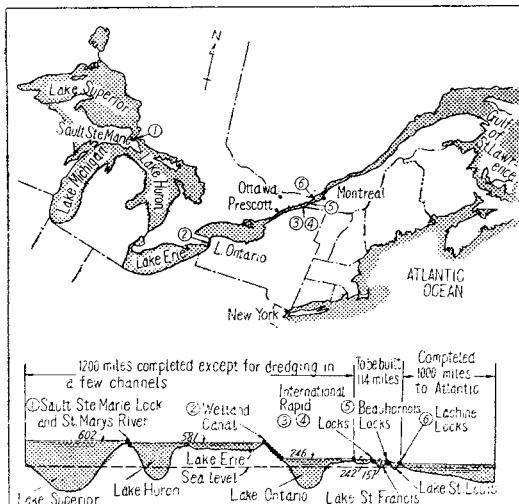


セントローレンス航路計画

カナダ大使館経済顧問 J.L. Mutter 氏提供

セントローレンス航路の計画、並びに水力開発計画はカナダとアメリカ合衆国とのを結ぶ計画であるが、これは土木工事の世界的に顕著な功績の一つであり、北アメリカ大陸に対し大いなる経済的影響を与えるとしている。この計画は図-1に見られるように、大西洋からセントローレンス河を遡つて多数の運河を経て 602 ft に達する落差を征服し、五大湖に至る航路を建設して、大西洋と北アメリカ大陸の心臓部とを直結し、同時にこれら運河の水を利用して水力開発をしようとするものである。16世紀の始め探検家の Jacques Cartier が大西洋から五大湖に達する航路を夢みてセントローレンス河を遡つたのであるが、落差による Lachine の急流によつてその勇途をはばまれて以来、人々はこの夢を実現せん

図-1

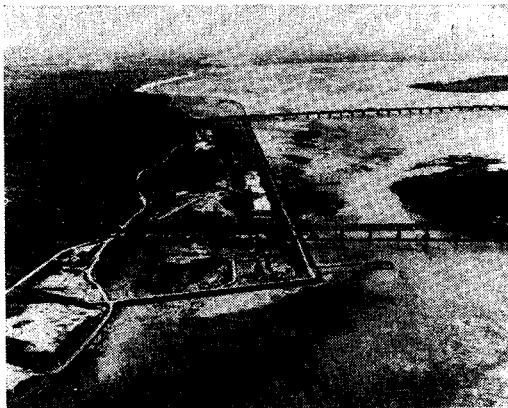


ものと共に努力を続けてきた。すなわち Montreal から Prescott, Ontario 湖を経て Erie 湖に至るまでのすべての運河を通じ 1800 年頃より、当初は 2.5~5 ft の深さの運河および水路が作られたのであるが、その後逐次深められ現在では 14 ft の深さを持ち、この範囲の船舶の航行を可能ならしめている。そして本計画により全域にわたり 27 ft の深さを持たしめるために障害となる前記 Montreal と Prescott との間の Lachine Canal, Beauharnois Canal, International Rapid 等の運河の改良およびナイagara瀑布をもつて代表される Ontario 湖と Erie 湖との間の Walland Canal の水路のしゆんせつを行い、大型船舶をそのまま五大湖へ航行させるというかねてからの夢が実現されることになつたのである。同時に現在 Beauharnois Canal においては 1500 000 HP の発電所が建設されているが、本計画の完成した暁には運河の拡大による水量の増加のため 2200 000 HP

以上の発電が可能であり、さらに Lachine Canal においても 1200 000 HP の発電が可能となるのである。しかしこれは 2 国にまたがる利水開発計画であり、また国立公園の範囲にくいこむため幾多の問題があり、なかなか双方の協議が行われなかつたのであるが、1951 年セントローレンス航路当局が法律によつて設立されることとなり、1954 年 7 月当局の人員も任命されてよいよ 8 月から工事が始められたのである。

写真-1 はセントローレンス河への入口の航空写真であり、現在掘削中の Jacques Cartier 橋と Victoria 橋

写真-1



との間の水路を示している。120 ft のクリアランスを保たしめるために Jacques Cartier 橋（写真手前の橋）の南端の橋脚は補強され、かつ道路は交通対ししならうの支障を与えることなく、ジャッキをもつてこう上されねばならない。なお 2 つの橋と隣接の水路との間には大きな公園が作られつつある。

写真-2 はオンタリオの水力電気委員会とニューヨーク州電力局によつて建設中の発電所の全貌であり、2200 000 HP の電力が見込まれている。4200 ft の Cofferdam が北の水路にまたがつており発電所の基礎工事の Dry work を可能ならしめている。

写真-2



(建設省道路局 萩池 三男)

## 駅前広場の改造—ドイツの Stuttgart の場合

“Replanning a Railroad Terminal Plaza”

Dornberg, John

The American City, pp 173-174, Feb., 1956

人口 52 万のシュツットガルト市の中央駅前には市の表玄関としての駅前広場が設けられていたが、最近の交通事情の逼迫に対応し、市費 60 万ドルを投じて大改造を実施した。駅前広場の新しい動向として注目すべき先例となろう。改造の必要となつた理由は要するにこの駅が dead-end station であるということであつた。すなわち都心に位置し、北西側と東街は交通量のきわめて多い幹線街路に直接し、シュロス庭園に隣接し、路面電車軌道 4 本（15 系統）が広場内に集中し、放射街路の焦点を形成してあらゆる交通の交さく点となつてゐた。広場面積は巾 150 ft, 長さ 600 ft, 1 日乗降人員（鉄道）14 万人、東側横断歩道の歩行者 1 日 9 万人を数え、夕方の混雑時 1 時間に 1 万台の自動車、200両の路面電車が 6 方向からこの広場に殺倒する。すなわち鉄道の乗客のほか、都市内街路交通と通過交通がすべてこの広場を通行するところに問題があつた。この混乱状態を解決するためにとられた広場改造方策の要点は次のとおりである。

(1) 1 日 9 万人に上る歩行者の地表横断を排除すること：駅舎の移転は不可能であるから、現在街路の地下にある防空壕跡を利用して巾 24 ft の地下歩道を造る。地下歩道はケーニヒス街から駅舎前の街路の歩道に通じ、途中で路面電車停留所へ直接連絡させ、巾 30 ft のエスカレーター（能力 8 000 人/h）を設ける。地上では歩車道の境界に鉄柵を設けて地上の横断を禁止する。経費合計 20 万ドル。

(2) 駅乗降口前の駐車を規制すること：駅乗降口前ではタクシーの駐車だけを許し、自家用車、バス、トラックの駐車を禁止する。

(3) 副道を整備すること：ハイデルベルクから来る通過交通を広場から分離し、都心地区の周辺を通過させるように副道を整備する。

(4) 路面軌道を移設すること：軌道を駅舎になるべく近い位置に移設し、歩行者は地下道または比較的巾員の狭い車道（駅舎と停留所との間の車道にはタクシーだけが駐車する）を通つて路面電車停留所に到達できるようにする。軌道の中間に巾 1 yd の植樹帯を設け、ここに夜間照明灯を立てる。電車系統を再検討する。

(5) バス系統を整備すること：駅舎の東側に 24 のバス停留所を新設し、従来繁華街の 3 カ所に分散していくものをここに収容する。系統数は 40。

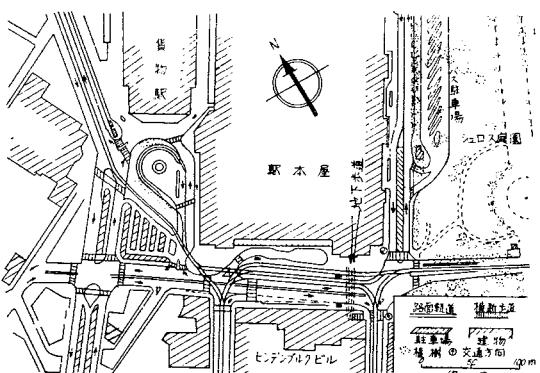
(6) その他：広場内はすべてアスファルト舗装とし、夜間照明に十分な配慮を払う（螢光灯と水銀アーク灯を用いる）。交通信号は系統式を採用し、設計速度は 30 mile/h とする。一般駐車場を 150 台分増設する。

この改造工事は昨年 7 月完成し、その結果混雑時の交通量は 40% 減少した。この減少の主要原因是都心地区西縁の街路網の確立により、従来駅前に集中していた都

心横断交通の大部分を駅前から分離し得たことである。

この方策の特長は歩行者の安全確保を第一に考え、地下歩道の建設と軌道の駅舎側への移設を敢行したこと、タクシー駐車を保護したこと、バス停留所を集約したこと、また、広場内の自動車交通混雑を緩和するため都心周辺の広汎な地域について街路網の整備を考慮したことである。

図-1 シュツットガルト駅前広場平面図（改造後）



## 応力集中問題の歴史的展望

“Stress Concentration in the History of Strength of Materials”

S. Timoshenko

Experimental Stress Analysis, Vol. XII. No. 1, 1955.

応力集中問題の発達の歴史は短く多くの成果は最近得られたものである。静的の場合には問題が少いが動的な問題では応力集中が主要性を持つに至り、歴史的には鉄道工学で初めて現われた。車軸の断面が急変する凹角部に疲労亀裂が発生するのであつて、最初に説明を与えたのは N.J.M. Rankine で、彼は車軸の破断は凹角部に起り、これは工作途次纖維組織が角表面に沿わず車軸中央に発達するにありと結論し、これを避けるためには表面形を連続的にすればよいとした。この種の問題に関し二、三の研究があるが一般的に注目されずに時代が移つた。その後車軸の精密な試験が A. Wöhler により行われ凹角部を丸く肉付けすることにより改良しうることが判明した。これについて J. Baushinger や A. Föppl が溝や内孔の強度低下におよぼす作用を調べ、Föppl は疲労試験も行つている。19世紀の終りごろ、応力集中の理論的研究を J. Larmor が、円形断面に長手の切欠きがある棒のよじれに關し流体力学の相似を用いて行つた結果、円形凹部のせん断応力が離れたところの 2 倍になることを示した。ほかに G. Kirsch が内孔をもつ帶板の引張応力分布を調べ、引張方向に垂直な直径端に平均の 3 倍の引張応力が生ずることを示した。これらによつて 19 世紀末には欧洲の設計家や有能な応力学者は応力集中の重要性を認識していたが、そのころアメリカではこの種の解析、実験を全然信用しない学者（しかも有名な）があつたのは面白い。アメリカでは数十年前はこの状態で実験技術もきわめて幼稚であつたが、その後の進歩は応力の実

験的解析での先進国となつてしまつた。20世紀になると合理的設計が経済的見地よりあまねく認められ設計に関するこの傾向をもつた最初の本が出た。これが Stodola の“蒸気タービン”である。St. Venant 以来初等応用力学をこえる弹性学の教科書がないわけではなかつたが、20世紀に至り技術家にも普及し応力集中の研究も目ざましく進んだのである。複素変数を用い G.V. Kolosoff は梢円孔をもつ板の応力集中を解き、その長径が引張方向に垂直なときその両端に最大応力が起ることを示した。同じ問題は C.E. Inglis も扱い、船の甲板の隅を丸めた矩形孔の応力集中に応用した。集中が大きいので孔の周囲の補強を要するが円孔の場合は曲りパリの理論が十分な精度の解を与える (S. Timoshenko)。しかし実際的に十分認識されたのではなくそのよい証拠が第2次大戦における Liverty 船のハッチの龜裂がしばしば起つたことでうかがわれる (100 船につき年間 10 カ所以上)。もちろんその後適当に丸めることで防がれた。応力集中はいろいろの孔形につき行つた Muschelisvili の研究で理論的に大いに飛躍したが、H. Neuber の応力集中解析も一方で彼は三次元の解を得た。しかし複雑な問題では実験に頼らざるを得ず、この方面での技術者の貢献が大きい。それは相似方法で前述の Larmor のほか L. Prandtl の薄膜相似論があり、これによりよじりのときの最大応力は容易に求められる。他の重要な相似法は L.S. Jacobson により発展させられ、これにより異なる直径をもつ円形シャフトの応力測定が電位測定で簡単にすまされる。弹性問題を近似的に解く他の方法は階差法におきかえる方法によるもので C. Runge が始めてよじりに応用し、L.F. Richardson が二次元問題に適用してダムの応力解析を行つた。最近 R.V. Southwell 等が弹性塑性のさらに変化ある問題への拡張を行つた。これらの理論と平行し、実験的にガラスやプラスチックなどのもろい材料でのモデル試験が行われ、また最大応力点でのヒズミ測定を容易にするため A. Föppl はゴムでつくつた試片の応力を求めた。鋼ではきわめて鋭敏な伸長計を要するが、E. Preuss がこの種のものを作り切欠帯板の引張状態を調べ、A.M. Wahl は新型伸長計で軸の可変断面部の応力を測つた。抵抗線ヒズミ計は動的応力を容易に与えることができ、また複雑な構造の最弱点を知るためにもろい塗料をかぶせてその龜裂と方向で見当をつけるのも便利な方法である。孔や溝の応力をもとと精密に知るには光弾性方法があり、Maxwell (当時 19 才) が初めて測定技術を発展せしめた。彼は円偏光による等色線平面偏光による等傾線を求め、応力線を用い段階的積分により主応力を得た。彼はまた応力の凍結される材料も発見し、三次元光線性論にも大きな貢献をした。しかしこれらの発展は約 50 年後に Mesnager がコンペニセーターの工夫を行うまではより以上の発展をしなかつた。E.G. Coker や辻二郎博士らの努力で実験は容易となり、精度も高くなつた。かくて応力集中の様子はだんだん明らかとなつたので、その後の問題としていかにしてこの局所応力が機械部分を弱めるかの疑問の解決に向

けられるに至つた。これには疲労の問題も入り、また寸法効果が注目される。この現象は試片が大きいほど材内の欠点が統計的に多くなることで説明され (W. Weibull; 1939)，理論と実験の比較も行われた。一方疲労試験の結果最大せん断エネルギー説が実験結果とよく合うことがわかつたのも収穫であつた。こうして応力集中の強度低下に対応する方法として形を改良したり、集中部分の低温または高温で加工処理をすることが行われる。

応力集中問題は歴史的にみて実験と理論の併用により発展してきた。現在の研究は将来構造材料の機械的性質を調べる方法の発展に、大きな影響をおよぼすものと思われる (訳者註: 各文献は紙面の都合で再録できなかつたことをおことわりしたい)。

(中央大学工学部 山口 柏樹)

## 空気防波堤を作動するにはどのくらいの動力が必要か

“Pneumatic and Similar Breakwaters”

J.T. Evans

Dock and Harbour Authority, Dec. 1955

空気防波堤とは海底に外孔管を敷設して、これより多量の空気を噴出し、波の勢力を消失せしめるものである。従来のマッシブな構造にくらべれば、きわめて簡易で、局部的かつ一時的に消波する場合に有利であり、船舶の航行にもなんら支障を与えぬ等の利点を有しているから、その利用面ははなはだ広いものと思われる。

この方法は 1906 年 Philip Brasher (米) が始めた考案したもので、El. Segurdo 港に設置して成功をおさめた。これに引きつづいて種々の実験が行われたが、大多数は失敗に帰し、いまだにこの消波の物理機構も完全に把握されておらず、予備研究の域を出ない現状であるが、最近ようやく各国の研究も進歩し、実用化への努力がなされつつある。本文は英国の交通研究所の内水路研究室が 1953～1954 年に行つた模型実験結果を記述したものであるが、主として消波に要する動力を求める目的として行つたものである。この実験では気泡の代りに水を噴出して消波を行うことが試みられたが、後に述べるように気泡と同様の効果が得られ消波機構の解明に役立つた。

**実験方法** 実験は巾 4 ft, 深さ 4 ft, 長さ 62 ft の水槽で 3 ft の水深で行われた。水槽の一端の造波器は波長 2 ft から 17 ft, 波高 6 in までの波を起すことができる。

気泡は水槽と直角に水底に設けられた多孔管の径 1/16 in の孔から出され、多孔管直上の磁器のフィルターを通して噴出された。空気の代りに水を噴出して消波する実験も同時に行つた。これは水槽の一端のポンプに接続したパイプを多孔管の直上水深 6 in のところまで延長し、そこから波のくる方向に向つて水の噴出を行つた。

**実験結果** 気泡、水のいづれを噴出しても、波の方向と逆方向の表面流が生じたが、この表面流の流速を測定して比較した。いずれの場合も水面で流速最大で、水深に比例して急速の減少するような流速分布が得られた。

種々の空気量を噴出した場合の表面流の流速分布は噴出水によつて得られるものとそれぞれ対応させることができ、しかも流速分布さえ同じなら、同じ消波効果の得られることがわかつた。これによつて空気防波堤の消波作用は気泡によつて生じた表面流によるもので、気泡自体は消波には何の効果もないことがわかつた。このことから、実験しやすい噴出水のみを用いて消波に要する動力を求めた。

波を完全に消波するに要する表面流の流速を測定した結果、この表面流の平均流速は、波高/波長の比によつて異なるが、いづれの場合も波長の  $1/2$  乗に比例することがわかつた。この関係は Geoffrey Taylor の解析結果 (Admiralty Report 1954) と一致している。この流速測定をもとにして完全消波に要する表面流の馬力を計算すると表-1 のような結果が得られた。

波を一部分消波する表面流の流速を測定しこの表面流に含まれる馬力を前記完全消波に要する馬力の % として表わすと表-2 のようであつた。表-1, 2 に実際の波長

表-1

波高 波長	表面流に含まれる馬力 (波の峰巾 $1 \text{ ft}$ 当り)
0.01	$0.29 L^{2.5} \times 10^{-4}$
0.03	$0.55 L^{2.5} \times 10^{-4}$
0.05	$0.90 L^{2.5} \times 10^{-4}$
0.07	$1.31 L^{2.5} \times 10^{-4}$

(L: 波長)

表-2

波高 波長	消波後の残留波高と最初の波高の比			
	0	1/4	1/2	3/4
0.01	100	86	72	37
0.03	"	64	44	20
0.05	"	48	30	13
0.07	"	42	23	10

を有する表面流を生起する効率についてはほとんどわかつていないが、およそ  $15\%$  くらいの効率と見積られている。従つて、ポンプまたはコンプレッサーを駆動するに要する馬力は表の値の約 7 倍と考えられる。表-3 より考えると、波長  $200 \text{ ft}$  以上の波を完全に消波することは、実用的でもまた経済的でもないと考えられる。

表-3

波長 (ft)	波高 (ft)	消波後の残留波高と最初の波高の比			
		0	1/2	1/4	3/4
100	1.5	3.0 HP 9.0 "	2.6 HP 4.3 "	2.2 HP 2.7 "	1.1 HP 1.2 "
150	1.5	8.0 "	7.0 "	5.8 "	3.0 "
	7.5	25.0 "	12.0 "	7.5 "	3.3 "
	10.5	37.0 "	16.0 "	8.5 "	3.0 "
200	6	31.0 "	20.0	14 "	6.1 "
	10	51.0 "	25.0	15 "	6.6 "

(運輸省港湾局 加藤 勝則)

### 走行中の自動車重量の測定

"Weighing Trucks in Motion and the Use of Electronic Scales for Research"

W.W. Stiffler and R.C. Blensly

Traffic Engineering, Feb. 1956.

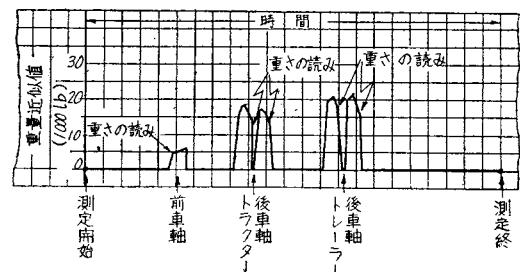
自動車の軸重および総重量を走行中の状態で測定することは、長い間要望されていたところである。従来用いられていた機械的な方法は、1回の測定に相当の時間を必要とするために、交通上多くの障害をおよぼすほか、調査対象車の抜取りに制限を受ける等の欠点があり、また施設の維持についても人件費を含めて相当の経費を必要とした。これらの欠点を是正するために、Bureau of Public Roadにおいて研究が行われ、1952年4月に抵抗線ヒズミ計を用いた装置の報告が提出され、オレゴン州において実際に使用されて効果をあげている。

測定荷重の支持 補装版と同一平面となるような横に長い鉄筋コンクリートスラブを設け、これを4本の柱(それぞれ微調整用のスクリューを持つ)で支持する。版の下は作業用として、深さ約80cmの空間をもつようなピットとしてある。

荷重の測定 測定用スラブを支える4本の柱がそれを等しい静荷重を担うようにバランスをとり、これにそれぞれ抵抗線ヒズミ計を取り付ける。その後補装版と測定用スラブの隙間を、上下方向の移動のみが可能なよう密封する。測定した荷重の大きさは、等速で移動する記録紙上に図-1 のように記録させ、また記録紙の無駄な消耗を防ぐため、測定点の前後に適当な距離をおいて air tube を置き、車両がこれを踏むことによって自動的に記録紙の流れを制御する方式がとられている。

測定結果の分析 図-1 に示すように、山の最も高い所でなく、曲線がほとんど垂直の立上り状態から変曲する点を読むことによって、最も正確な荷重の値を得られる

図-1



ことが、機械的測定と対比して確かめられた。これは装置の機構各部分の慣性および測定用版の衝撃によるものであろう。次に興味ある問題として、タンデム軸の荷重分布がある。タンデム軸を有するトラックの場合、静止の状態ではタンデムの各軸に対する荷重分布は同一であるように設計され、また機械的測定の場合、そのとおりのデータが得られるのであるが、ヒズミ計による動的荷重の場合には、図-1 に見られるように、各軸の重量が相違することが見出された。

測定の精度 測定の精度は相当によく、軸重のみの場合約  $5\%$ 、総重量では約  $1\%$  の誤差の範囲に入ることが報告されている。なお 図-1 につけた荷重の尺度は、本来は直線的でないから近似的なものである。

その他 以上のように抵抗線ヒズミ計による動荷重の測定は、実用的にも従来よりはるかに進歩したものである。ただその性質上、湿度の多いことは故障の主要原因となるから、耐湿性について十分の考慮が払われなければならない。なお、記録紙の送り、速度を恒等に保つことができれば、走行速度並びに軸距をも測定することが可能である。  
(建設省道路局 渡辺 修自)

### コンクリートの付着強度に対する 材令の影響

"Effect of Age of Concrete on Bond Resistance"

K.R. Peattie and J.A. Pope

A.C.I., Feb. 1956, Vol. 27

コンクリートと鉄筋の間の付着状態は次の三段階において考えることができる。すなわち第一にはコンクリートと鉄筋が接着してずれ力に抵抗する段階である、第二は接着が切れた後に両者の間の摩擦によって抵抗する段階である。そして最後には鉄筋表面の凹凸によつてコンクリートとかみ合い、コンクリートの支圧あるいはせん断強さによつて抵抗する段階がある。著者はこのうち前の二段階について理論的、実験的考察を行つている。コンクリート中に埋込まれた鉄筋を引抜く場合、両者が接着している部分について荷重分布は次のような。

$$P = P_m e^{-KL}$$

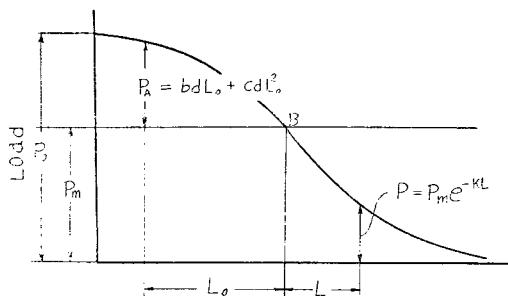
ここで  $P_m$  は接着を保持する極限の荷重である。また接着が切れて摩擦の付着抵抗による荷重分布は次式で与えられている。

$$P_A = bd L_0 + cd L_0^2$$

ここで  $b, c$  は常数であり、 $d$  は鉄筋径である。鉄筋全体にわたる荷重分布は図-1 のようになり図中の  $P_0$  は外から鉄筋に加えられた荷重である。

**実験** 引抜き試験においては鉄筋の変位を直接測定することが困難なため、変位を角変位によつて測定する

図-1



ねじり試験を併用して行つた。ねじり試験については、 $5/8, 3/4, 1 \text{ in}$  の径について、材令 1, 2, 3, 5, 7, 14, 21, 28 日で行つた。引抜き試験は  $1 \text{ in}$  の径について材令 1, 2, 3, 5, 7, 14, 21, 28 日で行つた。引抜き試験においては鉄筋を縦方向に 2 つに割つて内部にワイヤーストレインゲージをはりつけ、各点における鉄筋のヒズミを測定した。

**実験結果** 接着の段階における鉄筋の極限変位量は材令が同じ場合には鉄筋の径に関係なく等しい値を示して

いる。この値は材令の若いとき大きく、材令が増すにつれて減少し、ねじり試験においては  $6 \times 10^{-5} \text{ in}$ 、引抜き試験においては  $11 \times 10^{-5} \text{ in}$  であつた。ねじり試験における材令と極限変位量は図-2 に示してある。

引抜き試験においてワイヤーストレインゲージによる測定の結果は、荷重が増加して接着が切れる点のゲージの読みの増加率が急に大きくなることを示しており、これによつて接着の破壊点(図-1 の B 点)が進行してゆく状態をとらえることができ、測定の結果によると進行は荷重の増加と直線的関係にある。すなわち荷重増加に対する進行速度は一定であつて、この値は材令の

図-2

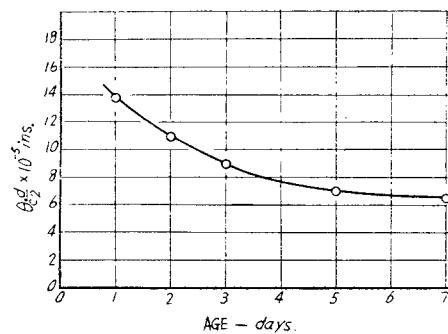
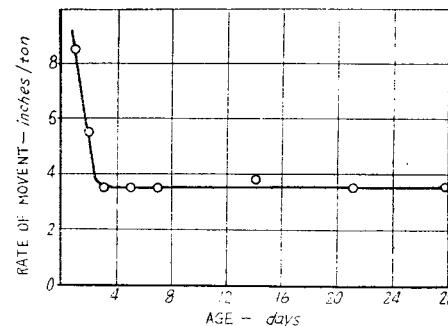


図-3



若いとき大きく、材令が増すにつれて急に減少して一定値に近づく。この関係は図-3 に示してある。摩擦の段階における摩擦係数と材令の関係は、材令 3 日くらいまでは摩擦係数  $b, c$  は増加するが、それ以後は一定となる。荷重を付着面積で割った平均付着強度と材令の関係も 3 日くらいで一定値に達し、それ以後は増加を示していない。以上のように付着に関するいろいろの要素はごく若い材令で終極値に達しているが、一方コンクリートの圧縮強度は 28 日になつてもまだ上昇の曲線を画いている。このことから付着強度はコンクリートの圧縮強度によつて左右されるのではないことが推定され、著者はこの理由を鉄筋のまわりのコンクリートの収縮によるためであると結論している。コンクリートの硬化は発熱反応であり鉄筋のまわりのコンクリートはそれ自体の熱不良導性によつて外部より温度が高くなり硬化収縮が早く行われ、従つて付着強度の発生が早くなるのである。

ワイヤーストレインゲージによつて測定したヒズミよ

り求めた鉄筋の荷重分布は、図-1の曲線とよく一致した傾向を示している。(鉄道技術研究所 野口 功)

### 感潮河川の密度流の問題

"Estuarine Circulation Pattern"

D.W. Pritchard

Proc. ASCE., Vol. 81, No. 717, June. 1955.

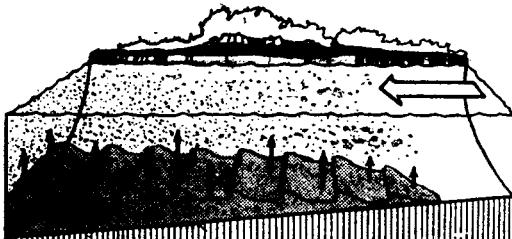
河川と海水の接触部—河口—における塩濃度の変化は、河川、潮流、河口巾および深さ等の Factor により、一連の型に分類される。もちろん、風、気温、日照、底の粗さ等も、これに関与するが、支配的なものは前の4つである。

塩濃度の平衡方程式は、

$$\frac{\partial s}{\partial t} = -v_1 \frac{\partial s}{\partial x_1} - v_2 \frac{\partial s}{\partial x_2} - v_3 \frac{\partial s}{\partial x_3} + \frac{\partial}{\partial x_1} \left\{ k_1 \frac{\partial s}{\partial x_1} \right\} + \frac{\partial}{\partial x_2} \left\{ k_2 \frac{\partial s}{\partial x_2} \right\} + \frac{\partial}{\partial x_3} \left\{ k_3 \frac{\partial s}{\partial x_3} \right\}$$

( $s$ : 塩濃度,  $k_i$ : 渦拡散係数,  $v_i$ : 速度, 座標は順次、河流方向、鉛直方向、これらと直角の方向) である。右辺の初め3項は対流項、他は拡散項である。濃度の時間変化の絶対量は大きいが、時間変化率とすると、きわめて小さく、従つて濃度平衡方程式の左辺は、ほぼ0と考えてよい。理想河口において、潮流がなく、河川流速が小さければ、海水は淡水の下にクサビ状に入り、はつきり二層に分れる。河川流速が増加するにつれて、接触面に波動を生じ、この波動が破碎するようになると、塩分は淡水へ移行する。しかし淡水は下層に移行することはなく、従つて下層には塩水補給のために上流向きの流れを生ずる。一方上層は下流にゆくにつれて濃度を増す。このような河口では、河流方向、鉛直方向の対流項が方程式の主要項である。Mississippi 河口はこれのよい例である。この型は潮流に比し河川流量の大きい所、または深さに比し巾の狭い所にみられる (A型)。

図-1 A型河口



つぎに、適当の潮速が存在すれば、潮速による内部および境界の乱流により渦運動が生じ、上下層の混合が起る。従つて上層の塩濃度が下流側に増加するのみならず、下層の濃度は河口に向つて減ずる。また地球自転の影響で、上下層はわざかに傾く。この型では循環は関与する水量は河川流量の数ないし数十倍で、上下、河流方向の対流、上下方向の混合が支配的である (B型)。

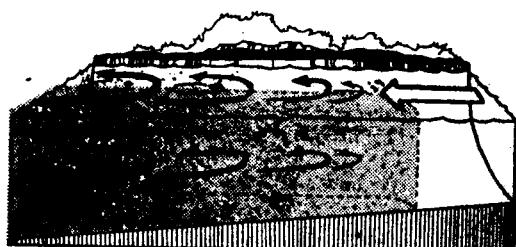
さらに潮速が増加し、上下の濃度が一様になると、B型における上下の濃度勾配は消え、河流方向の濃度勾配および Coriolis の力による、海に対して左方に高い濃度

図-2 B型河口



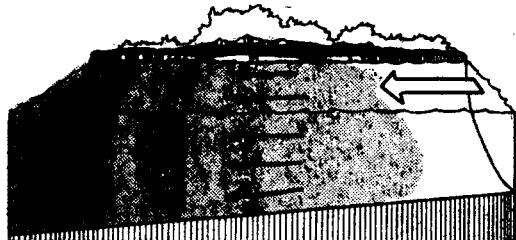
勾配のみが残る。そして、B型ではほとんど水平であった境界層は、ほとんど垂直となり、巾方向に対流、混合を生ずる。淡水層は海に対し、右方のすべての深さで、また海水層は左方のすべての深さで生ずる (C型)。

図-3 C型河口



潮速は十分でも、河口が狭ければ、河巾方向の勾配はなくなり、また上流向きの対流も存在しない。従つて河流方向の対流項と混合項が方程式を支配する。この型の河口の長さは比較的短かい (D型)。

図-4 D型河口



以上述べた4つの型は、河川流量、潮速、河口巾および深さにより一連の関係をもつ。すなわち、

- a) 河川流量の減少
- b) 潮速の増加
- c) 河口巾の増加
- d) 河口深さの減少

につれて、A型からB型を経て、CまたはD型に移る。河中巾の広いときはC型、狭ければD型の傾向がある。河口巾の増加は潮流に対する河川流量を減じ、a)と同効果をもつ。河口深さの増加は、一方では河川流量比を減ずるが、他方、潮速の混合効果を減することになり、従つて境界層は一層はつきりするようになり、河口巾の増加とは逆の効果をもつ。ノルウェー海岸のフィヨルドは、きわめて複雑な循環様式をもつと思われるが、カナダ太平洋のフィヨルドは、ここで取扱つた理想河口に近く、上下層の混合は 30 ft 以内の深さで生じ、ほぼ底を稀釈されない海水で置きかえたB型と考えてよい。

(東京大学工学部 日野 幹雄)