

抄 録

第 26 卷 第 10 号 昭和 19 年 10 月

<u>應 用 力 學</u>	頁
(129) 弾性の non-linear 理論と初期應力を受けた物體に對しての linear な場合	978
(130) 新土質試験方法	978
(131) 吊橋の變形を考慮に入れたる場合の自重、交通荷重及溫度變化に依る應力の相互影響	981
(132) 軸方向の引張りに依り棒の振り剛さの大きくなる事	983
<u>水 理</u>	
(133) 感潮水路の計算	983
(134) 最小エネルギーと最大流量の聯立の定理	984
<u>堰 堤</u>	
(135) 堰堤設計の際の貯水の問題	984
<u>上 水 道</u>	
(136) 二重甲板の沈澱池	985
<u>下 水 道</u>	
(137) 下水處理場操作に及ぼす Cannery Wastes の影響	986
(138) Package Delivery 工場廢水用淨化裝置	988
(139) 促進汚泥法に依る酪農場廢水の處理	989
<u>橋梁及構造物</u>	
(140) 豫應力を與へた獨逸の 108 呎桁橋	990

應 用 力 學

(129) 弾性の non-linear 理論と初期應力を受けた物體に對しての linear な場合

(M. Biot, "Non-linear theory of elasticity and the linearized case for a body under initial stress." Phil. Mag. April, 1939.
最上武雄抄)

普通の彈性論では變形が非常に小さいとして歪度の二次以上の項を無視してゐる。二次までの項を消さないでやるのは著者も擧げてゐる様に Southwell であるとか Trefftz であるとかがやつてゐる(尙ほ Seth もやつてゐる)。しかし著者は homogeneous な變形は坐標軸の方向の歪と剪断歪と材料素片の剛體的廻轉より成る事に着目し、この廻轉した軸に對する應力成分、歪度成分を考へこれ等の間に成り立つ可き平衡の條件を研究してゐる。これ等の方程式には運動學的な原因から生ずる (kinematical origin) 二次の項が入つて來る。

この方程式を力の釣合ひを考へる事からと、歪エネルギーを考へる所謂 エネルギー法との兩方から出してゐる。そして此の方程式を初期應力のある物體の場合に應用し初期應力に對して linear な關係を出してゐる。それにしても非常に面倒な式であるがこれも亦エネルギー法でも出せる事を示し、特殊な場合として歪は小さ

いが物體素片の剛體的廻轉は大きいと言ふ様な場合を取上げて基礎式を導いてゐる。この様な場合は他の長さに比して非常に厚さの薄い物體を論ずる場合に重要となると言つてゐる。

(130) 新土質試験方法

(John O. Watson, "The Technique of Triaxial Compression Tests." Civil Engineering, December 1939, Vol. 9 No. 12.
服部博太郎抄)

テルザギーが 1939 年ハーバード大學に於て、土質學に關する講義を爲した際に彼は屢々土壤の應力變形狀態を決定する最善の方法は三軸壓縮試験にある事に言及した。彼の方法は薄いゴムの膜に包まれ、静水壓をかけた容器中に封ぜられた角錐形の土壤供試體の内部が排水用の細管に依つて、大氣に通じてゐてピストンによつて垂直荷重をかける。供試體の破壊時に於ける應力狀態はモールの應力圓から決定される。併し、當時米國に於ても、かくの如き裝置を使用せる例は僅少であつて、其の主なる難點はピストンに大なる磨擦力を及ぼさざる緊密な包装物のなき事であつた。1937 年ボストンの米國技術者協會は洪水調節の目的で、微細粒砂なしで大なる土堰堤の築造に直面したのである。カサブランドがかつて極多量の微細粒砂は限界空隙率以下になる迄つき固められぬならば極めて不安定である事を示したので、フランクリン瀧に此のダムを築造する事が提案

された時に限界空隙率以下で安全なる如く材料をつき固める方法を如何にするかの問題が早速持ち上つた。満足すべき解決方法には達しなかつたが、廣範圍に亘り直接剪力試験をなした後本問題の研究に對しては三軸壓縮試験の原理を適用する事に決定した。

カサグラントはグリセリンの如き粘質液はピストンに磨擦を與へず且ピストンの周圍よりの漏れも差支へ無いであらうと筆者に語つた。此の提言に従つて筆者は一定壓力を數時間保ち得て、且磨擦は荷重の2%を超過せず、平均1%以下なる如き壓縮装置を製作させた。

凝聚力なき土壤の試験を行ふ爲めには次の如き準備作業が必要である。即ち、(1)土壤はゴム管に封ずるを要す。(2)試料は氣密に保持するを要し、且靜水壓もグリセリンを通して作用せしめ得る迄は眞空に保つを要す。(3)空隙率算出の爲めその重量及全容積は既知なるを要す。(4)且完全に水を以て飽和せられ居るを要す。以上の準備が終了すると壓力室が供試體の周圍に取り付けられ、次にグリセリンが空氣ポンプによつて注入される。かくして破壊する迄ピストンによつて供試體に荷重が加へられるのである。

σ_1 = 最大主應力 $\sigma_2 = \sigma_3$ = 最小主應力

e_p = 試験開始時即ちグリセリンによる壓縮開始後に於ける空隙率

V_v = 試料の空隙容積 V_s = 試料の固體容積

D_a = 密度 (テルザギーによる比密度)

e_0 = 最初の空隙率即ち眞空度約 0.95 kg/cm² の下で於ける空隙率

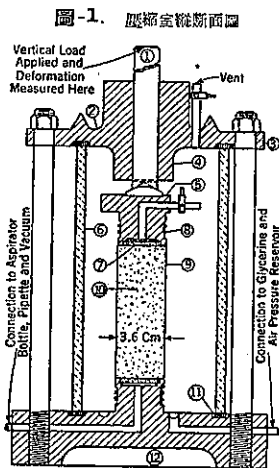
δ_m = 最大應力に對する單位歪試験開始時に於ける試料の高さの百分率にて示す

ΔF = 破壊時に於ける容積變化量、試験開始時に於ける空隙量の百分率にて示す

ϕ = 内部摩擦角

試験装置の横斷圖は圖-1 に示す如くである。

氣密ゴム膜 (9) に包まれた供試體 (10) が底面 (12) の多孔性の圓板の上につてゐる。壓縮室の壁はルーサイトと稱する透明なプラスチックの圓筒 (6) で、軟かいゴムのパッキング (11) が両端に装置してある。徑 3/4" の鋼製のピストン・ロッド (1) が頭部 (3) の中心を通して供試體へ垂直荷重を作用せしめる。この頭部はその上下面に長い凸起



を有する鑄鐵製の圓型板 (4) であつて、空氣抜きと、漏れたグリセリンを集める爲めの溝がついて居る。凸起の長さはピストンを屈曲せしめんとする傾向を最小ならしめ、且グリセリンが逃れる路の長さを増してゐる。供試體自體に對する帽子 (5) は底面の蓋によくなじませてある。帽子中の多孔性の石 (7) は兩側のロックとホースとを2つの平衡孔を通して結びつけてゐて、これは底面に於けると同様試験實施前に供試體を水で飽和させる爲めに必要である。ピストン・ロッド下面に靜水壓が作用せず且荷重が垂直にかゝる如く半圓形の鋼が帽子の上につて居て、他方圓錐形の平衡孔がピストン・ロッドの中に設けられて居る。此の平衡孔の頂點はピストン・ロッドを通して軸に垂直にあげられた小さな孔に依つて靜水壓と相通じて居る。此の結果ピストンとキャップは線接觸をする事となり、廻轉は自由であるが靜水壓は受ける事となる。

荷重をかける棒 (5) の上には壓縮室の頭部に固定されて居る比較的軽い棒 (6) がつて居る。此の軽い方の棒には荷重をかけた時に供試體 (11) の垂直方向の壓縮量を計る爲め伸縮計 (7) がつて居る。底面から右方へ出て居るゴム管が 10 c.c のピペット (8) とガラス製の吸氣器 (9) を連結して居て、後者の頭部は眞空ポンプにつながれて居る。底部から左方に出て居る補強されたゴム管はグリセリン槽と壓縮空氣溜とを連結して居て、壓縮室をグリセリンで満したり空にしたりする爲めと、グリセリンが少量漏れても靜水壓を一定に保つ爲めに充分な空氣を維持する爲めである。2氣壓以下の低壓にはバードンメーター (3) より水銀壓力計の方が好ましい。

供試體の製作には先づゴム管を底部の蓋にゴム紐で緊結する。圓筒形の供試體を眞空中に入れる迄そのまゝに保つ爲め、金屬製の外殻即ち成型被覆が必要である。此の外殻の内徑は底部蓋の徑にゴム管の厚さを加へたものに等しきを要し、又高さは供試體の高さに底部蓋の高さを加へたものに等しきを要する。この外殻は管の周りに緊結され且ゴム管の頭端は外殻の上をこして下方にのびて居る。次に乾燥せる凝聚力なき既知重量の材料をゴム管内に入れるのであるが、粗粒のものは漏斗によつて入れ、細粒のものは薄い層につき固めて入れる。此の際全試料が一樣な密度を有する如くかなりの注意を拂ふ必要がある。

管が土で完全に充されてしまつたら蓋をして、上面は水準器にて水平とし、帽子の周に立て、底面から眞空を作用させる。次に供試體の上部にも眞空を作用せしめる。數分後にロック A を開くと水は重力によつて供試體に流れ込む。供試體が充分に飽和した時に吸氣ピンを通して供試體底面に再び眞空を作用させロック E を閉ち、眞空線を消滅させる。供試體が充分飽和すると眞空にし、金屬の外殻を去除しても眞直に立つて居る。次に

供試體の外徑を測り、容積を算出する。乾燥時の供試體重量が既知なる故空隙比を算出する。次に壓縮室を取りつけ頭部をボルトでしめる。グリセリン槽の空氣壓を増すとグリセリンは壓縮室へ流入する。壓縮室がグリセリンで完全に充たされると空氣壓は任意の値に止め得る。グリセリン壓力を加へた前後に於けるピペット中の水面を観察すれば(コック A はしめたまゝ)靜水壓による供試體の容積の減少せる量を計る事が出来る。次にコック A を閉ぢると供試體の容積變化はピペットの水面の昇降によつて示される。

通常の試験に於ては供試體には垂直に荷重をかけ側方の壓力は一定に保つ。記録は荷重、變形及び容積變化に關してとる。ピペット中の水面が上昇せる時は水は供試體から浸出し供試體の容積は減少しつゝあり、此れに反してピペット中の水面が下降せる時は供試體は水を吸入しつゝあり、且その容積を増加して居る。

例へばフランクリン瀉より採取せる極細粒砂に關する2つの試験の結果を圖-2及圖-3に示す。

圖-2. 粗なる試料の典型的な一例

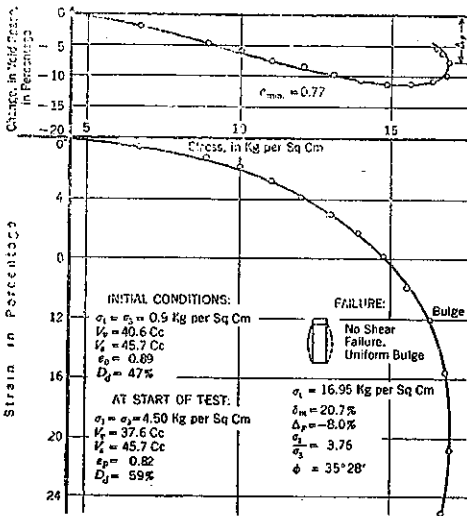
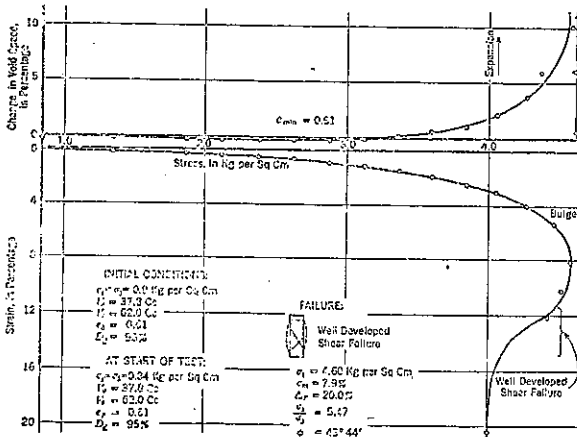


圖-3. 密なる試料の典型的な一例



容積變化は試験開始時に於ける空隙容積の百分率を以て示す。この空隙容積は靜水壓縮後に存在せるものである。容積増加は「+」減少は「-」を以て示す。歪は試験開始時に於ける即ち壓縮後の供試體の高さから算出する。且供試體の斷面積増加に對しては次の如き修正を施す。

$$\text{修正面積} = \frac{\text{原面積}}{1 - \epsilon}$$

供試體に於ける單位垂直應力(本試験にては σ_1 に相當す)は單位外部壓力に單位靜水壓(σ_3)を加ふる事によつて荷重の各増加量(即ち歪)に對して計算する。且單位垂直應力 σ_1 が最大となりたる時に破壊が起ると想像されるが、此の點に於ては、内部摩擦角 ϕ は次の關係より算出される。

$$\text{即ち } \sigma_1 = \sigma_3 \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

(此の關係は垂直應力と剪應力とが直線的關係をなす如き材料に加へられた時に於てのみ眞であつて、すべての砂が此の範疇に屬するとは限らない)

壓縮せざる状態に於ける此の種材料の試験結果を圖示すれば圖-2の如くである。此の試料は丁度破壊の瞬間迄その容積を減少し破壊の瞬間僅かの増加を認めた。又此の試料は最大應力に達した後は何等荷重を増加せずしても變形を續けたが、何等龜裂は認められず、即ち試料は塑性變形によつて破壊したのであつて、これは一樣に膨脹した事によつて明である。

壓縮せる状態に於ける同じ材料の應力變形曲線は圖-3に示す如くである。此の2つの場合に於て最小主應力は異つて居るが曲線の全形には何等の影響を及ぼして居らない。圖-3に示す試験に於ては試料は荷重が最大時の50%に達する迄その容積をやゝ減じ、次に急激に膨脹し始める。最大應力に達した直後に剪斷面が現れ且荷重は最大値の90%に達する迄下降し續けた。此の點に至ると容積變化は實際上止んで、試料は荷重は最早何等の變化をせぬにも拘らず變形し續けた。此の場合に

於ては破壊は一定の剪斷面に沿つた明瞭な龜裂であつた。此れ等の多數の試験の中非常に目立つた結果は砂が粗な状態に比して密な状態に於て、非常な強度及剛度を示した事であつた。然しながら破壊する以前に粗な試料は容積を縮少し、密な試料は増加すると言ふ事實は一層意味深き事である。此の現象が土塚堤の安定に及ぼす影響に關してはカサグラッドが述べて居る。破壊時に際して最初載荷前と等しき空隙比を彼は限界空隙比と呼んで居る。試料の空隙比がこの限界値に相當する如く準備する事は容易な事ではない。

それにも拘らず、多數の試験を横壓力を同一にして、唯最初の空隙比を變化して行つた結果、一定壓力の下に於ては空隙比と容積變化率との間には略々直線的の關係が存在する事が判明した(圖

-4)。横壓力を増加すると、粗なる試料の收縮量は増加し密な試料の膨脹量は減少する。即ち限界空隙比は一定値のものに非ずして横壓力と共に變化するのである(圖-5)。且その量は材料によつて異なる。

圖-4. 最大壓力時における容積の状態

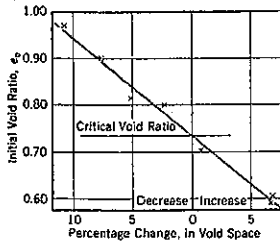
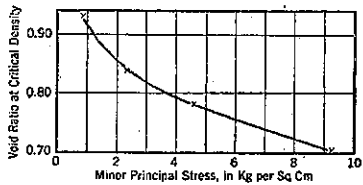


圖-5. 限界密度に於ける空隙率と最小主壓力との關係：砂に於ける典型的なる一例



結局容積變化率及最小最大主應力の比は共に使用せる試料には全く無關係である事が判明したのである。

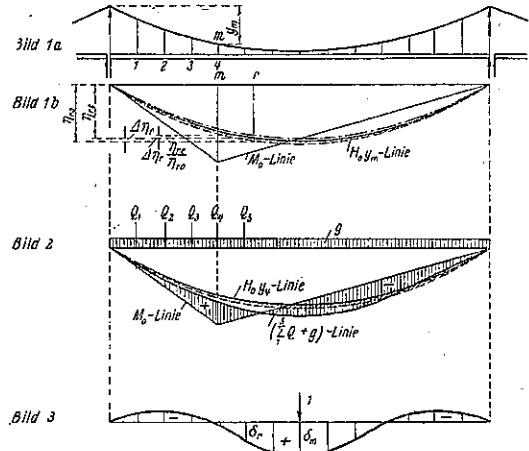
(131) 吊橋の變形を考慮に入れたる場合の自重、交通荷重及溫度變化に依る應力の相互影響

F. W. Krabbe, "Gegenseitige Beeinflussung der Beanspruchungen durch Eigengewicht, Verkehrslast und Wärmeschwankungen bei Berücksichtigung der Verformung von Hängebrücken." Stahlbau, Heft 10/11 1940. S. 45~48. 日賢幸雄抄

(1) 自重及交通荷重 吊橋は一般に索條が全自重を取つて補剛桁は自重に依る曲げモーメントに依つて應力を受けぬ如き構造になつてゐる。併し以上の事から橋梁が交通荷重及溫度變化に依つて變形した場合にも、自重は補剛桁の曲げモーメントに全然影響を與へないと推論する事は出来ない。大きな吊橋では自重は交通荷重の數倍の値を持つてゐる。此の概要を捕捉するために先づ簡単な吊橋(圖-6. Bild 1a)に就いて研究して見よう。

該吊橋の全補剛桁にわたつて、自重に等しい等布荷重を載荷した場合に、補剛桁は勿論彎曲し且つ正の曲げモーメントを受ける。従つて自重のみの載荷の場合の系の形を基礎として決定された影響面の場合にも亦、影響面の正の部分は負の部分より幾分大きい。若し然らずと假定すれば、此の附加的等分布荷重に對する影響線が一般に補剛桁に何等のモーメントを誘發しない事になるからである。此の影響線は嚴密に云へば單に自重のみを載

圖-6.



荷した桁にのみ當てはまるものである。自重の載荷しない橋梁は勿論補剛桁に負のモーメントに依る應力を受けてゐると云ふ理由から推察しても亦、正の部分が優勢でなければならぬ。

次に橋梁に負の自重を載荷した場合即ち下から上向の力を加へた場合を考へると、全體として橋梁は全然荷重を有せぬ事となり、其の結果橋梁は其の基本の形となる。此の場合補剛桁は負のモーメントを受ける。此の變形しない状態の桁の影響線は破線で記された H_{ym} -線で、此れは正及負の影響面が相互に等しくなる様にかゝれたものである。故に H_{ym} -面は自重を載荷した爲にハッチを施した面積だけ縮小される。其の縦距を次の如く表す。

$$\Delta \eta_r = \eta_{r0} - \eta_{re} \dots \dots \dots (1)$$

次に自重の働いてゐる橋梁に更に自重に等しい等布荷重を載荷して考へると、 H_{ym} -線は更に上方に偏倚する。其の偏倚の量は次の如し(影響線は鎖線で示してゐる)。

$$\Delta \eta_r \frac{\eta_{re}}{\eta_{r0}} = (\eta_{r0} - \eta_{re}) \frac{\eta_{re}}{\eta_{r0}} \dots \dots \dots (2)$$

斯の如く自重の影響は、更に荷重を加へる事に依つて變化し、正の部分が更に大きくなり負の部分が縮小される。大吊橋に於て通例である様に全通行荷重が自重の $1/n$ に過ぎない時は、 H_{ym} -線の偏倚は次の如くなる。

$$\frac{1}{n} \Delta \eta_r \frac{\eta_{re}}{\eta_{r0} - \frac{1}{n} \Delta \eta_r} \dots \dots \dots (2a)$$

注意すべき點は、自重が索條の張力に及ぼす影響も亦變化すると云ふ事である。その理由は、 H_{ym} -面の縮小に基くもので即ち彎曲の結果 ym が大きくなれば、それだけ H -面は小さくなるからである。

次に M_0 の最大値を求むるための正確な H_{ym} -線の解法に就いて考へる。此の場合に注意すべきは、交通荷重 $Q_1 \sim Q_5$ に依る載荷並びに變形状態のみならず、同時に自重に依る載荷並びに變形状態に就いても考慮する事である。従つて最後に求めらるべき $(1+2+3+4+5)$

一線を桁の全長に互つて延長する事、及び次に自重及び交通荷重を考慮に入れた M_s の最大値の影響線を求める事が必要である。此の際影響線の正部分の荷重は $\sum Q+g$ で、負部分の荷重は g のみである。荷重の境界線に關しては、之に依つて何等變化がない。斯くて凡そ圖-6, Bild に示された様な影響線が得られる。此の場合に再び自重に對しては、ハッチを施した面で示される値を減ずる。

一般には Q_1-Q_s を個々に考へる代りに總合交通荷重 p を考へる。其の際生ずる最後決定的 H_r 線を $H_i(g+\delta_{ip})$ -線として表す。茲に δ_{ip} は i 點の交通荷重に依る垂直變位を表す。

δ_{ip} 交通荷重を受ける場合の i 點の沈下

δ_i i 點の實際の沈下

η_{i0} $H=-1$ に依る i 點の沈下

η_{i1} 變形した系に於ける $H=-1$ に依る i 點の沈下

H_{i0} 變形しない系に於ける自重に依る索條張力

H_{i1} 變形した系に於ける自重に依る索條張力

交通荷重が加はると索條張力は H_{i1} となり、此の張力は變位 δ_{ip} が持続して居る時は、 δ_i に $H_{i1}\delta_{i1}$ の影響を及ぼす。此は $H_{i1}[\eta_{i0}+(\eta_{i1}-\eta_{i0})]$ と書き表はされる。 η_{i1} と η_{i0} との差が僅少な場合には之を δ_i/δ_{ip} に關聯して變化すると假定する事が出来る。依つて之を $(\eta_{i1}-\eta_{i0})\delta_i/\delta_{ip}$ と置けば、變位 δ_i に及ぼす H_{i1} の影響は次の如し。

$$-H_{i1} \left[\eta_{i0} + (\eta_{i1} - \eta_{i0}) \frac{\delta_i}{\delta_{ip}} \right]$$

交通荷重を載荷する前後に於ける H_g の影響の差から

$$\delta_i = \delta_{ip} + (H_{i0} - H_{i1})\eta_{i0} - (\eta_{i1} - \eta_{i0})H_{i1} \frac{\delta_i}{\delta_{ip}} \quad (3)$$

次に H_{i1} も又 δ_{ip} の變化に依つて變化し此の場合にも亦 $H_{i0}-H_{i1}$ は δ_i/δ_{ip} に關聯して變化するものと假定する事が出来る。(3) に於て $H_{i1}=H_{i0}-H_{i0}-H_{i1}$ と置けば

$$(H_{i0}-H_{i1}) \frac{\eta_{i1}-\eta_{i0}}{\delta_{ip}^2} \cdot \delta_i^2 - \left[1 - \frac{(H_{i0}-H_{i1})\eta_{i0}-H_{i1}(\eta_{i1}-\eta_{i0})}{\delta_{ip}} \right] \delta_i + \delta_{ip} = 0 \quad (4)$$

δ_i^2 を α , δ_i を β と置けば

$$\delta_i = \frac{\beta}{2\alpha} \pm \sqrt{\frac{\beta^2}{4\alpha^2} - \frac{\delta_{ip}}{\alpha}}$$

上式に於て、目下負の根のみが問題となる。 $[H_i(\eta_{i1}+\delta_{ip})-H_{i0}\eta_{i1}]$ 面の縦距 $\Delta\eta_r$ は先に求めた値 μ_r の他に

$$\mu_r = \frac{[h_0 - (h_0 - h_1) \delta_i / \delta_{ip} (\eta_{i1} + \delta_i) - h_0 \eta_{i1}]}{h_1 (\eta_{i1} + \delta_{ip}) - h_0 \eta_{i1}} \quad (5)$$

なる値を更に乗ずる。茲に h_0 及び h_1 は變形せる系及び變形しない系から定められる H -線の縦距を表す。

(2) 自重交通荷重及び温度變化 吊橋にあつては補剛桁は一般に路面の陸に在り索條は日光に曝露されてゐる。依つて均一の温度差 $\pm 35^\circ$ を考ふべきか、或は索條

のみに $\pm 35^\circ$ を考へて補剛桁には $\pm 15^\circ$ を考ふべきかが問題である。連節桁の場合に限り、上下弦材が相異なる温度上昇をした時に補剛桁に温度上昇の影響が加はる。併しかゝる場合は考へる必要がない。依つて橋梁全體に $\pm 35^\circ$ の温度差を考へる事は適當でない様に思はれる。

最初に自重のみを載荷した橋梁の索條張力 H_{i0} を求め、次に全交通荷重に依つて彎曲を受けてゐる橋梁に對する H_{i1} を求める。彎曲の計算に對しては、自重を載荷せる場合の橋梁の形を考慮せずに計算を行つて、後に補正を行ふ。滿載荷重が自重の $1/n$ である場合には、補剛桁には $1/n$ のモーメントが生じ、此のモーメントを載荷する事に依つて直ちに彎曲線が求められる。

此の時索條張力は $H_i(g+p)$ となり、自重のみの場合との差は次の如くなる。

$$H_i(g+p) - H_{i0} = \Delta H_i$$

之の ΔH_i なる値は荷重 Q を作用せしめた結果生じたものである。各個々の Q の作用は、 δ_m に影響するのと同様な關係で ΔH_i にも影響を及ぼす。變位 δ_m に對する影響線は圖-6, Bild 3 に示されて居る。個々の Q_r が ΔH_i に及ぼす影響値は

$$\eta_r = \delta_r \frac{\Delta H_i}{\sum \delta_r} \quad (6)$$

之の η_r の値に應じて、温度上昇の結果桁の i 點に二次的に發生するモーメントは

$$M_{\Delta i} = \eta_r \gamma_r \quad (7)$$

茲に γ_r は變形前の基本系に於ける値である、之の値を任意の點 i の影響線に採用する事が出来るが、併し影響面に個々の荷重 Q_i+ag を載せる場合には Q_r+ag で割らねばならない。

$$\therefore \eta_r \Delta H_i = \frac{\eta_r \gamma_r}{Q_r + ag} (a = \text{支間}) \quad (8)$$

更に H_{i1} が作用する爲に i 點にモーメントが發生する。

$$M_{gt} = H_{i1} \eta_i$$

此のモーメントも又影響面に繰入れる事が出来る。此の作用は恰も H_{i1} 面の面積が $H_{i1} \eta_i / (Q_r + ag)$ の値だけ擴大された様になる。此の擴大は H_{i1} 面の推移に基因するものと考へられる。依つて個々の縦距の増加を求むる爲には H_{i1} 線の縦距 η_{r0} を $H_{i1} \eta_i / (Q_r + ag)$ 倍しなければならぬ。即ち

$$\Delta \eta_r H_i = \eta_{r0} \frac{H_{i1} \eta_i}{(Q_r + ag) F_0} \quad (9)$$

茲に F_0 は原の H_{i1} 面の面積を示す。依つて全體を總括して温度の作用に依る縦距 η_{r0} の増加は

$$\Delta \eta_r (n + \Delta n_r) = \Delta \eta_r \Delta n + \Delta \eta_r H_i \quad (10)$$

$$\Delta \eta_r (n + \Delta n_r) = \frac{\eta_i}{Q_r + ag} \left(\eta_r + \eta_{r0} \cdot \frac{H_i}{F_0} \right) \quad (11)$$

此の研究は勿論 $\Delta t = \pm 35^\circ$ に對して別々に行はれたもので、従つて次の二つの値が得られる。即ち

$$d + \eta_{r(i, b + \Delta n_i)} \text{ 及び } d - \eta_{r(n + \Delta n_i)}$$

以上の値は、單に自重のみを載荷した場合の系の形を基礎として求められたものであるから、絶對的に正確なものではない。併し此の誤差は適當な方法で補正される。

此の結果を最大値 M_i の爲の正確な影響線の研究に應用せんとする場合には、決定線は自重を含めた載荷には適合するが、温度を考慮する場合には猶ほ補正を必要とする。次に此の線から個々の縦距を決定し、且つ此が正の影響面を擴大するか或は縮少するかに従つて、 $d\eta_{r(n + \Delta n_i)}$ か或は $d - \eta_{r(n + \Delta n_i)}$ を加へる。次に温度に依る變形の算定を自重の載荷せる系から出發して、 y の値を利用して行ふ場合には再び補正を必要とする。而して $H_0 y_i$ -線からでなく $(1+2+3+4+5)$ -線から求める場合には $d\eta_{r(n + \Delta n_i)}$ の値は次の係数を乗せねばならない。

$$\mu_r = \frac{\eta_{r0}}{\eta_{r0} - d\eta_{r(n + \Delta n_i)}} \dots\dots\dots (12)$$

斯くて $(1+2+3+4+5)$ -線から $(1+2+3+4+5+i)$ -線が得られ、同時に前者から縦距

$$\eta_{ri} = d \pm \eta_{r(n + \Delta n_i)} \frac{\eta_{r0}}{\eta_{r0} - d\eta_{r(n + \Delta n_i)}} \dots\dots\dots (13)$$

が得られる。(11) に於て影響線の負の部分に於ては $Q_r = 0$ と置かねばならない。斯くて自重、交通荷重及び温度變化を考慮した場合の最大値 M_i に対する最後決定的影響面が得られる。即ち温度の影響を考慮する事に依つて最大値 M_i は、總ての場合に大きくなる。

(3) 索條張力 變形が索條張力に及ぼす影響は僅少なものである。索條張力は勿論滿載荷重及び $\Delta t = -35^\circ$ の場合に最大となり、自重のみの場合及び $\Delta t = +35^\circ$ の場合に最小となる。依つて先づ自重のみが載荷せる桁に就いて、桁中央に於ける曲げモーメントに対する影響線を求め、次に同點に對して滿載荷重の場合の正確な影響線を求める。かゝる場合には彎曲線が決定せる後に $H_0 y_m$ -線から直ちに、滿載荷重の場合に相當する $H y_m$ -線に移る事が出来る。自重に對しては (13) 式に従つて、影響線の縦距に $+\eta_{ri}$ を加へ又滿載荷重に對しては $-\eta_{ri}$ なる値を加へる。

斯くて $H_0 + p \pm t(y_m + \delta m)$ に対する影響線即ち自重及び $+35^\circ$ の温度上昇の場合及滿載荷重及 -35° の温度降下の場合に對する影響線が得られる。次に桁上の殘餘の點のモーメント M_i に対する正確な影響線も非常に簡単な方法で求められる。此の際には、滿載荷重及び温度變化の場合に於て索條の縦距は比例的に變化するものと假定して大差ない。依つて y_m に對する $H_0 y_m$ -線の補正值は、全ての點 i のモーメントに對して、 M_{i0} -線の縦距に y_m/y_i を乗じさへすればよい。即ち斯くて求められるモーメントの影響線は乘數 $\mu_i = y_i/y_m$ を有する。

此のモーメントの影響線から各點のモーメントを計算し、之を荷重と考へて載荷する事に依つて簡単に梁の彎曲線が求められ、之から中點に於ける變化 δm が決定出来る。次に $H_0 + p \pm t(y_m + \delta m)$ の縦距を $y_m + \delta m$ で除すれば最大値 $H_0 + p \pm t$ 及び最小値 $H_0 + t$ に對する影響線が得られる。

(132) 軸方向の引張りに依り棒の振り剛さの大きくなる事

(M. Biot, "Increase of torsional stiffness of a prismatical bar 'due to axial tension," Journ. of Appl. Physics., Dec. 1939. 最上武雄抄)

普通の方法に依れば軸方向に引張つた場合に振りに對する剛さが強くなると言ふ様な事は出て來ないのであるが著者が Phil. Mag. April. 1939 に論じた初期應力のある物體に對する彈性論を應用するとこの事が明らかに分る。この場合には初期應力ははつきり分かつてゐるからこれを s とすると、 s と物體素片の剛體的廻轉の項を含んだ釣合の式が得られ、初期應力を除いた應力成分の滿すべき條件式も出て來る。そしてこれを Saint-Venant' 式の semi inverse method で解くのであるが、通常⁰ 振りの基礎式と同じ形の式が得られる。これを解いて Torque T の式を出すと、

$$T = \left(1 - \frac{s}{2G}\right) T_{SV} + I_G S \theta$$

となる。

T_{SV} は初期應力がないとして普通に出した Torque の値で G は剛性率で I_G は

$$I_G = \iint (x^2 + y^2) dx dy$$

で所謂斷面の極慣性モーメント、 θ は振り角である。 $2s/G$ を無視すれば

$$T = T_{SV} + I_G S \theta$$

となりこの第二項が初期應力に依る補正項になる譯である。丸棒の場合に見れば

$$T_{SV} = G J_G \theta$$

であるから

$$T = G I_G \theta (1 + s/G)$$

となり補正項は非常に小さい。しかし薄い長い板を振つた場合の如きは幅 b 、厚さ c とすれば

$$T_{SV} = \frac{1}{3} b c^3 G \theta, I_G = \frac{c b^3}{12}$$

であるから

$$T = \frac{1}{3} b c^3 G \left[1 + \frac{1}{4} \left(\frac{b}{c}\right)^2 \frac{s}{G}\right] \theta$$

となり $b \gg c$ である場合には補正項は可成り大きくなる。

(E. Schultze, "Die Berechnung der Geyzeiten in Seekanälen." Bauingenieur, Heft 19/20, 1940. s. 147~159. 本間 仁 抄)

感潮水路の流速, 最高最低の水位曲線等の計算方法を述べたものであつて, 短い水路を潮波が通過して湖水に入る様な問題に對しては, 水路の一端の水面の昇降を

$$h_0 = a_0 \cos nt \text{ (既知)}$$

他端での水面の昇降を

$$h_L = a_L \cos n(t+d) \text{ (未知)}$$

で表した時に水路の水面勾配を

$$J = \frac{1}{L} (a_0 \cos nt - a_L \cos n(t+d))$$

と假定して, 運動の式には chégy の式を用ひ, 一週期の間に湖水から出入する量が $2aL \times$ (湖水の表面積) なる関係を用ひて a, v 等を計算してゐる。

水路が相當に長く, 且つ湖水が廣く水面の變化がない場合は Brown (Proc. of A. S. C. E. 1930) その他の解法があるが, 此處では波の傳播速度に Scott-Russel の形を用ひ, 摩擦抵抗にはヘッ드의損失が流速の一次に比例する形を用ひて, 波高の減少による波のエネルギーの減少が摩擦抵抗の爲のエネルギーの損失に等しと置いて積分を行つた。

以上の假定及び計算法は湖水が狭くて水面が潮波の爲に昇降する場合にも適用した。但しこの場合は第一の場合と同じ連続の式が必要である。

波高の遞減が少く, 多くの反射波の合成となる場合には

$$h = a_1 \cos n(t-t_1) + a_2 \cos n(t-t_2) + \dots + a_n \cos n(t-t_n)$$

圖-7. 潮波の傳はる水路

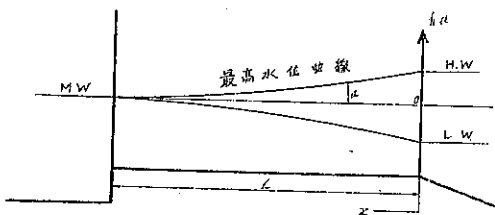
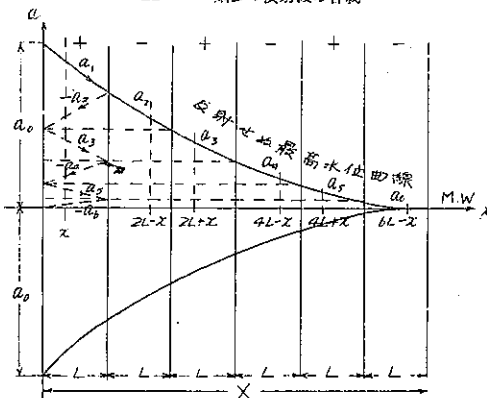


圖-8. 數多の反射波の合成



として圖-8 の様に a が零になる處まで計算して行く。この時の速度は

$$v = l_1 \cos n(t-t_1) - l_2 \cos n(t-t_2) - l_3 \cos n(t-t_3) + \dots - l_n \cos n(t-t_n)$$

尙この他に互に獨立な 潮汐を有する二つの海を結ぶ水路, 湖水への 出入のない水路に就ての計算法を述べてゐる。

(131) 最小エネルギーと最大流量の聯立の定理

(C. Jaeger et A. Abecasis-Manguaneres, "Le théorème de la simultanéité du minimum de l'énergie totale et du débit maximum dans le cas d'un écoulement d'eau permanent a filets courbes. Comptes Rendus, No. 22 1940, p. 729~731. 本間 仁 抄)

不定常運動をなす水流の一般式は

$$\frac{\partial}{\partial s} \left(\frac{\alpha v_m^2}{2g} + \beta h \right) = - \frac{1}{g} \frac{\partial}{\partial t} (\alpha' v_m) - J_e$$

の形で表され, 定常運動に於てはエネルギー線の高さ H が次の式で與へられる。

$$H = \beta h + \frac{\alpha v_m^2}{2g} \dots \dots \dots (1)$$

α, α', β は何れも平均流速 v_m を用ひる爲の係数であつて β は一般に 1 としてゐる。

H, h 及び Q の關係を (Q は單位幅當りの流量)

$$F(H, h, Q) = 0 \dots \dots \dots (2)$$

と書けば之は一つの曲面の方程式になる。

堰の溢流に關する Bélanger の法則は $\partial Q / \partial h = 0$ として堰頂の水深を定めて居り, Boess は限界水深を求めるのに $\partial H / \partial h = 0$ を用ひてゐる。この二つの法則が聯立するものである事を證明する爲に, 先づ $Q = Q_0 = \text{const.}$ と考へれば

$$H = \beta h + \frac{\alpha Q_0^2}{2gh^2}$$

この曲線は二つの漸近線を有し, H は常に正であつて且つ $h=0, \infty$ に對して $H = \infty$ であるから, $\partial H / \partial h = 0$ の時に H は最小値を取る。同様にして $H = H_0$ の時は Q は $\partial Q / \partial h = 0$ に對して最大値を取る。又

$$Q = Q_0 \text{ に對して } \frac{\partial H}{\partial h} = - \frac{\partial^n / \partial h^n}{\partial H / \partial h}$$

$$H = H_0 \text{ に對して } \frac{\partial Q}{\partial h} = - \frac{\partial F / \partial h}{\partial Q}$$

であるから, $\partial H / \partial h = 0$ と $\partial Q / \partial h = 0$ は同時に起る。従つて標題の定理が得られ, 又 (2) の曲面の形を考へる事が出来る。

堰	堤
---	---

(135) 堰堤設計の際の貯水の問題

(J. Frank, "Speicherungsaufgaben beim Entwurf von Staub-cken," Bauingenieur, Heft 23/24, 1940, S. 179~185.)
本間 仁抄

貯水池の表面積を F , 貯水池への流入及び之からの流出流量を Q_2 及び Q_1 とすれば一般に之等の関係は

$$F \frac{dz}{dt} = Q_2 t - Q_1 a t \dots\dots\dots (1)$$

で與へられる。但し z は貯水池の水位を表す。堰堤に設けられた排水門から流出する場合には

$$Q_1 = c_1 \sqrt{z}, \quad c_1 = \sqrt{\frac{2g}{1 + \sum \xi}} \dots\dots\dots (2)$$

が與へられる。但し ξ は種々のヘッド損失の係数である。

貯水池の容量を $I = k z^x$ の形で表せば $z = H_0$ で $I = I_0$ として

$$I = \frac{I_0}{H_0^x} z^x \dots\dots\dots (3)$$

x の値は數個の實例によれば 1.5~3 程度である。更に $Q_2 = c_2 \sqrt{z_0}$, $\xi = z/z_0$ とおけば

$$F \frac{dI}{dz} = \frac{x I_0}{H_0^x} z^{x-1} \dots\dots\dots (4)$$

であるから、之等を (1) に代入して積分すれば

$$t = \frac{x \cdot I_0 \cdot c_2^{x-1}}{c_1 H_0^x} \int_{\xi_1}^{\xi_2} \frac{\xi^{x-1}}{1 - \sqrt{\xi}} d\xi \dots\dots\dots (5)$$

(5) の積分は $x=1, 1.5, 2.0, 2.5, 3$ 等に對して計算が出来る。

溢流堰から流出する場合には

$$Q_1 = c_1 z^{2/3}, \quad c_1 = \frac{2}{3} \mu B \sqrt{2g} \dots\dots\dots (6)$$

故に $F = F_0 \frac{h+z}{h}$ で表せば

$$t = \frac{F_0 \sqrt{z_0}}{c_1 h} \int_{\xi_1}^{\xi_2} \frac{\xi + h/z_0}{1 - \xi^{2/3}} d\xi \dots\dots\dots (7)$$

之も $\xi < 1$ 及び $\xi > 1$ の場合に對して夫々に

$$t = \frac{F_0}{c_1 \sqrt{z_0}} \{ \Phi(\xi_2) - \Phi(\xi_1) \} + \frac{F_0 \sqrt{z_0}}{c_1 h} \{ \Psi_1(\xi_2) - \Psi_1(\xi_1) \}, \quad \xi < 1$$

$$t = \frac{F_0}{c_1 \sqrt{z_0}} \{ \Psi(\xi_2) - \Psi(\xi_1) \} + \frac{F_0 \sqrt{z_0}}{c_1 h} \{ \Psi_1(\xi_2) - \Psi_1(\xi_1) \}, \quad \xi > 1$$

著者は $\Phi(\xi)$ 及び $\Psi(\xi)$ の數值表を作つた。 Q_2 の形が不規則な場合には短時間 Δt 毎に計算して圖上で對應する Q_1 を求めて行く。

上 水 道

(136) 二重甲板の沈澱池

(D. Gayton "Double-Deck Settling Basins," E. N. R., April 11, 1940, p. 98~100)
岡 正 義 抄

Chicago の新濾過場に於て、二階建の沈澱池の設計

によつて一階の設計よりも約 250 000 弗建設費が節約されて尙其の上より簡潔で有效な設備が設けられた。Chicago は市の南側にある三つのポンプ揚場 Roseland, 68 th St. と Western Ave. に濾過水を供給しなければならぬ。濾過場の濾過水貯水池から水は 68 th St. 迄 2 哩, Roseland 迄 9 哩, Western Ave. 迄 10.5 哩の隧道を通らねばならぬ。最大汲上量の際に隧道に於ける損失水頭に打勝つ爲に濾過水貯水池の標高を El. 3 (Chicago 基準) に保たねばならぬ。又給水場より重力給水にする爲に原水池の表面標高が El. 19 である事が必要である。以上の事より、沈澱池の水準を El. 15 に決定した。薬品沈澱池と沈澱池の真下で地表面又は湖水面の高さが El. (-15) から El. (-18) に變る。

そして、同一面積の下で地盤標高は El. (-24) から El. (-37) になつてゐる。地盤面は平坦でなく、或る場所では隔壁面内で、湖水面より上になつてゐる所がある。能率的運轉の爲に沈澱池は 15' の深さが必要である。若し池が一階構造に設計され、水面が El. 15 に設計されてゐたならば、床は水準面 0 にしなければならなかつたであらう。此の故に、床は地表面上 15~18' 即岩盤より 24~37' 上になつたであらう。

以前 Milwaukee plant や Fort Wayne plant で用ひられた二階建の池は連続して使用されるに反し、Chicago の薬品沈澱池及び沈澱池は平行して運轉される事は注意すべきである。

Chicago 沈澱池に於ては水は入口から出口まで眞直ぐな流線になつて動き、流れの方向を反轉しない。一方他の二つの装置に於ては水は一つの甲板から他の甲板へ通過する際に方向を反轉する。Chicago の淨水場は六つに分れた特異の薬品沈澱池と沈澱池を有つ。Chicago 淨水場に於て溜水期は普通運轉時に於て薬品沈澱池で 58 分毎であり、沈澱池で 4 時間毎である。最大運轉時に於て薬品沈澱池では 35 分毎であり、沈澱池で 2.5 時間毎である。薬品沈澱池に水が入る前に薬品を急速に混合するための装置がある。池の三分の一の長さの處に横の方に二層の床の沈澱物を scraper が掻き集め collector が軟泥を泥溜へ運ぶ。薬品沈澱池は水平軸に固定された機械的攪拌器が設備してあり、導管は薬品沈澱池の普通の大きさのもので、水は攪拌されるが、一般の斯様な池に於けるより遅い速度で前の方に進む。水は攪拌装置の中心線の方向に流れ泥を小さく塊める型の沈澱池構造に於て屢々見られるやうに攪拌器の線に直角方向に流れるのではない。その水は沈澱池と薬品沈澱池とを分つ壁にある細長い孔を通して流れる。是等の細長い孔は壁の底近くと中央と上部とに設置される。此の装置は可變的になつてゐるので、若しも運轉上の經驗から水準の變化が望ましいならば、流入水の水準を變へる事は困難ではない、二階造りの浅い沈澱池で淨水する考へは新らしくはない。Gilchrist 淨水もその一例であ

る。流入口は上部にあり、沈澱物は互に上下に置かれた無数の浅い盆の上に沈澱する。泥土掻きが各盆から泥土を連続的に池の塵芥棄て船の底に取除き、沈澱した液體は絶えず盆の上から流れる。好條件の下では沈澱池周期は同様の沈澱池の半分ですむであらう。The International Filter Co. の優秀な沈澱装置は連続的泥土取除き装置を設へた多甲板式の浅い沈澱池の考へを應用したものである。此の装置は比較的小量の急速濾過に用ひられ、空間が制限されてゐるやうな處で用ひられる。

1934 年に Fort Wayne が急速砂濾過と軟化場を完成した。筆者が知る限りでは、是は二重甲板を用ひた最初の大きな淨水場であつた。是を用ひる理由は杭打基礎の上に全淨水場を建設する必要から、出来るだけ小さい面積に數個の部分を集するやうに努力され、其の設計の容量に對して均等に杭に載荷するやうに努力された。此の計劃の一つの結果は上下二階の水槽として沈澱池を造る事である。

圖-9. Chicago 淨水場の蒸籠の熱に岩盤を掘り下げる。最初は Michigan 湖の 39 エーカーの面積の"を"をもちこたえる。掘切内の水河礫石と古い粘土が取除かれる。

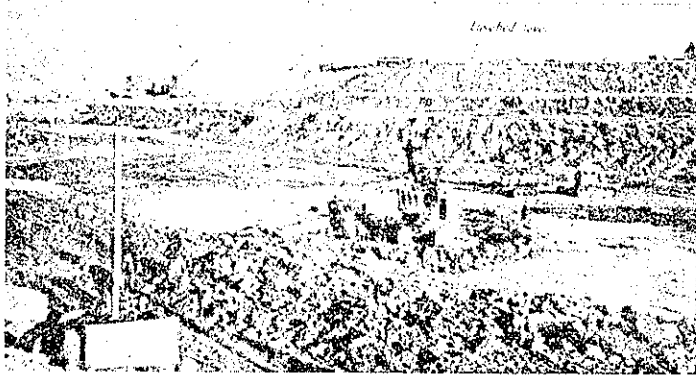
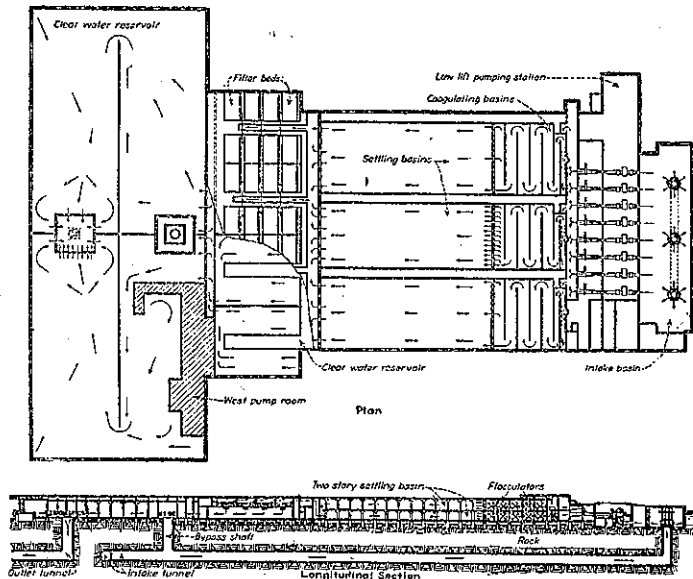


圖-10. 水路は South District の遊樂場に通じてゐる。流れが藥品沈澱池と沈澱池を通じて平行してゐる事に注意すべきである。水は入口から出口迄直ぐに動く



水は最初 15 呎の深さの上の池を通つて流れ、それから堰を越えて同じ深さの下の池に壓管を通つて下る。此の通路の終端に於て上の水槽の標高の點で勾配のついた出口に戻る。

下水道

(137) 下水處理場操作に及ぼす Cannery Wastes の影響

W. A. Ryan, "Effect of Cannery Wastes On Operation of Sewage Treatment Plants." Sewage Works Journal, Jan., 1940, p. 99-105.
野中八郎 抄

此處で "Cannery Waste" (罐詰工場廢水) と稱するのは、種々の果實類、蔬菜類處理工程より生ずる凡ゆる廢液の總稱の謂である。化學的見地より言へば斯かる青物廢水處理の問題は主として廢水中の多量の含有糖

と澱粉を酸化に依つて水と二酸化炭素に分解し、纖維素を篩出するに歸する。青物類罐詰事業は元來季節の事業で、その廢水は量的にも質的にも廣域に變化する。表-1 は種々の青物類廢水の分析結果を示すもので、廢水強度に對する概念は本表に依つて凡そ窺知し得るであらう。

此等の數字を検討するに、玉蜀黍、豌豆、トマト及甜菜廢水は上表中の big four をなす。就中玉蜀黍廢水は嘗てなき最悪の廢水で、普通沈澱法とか藥品處理法では先づ效力がなく、炭水化合物は澱粉の形で存在し浮游物質は膠質状態に保たれ、B. O. D は長期間に亘つて増大するのである。玉蜀黍は 8, 9 月の間に包裝される。表-2 は代表的な玉蜀黍廢水水质試驗結果を示す。

豌豆廢水は極めて腐敗性に富み、炭水化合物は大部分容易に還元性の糖の形で存在する。豌豆は 6, 7 月の間に包裝される。表-3 は特別強烈な豌豆廢水水质試驗結果を示す。

トマト廢水は取扱ふトマト並に使用水量の莫大なるため問題である。トマト季節は通例 8 月 20 日に始まり 10 月 5 日に及ぶ。Rochester 附近の減工場の如き、9 月の初め 3 週間毎日 1000 噸を取扱ふのが珍しくない。

甜菜廢水甜菜の殘滓と廢水の色相のため厄介である。本廢水中の糖分は

表-1. 種々の青物廢水分析表 (p.p.m.)

生廢水	B.O.D. 24 時間	B.O.D. 12 時間	沈澱可能物質	浮游物質	灰 分	固形物總量	灰 分	pH	酸素消費量
トマト	415	1 150	110 c.c./liter	450	80	2 500	580	4.9	1 100
豌豆	1 080	2 710	—	300	25	6 000	3 360	4.7	2 150
豌豆綠藻	—	31 000	—	—	—	87 000	13 000	4.1	2 8000
玉蜀黍	250	2 600	—	1 420	170	5 170	415	5.6	4 325
玉蜀黍綠藻	—	27 000	—	—	—	46 700	13 200	4.5	15 000
リマ豆綠藻	—	25 000	—	—	—	47 250	12 200	5.2	13 000
ワックス豆	70	240	4	60	10	1 075	970	7.6	—
苜蓿草	80	280	—	580	150	1 700	950	7.0	40
人参	—	1 170	60	1 630	170	5 800	1 900	7.1	—
甜菜	400	1 500	35	1 600	220	5 000	800	6.0	2 700
Sauerkraut	—	1 400	4	60	5	3 200	1 600	5.6	800
櫻桃	300	720	—	20	4	4 100	1 700	6.2	—
葡萄	—	720	25	1 650	—	2 000	880	4.6	—
馬鈴薯	50	220	—	900	400	1 600	700	7.3	—
混合物	170	3 000	—	200	70	4 000	12 000	4.0	2 800

表-2. 玉蜀黍廢水分析表 (p.p.m.)

浮游物質	1 700
燐均減量(有機)	1 666
燐均減量(無機)	34
沈澱可能物質	20 c.c./liter
pH 價	3.7
固形物總量	4 718
燐均減量	4 403
燐均減量	310
溶存物質	3 013
燐均減量	2 737
燐均減量	276
溶存酸素	0.0
B.O.D. 24 時間	500
B.O.D. 120 時間	2 300

表-3. 豌豆廢水分析表 (p.p.m.)

B.O.D. 24 時間	4 200
B.O.D. 120 時間	7 800
pH 價	4.4
鹽化物	400
浮游物質	2 696
燐均減量	2 403
燐均減量	288
溶存物質	16 070
燐均減量	13 960
燐均減量	2 110

B.O.D.に當む。人参廢水は甜菜廢水に類似した所がある。

豌豆莢, 玉蜀黍苞, 玉蜀黍穗莖並にリマ豆莢の綠藻廢水は工場廢水ではなく、莢とか莢とか苞中の液の醱酵より生ずるものである。是等の廢水は如何なる場合にも決して下水處理場に導入してはならない。最良の處分法は土地灌溉法である。

Cannery Waste は量が過大でなければ汚水管に放流して差支へない、尤も此の際 40 番網目スクリーンを通すとか、pH を調整する程度の工場内設備處理は不可欠である。罐詰工場は普通 1 日 10~14 時間作業であるが、その廢液は 1 日 24 時間を通じて平均に下水處理場に流入せしめることが望ましい。このために調節槽を設くるを可とし、同時にメーター設備を備へれば尙宜しい。

Mohlman に依れば斯かる有機廢水は、その人口當

量に相當する汚水を以て稀釋される場合には、下水處理場に於て處理可能である。例へば豌豆廢水 (B.O.D. 2 710 p.p.m.) 1 は汚水 (B.O.D. 200 p.p.m.) 13.5 と混合すれば有効に處理出来るし、又トマト廢水 1 は汚水 6 と一緒なら有効に處理し得る。一般に下水處理場が豫備並に最終處理設備を有し、且受水量が充分大にして廢水を適當に稀釋し得る場合には、該廢水の處理可能である。

New York 州 Rochester の下水處理場には二大工場からの Cannery Waste と三つの麥酒醸造所、アンモニア蒸溜所廢水及其の他の有機廢水が流入してゐる。此等の廢水と下水との比は 1:20 を越えたことなく、未だ何等の障礙を経験しない。最大廢水荷重はトマト季節でこの時期には Reinsch Wurl スクリーンより生ずる篩渣が 1 日 30 噸にも達し、1938 年 9 月の或日の如き 1 日 54 噸の尖頭荷重を見せた。本處理場は最終處理設備を有せず B.O.D. 減率は低い。流入下水の浮游物質は常時 170 p.p.m. なるもトマト季節には 200 p.p.m. に増加し、浮游物質除去率は滓渣に對するトマトバルブの凝集効果に依つて著しく増加する。インホックタンクには何等藥品を注加せず、唯篩渣に晒し粉を少量投加する丈である。汚泥はよく消化し且砂濾乾燥床上でよく乾燥する。Holley, Fredonia, Oakfield, Geneva, Albion 等の下水處理場も Cannery Waste の處理に成功してゐる。

青物類罐詰工場及下水處理場に於ける Cannery Waste 處理に就いての著者の體驗より、次の事が言ひ得るであらう。

1. 廢水は可及的速に處理すること。
2. 新鮮な廢水は藥品處理可能なるも、腐敗せる場合は旨く處理出来ない。
3. 活性炭は滓渣並に綠藻廢汁の臭氣を減ずる上に有効である。
4. 晒し粉は篩渣投棄場や撒水濾床に用ひて有効である。次に一般的結論を述べれば、

1. Cannery Waste は（過量ならざる場合は）在來の下水處理場で處理可能である。
2. 16 番網目（出來れば 8 番網目）以下のスクリーンを下水處理場で使用するは不經濟である。
3. 工場に於ける豫備處理が多くの場合不可缺である。
4. 未處理 Cannery Waste よりも寧ろ未處理汚水の方が公衆保險上危険である。
5. 促進汚泥式處理物は Cannery Waste 處理に對して妥當と思へない、蓋し廢水混入に依る炭水化合物増加のためバクテリヤが促進されるためである。
6. 青物類罐詰工場の廢物は、是を液狀廢物としてよりも寧ろ可及的腐芥として除去する方が處理場の負擔を減少せしめ得る。

(138) Package Delivery 工場廢水
用淨化裝置

E. B. Ma'ory, "PACKAGE DELIVERY WASTE TREATMENT PLANT in Which All-steel Construction Make for Economy and Erection Simplicity," Sewer and Sewerage, 1940 March.
田村 辰抄

“Package Delivery” plant は強いて譯せば「輸送荷造」淨化裝置と稱す可きであらう。此の設備は一般處理場に必要なる諸設備を圓筒槽内に組立て一單位となし而も鐵工場内にて組立構造を完了し地方へ輸送し得て簡便なることより此の名稱を附せしものと推察される。

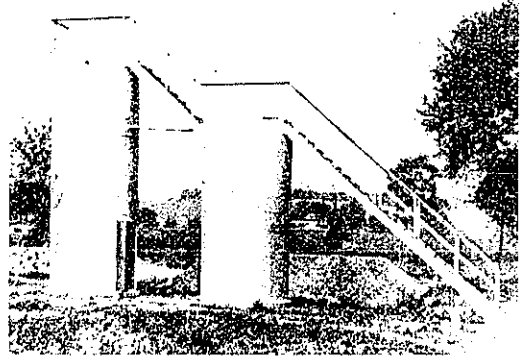
工場廢水に對する小型淨化裝置案は永い間専門家の研究論議的であつたが 1939 年に至り「Package Delivery」淨化裝置として Lancaster 鐵工場の創設するところとなつた。此は處理場の諸設備即ち最初處理（インホフ槽又は普通沈澱池）二次處理（酸化汚泥の曝氣淨澄）三次處理（化學的凝結及鹽素殺菌）及分離汚泥消化槽の夫々を一單位に包含構成せしめたるものである。

本裝置は工場内にて組立てられた鐵板製圓筒槽であつて同型のコンクリート槽に比し廉價であり耐久性に優るものである。槽内には各種ポンプ、壓氣機其他の設備が組立てられ据付の際には適當な基礎及土臺上に其の圓筒槽を置き、流入管、流出管汚泥管及電線の接続を成すだけのもので極めて簡易である。

圖-11 に示す二連淨化裝置は最初に完成せる完全なる工場廢水用「Package Delivery」淨化裝置で酪農工場

よりの厄介な廢水を處理する爲に 5 日間 B. O. D. 1 日當 25 封度の平常負荷に對して設計されたものである。高さ 22' の第一次槽は手働スクリーン、曝氣淨澄裝置、壓氣機及過剩汚泥ポンプを連續構成し完全酸化汚泥法を行ふものである。

圖-11.



高さ 16' の第二次槽は自然凝結、中和及沈澱を行ふものである。第一次槽流出水中に分散し乍ら殘存してゐる膠狀又は羽毛狀の浮游物は本槽にて凝結、中和したる後落下沈澱して汚泥管に流集され第一次槽の汚泥と共に汚泥處分場へ導かれる。流出水は夏季に於て尙最小 80% の溶解酸素を含み均一に極めて清淨なものである。

圖-12. 豫備沈澱を行はざる二連淨化裝置

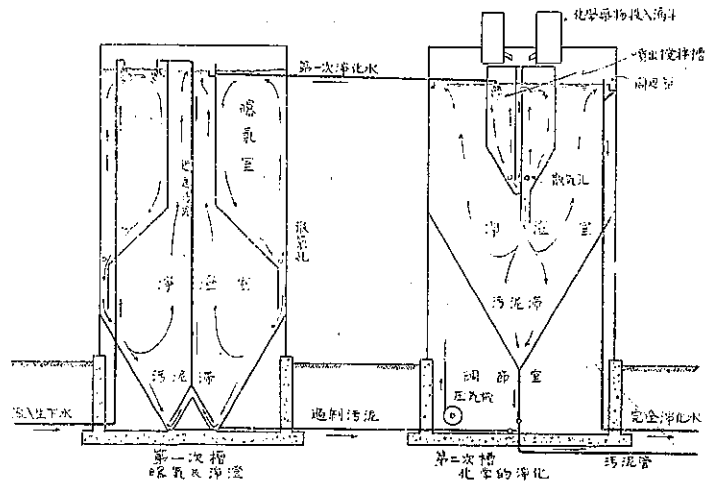


圖-12 は酪農工場廢水に對する二連淨化裝置内下水及汚泥の流動狀況を示す。酪農工場廢水の處理は用地が制限され尙完全處理を要求される場合、困難視されてゐたものだが此の二連淨化裝置はその問題を解決し簡單にして信頼し得べき而も極めて經濟的方法である。

表-8 は權威者による二連酸化沈澱法の實驗成績を示せるもので 1 日當り消費及廢水の性質及間歇的負荷下の高度の淨化を表してゐる。曝氣用壓搾空氣、汚泥返送及浮游溶液の曝氣に要する動力は大體 2 馬力程度である。電動機及壓氣機の維持と四五年度に行ふ圓筒槽外面

表-3. Lancaster "Package Delivery" 淨化装置の處理成績

		酪農廢水總量 (G.P.D.)	揮發性物質總量 (封度)	無機固形物總量 (封度)	固形物總量 (封度)	5日間 B.O.D (封度)
散布埋 床	9月 15-38 生下水 流出率	22000	527.0	261.0	808.0	244.0
	除		300.0	143.0	448.0	214.0
			43.0	47.3	44.5	14.0
二連淨化装置 (Package Delivery)	5月 19-39 生下水 流出率	3400	56.4	11.4	67.8	49.2
	除		8.9	21.8	29.3	1.1
			86.0	191.0	56.0	98.0
	5月 24-39 生下水 流出率	5940	53.5	19.7	78.2	56.0
	除		3.5	22.7	26.2	3.1
			94.9	15.0	66.5	94.5
7月 18-19 主下水 流出率	8370	137.0	37.0	174.0	153.6	
除		16.8	47.5	64.3	1.8	
		83.0	23.0	63.0	99.2	

備考 原表を多少簡単にし重要な項目のみ表記したり。

のペンキ塗以外殆ど此と云つた維持を必要としない。全荷の際は1日大體25封度の硫酸礬土と5封度の石灰を必要とする。

圖-13は二連淨化装置内下水及污泥の流動系統家庭下水又は同等の工場廢水に對する消化槽を示す。

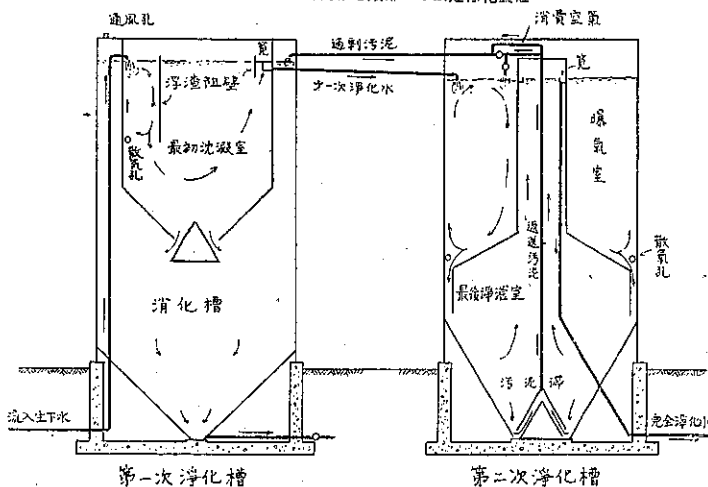
此の型のものでは第一次槽は最初沈澱及消化を兼ねるインホフ槽型のものであり、完全酸化汚泥法として處理の第二段階が第二次槽にてなされる。

流入水の負擔に耐へ而も後者に生ずる效率の損失は無である。又同等の酸化度に對し後者は5日間B.O.D. 1封度/日に就き曝氣量20~25立方呎なるに比前者は5~6立方呎にて足りる。淨澄室内沈降汚泥は圓錐形のため促進される故汚泥送寄装置其他の運動機構を必要としない。

現場据付は簡易且つ廉價で短時間にて完了し得る。即ち午前8時に淨化設備の組立をなした「Package Delivery」槽をトラックにて現場に輸送すると午後二時には見事に完成し歩橋架設をも完了するのである。内外部の管及電線取付は總て工場にてなされ、只据付を了る頃地下埋設管及導水渠に對する取付が行はれるだけである。

此等設備の操作は概ね機動によるもので勞力としては兩槽よりの過剩汚泥引出作業、スクリーンの塵芥除去、電動機及壓氣機の點檢或は注油及化學藥品投入の夫々で一日僅か1時間の作業に過ぎない。調節試験も極めて簡單で1日1回混成汚水の選心巡回試験を行ふに止まる。

圖-13. 豫備沈澱を設備せる二連淨化装置



本淨化装置は煤發の危險及消化槽内發生瓦斯に因る臭氣は皆無である消化槽の上部には環狀の隔室が設けられ通風孔が抜かれてゐる。第二次槽内にて曝氣を果した空氣は管内を通じ消化槽隔室内浮遊層上に送られる。此の空氣は強く吹出して發生瓦斯を1/400に稀釋するのである。

酸化汚泥法の曝氣装置及淨澄室の配置は空前の一大進歩である。螺旋狀の曝氣装置(Flow Diagram参照)は一般的巡回流装置に比し單位容量當り遙かに多量の

(139) 促進汚泥法に依る酪農場廢水の處理

S. D. Montagna, "A Report on the Operation of Activated Sludge Treatment For Disposal of Dairy Wastes," Sewage Works Journal, Jan., 1940, p. 108~111.
野中八郎 抄

酪農場廢水はその濃度の極めて多變的なと、汚染力の甚大な關係上、促進汚泥法に依る處理が從來至難とされてゐたのであるが、Pennsylvania州 SomersetのH. W. Walker Co. は此の困難を克服し、該廢水を促

進汚泥法に依つて首尾よく処理しつゝある。合衆國には
 斯様な廢水處理場が現在 2 箇所あり、上記の外今一つは
 Ohio 州 New Bremen に於ける White Mountain
 Cream ry Co. に設置されてゐる。

H. W. Walker Co. は日々平均 60 000 ㊦ の液體ミ
 ヌクを受理し、その中約 90% が加工製品化され、8%
 が埒詰めされ、残りの 2% が損失乳となつて居り、これ
 らの作業より發生する廢水の總量は 1 日 50 000 ガロン
 に及ぶ。此の促進汚泥處理場に不可欠の要素は石灰槽、
 受水槽、混合槽、最初沈澱槽、曝氣槽、最終沈澱槽、送風
 機並に air-lift devices で、それらの形狀寸法等は次の
 如くである。

受水槽 4'×6'×深 13.5' の矩形槽、容量 2 400 ガ
 ロン、air-lift device を附屬す。

混合槽 ホッパー型矩形槽、大き 10'×10'×側壁深
 4'、最大深 11'、容量 6 000 ガロン、槽底部に 2'×2' の
 コンクリート製散氣版を備ふ。

最初沈澱槽 混合槽と略ぼ同形同大、air-lift device
 を附屬す。

曝氣槽 双ホッパー型矩形槽、大き 66'×20'×最大深
 9.5'、容量 60 000 ガロン、槽底部に 1'×4' のコンクリ
 ート製散氣版 10 枚を備ふ、曝氣時間約 24 時間。

最終沈澱槽 双ホッパー型矩形槽、20'×10'×最大深
 13'、容量 12 000 ガロン、air-lift device を附屬す。

本處理場の操作を圖式的に説明すれば圖-14 の通りで
 ある。

表-4 は Pennsylvania 州保健局が 3 年間に亙り本
 處理場に於て研究した結果に基く。因に前記 White
 Mountain Creamery Co. に於ける處理成績は表-5 の
 如くである。

圖-14.

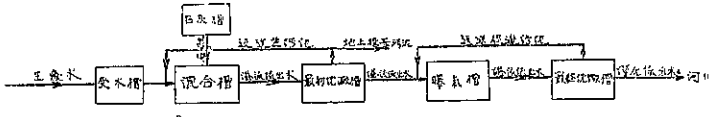


表-4. H. W. Walker Co. 促進汚泥處理場作業成績

	容 積 (ガロン)	生 廢 水			淨 化 流 出 水			B.O.D. 減率 (%)
		pH	5 日間の B.O.D. (p.p.m.)	固形物 總量 (p.p.m.)	pH	5 日間の B.O.D. (p.p.m.)	固形物 總量 (p.p.m.)	
平均...	50 000	7.2	545	797	7.7	7.4	466	93.4
最大...	70 000	8.2	1 800	1 030	8.1	16.5	660	
最小...	30 000	5.2	200	660	7.3	1.7	3.6	

表-5. White Mountain Creamery Co.
 促進汚泥處理場作業成績

	容 積 (ガロン)	生 廢 水			淨 化 流 出 水			B.O.D. 減率 (%)
		pH	5 日間の B.O.D. (p.p.m.)	固形物 總量 (p.p.m.)	pH	5 日間の B.O.D. (p.p.m.)	固形物 總量 (p.p.m.)	
平均...	34 100	7.5	1 235	6 465	—	4.8	—	99.7
最大...	51 000	9.5	1 625	7 825	—	10.6	—	
最小...	17 100	5.0	413	5 105	—	0	—	

表-4, 5 に示す如く高度の B.O.D. 減率は促進汚泥法
 に依る酪農場廢水處理の成功を物語るもので、その操作
 に當つて遵守すべき必要條項を列記すれば：

1. 生廢水に適當量の石灰乳を注加し、該廢水中の乳
 酸並に浮游カゼインを中和乃至沈澱せしめ、最初沈澱槽
 に於ける腐敗作用を防止し、且曝氣槽内の pH を 7.6~
 7.8 に保持せしむること。
2. 最初沈澱槽に於ける沈澱効果を促進する爲め、該
 沈澱槽沈澱汚泥の一部を混合槽に返送して生廢水と混
 和せしむること。
3. 最初沈澱槽から汚泥を排除する場合には、それに
 先立つて混合槽への汚泥返送を中止し充分な沈澱時間
 を與ふること。Somerset 處理場では 3 時間の沈澱時
 間を必要とした。
4. 曝氣槽内の混合液を連続的に攪拌するに充分なる
 曝氣を行ふこと。
5. 腐敗作用を防止するため、溶存酸素 2 p.p.m. 以
 上を保持するに充分なる曝氣を維持すること。
6. 最初沈澱槽流出水に播種するため、最終沈澱槽汚
 泥は之を曝氣槽に返送すること。
7. 處理場の能率を照査するため、定期的に B.O.D.
 並に pH 測定を實施すること。

橋 梁 及 構 造 物

(140) 豫應力を與へた獨逸の 108 呎桁橋

("Pre-Stressed 108-Ft Girders in German
 Bridge." E.N.R., March 28, 1940. p. 60.)
 岡 正 義 抄

Guttorn N. Brekkle 氏は重要なコンクリート構造橋

に豫應力を與へた鉄筋を初めて用ひ
 た報告をしてゐる。其の橋は Ruhr
 と Hanover 間の急行自動車道路
 上に架り、108' の支間(徑間 102')
 で支點の近くでは 4'-9.5' 中央で
 5'-3" の高さがある。縦鉄筋も 肋鉄筋も共に豫應力が
 與へられコンクリート中の主應張力を壓力に變へる利
 益がある。豫め鉄筋に應力を與へて置く原理は、コンク
 リートの收縮と塑性流動による其の後の應力の減少が、
 豫應力の一部を構成するに過ぎぬ程鉄筋に非常に高
 い豫應力を與へて置かねばならぬといふ事である。

且又豫應力を充分に與へる事に依つて動荷重の總ゆ
 る條件の下で、梁の全コンクリート断面に壓力が作用す
 るやうにする事である。收縮と塑性流動にも拘らず、應
 力は鉄筋で 20 000 ㊦/㊦迄働かす。充分高く豫應力を
 與へて置く事を應用すれば、鉄筋の降伏點を超える事な
 く、適當な壓力がコンクリートに作用する事が出来るや
 うになる。5 つの橋桁の一つの断面が次の圖-15 に示さ
 れてゐる。

桁橋を造る時に下部突縁の鉄筋が最初に組立てられ、型枠の下に据付けられた木の梁の中間物を通して、豫應力が與へられる。その木の梁には豫應力を與へる装置が固定されてゐる。次にコンクリートが梁の下部突縁の型枠の中に、流し込まれ、高い水圧の下で膨脹した、柔軟なゴムの管を突込んで振動を與へられ、固められる。新しく注ぎ込まれたコンクリート中の水は一つ一つの型枠の間の、細い接合部を通して逃げさせる。コンクリートの急速な硬化を招く爲に熱を加へる。下部突縁が完成してから、その上に腹部と上部突縁の型枠に順々にコンクリートを流し込む。コンクリートが十分な硬化をしてから装置が補助の木製梁の中央で楔で取拂はれる。其れによつて初めに與へて置いた高い應張力が、硬化したコンクリートに傳達され、斯くして鉄筋中に存在する應張力に抗して働き、平衡を保つやうに此の中に應壓力を生ずるのである。

圖-15. 縦鉄筋も肋鉄筋も豫應力を與へられた桁橋の断面。

