

文献調査委員会

イギリスの新しいパイプ工場  
*Concrete Building & Concrete Products*/大塩 明  
 管内の乱流の理論解  
*La Houille Blanche*/馬場 洋二  
 干渉縞の実験海洋学への応用  
*Jour. of Marine Research*/渡辺 晃  
 計画技法の現段階  
*Proc. of A.S.C.E., UP*/小浪 博英

イギリスの新しいパイプ工場

“Concrete Pipes : Extension of a  
 Leicestershire Pipe Works”

*Concrete Building & Concrete Products*

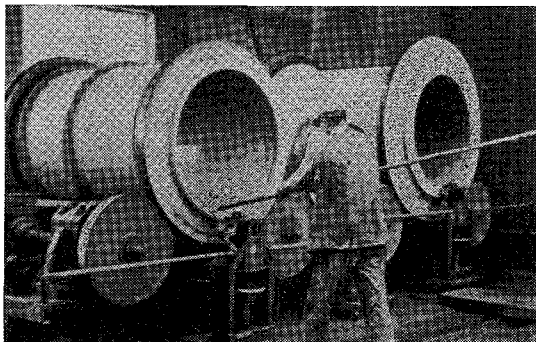
Vol. XLIV, No. 8, pp. 139~142, August (1969)

イギリスの Leicester にあるパイプ工場の紹介である。この工場でのパイプの製造方法は、dry-spinning process であり、その生産能力は週 1200 t で、最大径 2.1 m までの種々の大きさのパイプを製造している。

(1) パイプの遠心力成形機

パイプの成形機は写真-1に見られるように3個の型わくを同時に回転することができる。この3個のパイプの直径の範囲は 1.1~1.4 m と 0.6~0.9 m と 0.9~1.2 m である。パイプの長さはすべて 1.8 m である。この新しい機械は水力で動く。百馬力の電気モーターが出力ポンプを動かして水力モーター (hydraulic motor) に液体を循環させる。さらにこの水力モーターが型わくがのっているシャフトを回転する。水力変速機によりシャフトの回転を加速したり減速したりする。

写真-1 パイプの遠心力成形機



(2) コンクリート

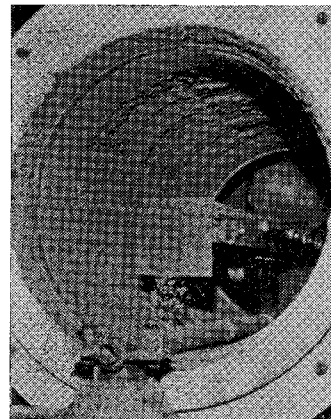
dry-spinning process で造るパイプ用コンクリートの性質は写真-2に見られるようにあらあらしい。使用骨材は、花こう岩の砕石と砕砂からなり、その大きさは、12 mm と 10 mm と 3 mm以下の不連続粒度である。

コンクリートの配合は 写真-2 遠心力成形パイプ用  
 コンクリート  
 1 m<sup>3</sup> 当り、12 mm 骨材  
 435 kg, 10 mm 骨材 275  
 kg, 砂 385 kg, セメント  
 355 kg, 水セメント比 32  
 % である。



これらコンクリート材料は自動的に計量され、ミキシングされる。練り上ったコンクリートはベルトコンベヤーによりパイプ成形機まで運ばれる。このコンクリートはいったんホッパーに移され、このホッパーの下から突き出た伸縮自在のコンベヤーから写真-3に見られるようにパイプの型わくにコンクリートが供給される。

写真-3 遠心力によるパイプの成形状況



(3) 遠心成形行程

鉄筋かごをセットした型わくは成形機のローラーの上にはフリーの状態で見られる。伸縮自在コンベヤー (写真-3) から型わくにコンクリートが投入されている間、これら型わくは外周速度約 6.6 m/sec で回転すると同時に、コンクリートを均一に混ぜるためにカムシャフトにより衝撃を与えている。コンクリートの型わくへの充てんが終了すると型わくの震動は止まり、回転が続けられる。パイプ内部表面は型わくの底部にあるローラーにより滑めらかに仕上げられる。

その後このローラーは除去され高速回転に移る。この行程でコンクリート中の余分な水はしぼり出され、終局

的には 32% あった水セメント比が約 24% になる。

高速回転での外周速度は約 26.4 m/sec で、この速度はもっとも大きな型わくで約 260 rpm に、もっとも小さな型わくで約 450 rpm に相当する。この高速回転を 10 分から 30 分続けて締め固める。

#### (4) 養生

遠心成形が終了すると 3 個の型わくはリフトで持ち上げられ蒸気養生室に運ばれる。

この工場では蒸気圧 7.0 kg/cm<sup>2</sup> の蒸気を発生させているが、コンクリートの蒸気養生には 1.4 kg/cm<sup>2</sup> の飽和蒸気圧に低下して使用している。

最大養生時間は 4.5 時間である。

(委員 大塩 明・訳)

### 管内の乱流の理論解

“Analytical Solution for Turbulent Flow in Pipes”

Zagustin, A. and Zagustin, K.

La Houille Blanche, No. 2, pp. 113~118 (1969)

#### (1) 概要

管内の乱流の流速分布について、多くの論文が出されているが、それらの大部分は混合距離について経験的な仮定を設けている。

この論文では新しく、乱れの pulsation energy のつり合いに関する方程式を採用したことが特徴である。こうして得られた解の特性は、解がカルマン定数にのみ関係することであり、また得られた混合距離、流速および渦粘性の分布は、いずれも実験値によく一致する。

#### (2) 応力関係

円柱座標系における乱流のナビアーストークスの方程式は

$$\frac{1}{r} \cdot \frac{d}{dr} \left[ (\mu + A_r) r \frac{du}{dr} \right] + h = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここに  $u$  は、半径  $r$  の地点における主流流速、 $\mu$  は粘性係数、 $A_r$  はブシネスクの見かけの粘性係数で、プラントルの混合距離の理念に従えば  $A_r = \rho l^2 \left( \frac{du}{dr} \right)$  と表わされる。 $\rho$  は流体密度、 $l$  は混合距離である。 $h$  は管路に沿う圧力勾配で  $h = |dp/dx|$  である。

#### (3) Pulsation の運動エネルギー

乱流運動による流れの pulsation の運動エネルギー  $E'$  は

$$E' \approx \rho u'^2 \sim \rho l^2 \left( \frac{du}{dr} \right)^2 \quad \therefore E' = c \rho l^2 \left( \frac{du}{dr} \right)^2$$

.....(2)

のように仮定できるであろう。ここに  $u'$  は変動速度、 $c$  は比例定数である。

#### (4) Pulsation energy のバランス

閉曲面  $S$  で囲まれた体積  $V$  の流体塊の中でのエネルギーのバランスを考える。表面  $S$  上の任意の微小面積を通して行なわれるその面の法線  $\vec{n}$  の方向の乱れエネルギーの輸送は、微小面積の両側における混合距離の違いによってなされるもので、それを全体の  $S$  を通じて行なわれる輸送量の形で書くと  $\frac{1}{a} \iint_S (\text{grad } l, \vec{n}) dS$  である。ただし  $a$  は流れの性質 (乱れの強さ) に起因する係数と考える。一方その流体塊の中において、乱れの pulsation の運動エネルギーの損失の割合は  $\iiint_V E' dV$  であるから、両者を等置した次式がエネルギーのつり合い式である。

$$\iint_S (\text{grad } l, \vec{n}) dS + a \iiint_V E' dV = 0 \quad \dots\dots(3)$$

上式を少し変形後、円柱座標にもどすと式(4)となる。

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( r \frac{dl}{dr} \right) + a E' = 0 \quad \dots\dots\dots(4)$$

#### (5) 解

考えているシステムの基礎方程式は式 (1), (2), (4) および連続式である。

まず式 (1) を  $r=0$  (管の中心) で  $du/dr=0$  という境界条件で一回積分すると式 (5) を得、さらにこれを式 (4) に用いて 2 回積分することによって、管内の混合距離の分布式 (6) を得る。

$$\rho l^2 (du/dr)^2 = hr/2 \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$l = l_0 [1 - (r/r_0)^2] \quad \dots\dots\dots(6)$$

ただし  $l_0 = achr_0^3/18$  である。式 (6) を式 (5) に用い、符号を考慮して無次元化すれば

$$\frac{d(u/v_*)}{d(r/r_0)} = -\frac{r_0}{l_0} \cdot \frac{\sqrt{(r/r_0)}}{1 - (r/r_0)^2} \quad \dots\dots\dots(7)$$

を得る。 $v_* = \sqrt{hr_0/2\rho}$  は摩擦速度である。

一方  $\int \sqrt{\xi}/(1-\xi^2) \cdot d\xi = (2/3) \tanh^{-1} \xi^{3/2}$  であることを利用して式 (7) を積分すれば、中心線流速を  $U$  として

$$(U-u)v_* = (2/3)(r_0/l_0) \tanh^{-1}(r/r_0)^{3/2}$$

の関係を得る。ところでカルマン定数  $\kappa = |dl/dr|_{r=r_0}$  であるから、式 (6) より  $\kappa = 3l_0/r_0$  を得る。 $\kappa$  の実験定数として 0.4 を用いると

$$(U-u)v_* = 5.0 \tanh^{-1}(r/r_0)^{3/2} \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$l = (\kappa/3)r_0 [1 - (r/r_0)^2] \quad \dots\dots\dots(9)$$

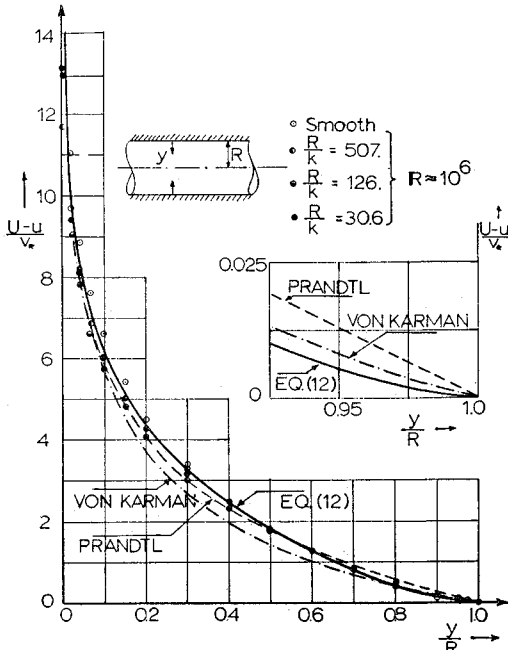
式 (8), (9) はそれぞれ管内の流速および混合距離の

分布を示すものである。

(6) 結果の検討

式(8)は、層流底層の厚さ  $\delta$  の領域を除く全領域で成り立つ法則と考えられ、シュリヒティング著境界層理論に収録されているニクラゼの実験結果と比較したのが 図-1 である。

図-1



また壁面近くでは  $y=r_0-r$  とおいて逆双曲線関数部分を級数展開してやることによって、次のプラントルの式が得られる。

$$(U-u)/v_* = (1/\kappa) \ln(r_0/y)$$

中心線付近では級数展開してやれば、

$$(U-u)/v_* = 5.0(r/r_0)^{3/2}$$

を得る。これはダルシーの求めた実験式とよく一致する。

他方式(9)では、壁面付近を考慮して上と同様な展開により  $l = \kappa y$  を得る。

図-2

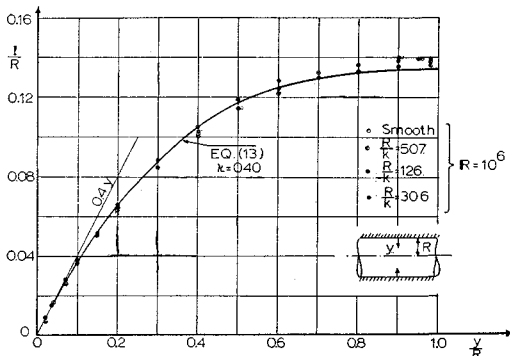


図-2 は、混合距離をニクラゼの実験結果と比較したものである。

(7) 結論

本解法は、乱れの pulsation energy のバランスという考えより発展したものであるが、最終的な方程式を求めるまでに、経験的仮定をほとんど要しないことが、いままでの他の論文と異なる。実験結果とよく一致する原因のひとつは、実験定数  $\kappa$  だけ 1 つを与えてやればよいということである。事実  $\kappa=0.40$  の代りに、0.395 あるいは 0.39 を使うと実験結果をさらによく説明できる。

最後に、この考えは他の分野にもすぐ応用ができる。

(委員 馬場 洋二・訳)

干渉縞の実験海洋学への応用

“The Use of Moire Fringes in Laboratory Oceanography”

James Baker, Jr. D.

Jour. of Marine Research, Vol. 27, No. 3,

pp. 361~365, September (1969)

濃度勾配の敏速で簡単な可視化と定量的な測定に有効で、しかも安価な波紋状干渉縞の技術について説明する。

この方法は講義や実験において、地球物理学的現象を明確に表示するのに便利である。他の分野では良く知られた技術で、種々の海洋学的現象にもある程度応用されてきたけれども、地球物理学の研究や講義には完全には利用されておらず、もっと広範囲に利用する価値がある。

この手法に対する詳細な説明や、種々の誤差の補正については、Oster 他 (1964) や Van Oss (1964) らによって議論されている。これらの文献には、この本来簡単な技術の利用法が概説されており、温度傾度の維持と乱流混合過程に関連した種々の実験に対する典型的な装置によって得られた写真も示されている。

波紋状干渉縞は、水槽の両側におかれた二つの格子に

図-1 実験装置 (単位: cm)

干渉縞模様は 300 cm の距離から、300 mm 望遠レンズを用いて撮影される。格子は水槽の両側に密着している。

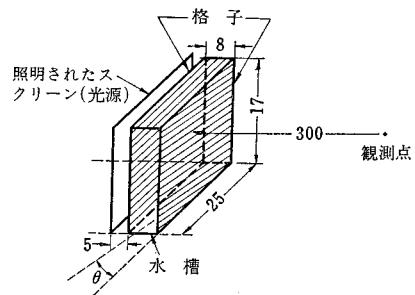
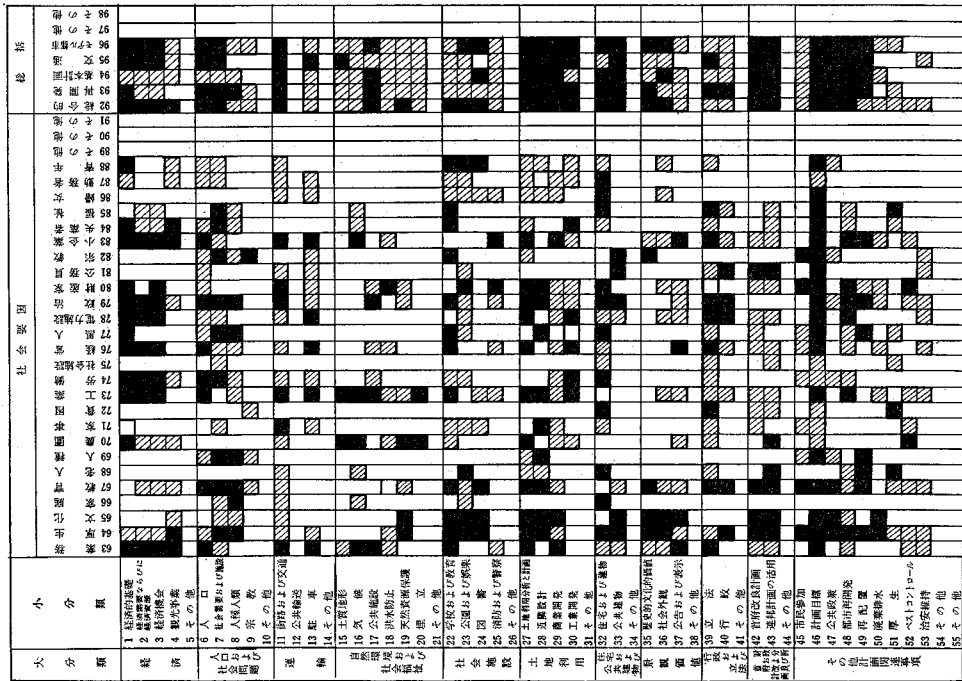


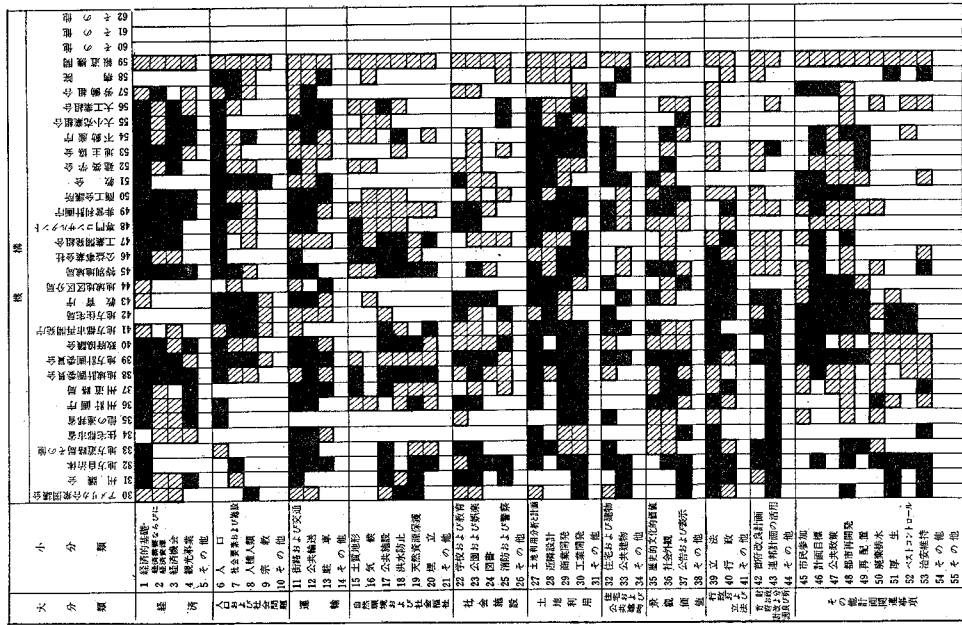


図-3 社会要素・総括関連表



(凡例) ■ 主要項  
▨ 2次的関連  
□ 関連性少ない

図-2 組織関連表



(凡例) ■ 主要項  
▨ 2次的関連  
□ 関連性少ない

または組織との関連性を3段階表示をもって示そうとしたものである。

- 1) 関連性をもったシステムまたは多くの分野の総合作業としてなされるべきである。
- 2) それは1人の作業ではなく、種々の専門家より構成されるチームワークである。
- 3) 作業は科学的でなければならない。

図-4には現在の技術で可能であると思われる最高水準での関連性と、実際の計画に表われている現実の関連の程度との比を表わそうとしたものである。これは計画の諸分野にわたって評価を下す際に有用ではあるが、実際の評価のためにはその評価水準、評価基準等を確立しなければならない。

次に、計画関連事項の決定とか問題点の解決に当る際の方法について触れてみる。それは、まず次の5段階に

