰堤の施工状況は概ね下記のとおりです。

明治34(1901)年6月堰堤建設工事に着手し、明治35(1902)年4月1日基礎掘削を概ね完了、同月11日より河床高まで甲号粗石積を填充する。同年6月末には、堰内仮排水路(暗溝)工事を終え、これより堰堤の全面施工が可能になる。仮排水路工事中は、時々洪水に見舞われ、排水および埋没土砂の取り除きに手間を要した。同年12月末より2月末までは寒気著しく凍害を被る恐れがあったことからモルタル工事を休止し、堰堤の上下流面は菰(こも)2枚を重ね、打設面は深さ10cm程度に水を張り湛水養生を行った。

明治36(1903)年3月4日工事を再開する。同年8月末には堰堤高63尺(≒19.1m)となる。同年9月猛暑となり、加えて人夫の不足と堰堤以外の工事に注力するため堰堤築造工事を一時休止する。10月になって築造を再開するも、12月20日寒気のため再び休止となる。

明治37(1904)年3月1日築造工事再開、同年5月13日には堰堤高84尺(≒25.5m)に達した。これより満水面までの15尺(≒4.5m)は乙号粗石積を使用している。加えて、温度変化に伴うクラックの発生を防ぐために9封度(ポンド)の鉄軌(ルール)を堰堤軸方向に全長にわたり埋め込んでいる。

明治 38 (1905) 年 4 月 4 日堤体工事が完成し、同年 6 月 17 日満水となった。(洪水期に入っても湛水を継続しているが、それにしても短時間で満水になっている。) 満水後の下流面はよく乾燥し、ほとんど漏水はなかったとか。

堰堤工事は、同年 5 月 15 日県に完成検査を申請し、同月 23 日に県から検査完了の通知を受けている。

### ■ 「養而不窮」

取水塔覆屋の扉の上部に「養而不窮」(やしないてきわまず)と刻まれた扁額があります。儒学における重要な書のひとつ『六経』の中の「周易(しゅうえき) 下象傳(たんでん)」から採られたものようです。

「巽乎水而上水、井。井、養而不窮也」とあり、「水に巽(い)れて水を上ぐるは、井なり。井は、養いて窮まらざるなり」と読み、後半は「井戸は人々を養っても枯れることはない」という意味だとか。

第 13 代兵庫県知事・服部一三の書です。



写真-12 取水塔覆屋の扁額

### ■ モノローグ

立ヶ畑堰堤では、温度応力への対応から円弧形状を採用し、下流面も洪水の流下を考慮して円弧を導入、このほか、洪水吐の 4 門のアーチ、半円柱の取水塔など随所に曲線が採り入れられて全体として優美な印象を受けます。

かつて、筆者は某ダム専門家から、「ちょっとした所に曲線を採り入れることで、構造物の表情は全然違ったものになる」と教えていただいたことがあり、関わったダムの設計に際しては、無理のない範囲で曲線を採り入れることを心がけてきました。もちろん、施工面で手間がかかり、その分費用も割高になるのは承知の上で。機能美だけで満足せず、ちょっとした工夫を考えてみてはいかがでしょうか。



写真-13 4 門の洪水吐

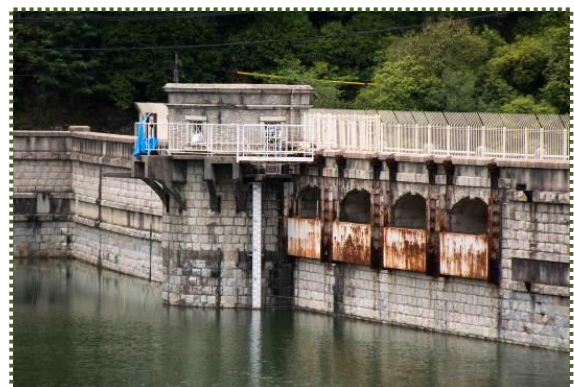


写真-14 取水塔と洪水吐

次回は、「烏原貯水池 Part.2」として、濁水を烏原貯水池に流入させないために設けられた放水路や大正期に行われた立ヶ畑堰堤の嵩上げなどについてまとめてみようと思います。

#### 【参考資料】

- 1 『神戸市水道 70 年史』 神戸市水道局 昭和 48 年 4 月
- 2 『神戸市水道百年史』 神戸市水道局 平成 13 年 3 月
- 3 『東洋諸国ノ石堰堤概況〜工学会誌第 237 巻』 佐野藤次郎 明治 35 年 1 月
- 4 『神戸市水道拡張水源工事〜工学会誌第 285 巻』 佐野藤次郎 明治 39 年 5 月
- 5 『近代古典コンクリートダムのデザインに関する考察〜土木史研究 第 18 号』 池田大樹 篠原修 平成 10 年 5 月
- 6 『佐野藤次郎と神戸水道の 3 ダム〜土木史研究 講演集 Vol.23』 松下 眞 平成 14 年
- 7 『歴史が語る湊川』 新湊川流域変遷史編集委員会 平成 14 年 12 月

※発行：平成 28 (2016) 年 2 月 『ひょうご水百景』 No.57

改訂：令和 8 (2026) 年 4 月 『ひょうご水百景』 No.57