

論 說 報 告

第26巻第5號 昭和15年5月

軍馬の池土堰堤漏水系統の探查と其の對策

會員 篠原節郎*

准員 吉永齊**

要旨 本文は軍馬の池土堰堤の漏水系統判定の爲め、土質科學、水理並びに氣象等により實驗、觀測並びに考察をなし、貯水池改良計畫に對する指針を與へんとしたものである。

目 次

- | | |
|----------------|----------------------|
| 1. 緒言 | (4) 算定値の活用 |
| 2. 内部狀況觀察と土質試験 | 4. 藥液に依る漏水流路並びに流速の測定 |
| 3. 堤體の正常滲透水量算定 | 5. 池水、漏水並びに堤體內水の水温測定 |
| (1) 算式の誘導 | 6. 漏水系統の判定 |
| (2) 算式の運用 | 7. 對策 |
| (3) 算定値の吟味 | |

1. 緒 言

軍馬の池土堰堤は開田 599 ha の目的を以て公法人軍馬用地土功組合に依つて、北海道天鹽國上川郡土別町字軍馬用地に構築せられたもので、貯水量 2 530 000 m³、満水面積 34 ha、東北以北に於ては有数の規模のものである。築堤の竣工直後、貯水を略計畫満水位に達せしめた處、右岸地山肌付部並びに堤體より甚しい漏水が派生したので、直ちに減水を行ひ、堤體に粘土挿入等の手直し工事を行つた(圖-1~5 参照)。

又、右岸地山肌付部は多量の漏水流下に起因する堤體構成土質の洗掘が依然停止せぬ爲、その抑制の適宜應急施設として、木製矢板と鐵線蛇籠とを併用した工事を行ひ、安全を保持して居る様な狀況である。此れ等の漏水は如何なる系統に因つて集注して來るかを判定することは、皮見上の觀察のみでは至極困難なことである。

今、此の漏水系統を判定すべく諸種の探查方法を實施した。猶、貯水位と堤體並びに地山肌付部に於ける漏水量との關係は右岸地山肌付部よりのものが他に比し非常に多量である(圖-6 参照)。

2. 内部狀況觀察と土質試験

貯水池の地區は新第三紀層地帯の丘陵臺地であつて、左岸側堰堤取付附近地山には軟質の頁岩を、右岸側地山には凝灰質集塊岩を露出してゐる。築堤工事に際しては現在の如く土質試験の設備も無く、單に適材と判斷されたものより順次使用し、且つ此れ等の材料の配列、並びに施工方法に就き別段記録文獻がないので、堤體の内部は全然未知である。

その上、貯水開始後現在に至る期間に於て地山肌付部や堤體に相當量の漏水があること等を参照して見ると、堤

* 北海道廳技師 北海道廳土木部土地改良課

** 北海道廳技手 北海道廳土木部土地改良課

圖-1. 貯水池某堤箇所平面圖 (昭和 12 年 11 月調査)

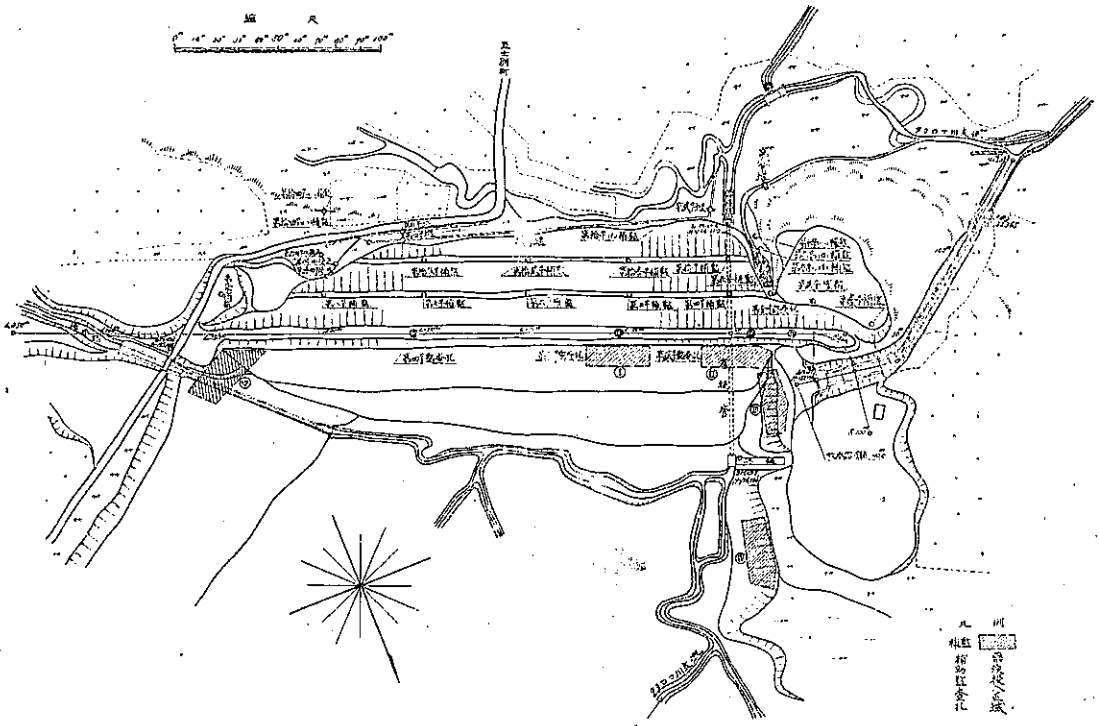
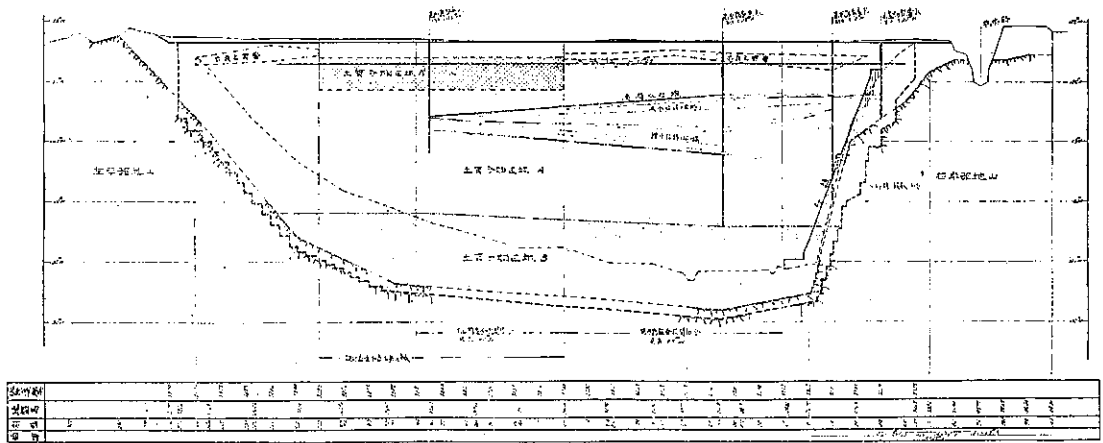


圖-2. 土堰堤縱断面圖



體並びに地山の締結度合、堤體構成土質の配列狀況、及異狀の有無に就き確めねば堤體の安定性を判定するに至難である。仍つて觀察の目標を此の 3 點に置き、その手段として築堤中心線に沿ひ監査孔を 4 箇所、地山並びに堤體犬走りに 14 箇所の補助監査孔を掘鑿し、各孔より土質試料を採取しその工學的諸性狀を試験した。猶、試験方法は本廳土木部試験室制定のものに準據した。

圖-3. 第3號監査孔關係分土堰堤横断面圖 (築堤測點 L 35.0m)

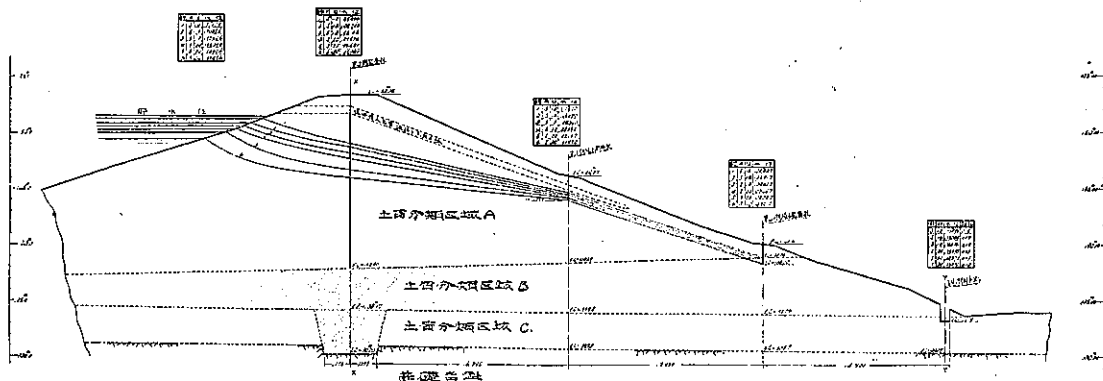
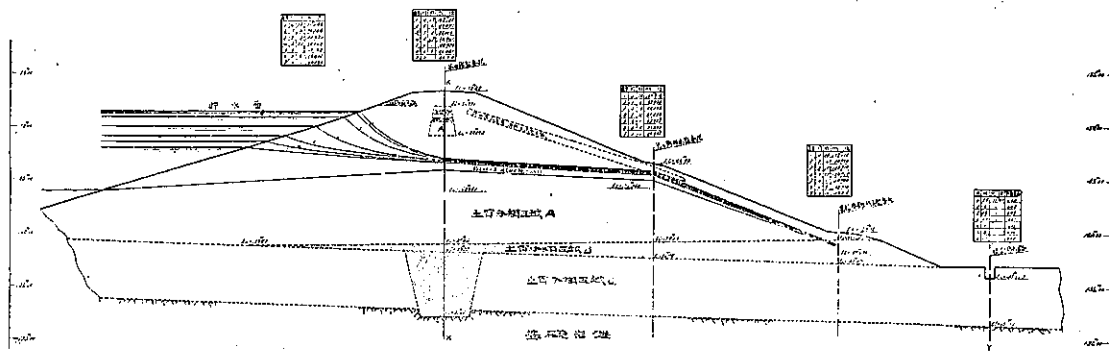


圖-4. 第4號監査孔關係分土堰堤横断面圖 (築堤測點 L 155.0m)



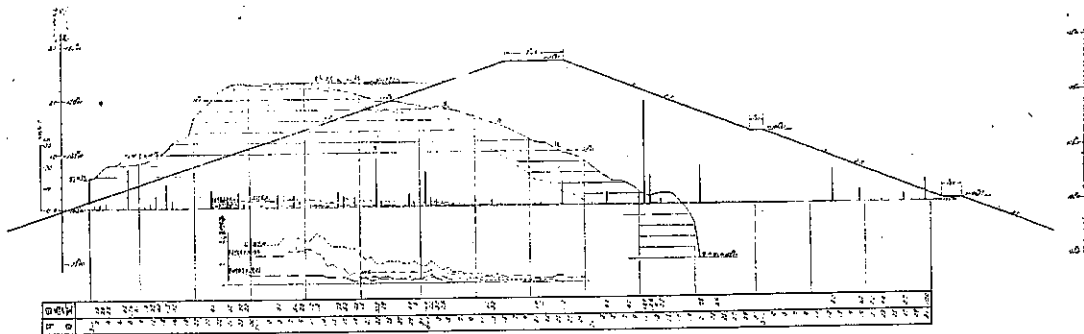
(a) 堤體並びに地山の締結度合：漏水の多量にある右岸地山は、西南方(下流へ)へ20度の傾斜をなしてゐる凝灰質集塊岩の不規則な層理にて構成され、その上、龜裂も亦その層面と同方向に10度内外の傾斜で發達してゐるので、堰堤構築地點としては不適な地質構造を形成してゐる。

池内に於ける此の地層の露出部は斷崖状をなして居り、恰も形態上斷層面の如く見ゆるも確たる證左が認められない。今、第1號並びに第2號補助監査孔に依り、その内部を觀察せる處、兩孔共地表下60cmの處より砂質のものと比較的不滲透質のものが互層をなしてをり、且つ、毛髮狀龜裂が無數にあり、その内には相當幅の間隙を有してゐるものも見受けられた。堤體の締結狀況判斷の一方法として、その土取場に於ける間隙率と堤體の間隙率の兩者を比較検討し、前者が後者より大なる時には良好、小なる時には不良、略等しき時には普通と等級を附した。その結果は堤體全部を通じて不良と普通との限界線上を縱ふてゐることが確認され、施工時に於ける搗固め不充分を物語つてゐる(圖-7参照)。

(b) 堤體構成土質の配列狀況：土質試験と各監査孔内部狀況の觀察を綜合し、堤體構成土質が圖-1~4.に明示の如き配列の下にあることが判明した。

圖-5. 右岸地山肌付部の漏水集積流下狀況 (流量 $0.03\text{m}^3/\text{sec}$)

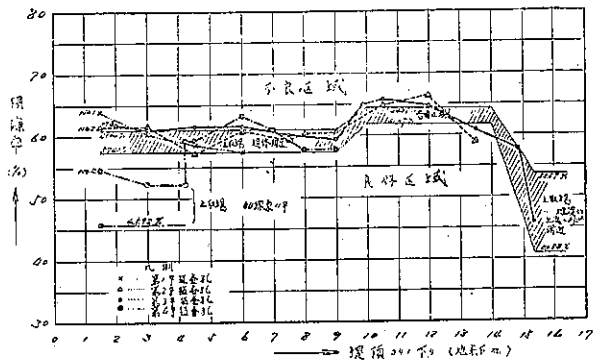
圖-6. 貯水位、漏水量並びに日雨量關係圖 (昭和 13 年度觀測)



圖示の如く堤體構成土質の微粒子流失區域は堰堤右岸部土取場の基盤に接した處の地層より採土して捲立てた爲め、30 cm 大の角礫をも含む不良土質層になつてゐた。

(c) 異狀の有無：築堤天端に沿ひ水準測量を行つた結果は、築堤全般に互つて略一様に落付き不等沈下の現象が認められなかつた。然し不良土質中の微粒子は貯水の透過に起因する流速過大の爲め流失されてゐる事は肉眼により容易に觀察された。此の不良土質層以外の盛土中に於ては各監

圖-7. 各監査孔に關する堤體構成土質の締結狀況



査孔共堤體構成土質の微粒子を流失してゐる箇所も無く、勿論貫孔の存在も見受けなかつた。次いで各監査孔掘中の狀況は、第 2 號に於ては地表下 8.00 m の下流左側、第 3 號も地表下 6.00 m の上流右側、並びに地表下

表-1. 各土質分類區域の土質試驗成績一覽表

管線	土取場	含水比		比重	間隙率 %	機械分析(%)			稠 度					液性指数	塑性指數	外見	試験体 番号	摘 要	
		天然	浸潤			見掛	真	砂	沈泥	粘土	液狀	塑狀	液限						塑限
A	地堰土採取 3.07.13	0.6797	0.5281	1.65	2.69	58.55	30.72	14.01	54.67	0.5800	0.5106	0.3000	0.0696	1.07	36.66	1.5	稠	赤褐色	42
	微細土採取 1.10.10	0.5273	0.5616	1.66	2.79	61.04	21.08	23.81	54.71	0.7500	0.3766	0.2500	0.3734	1.33	37.03	7.0	稠	-	45
	平均	0.6035	0.5448	1.66	2.74	59.80	26.10	19.31	54.69	0.6550	0.4436	0.2750	0.2114	1.20	39.05				
B	地堰土採取 試験孔	0.6006	0.6152	1.02	2.70	53.39	30.15	23.35	46.50	0.7600	0.3487	0.1200	0.6113	1.03	46.33	7.0	稠	黄褐色	35
	試験孔	0.2780	0.2789	1.99	3.76	43.58	14.66	26.17	57.17	0.6900	0.2507	0.2300	0.2393	1.75	28.34	7.0	稠	黄褐色 大粒沈泥	36
	試験孔	0.2267	0.2524	2.00	2.74	40.88	37.68	15.30	47.02	0.8200	0.2391	0.1700	0.3009	2.14	21.08	7.0	稠	黄褐色	30
平均	0.3078	0.3459	1.96	2.76	46.02	28.16	21.61	50.23	0.5967	0.2795	0.1733	0.3172	1.91	31.92					
A	地堰土採取 1.10.10.10.10	0.6583	0.6129	1.53	2.66	63.10	24.50	14.37	40.73	0.7000	0.4945	0.2300	0.2855	1.21	43.72	7.0	稠	黄褐色	46
A	地堰土採取	0.3240	0.3261	1.99	2.62	45.92	12.67	15.13	72.20	0.6400	0.2286	0.1700	0.2116	1.36	34.27	7.0	稠	黄褐色	38

備考 1 土質分類区域 C 基礎地盤構成土質の代表：是れより土質分類区域 C の略全一材料を構成する。 2 土質分類区域 A、第四号監査孔関係分、於此に粘土を挿入して、土質の使用に於ては、満水時、浸潤線形、把括外に位置する。故に浸透水量、算定に對して何等影響を與へず。 3 安定係數 = 液性指數 / 浸潤含水比

9.85 m の上流右側に夫々濕潤地域が存在してゐたが、その影響範圍は 1.00-0.50 m の程度であつた。又第 4 號は地表下 7.73 m の下流右側より滲出水が孔底に貯溜し、その影響範圍幅は 0.50 m 程度で 2 日間に互り流量を測定した處 0.165 lit/hr に達した。上述の如く貯水池空虚に際して行つた監査孔掘鑿中に濕潤の地點や滲出水の存することは、左右兩岸の地山より盛土に通じてゐる地下水に起因するものと想像されたので、堰堤下流法面犬走り上に間隔 50 m 毎に補助監査孔を掘鑿した處、所期の如く地下水があり、左右兩岸より夫々連絡してゐることが判明した。

3. 堤體の正常滲透水量算定

(1). 算式の誘導

現地にて滲透係数を求むる爲、堤軸に平行方向の幅 60 cm の観測用水路を堤趾法尻附近自然地盤中に設け、適所に於て量水堰により水路に流入し來る水量を計量し、以て該水量と浸潤線とを相關聯させる様に企劃した。観測用水路に流入して來る水量には堤體の横斷方向より正常に滲透して來る水量、即ち正常滲透水と他の原因に因つて流入して來るものがある。仍つて此の水路内に流れてゐる水量を前述の 2 者に區分することが出来るなら、必然堤體の滲透係数が算定し得て、堤體内の水の動きが解析することが出来る。今、此の算定の手段として Darcy 氏の地下水流動實驗式を基準とし、相近接の浸潤線形に關して観測用水路に流入して來る正常滲透水以外の水が略等量になる貯水位を求め算式を誘導し、滲透係数を求めんとした。即ち算式誘導の基本式は次の西歷 1856 年に發表せる佛蘭西の Darcy 氏の實驗式に據ることとし $V = K \cdot \frac{h}{l}$ 而して $\frac{h}{l} = I$ とせば $V = \frac{Q}{F}$ ならば

$$Q = K \cdot I \cdot F \dots\dots\dots(1)$$

但し Q : 單位時間に F なる斷面積を通して流れる水量、 K : 水の粘性、土砂粒子の細粗、形狀並びに間隙の廣狹等による係數、即ち滲透係數、 F : 水の透過すべき土柱の斷面積、 h : l だけの距離を流るゝ爲めに消費した水頭、 V : 流速

今、土堰堤横斷面中の任意の斷面を $X-X$ 、観測用水路中の斷面を $Y-Y$ とす。然る時兩斷面に關しての或る貯水位に於ける正常なる滲透による水量に就ての観測等式は次の如くなる(使用記號の説明は圖-8、表-2. 参照)。

貯水位 H_1 に對しては

$$K'F_1'I_1' + K''F_1''I_1'' + K'''F_1'''I_1''' = q_1' + (q_1'' - Qx_1) \dots\dots\dots(1)$$

観測用水路は其の敷の施工基面を貯水空虚の時
に於ける地下水水面と略一致して設置し、猶堰堤
中心線に於ける根入に使用した土質によつて観
測用水路敷より不滲透性基礎岩盤迄の滲透水量
は支配されてゐる故

$$K'''F_1'''I_1''' = q_1' \dots\dots\dots(1')$$

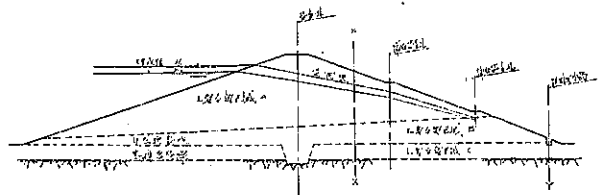
として大過なきものと思惟される。仍つて(1)、
(1') の兩式より

$$K'F_1'I_1' + K''F_1''I_1'' = q_1' - Qx_1 \dots\dots\dots(2)$$

同様にして貯水位 H_2 より少量變移した貯水位 H_2 に對しては

$$K'F_2'I_2' + K''F_2''I_2'' = q_2' - Qx_2 \dots\dots\dots(3)$$

圖-8. 土堰堤横斷面圖



然る時、貯水位の少量變移による觀測用水路内を流下する水量の増減量は

$$q_1'' - q_2'' = K'(F_1'I_1' - F_2'I_2') + K''(F_1''I_1'' - F_2''I_2'') + (Qx_1 - Qx_2) \dots \dots \dots (4)$$

(4) 式に於て、貯水位少量變移により必然土質分類區域 A 内のみに於て浸潤線形の變移が起るものとすれば、 $F_1'' = F_2''$, $I_1'' = I_2''$ と想定せられる。仍つて

$$q_1'' - q_2'' = K'(F_1'I_1' - F_2'I_2') + (Qx_1 - Qx_2)$$

$$\therefore K' = \frac{(q_1'' - q_2'') - (Qx_1 - Qx_2)}{F_1'I_1' - F_2'I_2'} \dots \dots \dots (5)$$

此の場合、環境條件として $H_1 > H_2$ 並びに $Qx_1 \geq Qx_2 > 0$ なるを要す

(5) 式に於て、若し環境條件の $Qx_1 = Qx_2$ となる點が存在するものとせば、

$$K' = \frac{q_1'' - q_2''}{F_1'I_1' - F_2'I_2'} \dots \dots \dots (6)$$

此の K' の値は其の堤體構成土質に關しては最も眞實に近きものであり、且つ最大の數値を與へてゐるものである。然し、 $Qx_1 = Qx_2$ なる如き貯水位

表-2. 使用記號説明

が何時如何なる浸潤線の時に生じ、觀測用水路内へ流入する水量が幾何なるかを探求することが出來ねば (6) 式は解くことが不能である。此の探求を行ふに際し次の方法に據つた。

土質試験の結果、その物理的性質より察するに $K' \geq K''$ と想定せられる (表-1 参照)。今、安全側を採つて、

土質分類區域	構成土質種別	渗透係數	断面 X-X' 上流側於浸潤線形に於ける平均貯水位	断面 Y-Y' 上流側於浸潤線形に於ける平均貯水位
A	土堰堤附近土取場採取盛土	K'	I'	F'
B	土堰堤附近土取場採取盛土	K''	I''	F''
C	土堰堤基礎構成土(盛土等)	K'''	I'''	F'''

H貯水位標高 m
 g觀測用水路數の不透水性基礎岩盤迄の渗透水量..... m³/秒/堤長/m
 g'觀測用水路内の流入水量..... m³/秒/堤長/m
 Q_1 g' の内正常渗透以外原因の流入水量..... m³/秒/堤長/m
 備考.....貯水位變移對する各記号概當數値變化其記号右下に堤号附記を示す

$K' = K''$ とし、又 $I_1' = I_1''$ と假定せば

$$Qx_1 = q_1'' - K'(F_1' + F_1'') I_1' \dots \dots \dots (7)$$

同様に於て、 $Qx_2 = q_2'' - K'(F_2' + F_2'') I_2' \dots \dots \dots (8)$

今、(5)~(8) の 4 式に依つて $Qx_1 = Qx_2$ となる貯水位を求めて見る。

第 1 段階：今 n 箇の貯水位に對する n 箇の浸潤線形、並びに觀測用水路内流入水量が判ればその相隣接してゐる浸潤線形に關して (6) 式より K' の數値が $n-1$ 箇求めることが出来る。此の K' を (5), (7), (8) の 3 式に適用させて (5) 式に規定されてゐる環境條件を滿足するか、どうかを決定する。要するに本段階に於ては相隣接してゐる浸潤線形相互に關し $Qx_1 = Qx_2$ となる貯水位の範圍と K' とが與へられる。

第 2 段階： n 箇の浸潤線形が同一土質分類區域内に於てのみ變移してゐる場合には、第 1 段階に於て與へられた K' の値を $n-1$ 箇の相隣接する貯水位に關し、(5), (7), (8) の 3 式を適用させて環境條件を滿足するか、どうかを判定しなければならぬ。

以上の兩段階に於て夫々自己の浸潤線を滿足させ、且つ他の總ての浸潤線を滿足せしめた時、 $Qx_1 = Qx_2$ となる處の貯水位の範圍を求め得たことになる。次に縦距に貯水位を、横距に流入水量を記録し得る直角坐標に前述の算定により得た Qx_1 並びに Qx_2 を圖示して、果して所要の條件を滿足してゐるかを再検査する。かくて $Qx_1 = Qx_2$ となる貯水位が確認されたなら、その時の觀測値 q_1'' , q_2'' , F_1' , F_2' , I_1' , I_2' を (6) 式に適用することにより所

要の K' が求め得られる。

(2) 算式の運用

堤體を第 3 號監査孔關係分と第 4 號監査孔關係分とに 2 區分し、夫々に就きて前述の算式を運用した。本算式の運用に際しては、現地の特種狀況に即應し總て觀測値は觀測時の貯水位に對するものとし、且つ算式の誘導に當つて行へる想定並びに假定をよりよく正當化する爲に、斷面 X-X の選定は可及的上流部に採るを有利と認め築堤天端中心線上に設定した(圖-3, 4, 9, 10 參照)。

圖-9. 貯水位と觀測用水路内流入水量
第 3 號監査孔關係分

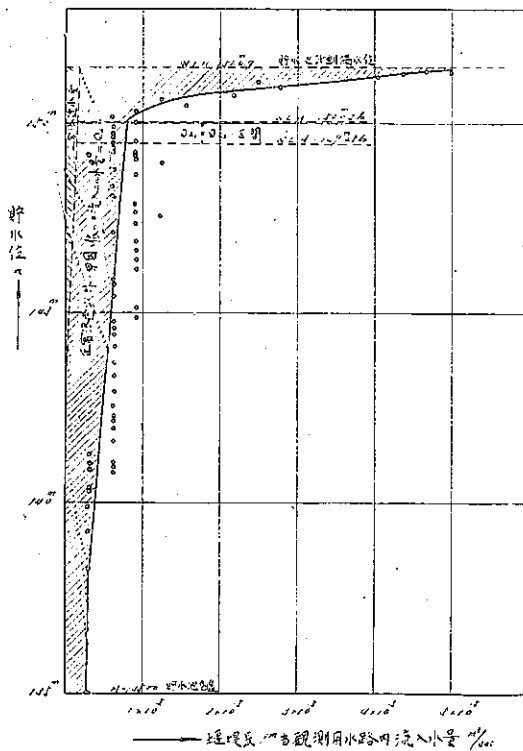
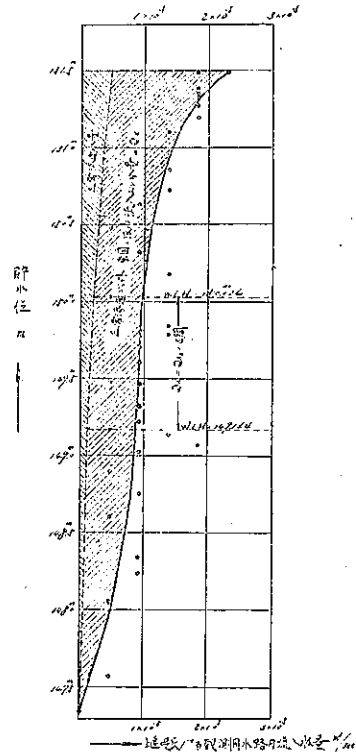


圖-10. 貯水位と觀測用水路内流入水量
第 4 號監査孔關係分



第 3 號監査孔關係分に關しては算式の誘導に指示してある環境條件の外に、貯水池が空虛になつた後も當分流入水量が繼續してゐる實情であるから、 Q_{x_1} 並びに $Q_{x_2} > 0.31 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}$ なることが必要である。仍つて此の條件を加味して算定を行つた結果は $K' = 4 \times 10^{-7} \text{ cm}/\text{sec}$ となる。

同様に第 4 號監査孔關係分は $K' = 9 \times 10^{-7} \text{ cm}/\text{sec}$ なることが算定された。

(3) 算定値の吟味

(a) 必要條件: 條件 1. 兩監査孔の算定値を對比するとき兩者は夫々類似の數値を有すべきこと(表-3 參照)。條件 2. 近似の工學的性状を有する土堰堤材料の滲透係數測定値と兩孔關係分の算定値と對比するとき兩者は夫々類似の數値を有すべきこと。淺河原調整池土堰堤に於ける土質材料は土質分類區域 A 構成土質とは表-3. に示す如く、大體その工學的性状は近似の狀況である(鐵道省大臣官房研究所土質調査報告第 5 輯頁 70-78 參照)。條件 3. 堤體構成土質の算定値と透水試驗測定値と對比するとき兩者は類似の數値を有すべきこと。

(b) 吟味の方法: 滲透係

表-3. 土質分類區域 A 構成土質の工學的性狀 (附淺河原調整池土堰堤材料)

數と粘土含有量並びに間隙率との相互の間には何か或る關係が存在してゐると云ふことは否定し得ない事實である。今、滲透係數と粘土含有量との關係を測定した有力文獻として聖臺貯水池土堰堤土質試驗成績 (土木學會誌第 25 卷第 7 號

採取場所	含水比	比重		間隙率 (%)	機械分析 (%)								
		見掛	真		100目粉土	160目粉土	200目粉土	40目粗粒	100目粗粒	200目粗粒			
第3號監査孔關係分並びに第4號監査孔關係分	地表6.0m	0.5134	1.64	2.72	61.51	1.00	0.27	4.62	0.57	17.82	9.68	14.72	62.20
	0.505	1.62	2.76	61.50	0.27	0.71	3.78	0.88	11.95	9.17	21.03	52.50	
	0.75	1.65	2.66	60.51	0.22	0.04	1.92	3.88	12.52	7.23	22.10	52.09	
	0.90	1.70	2.55	59.57	1.29	1.02	0.64	4.01	11.94	5.70	21.60	53.80	
	平均	0.5380	1.64	2.72	60.52	0.64	0.54	2.74	4.04	13.56	7.72	17.65	62.20
第3號監査孔關係分並びに第4號監査孔關係分	地表6.0m	0.5126	1.64	2.61	59.17	0.15	1.08	7.17	7.61	16.7	5.00	16.27	52.04
	0.505	1.64	2.75	63.51	1.06	1.68	0.90	5.24	17.91	8.07	17.44	62.75	
	0.75	1.65	2.72	60.71	1.55	7.57	26.94	12.78	18.87	5.21	7.52	22.54	
	0.90	1.72	2.66	57.48	1.44	2.17	10.25	6.45	11.19	5.25	11.68	62.15	
	平均	0.5779	1.67	2.70	60.16	1.04	3.12	9.77	8.58	12.92	5.58	14.26	62.43
本應土部試驗室	0.5200	1.66	2.67	61.62	-	1.00	4.60	5.70	12.44	5.62	7.65	53.08	

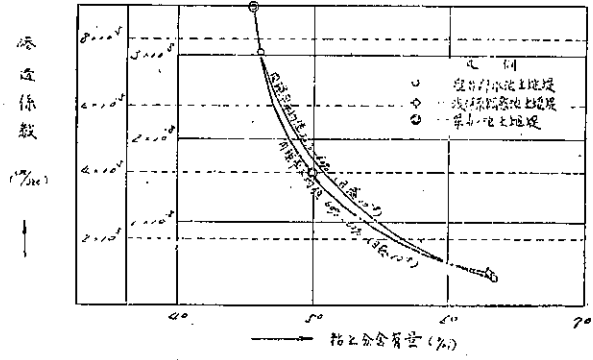
頁 773 岩岡武博氏著「聖臺貯水池土堰堤工事報告」参照) と兩監査孔關係分並びに淺河原調整池土堰堤材料

採取場所	含水比	比重		間隙率 (%)	機械分析 (%)			透透係數 $\times 10^{-6}$	項目別漏水係數	備 考
		見掛	真		砂	沈泥	粘土			
第3號監査孔關係分	0.5380	1.64	2.72	60.52	30.24	17.86	52.90	0.0004	0.7	透透係數異なぬ
第4號監査孔關係分	0.5779	1.67	2.70	60.16	40.51	14.26	45.23	0.0009	7.7	
本應土部試驗室	0.5200	1.66	2.67	61.62	27.36	7.66	65.08	0.0001	-	第3號材料

とを對比し、同一粘土分の

時に於ける間隙率と滲透係數との關係を表現して見た (圖-11 参照)。此の關係圖に依り、必要條件 1 並びに 2 が夫々満足し得る程度であり、且つ必要條件 3 は第 3 號監査孔の土質分類區域 A 内に存在する土質試料を地表下 6.00m の處より採取し、本應土木部試驗室で測定した處、圖-12 の如く殆んど算定値と測定値とは近似してゐた。仍つて本算定により求め得た K' の値が妥當であることが確認された。

圖-11. 滲透係數と間隙率並びに粘土含有量との關係



(4) 算定値の活用

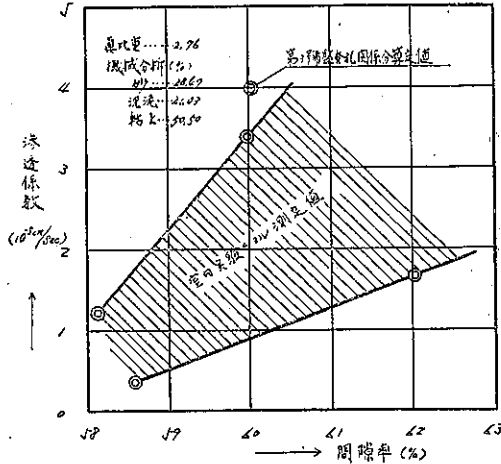
K' が算定されると堤體內を通過する實際の流速が求められ、該流速が堤體構成土質の微粒子を流失するかどうかが判明する。此の場合、粘土質が流動し得ない制限流速の上限界は Stocks 氏公式により察知し安全度を求めて見た。即ち堤體內流下の實際流速は第 3 號監査孔關係分に於ては 2.95×10^{-7} cm/sec, 第 4 號監査孔關係分に於ては 11.09×10^{-7} cm/sec にして、安全度は夫々 78 強と 21 弱を示した。次に本算定値によつて正常滲透水量が求め得られる故、圖-9, 10 の如く観測用水路内に流入して來る水量を解析することが出来る。

4. 藥液による漏水流路並びに流速の測定

池水が何處より吸引するか、又どの程度の速度にて集注して來るかを判斷すべく、フルオレスセンス液の物理的性質並びに食鹽と硝酸銀との化學反應を應用せるものを併用し實施した。フルオレスセンス液に依るものは池水が相當量のコロイド分を含有してゐたこと、風浪等により池水の移動が行はれてゐた爲、所期の成績を得ら

れなかつた。食鹽と硝酸銀とを使用の場合には初微並びに極微を観測し得、初微は鹽分の擴散作用に依る先き走りのもの、極微は鹽分核の到達した時と見做した。食鹽投入に際しては投入箇所並びに風向等を充分考慮し圖-1 に示す如き 5 部分に投入區域を設定した。その成果は表-4 の如く、(i): 放水路前 ㊸ に投入したものが他の何れの場所に投入したものよりも早かつた。(ii): 第 2 號監査孔前 ㊸ に投入したものより斜樋上流 ㊸ に投入したものが早かつた。(iii): 検出場所に就て見るに斜樋上流に投入したものを除外せば、第 3 號補助監査孔の (ロ)、及 (ハ) が (イ) より早かつた。(iv): 第 3 號補助監査孔の (ロ) と (ハ) はその距離相近接してゐるが、時間的に幾分差異があつた。

圖-12. 滲透係數と間隙率との關係



年月日	採取場所	含水比	比 重		間隙率	機械分析 (%)			浸透係數	天然浸水試験の系列
			実 重	容 重		砂	泥 炭	粘土		
12.18	池 堤	0.5205	1.62	2.76	61.50	28.27	21.03	5.450	121.20	天然浸水試験
.	.	0.6197	1.66	.	58.14	.	.	.	121.20	天然浸水試験
.	.	0.6702	1.68	.	58.60	.	.	.	121.20	天然浸水試験
.	.	0.3883	1.53	.	60.07	.	.	.	121.20	天然浸水試験
.	.	0.4417	1.64	.	62.45	.	.	.	116.00	天然浸水試験

5. 池水、漏水並びに堤体内水の水温測定

池水の水溫分布と漏水出口に於ける水溫との關係、池水の水溫分布と堤体内水の水溫との關係、並びに漏水量、日雨量、氣溫等を測定せ

表-4. 藥液に依る漏水流路並びに流速の測定成果表 (No. 1)

ば、池水の吸引部分並びに漏水層の系態、及堤内滲透水の動向に就いて察知することが出来る。測定の結果は表-5~8の如く、(i): 堤体内水の水溫は池水並びに地山漏水層流過水の水溫の影響を直接受けてゐない。但し左岸部には些少の影響が及んでゐた。(ii): 貯水池漏水の大部分を占めてゐる

試験年月日	風向	投入場所	食塩量	検 出 所													
				第1號	第2號	第3號	第4號	第5號	第6號	第7號	第8號	第9號	第10號				
12.5.14	南々西	池堤	50	15.1076	5.05	1.25	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
12.5.16	西南西	池堤	50	15.0855	5.25	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
12.5.17	北々東	池堤	125	15.0717	0.0	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
12.5.21	北々東	池堤	125	15.0796	0.0	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12

同上 (No. 2)

試験年月日	風向	投入場所	食塩量	検 出 所													
				第1號	第2號	第3號	第4號	第5號	第6號	第7號	第8號	第9號	第10號				
12.6.25	南 西	池堤	105	15.1076	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
12.6.27	南 西	池堤	70	15.1076	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
12.6.28	南 西	池堤	105	15.1076	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
12.6.29	南 西	池堤	105	15.1076	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12

右岸地山よりの漏水を全部集積計量してゐる堰 No. 1 の水溫は、第 3 號補助監査孔の (イ) の水溫と類似型を示してゐた。仍つて右岸地山の漏水層は上層程透水性が大である。(iii): 監査孔内水溫の變動が極く微量であつ

た。仍つて堤體內水の流速が遅く、且つ貫孔が存在せぬことが判る。(iv): 第3號補助監査孔の(ロ)と(ハ)はその距離相近接してゐるが、池水の影響範圍が異なつてゐることより、地山内部の漏水層が不透透性と互層を形成してゐることを示してゐた。

右岸部

左岸部

表-5. 漏水並びに堤體內水の水溫

観測地点 観測時期	監2	監3	補監3	補監3(ハ)	補監3(ロ)	補監3(ハ)	堀1	堀2	堀3	補監5	補監11
13.5.19日付 (2/0-3/0)	9.0°C	8.4	10.0	10.7	10.5	9.4	10.2	10.8	10.3	8.5	8.4
13.6.20日付 (7.0-10.0)	9.1°C	9.1	12.2	10.8	12.2	10.7	11.8	13.7	13.2	—	—
摘 要	茶堤部	茶堤部	地肌側	地山漏水	地山漏水	地山漏水	地肌側	観測側	観測側	茶堤部	茶堤部

観測地点 観測時期	監4	補監7	補監13	補監14	補監14(ハ)	補監14(ロ)	補監14(ハ)	堀3	堀5
13.5.19日付 (2/0-3/0)	9.6°C	9.6	8.6	9.0	9.3	8.7	9.5	10.3	10.5
13.6.20日付 (7.0-10.0)	9.3°C	9.9	9.9	10.3	10.1	9.3	11.0	13.2	14.5
摘 要	茶堤部	茶堤部	茶堤部	地肌側	地山漏水	地山漏水	地山漏水	観測側	観測側

6. 漏水系統の判定

(a) 観測用水路内に流入して来る漏水系統: Q_w なる流量は主に堤體を通過して流入して来るものであるから、

必然堤體の滲透係數に支配される。仍つて堤體內に異状が無い限り、貯水位との關係に於て流入量が急激に變動しないのが至當である。第3號及第4號兩監査孔關係分に於て、貯水位標高が前者 150.10 m, 後者が 150.20 m になると夫々流入水量が漸次増加して行くのは、築堤天端附近に存在してゐる不良土質層内の微粒子流失に因つて生成された砂層や貫孔へ堤體內水が毛管作用により流入してゐると云ふ解釋にて説明される。此の場合、作用した毛管高は右岸部 91 cm, 左岸部 119 cm であつた。内務省土木試験所内務技師高田昭氏は室内模型實驗を多數實施の上、模型に於ては、水の毛管作用のために浸潤線以下に在る水が、其の面を横斷して上方へ流れ出で又、下方へ流れ入る事實を發見せられたが、本土堰堤にては、明らかに此の模型實驗と同様の現象を観測し得た事は興味深きことである(第2回國際大堰堤會議提出日本論文、内務技師高田昭氏著「土堰堤の滲透水の流動及其の内部水壓の分布」昭. 11. 12. 20. 刊行論文集頁 35 参照)。次に第3號監査孔關係分

表-6. 池水の水溫分布

水面標高	水面	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00	10.50	12.00	13.50	15.00
13.5.19日付 (2/0-3/0)	16.2°C	12.35	11.30	10.45	9.86	9.10	9.44	6.90	6.57	6.45	6.43
13.6.20日付 (7.0-10.0)	18.3°C	15.64	14.04	12.17	9.61	8.59	7.22	7.27	6.75	9.01	6.43
備 考	14.7.1月「27マシ」観測器設計が使用の場合、最高最低水標計が使用の場合、比較観測結果の正確度、差異は10%以内、依つて観測結果に多少の差が生ずる。										

表-7. 地山よりの漏水が無くなる時

漏水箇所	補監3(ハ)	補監3(ロ)	補監3(ハ)
漏水箇所・標高(m)	142.168	137.810	136.749
漏水箇所・貯池水面標高(m)	143.307	141.605	140.845
差 高(m)	1.139	3.795	4.096

漏水箇所	補監14(ハ)	補監14(ロ)
漏水箇所・標高(m)	140.882	141.942
漏水箇所・貯池水面標高(m)	148.602	147.000
差 高(m)	7.720	5.058

表-8. 地山漏水と池水との關係

補監3(ハ)		補監3(ロ)	
池水面標高	影響範圍	池水面標高	影響範圍
149.783	1.50 ~ 3.00	149.841	4.50 ~ 6.00
149.703	1.50 ~ 3.00	149.599	4.50 ~ 6.00
148.234	1.50 ~ 3.00	147.849	4.50 ~ 6.00
146.390	1.50 ~ 3.00	146.128	3.00 ~ 4.50
144.075	1.50	144.075	1.50 ~ 3.00
143.307	漏水ナシ	142.515	1.50
		140.845	漏水ナシ

様の現象を観測し得た事は興味深きことである(第2回國際大堰堤會議提出日本論文、内務技師高田昭氏著「土堰堤の滲透水の流動及其の内部水壓の分布」昭. 11. 12. 20. 刊行論文集頁 35 参照)。次に第3號監査孔關係分

に於て、貯水空虛時にも堰堤長 1 m 當り $0.31 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}$ の流入水量の有ることは右岸地山肌付部の漏水集積流下水路内に洗木のある間は、該地點を水源とする水に起因するものと思考される。要するに観測用水路内に流入して來る漏水系統は第 3 號監査孔關係分に於ては、貯水位標高 150.10 m 迄は地山よりの地下水に起因するものが大部分を占め、正常滲透水量が現れ初めるのは貯水位標高 142.50 m 以上の時からである。次いで貯水位標高 150.10 m に至ると次第に不良土質層と水の毛管作用に起因する漏水量が漸次増加してゐるものと考察される。第 4 號監査孔關係分に於ては、貯水位標高 147.50 m より地山よりのものと正常滲透水量とが共に流入し初めるが、その大部は地山よりのものである。貯水位標高 150.20 m に至ると次第に不良土質層と水の毛管作用に起因する漏水量が漸次増加してゐるものと思惟される。兩孔關係分を比較せば、第 4 號監査孔關係分はむしろ堤體よりの正常滲透水量が多く、水の毛管水に因るものが幾分少量の程度である。

(b) 右岸地山肌付部の漏水系統：右岸地山の漏水層は池内で最下端標高 140.845 m と漏水出口に於ては最下端標高 136.749 m (補. 監. 3. の (ハ)) とを結ぶ連絡線以上に存在してゐる。而して漏水層が不滲透性層と互層を形成し、主な漏水層は放水路前より地山内部を通り、地山肌付部に漏出し、上層程滲透性が大であるものと見做される。以上の外、堤體の不良土質層と水の毛管作用とに因る漏水量も此の地山肌付部に集注してゐる。

(c) 左岸地山肌付部の漏水系統：左岸部の漏水系統は右岸部と類似型であるが、さして危惧の感なき程度である。漏水層は池内で最下端標高 147.00 m と漏水出口に於ては最下端標高 140.882 m (補. 監. 14. の (イ)) とを結ぶ連絡線以上に存在してゐる。

7. 對 策

(a) 右岸地山肌付部に於ける漏水量の大部は、地山を經過してゐることが確認されたので、不滲透性基盤まで築堤中心線に沿ふて試管掘し、その底部にセメント注入を行ひ、不滲透質材料にて置き換へること。

(b) 観測用水路内流入水量の急増が生ずる主なる原因は、築堤天端近くの不良土質層と水の毛管作用に起因してゐるを以て、全堤頂に亘り、此の不良土質層を良質の土壌にて入れ換へること。不良土質層を除く全堤體はその締結度合に於て不良と普通の限界線上に位し、且つ第 4 號監査孔關係分の如く粘土挿入の爲め浸潤線がその下部に集結した現象を生じたが、微粒子流失に對し充分安全なるを以て、別段改良工事の必要はない。

(c) 左岸地山肌付部に於ける漏水の防止は、右岸と同様にすれば完全なるも、その漏水量より推察すれば急を要しない。

(d) 貯水の空虛時にも、地山よりの地下水が堤體内に働き満水時に於ける浸潤線と對比し約 1 m 程度の差異しかない部分がある。仍つて法面に盲排水を設備し、且つ築堤下流面法尻は粒徑の大にして礫分の多い土質にて捨土し、堤體の安定度を増すこと。

(e) 現在の貯水池維持管理狀況にては、減水して貯水池の機能を減殺する必要はないが、貯水位標高 150.50 m 以上になると法尻が濕潤するを以て、此の點、特に留意しなければならぬ。

附言：本研究に際しては、本廳前土地改良課長調所武光氏、北大工學部教授福富忠男氏、東京府技師岩岡武博氏、内務技師高田昭氏、本廳道路課技師高橋敏五郎氏の御懇篤なる御指導御鞭撻を賜つたことを深謝す。