

抄 録

寒中コンクリート加熱プラント

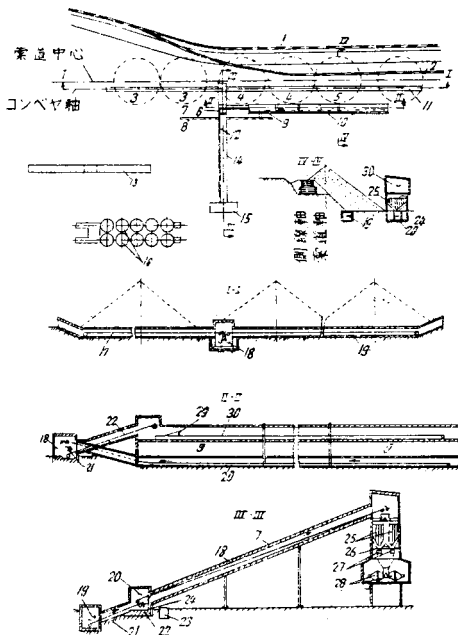
“О Бетон на Зимном Времени”

by В.Н. Спизов

Строительная Промышленность. Май/1955 Г

最近カム水力発電所建設工事で行われた寒中コンクリート加熱プラントは 図-1 のごときものである。

図-1 寒中コンクリート加熱プラント



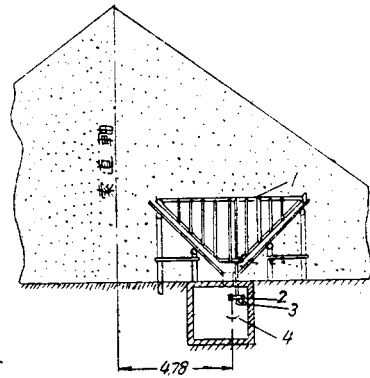
1. 線路 No. 5; 2. 側線; 3. 砕石 (左方一粗, 右方一細); 4. 砂; 5. 砂利; 6. 積換点 No. 2; 7. ボイラーからの蒸気管; 8. コンデンサ; 9. バンカー加熱機; 10. 蒸気供給; 11. 円錐形積体下トンネル; 12. コンクリートプラントへ蒸気供給; 13. セメント倉庫; 14. 主コンベヤ棧橋; 15. コンクリートプラント; 16. セメントサイロ式倉庫; 17. コンベヤ I; 18. 主コンベヤ; 19. コンベヤ II; 20. コンベヤ IVa; 21. コンベヤ VI; 22. コンベヤ VIIa; 23. 牽引所; 24. 蒸気供給; 25. バンカー内加熱調節装置; 26. 水加熱用コンデンサ; 27. ダザトル; 28. コンクリートミキサ; 29. 積替卸車; 30. コンベヤ VIIa.

暖められた砂, 砂利, 砕石は, 図示のようなコンベヤの配置によつて順次主コンベヤに送られる。コンクリートプラントには対になつた4個のミキサがあり, その容量はそれぞれ 2400 l である。

冬期材料はバンカーとコンクリートプラントでもつて暖める。バンカーには蒸気管が装備されており, ボイラーから蒸気が供給される。

冬期加熱作業を行う当初において, 材料が凍結して円錐形堆積体からコンベヤ I, II に送り込むのに困難を感ずることが多い。図-2 のような装備を直接堆積材料内に設けて, この困難を克服する。調節装置はやはりボイラーから蒸気が供給される。この場合にはバンカーを省略してよく, プラントは全般的に簡単となり, コンクリート費を軽減することができる。

図-2



1. 調節装置; 2. 蒸気供給; 3. コンデンサ; 4. コンベヤ II

上述のような装置で 1952/53 年冬期には, 14.1 万 m³ のコンクリートを, 1953/54 年冬期には 12.7 万 m³ を打設した, それらの各月当りの作業量は 表-1 のごとくである。

表-1

月	1952/53年		53/54年	
	万 m ³	平均気温 °C	万 m ³	平均気温 °C
10月	2.5	0	1.9	+ 1
11月	1.8	- 7	1.2	-13
12月	2.5	-14	2.4	-10
1月	2.4	-15	2.1	-18
2月	1.7	-18	2.3	-23
3月	3.2	- 7	2.8	-11

暖められる各材料及練混ぜコンクリートの温度は, 気温によつて 表-2 のごとくなつた。

ボイラーは4個装備されており, これらによつてコンクリート作業の全体を, すなわち, 基礎コンクリートの加熱, 打設後 1~2 日間天幕内へ蒸気を供給することなどすべてを行つている。

ソ連の最近の寒中コンクリート工は, その研究の重点を寒中でも夏期と全く同様に, すなわち使用材料の加熱や打設後の加熱を行わずに, コンクリート工を行

表-2

温度 °C				
気温 t_1	砂 t_1	砂利 t_2	砕石 t_3	練混ぜコンクリート t_4
0° - 5	19	22	6	16-18
- 6 -10	22	23	5	18
-11 -15	24	25	4	19
-16 -20	26	31	5	20
-21 -25	27	32	6	22
-26 -30	31	35	5	23

うためにはいかにすればよいか、に置いているようである。このためには塩化カルシウム、塩化ナトリウム、塩化カリウム、亜酒などを適当の割合と濃度とでもつて混和し、また保温用として、2重型枠を使用したりしている。なお最近良質、ことに耐凍性のコンクリートをうるため真空コンクリートを造っている。電気養生、蒸気養生加熱など従来から行われている。ここにあげたのは蒸気加熱の最近のプラントと思われるものをあげたのである。(東北大学工学部 原田千三)

放射能追跡子による砂濾過の研究

“Sand Filtration Studied with Radiotracers”

by Donald R. Stanley

Proc. A.S.C.E., Vol. 81, Separate

No. 592 (Jan., 1955)

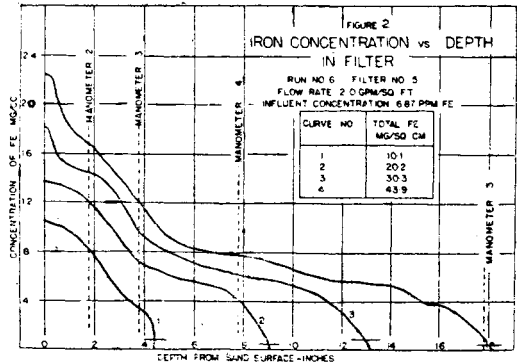
急速砂濾過は現在広範囲に使用されているが、浮游物質の除去機構に関する基本的な知識はほとんど得られていない。設計要素として最も重要な濾床の深さ、砂粒径、濾過速度、の3つの項目については、除去されるべき浮游物質の性質や濾過水の水质と同様に重要な要素であるがほとんど考慮されずに設計されている。現存のものの安全率は不明であるが、多くの濾過池は過大に設計されているようである。これらの基本的な要素を研究するには現在では放射能追跡子を用いればよいようになり相当便利になってきた。

実験装置および測定 濾過筒は内径 $1\frac{1}{2}$ "、厚さ $\frac{1}{4}$ " の合成樹脂製で、濾砂としては粒径の均質な Ottawa 砂を使用した。凝集剤としては塩化第二鉄を用いた。追跡子としては、安価であり、半減期が短かく、 γ 線を多量に放出するものとして I^{131} が選ばれた。また I^{131} は、負に荷電した沃化銀の沃素と、正に荷電した水酸化第二鉄の鉄の相互凝集による結合がうまく使用される特点がある。濾床各層の I^{131} の濃度を測定するために、特別に設計された遮閉板中におかれた、効率のよい γ 線計測ガイガー計数管 (64 進) が使用された。ガイガー管と濾過筒の間隙は $1/4$ " であり、濾過筒中

の放射性物質からの γ 線がガイガー管に受理され計数器に記録される。濾過筒を一定速度で上下に動かして各深さにおけるフロックの濃度を測定する。濃度の計算は砂 1 cc 当りの鉄の量を mg で表わしたもので、その分布状態は 図-1 のようになる。

また、損失水頭が筒より引出したマンメーターにより、望遠鏡あるいは写真測定された。

図-1

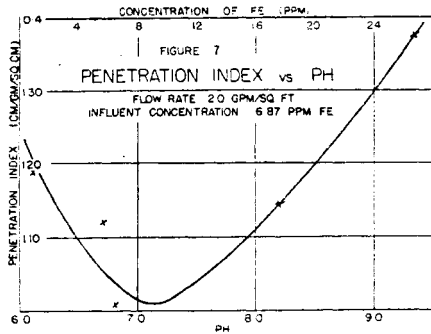


実験結果 実験結果について考察する際の重要な媒変数としては、この場合は“濾砂中のフロックの濃度”、“フロックの侵入指数 (濾過中铁の 1 mg が濾床表面積ごと cm^2 当り濾床に侵入した深さを cm で表わしたもの)”、“損失水頭”を考慮した。また、変数として Fe フロックの濃度、および大きさ、浮游物質を含む水の pH およびその他のイオン濃度、濾過砂の大きさ、濾過速度である。その他水温も重要な因子であるが、本実験では $24^{\circ}\sim 26^{\circ}C$ の範囲内で行われた。

実験結果から次の結論が得られた。

- (1) 放射性は I^{133} 水酸化第二鉄フロックの追跡子として満足に使用される。
- (2) 放射性 I^{131} を使用する場合は実験装置及び測定装置は製作しうる。
- (3) 砂中へのフロックの侵入深さは濾床表面積当りの浮游物質の全負荷に比例する。
- (4) 侵入指数はフロックの濃度が大きくなるに従って増加し、フロックが古くなるに従って減少する。またフロックの径が小さくなると減少する。
- (5) 侵入指数は pH の関数で、7.0 のとき、最小となる。
- (6) 侵入指数は $NaCl, Na_2SO_4, MgSO_4$ が溶解していると増加する。
- (7) 侵入指数は砂粒径に直線変化する。
- (8) 侵入指数は濾過水量に比例する。
- (9) 損失水頭の増加は濾床面積 cm^2 当りの総鉄量に直線変化するか、低次の指数関数的に変化する。

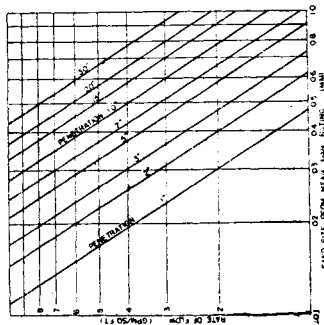
図-2



(10) 損失水頭と砂粒径との関係は、本実験の場合、実際濾過池の場合と一致している。

(11) 本実験の条件下では、フロックの侵入深さは(砂粒径)^{2.46} および(濾過水量)^{1.56} に比例している。

図-3



(東京大学工学部 徳平 淳
同 今岡 正美)

蓋然性を考慮した道路橋活荷重の決定法について

“Probability of Traffic Loads on Bridge”
by Sven Olof Asplund, M. ASCE

Proc. ASCE, Vol. 81, No. 585 Jun. 1955

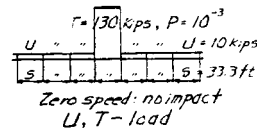
参考文献: “Live Loading for Long-span Highway Bridges” Proc. ASCE, Vol.79, No. 198, June 1953.

この研究は「安全率の意味を拡張して、予想される荷重状態が生ずる確率まで考慮に入れて設計荷重を決定すべきではないか? その際非常に短径間で1台か2台の車両で満載状態になるような橋梁についてはそれほど疑点はないが、長径間橋梁に対しては安全率の概念すら正確には定義しにくい状態であつて、従来の文献によつても決定的な解決法は見出されそうもないから、橋梁に対し特別な影響を与えるような重車両には統計的处理を加えて、強度の点からも経済性の点か

らも合理的であるような設計荷重を求めるための方法を提案しようとしたもの』である。

将来の荷重については50年さきのことを考えても無駄であるが15年くらいさきの平均車両重量 U は10 kips/s(4.5 t/s) であると予想される。ここに s は1車両に対する所要スペースであつて静止している場合には車両長となる。 s の平均は33.3 ft(10 m) と考えられる。この普通車両にまぎつて、ときおり出現する超大重量車両の取扱いが本論文の主要目的なのであるが、それについてはドイツ、英国などの実例を参照した上で、その重量 T は130 kips/s (59.0 t/s) であると予想される。このような荷重が完全に密接して橋梁に載る場合には、静止荷重とみなして impact は考慮しないが速度を考える場合には impact を考慮するかわりに s が大きくなるわけである。

図-1



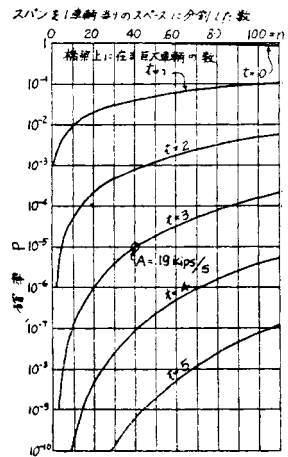
車線の長さが s の n 倍である場合(スパン $n \cdot s$ の橋梁に相当)、隣接する n 個のスペースのうち任意の t 個を特別車両 T が占める確率は $P = \binom{n}{t} p^t (1-p)^{n-t} = \binom{n}{t} \times 0.001^t \times 0.999^{n-t}$ で示される。ここに $\binom{n}{t}$ は $\frac{n!}{t!(n-t)!}$ である。その場合の平均荷重強度 A は

$$A = U + (T-U) \frac{t}{n} = \left(10 + 120 \frac{t}{n}\right) \text{ kips/s}$$

で示すことができる。これは静止荷重としての取扱いであるから impact は考慮しない。別に移動荷重に対しては当然より大きな

図-2

s を要するわけであるからもし n が非常に少ない場合には impact をともなう単独の移動荷重 T について荷重そのもの、およびその影響を研究してみる必要がある。図-2 は橋上の T 荷重の数 t が0~5 の場合についてそれに対するプロバビリティ P との関係を示したものであつて n, t の各値に対応する平均荷重

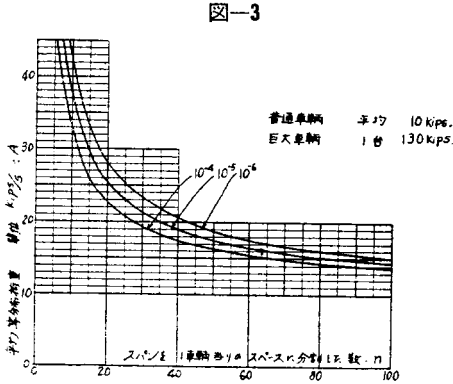


A は上記の公式によって求められるから例えば $n=40$ に相当する橋梁に $t=3$ の荷重状態である場合の A は

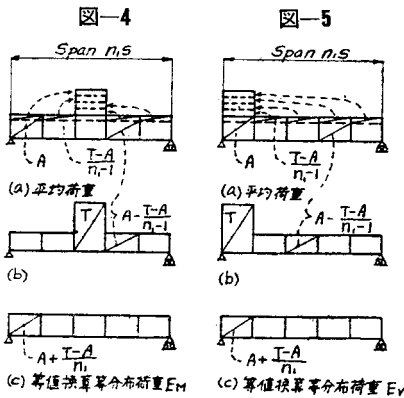
$$A = 10 + 120 \times \frac{3}{40} = 19 \text{ kips/s}$$

でありそのような荷重状態が生ずるプロバビリティは $P=10^{-5}$ である。

図-2 を基本として 図-3 を画くことができる。



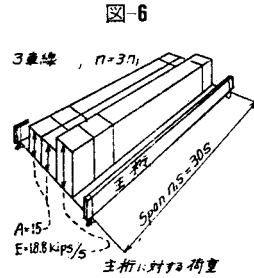
これを使用して設計荷重を決めるのであるがその場合平均荷重 A の取扱について 図-4, 5 に示すような方法によって Moment および Shear に対する等値換算等分布荷重に換算する操作が必要である。ただしこの操作は橋梁の車線が 2 車線以上の場合には最も危険な影響を予想される車線についてのみ行い、他の車線には平均荷重 A を載せれば十分である。



説明のために 図-6 のような 3 車線の橋梁を考える。いま静止した車両が橋上に充満するような荷重状態が生ずるチャンスが 10^5 回の載荷につき 1 回以上の頻度を持たないと仮定した場合 ($P=10^{-5}$) の A は $n=3$ (3 車線の意味) $\times 20$ (車線長を示す) $= 90$ であるから 図-3 より $A=15 \text{ kips/s}$ (6.8 t/s) となる。これを基本として求めた等値換算等分布荷重 E は最も危険な影響を有する車線(すなわちこの場合には Main Girder に最も接近した車線)のみについて A の上にさらに、

$$\frac{(T-A)}{n_1} = \frac{(130-15)}{30} = 3.84 \text{ kips/s (1.7 t/s) の荷重を}$$

加えたものとなる。つまり図示のような状態である。いま s が 33.3 ft (10 m) とした場合には $A(s$ 方向に等分布) $= 450 \text{ lb/ft}$ (675 kg/m), $E=565 \text{ lb/ft}$ (855 kg/m) となる。



次にプロバビリティを下げて $P=10^{-6}$ とすれば $A=15.8 \text{ kips/s}$ (7.1 t/s), $E=19.6 \text{ kips/s}$ (8.8 t/s) と増加する。スパンを減少して $n_1=9$ とした場合には同様にして $P=10^{-5}$ に対し $A=20.6 \text{ kips/s}$ (9.3 t/s), $E=32.8 \text{ kips/s}$ (14.8 t/s) となる。このように巨大な車両荷重を考える場合には 300 ft (90 m) のスパンに対する等分布荷重は AASHA の示方書よりも高い値になるが 1000 ft (300 m) 以上のスパンに対しては小さくなる。スパン 100 ft (30 m) 程度の橋梁ではむしろ集中荷重によって直接設計すべきであり、車両の要項もその橋梁において実際に予想しうべき最も重いものについて個々に検討すべきである。

基準とするプロバビリティについては市街地の橋梁に対し 30 年間に 10^6 回程度、地方の橋梁に対しては 10^4 回程度の満載状態が予想される。毎日 10 回の満載状態があるとすれば 27 年間で 10^5 回になるわけであるがそのうち 1 回巨大車両がその橋梁(または部材)に最も不利な位置にたまたまきている場合があるとすれば、プロバビリティ P は 10^{-5} となる。この問題には新設工費、補修工費、再建工費およびそれらに関連して当然予想されるべき橋の耐久性など複雑な事項がからんでくるから一般的に推断を下すことができないが、とにかく長大橋梁の荷重決定に対する出発点は何であるべきかがわかるはずである。

目下の対策としてはとにかくまともな示方書ではこの巨大な自動車群からなる組織的輸送集団に対し橋梁の安全を確保することが不可能であるからこれを防ぐ唯一の方法は最大荷重量と車両の最小間隔を取締ることであつて、その具体的方法は標識を作ることと巨大な輸送車の運転手の良識に頼ることである。

(早大理工学研究所 堀井健一郎)

三角形状楔に対する近似応力函数

“Approximate Stress Functions for Triangular Wedges”
By I.K. Silvermann
Journ. of App. Mech. March 1955.

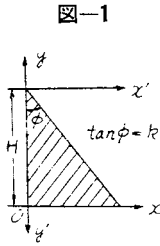


図-1

図-1 の三角形体の応力状態は多くの荷重に対し求められているが、これは境界が無遠慮にまで続くときに正しい。この無限楔の解は底部付近では実際との相違がなほだしい。ここに求めた応力函数は楔表面では応力が0であり、底部境界では修正を与えるようなものである。方法は Ritz が始めた方法を Jacobson が改良したものにならつて行い変分法による。変分法は $r^4 F = 0$ の解ではないが Euler-Lagrange 式の解であるところの函数を与える方法で、これは底境界の剛または弾性条件を考えに入れたとき無限楔の解を修正するところの自己平衡応力系を与える。かくて三角形楔内の Airy の函数は無限楔解の応力函数を F_e とし

$$\phi = F_e + F = F_e + g(x, y)f(y) \dots\dots\dots(1)$$

の形をとる。 $g(x, y)$ は以下の境界条件を満たすごとくえらび $f(y)$ は変分により求めるべき未定函数である。 $g(x, y)$ はすべての y に対して

$$\left. \begin{aligned} x=0 \text{ に沿い } \sigma_x = 0 \quad \tau = 0 \\ \text{法面に沿い } \sigma_x = -\tau k \quad k \sigma_y = -\tau \\ k = \tan \phi \end{aligned} \right\} \dots\dots(2)$$

法面条件はそれに沿つて外力がないことを示しているのは明らかである。 $f(y)$ を決めるため最小仕事原理(またはヒズミエネルギーの領域積分の第一変分が 0)を用いる。すなわち

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{2E} \iint \{ \phi_{xx}^2 + \phi_{yy}^2 - 2\nu\phi_{xx}\phi_{yy} \\ &\quad + 2(1+\nu)\phi_{xy}^2 \} dx dy \\ \therefore \delta V &= \frac{1}{2E} \iint \{ \phi_{xx}\delta\phi_{xx} + \phi_{yy}\delta\phi_{yy} - \nu\phi_{xx}\delta\phi_{yy} \\ &\quad - \nu\phi_{yy}\delta\phi_{xx} + 2(1+\nu)\phi_{xy}\delta\phi_{xy} \} dx dy = 0 \end{aligned} \dots\dots(3)$$

2 回の部分積分を行つて

$$\begin{aligned} \delta V &= \frac{1}{E} \int_{x_0}^{x_1} \int_{y_0}^{y_1} r^4 \phi \delta \phi \, dx dy \\ &\quad + \frac{1}{E} \int_{y_0}^{y_1} dy [(\phi_{xx} - \nu\phi_{yy}) \delta \phi_x - \{ \phi_{xxx} \\ &\quad + (\nu+2)\phi_{xyy} \} \delta \phi]_{x_0}^{x_1} \\ &\quad + \frac{1}{E} \int_{x_0}^{x_1} dx [(\phi_{yy} - \nu\phi_{xx}) \delta \phi_y \\ &\quad - (\phi_{yyy} - \nu\phi_{xxy}) + 2(1+\nu)\phi_{xy} \delta \phi_x]_{y_0}^{y_1} \dots\dots(4) \end{aligned}$$

ここで (1) より

$$\begin{aligned} \delta \phi &= g(x, y) \delta f \quad \delta \phi_x = g_x \delta f \\ \delta \phi_y &= g_y \delta f + g \delta(f') \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

さて (2) を満たす $g(x, y)$ として

$$g(x, y) = \frac{Ax^3}{6} + \frac{Bx^2}{2}(H-y) + \frac{x^4}{12(H-y)} + \frac{x^5}{20(H-y)^2} \dots\dots(6)$$

ただし

$$A = -k(1+0.9k) \quad B = k^2(1/6+k/5)$$

が採れる。この $g(x, y)$ を (5) へ入れて $\delta \phi, \delta \phi_x, \delta \phi_y$ の端部での値を出すときと容易に知れるごとく $y_1(y=H, x=0)$ $x_0(x=0, y=0)$ $x_1(x=k(H-y), y)$ では $\delta \phi, \delta \phi_x, \delta \phi_y$ はすべて 0 となり $y_0(y=0, x=x)$ でのみ

$$\begin{aligned} \delta \phi &= g(x, 0) \delta f \\ &= \left(\frac{Ax^3}{6} + \frac{BHx^2}{2} + \frac{x^4}{12H} + \frac{x^5}{20H^2} \right) \delta f(0) \\ \delta \phi_x &= g_x(x, 0) \delta f \\ &= \left(\frac{Ax^2}{2} + BHx + \frac{x^3}{3H} + \frac{x^4}{4H^2} \right) \delta f(0) \\ \delta \phi_y &= g_y(x, 0) \delta f(0) + g(x, 0) \delta f'(0) \\ &= \left(\frac{-Bx^2}{2} + \frac{x^4}{12H^2} + \frac{x^5}{10H^3} \right) \delta f(0) \\ &\quad + \left(\frac{Ax^3}{6} + \frac{BHx^2}{2} + \frac{x^4}{12H} + \frac{x^5}{20H^2} \right) \delta f'(0) \end{aligned} \dots\dots(7)$$

となるので (4) は

$$\begin{aligned} \delta V &= \frac{1}{E} \int_{x_0}^{x_1} \int_{y_0}^{y_1} r^4 \phi \delta x dy - \frac{1}{E} \int_{x_0}^{x_1} dx [(\phi_{yy} - \nu\phi_{xx}) \\ &\quad \delta \phi_y - (\phi_{yyy} - \nu\phi_{xxy}) \delta \phi + 2(1+\nu)\phi_{xy} \delta \phi_x]_{y_0} \dots\dots(8) \end{aligned}$$

となり、これが 0 なるためには

$$\int_{x_0}^{x_1} \int_{y_0}^{y_1} r^4 \phi \delta \phi \, dx dy = 0 \dots\dots\dots(9)$$

$$\int_{x_0}^{x_1} [(\phi_{yy} - \nu\phi_{xx}) \delta \phi_y]_{y_0} dx = 0 \dots\dots\dots(10)$$

$$\int_{x_0}^{x_1} [(\phi_{yyy} - \nu\phi_{xxy}) \delta \phi]_{y_0} dx = 0 \dots\dots\dots(11)$$

$$\int_{x_0}^{x_1} (\phi_{xy} \delta \phi_x)_{y_0} dx = 0 \dots\dots\dots(12)$$

上式中 $(\delta \phi_y)_{y_0}$ $(\delta \phi)_{y_0}$ $(\delta \phi_x)_{y_0}$ は (7) で与えられる。ところで $r^4 F_e = 0$ (cf (1))

$$\begin{aligned} \therefore r^4 \phi &= r^4 (gf) = (r^4 g) f + 4(g_{yyy} + g_{xxy}) f' \\ &\quad + (6g_{yy} + 2g_{xx}) f'' + 4g_y f''' + g f^N \dots\dots(13) \end{aligned}$$

となる。(9) は (5) を用い

$$\int_0^H \delta f dy \int_0^{k(H-y)} r^4 \phi g(x, y) dx = 0 \dots\dots(9a)$$

だから (13) に入れて δf の任意性に注意すると

$$\begin{aligned} &\left. \begin{aligned} k^2(H-y)^4 \psi_2 f^N + 4k^2(H-y)^3 \psi_3 f''' \\ + (H-y)^2 \psi_5 f'' + 4(H-y) \psi_4 f' \\ + 2\psi_1 f = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots(14) \end{aligned}$$

これが f を定める式であり上式中 ψ_1, \dots, ψ_5 は k を parameter とする式で、例えば ψ_1 は

$$2(H-y)^2 k^3 \psi_1(k) = \int_0^{k(H-y)} g r^4 g dx$$

$$\psi_1(k) = k^2(1890k^6 + 2046k^5 + 8470k^4 + 9105k^3)$$

+13 332 k²+13 860 k+4 620)/1 663 200
のごとく与えられる。(14) の解として

$$f(y) = C_1(H-y)^{r_1} + C_2(H-y)^{r_2} + C_3(H-y)^{r_3} + C_4(H-y)^{r_4} \dots (15)$$

を仮定できる。ただし r は

$$r^4 - \left(6 + \frac{4\psi_3}{\psi_2}\right)r^3 + \left(11 + \frac{12\psi_3}{\psi_2} + \frac{\psi_5}{k^2\psi_2}\right)r^2 - \left(6 + \frac{8\psi_3}{\psi_2} + \frac{\psi_5}{k^2\psi_2} + \frac{4\psi_4}{k^2\psi_2}\right)r + \frac{2\psi_1}{k^2\psi_2} = 0 \dots (16)$$

の4根である。次に (1) より

$$\sigma_x = \phi_{,yy} = \partial^2 Fe / \partial y^2 + (g_{,yy}f + 2g_y f' + g f'') \text{ etc.}$$

をつくつて (10) (11) (12) の中の ϕ の微係数を求め $\delta\phi, \delta\phi_y, \delta\phi_x$ には (5) を用い $\delta f(0) \delta f'(0)$ が任意であることを考えると、これら3式から $f(0) f'(0) f''(0) f'''(0)$ を含む4個の式をうる。例えば (12) より

$$k^2 \alpha_x f(0) + k^2 H x_3 f'(0) = \frac{-1}{kH^4} \int_0^{KH} \left(\frac{\partial^2 Fe}{\partial x \partial y} \right)_{y=0} g_x(x,0) dx \text{ etc. (17)}$$

のようである。式中 x は ψ と同様 k の多項式として計算せられ

$$x_2 = -k^4(1.52k^2 + 2.0k + 0.67)/2016$$

$$x_3 = k^4(1.52k^2 - 103k + 105.67)/5040$$

等である。この $f(0) \rightarrow f'''(0)$ を含む4式が (15) の中の常数 $C_1 \rightarrow C_4$ をきめるに役立つ。手続きを簡単にのべると

- 1) k に対する x の値を計算する
- 2) k に対する ψ の値を計算する
- 3) (16) よりこの ψ に対する r の4根を求める
- 4) (17) より求めた x に応ずる $f(0) \dots f'''(0)$ を解く
- 5) (15) より $f(0), f'(0) \dots f'''(0)$ をつくと c_1, \dots, c_4 に対する連立方程式をうべく、上の4)でわかっている $f(0) \dots f'''(0)$ を用いて係数 c を求める

6) かくて (15) の $f(y)$ がわかり (1) (6) よりこの場合の応力函数が知れるわけである。

底部 ($y=0$) に沿う応力を求めるだけなら c_i を求める必要はない。 $f(0) \dots f'''(0)$ だけで間に合う。

例) Lévy によると w を流体の単位重量として

$$F_e = \frac{wx^2}{2k^2}(H-y) + \frac{wy^2}{6}(y-3H) - \frac{wx^3}{3k^2}$$

これに対する底部 ($y=0$) での応力は

$$\sigma_y = wH \left(1 - \frac{2x}{H} + Hf(0) \left[B + A \left(\frac{x}{H} \right) + \left(\frac{x}{H} \right)^2 + \left(\frac{x}{H} \right)^3 \right] \right)$$

$$\tau = wH \left(\frac{x}{H} - Hf(0) \left[\frac{1}{2} \left(\frac{x}{H} \right)^4 + \frac{1}{3} \left(\frac{x}{H} \right)^3 - B \left(\frac{x}{H} \right) \right] \right)$$

$$-H^2 f'(0) \left[B \left(\frac{x}{H} \right) + \frac{A}{2} \left(\frac{x}{H} \right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{x}{H} \right)^3 + \frac{1}{4} \left(\frac{x}{H} \right)^4 \right]$$

$k=1, \nu=0$ のとき

図-2 (a)

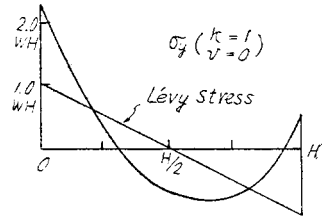
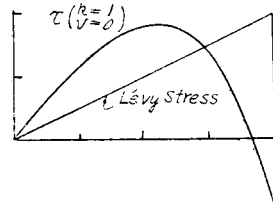


図-2 (b)



$$A = -1.90 \quad B = 11/30$$

$$f(0) = 3.3770 w \quad f'(0)H = 0.08928 w$$

である。これを 図-2 (a), (b) に示す。

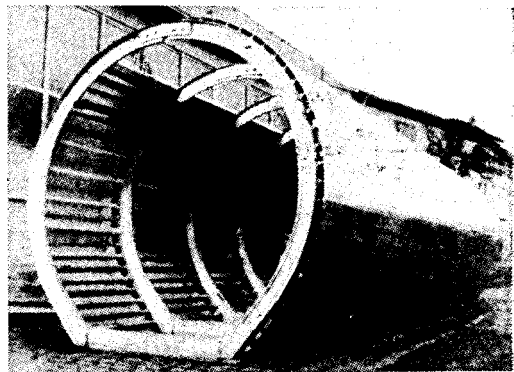
(東大理工学研究所 山口柏樹)

スイスにおけるトンネル用アルミ合金製型枠について

“Swiss Trying out Aluminum Tunnel Forms”
Construction Methods and Equipment,
Feb. 1955, p. 124.

現在スイスにおいては、マルモレラダム (Marmore ra dam アースダムで高さ 84 m, 底巾 400 m で、川床にある Moraine—氷河堆積土砂—) を使用して施工中) の建設による貴重な経験にもとづき、数箇所のトンネルコンクリート巻立工事にアルミニウム製型枠

図-1



を使用している。

アルミニウムは木、鋼材に比して非常に軽量であるため、組立、解体の労力および時間を短縮することができる。報告によると、アルミニウム製型枠の表面は油を塗布し、取外しは容易で、繰返して使用することができる。

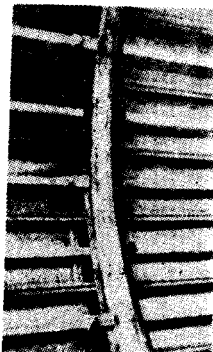
この新しい型枠はスイスの Lausanne-Ouchy の Societé Anonyme pour L'Industrie de L'Aluminium の援助のもとに、チューリッヒの Arbert Aeberli により造られたもので、Aeberli-AIG "Shuttering"—鍍戸式型枠の意——と呼ばれている。

型枠はアルミニウム合金 ("Anti-corodal B") 製の軽量幕板と支持環 (Supportingring) とからできている。幕板はリブ付で、extrusion press によつて製造される。組立の際には、このリブを内側にして円筒状に建込まれる (この外部表面は特に平滑に造られている)。そしてこの円筒は環状部材により適当な間隔で車強し容易に組立、解体することができる。

上述のごとき形状になるように幕板は造られているので、幕板を下からだんだんに建込んでゆくと、所要の断面の円筒状となり、幕板のリブ縁間をリベット、マルチあるいは円錐形のピンにより締付ける。

二つまたはそれ以上の幕板は両側を接合させて一つの大い幕板にすることもできる。例えば、コンクリー、巻立をすべきトンネル内径が 8 ft のときには、16~8 個あれば十分である。次に支持環は彎曲せる所要の断面の軽金属で造られ、両端相接して完全なる円形を

図-2



なす。以上のごとくなので、この型枠は容易に解体できる。ある断面の場合には、ヒンジにより接合することもできる。

アルミニウム製幕板は長さ 16 ft (4.88 m)、巾 16 in (0.47 m) で、一断面にウェブが 3 本ついている。トンネル工事には、支持環は T 型断面のものを使用し、普通約 1 yd (0.91 m) 間隔で取付ける。

しかし、この間隔は必要に応じて変化するものである。支持環は幕板の接合部に取付けるように配置することが好ましい。幕板は鍵 (Key) または楔によつて環にしっかりと取付けられるが、解体するときには、ハンマーまたは木槌により楔をたたくと簡単に外れる。幕板のリブは補強というよりはむしろ止め楔 (retaining wedge) のガイドレールとして利用できるような形状になっている。

型枠の細部について

図-3 の左図は 2 枚の幕板を示すもので、①はその断面、②③はリブで、④、⑤で厚くなっている。この厚くなっている部分 (すなわち脚部) は楔⑥のガイドレールの役目をする。中央部材 (centering piece) は⑦で示すとおりである。

図-3 右上図は幕板と支持環との接合を示すもので、⑧は環の断面であり、⑨なる大きな頭部すなわちフランジつきである。またフランジの内側は⑩のごとくテーパがついており、長手方向に⑪なる溝が切つてある。中央部材⑦の突起部分⑫は幕板①のリブにしっかりと固定されており、長手方向の溝⑬に挿入される。また⑭の突起はフランジ⑮の両縁の止め (Stop) の役目をなし、中心が正確に求められるようになっている。リブ②のフランジ④には、移動可能な⑥、⑯なる 2 つの楔が配置されており、楔⑥は 図-3 左図にその正

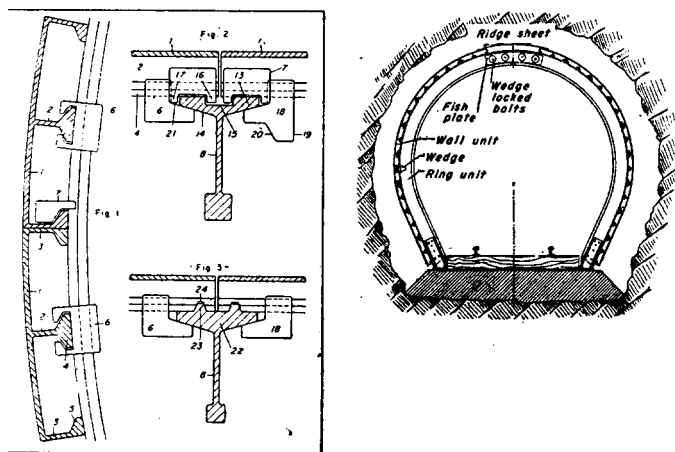
面を示してある。楔⑯には突起部⑰がついており、例えば⑱の面をハンマーでたたくと外れるようになっている。

支持環に幕板を確実にとめるために、まず支持環は中央部材⑦にかみ合わせ、次に 2 つの楔をフランジ⑮にハンマーで打込む。これによつて、楔の傾斜面⑱を押し、完全に接合される。

図-3 の右下図は中央部材⑦の省略された改良型を示すものである。長手方向の溝の代りに、支持環⑧のフランジ⑮に 2 つの⑲なるリブが設けられており、幕板①の⑲なる溝に挿入される。楔⑥、⑯は右上図の場合と同様である。

図-3 右上図における断面形の幕板

図-3



を使用する代りに、リブのたくさんついた幕板も使用することができる。

コンクリート巻立の前に、まず底部コンクリートをトンネルの床に打設する。これは基礎として、またアルミニウム型枠のガイドとしての役目をはたす。

次に2つまたはそれ以上の支持環が組立られ、トンネル両側の基底部に一つまたは二つの幕板をとりつける。

コンクリートは幕板とトンネル岩盤壁の間に打たれる。その際、もし必要とあればパイプレーターを使用してもよい。

コンクリートが次第に打上ってくるにつれて幕板をつぎつぎに取り付けてゆき、トンネル頂部 (Crown) において、完成するわけである。

解体は止め楔をハンマーでたたくだけで、楔ははずれ、環を取外し、幕板を順次バラせばよい。型枠が古くなつても、アルミニウムがコンクリート中のアルカリ性によつて腐食するような危険性は全然ない。

Lausanne Société Anonyme pour l'Industrie de l'Aluminium はこれに多大の技術的援助を与えてきたが、その実行計画と所要時間について次のような実績を報告している。すなわち、アルミニウム型枠を使用した作業員は建込、組外し、清掃、グリース塗布において、木や鋼製型枠で同じ条件の仕事をする場合に比して、その所要時間は1/2以下でよい。またコンクリートの表面は非常に満足すべきものである。

(建設技術研究所 梅田昌郎)

波の作用により構造物をこえる流れ

“Flow Over Reefs and Structures by Wave Action”

by Oswald Sibul

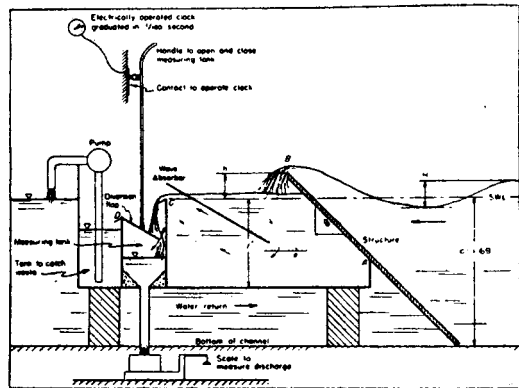
Transaction American Geophysical Union, Feb. 1955.

緒論 不透過性の様な勾配をもつ、頂部巾の0である暗礁あるいは構造物の上を波の作用によつて越える水量を頂部の高さをいろいろに変えて測定したものである。海岸堤防の設計築造にあたって経済的で安全な高さをどれくらいにするかは一番大きな問題であり、海岸防護の基礎的な知識を提供しようとして行われたものである。実験は傾斜を1/2と1/3とし、面は粗滑兩者について行い、波の steepness H/L および relative depth d/L を媒介変数にとり、越流量の無次元形 QT/H^2 を頂部の相対的な高さ h/H の函数として整理してある。

実験装置並びに実験方法 巾1ft、深さ3ft、長さ60ftのガラス張り水槽の一端に flatter 型の波起しを

取りつけ、周期 $T=0.4\sim 2$ sec、最大波高 $H_{max}=0.5$ ft、水深 $d=1.69$ ft とした。模型は波起しから大体45ftのところを置き図-1に示したような構造とし、

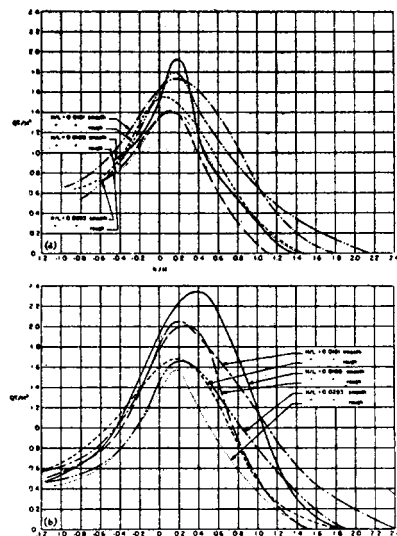
図-1 装置図



傾斜、頂部高を適当に変えうるようにし、かつ流量測定装置に工夫をほどこし、時計の最小目盛は0.01 secである。また斜面は平滑なアルミ板を用い、粗面にするには、これに横方向に細長い棧をとりつけた。これに等価な砂の粗さは平滑面で0.036ft、粗面で0.13ftであることがわかった。波高は抵抗線波高計によつた。また頂部高 $\pm h$ は $-H$ (波高) から0.05ftまで変化させた。

実験結果 次元的な考察を加えると、次の関係をう

図-2 d/L が一定のときの越流量と頂部高さの関係



$d=1.69$ ft, $T=1.25$ sec, $L=7.17$ ft,
 $d/L=0.236$

(a) $\theta=1:2$ (b) $\theta=1:3$

る。 $QT/H^2 = f(h/H; d/L; H/L; B/H; K/H; \theta)$

ここに Q : 単位巾当りの越流量, L : 波長, H : 波高, T : 周期, H : 静水面よりの頂部高さ, B : 頂部巾, K : 等価砂粗度, θ : 傾斜角, であるが, この実験では $B=0$ とした。これらの諸量の影響を示すために得られた結果の一例として

$d/L =$ 一定とした場合を図示したのが 図-2 である。

(1) h/H の影響 越流量の最大になるのは静水面より若干上 ($h/H \approx 0.2$) にあることがわかる。これよりも h/H の値が小さくなると減ずるが, これはもちろん斜面の両側の水位が等しいときのみ成立する条件であることに注意する。また面の粗さは流量にかなり影響があり, 流量最大の付近では粗面では平滑面よりも大体 20% 少なく, h/H が大きくなると, この減少率はもつと大きくなる。 h/H が負になると大した差異は認められず, かえって反対になっているが, これは粗面の方が水の戻り流れを妨げることが大きいからと考えられる。

(2) d/L の影響 浅水での波の steepness は d/L によつて変化し, $(H/L)_{\text{critical}} = 0.140 \tanh 2\pi d/L$ になると碎ける。碎波では水の輸送量がいちじるしく大きくなるので, 碎波点の位置が越流量に及ぼす影響は重要である。すなわち波が構造物の先端付近で碎けるときには流量が大きく, 他方下端付近で碎けるとかなりのエネルギーが失われて流量は比較的小さかつた。

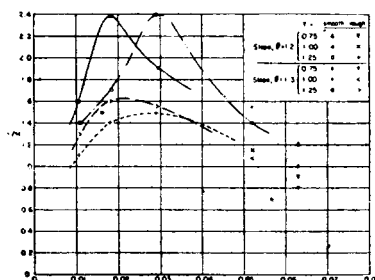
(3) H/L の影響 d/L が一定のときの最大越流量は一般に steepness が小さいほど大きくなる傾向がある。ある波では限界の steepness があるようであるが, さらに多数の資料を得て検討する必要がある。

(4) 勾配の影響 1/3 の方が 1/2 よりも条件が同じであれば流量が多い。

さらに上記の実験から得た結果を用いて, 波のかけ上り高さを示したのが 図-3 である。かけ上りが最大になるある限界の steepness が存在し, この値は同じ周期の波では傾斜 1/2 の場合の値の方が 1/3 の場合よりも大きい。また粗さも重要な関係をもっており, 平滑面では粗面よりも約 30% 余計に上る。

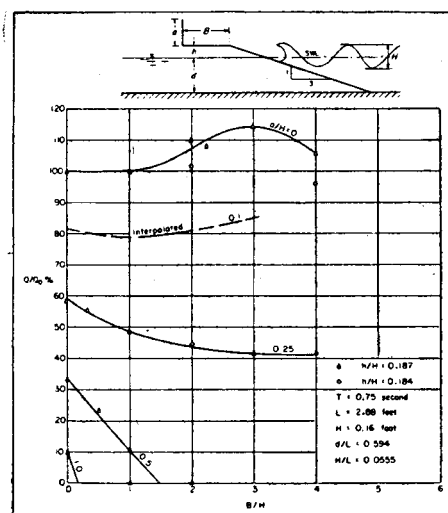
討議 なお S.W. Yuan は B が 0 でなく, かつ胸壁の存在する場合について実験を行っている。ただし斜

図-3 傾斜面かけ上り高さ h/H と波の Steepness の関係



面は 1/3, 前記の実験で越流量が大きくなった $h/H = 0.187; 0.184$ に頂部を位置せしめ, 比較的粗つた波をあてて実験を行った結果を図-4 に示す。基準にと

図-4 越流量におよぼす頂部巾および胸壁の影響



つた Q_0 は $a/H=0, B/H=0$ のときの越流量であつて, $a/H=0$ の曲線では $B/H=3$ になると 15% 大きくなる。胸壁の高さが波高の数分の一の程度でも越流量をいちじるしく減少しうることがわかる。また胸壁の取り付け位置は海岸の縁よりも陸側に設けた方がその効果は大きい。これは頂部巾の部分に水が投げ出されても, そこが緩衝箇所となるからである。

(東京大学工学部 堀川清司)