

大腸菌群試験結果の平均値算定
について

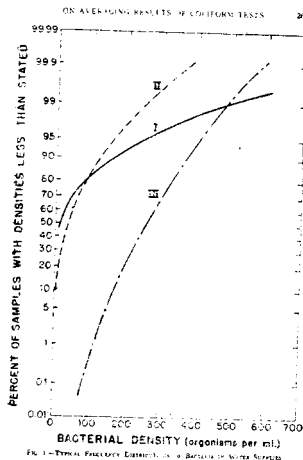
“On Averaging Results of Coliform Tests”
By H.A. Thomas, Jr.

Journal of the Boston Society of Civil
Engineers, Vol. 39, No. 3, pp. 253-27, July 1952.

大腸菌群の醗酵管試験は最確数 (MPN) 公式の適用により、十分な近似度をもつて検水の大腸菌群濃度を示しうる。しかしながら、ある期間にわたつて得られる試験結果を平均するよい方法が見つからないので、大腸菌群の季節的変動の大きさや、水道施設の改善・悪化に起因する細菌学的水質の長期の傾向などの発見が困難となり不便である。

最確数の算術平均や幾何平均は、1組の醗酵管の全部 (5本) が (+) の反応を示すとその検水の最確数は ∞ となり、平均値として採用するのに不都合である。また最確数の中央値は、水泳場の検水のように汚染度が大多段稀釈の醗酵管試験を必要とする場合はよいが、上水道の場合のごとく一段稀釈のときは普通その値が零となり都合が悪い。

図-1



平板培養試験の結果から得られる細菌濃度の経続曲線を、図-1 に示すごとく確率紙に画くことにより細菌濃度の変動を知ることができる。図-1 において横軸は 1 cc 当りの細菌数、縦軸は対応する細菌濃度より小さな濃度を有する試料の百分率を示している。中央値その他の統計量を直接グラフから求める。経続曲線の研究により、細菌濃度の変動を表わすには、水文学で使われるガンマー分布 (ピアソン III 型) が適当であることがわかった。すなわち細菌濃度 (λ) の度数分布は次式で表わされる。

$$f(\lambda) = C e^{-a\lambda} \lambda^p \dots (1)$$

ここに C, a 及び p は恒数。また平均値 ($\bar{\lambda}$) は上式の 1 次積率により次のごとく与えられる。

$$\bar{\lambda} = \int_0^{\infty} \lambda f(\lambda) d\lambda = C \int_0^{\infty} e^{-a\lambda} \lambda^{p+1} d\lambda = \frac{p+1}{a} \dots (2)$$

かくして平板培養試験の結果の集計により a と p が求められ、従つて平均値 ($\bar{\lambda}$) が得られるが、議論を進めて醗酵管試験の場合を考えることにする。

1 cc 中に平均 λ 菌の大腸菌群を有する水 1 cc を醗酵管試験に供するとき、その管が (+) の反応を示す確率 (θ) は

$$\theta = 1 - e^{-\lambda} \dots (3)$$

となる。(1) 式の λ をこの θ で置換えると

$$f(\theta) = C(1-\theta)^a \left[\log_e \frac{1}{1-\theta} \right]^p \dots (4)$$

をうる。(4) の 1 次及び 2 次積率を (2) を使つて計算すると

$$M_1 = 1 - \left(\frac{a}{1+a} \right)^{\bar{\lambda} \cdot a} \dots (5)$$

$$M_2 = 1 - 2 \left(\frac{a}{1+a} \right)^{\bar{\lambda} \cdot a} + \left(\frac{a}{2+a} \right)^{\bar{\lambda} \cdot a} \dots (6)$$

となる。

任意の醗酵管で試験するときその管が (+) の反応を示す確率が θ であるような細菌濃度を有する水を、5本の管で試験する際にその中の x 本が (+) となる確率は

$$\varphi_x = \frac{5!}{x!(5-x)!} \theta^x (1-\theta)^{5-x} \dots (7)$$

である。従つて 5 本 1 組の試験を、細菌濃度の変動している水について経続的にある期間行うとき、 x 本が (+) となる組の割合 (P_x) は次のようになる。

$$P_x = \int_0^1 \varphi_x f(\theta) d\theta = \frac{5!}{x!(5-x)!} \int_0^1 \theta^x (1-\theta)^{5-x} f(\theta) d\theta \dots (8)$$

(7) と (8) とを使つて (4) の 1 次及び 2 次積率を再び計算すると次のようになる。

$$M_1 = \frac{1}{5} \sum_{x=0}^5 x P_x \dots (9)$$

$$M_2 = \frac{1}{20} \sum_{x=0}^5 x(x-1) P_x \dots (10)$$

すなわち醗酵管試験の結果を集計することにより P_x が求められ、従つて M_1 と M_2 が計算されるから、(5) と (6) を $\bar{\lambda}$ について解くことにより所望の平均値が得られる。著者はさらにこの連立方程式の簡易計算法を例をあげて呈示している。

(1) の積分の研究から大腸菌群試験の 95% 信頼限界の上限を求めると次のようになる。

$$\begin{aligned} \bar{\lambda} \cdot a \leq 5 \text{ のとき} & \quad \lambda_{95} = 1.55 \left(\bar{\lambda} + \frac{1}{a} \right) \\ 5 < \bar{\lambda} \cdot a \leq 15 \text{ のとき} & \quad \lambda_{95} = 1.25 \left(\bar{\lambda} + \frac{2.5}{a} \right) \\ \bar{\lambda} \cdot a > 15 \text{ のとき} & \quad \lambda_{95} = \bar{\lambda} + 1.65 \sqrt{\frac{\bar{\lambda}}{a} + \frac{0.426}{a}} \end{aligned}$$

ここに a は $\bar{\lambda}$ の値を求める際にあわせ求められる。時間的に考えて試験検査期間の 95% は、大腸菌群濃度が上記の式で与えられる値より小さいということになる。(国立公衆衛生院 松本順一郎)

軟弱地盤上の軽構造溢流ダム

“Lightweight Dam to Pass Heavyweight Flows over New Diffuser Spillway”
Engineering News Record 1953, Aug. 20.
Vol. 151. No.8 p. 43~p. 48

河の下流などで軟弱地盤の上に大水量を流過させるダムをつくるときに、(a) どのようにして軟弱地盤に構造物を支持させるか、(b) どのようにして溢流水による基礎地盤の洗掘を防ぐか、(c) どのようにしてダムの上下流の水の滲透を防ぐか、などの問題にぶつかるが、さいきん北米テキサス州の San Jacinto 河につくられた Houston ダムはこれらの問題の解決の一例として興味ぶかい。

このダムには扶壁式構造が採用された。河床の土砂を掘削し、かなりしまつた粘土層の上を鉄筋コンクリート版で被つて基礎とする。その上に鉄筋コンクリートの扶壁を 20 ft 間隔に並べ、上流側に遮水版を張つて水密とする。堤頂を越えた溢流水は特異な形の〔拡散式余水吐〕を通つて下の水溜に落ち、ここでエネルギーを減殺されて静かに下流側に流れてゆく。基礎コンクリート版から粘土層に深く鋼矢釘を打ちこみ、上下流の滲透水を防止する。

余水吐は図に示すごとく、梯形断面の桁を水流方向に格子状にかけわたしたものであり、溢流水をその格子に沿つて拡散させ、空気を混入し、薄い膜状にして下の水溜に落下させるようになっていゝ。Laboratory of the University of Iowa Institute of Hydraulic Reserch で行われた模型実験によると、水量の一部は溢流水脈の形を保つたまま格子の隙間を素通りし、残りは桁の全長にわたつて拡がり、ごく一部分が桁の上を射流で乗り越えて水溜に落ちるが、どのような溢流量に対しても予期どおりのエネルギー減殺作用が得られることが示された。また計算では 320 000 cfs までの水は格子を通り、それ以上の溢流量は格子を越えて流過することになつていゝが、実験によると格子を通

る最大流量は 30 000 cfs だつた。溢流量がさらに増えて余水吐全部が水中に沈むときにも空気混入は充分に行われて、前面遮水版の裏側に負圧を生ずるようなことはなかつた。

ダム地点の計画洪水量は 525 000 cfs で溢流巾が 3160 ft だから、巾 1 m 当り約 15.44 m³/sec である。なお既往最大洪水量は 230 000 cfs だつた。

この型式のダムは Ambursen Type と呼ばれ、New York の Ambursen Engineering Corp. が特許をもつており、E.N.R. 誌 Oct. 16, 1930 および Jan. 8, 1939 にも施工例が掲載されてある。

図-1 ダム標準断面図

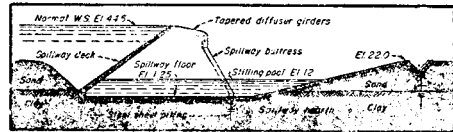


図-2 下流裏側から見た余水吐

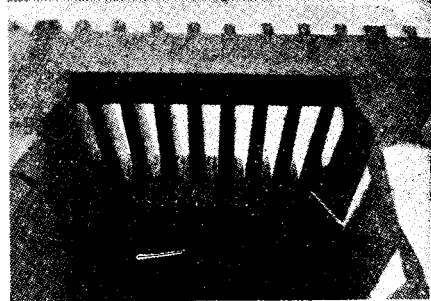


図-3 溢流の模型実験

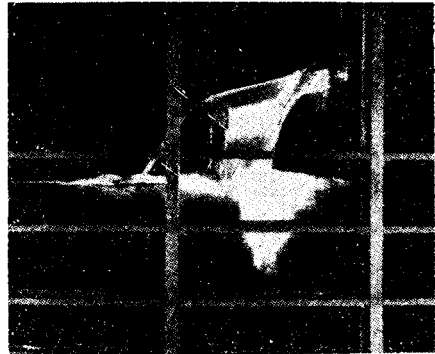
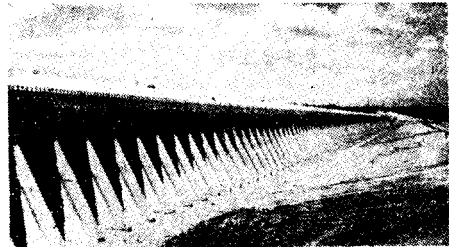


図-4 ダム全景



(建設技術研究所 谷田沢正治)

コンクリートと岩の支圧強度

“The bearing capacity of concrete and rock”
by G.G. Meyerhof.
Magazine of Concrete Research, No. 12,
April, 1953.

集中荷重のもとにおけるコンクリートや岩の支圧強度は、橋桁の支承や基礎のブロック等において問題になるが、普通の（拘束されない）圧縮強度より大きいことは周知の事実である。従つてこれ等の設計にあつては支圧強度を、載荷面積と不載荷面積の比に従つて、圧縮強度とその2倍の間にとつている。これはしかしかなり支圧強度を小さく見ているのであつて、本論文はもつと合理的な方法を提唱し、模型試験によつてたしかめたものである。

大きなブロックに局部荷重がかかると、周囲からの拘束圧力により、ちょうど三軸圧縮試験において見ら*

*れると同様に材料の強度は大きくなる。このような試験は多くの研究者によつてコンクリートと岩に対して行われてきたが、それらの結果によれば材料の破壊は——拘束圧力の大小により——分裂破壊またはせん断破壊をする。せん断強度については近似的に次の式が成立する。

$$s = c + p \tan \phi \quad (\text{クーロン——モールの破壊理論})$$

- ここに c : 附着強度
- p : せん断面への有効垂直圧力
- ϕ : 内部まさつ角

従来の3軸圧縮試験の結果を解析すると、表-1のようになり、附着強度は、拘束されない圧縮強度の約1.5であることを示している。内部摩擦角は、垂直圧力の小さいとき約50°で、垂直圧力が40000 psiにもなると約30°となる。これらの角度はしばしば破壊面の傾斜と一致している。

表-1 三軸圧縮試験の結果

| 材 料 | 配 合 | 材 令 (日) | 拘束されな い圧縮強度* p_u (psi) | 附着強度 c (psi) | c/p_u | 発 表 者 |
|----------------|----------------|------------|--------------------------------|-------------------|-----------------|----------------------------|
| セメント | ($w/c=0.26$) | 30 | 5400 | 1200 | 0.22 | Ros, Eichinger |
| コンクリート | 1:2 | 14 | 4300 | 900 | 0.21 | Smith, Brown |
| | ($w/c=0.50$) | 28 | 4950 | 1100 | 0.22 | " |
| | 1:3 | 21 | 4200 | 750 | 0.18 | " |
| | ($w/c=0.50$) | 28 | 5100 | 900 | 0.18 | " |
| | 1:3 | 30 | 5500 | 1100 | 0.20 | Ros, Eichinger |
| | ($w/c=0.38$) | | | | | |
| | 1:1.2 | 28 | 3700 | 800 | 0.22 | Richart, Brandtzaeg, Brown |
| | ($w/c=0.64$) | | | | | |
| | 1:2.1:2.5 | 28 | 2600 | 600 | 0.23 | " |
| | ($w/c=0.88$) | | | | | |
| 1:2.9:4.5 | 28 | 3600 | 720 | 0.20 | Balmer, McHenry | |
| ($w/c=0.58$) | 90 | 3950 | 780 | 0.20 | " | |

* prism strength

円形または細長いフーチングより、その下のコンクリートや岩石に及ぼす支圧試験の結果をみると、コンクリートや岩石に常にせん断と分裂の組合せによる破壊をしている。破壊の状況は 図-1 に示すとおりであるが次式が成立つ。

$$\frac{q}{p_u} = 1 + \frac{H p_t}{4 B c} \quad (\text{分裂の場合})$$

ただし q : 支圧強度

p_u : 拘束されない圧縮強度

H : ブロックの厚さ

p_t : フーチングの下における楔の位置における最大曲げ引張応力

B : 帯状フーチングの巾

c : 附着力

$$q = c N_c \quad (\text{せん断の場合})$$

ただし N_c : 一般的支圧強度係数

(内部まさつ角やブロックの長さとの比に関する)

上記の理論を円形フーチングの場合に延長するのは容易である。

最近の実験結果として指摘されているのは、 図-2 に示してあるマス コンクリートに対する荷重沈下曲線と 図-3 に示してあるフープ鉄筋を有するコンクリートブロックに対する荷重沈下曲線である。 図-2 で注目すべきことは、フーチングは支圧強度に達するまで率が増大しつつ沈下し、支圧強度に達するともうそれ以上は支圧力が増えないこと、及び各曲線はそれぞ

図-1

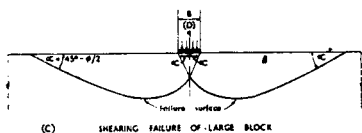
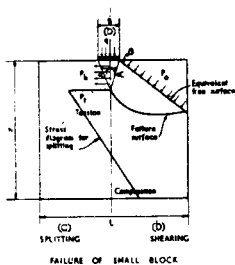


Figure 2: Analysis of bearing capacity of blocks.

図-2

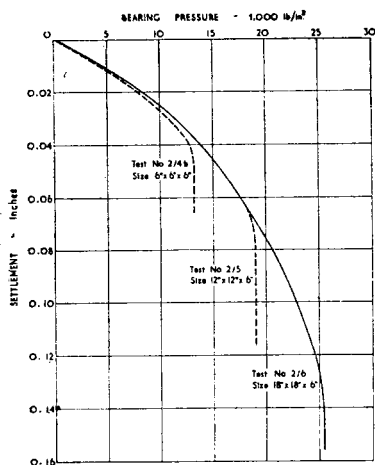


Figure 4: Typical results of loading tests on footings on mass concrete blocks.

れ最大荷重に達するまでほとんど同じ形を示し、破壊は通常ブロックに平行に突然起こることである。図-3で注目すべきことは、荷重の小なる間はフーチングの沈下はマス コンクリートにおけるものとほとんど同じであること、及び荷重が大きくなると率が増大しつつ沈下し、支圧強度に達することである。最大荷重の約 1/2 の所でフーチングの縁がかげはじめ、最大荷重の約 3/4 の所で微細な半径方向のひびわれが現われはじめ、しばらくして破壊面となり得る面の縁に円周方向のひびわれが現われる。試験の最終段階になると、フーチングの周囲の材料は上方に、また外方に破壊面に沿って動いていた。

図-3

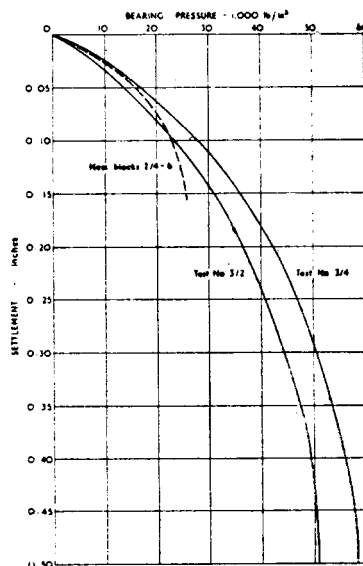


Figure 8: Results of loading tests on footings on reinforced concrete blocks

(鉄道技術研究所 樋口芳朗)

わが国土木技術界の最長老である当学会名誉員 工学博士 国沢新兵衛君は病気御療養中の処方石効なく、昭和 28 年 11 月 26 日 89 歳の高齢を全うし長逝された。当学会は霊前に花環を供し、平井会長弔詞を呈した。本誌の巻頭に同君の略歴を掲げ謹んで哀悼の意を表する。

最新刊

フーバーダムの施工の実際

米国内務省開拓局編 京都大学教授・工博 近藤泰夫 訳

本書は世界最高であるフーバーダムの実施記録である。使用した材料、機械、設備をはじめ、その実施の計画、実際および結果について詳細に記述している。1. 低熱セメントの使用 2. 多種多様のセメントの混和使用 3. 骨材の洗滌、分級並びに分級機械構造の説明 4. コンクリート混合、コンシステンシーメーターの試作 5. コンクリート取扱輸送のための各種設備の得失 6. ダムおよびトンネルに用いた型枠構造 7. コンクリート打込および養生の方法 8. 契約工期をいかにして短縮したか 等苦心された経験を明快に解説した、関係技術者の貴重な資料である。

A5判 260頁 ¥550

マスコンクリート

米国内務省開拓局編 近藤泰夫 訳

ダムの如きマスコンクリートはいかなる強度を有し又水密性は如何であるかという問題につき、世界最大のフーバーダムにつき徹底的に調査実験した成果を検討したもので、現場員の貴重な資料であるとともに研究員に絶好のモデルを提供する。

A5判 258頁 ¥550

コンクリート及鉄筋コンクリート 施工法

九大名誉教授・工博 吉田徳次郎 著

本書はコンクリートおよび鉄筋コンクリートの材料・性質ならびに施工法を説いたもので、これ以上の名著は望めないといわれている定評あるものである。著者の深い学識と、長い教授経験が相俟って、はじめて生まれた労作といえよう。

B5判 524頁 ¥800

土木設計便覧

土木設計便覧編集委員会編

土木構造物の設計実施上必要とするデータを主体に、現場で役に立つ設計便覧であることを主眼とし、図版と表を豊富にして、それぞれの専門家十数氏がその蘊蓄を傾けて執筆編さんされたものである。従来の教科書的便覧に見られぬ実際の具体的な内容の特長としている。

B6判 1402頁 ¥1600
総革装 ¥2000

丸善金属重量表

丸善出版部編

金属重量に関する従来のあらゆる数値を再検討し、また全く新たに計算し正確な数値の決定をはかったものである。現状に適応した実用価値を規準にフィート・ポンド法の併記、戦後の新規格、新資料の掲載等従来書に見られないものも網羅する。

三五判 286頁 ¥260
総革装 ¥360

電気抵抗歪計

ドビイ 共著
アイザック

三宅康友 共訳
加藤涉

本書は最近、工学諸分野で歪を測定する場合に、欠くべからざる測定器として、広く利用されるようになった電気抵抗歪計について、数学的、電気的理論の基礎的解説から各方面への応用に及んで最も平易に述べられた入門書である。

B6判 184頁 ¥300

水理学 技術者のための流体の力学

東京大学教授・工博 本間仁 著

斯学の権威たる著者が、東大工学部の土木工学科における Hydraulics の講義を骨子に、新しい公式を豊富にかつ合理的に配列し、基礎的事項にのみ偏することなく現状に最も即した具体的問題を主眼に取り扱ったものである。

B6判 272頁 ¥330

東京・日本橋 丸善