

文献調査委員会

構造的破壊による施工中の事故
Proc. of Institution of Civil Engineers/木村 克正
 計画性をもたせた構造物の安全管理
Civil Engineering/大槻 護
 粘土に対する応力-ひずみ関係 (エネルギー論)
Géotechnique/松井 家孝
 漂流カードによる吹送流調査
Deutsche Hydrographische Zeitschrift/鹿島 遼一
 船混みと費用評価による港湾計画
Proc. of A.S.C.E., WW/大隈 正登

構造的破壊による施工中の事故

“Three Structural Failures : Case Notes and General Comments”

Merchant, W.

Proc. of the I.C.E. Vol. 36, No. 3
 pp. 499~505, March (1967)

“Structural Collapses During Erection or Demolition”

Short, W.D.

Proc. of the I.C.E. Vol. 36, No. 3
 pp. 507~522, March (1967)

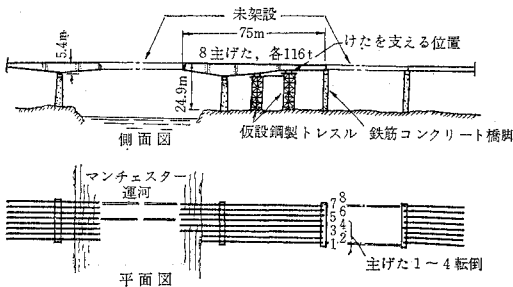
この報告は、1959年以降にイギリスで起った施工中の事故のうち、構造物破壊によるものについて、その原因を究明したものである。

1) Barton Bridge の最初の事故 (1959年2月)

主げたの架設中、それを支える2基の仮設トレスル式タワーが崩壊した(図-1参照)。タワー1本当たりの設計荷重は210tであったが、崩壊時の荷重は概算で85tであった。崩壊の原因はタワー全体の座屈によるものであり、座屈の原因としてつぎの項目があげられる。

① タワーの頂部および底部へ主げたの荷重を伝える

図-1 Barton Bridge 最初の事故崩壊時の構造の概略



台、およびタワーをすえる基礎で十分なものでなかった。

② タワーは古鋼管製であり、十分な強度が期待できなかった。

③ タワーのブレースは引張力を支えられるだけではなく、圧縮力にも抵抗できるものでなければならなかった。したがって、タワー全体としての安定性が保証されていなかった。

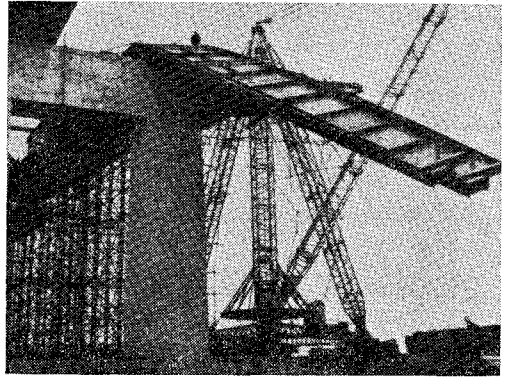
④ 橋梁の設計者が施工計画に参画していなかった。

⑤ タワーの施工に従事した人の中に、高等教育を受けた人、あるいは専門的資格を持った人がいなかった。

2) Barton Bridge の2度目の事故 (1959年12月)

主げたを所定の位置に移動させるに先立ち、ジャッキでけたを持ち上げたとき、主げたはその安定性を失い転倒した(図-2)。その原因は、転倒したけたは重心が底面より3.45mの位置にあり、フランジの幅は0.675mであって、高さ/底面の比が大きかったためである。

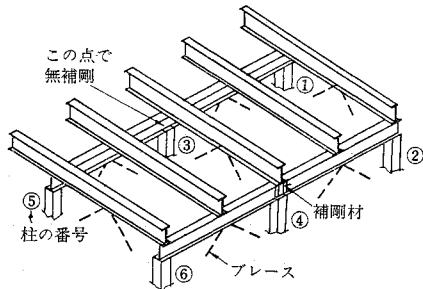
図-2 Barton Bridge 2度目の事故崩壊後の主げたの位置



3) ランカシャー・タール蒸溜会社の事故 (1964年4月)

加熱ピッチを入れる鋼製タンクを支えるための骨組構造物が崩壊した。応力状態について再計算したところ、はり5,3,1およびそれと交差しているはりのウェブには支点で応力状態にあり、5,3,1のウェブが座屈していた(図-3)。

図-3 支持構造の概略



その原因は、

- ① タンクの剛性を無視しており、そのため交差している部材への荷重分配の点で適合性の不足があった。
 - ② 横ばりのウェブは反力点で無補剛であった。
 - ③ 主ばり5,3,1および6,4,2で、ウェブの補剛材は柱4の上の部分だけにしかなかった。
 - ④ 温度の影響を考慮していなかった。
- 4) 鉄筋コンクリートスラブ道路橋の支保工の崩壊

型わくを支えるために木製のはり(27.5 cm×7.5 cm)を用いた。そのはりは、支保工の柱の上部のU字型の金具(幅 10 cm)上にすえ付けられていた。この支保工が崩壊した原因は、

- ① はりがU字型の金具の中心にすえられていなかったために支保工の柱に偏心荷重が生じた。
- ② はりと型わくとは固定されておらず、はりは転倒の危険を持つ不安定な状態にあった。
- ③ 橋床には縦断勾配がついており、そのため骨組の頂部に水平力が働らき過載荷の状態にあった。

5) 鉄筋コンクリート門型ラーメン橋の崩壊 事故はスラブのスパンの半分が完成し、最後のコンクリートを打設してから2週間後に起った。支保工には欠陥が見当たらなかった。現場の約 30 m 下には廃坑があったが、地盤がしっかりしていると思われたので、仮設トレスル用の基礎として比較的薄いコンクリート版しか用いていなかった。

6) 川を横断する仮設橋の崩壊 仮設橋を支えていた4本から成る群杭に原因があった。すなわち、

- ① 河床に生ずる洗掘作用により杭の根入れが浅くなった。
- ② 洗掘作用、水勢作用およびその振動により杭がゆるくなっていた。
- ③ そのため、4本の内の1本が流失した。

以上、何例かの事故原因はいずれも工学的知識に照らせば、すべて避けられたであろう。このような施工中の事故という問題が生じてきたのは、

- ① 建設活動の急増に対して職業上の専門資格あるいは技能を持った技術者の数がそれにとまなわぬ。
- ② 仮設構造物の重要性についての認識が不足している。

ということに起因している。

また、Barton Bridge 事故調査委員会ではつぎのように勧告している。

- ① すべての建設事業には責任技術者を置き、監督と関係者間の連絡に責任を持たせることが望ましい。
- ② 資格のある技術者および技術的にそれと同等の力

のある技術者、あるいはそのどちらかを置くよう請負契約の中に明記すべきである。

この委員会の勧告に対して、著者は

- ① 技術者はどこまで責任をとることができるか？
- ② 設計技術者は、施工会社の用いる施工方法に関与すべきか否か？

の問題を提起する。

(木村 克正)

計画性をもたせた構造物の安全管理

“Programing Structural Integrity Maintenance”

Smith, L.L.

Civil Engineering Vol. 37, No. 10

pp. 34~37, October (1967)

ステータン島の3つの橋——ペイオンヌ、ゲータールズ、アウターブリッジ・クロスィング橋——を経由し、ブルックリンとニュージャージーを結ぶベラザーノナロウズ橋の開通に先だち、ニューヨーク港湾当局は、その三者の構造物の安全度を広範囲にわたって調査した。新しい幹線道路網からまわる橋梁交通の予想される増加量と、調査によって知られたことが、構造の補修と変更および新しいランプと料金徴集所の体系とが一つになった大きな仕事の計画となった。

調査に際し、港湾当局の技術部門は、3橋は1928年から1931年の間に完成されたが、一般に良好であると報告した。しかし、40年を過ぎており、鋼橋の寿命としては古くはないが、各橋ともよりいっそうの維持が必要である。欠陥が知られにくいという性質上、早目に欠陥を発見し、補修するという目的の系統だった検査と保全計画が示唆されるよう急がれた。

構造物の保全維持は、伝統的に技術者の責任であった。適当にその方面の技術的検査や測量によりうめあわされてきた。技術者の時間給が高いという経済的なことと、構造物が特にゆっくり強度低下するということが相まって、特定の点の検査、それも緊急の性質のものに対して、検査が行なわれてきた。

構造物の弱点は、ときとともに徐々に進行し、ある種の要素が他のものより影響しやすいたことが、経験的にはっきりと知られている。管理職員からは、わずらわしい旧形式の点に関するものは取止めるとの運動がある。今日の構造材料と設計の特色は、40年前よりずっとよくなっているが、作り変えとか材料や設計の更新による部材の付け換え等は非常に金のかかることである。

問題点はつぎのようになる——構造物の保全、検査、注油、技術上の報告、マネジメント、コントロール、人的資源や他の要素等の広範な計画が、現実的・経済的範囲

で実行可能な計画に組入れられるか？。回答は容易には得られない。

共通問題をかかえるグループで多くの会合が開かれ、効果的な計画に対する形ができた。基本的な考え方は、構造保全是、定義のみからすれば、技術者の責任になるものであり、保全作業は、仕事の分類中の定義として、末端の機関の保全職に属するものであるということである。

この問題の解決は、熟達した構造作業員が、技術者の目となり耳となって活動できるような確固たる検査計画を書き上げられることである。作業員は、技術者がひんばんに現場検査をしなくとも写真で確認できるほどの多量のデータを供給すればよい。

計画性をもたせた構造物の安全管理に対する著者の経験則は——「動いたら、長さを測れ、摩擦あるようなら注油せよ、そのどちらでもなければ、検査せよ」である。多分これは、非常に複雑な体系のものの超簡素化であるが、保全作業員は、このことを知っており、問題解決の半ばをなす。

構造安全管理の計画化は、現場からの判定資料を技術事務所の決定状況に効果的に移行させる。その移行は、構造物の安全性と許容力の重要な統計を記録する一連の前もって計画された検査と寸法測定によって効力を発する。技術者と作業員間の技術用語の障害は、図解で解決された。このように、考え方は、定期的身体検査に類似している。医師が前もって分析のときに役立てる体重、血圧、体温等を看護婦らが測定し、記録するように。

完全な計画となると、検査、注油、寸法測定、清掃、作業部品、部分塗装等、種々の作業と熟練を要する広範な71種の作業手順からなっている。全ての作業手順は、特別な弱点、寸法を採るところ、道具や部品の必要なもの、特記事項、特殊状態報告欄等220点を示す写真を含む一欄表からなる検査と保全指針とで決められている。三年ごとの完全な日程は、季節により、周期的で、天候の指示がある手順が効果的に結合されているものである。

二人組の熟達した構造作業員が、日程を組まれた仕事を消化し、図解に従いおのおの状態報告を書き込むのである。その報告書は、末端の事務所で吟味されてから、解析と記録をとる中央の技術職員のところへ送付される。

事故に起因するものとはちがって、構造物の弱点は、通常非常にゆるやかに発達する。したがって、これらはしばしば、現場観察では見過ごされるが、固定化している発達途上にあるものとは見なされないことがある。しかし、開発された保全計画により、計画技術者は、組織的な再吟味を、同じ一連の作業手順の報告に応用することができる——年代順にならべたり、寸法や観察結果を

含んで——。そして、天候や季節の温度変化が構造物におよぼす影響を形状的に早めて知ることができる。

測定日時の異なる同志をこのように比較することにより、通常な伸び、異常な伸び、ちぢみ、徐々に品質が悪化するようす、構造の正常、不順等を客観的に知ることができる。

(委員 大槻 護)

粘土に対する応力—ひずみ関係 (エネルギー論)

“Stress-Strains Relations for Clays: An Energy Theory”

Palmer, A.C.

Géotechnique Vol. 17, No. 4

pp. 348~358, December (1967)

ごく最近に到るまで、土質力学における応力とひずみに関する研究は、土の限界状態における極限強度の研究に集中しており、圧密現象の研究以外には土の変形を取り扱う場合は少なかった。金属材料の力学においては、その応力—ひずみ関係が応力解析上必要不可欠の条件であるのに反し、土質力学ではその関係が非弾性的であることにもより応力とひずみとの関係を直接結びつけて議論されにくかった。しかし、いまや土質力学の分野でもこの問題に関する研究がなされる必要がある。

土の応力—ひずみ関係に関する理論的アプローチは2つに大別できる。第1は、土の変形時のエネルギー関係を論ずるものであり、第2は塑性論的取扱いである。本論文では、正規圧密粘土および軽度の過圧密粘土について、非弾性的変形に関するエネルギー理論を展開した。

(1) 粘土—水系における内部エネルギー

Roscoe, Schofield および Wroth (1963) は、粘土の三軸試験における限界状態は、 (p, q, e) 空間における1つの線で表わされることを示唆した。ただし、 $p = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$: 平均圧縮応力、 $q = |\sigma_1 - \sigma_3|$: 偏差応力、 e : 間げき比である。これは初期状態のいかんにはよらない。一度この限界状態に到達すると、それ以後の変形は応力・間げき比の変化なしに生じ、この過程における外力による仕事はすべてせん断変形に費やされる。著者の考えにしたがえば、三軸試験における応力履歴がどのようなものであっても、終局状態は応力と間げき比との間の特殊な関係で結ばれており、この関係が、土—水系の熱力学の中心的役割を果すものである。この状態において、粘土粒子を押しつける作用をする有効応力 p と、機械的、電気的に粒子相互を離そうとする反発力との間には平衡状態が存在する。さらに、せん断変形は含水比

漂流カードによる吹送流調査

“Die Beziehung zwischen Wind und Oberflächenströmung auf Grund von Triftkartenuntersuchungen”

Neumann, Von H.

Deutsche Hydrographische Zeitschrift

J. 19, Heft 6,

pp. 253~266, Dezember (1966)

(1) 調査

海面に浮いた油が、いつ、どこかの海岸に達するかを予知するための、表層流の調査が Deutsches Hydrographisches Institut によって、北海において行なわれた。調査は二重にプラスチックのカバーをした漂流カードによって行なった。カードの表面には調査目的が、また裏面には発見者の氏名と宛先、発見した場所と最も近い町の名、発見した時刻を記入する欄があり、それを D.H.I. に返送してほしいということと、謝礼のことが、北海沿岸の3カ国語で印刷してあるもので、カバー内部の空気とコルク板が浮力をつけるようにしてある。カードは主に、あらかじめ許可されている油の投棄海域で、50枚、30枚、10枚、あるいは1枚ずつ投入し、投入時刻(1/4日までの精度で)と位置を記録し、発見時刻は発見日の12時とした。初めて投入したのは1961年8月24日で、1962年9月15日までに投入されたカードのうち1388枚が発見されて、本報の資料となっている。

(2) 吹送流の仮定

調査水域は 50°40' N~65°0' N, 3°0' W~12°0' E で、10カイリの長さの単位をもつ座標 X, Y (それぞれ南か

図-1 対象水域

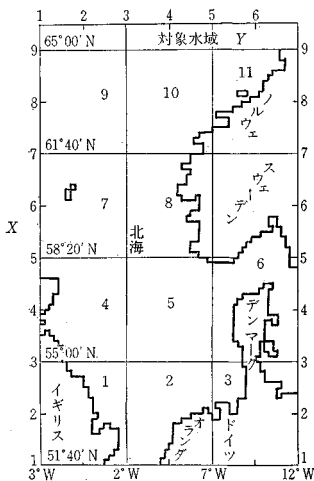


図-2 1961年8月24日6時に投入した50枚にたいする経路算定例 S=3.80 の場合

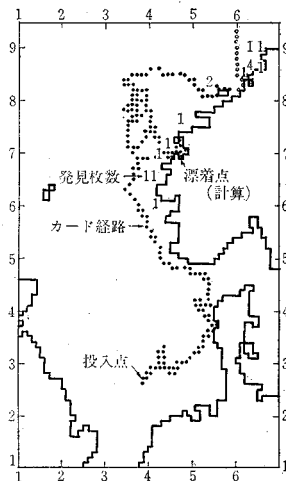
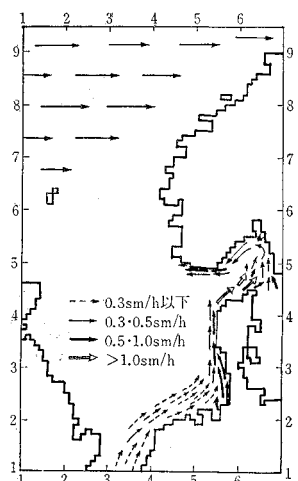


図-3 最終的な海流分布図



ら北へ1~95, 西から東へ1~69)で位置が示される(図-1)。全水域を11の水域にわけ、各水域にたいし、ハンブルグ海上気象台から6時間ごとの風向風速の資料が提供された。カードの漂流速度 v は風速 W に比例するとし $v = S \frac{W}{100}$ と仮定した。ただし S はいろいろの変化させて実験的に決定される定数である。また漂流方向は風の向きと一致するとした。カードの経路が陸に接触した場合、ある時間海風が卓越しないときは再び漂流すると判断している。

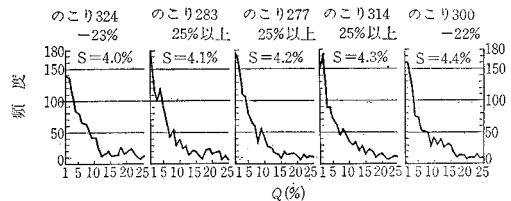
(3) 海流の仮定

この水域の海流の流向については一般の海流図からとり、流速を変化させた4個の海流モデルを、種々のカード群に適用して、 S の値を変化させながら、実際に発見されたカード分布と比較した。図-2 は、1961年8月24日6時に投入した50枚のカード群について $S=3.80$ としたときのカード経路の一例である。この種の計算をくり返しなが、海岸近くの局所的な修正を行なって、風に関係な基本的な流れの分布を定めた(図-3)。

(3) 結論

S は 3.6~4.4 の間にあるであろうということは Tomczak (1964) の結果からわかっている。発見点に達する前に、計算カード経路が陸にぶつかって終着点に達す

図-4 S=4.0~4.4 にたいする誤差



ることは、3) の操作で避けられるようになっている。計算経路と発見地点の距離を A 、投入点と発見地点の距離を E として、 $Q=100 A/E(\%)$ の頻度をすべてのカードについて算定した結果 $S=4.2$ が最も良好な結果を与えることがわかった(図-4)。

(委員 鹿島 遼一)

船混みと費用評価による港湾計画

"Berth Planning by Evaluation of
Congestion and Cost"

Nicolaou, S.N.

Proc. of A.S.C.E. WW Vol. 93, No. 4

pp. 107~132, November (1967)

(1) 序 文

一般公共雑貨を扱う岸壁の効率的な最適能力は、基本的には岸壁—船舶間の効率的荷役作業、および港湾区域内外の急速な貨物の流動に影響される。これらの二要因は相互に関連しているものであるけれども、荷役作業の能力は、港の運営能力を決めるものであり、一番重要な要因である。

港湾は、船会社と港湾施設の管理者をともに満足させるものでなければならない。前者は港内における船舶の待ち時間が最小になるのが望ましい状態であり、後者は岸壁施設の最大限の利用が望ましい状態である。このような理想的状態はあらゆる岸壁施設が常に利用されており、しかも沖待ちする船舶はない状態でのみ可能であり、実際には、船舶の不規則な到着、積卸貨物量の変動、船型の不統一性などのために起り得ない。

港湾の運営状態は、到着船舶隻数 n_s と岸壁数 n_B に影響され、港内における船混み状態は n_s が n_B より大きい時に起る。このため船混み度は港の能力を決める基本的なパラメータの1つになる。この船混み度は港の運営時間 T と港内の船舶隻数が岸壁数以上になる時間の比で示される。また船混み率は $100 \times (\text{船混み度})$ と定義する。

さらに、港湾運営のパラメータとして用いられる第2の重要なパラメータは、港湾の運営時間 T の間に船舶により岸壁が利用されている時間、あるいは運営時間 T の間の全岸壁 \times 時間 ($n_B \cdot T$) と n_B パースの岸壁が利用されている利用岸壁 \times 時間の比で定義される利用度、または $100 \times (\text{利用度})$ で定義される利用度である。

これらをまとめて、最適な岸壁数の決定要因はつぎのように示すことができる。

- 1) 港内における船混み率
- 2) 岸壁の利用率
- 3) 遊休港湾施設の費用と船舶の沖待ち費用の最適比

率

船混み率 5% の場合の岸壁利用率の予測は Fratar, Goodman, Brant 等が与えており、また Plumlee は岸壁利用率と最適コスト比の相関を電子計算機によって求めている。本論文は上述した 1)~3) の基本的パラメータの評価のための基準について、図式解による簡易法に基づいて述べたものである。

(2) 船舶の到着パターン—ポアソン分布の適用

港湾の能力を計画するためには、船舶の到着パターンの評価が必要である。船舶の入港、出港について多くの統計調査が Cyprus の主要な海港においてなされた。これらの調査研究は船舶の到着パターンおよび岸壁利用率が本質的に不規則で、概略ポアソンによる数学的確率分布に合致することを見出した Fratar, Goodman, Brant, Plumlee 等が行なったアメリカ合衆国および中央アメリカの諸港湾における調査結果を確認している。

船舶の不規則な到着パターンとしてポアソン分布を用いることによって船舶 n_s 隻がある期間中に港内に到着する確率 $P(n_s)$ は次式によって示される。

$$P(n_s) = \frac{(\bar{n}_s)^{n_s} e^{-\bar{n}_s}}{n_s!} \dots\dots\dots (1)$$

ここに \bar{n}_s : ある期間 (T) 中に港内に到着する平均船舶隻数
 T : 港湾の運営時間
 $n_s! : n_s$ の階乗
 $e : 2.71828$

さらに次式の関係が成り立つ。

$$\lim_{n_s \rightarrow \infty} \sum_{n_s=0}^{n_s} P(n_s) \rightarrow 1 \dots\dots\dots (2)$$

また、ある期間 (T) 中に港内に n_s 隻の船舶が到着する頻度 $F(n_s)$ は

$$F(n_s) = TP(n_s) \dots\dots\dots (3)$$

したがって、式 (2) と同様にして

$$\lim_{n_s \rightarrow \infty} \sum_{n_s=0}^{n_s} F(n_s) = T \dots\dots\dots (4)$$

の関係が成り立つ。

こうして、港内に n_s 隻の船舶が到着する確率 ($P(n_s)$)、頻度下 (n_s) は式 (1), (3) から計算することができる。もし平均船舶隻数 \bar{n}_s が分っておれば 図-1,2 から求めることができる。図-1,2 は式 (1) に示した数学的確率 $P(n_s)$ を図式化したもので、 $\bar{n}_s=1\sim 17$ の場合について T.C. Fry が求めたものである。

また港湾の運営時間 (T) 中の平均船舶隻数 \bar{n}_s は次式で示される。

$$\bar{n}_s = \frac{\sum_{n_s=0}^{n_s} n_s f'(n_s)}{T} = \frac{T_s}{T} \dots\dots\dots (5)$$

ここに $f'(n_s)$: 港湾の運営時間 (T) 中に n_s 隻の

図-1 $P(n_s) \sim \bar{n}_s (\bar{n}_s = 0 \sim 8)$

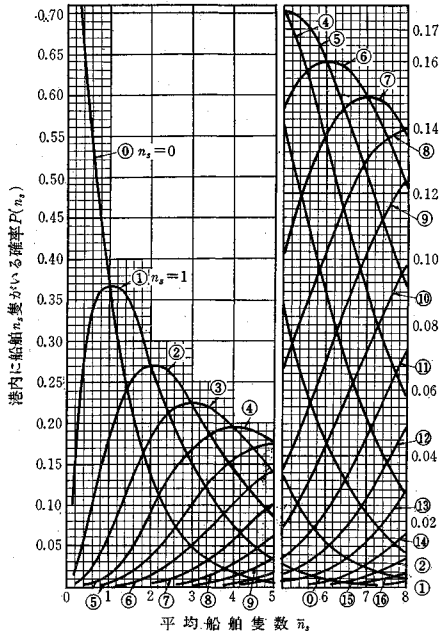
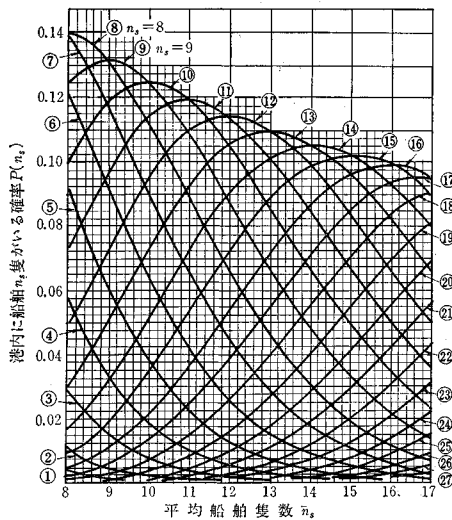


図-2 $P(n_s) \sim \bar{n}_s (\bar{n}_s = 9 \sim 17)$



船舶が港内にいる時間

$$\sum_{n_s=0}^{n_s} n_s f(n_s) \text{ あるいは } T_s$$

: 港湾の運営時間 (T) 中の全船舶×時間

もし、全船舶×時間を船舶到着の記録から計算することができれば、ある港における平均船舶隻数 \bar{n}_s は式 (5) から求めることができる。

新しく港を計画する場合は、ある期間 (T) 中に予想される全取扱貨物量 Q, 岸壁当りの取扱い貨物量 R とすれば平均船舶隻数 \bar{n}_s はつぎのようにして求めること

ができる。

$$T_s = Q/R \dots\dots\dots (6)$$

$$\bar{n}_s = \frac{Q}{RT}, Q = \bar{n}_s RT \dots\dots\dots (7)$$

(3) 船混みと岸壁利用率を考慮した最適な港湾の能力

港湾の運営状態を表すパラメータ“船混み率”, “岸壁利用率”は数学的につぎのように定義することができる。 $n_s > n_B$ の場合に生じる船混み度は表-1 に示されているように船舶が港に到着する期待頻度 $F(0), F(1), \dots, F(n_B), \dots, F(n_s)$ の形で示される。すなわち、バース数 n_B の場合の船混み度 (D.C) は次式のようになる。

$$(D.C)_{n_B} = \frac{\sum_{n_s=n_B+1}^{n_s} F(n_s)}{\sum_{n_s=0}^{n_s} F(n_s)} \dots\dots\dots (8)$$

さらに、この式は式 (3), (4) を用いてつぎのように示される。

$$(D.C)_{n_B} = \sum_{n_s=n_B+1}^{n_s} P(n_s) \dots\dots\dots (9)$$

また船混み率は $100(D.C)_{n_B}$ で示することができる。つぎに岸壁利用率 (D.O) は $F(0), \dots, F(n_s)$ を用いてつぎのように示すことができる。

$$(D.O)_{n_B} = \frac{n_B \sum_{n_s=0}^{n_s} F(n_s) - \sum_{n_s=0}^{n_B-1} (n_B - n_s) F(n_s)}{n_B \sum_{n_s=0}^{n_s} F(n_s)} = 1 - \frac{\sum_{n_s=0}^{n_B-1} (n_B - n_s) P(n_s)}{n_B} \dots\dots\dots (10)$$

また、利用される岸壁に対して確率はつぎのようになる。

$$n_B \sum_{n_s=0}^{n_s} F(n_s) - \sum_{n_s=0}^{n_B-1} (n_B - n_s) F(n_s) = \sum_{n_s=1}^{n_B} n_s F(n_s) + n_B \sum_{n_s=n_B+1}^{n_s} F(n_s) \dots\dots\dots (11)$$

式 (9), (10), (11) により $(D.O)_{n_B}$ と $(D.C)_{n_B}$ の関係はつぎのようになる。

$$(D.O)_{n_B} = \frac{\sum_{n_s=1}^{n_B} n_s P(n_s)}{n_B} + (D.C)_{n_B} \dots\dots\dots (12)$$

また岸壁利用率は $100(D.O)_{n_B}$ で示される。さらに港湾の能力は、岸壁利用率 $(D.O)_{n_B}$ を用いてつぎのように示すことができる。

$$Q = n_B \cdot R \cdot T (D.O)_{n_B} \dots\dots\dots (13)$$

あるいは、式 (9), (12) を用いてつぎのように示すことができる。

$$Q = n_B RT \left[\frac{\sum_{n_s=1}^{n_B} n_s P(n_s)}{n_B} + \sum_{n_s=n_B+1}^{n_s} P(n_s) \right] \dots\dots\dots (14)$$

表一 最適港湾規模評価のための理論的手法

港内における船舶隻数 n_s (1)	港内に船舶 n_s 隻がい る確率 $P(n_s)$ (2)	ある期間 (T) 中の時間数			期 間 (T) 中 の 費 用					
		港内に n_s 隻の船舶が いる場合 $F(n_s) =$ $TP(n_s)$ (3)	岸壁が遊休 する場合 $n_B > n_s$ (4)	船舶が沖待 ちする場合 $n_s > n_B$ (5)	n_B パースの場合		n_B+1 パースの場合		n_B-1 パースの場合	
					遊休岸壁 (6)	沖待ち船舶 (7)	遊休岸壁 (8)	沖待ち船舶 (9)	遊休岸壁 (10)	沖待ち船舶 (11)
0	$P(0)$	$F(0)$	$(n_B)F(0)$	—	$n_B c_B F(0)$	—	$c_B(n_B+1)F(0)$	—	$c_B(n_B-1)F(0)$	—
1	$P(1)$	$F(1)$	$(n_B-1)F(1)$	—	$(n_B-1)c_B F(1)$	—	$c_B(n_B)F(1)$	—	$c_B(n_B)F(1)$	—
...
n_B-2	$P(n_B-2)$	$F(n_B-2)$	$2F(n_B-2)$	—	$2c_B(n_B-2)$	—	$3c_B F(n_B-2)$	—	$c_B F(n_B-2)$	—
n_B-1	$P(n_B-1)$	$F(n_B-1)$	$F(n_B-1)$	—	$c_B F(n_B-1)$	—	$2c_B F(n_B-1)$	—	None	None
n_B	$P(n_B)$	$F(n_B)$	None	None	None	None	$c_B F(n_B)$	—	—	$c_s F(n_B)$
n_B+1	$P(n_B+1)$	$F(n_B+1)$	—	$F(n_B+1)$	—	$c_s F(n_B+1)$	None	None	—	$2c_s F(n_B+1)$
n_B+2	$P(n_B+2)$	$F(n_B+2)$	—	$2F(n_B+2)$	—	$2c_s F(n_B+2)$	—	$c_s F(n_B+2)$	—	$3c_s F(n_B+2)$
...
n_s	$P(n_s)$	$F(n_s)$	—	$(n_s-n_B)F(n_s)$	—	$(n_s-n_B)c_s F(n_s)$	—	$(n_s-1-n_B)c_s F(n_s)$	—	$(n_s+1-n_B)c_s F(n_s)$

総 計 :

式 (2) : $\sum_{n_s=0}^{n_s} P(n_s) - 1$

式 (4) : 遊休岸壁に対して : $(n_B > n_s) : \sum_{n_s=0}^{n_B-1} (n_B - n_s) F(n_s) = T \sum_{n_s=0}^{n_B-1} (n_B - n_s) P(n_s)$

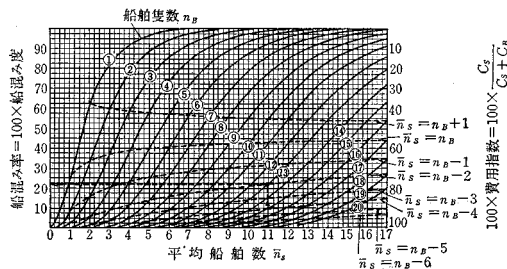
式 (3) : $\sum_{n_s=0}^{n_s} F(n_s) = T \sum_{n_s=0}^{n_s} P(n_s), \sum_{n_s=0}^{n_s} F(n_s) - T$

岸壁に対して : $n_B \sum_{n_s=0}^{n_s} F(n_s) - n_B T$

ここに R, T は与えられるものである。

図-3 は式 (9) を用いて、平均船舶数 \bar{n}_s 、岸壁数 n_B に

図-3 船混み度と費用指数の関係



対する船混み率を図示したものである。図-4 は式 (12) を用いて岸壁数 n_B と船混み率に対する岸壁利用率を図示したものである。図-3, 4 は 図-1, 2 に示された確率を合計して求めた。図-5 は岸壁数 n_B と船混み率の関係から港湾の貨物取扱能力を示している。図-5 は式 (9), (12), (14) に基づき求めたものであるが、岸壁当りの貨物取扱能力は 1000 t/日 あるいは 125 t/時間 (1日

図-4 船混み度と岸壁利用率の関係

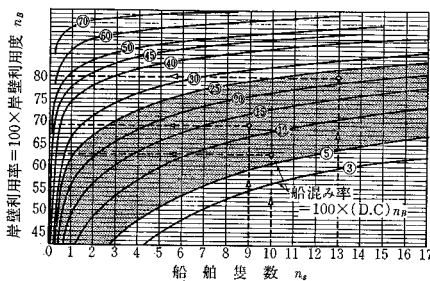
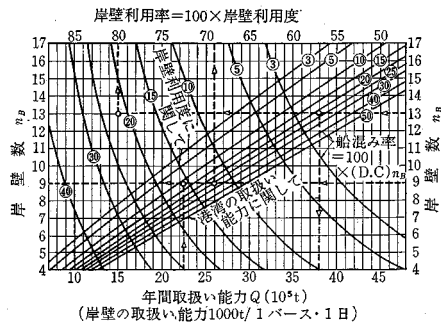


図-5 港湾の年間取扱能力、船混み度、岸壁利用率の関係



8時間運営) と仮定した。

(4) 費用を考慮した最適な港湾の能力

船混みと岸壁利用率だけを考慮した港湾の運営は、年間の遊休岸壁の費用、および船舶の沖待ち費用を考慮しななければ間違いである。

n_B パースの岸壁を有する港において運営期間 (T) 中の遊休岸壁の費用、船舶の沖待ち費用は $P(n_s)$ の形で表わすことができる。

もし、船舶の沖待ち費用、遊休岸壁の費用をそれぞれ C_s, C_B と表わせば、港の運営期間 (T) 中の全費用 $C_{n_B} T$ はつぎのように決めることができる。

沖待ちの船舶に関して $n_s - n_B \geq 1$ の場合

$$C_s = C_s \sum_{n_s=n_B+1}^{n_s} (n_s - n_B) F(n_s) \dots (15)$$

遊休岸壁に関して

$n_B - n_s \geq 1$ の場合

$$C_B = C_B \sum_{n_s=0}^{n_B-1} (n_B - n_s) F(n_s) \dots\dots\dots(16)$$

全費用は

$$C_{n_B}^T = C_s + C_B = C_s \sum_{n_s=n_B+1}^{n_s} (n_s - n_B) F(n_s) + C_B \sum_{n_s=0}^{n_B-1} (n_B - n_s) F(n_s) \dots\dots\dots(17)$$

岸壁数 $n_B + 1$ パースの場合の全費用は

$$C_{n_B+1}^T = C_s \sum_{n_s=n_B+2}^{n_s} (n_s - n_B - 1) F(n_s) + C_B \sum_{n_s=0}^{n_B} (n_B - n_s + 1) F(n_s) \dots\dots\dots(18)$$

岸壁数 $n_B - 1$ パースの場合の全費用は同様にして

$$C_{n_B-1}^T = C_s \sum_{n_s=n_B}^{n_s} (n_s - n_B + 1) F(n_s) + C_B \sum_{n_s=0}^{n_B-2} (n_B - n_s - 1) F(n_s) \dots\dots\dots(19)$$

また、 n_B パースの場合の費用は、運営期間 (T) 中の

全費用 $C_{n_B}^T$ が最小であるときに最適となるものであり、したがって、つぎのような関係が成立する。

$$C_{n_B}^T < C_{n_B+1}^T \dots\dots\dots(20)$$

$$C_{n_B}^T < C_{n_B-1}^T \dots\dots\dots(21)$$

式 (17), (18), (20) によってつぎの関係が求まる。

$$(D.C)_{n_B} < 1 - \frac{C_s}{C_B + C_s} \dots\dots\dots(22)$$

同様に式 (17), (19), (21) によってつぎの関係が求まる。

$$(D.C)_{n_B-1} > 1 - \frac{C_s}{C_B + C_s} \dots\dots\dots(23)$$

すなわち、式 (22), (23) により

$$(D.C)_{n_B} < 1 - \frac{C_s}{C_s + C_B} < (D.C)_{n_B-1} \dots\dots\dots(24)$$

ここに $C_s / C_s + C_B$ は費用指数を定義する。

式 (24) は最適費用、船混み度、岸壁利用度の基準に関連づけたものであるが、図-3 に図示している。

(委員 大隈 正登)

土木図書館 寄 贈 (含講入) 図 書 一 覧

書名 (著者名: 出版社名)

和 書 (昭和 43 年 2 月 1 日 ~ 昭和 43 年 3 月末日)

土木一般

- 現場技術者のためのわかりやすい PE-RT・CPM (庄子幹雄; 鹿島出版)
- 土木工学通論 (八十島, 外; 技報堂)
- 応用力学
- 構造力学演習 (久保慶三郎; 学献社)
- 測 量
- 測量学演習 (1) (春日屋伸昌; 学献社)
- 橋 梁
- 調質高張力鋼の橋梁への適用に関する研究 (橋梁用高張力鋼 BH 委員会; 日本製鋼所)
- 橋梁工学演習 (堀井健一郎; 学献社)
- 鋼構造物塑性設計基準 (案) (日本溶接協会)

道 路

- 自動車の運転免許制度 (尼崎禎三; 技術書院)
- 自動車登録と車両検査 (井川, 柳沢;

技術書院)

- 東名高速道路大和第一工事 関東ローマ石灰安定処理 路床工事報告書 (日本道路公団; 前田道路)
- 第二次施工管理制度 海外調査団報告書 第 1~3 編 (高速道路調査会)
- 発 電
- 発電水力演習 (千秋信一; 学献社)
- ダ ム
- アルプスにダムができる (鈴木, 那須; 鹿島出版)
- 施 工
- 土木工事ののり面保護法 (新田, 小橋; 鹿島出版)
- 農業土木
- 農業土木 (吉良芳夫, 外 2 名; 農山漁村文化協会)

洋 書 (昭和 43 年 2 月 1 日 ~ 昭和 43 年 3 月末日)

- Vertical transportation : Elevators & Escalators (Strakosch, G.R.; John

Wiley)

- Proceedings U.S.-Japan Seminar on Similitude in fluid mechanics

建 築

- 超高層ビルのあけぼの (武藤, 岩佐; 鹿島出版会)

資 料 (昭和 43 年 2 月 1 日 ~ 昭和 43 年 3 月末日)

建設省

- 建設大学校 10 年の歩み

日本国有鉄道

- 雑誌目録
- 土構造物の設計施工指針 (案)
- 大阪工事局 40 年史
- 日本道路公団

- トンネル円排気ガス濃度 実態調査報告書

北海道開発局

- 昭和 41 年度苫小牧港調査報告書