

埋立工事の土運船運航計画システム*

Barge Traffic Systems Planning in A Large-Scale Reclamation

奥山 育英**

By Yasuhide OKUYAMA

In a large-scale of reclamation work, it is very important to find out the optimum number of barges carrying soils and stones, the degree of barge traffic congestion in working water area, the optimum number of sand-loading wharves, and the appropriate sand supplying speed by the belt conveyor, and so on. This report introduces basic concepts to solve above problems, using the technique of systems analysis and barge traffic simulation. All of input data is obtained in the planning process of the New Kansai International Airport Construction Project but not final data. Using this system, the optimum barge traffic system will be decided in a year before beginning of the construction.

1. まえがき

この報告は、海上空港、沖合人工島、廃棄物護岸、埋立港湾のような大規模埋立工事において、工事の円滑な進捗を図るために、土砂等資材運搬船をはじめとする工事用連船の安全確実な運航の実現を目的とし、ケーススタディとして、関西国際空港建設計画をとりあげて調査研究した結果をとりまとめたものである。

工事用連船の運航に関する計画は、工事区域内、すなわち、工事中の作業船や工事付属仮設物が存在している水域における場合と、工事区域外の水域で一般船舶の航行と競合する場合、土採枝橋における場合の全く性格が異なる三つの場合に分けられるが、ここでは、工事区域内および土採枝橋における計画

* キーワーズ：港湾計画、海上交通計画、工事管理

** 正会員 運輸省港湾技術研究所

(〒239 横浜市中区長瀬3丁目1番1号)

システムを取扱う。その理由は、工事区域外の一般船舶と競合する水域における工事用連船の運航問題については、別途、数多くの調査研究^{1), 2), 3) 等}がなされていることによる。従って、本報告では、一般海域における工事用連船の運航は、工事区域と土採枝橋間の航行時間に吸収される形をとることにより、それらの成果は生かされることとなり、また、そのことが本システムの取扱いを容易としている。

なお、工事に関する情報については、運輸省第3港湾建設局関西空港計画室によるものである。しかし、計画そのものが詳細については最終的なものでなく、最終案までにはまだ時間を要することから、数多くの検討案の一つを採用した。具体的数値についても同様で、本システムを実際に動かし、また理解を助けるために、便宜上、仮に与えた数値も多い。

本システムは、現在、関西国際空港建設計画の詳細部分の検討に利用しているが、仮のデータを可能な限り現実のデータに代えて検討している。

2. 土運船運航計画システム

2.1 システムの目的

海上空港、沖合人工島、廃棄物埋立工事、埋立港湾といった大規模埋立工事においては、土運船を主とした数多くの資材運搬船が、資材採取場周辺の棧橋と埋立工事現場を運航する。

このとき、埋立工事現場においては、

- ①埋立工事現場における作業船舶の輻輳の程度は、
- ②輻輳の程度を小さくするような資材運搬船の運航経路は、
- ③工事可能時間の増減による工事への影響は、

という問題が生ずる。

また、土採棧橋においては、

- ④土量の供給量および供給に要する時間は、
- ⑤棧橋の数は、
- ⑥荷役可能時間の影響は、

という問題が生ずる。

さらに、全体として

- ⑦種々の計画案に対して、土運船の能力と数は、
- も重要な検討事項である。

この他に、まえがきでも述べた土採棧橋と埋立工事現場との間で一般船舶と競合する海上交通の問題があるが、それらは別途検討することにより、ここではとり扱わないこととする。

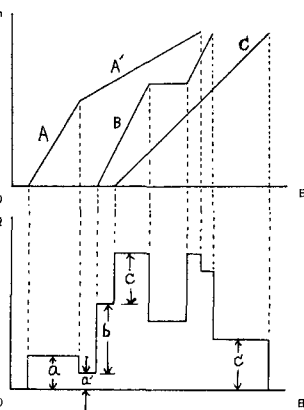
本システムは以上の問題点をあらかじめ解決して、土運船等資材運搬船の計画を作成することを目的として開発したものである。計画の作成にあたっては、各計画案毎に、詳細なデータの代替案をとり揃え、それらを入力データとして、本システムにより上記①～⑦についての情報を得て、比較検討することにより、それら計画案のうちから最良の案を見つけ出す方法をとっており、システム自体が自動的に最適計画案を探し出すようにはなっていない。そのようにすることは、技術的に不可能ではないが、現在の時点では、最適案のみが直接求められるよりも、数多くの代替案の結果が入力データによってどの様に変化するか、また、その程度は如何程であるかを見ることに重点を置いたためである。これにより、将来における最適計画作成の自動化の際に比較検討する評価項目と評価基準が明らかにせられよう。

2.2 システムの構成

本システムは、既に開発済みの船舶交通シミュレーションシステム^{5), 6), 7)}を拡張して工事計画作成システム^{8), 9)}を結合させたもので、従って、この2つのサブシステムから構成されている。

前者については、船舶のサイクル化の機能を付加した。

後者は、図-1の上図の形で工程を表わし、対応する資源量を下図に示す工程計画作成法である。図では大文字の工程種1日に使用する資材量を対応する小文字で表わしている。



3. ケース・スタディ

本章では、本システムで具体的に検討したケースのうちの1つをケース・スタディとして述べる。

3.1 前提条件

前提条件は、以下のとおりである。¹⁰⁾

3.1.1 対象時期

図-2で与えられる施工計画案をもとにして、工事計画作成システムより得られた結果である。直投用土運船および揚土用土運船が最も多くなる工事着工後4年目を対象時期とする。図で、左下りの斜線、右下りの斜線、点々の各領域は、各々、護岸部地盤改良区域、護岸部に隣接した先行サンドドレーン区域、埋立地内サンドドレーン区域である。

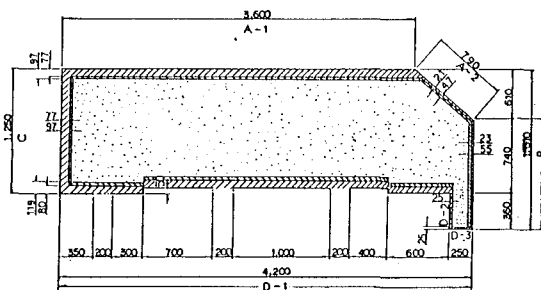


図-2 施工平面計画

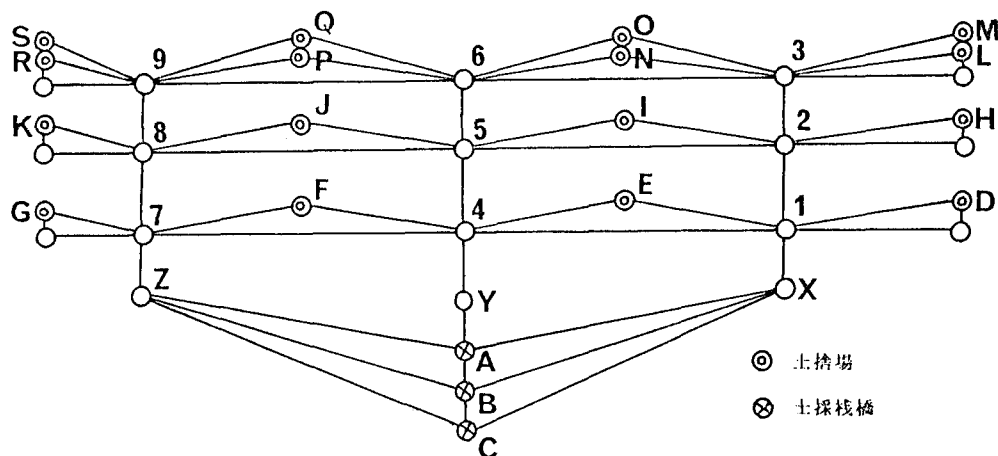


図-3 土運船運航経路

3. 1. 2 運航経路

土運船の経路は、図-3とする。ここで、⊙印は土採撿橋とし、A、B、Cの3ヶ所とした。⊙印は土捨場であり、D、E、…、Sの16ヶ所ある。

ここで、DEFGは直投1、HIJKは直投2、3、LNPRは直投4、MOQSは揚土である。

また、X、Y、Zは埋立区域の出入口であるが、タイプ1 X、Yの2ヶ所を入口とし、出口はZの1ヶ所のみとする。(図-4)

タイプ2 Xの1ヶ所のみ入口とし、Y、Zの2ヶ所を出口とする。(図-5)

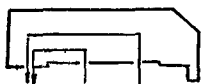


図-4 タイプ1

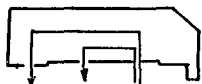


図-5 タイプ2

の2タイプの運航経路を検討した。従って、空港島内の埋立水域では、反時計回りに経路をつけた。

なお、図-3の距離は正しい縮尺で表示されていない。実距離は、図の横方向距離は、Dと1、1と4、4と7が各々700m、7とGが370mであり、縦方向の距離は、Xと1が420m、1とDが100m、Dと2が210m、2とHが100m、Hと3が160m、3とLが100m、LとMが50mである。土採撿橋A、B、Cと空港島の距離は各々、10km、20km、30kmとした。

3. 1. 3 対象土運船

直投に供する土運船の積載量を2500m³、揚土に供する土運船の積載量を3300m³とし、全長は

一律100mとした。航行速度は、空港島外では満載時6ノット、空船時7ノットとし、空港島内では各々3ノット、5ノットとした。空港島内では土運船は併航をせずに前方船と最小船間距離300mをとった。交差、合流、分岐部(図-3の数字で示される場所)でも船間距離300mを保つようにし、そこでは満載土運船を優先させた。

3. 1. 4 棧橋側の条件

土採撿橋は、空港島から10km離れた揚土用のA(揚土用土運船16隻就航)、20kmのB(直投3、4用土運船16隻就航)、30kmのC(直投1、2用土運船13隻就航)であり、ローダー能力は、A、Bでは10,000m³/H、各1基、Cでは1,900m³/Hを4基とした。従って、積込時間は、A、Cでは1船あたり約20分、Bでは約15分となるが、さらに接岸に要する時間10分を加えた。但し、既にバースに接岸して積込みを待つ場合の船舶の場合には接岸時間は加えないこととした。バース数は、A、B、C各々6、4、2である。

3. 1. 5 稼働時間

棧橋側の稼働時間は、6時から17時までとし、空港島内の稼働時間は、7時から17時30分までとした。但し、17時30分までに空港島に到着した土運船は空港島内で作業を終えて土採撿橋まで戻り、そこで待つこととした。

3. 1. 6 空港島内の作業時間

空港島内における土捨て作業時間は、一律に直投は20分、揚土は100分とした。

3. 2 主要な結果

ここでは、3.1の前提条件の下での主要な結果を2.1の①～⑦に沿って検討する。但し、条件外性的であることからについては検討できない。

3. 2. 1 空港島内における輻輳の程度

船舶運航	地点	タイプ1	タイプ2
シミュレーションの結果、土運船の待ちの生じた地点は表-1のとおりであり、輻輳度は、タイプ1, 2ともあまりかわらない。但し、当然ながら、	入口X	2.8秒(17%)	7.8秒(25%)
	入口Y	2.8秒(14%)	なし
	水域2	4秒(7%)	5秒(7%)
	水域3	4秒(8%)	3秒(3%)
	水域4	3秒(3%)	0秒(0%)
	水域5	5秒(8%)	5秒(8%)
	水域8	4秒(4%)	4秒(4%)
	直投H	3.4分(30%)	3.0分(30%)
	直投I	2.8分(23%)	1.8分(25%)
	直投J	1.4分(18%)	1.3分(18%)
	直投K	1.8分(19%)	1.8分(19%)
	直投P	1.5分(37%)	1.5分(29%)
	揚土M	6.0分(82%)	6.0分(82%)
	揚土Q	6.0分(81%)	7.2分(82%)
	揚土O	6.0分(81%)	6.0分(81%)
	揚土S	6.6分(78%)	6.0分(78%)

入口において、表-1 空港島内における平均待ち時間と待船率では、2つあるタイプ1の方が待ちが少い。

3. 2. 2 夜間停泊隻数

夜間作業	地点	タイプ1	タイプ2
禁止による夜間錨泊隻数は、表-2である。	A 桟橋	15.25隻	15.25隻
	B 桟橋	12.25隻	11.00隻
	C 桟橋	9.25隻	9.00隻
	開口部X	4.25隻	9.75隻
	開口部Y	4.00隻	なし

表-2 夜間錨泊隻数(日平均)

これより、各々の場所における泊地規模の必要量が算定可能であるが、タイプ1, 2であまり差が見られない。

3. 3 土採桟橋の空き時間

土採桟橋において、土運船が接岸していない時間は、ベルトコンベヤを止めるわけにはいかないことから、予備の土運船の必要隻数を算定するために、重要である。ここでは、一例として、各桟橋における空きの回数とその継続時間を表-3に示す。これは、シミュレーション5日目の1日の結果である。

	タイプ1	タイプ2
A	4回 0.01 0.06 0.01 0.36	1回 0.31
B	5 0.73 0.11 0.19 0.35 0.18	6 0.87 0.10 0.57 0.04 0.03 0.04
C	6 1.04 0.02 1.03 0.03 0.06 0.12	5 1.23 0.91 0.03 0.02 0.06

表-3 桟橋の空いている回数と継続時間

4. あとがき

本システムは、大規模埋立工事における工事管理システムおよび運航管理システムを目指したものであるが、管理までいかずに計画の段階に留まっている。

管理となると、年、月、週、日単位までと各段階の管理が考えられるが、本システムを少し改良するだけでマクロ的な管理は可能となろうし、そのあたりまでは今後もひき続きシステム開発を予定している。

本システムの開発にあたっては、運輸省第3港湾建設局関西空港計画室、日本埋立浚渫協会より多大の協力を受けた。ここに厚く感謝する。

参考文献

- 1) 大阪湾における海上交通の輻輳度解所調査、運輸省第3港湾建設局、1981。
- 2) 奥山育英：工事関係船舶の海上交通への影響、昭和57年度港湾技術研究所講演会講演集、pp.187～225、1982。
- 3) 奥山育英：大規模埋立工事における土砂等資材運搬船の運航に関する研究、土木計画学研究発表会講演集、pp.623～632、1983。
- 4) 海上交通安全調査報告書、日本海難防止協会、1984。
- 5) 奥山育英：海上交通シミュレーションの開発と応用、昭和54年度港湾技術研究所講演会講演集、pp.197～248、1979。
- 6) 奥山育英、藤原哲：海上交通のマクロ評価シミュレーション、第6回電算機利用に関するシンポジウム講演概要集、土木学会電算利用委員会、1981。
- 7) 奥山育英：ネットワークシミュレーション、日本航海学会誌「航海」、第80号、pp.20～27、1984。
- 8) 奥山育英、佐藤恒夫、中西克世：港湾工事等における工程計画作成手法の開発と応用、土木計画学研究発表会講演集、pp.633～637、1983。
- 9) 奥山育英、佐藤恒夫：座標式工程表による工程計画手法の開発、港湾技術研究所報告第23巻第3号、pp.187～234、1984。
- 10) 関西国際空港工事管理システム調査——工事管理システム調査報告書、日本埋立浚渫協会、1984。