

# 文 献 抄 録

## 文献調査委員会

### 空港と都市の連絡

- (Proc. of A.S.C.E., AT)/齋藤 武久  
ミルウォーキー高速道路における交通事故の研究  
(Proc. of A.S.C.E., HW)/坂 叔男  
電子計算機のプログラムの開発法と利用法  
(Proc. of A.S.C.E., ST)/宮原 玄  
水工施設におけるプラスチック コンクリートの利用  
(水力建設—ソ連—)/青柳 征夫  
平面ひずみを受ける砂中の応力分布  
(Géotechnique)/江刺 靖行  
発電所の淡水放流による Berre 湖内の塩分濃度変化の実験  
(La Houille Blanche)/鹿島 遼一  
流体内の塩分濃度の拡散におよぼす波の影響  
(La Houille Blanche)/和田 明

### 空港と都市の連絡

“Airport Accessibility Affect Passenger Development”

Brown, J.F.

Jour. of A.S.C.E., AT Vol. 91, No. 1, April (1965)

最近の重要な報告に新しい空港を計画したり、また現在使用されている空港を廃止する場合に、空港と都市との接近の程度を考慮に入れなければならないということに指適したものがある。

この問題の重要性を正しく認識して、空港と都市との接近可能程度に関する多くの重要な事項の観察を促進させなければならない。

航空輸送の増加をはかるための、空港と都市間の接近可能程度の効果をはっきりと理解されていない理由はいろいろある。まず、

1) 接近可能程度について実験しても、有効な結果は得られないであろう。また接近可能性の程度が生産物の利用価値や価格にはっきり示されるような職業には有効であろうが、しかし市場に対する効果を試すためには、空港をある場所から他の場所へ移動させるなどということは、実際問題としてできないことである。

2) 航空輸送乗客数が急激に増加しており、このことが逆に市場の実情を知るための接近可能性の効果を不明確にしている傾向がある。この効果をあいまいにするもう1つの要素は、科学的研究の欠乏がこの問題に対する認識不足の結果を持たらしていることにある。しかし最近5年間(1959~1964年)に、市民にとって便利な

位置にある空港の航空輸送市場において、接近の効果を判断するために科学的方法の利用が増加している。

空港と都市との接近性と乗客数の変化を調査することは非常に複雑であり、これに関する資料の実質的で決定的な本体は「空港と都市との接近性は乗客の誘発にとって有効であり、その有効性は期待される方向に進んでおり、かつ実質的なものである」ということを見出すために蓄積されている。

ここに一例を上げてみると、カリフォルニア州にある21の空港を分析した結果、空港から0~10(16.1 km)マイルのベルト地帯の人口1000人に対する発生乗客数は、10~20(16.1~32.2 km)マイルのベルト地帯の発生数より多いことが判明した。また他の分析によって空港と都市が非常に離れている場合、その都市の交通量の約20%が減少することも明らかにされたし、空港と、都市間の距離が時間的にいって30分のものが1時間30分になると、50%に近い乗客が飛行機を利用しなくなるとも示されている。

空港と都市間の距離が遠くなった場合を、旅行者の立場に立って調査したところ、長距離旅行の場合には他の輸送形式は実用的ではないが、しかし時間的にも費用の点からも旅行のコストが増加することは確かだろうし、航空旅行が手紙や電話に置きかえられるとき、旅行の必要性について批判的になってくるという結果が出ている。したがって、空港と都市間の距離が離れても旅行者数に影響をおよぼさないだろうという直観的感情は正しくないということである。

空港が市場に対して接近しているならば乗客数を増加させる可能性を持っており、また、遠くに作られるならば乗客数は減少するという認識することは、非常に意義のあることである。

われわれの生活の様式や社会開発や、自然に対する防御に役立つような空港を建設しなくてはならないということは、国や社会に対する技術者の責任なのである。

(委員 齋藤武久)

### ミルウォーキー高速道路における交通事故の研究

“Traffic Accident Study on Milwaukee Expressway”

Lind, B.A. and Hong, H.

Proc. of A.S.C.E., HW Vol. 91, No. 1, pp. 25~47 January (1965)

交通事故に関するこの研究は、延長136 km(85マイルの)ミルウォーキー高速道路で、1962年の1月から1963年の10月まで行なわれた。この研究の目的は、いろいろな種類の交通事故と高速道路の線型要素との関係

を知ることにあった。第1に、事故の統計的解析が行なわれ、事故の種類と天候・舗装・光の状態などの関係が調べられた。また、事故の原因、物件の損傷、事故の分布なども調べられた。第2に、高速道路の幾何学的設計が事故の種類に関係があるものとして分析された。これら両者の相関関係を知るために、事故多発地点における事故が分析された。そして、本線、インターチェンジ、ランプと本線の接続地点、流入ランプなどの幾何学的要素が研究された。この研究の結果にもとづいて、高速道路の線型の改良と修正に対する示唆と勧告が提出された。得られた結論のいくつかはつぎのようなものである。

#### a) 幾何学的設計について

- 1) 幅員の不適当な2車線の流入ランプは側面衝突と関係がある。
- 2) 流入ランプの長さは事故と関係がない。しかし、200 m (70 ft) 以上のような長い流入ランプは、流入車線が1車線であるような場合には、低速運転を減らすのに効果がある。
- 3) 直接流入型や短テーパー型の加速車線は、衝突、特に追突と側面衝突を起こしやすい。長テーパー型のものにはこの点でよいものであり、特に流入交通が多い場合にそうである。
- 4) 2車線流出ランプのうちのいくつかは幅員が不十分であって、しばしば側面衝突の原因になっている。
- 5) 直接流出する減速車線は最も有効である。流出車の大部分の走行軌跡がそうになっているからであり、大部分の流出車は、交通量の多い場合をのぞいては長い減速車線の最初の1/3を使っていない。
- 6) 流出ランプに短かい凸の縦断曲線を使用するのは、他のどのような場合に比べても視距が少なく、追突の原因になる。
- 7) ランプのノーズは、流出入いづれのランプにおいても、どんな場合にも明瞭にマークしておくことが望ましい。
- 8) ウィービング部分の設計方法の改良が望ましい。現在の設計方法は、走行速度の点から見て非現実的である。
- 9) 接近した位置で左右に直接わかれる流出ランプのあるようなインターチェンジでは、かなりの混乱と、流出車相互の衝突が観測された。このような流出入ランプにはある程度の間隔をとることが望ましい。左右から流入するランプの加速車線についても同様である。
- 10) 本線と流入車線の接続点(ランプのノーズ付近)はインターチェンジに近づきつつある車の運転者に

見えるような位置におくことが望ましい。凸の縦断曲線の下り側の坂の下にあるようなランプのノーズは、坂の上に行くまでは見えないから最も不適当である。

- 11) また、本線とランプの接続点が交角 $3^\circ$ 以上のような大きな水平曲線の中にあるときは、本線とランプの曲線がひき起こす錯覚のために相当の混乱が観測された。
- 12) ランプの中に鋭い複合曲線があると、運転者は速度と方向をコントロールすることがむずかしく、この結果、固定物件に対する衝突事故が最も普通に見られる。
- 13) 視界、特に流出入点が十分にはっきり見えるように設計するために、視界に対する考え方の改善が必要である。水平および縦断曲線の視界に対する最も普通の考え方は視距の関数である。しかし、視距は、考えなければならない重要なファクターではあるが、それだけでは都市内の高速道路に十分な視界を与えるには十分ではない。運転者がどのくらい遠くまで見えるかということと同時に、いろいろな幾何学的要素(その高低、大小)の何が見え、何が見えないかということが、安全な視界を与えるために考えなければならない重要な点である。

#### b) 交通事故について

- 1) 流入ランプで最も多い事故は側面衝突である。追突がこれについている。
- 2) 高速道路の本線と流出ランプでは追突が最も多く、側面衝突がこれについている。
- 3) 天候にかかわらず、追突が最も多い。雪の日には側面衝突よりも固定物件に対する衝突が多いが、天気の良い日には逆である。
- 4) 固定物件に対する衝突は、路面に氷雪があるときには雪の日の2倍になる。
- 5) 雨の日の追突事故は、路面が濡れているときのわずかに1/2にすぎない。
- 6) 氷雪のある路面での事故の確率は、夜間におけるほうが日中におけるよりもわずかに高いにすぎない。
- 7) 雨で濡れている路面を走行する場合は、昼夜を問わず注意が必要である。このような場合の事故の確率は昼夜とも同様である。
- 8) 事故の最大の原因は十分な車頭間隔をとらない走行である。他の原因としては、事故の多い順にいて、過大なスピード、不当な追い越し、不注意な運転があげられる。

(委員 坪 叔男)

## 電子計算機のプログラムの 開発法と利用法

“Guide to Development and Use of Electronic Computer Program”  
Fenves, S.J.  
Proc. of A.S.C.E., ST Vol. 90, No. 6, pp. 1~  
34 December (1964)

この論文は S.J. Fenves 氏等数氏によって分担執筆され、4編に分かれているが、これらをまとめて抄録する。

電子計算機は土木工学の諸問題を解く道具として、数多くの計算センターで利用されているが、これらのセンターにおける電子計算機に対する理解の程度はまちまちである。そこで、電子計算機により高度な利用を行なうために、電子計算機の利用者が情報を相互交換を行なう目的で、“電子計算機のプログラムの開発および利用”に関する委員会が 1961 年 10 月に結成された。この論文はその委員会の報告書である。この報告書の目的は電子計算機と他の計算機との相違点を一般的に説明することであって、プログラム開発の手法を具体的に解説することではない。

プログラムを開発する場合、通常つぎの段階を経て行なわれる。

- 1) 立案：いかなる問題をいかなるデータについて計算し、いかなる結果を得たいかということを考える。
- 2) 解析：解析方法を決め、数値解析の方法を選択する。
- 3) プログラミング：計算の順序を図化する。すなわち、フローチャートを作成する。
- 4) コーディング：計算の内容を電子計算機の理解できる言語で書き表わす。
- 5) 検査：プログラムに論理的、数値解析の間違いがないか、またコーディングの段階に間違いはないかを調べる。
- 6) 使用説明書：完成したプログラムを使用者が理解しやすくするために、使用説明書を作成する。
- 7) テスト プログラム：正しい演算を行なっていることを確かめるために、テスト プログラムを作成する。

電子計算機で問題を解くためには、その問題をプログラムという形で電子計算機に理解させなければならない。また問題を伝達された電子計算機はその問題を処理し、その結果を人間に知らせなければならない。このよ

うな人間と電子計算機との意志伝達的手段として、つぎのような言語がある。

1) Machine Language : 電子計算機はそれぞれ独自の命令語を持っており、1個の命令語が1つの操作を意味している。

2) Symbolic Language : Machine Language は命令語が数字で表現されているために、人間が記憶しにくく、プログラムを開発する作業の能率が悪くなる。この不便をなくすために、Symbolic Language はそれぞれの命令語を記号で表現している。

3) Algebraic Language : Symbolic Language でも人間が普段問題を表現している言葉と比較すれば、原始的であり、言語としての水準は低い。Algebraic Language は人間の言語に近い電子計算機用言語として作られている(たとえば、FORTRAN や ALGOL は Algebraic Language である)。

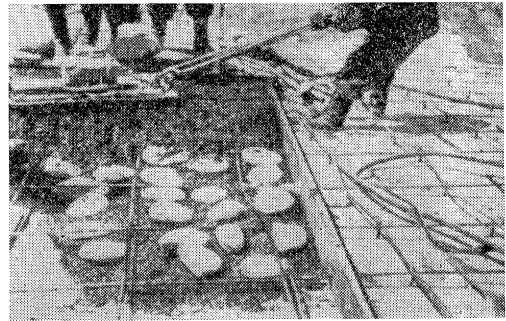
4) Problem-Oriented Language : 問題の内容を電子計算機に伝達するために、術語を使用した言語である(たとえば、MIT が中心になって開発した STRESS は Problem-Oriented Language である)。

プログラムの立案という作業は電子計算機のプログラムを開発する場合に重要な作業であるから、各計算センター間における相互協力が必要である。すなわち、プログラムを立案するとき、Input data と Output data の条件、解析法を決め、プログラムの使用可能範囲、完全性、一般性などについて考える。つぎにプログラミング作業を進める前に各計算センターの関係者によって、この案について綿密な検討を行なう。このようにして作成されたプログラムは各計算センターで重要なものとなり得る。

プログラムを作る場合、最初は手近に使用されている計算法を高速計算が行なえることを目標とする電子計算機のこのような使用法がまったく無意味であるとはいえないが、計算機的能力をあまり使わずに使用していても、新しい数学的手法を取り入れて、電子計算機を本質的に使用できるような構造物解析法を編み出して、プログラムを作成する必要があるし、また構造物の解析にとどまらず、設計が行なえるようなプログラムを開発しなくてはならない。電子計算機にできるだけ多くの作業をやらせるように一般性の高いプログラムを作るべきであるし、またプログラムは将来において変更と拡張が可能ないように融通性の高いものにするべきである。

(委員 宮原 玄)

写真—1 表面振動機によるプラスチック  
コンクリートの締め固め



## 水工施設におけるプラスチック コンクリートの利用

“Опыт Применения Пластобетон на Водозаборных Узлах”.

Канд техн. наук И.М. Елшин.

Гидротехническое Строительствево

(水力建設-ソ連-) pp. 31~34, 5月号 (1965)

山岳河川に位置するダムの余水路および水叩きは、洪水時の土石の流下によっていちじるしい損耗を受けることがある。従来、ソ連では磨耗が特にいちじるしいこれらの部分には、鋼材、石材あるいは木材などでライニングが行なわれていたが、これらのライニング材料は耐磨耗性、耐衝撃性、工費、施工の容易さなどの点で十分満足すべきものではなかった。本論文は、耐磨耗ライニング材料として有望視されているセメントの代りにプラスチック材料を用いるプラスチックコンクリートを若干の実際のダムに応用した施工報告である。

Сары-Курган ダムは、ウズベク共和国にあって、中央アジアでは土石の流下による余水路の磨耗が最もいちじるしいダムである。過去8年間の調査によれば、土石の年平均流量は 128 000 m<sup>3</sup> であり、流下石塊の平均粒径は 70 mm、最大粒径は 300 mm 以上であった。過去 15 年間の使用経験から従来用いられてきた耐磨耗材料はすべて不適當であることがわかったので、著者の指導の下に6水門区間のうち第一、第二水門区間の余水路 220 m<sup>2</sup> を厚さ 12~20 cm のプラスチックコンクリートでライニングすることになった。

プラスチックコンクリートの配合は、フルフロール・モノマー (φA) 200 kg/m<sup>3</sup>、粒径 5~20 mm の破砕粒を 56% ふくむ砂利 700 kg/m<sup>3</sup>、安山岩砕砂 1 450 kg/m<sup>3</sup>、硬化剤としてベンゼンスルホン酸 50 kg/m<sup>3</sup>、およびアセトン 5 kg/m<sup>3</sup> である。コンクリートは容量 250 l の2台の重力式ミキサーを用い、全材料投入後 8~10 分間練り混ぜた。上述の配合によるプラスチックコンクリートのスランプは 8~10 cm、また材令 28 日における立方体強度は 450 kg/cm<sup>2</sup> 程度であった。収縮ひびわれを減少させ、施工を行ないやすくするため、余水路を幅 1.5~2 m の帯状ブロックに分割し、φ12 mm の異形鉄筋を基礎に定着したスペーサーに溶接して網状に配置した。単位面積当りのモノマー (φA) の使用量を減少させ、発熱反応による収縮ひびわれを防ぐため、粒径 180~300 mm の粗石を埋込み、表面振動機および内部振動機を用いて締め固めを行なった (写真—1)。

プラスチックコンクリートライニングは過去3回の洪水期(2~3.5 ヶ月におよぶ)に土石の流下作用を受けたが、全体的に 0.5~2 cm、部分的に 4~6 cm 磨耗さ

れた程度で、耐磨耗性は十分満足すべきものであることが認められた。ただ、第一水門の下部で 19 m<sup>2</sup> の面積が基礎に達するまで破壊されたが、これはライニングの厚さが不十分で、基礎との付着も悪かったためであると考えられる。一方、高強度のセメントコンクリートで施工した部分は最初の洪水で完全に破壊されてしまった。

粗石を埋込んだプラスチックコンクリートのライニング 1 m<sup>2</sup> 当りの材料費はおよそ 7 000 円であるのに対し石板ライニングの工費は約 20 000 円、鑄鉄ライニングは 40 000 円程度であって、工費がいちじるしく節減された。今後は、ミキサの改良 (たとえば強制練りミキサの使用)、振動機の開発、プラスチックコンクリートのプレキャスト板の使用などについて研究する必要がある。

(委員 青柳征夫)

### 平面ひずみを受ける砂中の応力分布

“The Determination of Stress Fields During Plane Strain of a Sand Mass”

Arthur, J.R.F., James, R.G. and Roscoe, K.H.

Géotechnique Vol. 14, No. 4, December (1964)

平面ひずみを受ける模型砂槽の中に生ずる破壊前の砂の応力分布をX線の技術と、一面せん断試験とを用いて求め、さらにその結果を実物に用いる方法について述べた。

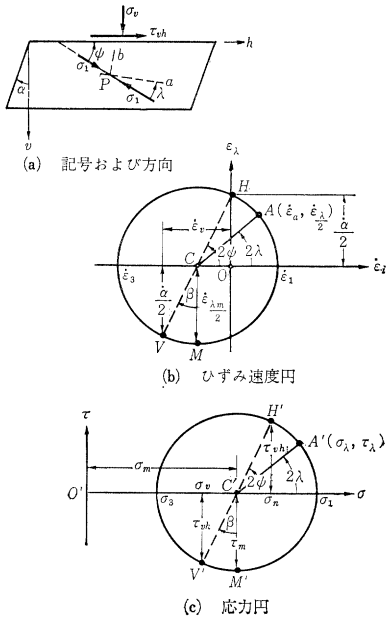
#### (1) SSA 試験の応力比 ( $\tau_m/\sigma_m$ ) と最大せん断ひずみ ( $\epsilon_{lm}$ )

一面せん断試験 (SSA 試験) から最大せん断応力 ( $\tau_m$ ) と最大垂直応力 ( $\sigma_m$ ) の比 ( $\tau_m/\sigma_m$ ) と  $\epsilon_{lm}$  の関係を求める方法は従来述べられてきたが、この関係を、X線で求めた砂中のひずみ分布から応力を求める方法に利用するためには、2つの実験において、つぎの関係が必要である。1) おのおのの応力とひずみの主軸の関係、

ここでは常に一致していると仮定する。2) 一面せん断試験のひずみと、模型土圧実験 (MEPA 実験) のひずみとの関係、ここでは両者の主ひずみの方向を求める。

SSA 試験の応力とひずみの解析は、応力とひずみの主軸の一致、さらに応力とひずみ速度の一致にもとづく。すなわち、一定ひずみ速度の SSA 試験 ( $\alpha$ : 一定) を行なうことによって 図-1 (b) に示すひずみ速度のモールの円が求められ、さらに応力とひずみの主軸が一致するという仮定からモールの応力円とひずみ速度円は幾何学的相似関係にあり 図-1 (c) が求められる。図-1 (b), (c) から

図-1 ひずみ速度と応力のモールの円



$$\frac{\tau_m}{\sigma_m} = \frac{\frac{\tau_{vh}}{\sigma_v} \sqrt{1 + \left(\frac{\dot{\epsilon}_v}{\dot{\alpha}}\right)^2}}{\left(1 + \frac{\tau_{vh}}{\sigma_v} \cdot \frac{\dot{\epsilon}_v}{\dot{\alpha}}\right)} \dots\dots\dots (1)$$

$$\epsilon_{\lambda m} = \int_0^t \sqrt{\dot{\alpha}^2 + \dot{\epsilon}_v^2} \cdot dt \dots\dots\dots (2)$$

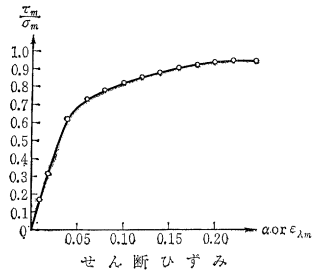
また水平せん断速度 ( $\dot{\epsilon}_v$ ) は  $\alpha$  の値によって変化するが、実験に用いた Leighton Buzzard の砂では  $\dot{\epsilon}_v \propto \dot{\alpha}$  であったので式 (2) から最大せん断ひずみ

$$\epsilon_{\lambda m} = \alpha \dots\dots\dots (3)$$

が求まる。

図-2 は初期間げき比 0.55 垂直力  $\sigma_v = 0.313 \text{ kg/cm}^2$  の SSA 試験の  $\tau_m/\sigma_m$  と  $\epsilon_{\lambda m} (= \alpha)$  の関係を示す。他の  $\sigma_v$  の場合も  $\epsilon_{\lambda m}$  に対する ( $\tau_m/\sigma_m$ ) の値が 図-3 の 10% 以内に入ったのでこの関係を以下の計算にも用いる。また、主応力軸 (主ひずみ軸) と  $\lambda$  の角度をなす

図-2 一面せん断試験 ( $\sigma_v = 0.313 \text{ kg/cm}^2$ ) の  $\tau_m/\sigma_m$  と ( $\alpha$  すなわち  $\epsilon_{\lambda m}$ ) との関係



面の応力比は

$$\left(\frac{\tau}{\sigma}\right)_\lambda = \frac{\frac{\tau_m}{\sigma_m} \sin 2\lambda}{1 - \frac{\tau_m}{\sigma_m} \cos 2\lambda} \dots\dots\dots (4)$$

で与えられる。

(2) 模型土圧実験によるひずみ分布の求め法

模型の土圧実験装置は 図-3 に示すごとく、2板のガラス版の間に取付けた壁 (15.2×15.2 m) を 0 のまわりに角  $\theta$  回転させ鉛玉を網目状に入れた砂槽にひずみを与えるものである。実験はこのとき生ずるモーメント ( $M$ ), 水平力 ( $H$ ), 垂直力 ( $V$ ) を測定し、壁に働く合力  $F$ , 0 から作用点までの距離 ( $d$ ), および、 $F$  の壁の垂線に対する角度 ( $\delta$ ) を求める。

また、レントゲン写真を壁の微小回転  $\delta\theta$  ごとに連続的に写し、これを重ね合わせて壁が  $\theta$  回転したときのひずみ  $\epsilon_x, \epsilon_z, \epsilon_{xz}$  を求める。この値から主ひずみの方向 ( $\psi$ ) と最大せん断ひずみ ( $\epsilon_{\lambda m}$ ) を求める。図-4 は  $\epsilon_{\lambda m}$  の分布状態を示す。

図-3 模型と圧縮装置

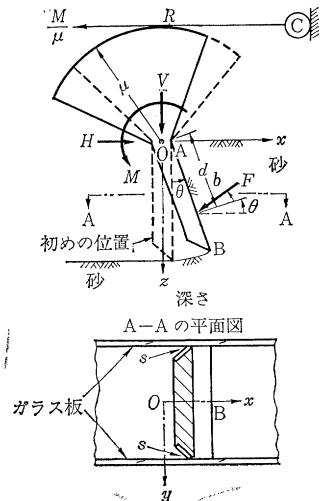
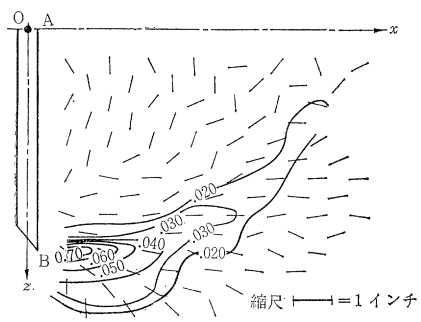


図-4  $\theta=0.023$ ,  $F=0.78 F_p$  の場合の最大せん断ひずみ  $\epsilon_{\lambda m}$  の等高線と主圧縮ひずみの方向



$$\tan 2\psi = \frac{\epsilon_{xz}}{\epsilon_x - \epsilon_z} \dots\dots\dots(5)$$

$$\epsilon_{\lambda m} = \sqrt{(\epsilon_x - \epsilon_z)^2 + \epsilon_{xz}^2} \dots\dots\dots(6)$$

(3) 土中のひずみ分布から応力分布を求める方法

模型土圧実験 (MEPA) で求めた  $\epsilon_{\lambda m}$  と SSA 試験で求めた  $(\tau_m/\sigma_m)$  と  $\epsilon_{\lambda m}$  との関係から MEPA の各網目の中心の  $\tau_m/\sigma_m$  が求まる。つぎに、式 (4) に  $\tau_m/\sigma_m$  と  $\lambda=\psi$  を代入し

$$\frac{\tau_{xz}}{\sigma_x} = \eta \dots\dots\dots(7a)$$

また、同様に  $\tau_m/\sigma_m$  と  $\lambda=(90^\circ+\psi)$  代入し

$$\frac{\tau_{zx}}{\sigma_z} = \xi \dots\dots\dots(7b)$$

を得る。さらに土の中の微小塊のつり合の方程式から、次式を得る。ただし  $X$  と  $Z$  は体力、

$$\frac{d\sigma_x}{dx} = \frac{X - \xi Z + \left( \frac{\eta}{\xi} \frac{d\xi}{dz} + \xi \frac{d\eta}{dx} \right) \sigma_x}{1 - \eta \xi} \dots\dots\dots(8a)$$

$$\frac{d\sigma_z}{dz} = \frac{Z - \eta X + \left( \frac{\xi}{\eta} \frac{d\eta}{dx} + \eta \frac{d\xi}{dz} \right) \sigma_z}{1 - \eta \xi} \dots\dots\dots(8b)$$

$d\eta/dx$ ,  $d\xi/dz$  は式 (7) から求められるゆえ  $d\sigma_x/dx$ ,  $d\sigma_z/dz$  は  $\sigma_x$ ,  $\sigma_z$  の項を有する式で表わされる。したがって任意の点  $(x_1, z_1)$  で  $\sigma_{x11}$ ,  $\sigma_{z11}$  がわかれば  $(d\sigma_x/dx)_{11}$ ,  $(d\sigma_z/dz)_{11}$  は計算され、 $(x_2, z_2)$  での  $\sigma_{x21}$  は式 (8a) の  $(d\sigma_x/dx)_{21}$  と

$$\sigma_{21} = \sigma_{x11} + \frac{1}{2} (x_2 - x_1) \left[ \left( \frac{d\sigma_x}{dx} \right)_{11} + \left( \frac{d\sigma_x}{dx} \right)_{21} \right]$$

から求められる。

$$\sigma_{x21} = \frac{\sigma_{x11} + \frac{1}{2} (x_2 - x_1) \left[ \left( \frac{d\sigma_x}{dx} \right)_{11} + \frac{X - \xi_{21} Z}{1 - \eta_{21} \xi_{21}} \right]}{1 - \frac{(x_2 - x_1)}{2(1 - \eta_{21} \xi_{21})} \left[ \frac{\eta_{21}}{\xi_{21}} \left( \frac{d\xi}{dz} \right)_{21} + \xi_{21} \left( \frac{d\eta}{dx} \right)_{21} \right]} \dots\dots\dots(9a)$$

$\sigma_{z21}$  は式 (7) と  $\eta_{21}$ ,  $\xi_{21}$  から求まる。同様に最初の点と  $dz$  離れた点  $(x_1, z_2)$  の  $\sigma_{z12}$  は次式から求まる。

$$\sigma_{z12} = \frac{\sigma_{z11} + \frac{1}{2} (z_2 - z_1) \left[ \left( \frac{d\sigma_z}{dz} \right)_{11} + \frac{Z - \eta_{12} X}{1 - \eta_{12} \xi_{12}} \right]}{1 - \frac{(z_2 - z_1)}{2(1 - \eta_{12} \xi_{12})} \left[ \frac{\xi_{12}}{\eta_{12}} \left( \frac{d\eta}{dx} \right)_{12} + \eta_{12} \left( \frac{d\xi}{dz} \right)_{12} \right]} \dots\dots\dots(9b)$$

(4) 模型実験結果の実物への適用

模型実験結果から実物の破壊時の力の下限值を求めるためには、総応力系=外力系+体力係と考えつぎの順に計算する。1) 模型実験の体力は  $\sigma_z = \tau z$ ,  $\sigma_x = K_0 r Z$ , ただし  $K_0$  は土圧係数  $\tau_{xz} = 0$ , 2) 模型の外力系=同総力系-同体力によって求める。3) 実物の外力系は相当する模型の位置の土圧の値に  $k$  を掛けて求める。 $k$  は位置に無関係に一定, 4) 実物の体力係は  $\sigma_z = \tau s z$ ,  $\sigma_x = K_0 r s z$ ,  $\tau_{xz} = 0$ , ただし  $s$  は長さの相似率。5) 3) と 4) で求めた値を加え合せ実物の総力係を求める。すなわち  $k$  の値を仮定し求めたすべての点の  $\tau_m$  とせん断抵抗力  $f(\sigma_m)$  の関係が  $\tau_m < f(\sigma_m)$  を満足するような  $k$  の値をトライアルに求める。この  $k$  の値を用い 3) の計算を再び行なって総力係を求める。他方、上限の値は模型実験の破壊力  $F_p^a$  を  $s$  倍して求める。

(委員 江刺 靖行)

密度流特集号

“Courant de Densité”,  
La Houille Blanche, No. 1, 1965

発電所の淡水放流による Berre 湖内の塩分濃度変化の実験

Étude sur modèle réduit des conséquences du déversement dans l'étang de Berre d'un débit d'eau douce détourné de la Durance”  
Daubert, A., Braconnot, P.

(1) 現況と問題

Berre 湖はフランス南部の地中海に面した Fos 湾と Caronte 水路によって結ばれる塩水湖である (図-1)。湖内の塩水濃度は一様かつ一定 (約 30%) で、年間の変動は 2~3% であって湖内にそそぐ Arc 川, Touloubre 川のもたらす淡水, かんがい網, 降水などは蒸発および潮汐にともなう Caronte 水路からの海水侵入によって相殺され, 平衡状態にある。また塩分の一様性は湖内に十分な混合が存在していることを示す。一方 Fos 湾における塩分濃度は 38.5% であって Caronte 水路内には潮汐にともなう移動するきわめて明確な塩水くさびが形成される (図-2)。現在 Berre 湖北岸の Saint-Chamas に水力発電所の建設が計画されている。この発電所は Rhône 川にそそぐ Durance 川の流量の

図-1

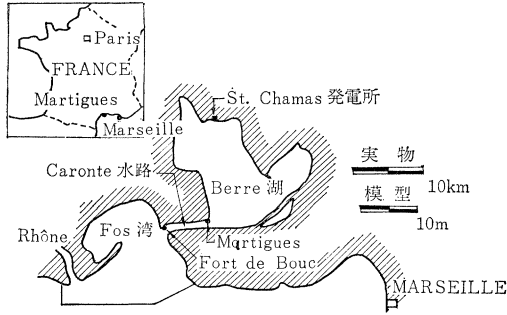
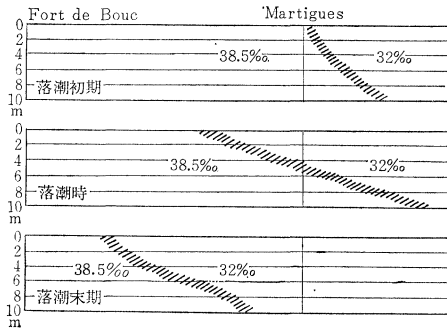


図-2 水路内の塩水くさび (1962年7月実測)



大きな部分を Berre 湖に放流することになる。潮汐による水路内の流量は  $600 \text{ m}^3/\text{sec}$  であり、発電所の放流量は年間平均  $100 \text{ m}^3/\text{sec}$  (夏季は事実上運転しない) であるから湖内の平衡状態の変化が予想される。この問題に対し、Laboratoire National d'Hydraulique で模型実験が行なわれた。

(2) 相似性および模型

再現すべき現象は2とありある。第1は混合現象であり、第2は流れである。湖内の混合相似化の困難は成層状態の場合および低濃度の塩水による湖内の充満(すなわち完全混合)の場合についてそれぞれ実験を行なうことによって避けた。水路内の成層流については Reynolds 数をあまり小さくしないという条件と境界面での現象をあまり変形しないという条件のもとで、内部 Froude 数を保つことによって再現できる。この場合模型をひざませても境界面での抵抗は再現可能である。

結局水平縮尺 1/750, 鉛直縮尺 1/100, 密度縮尺 1/1 とした。半日周潮の周期は約 10 分になる。模型範囲は奥行 50 m が限界であるので Berre 湖, Caronte 水路, Rhone から Carro 岬に至る Fos 湾である。水槽には微小な潮汐(平均潮差 1.5 mm)を発生し得る起潮機を備え、塩分濃度は伝導度により決定した。水温の効果は塩分による密度の調節に帰した。外海側の境界における交換は再現できないので、発電所放水量より多量の水を表面から排出し、超過排出した水と表面から排出した塩

分を底面から再供給して補正を行なった。

(3) 結果

実測によって Caronte 水路におけるデータが得られているので、それを用いてまず模型の検証を行なった。図-3 は現地スケールに換算した潮位、塩分および流速分布の実験値の一例である。実測と良い一致が見られ

図-3 模型の検証 (1963年3月13日~14日)

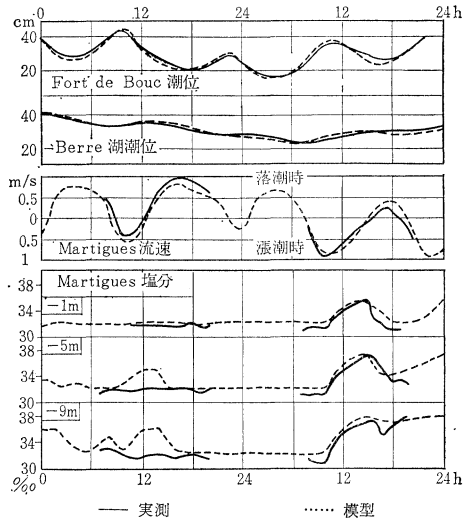


図-4 運転後1年間の Berre 湖内塩分分布 (模型)

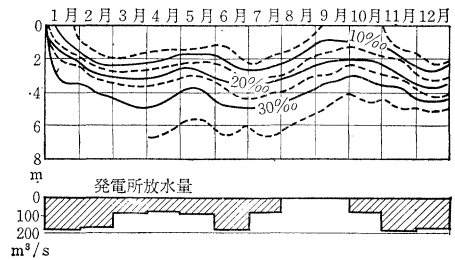
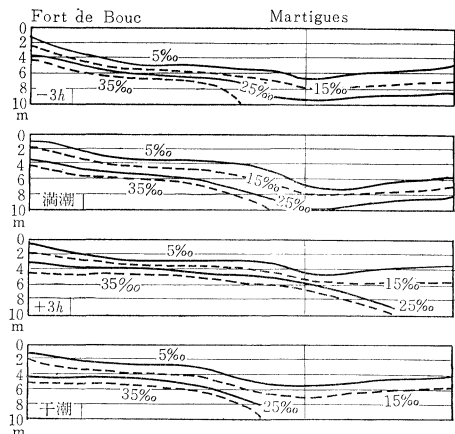


図-5 放水量  $300 \text{ m}^3/\text{sec}$  のときの水路内の塩分分布 (模型)



る。現況から出発し、放流を行なった結果、模型上では湖内に鮮明な成層を見た(図-4)。水路では潮汐とともに移動する塩水くさびが発生した(図-5)。この場合は湖内にいちじるしい混合のない場合に相当する。水路内の流れは湖内を成層状態でなく 25% または 15% に薄めた様な塩分濃度にした場合にも同じ様相を示した。この場合は湖内の完全混合に相当する。

(鹿島遼一)

### 流体内の塩分濃度の拡散 におよぼす波の影響

“Effet de la houle sinusoïdale sur la diffusion entre liquides de salinités différentes”  
Dauhert A. et J. C. Lehreton

波は全く異なった2つの方法によって水平境界面により分離された2層流体内の拡散に干渉することが可能である。すなわち、乱れの源が存在しているとき、分子拡散に乱れ拡散を重ね合わせることができる。さらに波の対流作用によって流体粒子の接近あるいは遠ざかることによる分子拡散または乱れ拡散を促進させることができる。流体内には乱れの源となるような領域が3つ存在している。1) 大気と流体の境界面(風によってひき起こされた波の砕けとか渦度)、2) 密度の異なる流体の2層境界面、3) 乱流状態となっている水底境界層である。速度  $V$  で流れている流体内の物質濃度の拡散方程式は、

$$\partial c / \partial t = \text{div} [\alpha \text{ grad } c - cV]$$

である。ここで、 $\alpha$ : 分子拡散係数 ( $10^{-5}$  cm<sup>2</sup>/sec 程度)  $V$ : 速度ベクトル。上式は任意の時間と空間において乱れの拡散効果を一定の係数によって特性づけようという仮定の下におかれているので、乱流状態の波に対しても適用できる。初期条件として  $t=0$  で

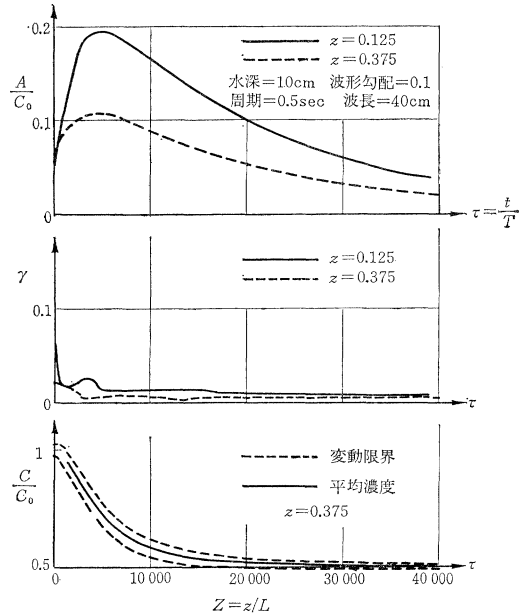
$$c=0; (0 \leq z \leq h_0), c=c_0; (h_0 \leq z \leq H)$$

また  $c$  は水底および自由表面を横切らないという境界条件から  $z=\eta s, H$  に対して  $dc/dn=0$  が成立する。濃度  $c$  を Fourier 級数展開で表示すると

$$c=c_0(z, t) + \sum c_n \cdot \cos nax + \sum c_n \sin nax$$

ここに、 $a=\pi/L, L$ : 波の半波長。  $\cos nax, \sin nax$  の項は濃度の空間変動を表わしている。最初の項  $c_0$  は波の波形勾配に関して少なくとも0のオーダーであるし他の項  $c_n, c_n'$  は1のオーダーである。上式で波の振幅

図-1



を0にしたとき静水中の塩分拡散側にならなければならぬ。したがって  $c_n, c_n'$  は波形勾配とともに0になる。解を求めるにあたって  $\cos nax, \sin nax$  の係数を0と1のオーダーのときに0におくと、つぎの2つの式系が導かれる。

$$\partial c_0 / \partial t - \alpha \cdot \partial^2 c_0 / \partial z^2 = 0$$

$$\partial c_1^* / \partial t - \alpha \cdot \partial^2 c_1^* / \partial z^2 + \alpha a^2 c_1^* = \omega_0 \cdot \partial c_0 / \partial z \cdot e^{-ibt}$$

$$(c_1^* = c_1' + ic_1'')$$

たとえば、重複波の場合について解を求めるとつぎの形になる。

$$c_0/c_0 = 1 - h_0/H - 2/\pi \cdot \sum \exp(-a^2 \pi^2 n^2 t/H^2) \cdot (1/n) \cdot \sin(n\pi h_0/H) \cdot \cos(n\pi z/H)$$

$$c_1 = \delta(t, z) \cos(\pi t/T) + \beta(t, z) \sin(\pi t/T) + r(t, z)$$

$$= A(t, z) \cdot \cos[(\pi/T)(t - \varphi(t, z))] + r(t, z)$$

ここに、 $T$ : 波の半周期。

濃度は空間変動の項と波に無関係な変動のない項をふくんでおり、波は拡散に対して本質的な2つの影響をおよぼすことを示している。その1つは周期の大きさによる影響であり、他の1つは、係数  $1/\alpha/L^2\pi^2$  なるオーダーのときとともに活発化させる影響である。このことは、風によってじゃっ起された短波長の出現があるとき拡散の度合がはげしいという Munk の考えを確かめるものである。(委員 和田 明)