



## V. 長期計画



## 第 V 編 長期計画

### 第 1 章 基本方針

#### 1-1 基本方針

スエズ運河を効率的、経済的に開発整備するためには、まず長期にわたる将来計画を策定することが不可欠である。その長期計画を作成するための基本方針を次のとおり設定する。

- ① 現実の自然条件（地形、緑地など）、社会条件（市街地、道路など）、経済条件（世界貿易、海運市況など）、のもとで理想的な将来の発展の方向づけを行なう。
- ② 15～20年先の将来の通航需要量、船型の見通しのもとに策定する。
- ③ 運河利用者の要請と運河整備のための投資効果との整合性を保つ。

長期計画の段階では、運河の全体像を明瞭にすることに主眼をおき、詳細に経済的、技術的に検討することよりも先見性を重視した計画とする。長期計画を具体化する実施計画（5ヶ年程度の短期計画）では長期計画の目標に向けて経済的、技術的に十分に検討し、評価する必要がある。その際にも実施（短期）計画の経済性にこだわり過ぎて長期計画の基本を誤まらないようにしなければならない。長期計画は短期計画の集積であるが、短期計画の最適化が長期計画を最適にすることは限らないので、常に長期計画の最適化を基本にした計画とすべきである。

#### 1-2 計画目標

計画は、科学的な現象解析と将来予測を基礎にして、計画者の理想と政策を入れて目標を設定すべきである。今回のフィージビリティ・スタディでは、先に実施した事前スタディ（1979年10月プログレスレポート）の結果と当計画調査団とSCAとの協議の結論にしたがって次のとおり計画目標を定める。

- ① 計画目標年次を2000年とし、それまでに予測される運河通航需要に対応できるように計画する。
- ② 運河の通航対象船型は、運河の拡張が経済的に成立する可能性のある最大船型とする。
- ③ 運河は、国際航海原則にしたがって右側通航とし、南航は西側水路、北航は東側水路を通航する。

## 第 2 章 基本計画

### 2-1 長期計画の設定

運河の通航需要予測では、通航隻数は、1990年に100隻/日を越え、1995年に120隻/日、2000年には、およそ140隻/日に達する見込みであり、運河通航可能隻数の検討（第VI、VII編）の結果、1990年代の前半には完全複線水路が必要となる。

### 2-2 運河の通航対象最大船型

運河断面を決定するための最大船型は、将来の船型の予測が困難であるために、現在の世界の大型船の船型構成をもとにして設定する。表5-2-1は世界のタンカーの船型別の隻数である。この表より、大型タンカーでは隻数において20～25万DWTが最多で、DWTの合計において25～30万DWTが最大であり、30万DWT以上は隻数、DWT合計ともに極端に少なくなっている。したがって、満載タンカーが通航する東側（北航）水路の対象船型は25万DWTまたは30万DWTのいずれかが適当である。一方、建設費の面からは、30万DWTを対象とする運河断面は、これまでの投資規模からみて過大であるので、より実現性の高い25万DWTを対象船型に選定する。西側（南航）水路は、通常の場合にはVLCCが満載状態で通航する可能性がないので、東側水路よりも小さな断面で通常の通航が予想されるすべての船型が通航可能となるので対象船型は通常に通航が予想される最大船とする。

表 5 - 2 - 1 世界のタンカーの船型別隻数

Size Group DWT.	Total	
	No.	DWT.
10,000/ 19,999	447	7,029,680
20,000/ 24,999	303	6,596,496
25,000/ 29,999	245	6,767,544
30,000/ 34,999	259	8,330,602
35,000/ 39,999	159	5,903,374
40,000/ 44,999	68	2,880,176
45,000/ 49,999	78	3,786,724
50,000/ 59,999	147	7,960,325
60,000/ 69,999	120	7,769,763
70,000/ 79,999	136	10,174,027
80,000/ 99,999	241	21,439,902
100,000/149,999	269	33,438,746
150,000/199,999	83	13,729,670
200,000/249,999	313	70,481,434
250,000/299,999	276	73,439,273
300,000/349,999	51	16,213,164
350,000/399,999	30	10,990,128
400,000 & Over	30	13,307,687
Total	3,255	320,238,705

Source: John I. Jacobs & Co., Ltd., World Tanker Fleet Review, As at 31.12.1978.

### 2-3 運河断面計画

#### (1) 東側水路

運河断面の設計条件に必要な数値は対象船舶のDWTではなく、吃水と船幅である。この吃水と船幅は表5-2-2, 3に示すとおり同じ船型でも最大値と最小値とのひらきが約20%もあり、対象船型25万DWTに相当する吃水と船幅は一定していない。そのためほぼ平均的な数値で、端数のない吃水68フィートと船幅180フィートを設計値として採用する。これからDWTを逆算すると25万DWTよりも若干大きくなり約26万DWTに相当する。

運河断面は、Area ratioを4.8, Lane ratioを2.6とし、スコット、アンダーキール、クリアランスと埋没に対する余裕深さなどを考慮すると、

水深	24.0 m
幅員 (-11.0 m レベル)	240.0 m

となる。法面勾配は第1期工事と同じく

Km 1.5 ~ Km 61.0	1 : 4
Km 61.0 ~ Km 161.0	1 : 3

となる。

表 5 - 2 - 2 タンカーの船型一吃水

DIVISIONS IN FLEET	NUMBERS OF SHIPS IN DIVISIONS OF GROSS TONNAGE																DIVISIONS IN FEET	
	5,000 -9,999	10,000 -19,999	20,000 -29,999	30,000 -39,999	40,000 -49,999	50,000 -59,999	60,000 -69,999	70,000 -79,999	80,000 -89,999	90,000 -99,999	100,000 -109,999	110,000 -119,999	120,000 -129,999	130,000 -139,999	140,000 & above	SUMMER DRAUGHT	SUMMER DRAUGHT	
20- 21	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	20- 21	..	
22- 23	27	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	22- 23	..	
24- 25	65	1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	24- 25	..	
26- 27	45	20	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	26- 27	..	
28- 29	85	56	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	28- 29	..	
30- 31	12	444	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	30- 31	..	
32- 33	3	212	3	1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	32- 33	..	
34- 35	..	162	93	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	34- 35	..	
36- 37	..	106	183	7	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	36- 37	..	
38- 39	..	13	128	87	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	38- 39	..	
40- 41	..	..	28	133	36	1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	40- 41	..	
42- 43	..	..	4	95	55	1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	42- 43	..	
44- 45	..	..	..	14	81	25	..	..	..	..	..	..	..	..	..	44- 45	..	
46- 47	..	..	1	7	53	27	..	..	..	..	..	..	..	..	..	46- 47	..	
48- 49	..	..	..	1	32	39	15	3	1	..	..	..	..	..	..	48- 49	..	
50- 51	..	..	..	..	6	29	11	9	6	..	..	..	..	..	..	50- 51	..	
52- 53	..	..	..	..	..	3	11	10	1	..	..	..	..	..	..	52- 53	..	
54- 55	..	..	..	..	..	6	85	40	4	3	..	..	..	..	..	54- 55	..	
56- 57	..	..	..	..	..	2	8	22	17	1	1	..	..	..	..	56- 57	..	
58- 59	..	..	..	..	..	..	1	4	5	6	4	..	..	..	..	58- 59	..	
60- 61	..	..	..	..	..	..	..	1	7	11	5	..	..	..	..	60- 61	..	
62- 63	..	..	..	..	..	..	..	1	3	35	41	21	13	..	..	62- 63	..	
64- 65	..	..	..	..	..	..	..	..	2	12	44	60	59	14	..	64- 65	..	
66- 67	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	24	59	31	30	2	66- 67	..	
68- 69	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	5	20	40	15	3	68- 69	..	
70- 71	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	3	..	8	22	4	70- 71	..	
72- 73	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	11	11	76	72- 73	..	
74- 75	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	20	74- 75	..	
76- 77	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1	76- 77	..	
78- 79	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1	78- 79	..	
80 & above	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	24	80 & above	..	

Source: Lloyd's Register of Shipping, Statistical Tables 1978

表 5-2-3 タンカーの船型一船巾

DIVISIONS IN FEET	NUMBERS OF SHIPS IN DIVISIONS OF GROSS TONNAGE																	DIVISIONS IN FEET
	6,000 -9,999	10,000 -19,999	20,000 -29,999	30,000 -39,999	40,000 -49,999	50,000 -59,999	60,000 -69,999	70,000 -79,999	80,000 -89,999	90,000 -99,999	100,000 -109,999	110,000 -119,999	120,000 -129,999	130,000 -139,999	140,000 & above	EXTREME BREADTH		
50-54	11	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		...	...
55-59	36	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	55-59
60-64	132	8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	60-64
65-69	37	116	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	65-69
70-74	19	358	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	70-74
75-79	2	165	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	75-79
80-84	...	206	30	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	80-84
85-89	...	145	139	7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	85-89
90-94	...	10	127	2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	90-94
95-99	...	6	59	3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	95-99
100-104	...	...	71	94	3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100-104
105-109	...	...	10	144	18	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	105-109
110-114	...	...	...	20	19	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	110-114
115-119	...	...	1	43	30	2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	115-119
120-124	...	...	2	23	91	25	3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	120-124
125-129	...	...	...	9	77	71	16	2	1	...	...	...	...	...	...	...	...	125-129
130-134	...	...	...	...	25	19	41	14	...	...	...	...	...	...	...	...	...	130-134
135-139	...	...	...	...	...	13	57	10	3	...	...	...	...	...	...	...	...	135-139
140-144	...	...	...	...	...	1	13	36	4	4	...	...	...	...	...	...	...	140-144
145-149	...	...	...	...	...	1	1	20	23	5	4	6	...	...	...	...	...	145-149
150-154	...	...	...	...	...	...	...	3	12	25	...	...	...	...	...	...	...	150-154
155-159	...	...	...	...	...	...	...	...	8	39	35	41	...	...	...	...	...	155-159
160-164	...	...	...	...	...	...	...	...	...	8	20	27	11	...	...	...	...	160-164
165-169	...	...	...	...	...	...	...	...	2	2	11	3	19	4	...	...	...	165-169
170-174	...	...	...	...	...	...	...	3	...	...	27	47	82	39	17	...	...	170-174
175-179	...	...	...	...	...	...	...	5	2	1	32	46	38	22	22	...	...	175-179
180-184	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	4	5	11	...	...	...	...	180-184
185-189	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	185-189
190-194	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	190-194
195-199	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	195-199
200 & above	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	200 & above

Source: Lloyd's Register of Shipping, Statistical Tables 1978

なお、護岸の位置は、将来さらに30万DWTを対象とする断面に拡張する必要性が生じたときに、護岸の移設を必要としないように、30万DWTの設計巾員260m（-11.0レベル）を考慮して東側護岸法線を20m後退して計画する。

(2) 西側水路

西側の南航水路を通常に通航する船舶のうちの最大吃水の船舶は50,000GTコンテナ船であり、吃水は43フィートである。空船のタンカーは現存の最大タンカーでも40フィートで航行が可能であり、満載50,000GTコンテナ船よりも小さいが、船幅は、203フィートで最大である。

運河断面は、Area ratioを4.6、Lane ratioを2.7とし、スコット、アンダーキール・クリアランスと埋没に対する余裕を考慮して、

水深	-16.0 m
幅員（-11.0 mレベル）	200.0 m

とする。

(3) ポートサイド アプローチ・チャンネル

アプローチ・チャンネルは運河内と異なる気象、海象条件を考慮して次のような断面とする。

	西側航路	東側航路
水深	-17.0 m	-25.0 m
最大幅員（底面）	880.0 m	800.0 m

(4) スエズ エントランス チャンネル

紅海側の運河から外海の所定の水深まで接続するエントランス・チャンネルはポートサイド アプローチ・チャンネルよりも漂砂による埋没が少ないことを考慮して次のような断面とする。

	西側水路	東側水路
水深	-16.0 m	-24.0 m
幅員（底面）	430.0 m	390.0 m

(5) グレートビター湖内の水路

グレートビター湖内の水路は、波と漂砂の影響がないので水深を1m浅くする以外はスエズ エントランス・チャンネルと同じとする。

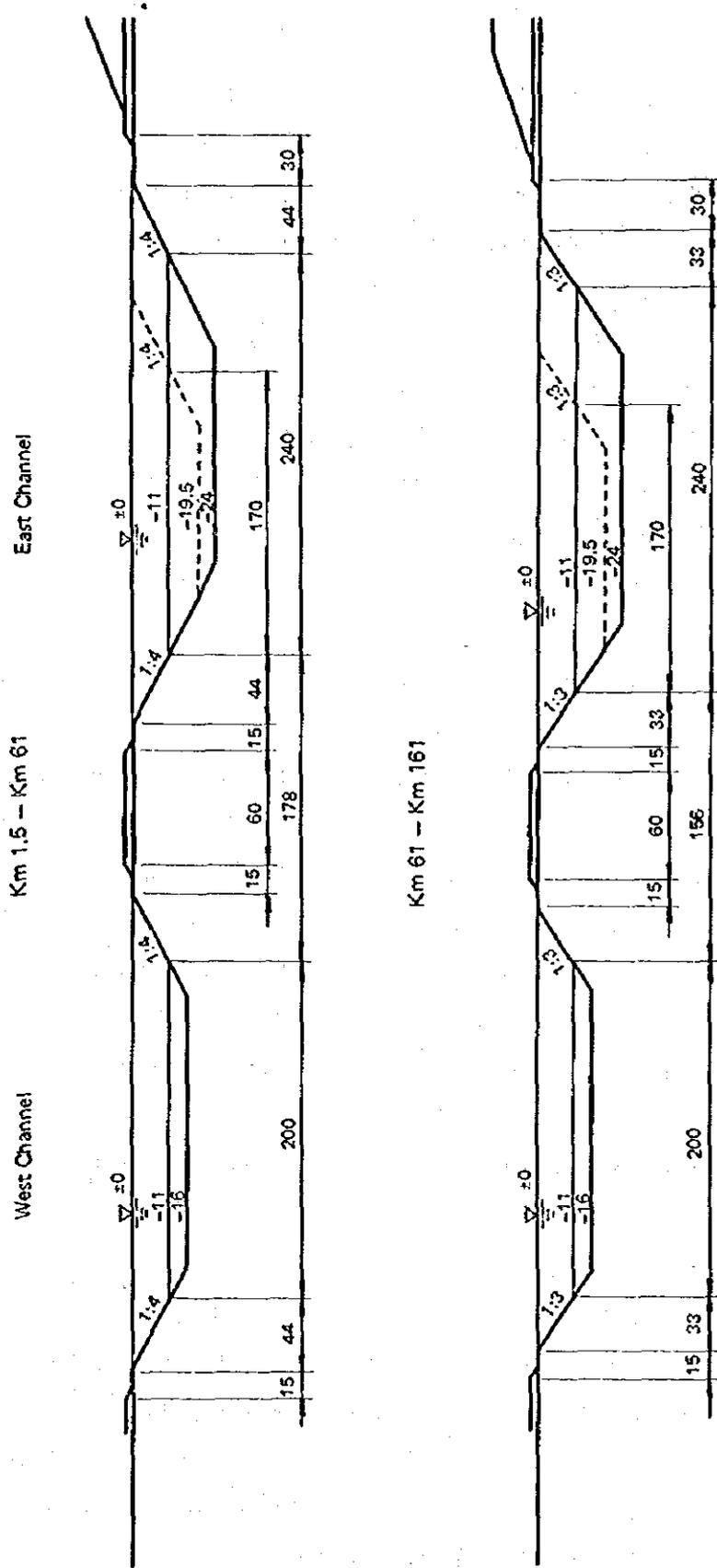


圖 5-2-1 運河標準断面

## 2-4 法線計画

運河法線を計画するにあたっては、特に次の事項に重視する。

- ① 運河航行の安全性を高めるために曲線部をできるだけ少なくする。
- ② 第Ⅰ期工事で拡張した既設水路をできるだけ東側水路に活用する。
- ③ 地形、緑地、市街地、などの自然条件、利用条件を配慮して路線を選定する。

以上にしたがって作成した計画法線は図5-2-2のとおりである。

### (1) Km 1.5 ~ Km 16.0

この区間には、将来、既存の2本の水路の他に水路がもう1本必要になる。

もし、この区間が、第Ⅰ期工事後の2本の水路では、ポートサイド港内がマスタープランの断面に拡張できない浅くて狭い水路として残るために利用上で複線化の効果が半減する。そのために将来マスタープランの断面に拡張することが可能である第3の水路が必要となる。この水路は浚深土量を節減することと、東防波堤の配置から現ポートサイド・バイパスの西側に新設することが望ましい。

### (2) Km 16.0 ~ Km 53.0

この区間の現水路の西側には道路と鉄道とポートサイドに生活用水を送っている導水路が通っている。もし、この西側に新水路を堀削すると、工事に先がけてこれらを移設する必要がある。しかし、移設するためには相当の長期間を必要とし、新水路の開通時期がその分だけ遅れ、計画の遂行が制約されるので、新水路は西側を避けて東側に計画する。

東側に新水路を計画する場合、バラ (Ballah) バイパスとの接続部では、現水路に近付けるほど水路延長が短くなること、Km 32.5 付近では既設水路が広がって護岸が東側へ張り出しているため、その広がり幅だけ新水路を東側に寄せて、そのままの直線で延長してポートサイド バイパスに直結する。その結果、新水路の法線は既設水路と平行ではなく、バラ (Ballah) バイパスから北に向うにしたがって両水路の間隔が広がるようになる。そのために、Km 16 付近の東西両水路の合流部では両水路の中心間隔が広く開くことになり、複線水路の開通後に予想される南北航の船舶がすれちがう際の水理干渉による接触事故の不安が緩和できる。

### (3) Km 57.5 ~ Km 73.5

この区間は西側に新水路を計画することにより、陸上堀削と浚深の土量を東側よりも大巾に節減することができる。さらに、現水路の4カーブを2カーブに改良することができて航行安全上でのメリットも大きい。しかし、道路と鉄道を移設しなければならないが、この区間の移設はKm 16 ~ Km 53 の場合よりも導水路がないこと、地盤が良いことなどにより容易であり、移設等のマイナスよりも土量の節減とカーブの減少による経済面、安全面のメリットが大きいため西側に新水路を計画する。

### (4) Km 72.5 ~ Km 94.5

この区間は、新水路を西側に計画すると、水路延長が長くなり、曲線部の多い線型となるために、東側に計画する。

(5) Km134.5 ~ Km145.0

この区間は、新水路を西側に計画することにより、陸上掘削と浚渫の土量を節減することができて経済的である。また、Km142付近で運河の地下を横断する Ahmed Hamdi トンネルの設計条件が西側に水路を新設することにして施工されていることでもあり、西側に水路を計画する。こゝでも道路、鉄道とスエズ市に送水する導水路を移設する必要があるが、工程的に十分に余裕があり、事前に移設を完了することができる。

(6) Km145 ~ Km161

この区間はスエズの市街地とスエズ港の配置から西側に新水路を計画することは不可能であり、東側に計画する。

(7) ポートサイド アプローチ チャンネルおよびスエズ エントランス チャンネル第Ⅰ期工事で拡張した航路を有効に活用して東側水路とし、西側に新航路を計画する。

2-5 工事量

2-5-1 工事数量

(1) 陸上掘削工事

陸上掘削土量は第Ⅰ期工事の最中であり、正確な地形図が作成されていないので、現地の部分的な測量をもとに第Ⅰ期工事完了後の地形を仮定して算出した。土量算出の対象範囲は、西側水路では現水路から西側護岸の背後15mまで、東側水路では東側護岸の背後30mまで、浚渫工事との境界面は、Km16~Km42で+2.0m、Km42~Km145で+1.0m、Km143.5~Km161.5で±0mとした。

表5-2-4 陸上掘削土量

Km	Channel	Volume (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )
1.5 - 16	West	0
16 - 32.5	East	14,000
32.5 - 52	East	34,000
58 - 73.5	West	37,000
72.5 - 92	East	62,000
134.5 - 145	West	7,000
143.5 - 161.05	East	72,000
Total		226,000

## (2) 護岸工事

護岸工事には護岸撤去と護岸移設と護岸新設の三種類がある。護岸撤去は、いずれも新水路と既設水路に接続する区間である。護岸移設は、Km 134.5～Km 145の区間で、既設護岸の間隔が狭く、航路幅員を240mにするためには移設する必要がある。なお、バラ（Ballah）バイパスの西側水路でも護岸間隔が約10m不足するが、この程度の不足であれば、所定のArea ratioとLane ratioを確保するために、水深を深くするとか、法面勾配を少し変えるなどの工夫の余地があるので撤去延長に計上していない。

表 5-2-5 護岸工事延長

Km	Channel	Demolition	Relocation	Construction
1.5 - 16	West	1.5 km	km	28.0 km
16 - 32.5	East	1.5		28.0
32.5 - 52	East	1.5		36.4
58 - 73.5	West	2.4		31.0
72.5 - 92	East	2.4		40.0
134.5 - 145	West and East	2.1 (W)	11.5 (E)	21.0 (W)
143.5 - 161.05	East	2.1		36.0
Total		13.5	11.5	220.4

## (3) 浚渫工事

浚渫土量は新しく水路を浚渫する区間の断面では計画標準断面の土量と底面について0.5mの余堀土量を計算した。既設水路を拡巾、増深する区間の断面では、既設水路の実測深淺図または横断面図が未整備であるために第I期工事の標準断面図から土量を計算した。実際の水路の水深は標準断面図よりは深くなっているはずであるので、その標準断面と実断面との差の土量と余堀土量とを帳消しと考えて、余堀は計算していない。

表 5 - 2 - 6 浚渫土量

Km	West Channel	East Channel
	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$
1.5 - 16	61,700	30,200
16 - 32.5	5,300	90,700
32.5 - 52	7,500	116,400
51 - 58	4,300	16,100
58 - 73.5	57,200	24,800
72.5 - 94.5	4,500	117,100
94.5 - 134.5	50,300	70,100
134.5 - 145	40,300	20,100
145 - 161	5,000	94,800
Port Said Approach	51,600	129,800
Suez Approach	10,500	19,600
Total	298,200	729,800
Grand Total	1,028,000 $10^3 m^3$	

(4) その他の工事

マスタープランでは当然ポートサイド防波堤を計画しなければならないが、今回の調査時

表 5 - 2 - 7 関連施設の移設

Section	Work	Distance
Km 58 - Km 72.5	Relocation of Railways	19 km
	Relocation of Roads	19 km
Km 92.8	Extension of Siphon for sweet water	400 m
Km 134.5 - Km 145	Relocation of Railways	7 km
	Relocation of Roads	12 km
	Relocation of Sweet Water channel	7 km

点ではその必要延長の結論を出すための資料が不足しているのでこの検討はポートサイドパイパスが開通して、その新しい資料がそろうまで持ち越すことにして、ここには計上していない。

防波堤以外の工事として Km 58 ~ Km 73.5 区間と Km 134.5 ~ Km 145 区間の鉄道、道路、導水路の移設工事、Km 93 付近の送水用サイフォンの延伸工事などがある。

2-6 工事費

マスタープランの工事費は表5-2-8のとおりである。

表5-2-8 長期計画の工事費

Unit	Dry Excavation		Band Works		Dredging		Others		Remarks
	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C	
Km	10 <sup>5</sup> LE	10 <sup>5</sup> \$	10 <sup>6</sup> LE	10 <sup>6</sup> \$	10 <sup>6</sup> LE	10 <sup>6</sup> \$	10 <sup>6</sup> LE	10 <sup>6</sup> \$	
1.5- 16			11.1	4.6	28.3	16.0			
16 - 32.5	12.4	1.5	11.8	5.0	35.8	20.1			
32.5- 52	31.2	4.0	15.3	6.4	59.8	33.7			
52 - 58					16.5	9.2			
58 - 73.5	29.4	3.7	12.3	5.2	15.5	111.1	8.4		
72.5- 94.5	57.0	7.2	15.8	6.6	22.2	157.6			
94.5-134.5					32.1	228.1			
134.5-145	5.6	.7	15.7	6.6	13.9	98.7	4.1		
145 -161	66.8	8.4	14.2	5.9	36.0	270.4			
Port Said Approach					41.1	40.4			
Suez Approach					9.2	36.7			
Total	202.4	25.5	96.2	40.3	260.1* 50.3**	944.9* 77.1**	12.5		*Km 1.5-161 Total **Approach Total
Grand Total	L·C 621.5 × 10 <sup>6</sup> LE + 1087.8 × 10 <sup>6</sup> \$		F·C						≒ 2 × 10 <sup>9</sup> US\$

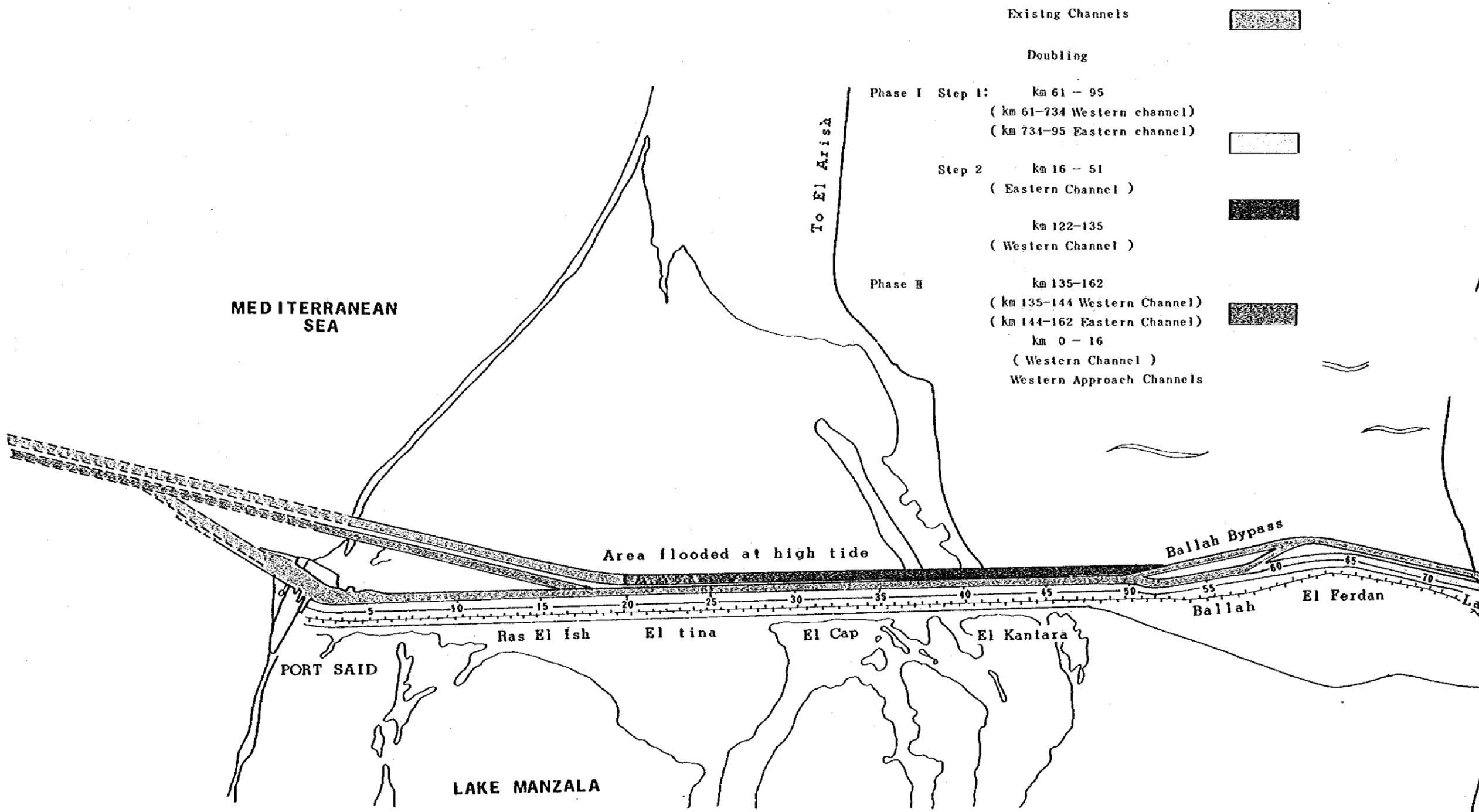
この工事費は1979年価格を基準とし、インフレによる価格上昇は含まないが、10%のコンテンツンを含む金額である。また、この工事費には、タグポート、航路標識などの施設費と、Km 93付近の送水用のサイフォンの費用は含んでいない。なお、この工事費の積算の根拠とした通貨の交換レートは0.69 LE = \$ 1 USD = 240円である。

マスタープランの総工事費は約20億US\$（ポートサイド防波堤工事費は除く）である。この内訳は浚渫工事が74%、陸上掘削工事が16%、護岸工事が9%とその他の工事が1%である。また、内、外貨比率は内貨が45%、外貨が55%である。

陸上掘削工事の工事費が比較的大きな比率を占めているが東側に新水路を掘削する区間では、第1期工事の陸削と浚渫の排出土砂が堆積しているところを掘削するために土量が多いことと、排送距離が長くなり施工単価が上ったことによる。

浚渫工事は次のことを考慮して工事費を積算している。①浚渫工事区間をSCAの直営工事区間と請負工事区間とに区別し、SCAの直営工事区間はKm 1.5～Km 61とポートサイドアプローチチャンネルのHm 80（第II期計画ではHm 50）から外海側とし、その他を請負工事区間とする。②浚渫はマスタープランの設計断面まで連続して施工するのではなくて、第II期計画の設計断面に施工し、第II期以降にマスタープランの設計断面まで施工することにして浚渫船の効率を加味して積算している。③浚渫単価は第I期工事の浚渫実績を根拠にして積算している。

浚渫工事費はドル換算で14.7億ドルであり、総浚渫土量の10.3億 $m^3$ に対して平均浚渫単価1.43 $\$/m^3$ となる。これを第II期計画と第II期計画以降に区分すると第II期計画では工事費6.34億ドルで土量5.56億 $m^3$ であり、平均単価1.14 $\$/m^3$ 、第II期計画以降では工事費8.36億ドルで土量4.72億 $m^3$ であり平均単価は1.77 $\$/m^3$ となる。第II期計画以降の単価は55%増の割高な単価となるが、これは浚渫断面の形状による浚渫効率とコンボイ通航の有無による運転時間の差と-20m以深には硬い地層が多くなっている地質調査の結果によるものである。



- Existing Channels
- Doubling
  - Phase I Step 1: km 61 - 95
    - ( km 61-734 Western channel )
    - ( km 734-95 Eastern channel )
  - Step 2 km 16 - 51
    - ( Eastern Channel )
    - km 122-135
      - ( Western Channel )
  - Phase II km 135-162
    - ( km 135-144 Western Channel )
    - ( km 144-162 Eastern Channel )
    - km 0 - 16
      - ( Western Channel )
      - Western Approach Channels

Single Channels



Doubling

km 61 - 95

(1-734 Western channel)

(34-95 Eastern channel)



km 16 - 51

(Western Channel)



km 122-135

(Western Channel)

km 135-162

(35-144 Western Channel)

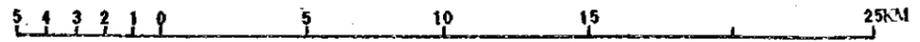
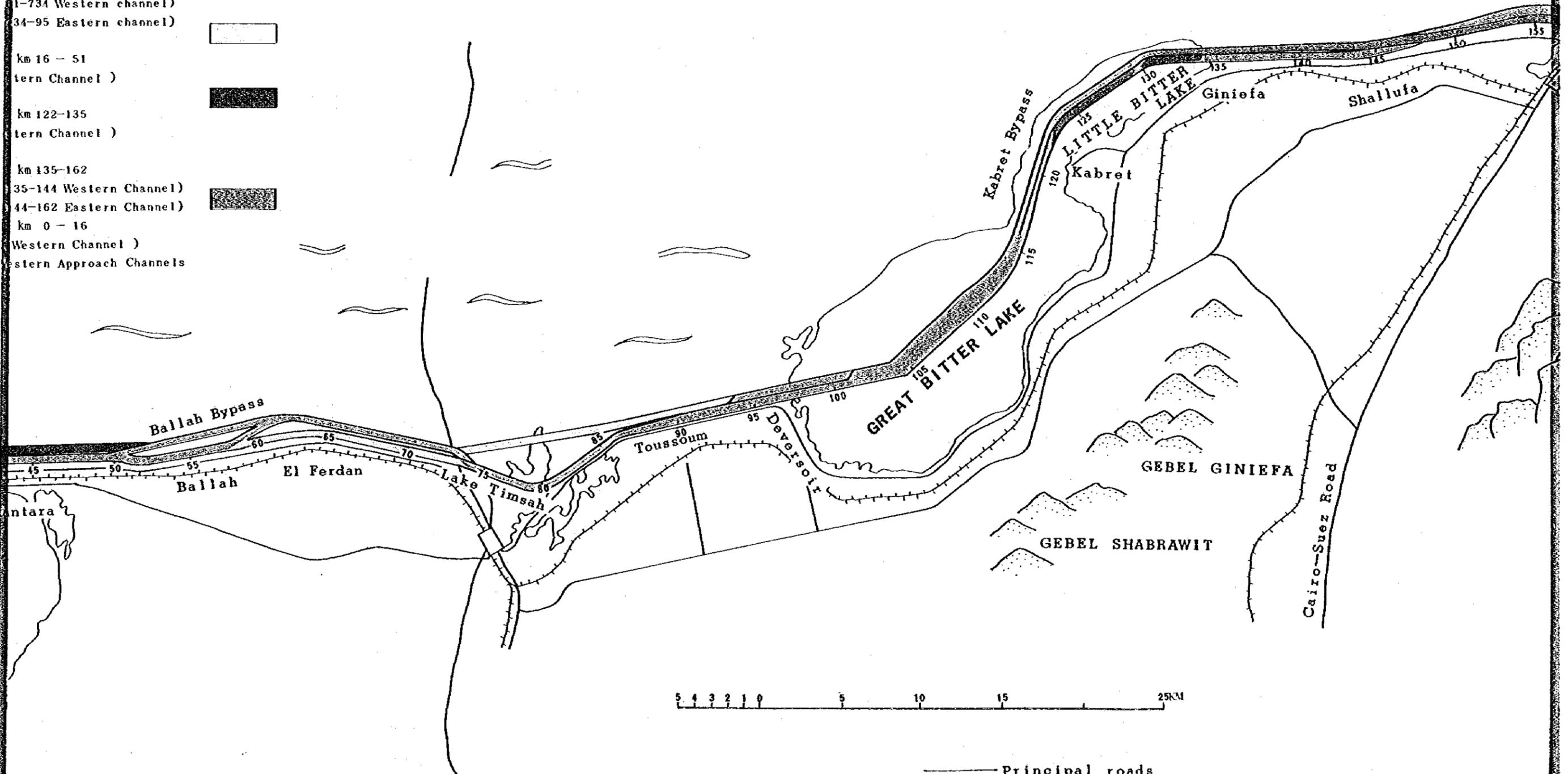
(44-162 Eastern Channel)



km 0 - 16

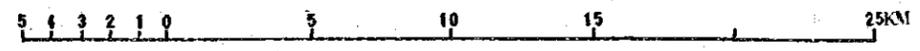
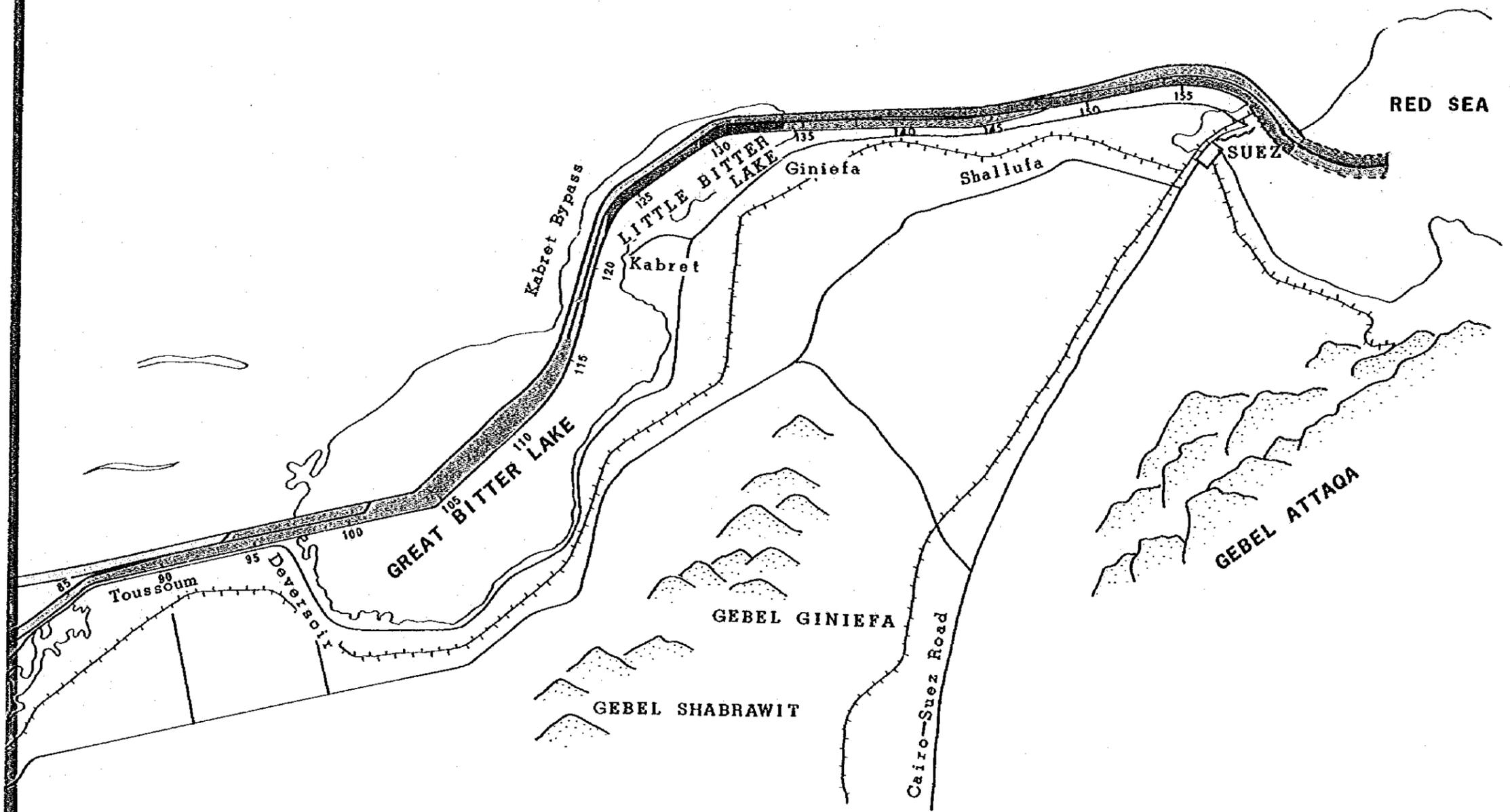
(Western Channel)

(Eastern Approach Channels)



— Principal roads

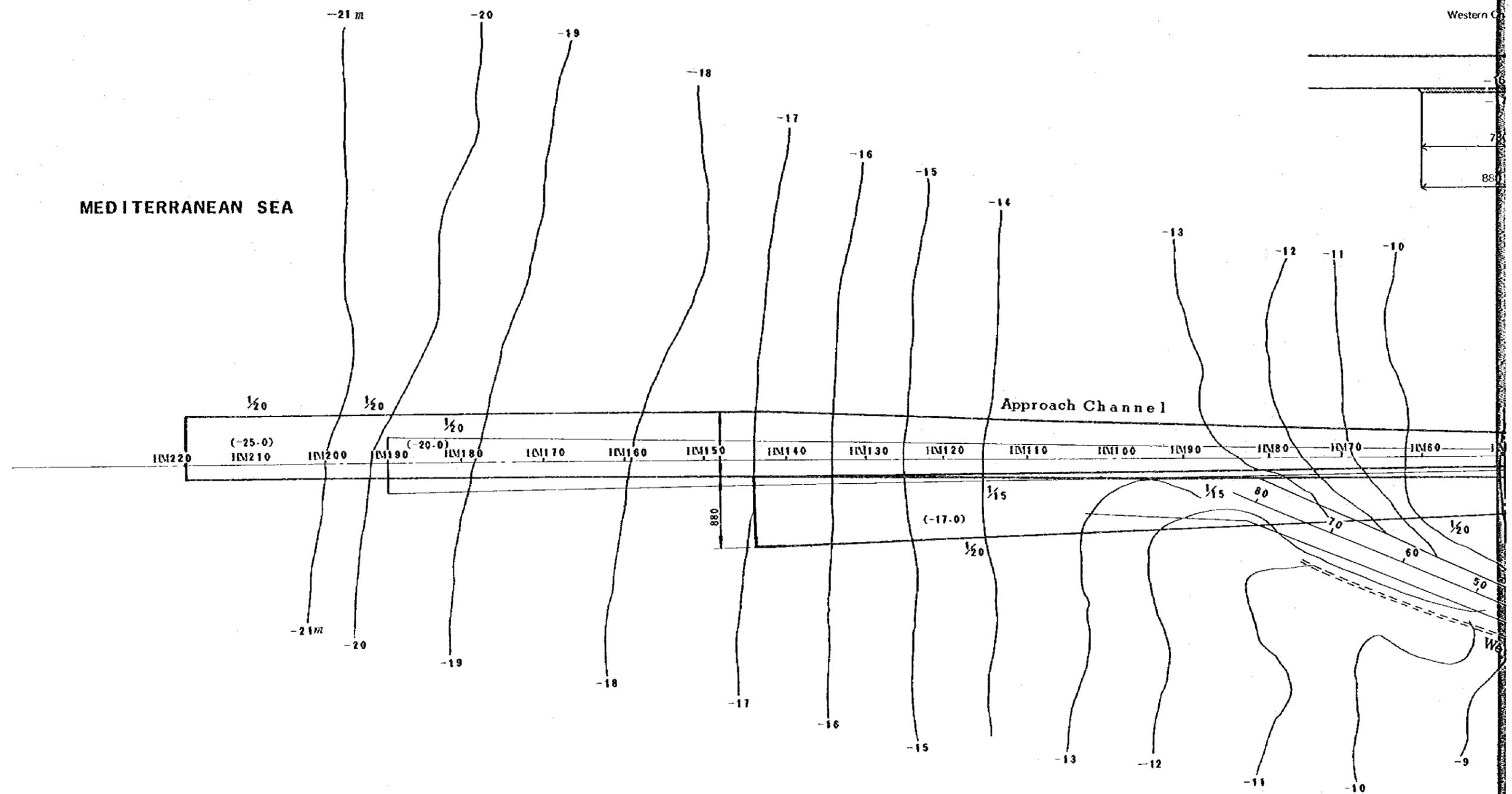
—+—+— Railways



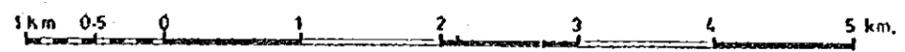
——— Principal roads  
 - - - - - Railways

图5-2-2 运河扩张计划图

MEDITERRANEAN SEA



- EXISTING CANAL SECTION
- MASTER PLAN CANAL SECTION
- + + + + + RAILWAY
- ROAD
- SWEET WATER CHANNEL



STANDARD CROSS SECTION

AT HM140  
(PORT SAID)

Western Channel Eastern Channel

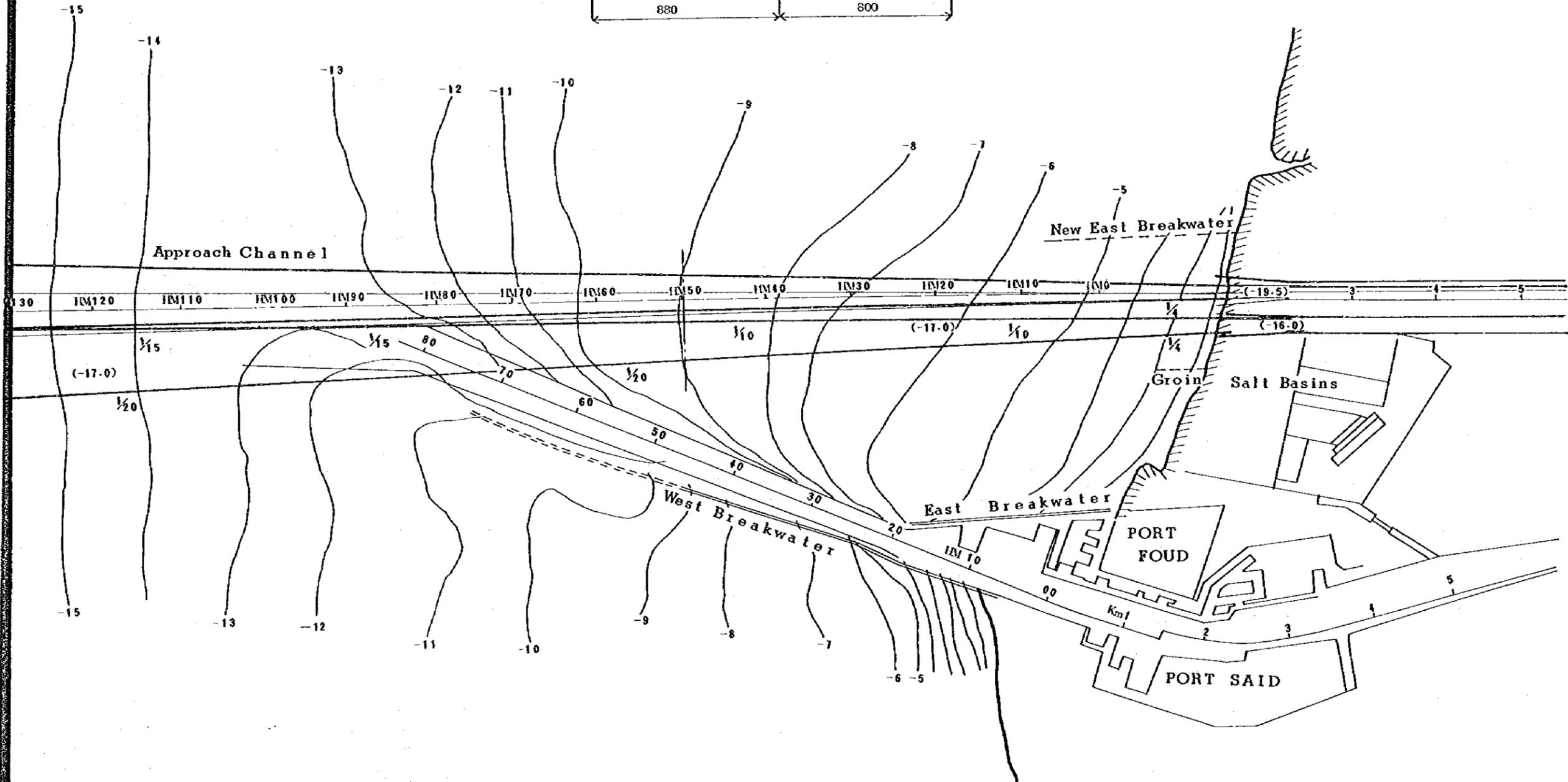
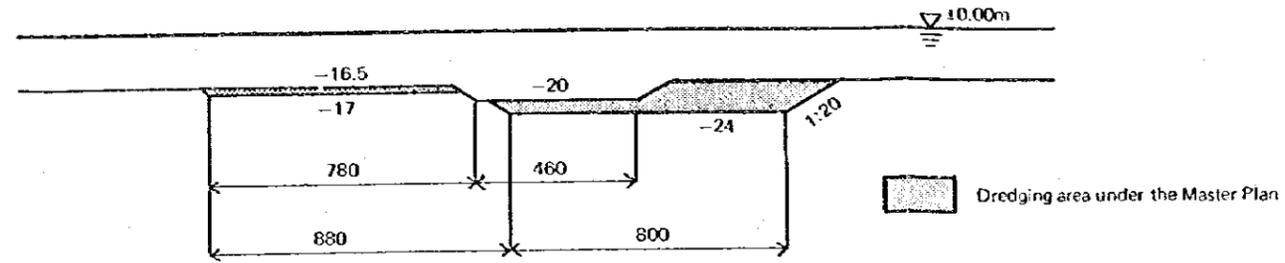
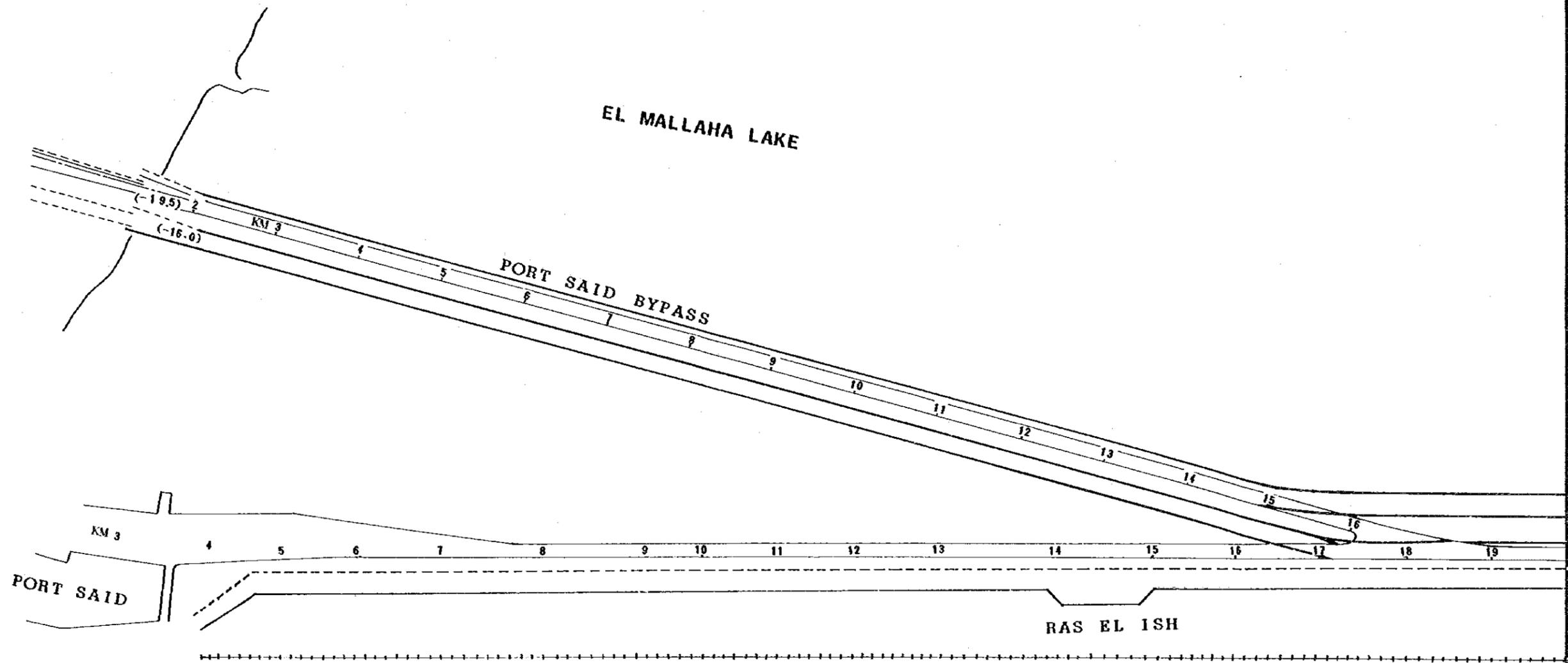
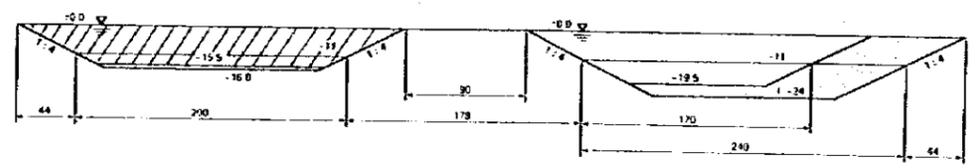


図5-2-3 運河拡張計画詳細図(1) HM220 to KM2

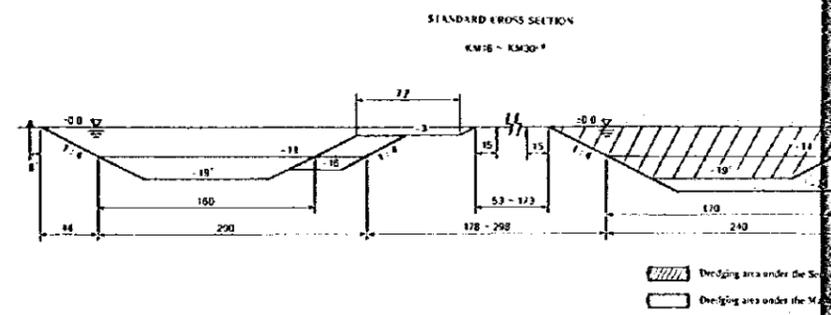
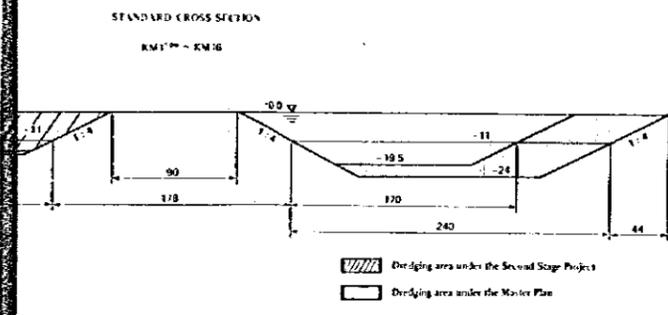
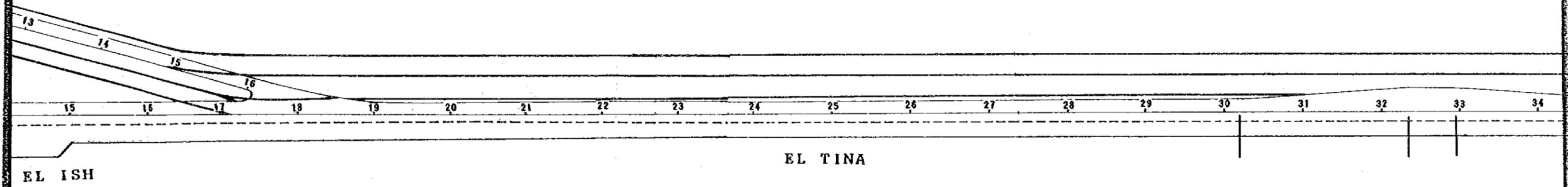
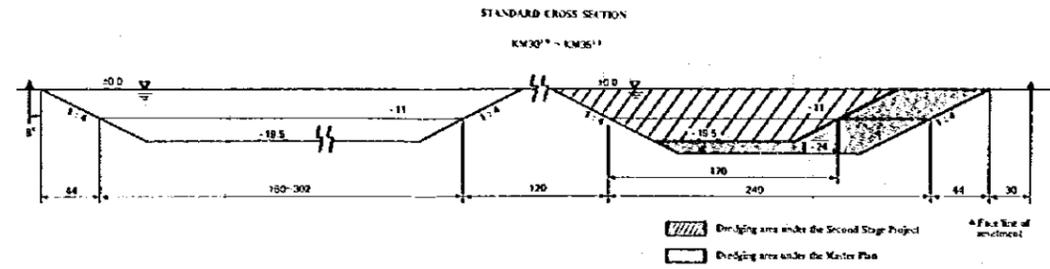


LAKE MANZALA

STANDARD CROSS SECTION  
KM 17 - KM 18

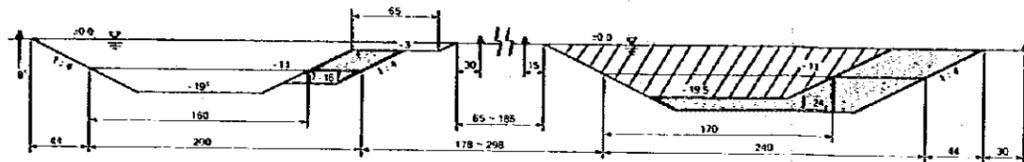
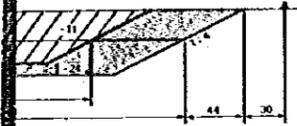


 Draining area under the Second Stage Project  
 Draining area under the Master Plan

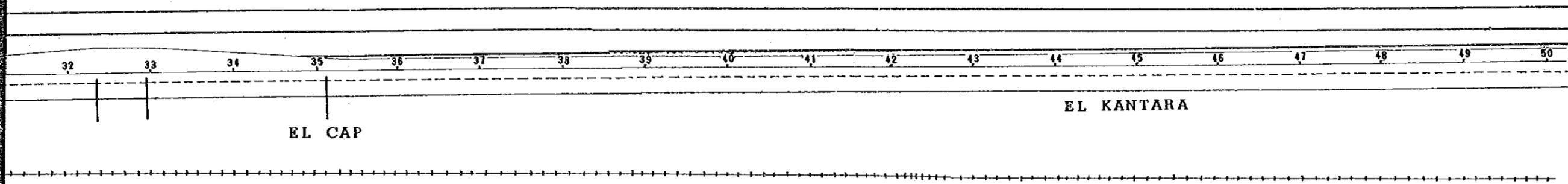




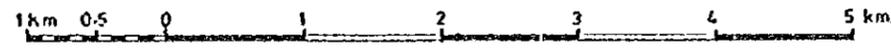
STANDARD CROSS SECTION  
KM05.1 - KM50



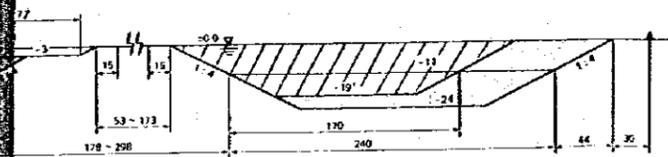
Drainage area under the Second Stage Project  
 Drainage area under the Master Plan



- EXISTING CANAL SECTION
- MASTER PLAN CANAL SECTION
- + + + + + RAILWAY
- ROAD
- SWEET WATER CHANNEL



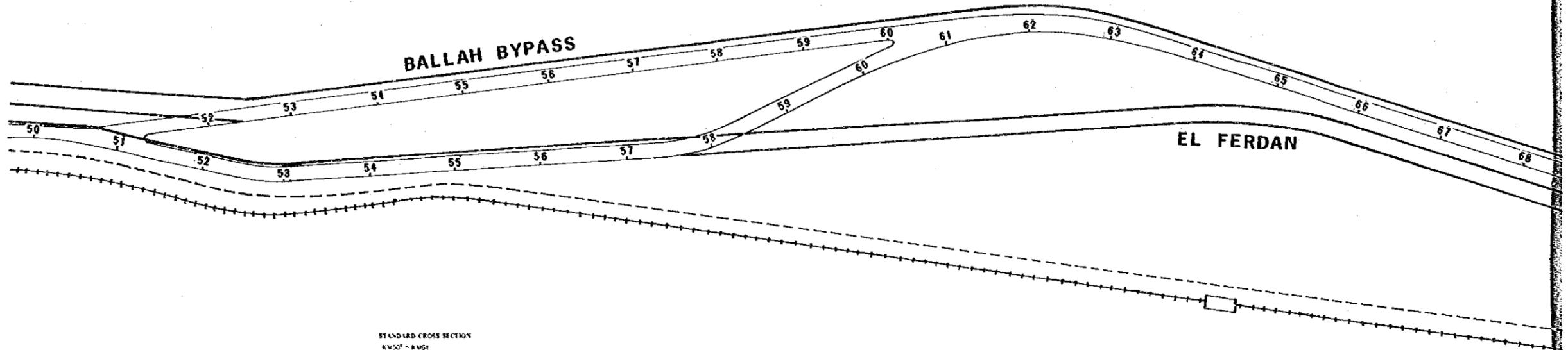
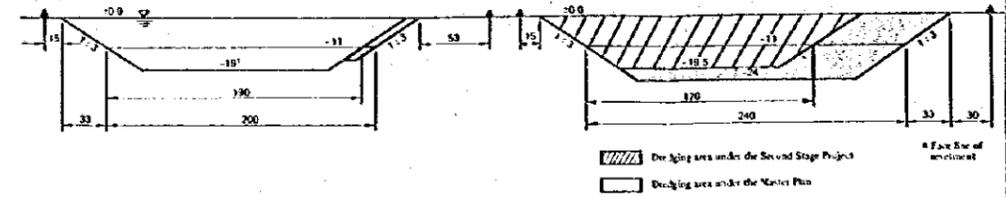
STANDARD CROSS SECTION  
KM15 - KM30



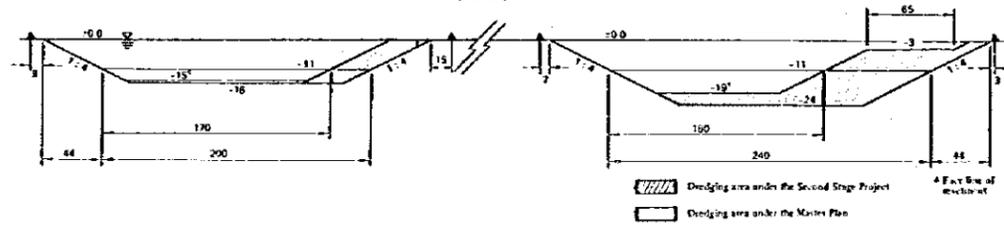
Drainage area under the Second Stage Project  
 Drainage area under the Master Plan

図5-2-3 運河拡張計画詳細図(2) KM0.0 to KM50

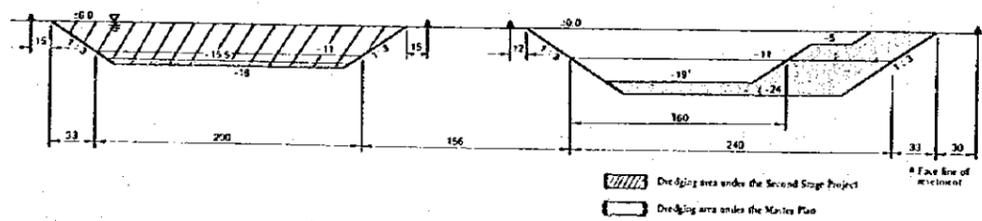
STANDARD CROSS SECTION  
KM73 - KM78



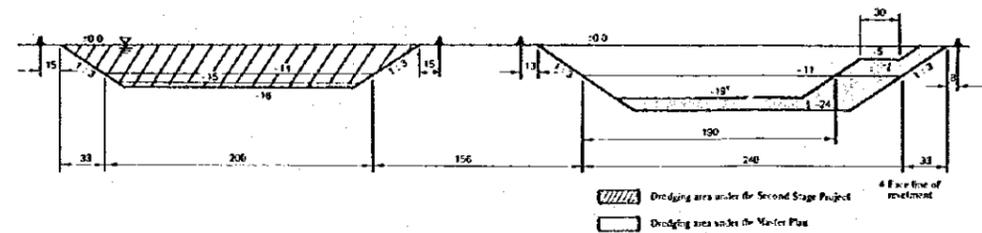
STANDARD CROSS SECTION  
KM507 - KM512 (BALLAH)



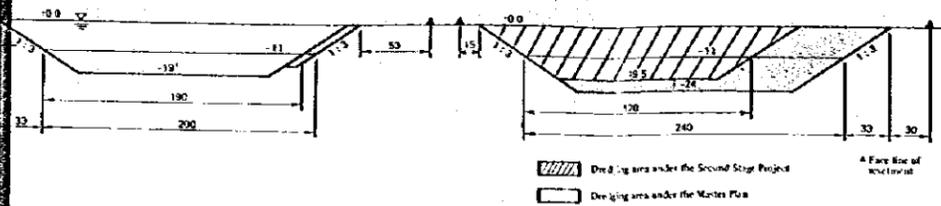
STANDARD CROSS SECTION  
KM51 - KM70\*\*



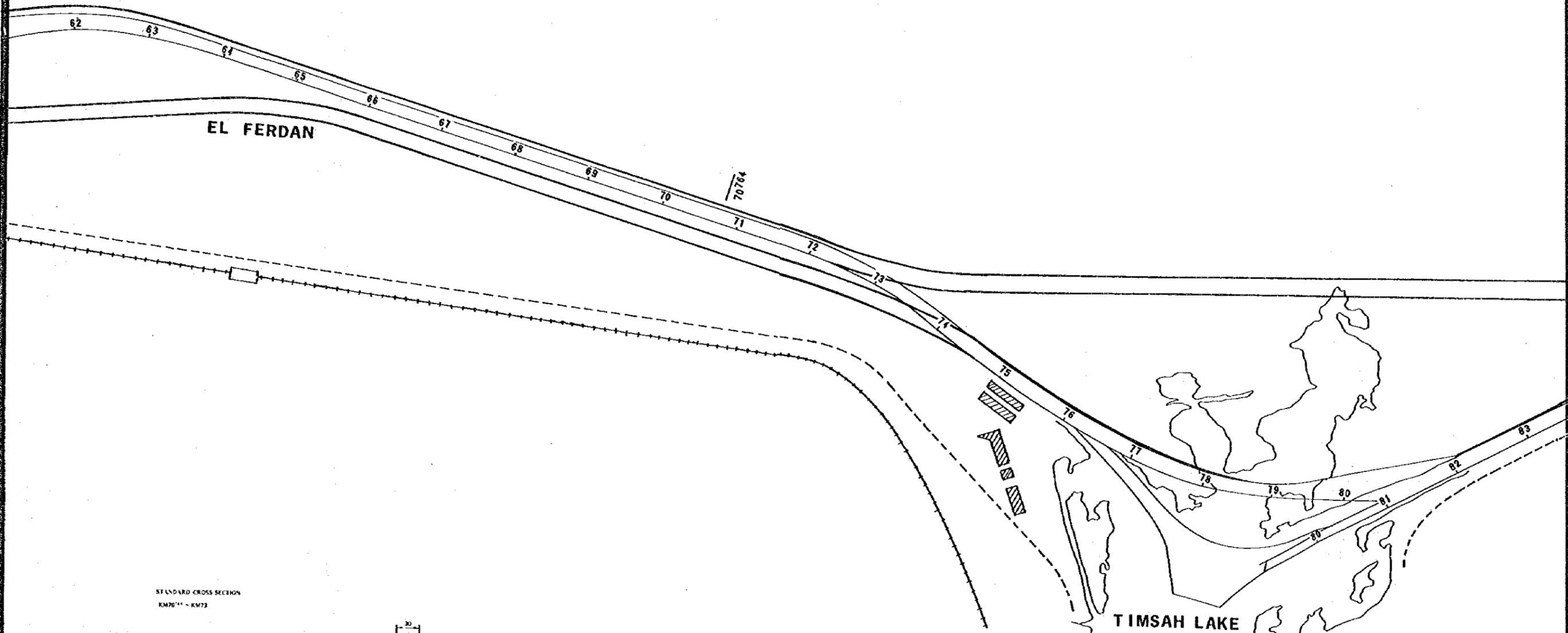
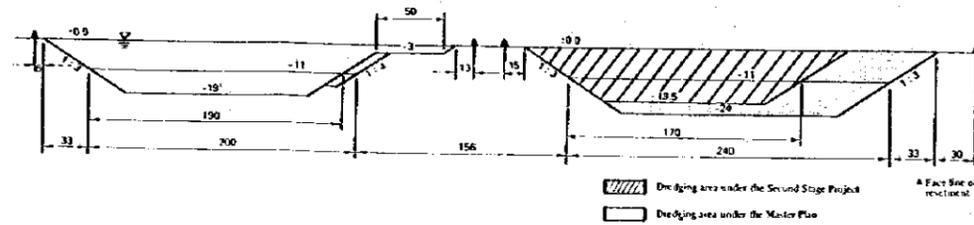
STANDARD CROSS SECTION  
KM70\*\* - KM73



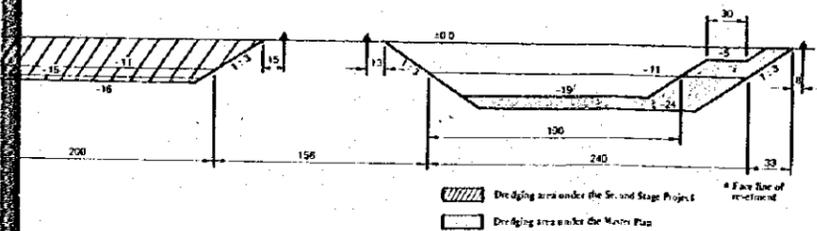
STANDARD CROSS SECTION  
KM73 - KM78



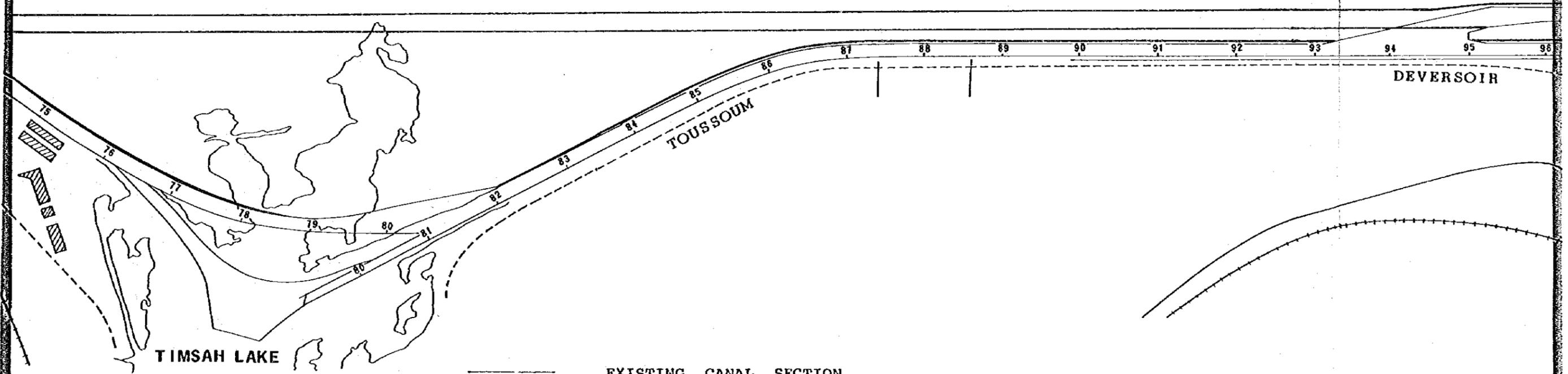
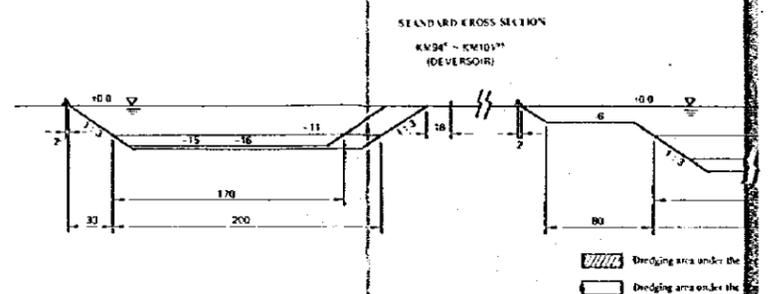
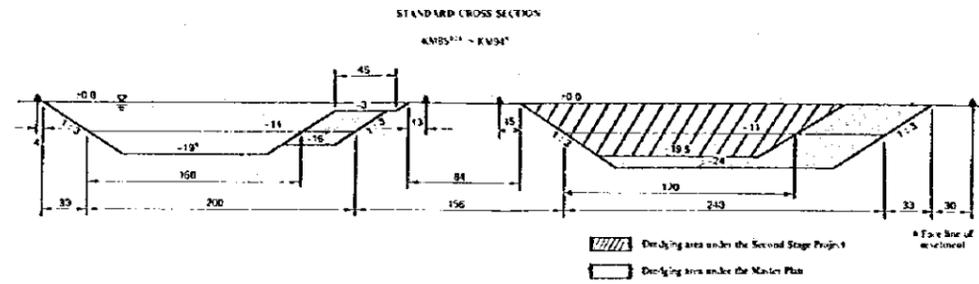
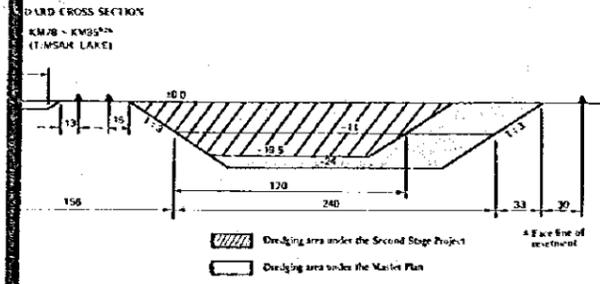
STANDARD CROSS SECTION  
KM78 - KM99 (TIMSAH LAKE)



STANDARD CROSS SECTION  
KM76 - KM73



1 km 0.5



- EXISTING CANAL SECTION
- MASTER PLAN CANAL SECTION
- + + + + + RAILWAY
- ROAD
- SWEET WATER CHANNEL

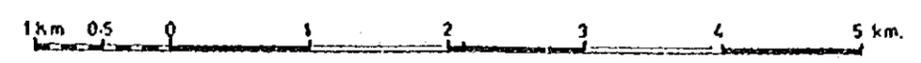
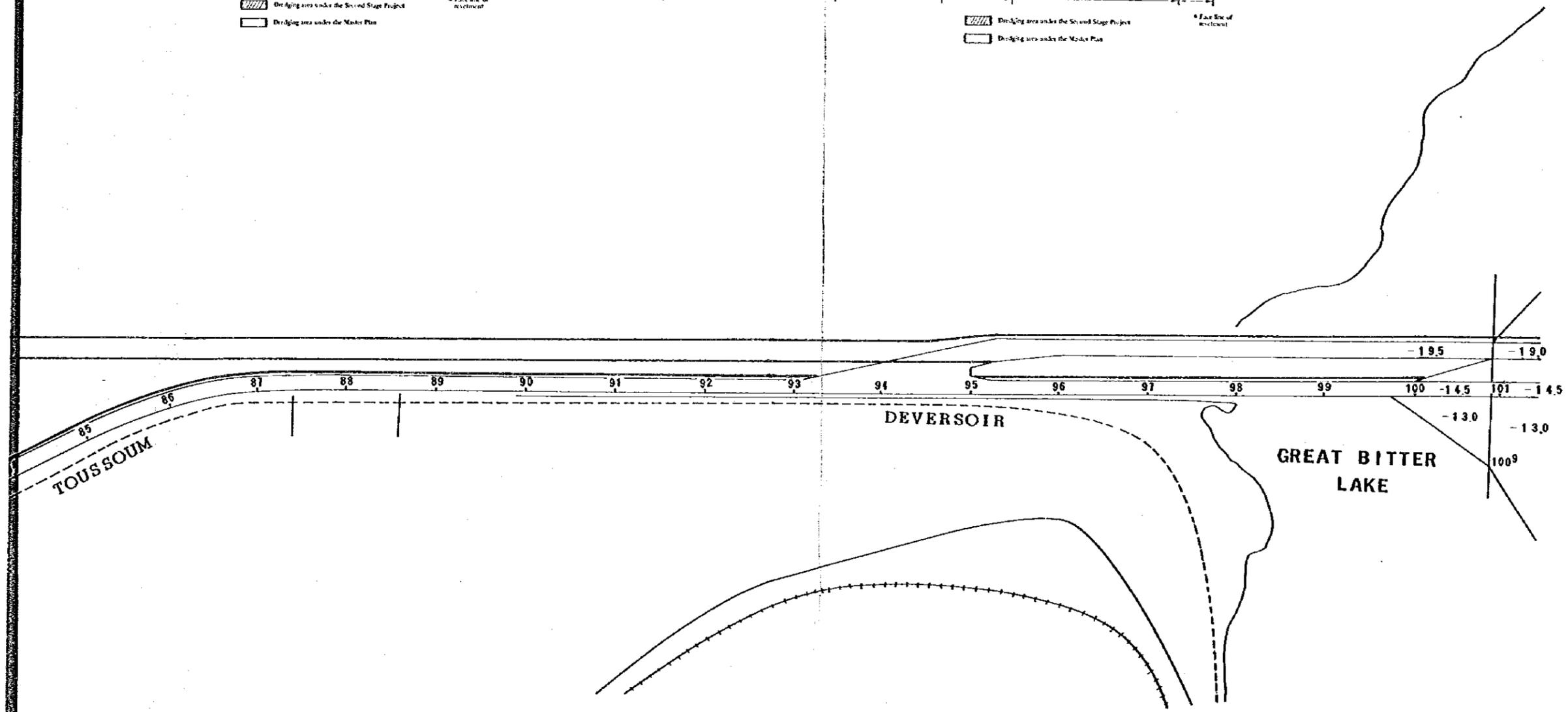
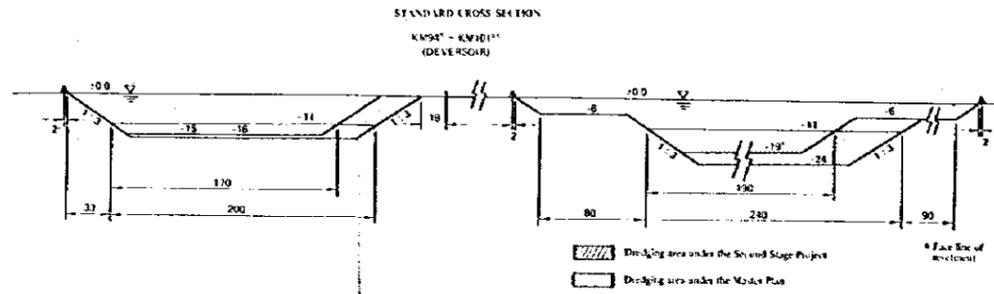
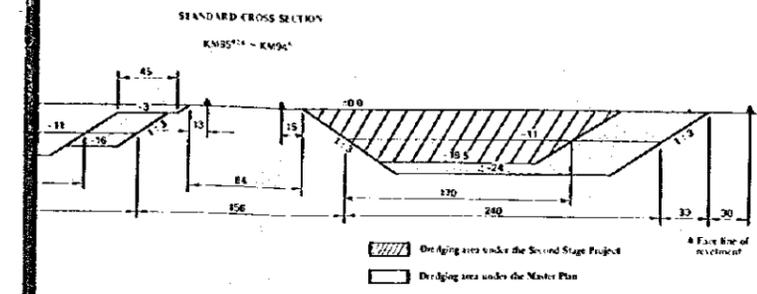


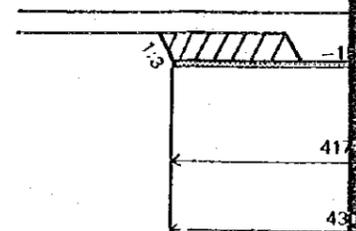
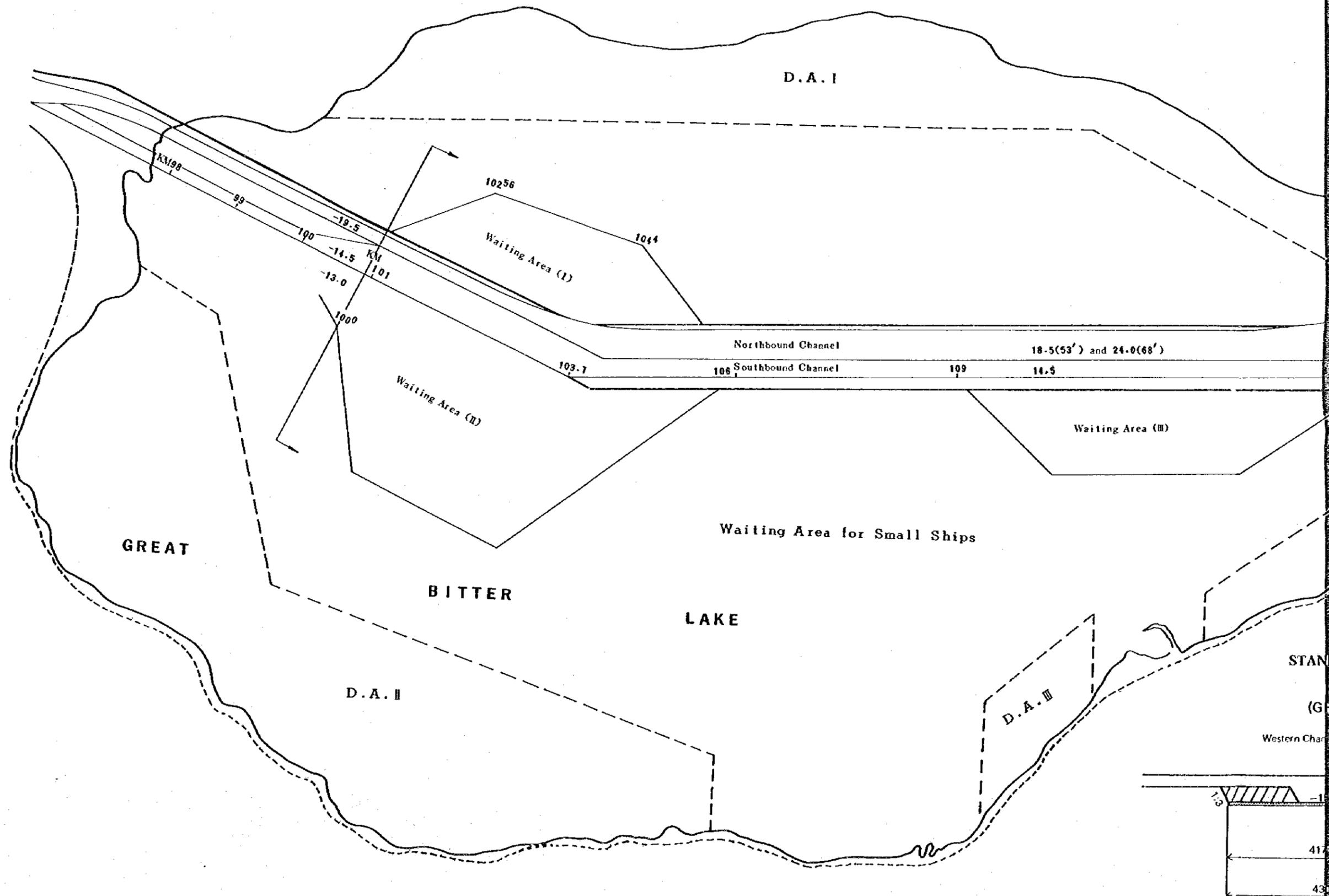
图5-2-3 運河擴張計画詳細

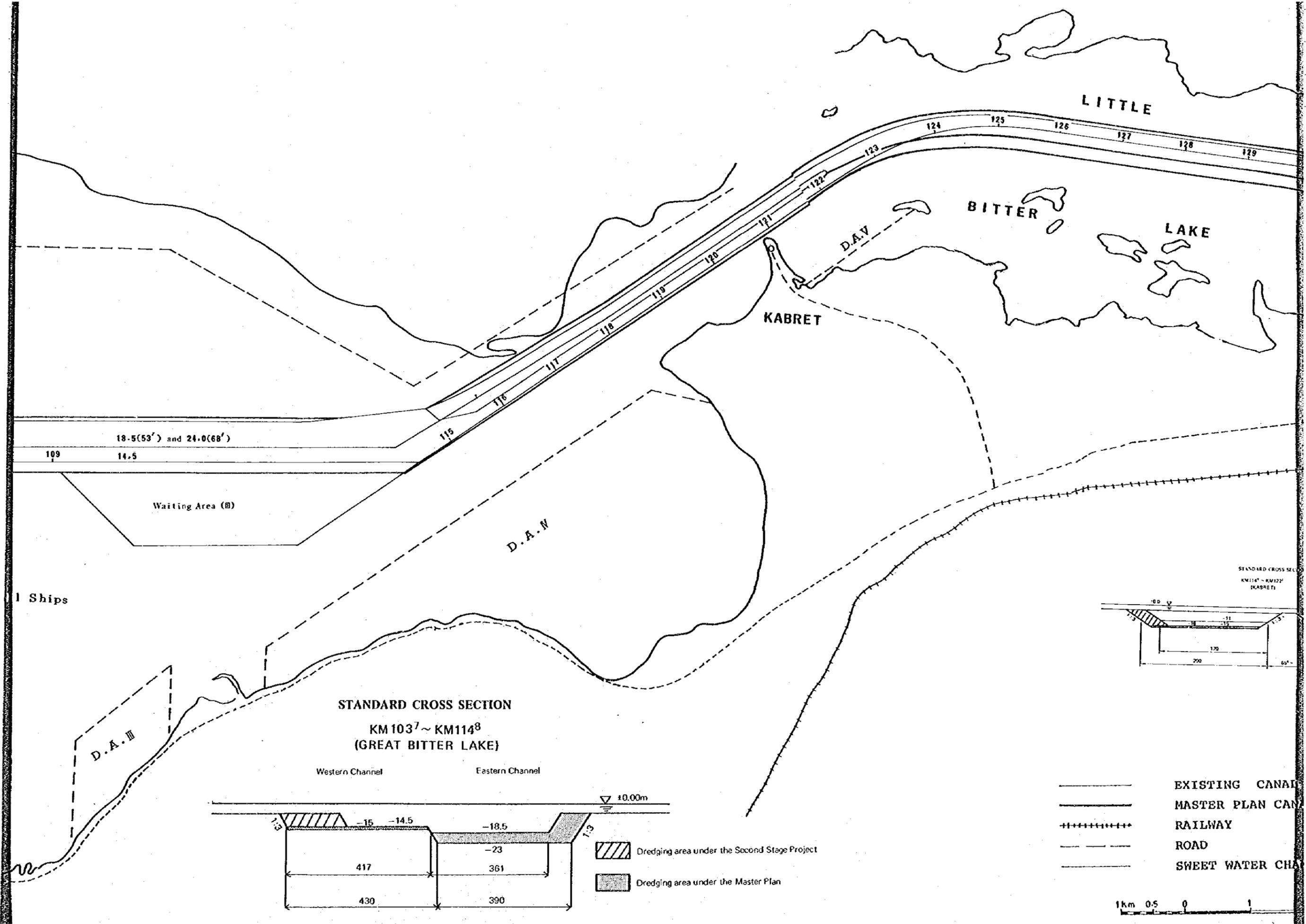


EXISTING CANAL SECTION  
 MASTER PLAN CANAL SECTION  
 EXISTING WATER CHANNEL

图5-2-3 運河擴張計画詳細図(3) KM50 to KM100







18.5(53') and 24.0(68')

109 14.5

Waiting Area (B)

1 Ships

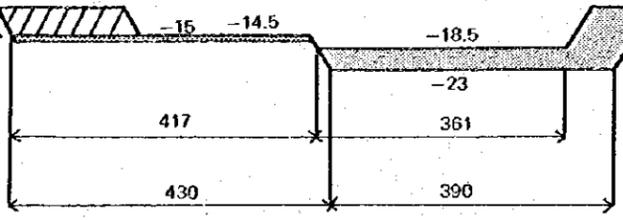
D.A.N

D.A.III

STANDARD CROSS SECTION  
KM103<sup>7</sup> ~ KM114<sup>8</sup>  
(GREAT BITTER LAKE)

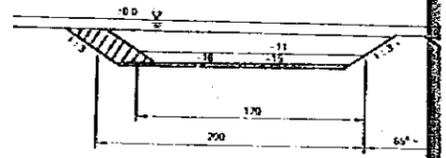
Western Channel Eastern Channel

10.00m



Dredging area under the Second Stage Project  
 Dredging area under the Master Plan

STANDARD CROSS SECTION  
KM114<sup>7</sup> ~ KM122<sup>2</sup>  
(KABRET)



————— EXISTING CANAL  
————— MASTER PLAN CANAL  
+++++ RAILWAY  
- - - - - ROAD  
————— SWEET WATER CHANNEL

1km 0.5 0 1

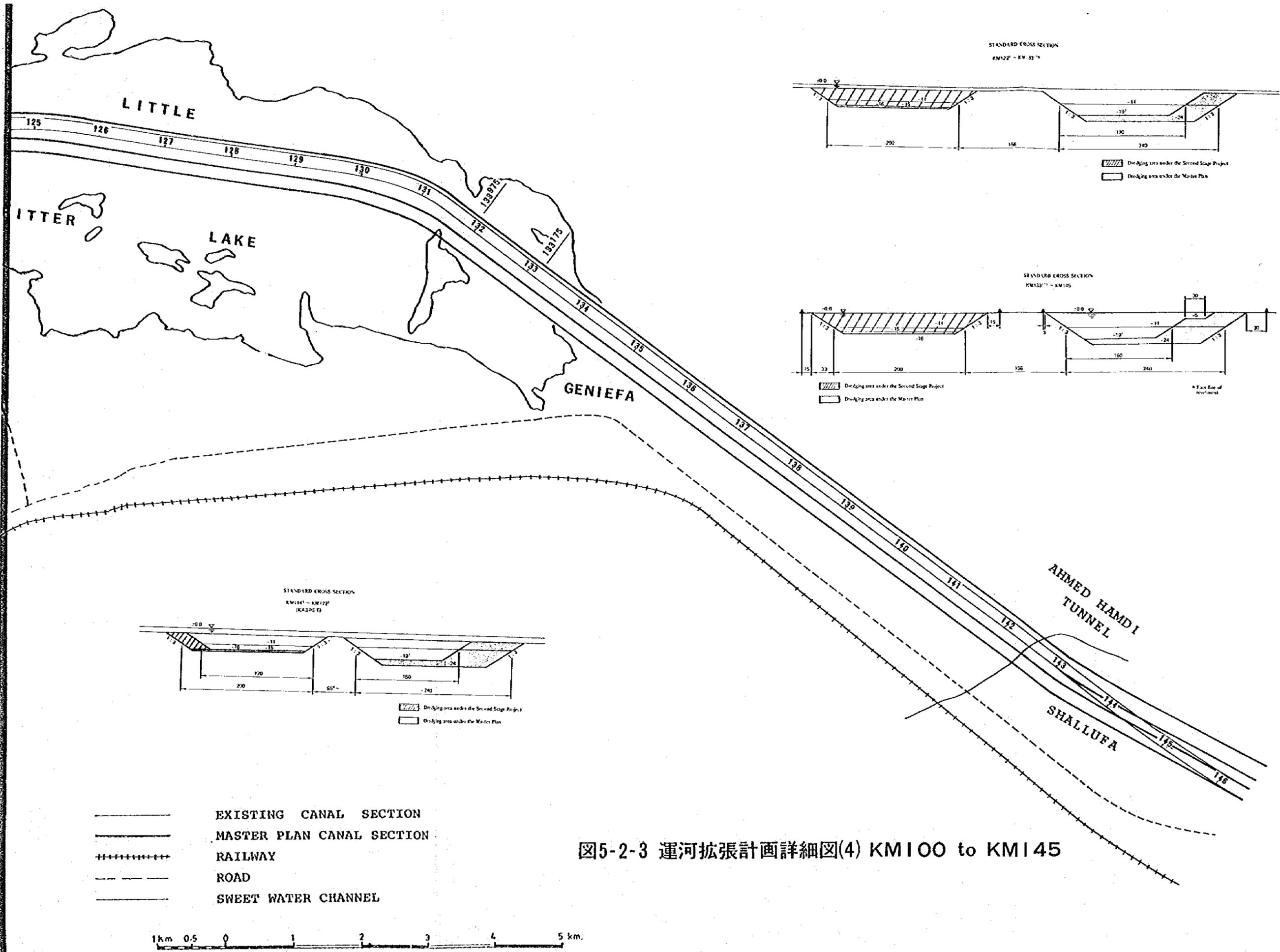
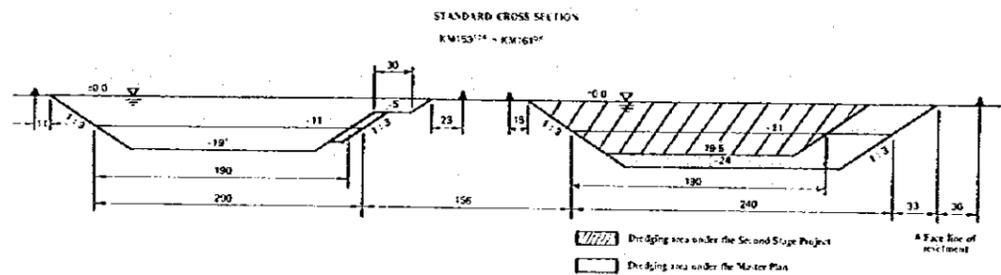
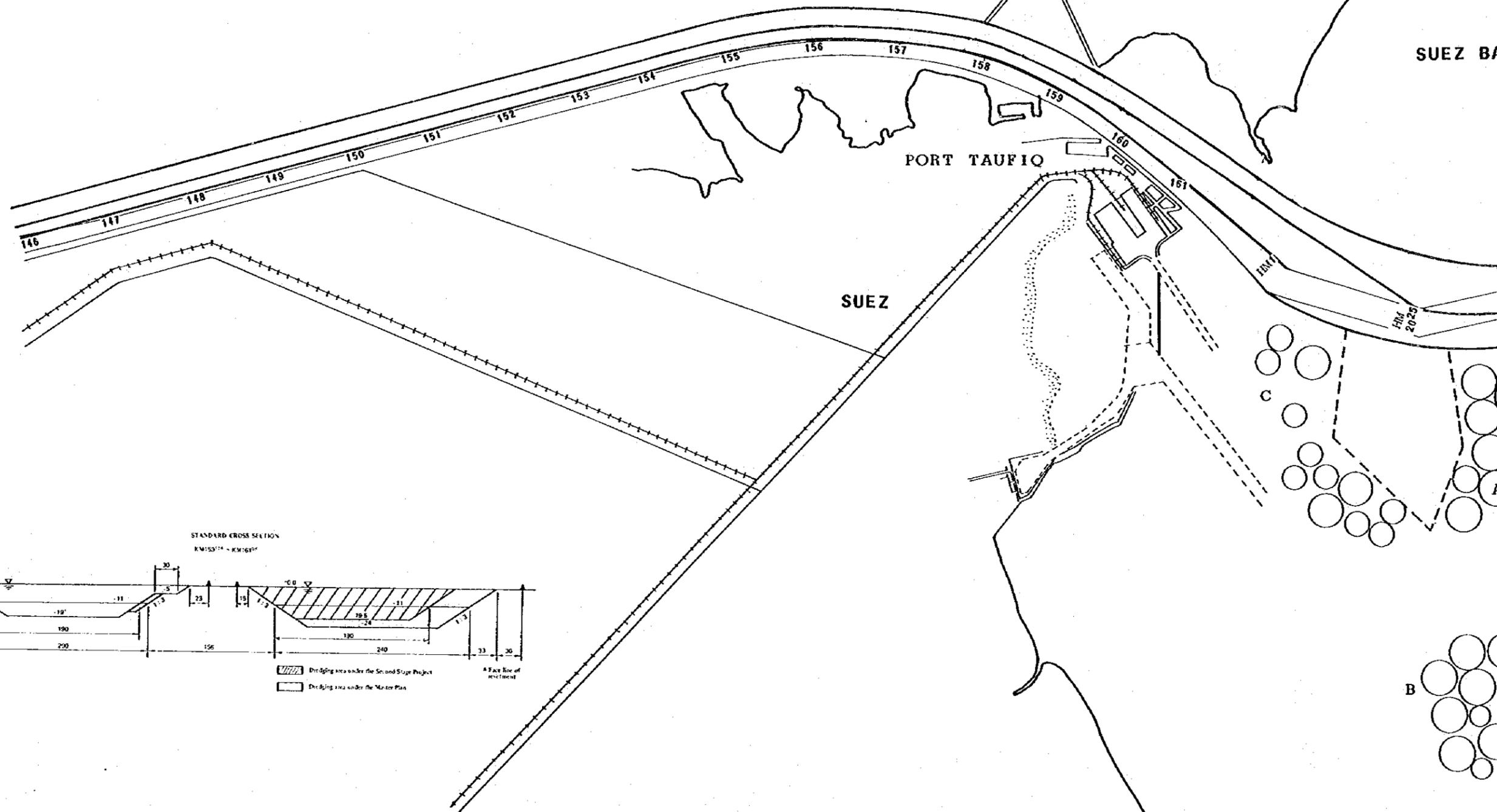
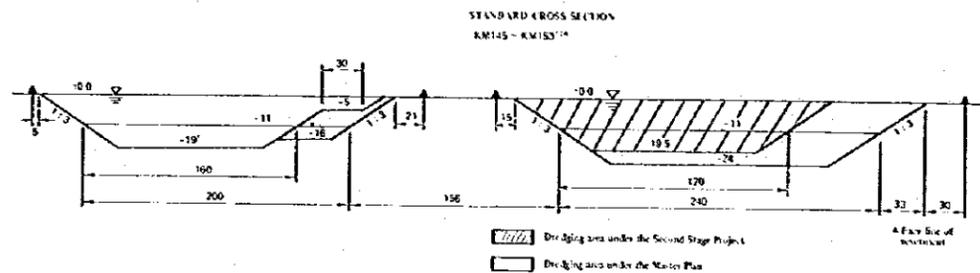


図5-2-3 運河拡張計画詳細図(4) KM100 to KM145



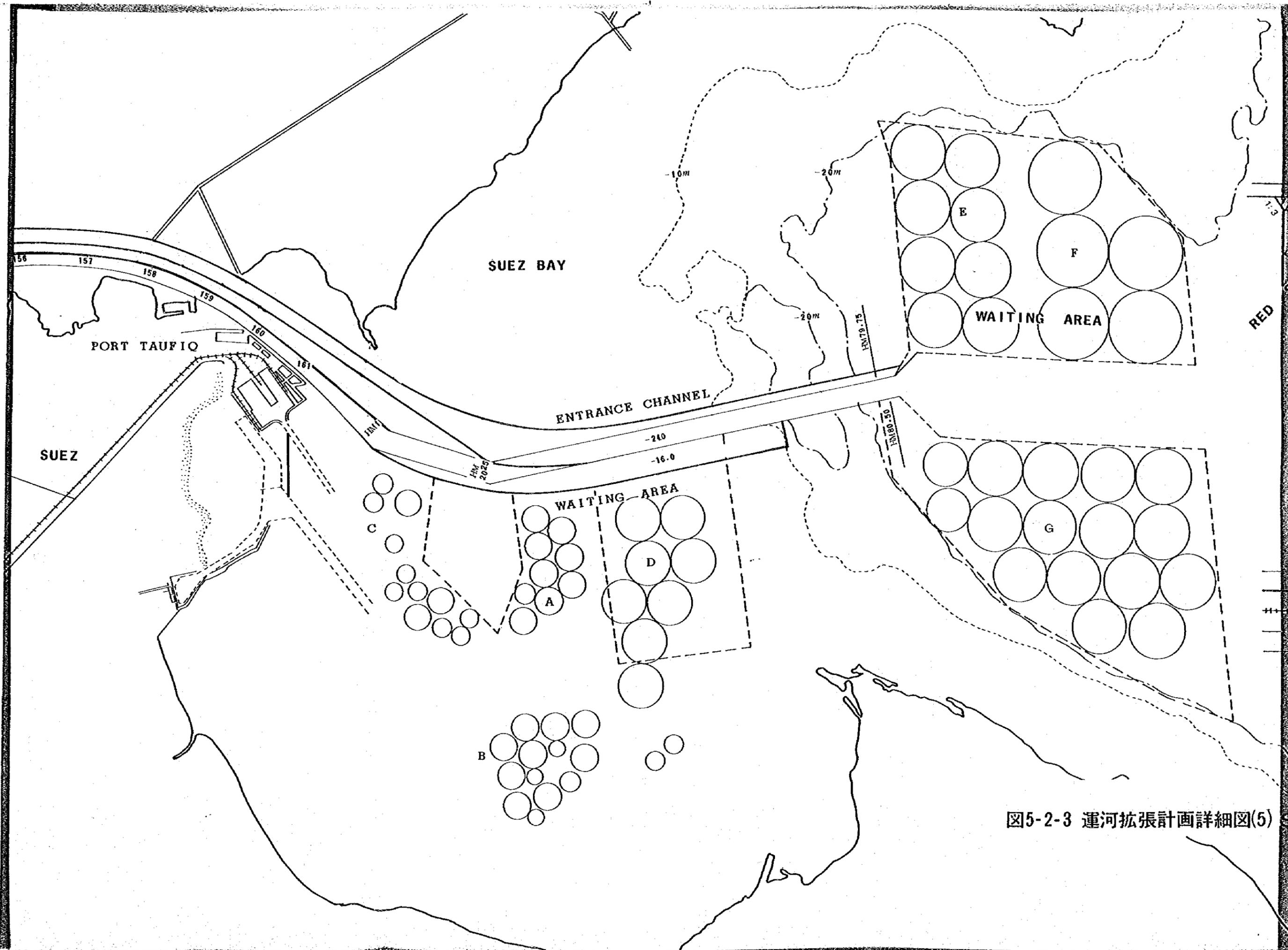


図5-2-3 運河拡張計画詳細図(5)

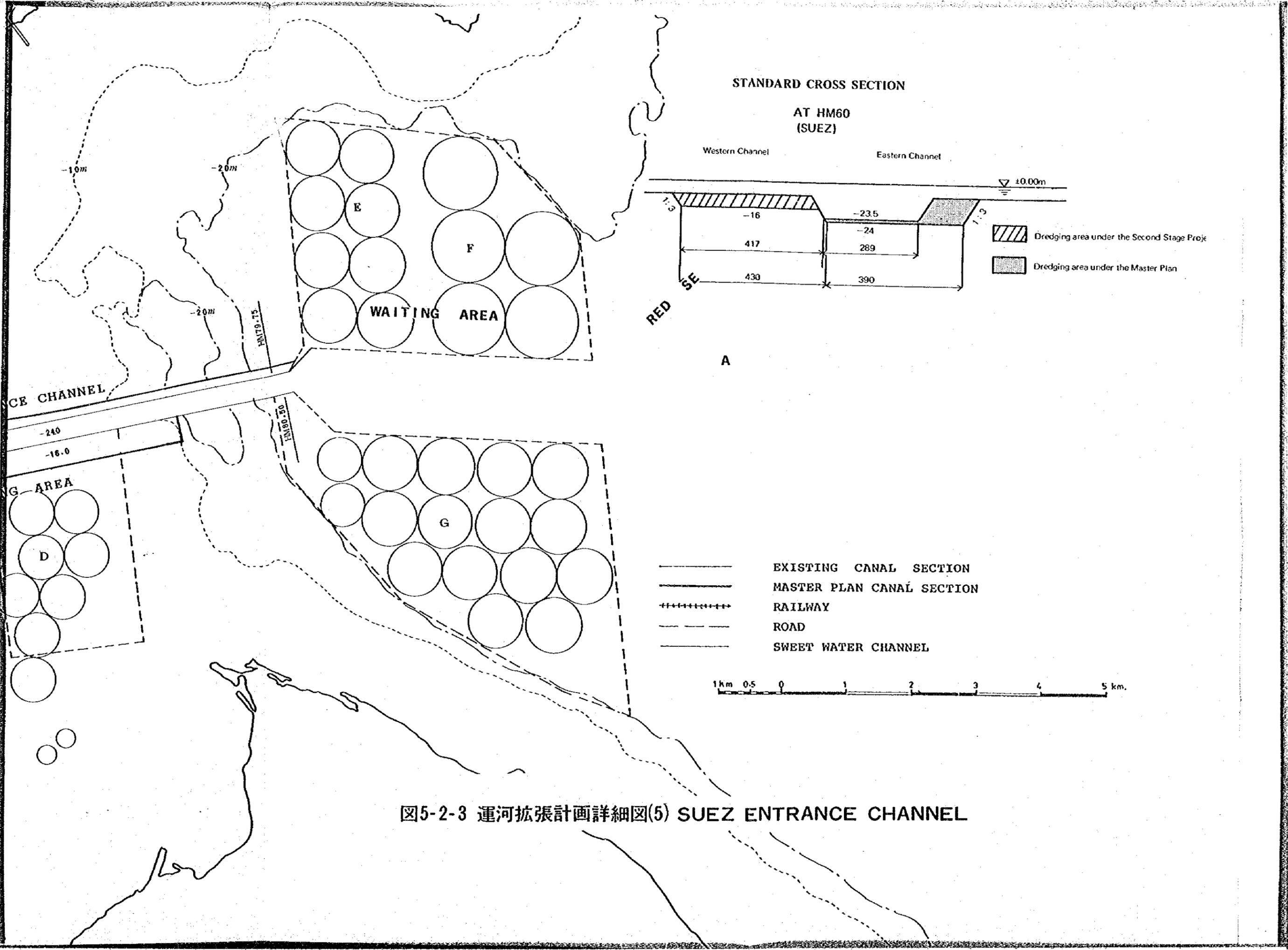


図5-2-3 運河拡張計画詳細図(5) SUEZ ENTRANCE CHANNEL



### 第 3 章 評 価

マスタープランを実現するまでに次の二つの過程が考えられる。

- ① 第Ⅰ期工事完成→複線区間の延伸→完全複線化→拡巾・増深→マスタープラン
- ② 第Ⅰ期工事完成→拡巾・増深→複線区間の延伸→マスタープラン

この選択については、将来の運河需要への適合性、経済性、技術的な確実性などから判断されるべきである。将来の運河通航需要についてはすでに事前スタディ（プロGRESS・レポート昭和54年10月）で検討済みであり、②は石油需給とタンカー市況の将来見通しの困難さから確実性に欠けるが、①は信頼度の高い需要予測をもとにして計画を進めることが可能である。経済性では①はほとんど問題がなく計画を次々と発展させて遂行することが可能であるが、②では第Ⅰ期工事で拡張した断面をさらにマスタープランの断面まで拡張することになり、次の複線化に際して東側に新水路を計画している区間では北航満載タンカー用の大きな断面を再度浚渫することになり、西側に過大な南航水路が残って無駄な投資をすることになる。また、投資効果が運河の利用面に発揮される時期についても、①では複線化が部分的に開通する毎に通航容量の増大または通航時間の短縮などの効果が表われるが、②では全線の拡張工事が完了するまでは全く投資効果は表われない。②のすぐに増深する案は地質調査の結果-20m付近より下層には硬い地層が広い範囲に分布し、第Ⅰ期工事では軟弱で浚渫効率の高かったKm35付近にも現われていること、もともと硬い地層の区域では硬さが増していることなど、全般にわたっての浚渫効率の低下による工事費の増大と工期の遅延が懸念され、実行に先立っての十分な調査検討が望まれる。

以上の比較のように経済的、技術的に信頼性の高い①の過程、すなわち複線化を拡幅・増深に先行して実施することを提案する。

## 第4章 長期計画実施上の課題

### (1) 基本水準面の再検討

スエズ運河の基本水準面はかつての運河が小さな断面のときに採用されたものである。その後の拡張工事により運河断面は拡大しているが、今後も計画の進展につれてさらに拡大すると運河内を流出入する水量は多くなり、内水域の潮位変動も大きくなるために基本水準面の再検討が必要になる。とくに潮位差の大きい紅海側は変動も大きく、基本水準面が下がることが予想される。そのため、浚渫工事完了後に規定水深が不足するような事態にならないように事前に十分に検討しておく必要がある。

### (2) 東西両水路の合流部の航行安全対策

運河の複線化によりKm 16, Km 94.5, Km 145付近において両水路は合流し、中間分離堤を築造しない場合には、複線合流水路となる。これは、事故等により運河の途中が閉塞されたような場合やタグボート、両岸連絡用フェリーの通航路として便利であり、さらに中間分離堤を築造するための投資を必要としない。その反面、南北航船が行き交う場合に水理的な干渉により接触の危険性が残るので航行安全面の対策を検討する必要がある。

### (3) ポートサイド防波堤

運河の航行安全と維持保全のためにポートサイド防波堤を整備する必要があるが、その整備計画をたてるためには、ポートサイドバイパスが開通した後の船舶の航行に伴う諸データが必要であるが、今回の調査時点ではそれらの資料がまだ得られないので、これまでよりも前進した計画は作成できない。したがって、当面は現計画を継続しながら、新しい計画のための諸データの調査収集を行なう必要がある。

### (4) 硬い地層の浚渫について

第Ⅰ期工事の浚渫工区LOT-Cでは非常に硬い地層のために浚渫能率が上らず、工事は難行した。この地層は深くなるほど硬くなっていくために-19.5mから-24.0mまで増深する浚渫工事では、第Ⅰ期工事よりも多量の硬い地層を浚渫することになる。運河の増深工事では一ヶ所でも未施工の区域が残っていると開通できないので、事前の十分な調査と検討が必要である。

### (5) Km 145～Km 161の浚渫単価

第Ⅰ期工事の実績から特に硬い地層の浚渫単価を試算すると次のようになる。

(これは、SCAアマル部長の要望により、追加した試算である)

第Ⅰ期工事の浚渫工区LOT-Cの1979年9月末までの浚渫実績は次のとおりである。

浚渫船	駿河 (8,000 PS)	第3スエズ (8,000 PS)	泰生 (5,200 PS)
	日本 (4,000 PS)	スエズ (5,000 PS)	

総運転時間	52,414 hr
8,000 P S 換算運転時間	43,085 hr
浚渫土量	28,197 × 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>

表 5 - 4 - 1 硬さ別時間当り浚渫土量

Type of soil	Dredged volume	%	Dredged hours	%	Volume/hr
Very hard	1,551,000 m <sup>3</sup>	5.5	6,020 hr	14.0	258 m <sup>3</sup> /hr
Hard	3,543,000 m <sup>3</sup>	12.6	9,092 hr	21.1	390
Common	23,103,000 m <sup>3</sup>	81.9	27,973 hr	64.9	824
Total	28,197,000 m <sup>3</sup>	100.0	43,085 hr	100.0	654

表 5 - 4 - 2 月間浚渫時間

Type of soil	Dredging volume per one set of cutter head	Durable hours of cutter head	Dredging hours per month
Very hard	1,200 m <sup>3</sup>	4.65 hr.	456 hr.
Hard	2,250	5.77	474
Common	17,400	21.07	527

1ヶ月当りの運転時間はカッターの取替えに要する時間を1回につき50分として計算した。

表 5 - 4 - 3 硬さ別浚渫単価

Type of soil	Dredging volume per hours	Dredging hours per month	Dredging volume per month	Efficiency ratio	Unit Cost of Dredging	
					L·C	F·C
	m <sup>3</sup> /hr	hr	m <sup>3</sup> /month	%	LE	Yen
Very hard	258	456	117,648	36	0.900	1,500
Hard	390	474	184,860	56	0.580	960
Common	826	527	435,302	132	0.245	410
Average	654	506	330,924	100	0.3222	537.3

Efficiency ratio は平均の月間浚渫土量を100とし、それぞれの月間浚渫土量をパーセントで表わした。工事単価は平均単価にそれぞれのパーセントを掛けて計算した。

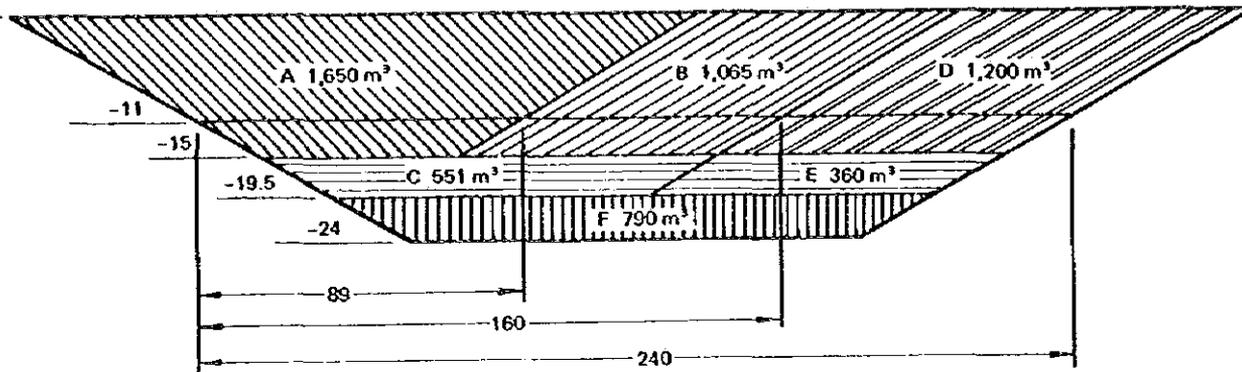


図 5 - 4 - 1 浚渫断面の分割

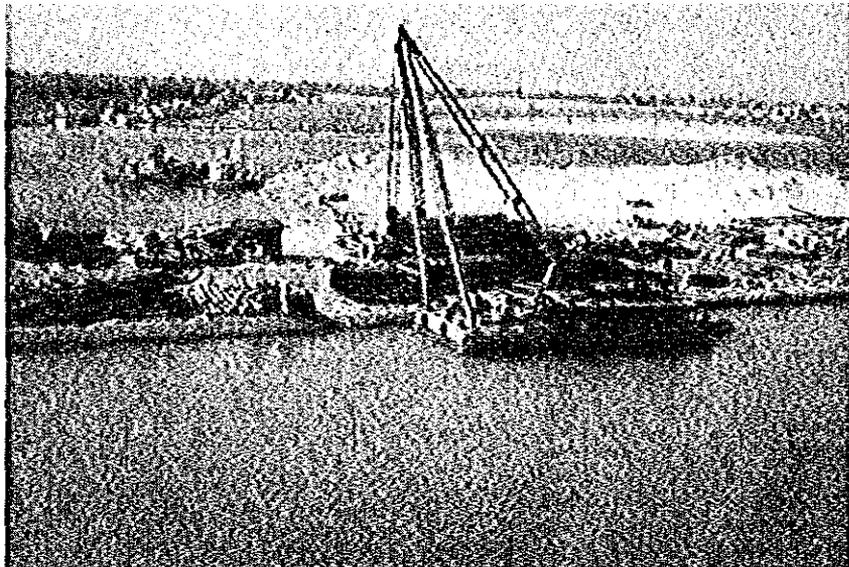
表 5 - 4 - 4 硬い地層の分布割合

Type of soil	A, B, D	C, E	F
Very hard	1 %	15 %	30 %
Hard	4 %	30 %	30 %
Common	95 %	55 %	40 %

表 5 - 4 - 5 各計画断面の硬さ別土量

Project	Volume (per 1 m)	Soil Composition by Hardness		
		Very hard	Hard	Common
First Stage	B + C 1616 m <sup>3</sup>	89 m <sup>3</sup> 5.5 %	204 m <sup>3</sup> 12.6 %	1323 m <sup>3</sup> 81.9 %
Second Stage	A+B+C 3266 m <sup>3</sup>	115 m <sup>3</sup> 3.5 %	240 m <sup>3</sup> 7.3 %	2911 m <sup>3</sup> 89.2 %
Master Plan	D+E+F 2350 m <sup>3</sup>	300 m <sup>3</sup> 12.8 %	400 m <sup>3</sup> 17.0 %	1650 m <sup>3</sup> 70.2 %

各プロジェクトの断面について浚渫単価を計算し、第Ⅰ期工事を100とする比率で表わすと第Ⅱ期計画93，マスタープラン140となる。すなわち、第Ⅱ期計画は硬い地層の比率が小さいAの部分浚渫するために平均浚渫単価は第Ⅰ期工事よりも安くなる。その反面、マスタープランの浚渫単価は硬い地層の比率の大きいEとFのために高くなり、第Ⅱ期計画の1.5倍となる。なお、これらの浚渫単価には施工時期の差にもなり価格上昇の影響は含めていない。



## VI. 第II期計画



## 第 VI 編 第 2 期 計 画

### 第 1 章 基 本 方 針

#### 1-1 方針

Master Plan は運河拡張の最終的な姿として、東側水路は250,000DWTタンカー (laden) 西側水路は500,000DWT (in ballast) タンカーを対象として、運河を全線にわたって複線化するものである。したがってMaster Plan を完成させるには、運河の複線化と同時に、東側水路の増深をも必要とする。

第 I 期計画で対象とした150,000DWTタンカー以上のV L C C を対象として運河を増深する必要性については、第 V 篇 Master Plan で述べたように、タンカー・マーケットの回復次第であり、現時点でのタンカー・マーケットの状況からするとその必要性、経済性を確認することは困難であり、また、運河の増深を複線化に先行させて実施することは、経済的にも不利が多い。むしろ、現在運河に要求される開発課題は、

- (1) 再開後における運河通航量の伸び、運河の user として比重の高い中近東諸国の急激な経済成長等を考慮すると、近い将来通航需要が容量に到達することが予想され、運河の通航容量を拡大する必要があること。
- (2) 現在の運河の通航システムは、北航船はノン・ストップで通航できるが、南航船は, Ballah Bypass 又は Great Bitter Lake で一旦停止して北航船の通過を待ち、しかるのち Suez へ向かって走行するため北航船より7~8時間余分な時間を要する。通航時間を短縮して船舶の効率的な利用をはかる上から、通航時間の短縮が望まれること。
- (3) 現行の通航方式では、運河の単線区間を南北航船が相互に利用するために交差個所が多いことから、困難な操船を強いられる個所もあり、再開後も事故やトラブルが発生しており、航行安全の向上が望まれること等から、これらの要請に対処するため運河の複線化をはかることにある。しかもスエズ運河の国際的役割からすると、これらの要請に緊急に対処すべきであり、特に通航需要が容量に到達する以前に、部分的な複線化を進めて容量を拡大し、円滑なる運河通行を可能とする状況を保持しておくのが望ましい。よって、第 I 期計画に引続く第 II 期計画として、運河の複線化が進められなければならない。

したがって本章では、V 篇において策定したマスタープランの中で、第 II 期計画として実施されるべき運河の複線化の段階計画を確定するため、その準備段階として、複線化の段階計画案を設定することとする。

#### 1-2 計画目標

第 II 期計画の計画案を設定するに先立って、第 II 期計画の目標を次のように定める。

- ① 完全複線化を目的とする第Ⅱ期計画の中で、当面実施すべきPhaseをFirst Phase Plan(以下Phase Iという)とし、Phase Iの計画目標年次を1990年とする。Phase Iに引続くPhaseをSecond Phase Plan(以下Phase IIという)とする。

Phase Iの目標年次は上述の如く1990年とするが、計画案を設定する段階では、必ずしもこの年次にとらわれることなく、より長期的な観点からの評価をするため、1990年以降の需要にも対応しうる計画案を提案する。

- ② 運河を複線化することにより、通航容量を増大させて需要の増加に対処するとともに、通航時間の短縮、航行安全の向上をめざす。

複線化の代替案を設定するにあたっては、延長区間にある程度のまとまりを持たせる必要があることから、各計画案は日通航量にして10隻程度の容量増が期待できるように設定する。またポート・サイド周辺の複線化については、極力既存のPort Said Channelと第Ⅰ期工事によって完成するNew Port Said Bypassの利用をはかることとし、Master Planで設定したNew Port Said Bypassに隣接するNew West Port Said Bypassは、運河が完全に複線化する最終段階で建設するものとする。したがって既存のPort Said Channelは、Km 0～16の複線化がNew West Port Said Bypassの完成によって完成するまでは、西側水路として利用されることになる。

- ③ 運河の通航可能最大船型は、第Ⅰ期計画の終了後通航可能となる最大船型と同じとする。つまりEast Channelはほぼ150,000 DWT (fully laden)、西側水路は、ほぼ300,000 DWTタンカー (in ballast) 及び50,000 GTコンテナ船となる。

ここで「ほぼ150,000 DWTタンカー」というのは、150,000 DWTのタンカーすべてが運河を通航できることを意味しない。つまり、130,000 DWT以下のタンカーはすべて通航可能であるが、140,000～150,000 DWTのタンカーのあるものは運河を通航できない。一方「ほぼ300,000 DWTタンカー」は300,000 DWT以下のタンカーすべては運河を通航でき、また、300,000～350,000 DWTのあるものも通航できるということを意味する。

## 第2章 段階計画面

### 2-1 運河設計

#### 2-1-1 断面計画

##### (1) 運河部

###### a. 東側水路

計画対象吃水は150,000 DWTタンカー (fully laden) を対象とした第1期計画の53'とする。この吃水を満足するタンカーはできるだけ東側水路を通航できることが望ましく、日本における53' (16.2m) 以下のタンカーの主要項目を参考にして巾員 (Breadth) および船長 (Length) を表6-2-2のように定めた。

このタンカー諸元にもとづいて東側水路の断面設計をすると以下のとおりである。

##### < 水深 >

東側水路は第1期計画により、水深19.5mで浚渫されており、新たに東側水路を設ける区間も、水深19.5mとする。水深19.5mは表6-2-1のような考え方で決定されている。船体沈下量については、150,000 DWTタンカー (fully laden) について計算すると、第Ⅳ篇に示したように1m程度と見込めば十分である。

表6-2-1 運河水深の設定 (Ⅱ期計画)

	East Channel		West Channel	
	Km 0~60	Km 60~162	Km 0~60	Km 60~162
Draft	16.2m	16.2m	13.1m	13.1m
Squat	0.9	0.9	0.9	0.9
Trim	0.2	0.2		
Siltation	1.2	0.6	0.8	0.4
Underkeel Clearance	0.8	0.8	0.7	0.7
Total	19.3 ≒ 19.5	18.7 ≒ 19.5	15.5	15.2 ≒ 15.0

Note: Compiled by Maunsell's Report

この他、余裕水深として主機冷却用取入口の口径の1.5~2.0倍の余裕があれば望ましいが、一般に浅水域を航行するタンカーは、低い位置にある取入口から高い位置にある取入口に切換えるので、必ずしも1.5~2.0倍の余裕は必要なく、最終的には吃水の5%程度を見込めば十分であろう。この考え方で水深を計算すると、

(吃水) (船体沈下量) (余裕水深)

$$D = 16.2 + 0.8 + 0.2 + 0.8 = 18.0 \text{ m}$$

となり、計画水深の19.5mに1.5mの余裕がある。この余裕はつまり、Siltationに対するものとなるが、浚渫船で維持浚渫するとすれば、浚渫深度が小さいと不経済になることから、1.0m以上の浚渫深度は必要であり、ほぼ妥当な余裕といえよう。よっ

て第Ⅰ期計画の水深19.5mを第Ⅱ期計画で採用することに問題はない。

### < 断面 >

第Ⅲ篇第2章で検討した結果にしたがい Area ratio (Ra)は4.8, Lane ratio (R<sub>l</sub>)は2.6を目標として断面を設計した。

計算の経過は次のとおりである。

Midship area = 712.8m<sup>2</sup> (150,000 DWT fully laden)

Canal area needed = 712.8×4.8 = 3,421.4m<sup>2</sup>

Canal width at -11.0m = 165.5m

(Grade of slope 1 : 4 section)

ditto = 168.0 → 170m ( ditto 1 : 3 / )

Lane ratio = 2.7 > 2.6 ( / 1 : 4 / )

= 3.0 > 2.6 ( / 1 : 3 / )

よって東側水路の断面は水深-11.0mで170mを確保する。断面の詳細は図6-2-1及び表6-2-2に示す。

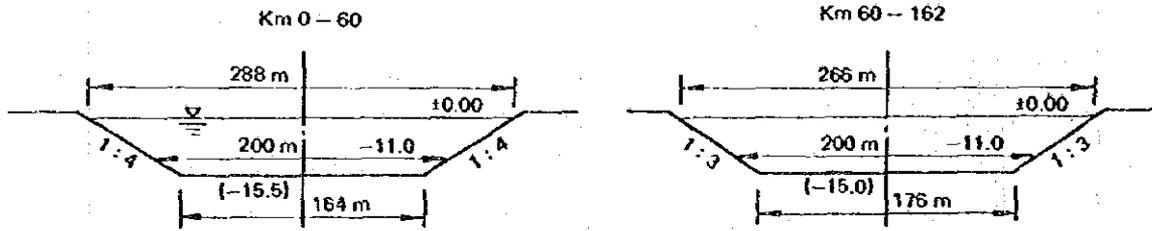
なお、東側水路の中で第Ⅰ期工事として既に浚渫済みの区間(Lot)の中でKm135~145の区間は、水深-11.0mの巾員(width)しか確保されていない。この区間ではarea ratioは4.6弱であり、目標とする4.8に不足する。しかしながらarea ratioが不足するため巾員をわずか10mだけ追加掘りするのは、極めて不経済である。この区間はBermの一部が深さ5mで巾30mにわたって余掘りされており、この面積を含めるとarea ratioは4.8に達する。よって第Ⅱ期計画では、この区間は拡巾は行なわないこととするが、完成後の操船には十分配慮する必要がある。法面勾配は、第Ⅰ期計画と同様Km0~60区間は1 : 4, Km60~162区間は1 : 3とする。

#### b. 西側水路

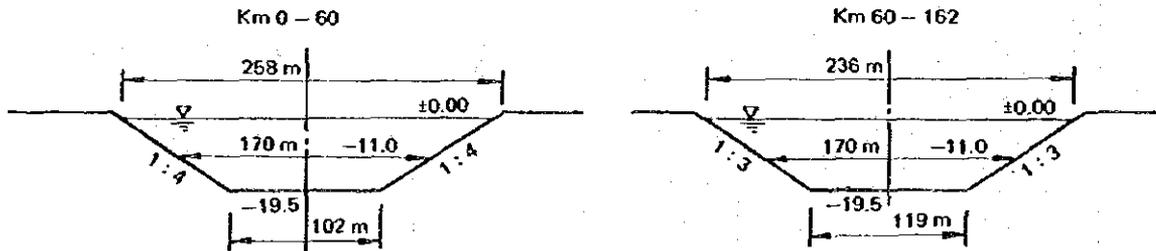
計画対象吃水は、50,000GTコンテナ船を対象とした第Ⅰ期計画と同じ43'(13.0m)とする。巾員は第Ⅱ期計画では西側水路となる第Ⅰ期計画のKm16~51区間、及びKm145~153区間の断面から決定した。この区間は、水深-11.0mで巾が160mなので西側水路の断面設計の条件であるarea ratioとlane ratioをMaster Planの場合と同様それぞれ4.6及び2.7とすると、lane ratioより通航可能船の巾は54.8mと規制される。この巾を有するタンカーは最大で350,000DWTであり、この巾以下のタンカーはできるだけ通航可能なように西側水路を整備するとすれば、計画対象とすべき船長は、日本におけるタンカーの主要項目を参考にして表6-2-2のように定めた。これらの計画諸元に合わせて西側水路の断面設計をすると次のとおりである。

1. Canal Itself

1) West Channel



2) East Channel



2. Port Said Approach Channel

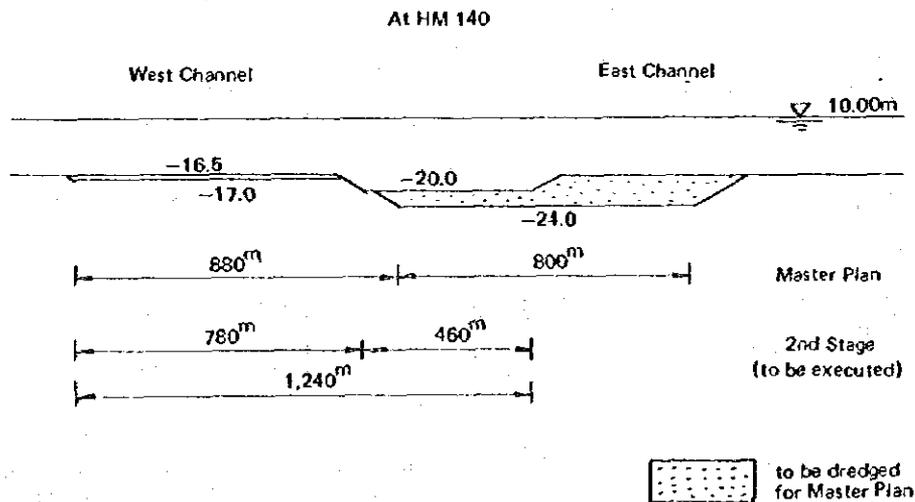


図 6 - 2 - 1 第 II 期拡張計画の運河標準断面(I)

表 6 - 2 - 2 第 II 期拡張計画の運河標準断面

	Canal Dimensions					Navigable Ships				Design Conditions		
	Area (m <sup>2</sup> )	Depth (m)	Width (m)		Bottom	Size (DW or GT)	Draught (m)	Breadth (m)	Length (m)	Grade of Slope	Area Ratio (Target)	Lane Ratio
			Surface	-11.0m level								
Canal												
East Channel												
Km 0 ~ 60	3,510	19.5	258	170	102	Around 150,000DW (fully laden)	16.2 (53')	44	280 (920')	1:4	4.8	2.6
Km 60 ~ 162	3,416	19.5	296	170	119	Around 300,000DW (in ballast)	13.0	54.8	341	1:3	4.8	2.6
West Channel												
Km 0 ~ 60	3,503	15.5	288	200	164	50,000 G/T (container ship)	(43')	(180')	(1,120')	1:4	4.6	2.7
Km 60 ~ 162	3,313	15.0	266	200	176					1:3	4.6	2.7
Port Said												
Approach Channel												
East Channel		20.0			max. 700		same as east channel of Canal					
West Channel		16.5			max. 840		same as west channel of Canal					
Suez												
Entrance Channel												
East Channel		19.5			289		same as east channel of Canal					
West Channel		16.0			417		same as west channel of Canal					
Great Bitter Lake Channel												
East Channel		18.5			361		same as east channel of Canal					
West Channel		14.5			417		same as west channel of Canal					

## < 水 深 >

西側水路は第Ⅰ期計画において、次のような水深で完成することになっている。

Ballah western channel	-15.5m
Deversoir western channel	-15.0m
Great Bitter Lake	-14.5m

第Ⅱ期計画における西側水路は、第Ⅰ期計画において上述のような条件で実施中であることから、Km0~60の区間は-15.5mで、Km61~162の区間では、Bitter Lake内をのぞき-15.0m、Bitter Lake内では-14.5mの水深で計画する。第Ⅰ期計画における水深は、表6-2-1に示すような考え方で決定されている。

東側水路の場合と同様、これらの計画水深についてreviewしてみる。50,000GTコンテナ船(吃水13.0m)で、船体沈下及び余裕水深から運河水深を算定すると、

(吃水) (船体沈下) (余裕水深)

$$DW = 13.0m + 1.0 + 0.6 = 14.6m$$

となり、Ballah Bypassでは0.9m、Deversoir Bypassでは0.4mの余裕しかなく、Bitter Lakeでは逆に0.1m不足する。Bitter LakeではSiltationはほとんどないものと予想され、またBitter Lake内は制限水路でなく、Squat及びtrimも多くて0.8m程度と見込まれるので、-14.5mで支障はないものと判断される。Ballah Bypass及びDeversoir Bypassではそれぞれ0.9m、0.4mのSiltationの余裕があることになるが、維持浚渫の経済性からすると、東側水路と同様1.5m程度の余裕がある方が望ましい。その意味では、西側水路は、Master Planの計画水深である、-16.0mで第Ⅱ期計画の段階から浚渫してしまうことも一策であるが、第Ⅰ期計画で既にこれらの水路の浚渫が進みつつあることから、第Ⅱ期計画では第Ⅰ期計画の考え方に合わせておくべきであろう。

## < 断 面 >

Master Planと同様、Area ratio (Ra)は、4.6、Lane ratio (R<sub>L</sub>)は2.7を目標として断面を設計した。

前述したように第Ⅰ期計画でKm16~51区間及び、Km145~153区間は、水深19.5m、巾160mで浚渫が進められており、この断面を通航可能な船型が西側水路の通航可能船型となる。この通航可能船型は、ほぼ300,000DWT (in ballast)のタンカーであることから 新規に建設すべき西側水路の断面を計算すると、

$$\text{Midship area} = 54.8 \times 12 = 657.8 \text{ m}^2$$

$$\text{Canal area needed} = 657.8 \times 4.6 = 3,025.9 \text{ m}^2$$

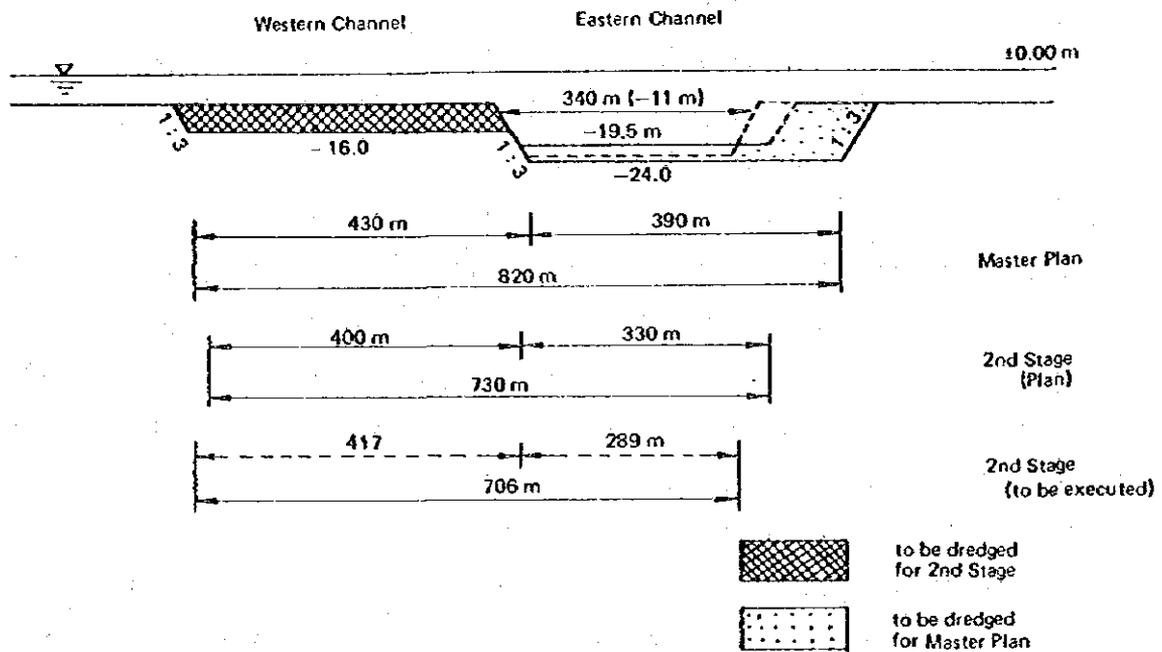
$$\text{Canal width at } -11.0\text{m} = 169\text{m} \quad (\text{Section Km 0-60})$$

$$= 181\text{m} \quad (\text{ " " Km 60-162})$$

※ except Bitter Lake

となり、水路巾は Km0-60 区間（実質的には Ballah Bypass 区間）では約 170m Km60-162 区間（Bitter Lake 内は除く）では約 180m となる。したがって 0-61 Km 区間にある Ballah Bypass は拡巾の必要はない。一方、Deversoir Bypass の第Ⅰ期計画の巾は 170m であり、10m 程度不足するだけであるが、第Ⅱ期計画において、Master Plan の 200m 巾の断面を第Ⅱ期計画で一挙に拡巾するのが望ましい。よって、第Ⅱ期計画の断面の巾は水深 -11.0m で、Master Plan と同じ 200m を確保する。断面の詳細は図 6-2-1 及び表 6-2-2 に示す。

### 3. Suez Entrance Channel



### 4. Channel in Great Bitter Lake

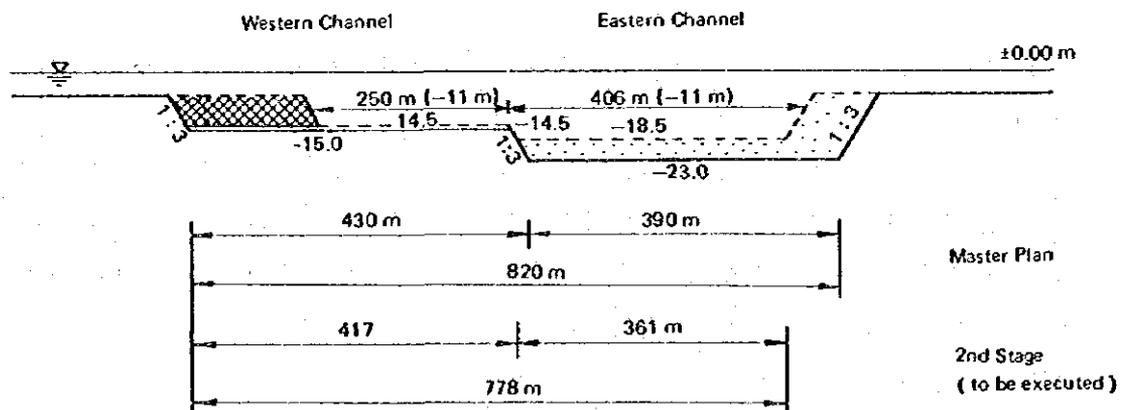


図 6-2-1 第Ⅱ期拡張計画の運河標準断面(2)

## (2) Approach Channels

### 1) Port Said Approach Channel

Approach Channel の設計は、運河の断面設計で対象となった通航可能船型に対して行なった。

Port Said Channel (west) は将来増深が困難なことから、運河が完全に複線化する段階には、New Port Said Bypass に隣接して、New West Port Said Bypass が建設されることとなろう。この場合、地中海部分の Approach Channel も同時に複線化しなければならない。

#### < 水深 >

水深は運河部とはほぼ同じ考え方をとったが、Approach Channel は外海に建設されることから、次の点に配慮しなければならない。

#### ① Squat の影響

外海を走る船は、制限水路を走る場合と比較して、速度が同じとすれば、squat は小さくなる。しかしながら Approach Channel を走る船は、運河部を走るより高速であることが予想される。例えば 150,000 DWT タンカーは、 $h/d^{\ast} = 1.2$  の浅水域では 6 kt では 40 cm 程度しか沈下しないが、10 kt になると 80 cm 近い沈下をする。(図 6-2-2 参照) したがって、Approach Channel ではある程度高速で走ることが予想されるので、squat は運河部を走る場合とそれ程大きな差はない。

※  $h$  = 水深       $d$  = 対象船の吃水

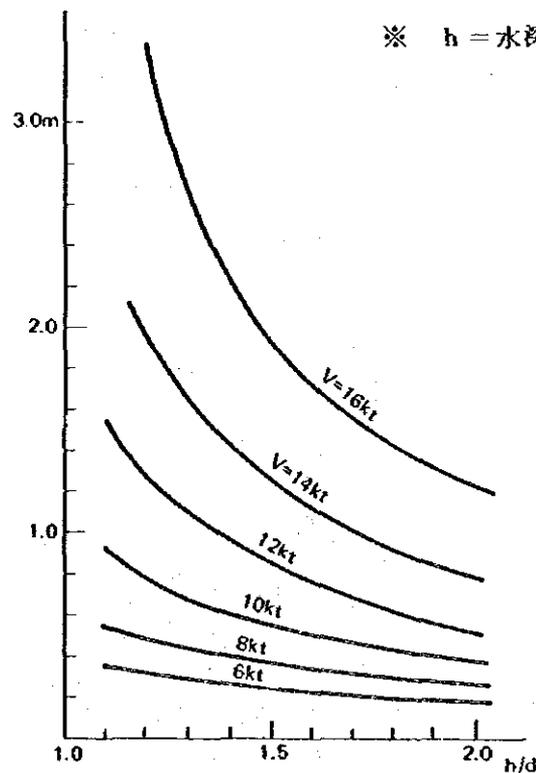


図 6-2-2 船体沈下と船速  
(150,000 DWT Tanker)

② 海象の影響

Port Said 近辺では、2.0m 程度の波浪を受けて運河への出入をすることは避けられず、船体の動揺による船首、ビルジ部の沈下量を考える必要がある。船体の動揺による沈下量として検討しなくてはならないのは、

- a) 向い波における船首の最大沈下量
- b) 斜め向い波，斜め追い波を受けるときの船首の最大上下揺れ
- c) 横揺れが同調したときのビルジ部の最大上下量

である。いま 150,000 DWT タンカー (  $L=280\text{m}$ ,  $B=44\text{m}$ ,  $D=34\text{m}$ ,  $d=16.2\text{m}$  ) が波長 100m 波高 2m のうねりのある水域を 10 ノットで航走するとして、上記 3 ケースの船体沈下量を算出してみる。

a) 向い波による船首の最大上下量

船首尾の上下動が最も大きくなる場合として、沈降したときの上下揺れと縦揺れの和を考えると、

$$Z_G = Z_G + \frac{L}{2} \sin \phi \quad (6.1)$$

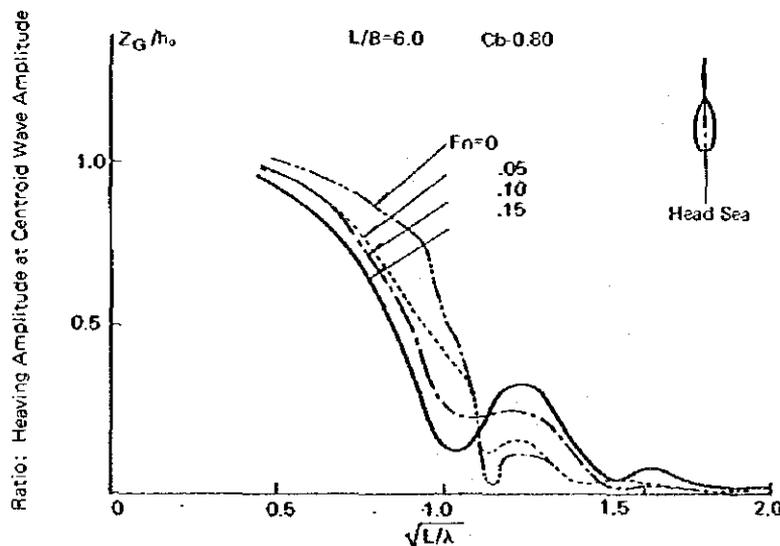
となる。ただし  $Z_G$  は船の重心の上下揺れの振幅、 $\phi$  は縦揺れ角の振幅である。対象船が 10 ノット (  $5.14\text{m/s}$  ) で走る時のフルード数  $F_n$  は、

$$F_n = V / \sqrt{Lg} = 5.14 / \sqrt{280 \times 9.8} = 5.14 / 52.38 = 0.098$$

また、 $L/\lambda = 280/100 = 1.67$  である。

$Z_G$  は、図 6-2-3 より  $Z_G/h_0 = 0.15$  を得る。したがって、

$$Z_G = h_0 \times 0.15 = \frac{H_w}{2} \times 0.15 = 0.15\text{m}$$



Source: Guidance of Maneuvering of VLCC

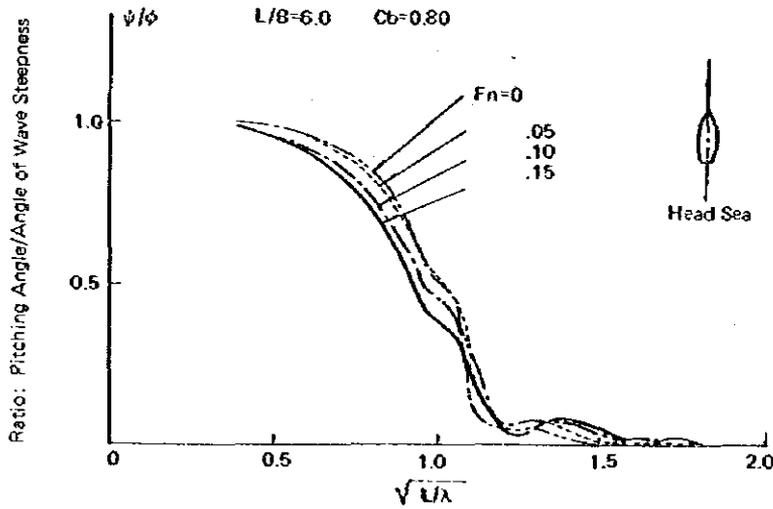
図 6-2-3 Heaving caused by Head Sea

同じように縦揺れ角振巾 $\Psi$ は、図6-2-4より $\Psi/\phi = 0.1$ を得て

$$\text{縦揺れ角振巾 } \Psi = \phi \times 0.1 = 180^\circ \times \frac{H_w}{\lambda} \times 0.1 = 0.36^\circ$$

この $\sin \phi = 0.0063$ であるから

$$\text{最大上下量} = Z_0 + \frac{L}{2} \sin \phi = 0.15 + \frac{280}{2} \times 0.0063 = 1.03 \text{ m}$$



Source: Same as Fig. 6-2-3

図6-2-4 Pitching Angle caused by Head Sea

b) 斜め向い波及び斜め追い波を受けたときの船首の最大上下揺れ

斜め向い波 ( $\theta = 45^\circ$ ) 及び斜め追い波 ( $\theta = 135^\circ$ ) のいずれの場合も、

$$L/\lambda = 280/100 = 1.67 \text{ 付近では, } Z_F/h_0 \doteq 0.2$$

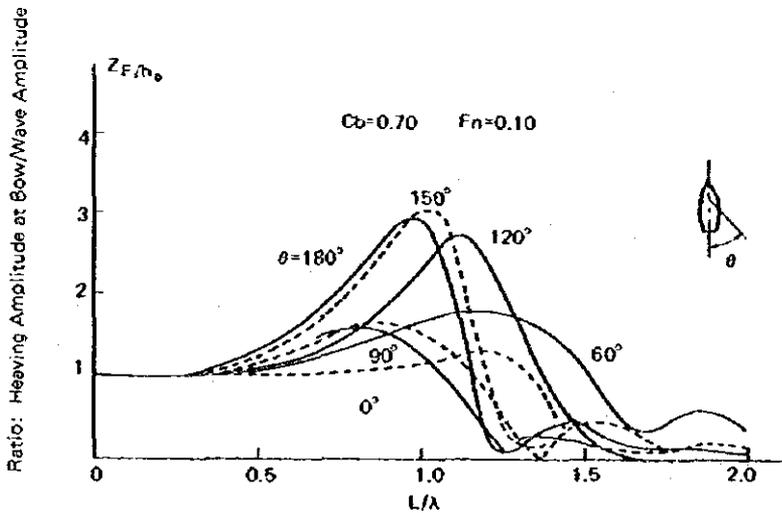


図6-2-5 Heaving and Diagonal Wave

したがって、

$$\text{船首の最大上下揺れ} = h_0 \times 0.2 = \frac{HW}{2} \times 0.2 = 0.2 \text{ m}$$

c) 横揺れが同調したときのビルジ部の最大上下量

同期揺れする針路は式(6.2)のように示される。

$$\cos \theta = \frac{1}{V_s} \left( 1.25 \lambda - \frac{\lambda}{T_R} \right) \quad (6.2)$$

ただし  $V_s$  は船速,  $\lambda$  は波長,  $T_R$  は横揺れ周期

式(6.2)において  $V_s = 5.14 \text{ m/s}$ ,  $\lambda = 100 \text{ m}$ ,  $T_R = 13 \text{ sec}$  を代入すると

$$\cos \theta = \frac{1}{5.14} \left( 1.25 \times 100 - \frac{100}{13} \right) = 0.935$$

船尾から  $20.8^\circ$  の追い波 (following sea) で同調を起こすこととなり,  $\sin \theta = 0.355$  となる。また, 有効波傾斜係数は式(6.3)より算出される。

$$r = 0.73 + 0.6 \times \frac{OG}{d} \quad (6.3)$$

ただし,  $OG$  は水面上船体重心に至る垂直距離で,  $OG = 0.4 D - d$  ( $D$  = 船の深さ,  $d$  = 吃水) である。よって式(6.3)より、

$$r = 0.73 + 0.6 \times \frac{0.4 \times 2.4 - 1.62}{1.62} = 0.49$$

ビルジ部の最大沈下量は, 式(6.4)で算出される。

$$\text{ビルジ部の最大沈下量} = \frac{B}{2} \times \sin \theta \quad (6.3)$$

ただし,  $\theta = 5 r \cdot \phi \cdot \sin \theta$        $\phi = 180^\circ \times HW / \lambda$

$r$  = 有効波傾斜係数

$B$  = 船巾

$\theta$  = 同期横揺れを起こす波との出会い角

$HW$  = 波高

$\lambda$  = 波長

よって同調時の最大横揺れ角、

$$\theta = 5 r \cdot \phi \cdot \sin \theta = 5 \times 0.49 \times 180^\circ \times 2 / 100 \times 0.355 = 3.13^\circ$$

したがって, 式(6.4)より同調時のビルジ部最大沈下量は、

$$\frac{B}{2} \times \sin \theta = \frac{4.4}{2} \times 0.05 = 1.1 \text{ m}$$

以上の検討結果より, 同調時の横揺れによる船底の上下量が最も大きい。これらの結果より, 東側水路の水深は次のように決定する。

(吃水)(スコット)(ローリング)(埋没)(余裕水深)

$$\text{東側水路} = 1.62 + 0.8 + 1.1 + 1.0 + 0.8 = 19.9 \rightarrow 20.0 \text{ m}$$

一方西側水路についても同じように算出してみると, 横揺れが同調した時の5万GTコンテナ船のビルジ部の上下量は0.8mと計算され, スコットは0.8m, 余裕水深は0.7mとなる。よって西側水路は、

(吃水)(スコット)(ローリング)(埋没)(余裕水深)

$$\text{西側水路} = 13.0 + 0.8 + 0.8 + 1.0 + 0.7 = 16.3 \rightarrow 16.5 \text{ m}$$

が必要となる。

< 断面 >

Approach Channel の断面として、式(6.5)によって東・西両水路の対象船型を次のように考えて、第Ⅱ期計画の必要巾員を算定した。

East Approach Channel 150,000 DWTタンカー (fully laden)

吃水 = 16.2 m

船巾 = 44 m

船長 = 280 m

West Approach Channel 350,000 DWTタンカー (in ballast)

吃水 = 12.0 m

船巾 = 54.8 m

船長 = 341 m

すれ違いを可能とする航路巾員(W)は、式(6.5)で示したように、

$$W = 2 \times (W_x + W_y) \quad (6.5)$$

ここで  $W_x = 0.02d + 0.9B_x + 1.8B_x + (C_x \cdot V_{ax} + V_{cx}) \cdot T_x$

$$W_y = 0.02d + 0.9B_y + 1.8B_y + (C_y \cdot V_{ay} + V_{cy}) \cdot T_y$$

ただし d = 操船目標物までの距離

$B_x, B_y$  = 船巾

$C_x, C_y$  = 定数 (船種によって決定される)

$V_{ax}, V_{ay}$  = 風速

$V_{cx}, V_{cy}$  = 潮流

$T_x, T_y$  = 操船性能

$W, W_x, W_y$  ともに底巾を示す。

式(6.5)に、

$$d = 2000 \text{ m}, B_x = 44 \text{ m}, B_y = 54.8 \text{ m}, C_x = 0.01, C_y = 0.015, T_x = T_y =$$

$$360 \text{ sec}, V_a = 10 \text{ m/s}, V_c = 0.5 \text{ m/s} \text{ を代入して } W \text{ を求めると、}$$

$$W = 2 \times (W_x + W_y) = 2W_x + 2W_y = 600 + 840 \text{ m} = 1440 \text{ m}$$

以上より東側水路として、 $2W_y = 840 \text{ m}$ 、西側水路として、 $2W_x = 600 \text{ m}$ を確保する必要があるが、図6-2-1に示すように、東側水路は第Ⅰ期計画のものを利用し、第Ⅱ期計画では、西側水路だけ新たに浚渫する。この結果HM140地点で東側水路巾は、640m、西側水路巾は、780mとなる。

## 2) Suez Entrance Channel

### < 水深 >

Port Said Approach Channelと同じ考え方で水深を決定したが、SuezはPort Saidと異ってSiltationの影響は無視できるので、考慮しないこととした。

東・西両航路の水深は次のとおりである。

(吃水)(スコット)(ローリング)(余裕水深)

$$\text{東側航路} = 16.2 + 0.8 + 1.1 + 1.4 = 19.5\text{m}$$

ここで余裕水深を1.4mとしたのは吃水の5%以外に、Suez Entrance Channelは底質が岩であることが予想されるので、0.6mの余裕を見込んだ。

(吃水)(スコット)(ローリング)(余裕水路)

$$\text{西側水路} = 13.0 + 0.8 + 0.8 + 1.3 = 15.9 \rightarrow 16.0\text{m}$$

### < 断面 >

Suez Entrance Channelの場合のtwo way passageを可能にする航路巾員は、式(6.6)で示したように、

$$W = W_x + W_y + L_y \quad (6.6)$$

ここで、 $W_x = 0.02d + 0.9B_x + 1.8B_x + C_x \cdot V_{ax} \cdot T_x$

$$W_y = 0.02d + 0.9B_y + 1.8B_y + C_y \cdot V_{ay} \cdot T_y$$

ただし、 $L_y$  = 運河を通航する最大船長

$d$  = 操船目標物までの距離

$B_x \cdot B_y$  = 船巾

$C_x \cdot C_y$  = 定数(船種によって決定される)

$V_{ax} \cdot V_{ay}$  = 風速

$V_{cx} \cdot V_{cy}$  = 潮流

$T_x \cdot T_y$  = 操船性能

式(6.6)に

$$d = 2000\text{m}, B_x = 54.8\text{m}, L_y = 341\text{m}, C_x = 0.01, C_y = 0.015,$$

$$T_x = T_y = 360\text{sec}, V_a = 5\text{m/s} \text{ を代入すると,}$$

$$W = W_x + W_y + L_y = 170\text{m} + 215\text{m} + 341\text{m} = 726\text{m} \rightarrow 730\text{m}$$

図6-2-1に示すように巾員730mで浚渫すると西側水路の方は、Master Planにおいて確保すべき巾を約20mだけ掘り残すことになるので、第Ⅱ期工事でMaster Planの断面まで浚渫してしまうことにする。一方東側水路は、計画巾を確保するには45mの掘り込みを必要とするが、掘り込みせずとも約290mの巾員は確保できるので、第Ⅱ期工事で浚渫せず、Master Planで増深・掘り込みする時に第Ⅱ期計画分を含めて浚渫する。この結果Suez Entrance Channelの巾員は、東側航路289m、西側航路417m、計706

mとなる。

### 3) Channels in Great Bitter Lake

#### < 水深 >

Bitter Lake内は波浪及び埋没の影響はないと判断されるので、これらの影響を除外して水深を決定できる。よって第Ⅰ期計画では、運河部に比較して東側水路では1.0m、西側水路では0.5m浅くしてあるのはこのためである。第Ⅱ期計画においても水路水深は第Ⅰ期計画に合わせて、東側水路は-18.5m、西側水路は-14.5mとする。

#### < 断面 >

計画巾員は、Suez Entrance Channelと同じとなるが、西側水路については、Suez Entrance Channelの西側水路と同様計画巾員だけ浚渫するとすれば、約20m巾ほどMaster Planの計画巾員を縮り残すことになるので、第Ⅱ期工事でMaster Planの断面まで浚渫してしまうことにする。東側水路については、第Ⅰ期計画の巾員のままで十分に第Ⅱ期計画の巾員を確保することが可能である。この結果Bitter Lake内の水路は、東側水路361m、西側水路417m計778mとなる。

### (2) 法線計画

第Ⅱ期計画の法線は、Master Planの法線計画の考え方と全く同じとする。運河部に関しては、Master Planの西側法線とⅡ期計画の西側法線を一致させて、第Ⅱ期計画の断面を確保し、Master Planの断面に拡大する場合は、東側を拡巾する。

Channel in Great Bitter Lake及び、Suez Entrance Channelの場合は、図6-2-1に示すように、西側水路はMaster Planの西側水路を第Ⅱ期計画の段階ですべて浚渫する。東側水路は、第Ⅱ期計画で必要とする断面をMaster Plan断面の西側に確保し、Master Planの断面に拡大する際には東側を拡巾する。

### (3) 泊地計画

#### (1) Great Bitter Lake

Great Bitter Lake内には、北航コンボイに対する非常時のためのAnchorage (north anchorage) 南航コンボイの待機用のAnchorage (south anchorage) が航路の東と西にそれぞれ配置されている。

その内訳は次の通りである。

Depth	北航コンボイ用	南航コンボイ用
	Anchorage	Anchorage
-14.5m	—	3B
-14.0	3B	—
-13.0	—	5B
-12.0	7B	3B
-11.0	2B	23B
- 9.0	8B	
	20B	34B

北航用のVLCCに対しては緊急時用に Deversoir の東側水路で4隻のけい留が可能である。Bitter Lake内のけい留隻数は、single anchorで停泊した場合の隻数であり、このけい留方式を採る限りけい留隻数の増加は難しい。南航コンボイがノンストップで走行するようになれば、Bitter lake内のAnchorage areaは非常時を除いては必要なくなる。よって南航コンボイがノンストップで走行する時期までの間に、この隻数で不足する事態が起こり得るかということであるが実際には、

- ① 現在停泊する船は単錨泊方式であるが、これを双錨泊方式を採用することにより、1.5万DWT貨物船で33%、3万DWT貨物船で26%、10万DWTタンカーで20%の停泊エリアの節約が可能となり、それだけ収容隻数を増加させることができる。
- ② 錨泊方式の場合、ある程度swinging areaを重ね合わせることができるので、このように停泊させれば、50%以上停泊隻数を増加させることができる。

ので、第Ⅱ期計画としてBitter Lake内のAnchorage areaを拡げることはしない。ただし、south anchorageの航路沿いのanchorageは、西側水路が拡巾されるため約180m程面積が減ることになるが、航路沿いのanchorageに停泊する船については、双錨泊を義務づけるか、anchorの投錨位置を明示するにすれば、特に拡張する必要はない。

## (2) Suez Anchorage Area

Suezにおけるanchorage areaについては、SCAは次のような隻数を収容し得る計画をもっている。(図5-2-2参照)

	number of ships	area no.
General cargo ships, passenger ships	13	C
Tankers (small tankers)	13	A
(up to 50,000 DWT)	15	B
(up to 100,000 DWT)	10	D
(up to 150,000 DWT)	8	E
(up to 250,000 DWT)	5	F
Ships after limited time	17	G

81

general cargo ship に対する area が少ないので、small tanker 用の area (A) に、general cargo を収容させれば、capacity としては当分不足はない。ただし、第Ⅱ期計画によって航路沿いの area の一部が航路に利用されることになるので、swinging area を少し削減することになるが、収容隻数に影響はしない。

### (3) Port Said Anchorage Area (Outer Waiting Area)

Port Said 港内の Anchorage area で待機できない 38' 以上のタンカー及びコンテナ船は、outer waiting area で待機する。待機の area は New Port Said Bypass の西側に沿って水深 -14.0m より沖合に配置するが特に浚渫は必要としない。位置は HM 110 より沖合となる。

## 2-2 段階計画案の設定

### 2-2-1 計画案設定の考え方

第Ⅱ期計画の目的に沿って計画案を考えると、大きく次のように整理される。

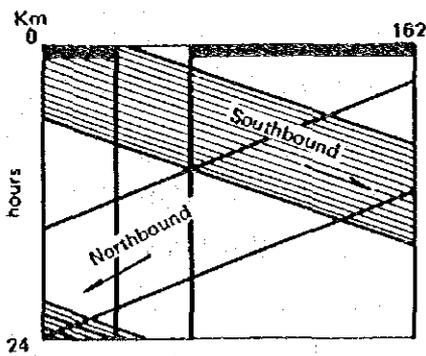
#### 1) 通航容量を拡大する目的に対しては、

運河の単線区間を縮小すれば、それに応じて通航容量は増大する。第Ⅰ期計画後の運河の単線区間は、Km 122~162 区間の 40 km 及び Km 16~95 区間の 79 km (間に Km 51~61 区間の Ballah Bypass があるが、S-1 コンボイにとっては意味がない。) のうち、Km 16~79 区間の単線部が容量を規制する。よってこの単線部の延長を縮めてゆけば、容量は増加させることができる。縮めた結果、この区間の延長が Bitter Lake より南の単線区間 40 km より短くなると、容量は南の単線区間で規制される。よって容量増大のためには当面、Km 16~95 区間の片端もしくは両端を順次複線化してゆけばよい。

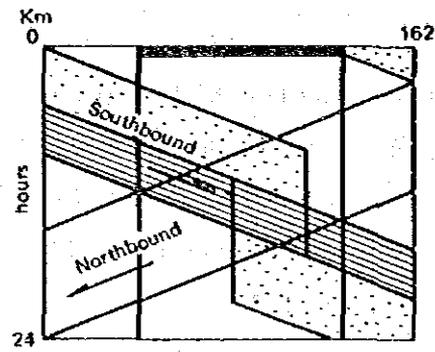
#### 2) 通航時間を短縮させる目的に対しては、

現在南航コンボイは、Ballah Bypass 及び Great Bitter Lake で一時待機して北航船の通過後南航を開始する通航方式を採っているため、北航に比して余分の時間を要している。この待機時間のロスを減らすためには最終的に南航コンボイをノンストップで走行させ

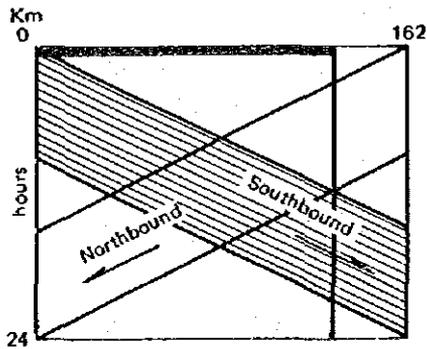
ることであり、このためには運河内の単線区間を1区間にするか、もしくは運河の中央部を長区間にわたって複線化し、複線部の両端に単線部区間を設けることが考えられる。運河中央部の複線化区間の延長がある程度長ければ、南航コンボイの一部にノンストップ・コンボイを走らせることが可能となる。(図6-2-6参照)



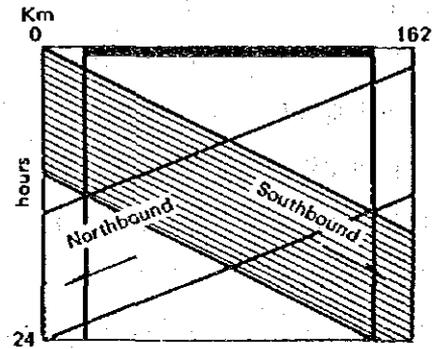
1. One single channel section



2. Center section doubled



3. One single channel section



4. Long center section doubled

■ Section doubled

図6-2-6 種々の運河複線化案

### 3) 航行安全を向上させる目的に対しては、

通航方式の面から航行安全の向上をはかるには、北航、南航コンボイの交差を少なくすることである。交差が少なくなれば、すれ違い時に生ずる恐れのある事故や操船の不安を消すことができるとともに、航路線型を改善できるので安全性を向上させることが可能となる。このためには、交差個所を減らすため長区間の複線部を確保することであり、最終的には完全複線化をはかれば、交差は全く解消できる。

以上の目的に対して、特に需要の増大に順次対応可能となる代替案を設定することとする。容量を増大させる順序としては、仮りに10~20Km単位で複線化してゆくとすると、次のような2つのケースが考えられる。

#### (1) Km16~51区間の複線化を先行させる場合(図6-2-7参照)

図6-2-7の(1)に示す順序で複線化を進めてゆけば、順次容量増が期待されるが、後の方で実施すればよいstepを先行させても容量増には何の効果もない。

Km16~51区間の複線化を先行させる場合には、この区間を全て複線化しなければ、Bitter Lakeより南を先に複線化させる必要は認められない。

#### (2) Km61~95区間の複線化を先行させる場合(図8-2-7参照)

この場合にもKm61~95区間の全ての複線化が終了しない限り、Bitter Lakeより南を先行的に複線化させても容量増のメリットはない。ただしこの場合には、南航コンボイにノンストップ・コンボイを走らせる可能性があり、通航時間の短縮が期待できることになる。

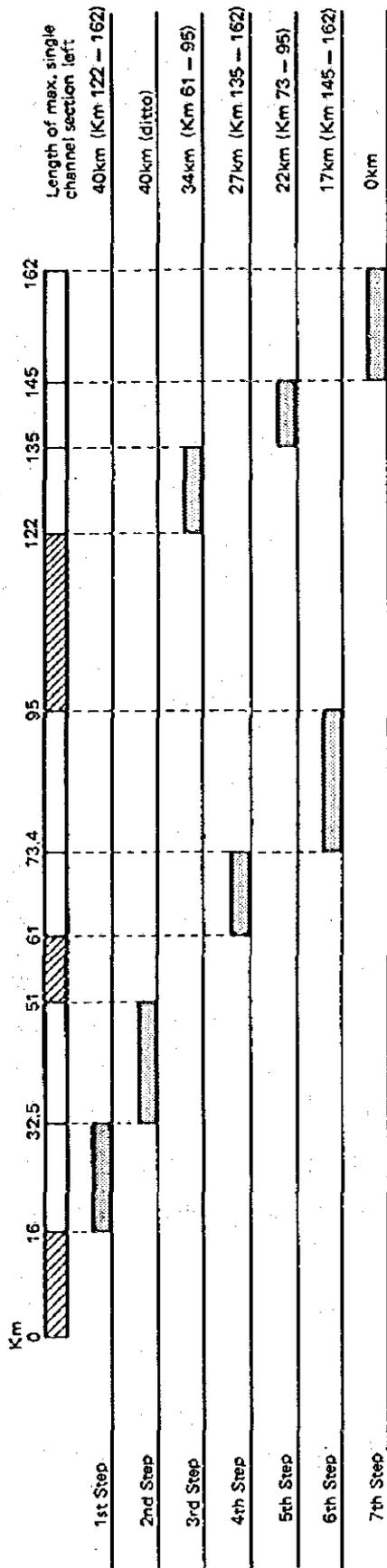
以上のように10~20km毎に複線化を進め、部分的な共用をはかるとすると、複線部分と単線部分の結合部に connection channelが必要となる。この connection channelは、結合している単線区間が複線化された時点には不必要となるばかりか、東西両水路のコンボイ交差時における水理的干渉を考えると築堤によって遮断されなければならない。このような経費と手間を考えると複線区間はあまり短区間とせず、ある程度の長区間の方が望ましい。よって、Bitter Lakeより北では、Km16~51及びKm61~95区間はむしろ一括して複線化されるべきであろう。Bitter Lakeより南は、Km135地点がほぼLittle Bitter Lakeの端にあたること及び複線化ルートの特性を考慮すると、10km程度毎に複線化を進めてもそれ程無駄はないものと考えられる。

## 2-2-2 設定

前述で検討した考え方にしたが、図6-2-8に示す如く、8ケースの第Ⅱ期計画の計画案を設定した。

各計画案の内容は次のとおりである。

(1) Section Km 16 - 51 doubled at the outset



(2) Section Km 61 - 95 doubled at the outset

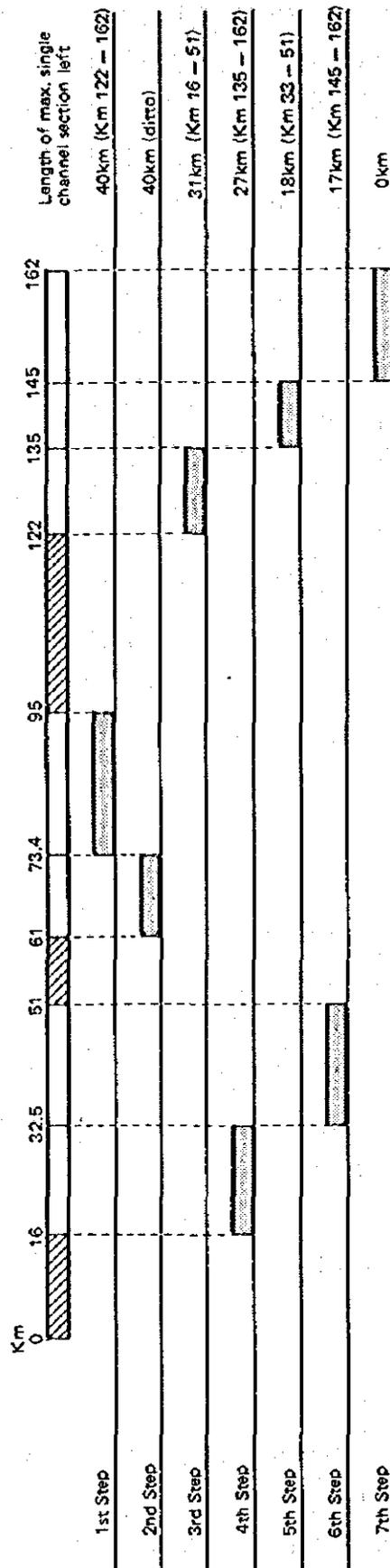


図 6 - 2 - 7 運河複線化の順序

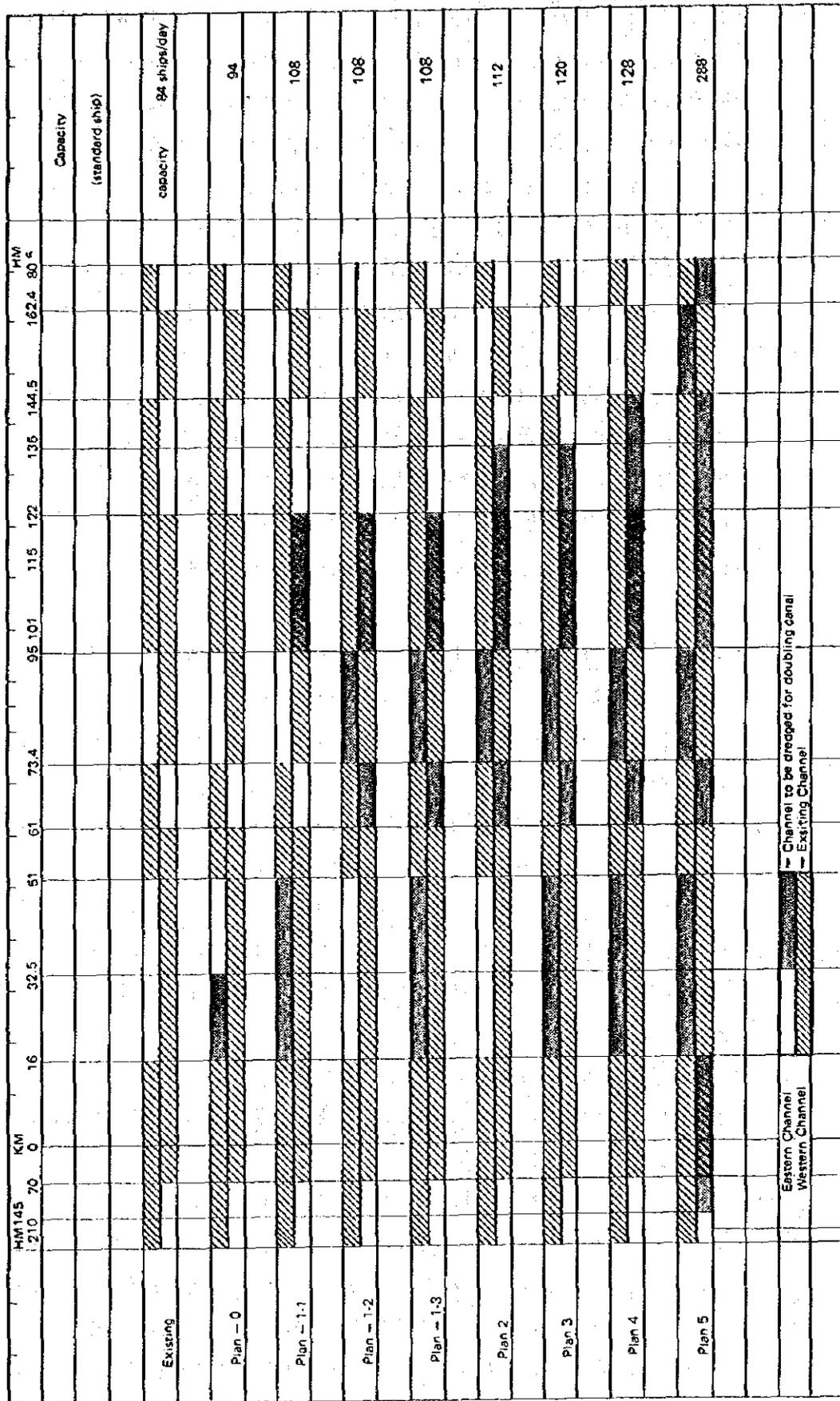


图 6-2-8 段階計画案

- Plan-0 : Km16~51の区間のうちKm16~325の区間に、東側航路を建設するものである。これによってKm16~95区間の単線部は、79kmから62kmに短縮され容量増が期待される。ただし本案は、当面の需要増に短期的に対応しようとする暫定案であり、その他の区間の拡張は一切必要としない。
- Plan-1-1 : Plan-1-1~Plan-1-3は、Bitter LakeのKm122地点より南は一切複線化しない案である。Km16~51またはKm61~95のいずれか一方を複線化すれば、単線区間は、Bitter Lake-Suez間の40kmが最大となり、この区間によって容量が決定される。Plan-1-1は、Km16~51区間を複線化するものであり、これと同時に既存の複線部においても改良の必要のあるKm95~122区間は西側水路を拡巾する。
- Plan-1-2 : Km61~95区間を複線化すると同時に、既存の複線部においても改良の必要のあるKm95~122区間は西側水路を拡巾する。これによって運河のKm51~122区間は複線化され、この区間で南・北航コンボイが相互に交差することとなり、南航コンボイについてもノンストップ・コンボイを走らせる可能性が生まれてくる。
- Plan-1-3 : Plan-1-1とPlan-1-2をcombineしたもので、Km0~122区間はすべて複線化されることになる。これによって南航コンボイは北航コンボイと同様、ノンストップ・コンボイを走らせることができ、大巾な通航時間の短縮が期待できる。
- Plan-2 : Plan-1-2に加えて、Bitter Lakeの南をKm122~135まで複線化し、Km51~135区間はすべて複線化される。これによってPlan-1-2より容量が増加し、通航時間の短縮もPlan-1-2に比して期待できる。
- Plan-3 : Plan-2に加えてKm16~51も複線化する案であり、Km0~135区間はすべて複線化される。Plan-2に比して、複線化区間が延長しただけ容量も増加する。
- Plan-4 : Plan-3に加えて、Km135~145区間も複線化する案であり、Km0~145区間はすべて複線化される。Plan-3に比して複線化区間が延長しただけ容量も増加する。
- Plan-5 : 全区間複線化する案であり、この場合にはNew Port Said Bypassの西側に南航用水路を設けてkm0~16区間も複線化する。さらにSuez Entrance Channel, Port Said Approach Channelも複線化されなければならない。全線複線化によって通航船は、Suez及びPort Saidでコンボイのスタート時間まで待機することなく、ノンストップで通航が可能となる。

### 第3章 第Ⅱ期計画の実施順序

#### 3-1 検討方法

前章で設定した8ケースの計画案の中から、基本方針にもとづいて第Ⅱ期計画として実施すべき順序を検討することが本章の目的である。まず検討方法は各計画案の収益性を相互に比較して、収益性において極端な優劣がないかどうかを調べる。その結果に、運河通航需要及び航行安全の向上等のその他の要因を考慮して、最終的に第Ⅱ期計画として実施すべき順序を提案する。

第Ⅱ期計画の実施順序検討のフローは、図6-3-1に示す通りである。ここでの作業目的は、各計画案相互間に極端な優劣関係が存在するかどうかを検討することを目的とするので、数値的な検討はこの目的を達し得る程度で行なっている。

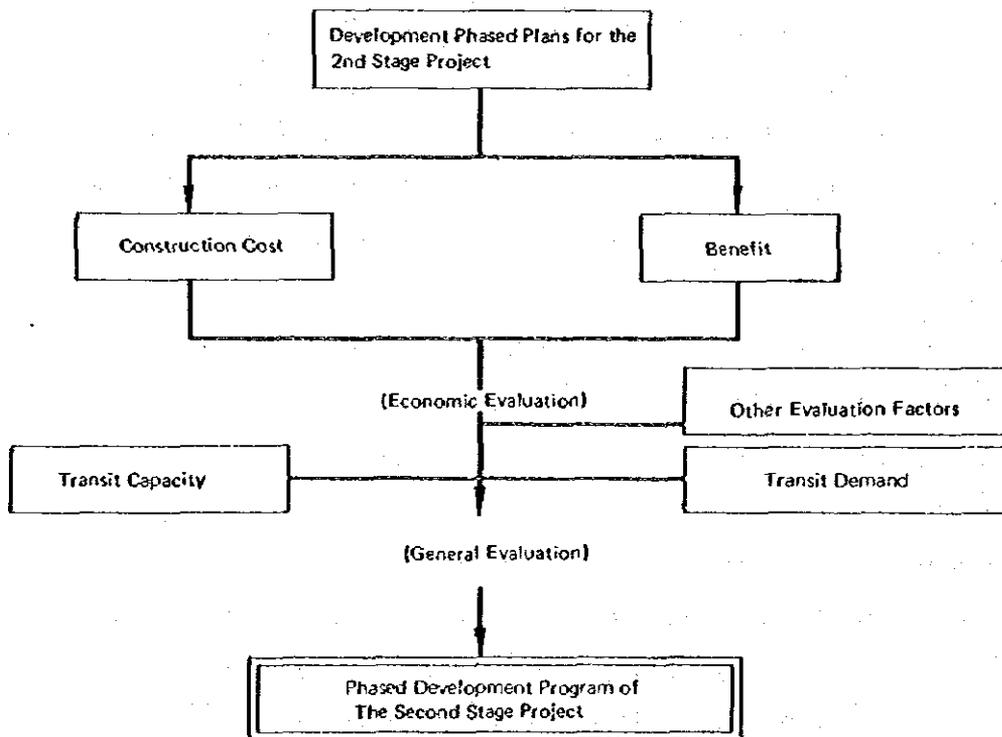


図6-3-1 段階計画案の評価フロー

### 3-2 計画案の特徴

#### 3-2-1 通航条件

各計画案で、第Ⅰ期計画完了後と比較して、どのような通航条件が確保できるかを検討する。

##### (1) 通航船型

第Ⅰ期計画の設計断面で可能となる通航船型は、北航用水路では150,000 DWTタンカー（fully laden）、南航用水路では、250,000 DWTタンカー（in ballast）であり、第Ⅱ期計画でも同船型を通航できるように断面設計されている。

Plan-0は当面の需要に対応すべく、Km16~32.5区間だけを複線化する案であり、その他の区間は改良を含めて一切工事はしない案である。しかし西側水路で300,000 DWTタンカー（in ballast）を対象としてarea ratio 4.6を確保するには、部分的に不足する箇所も存在するが、Plan-0は、いわば第Ⅰ期計画の延長を考えれば止むを得ないであろう。

代替案はPlan-5を除き、Port Said地区の西側水路は、既存のPort Said Channelを使用するように計画しているが、Port Said Channelはdraught 11.5 m(38')を越える船の通航は避けるべきと考えられる。よって、この吃水を越える南航船は、北航船が東側水路を利用しない時間にコンボイを工夫して、東側水路を利用して南航するものとする。よって、Plan-5以外の南航船もすべて第Ⅰ期計画と同じ300,000 DWTタンカー（in ballast）及び50,000 G/Tコンテナ船を最大と考えてよい。

##### (2) 通航方式

第Ⅱ期計画の通航方式については、第Ⅳ篇で詳細に検討するのでここでは、各計画案の通航条件の差を明確にすることのできる検討に止める。

通航方式は、計画案に応じていろいろなvariationが考えられるが、ここでは第Ⅰ期計画後の通航方式は、北航コンボイが1コンボイ（ノンストップ）、南航コンボイは2コンボイ（S-1コンボイはBitter LakeでS-2コンボイはBallah Bypassで北航コンボイを待機する。）であることから、計画案の通航方式は、コンボイは複線化によってノンストップ・コンボイを導入することができる場合には、可能な限りノンストップコンボイを導入する。

以上の考え方にしたがって、各計画案のTraffic Diagramを作成すると図・6-3-2~図・6-3-8に示すとおりである。Diagramを作成するにあたっては

- ① 北航船の速度は平均13 km/h、南航は14 km/hとする。
- ② 通航船の船間々隔は10分とする。
- ③ 通航時間中は、北航、南航それぞれ50%ずつ振り分ける。
- ④ 通航時間は24時間サイクルとする。
- ⑤ 待機場合は、Ballah Bypass およびBitter Lake内である。

の前提を設けている。

これより各計画案の通航時間および待機時間を表6-3-1に示している。

表6-3-1 段階計画案の比較

	Transit Capacity		Number of Convoys	Transit Hours		Waiting Hours/Ship					Navigable Time Duration
	South-bound	North-bound		South-bound	North-bound	South-bound		North-bound		Average	
						Average	Waiting Convoy	Average	Waiting Convoy		
	Ships/day			hours		hours		hours		hours	hours
Existing (After 1st Stage)	S-1 31 S-2 11	42	3 N:1,S:2	S-1 19.88 S-2 19.05	12.49	8.16	S-1 8.28 S-2 7.45	0	0	4.08	14.16
Plan 0	S-1 41 S-2 6	47	3 N:1,S:2	S-1 23.22 S-2 17.55	12.49	10.07	S-1 10.72 S-2 5.95	0	0	5.04	15.79
Plan 1-1	54	54	2 N:1,S:1	25.59	12.49	13.99	13.99	0	0	7.00	18.00
Plan 1-2	S-1 45 S-2 9	54	3 N:1,S:2	S-1 20.60 S-2 11.60	12.49	7.50	S-1 9.00	0	0	3.75	18.00
Plan 1-3	54	54	2 N:1,S:1	11.60	12.49	0		0		0	18.00
Plan 2	S-1 36 S-2 18	56	3 N:1,S:2	S-1 21.01 S-2 11.60	12.49	6.39	S-1 9.41	0	0	3.19	18.82
Plan 3	60	60	2 N:1,S:1	11.60	12.49	0		0		0	19.94
Plan 4	64	64	2 N:1,S:1	11.60	12.49	0		0		0	21.34
Plan 5	144	144	2 N:1,S:1	11.60	12.49	0		0		0	24.00

各代替案とも現状に比して、通航可能時間巾は増加する。現状（第Ⅰ期計画後）では、14.2時間の通航巾が確保されているが、Plan 0では15.8時間、Plan 1では18.0時間、Plan 2で18.8時間、Plan 3で19.9時間、Plan 4で21.3時間、Plan 5では1日中通航可能となる。これに対してコンボイの待機時間は、Plan 1-2、Plan 1-3、Plan 2~Plan 5は、現状に比して短縮可能であるが、Plan 1-2やPlan 2は通航船一隻あたり1時間の短縮もできないが、Plan 1-3およびPlan 3~Plan 5は南航、北航コンボイともにノンストップ走行ができるので、現状の平均待時間は0となる。一方Plan 0やPlan 1-1は容量が増加するだけ南航コンボイの北航コンボイの待時間が増加するので結果的に待時間は増大する。

前述したように、Plan 5の完全複線化の段階に至るまでは、New Port Said Bypassに隣接して西側水路を建設するようには考えていない。よって吃水11.5mを越える南航船は、北航船の利用が終了後、もしくは始まる前の東側水路を利用することとなる。このような場合のコンボイ・ダイアグラムを図6-4-9に現状のケースを示した。今、Port Said Approach ChannelのHM100を北航船が通過した後、待機中の南航船が北航水路（Eastern Channel）に入って南航を開始するとすれば、約1.5時間の通航時間巾（Navigable time zone）を確保できる。この程度の時間巾があれば、1981年における大型の南航船をさばくには支障ないと思われる。Plan 0の場合には、図6-3-10に示すようにこの時間巾が殆んど確保できずPlan 1-1になると、大型の南航船は、北航船がNew Port Said Approach Channel（East Channel）と通過する前に、East Channelを利用してKm16地点を先に通過していなければならない。（図6-3-11）しかもこれらの大型南航船はBallah Bypassで一旦停止して北航船の通過を待たなければならない。一方、Plan 2の場合は、南航コンボイのうち、コンボイの後半に属する船が出発する時刻には、既に北航船はNew Port-Said BypassおよびPort Said Approach Channelの東側水路の利用は終わっている。よって大型の南航船は、従来の通航方式にしたがって、Port Said Harbour港内に待機する一般船が出発した後、Outer waiting areaからApproach Channelの東側水路を利用して走航を開始すれば、ノンストップでSuezまで通航できることになる。（図6-3-12）

つまり、Plan 0やPlan 1-1のように運河の北部の複線化を先行的に進めると、大型の南航船の時間帯を確保することが難しくなり、通航方式に複雑な工夫をほどこすか、北航船の時間帯の一部を大型の南航船に割愛するなどの不利が生じてくる。

Existing (After 1st Stage)

Cycle 24 hrs 3 convoys a day

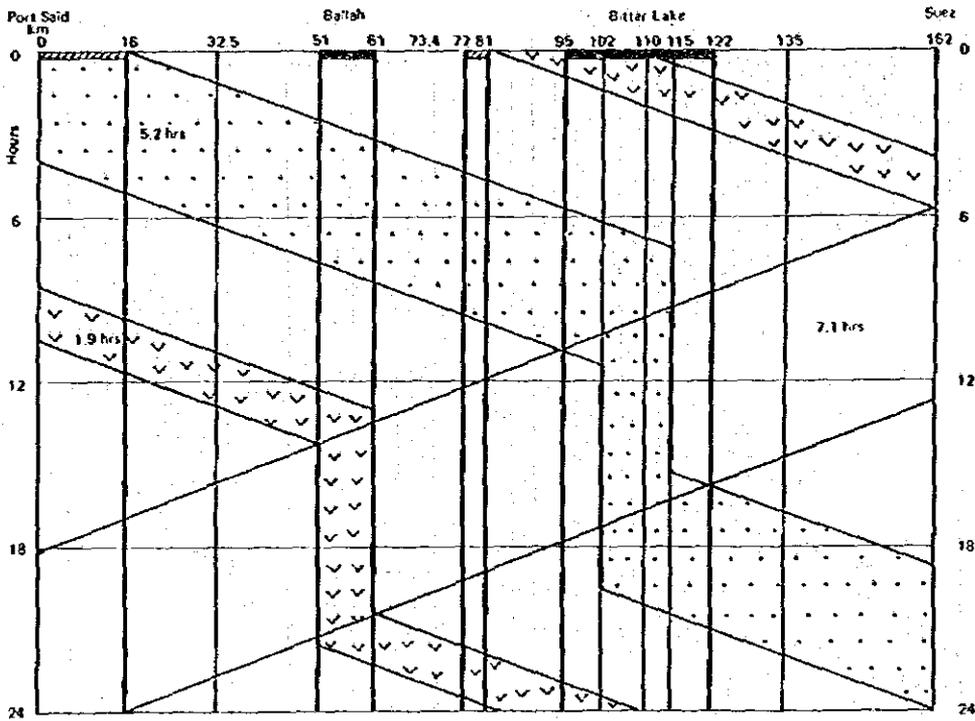


図 6-3-2 コンボイダイアグラム(1)

Plan 0

Cycle 24 hrs 3 convoys a day

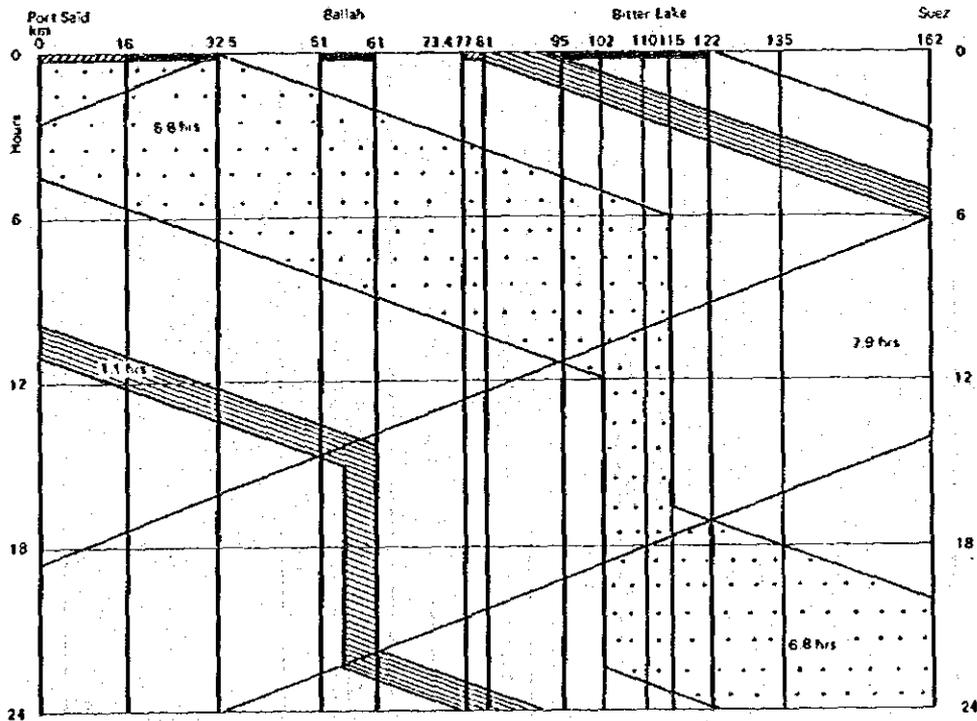


図 6-3-3 コンボイダイアグラム(2)

Plan 1-1

Cycle 24 hrs 2 convoys a day

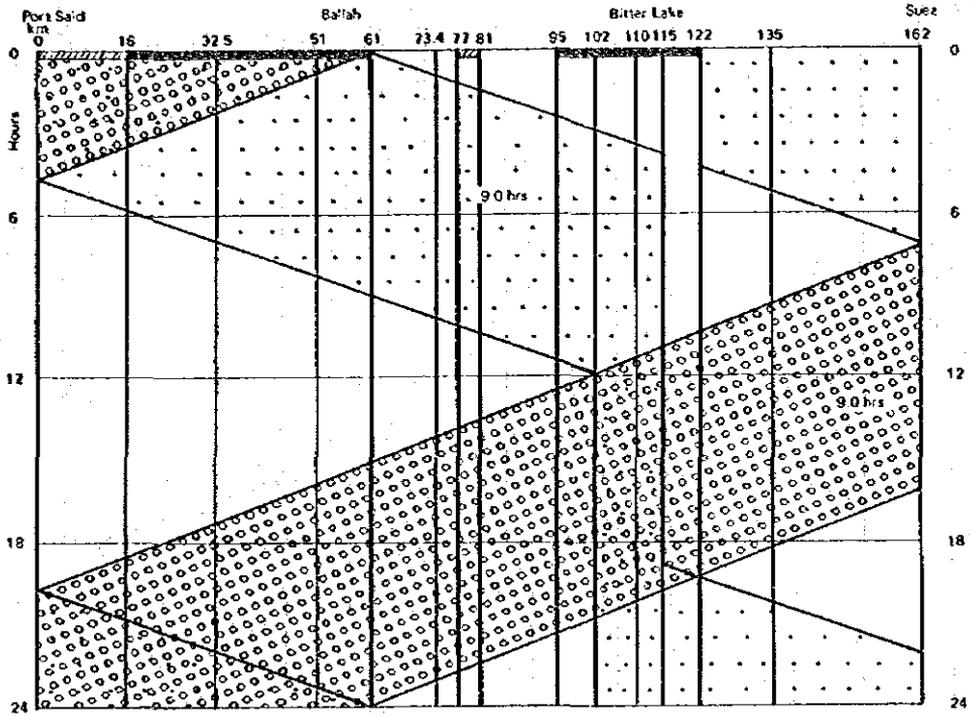


図 6-3-4 コンボイダイアグラム(3)

Plan 1-2

Cycle 24 hrs 3 convoys a day

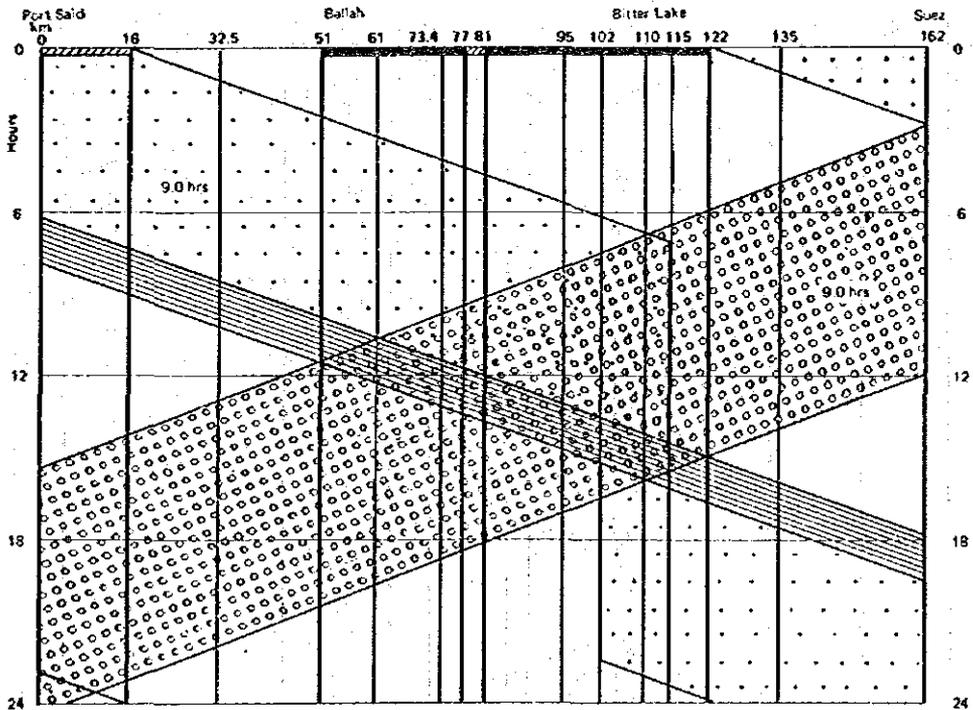


図 6-3-5 コンボイダイアグラム(4)

Plan 1-3

Cycle 24 hrs 2 convoys a day

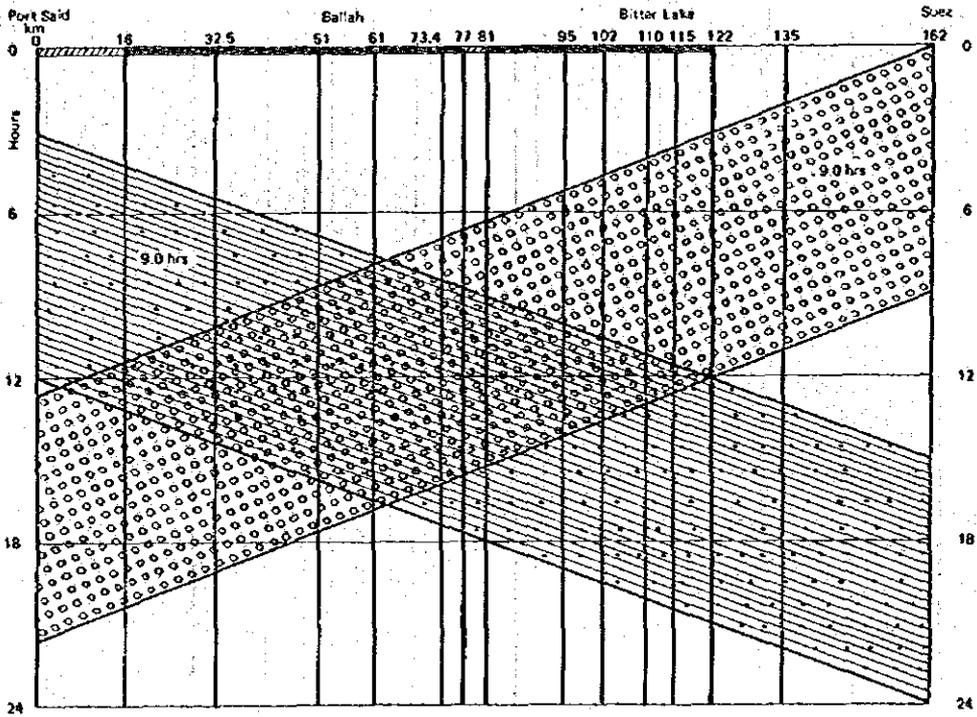


図 6-3-6 コンボイダイアグラム(5)

Plan - 2

Cycle 24 hrs 3 convoys a day

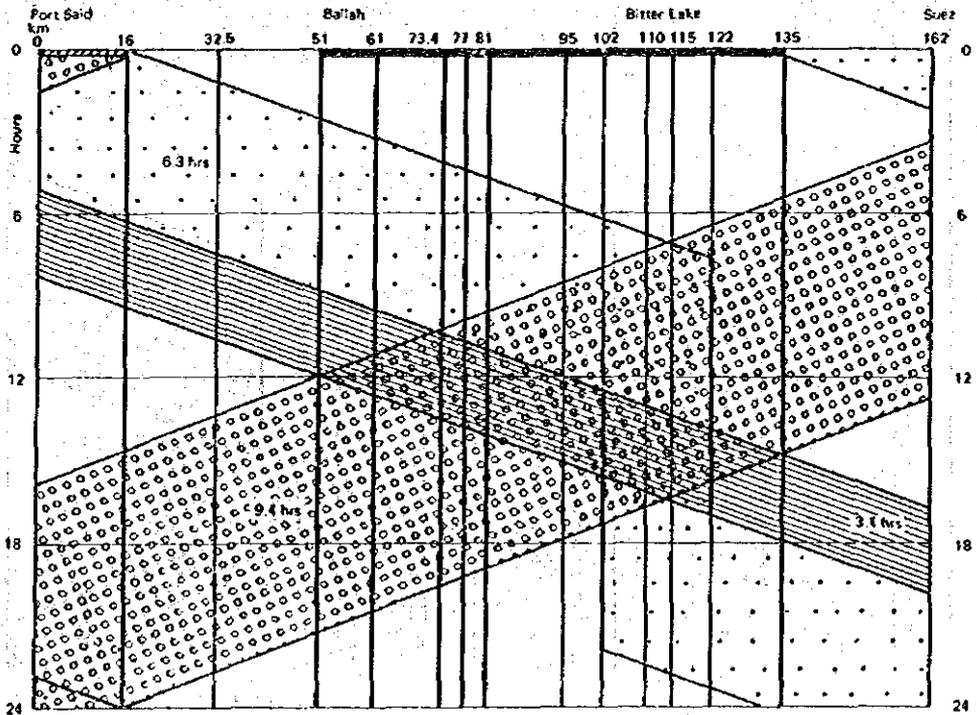


図 6-3-7 コンボイダイアグラム(6)

Plan - 3

Cycle 24 hrs 3 convoys a day

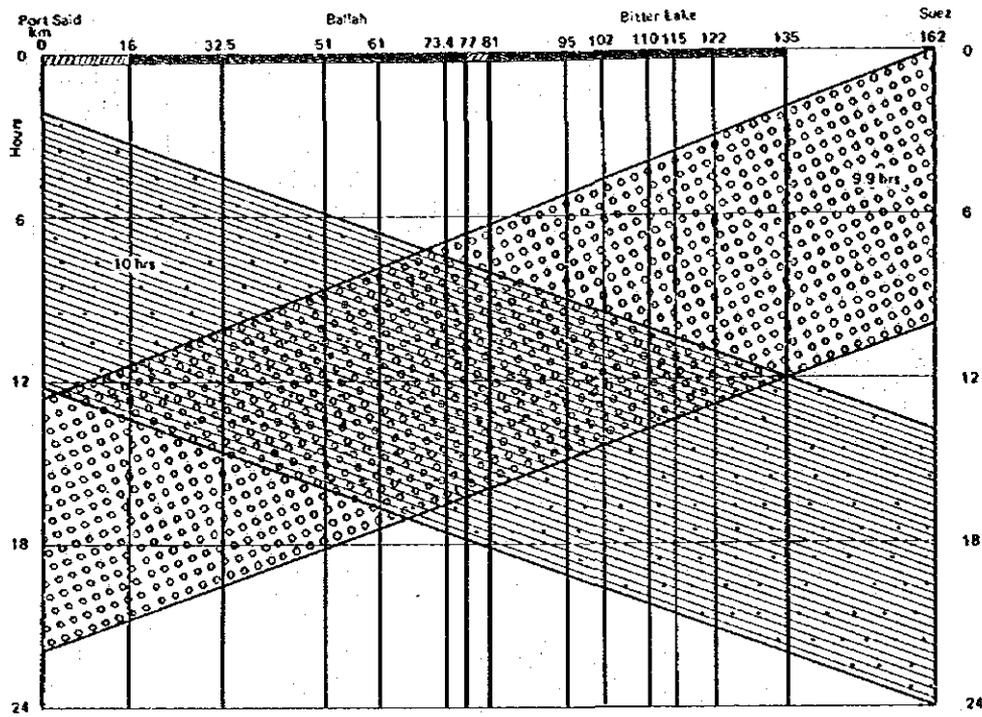


図 6 - 3 - 8 コンボイダイヤグラム(7)

Existing (After 1st Stage)

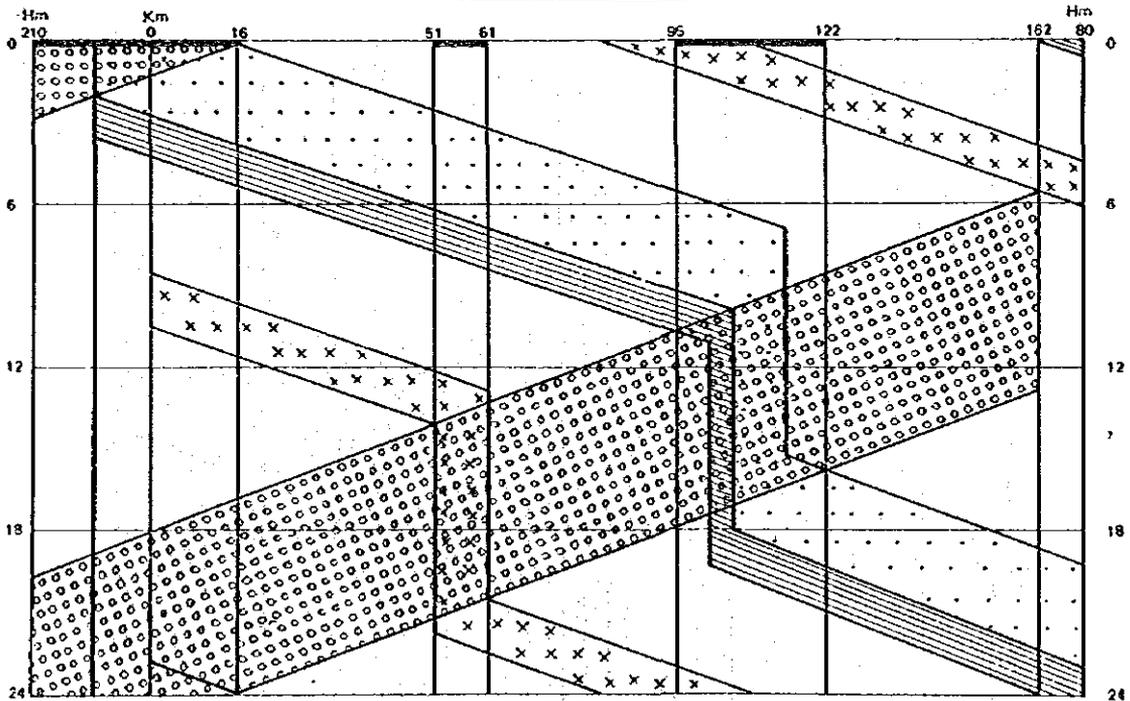


図 6 - 3 - 9 コンボイダイヤグラム(8)

Plan 0

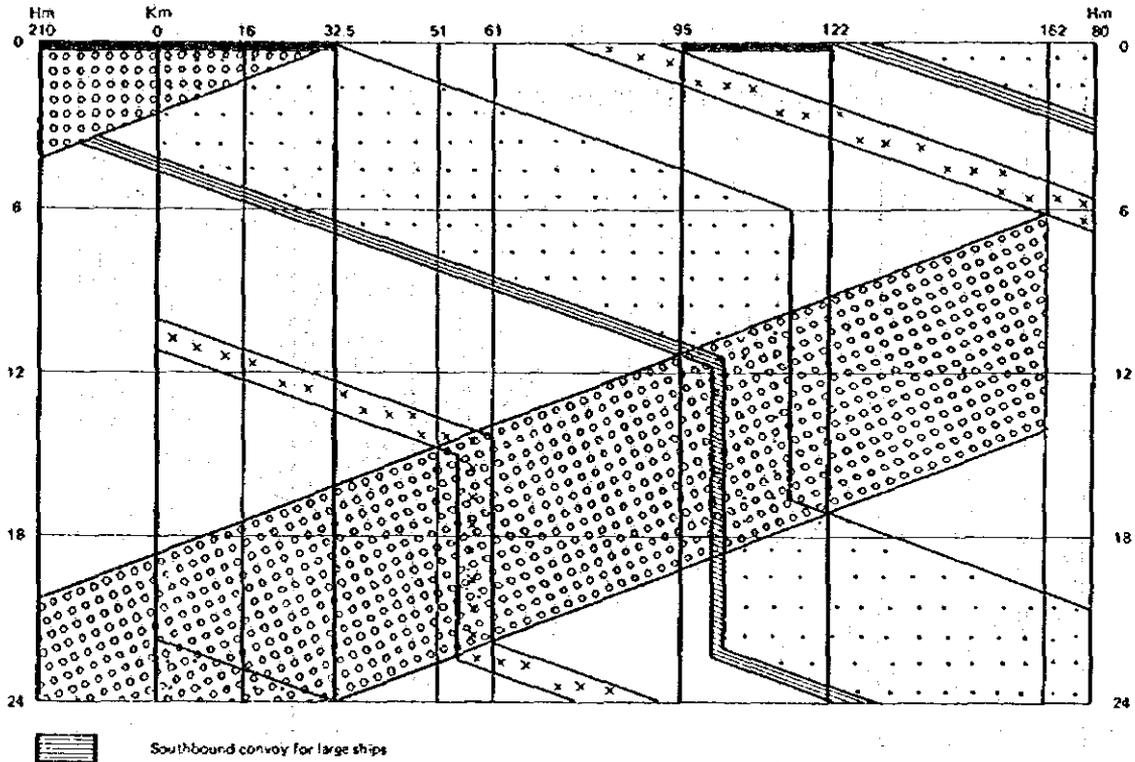


図6-3-10 コンボイダイアグラム(9)

Plan I-1

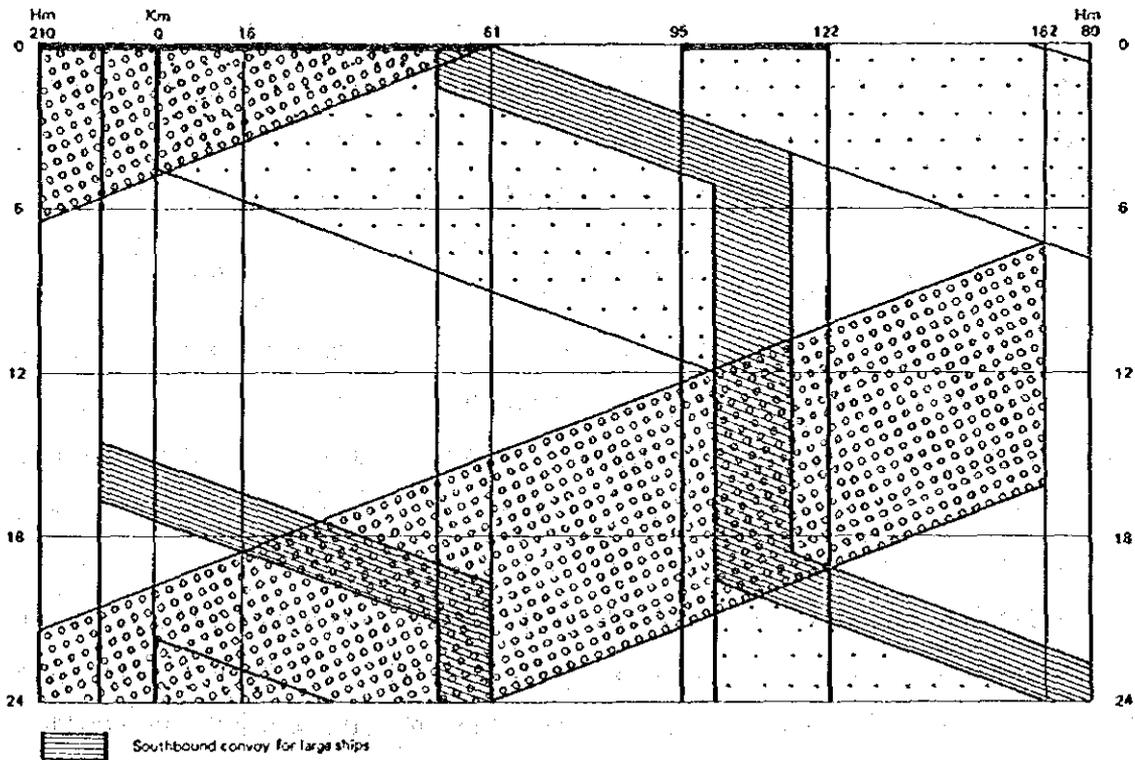


図6-3-11 コンボイダイアグラム(10)

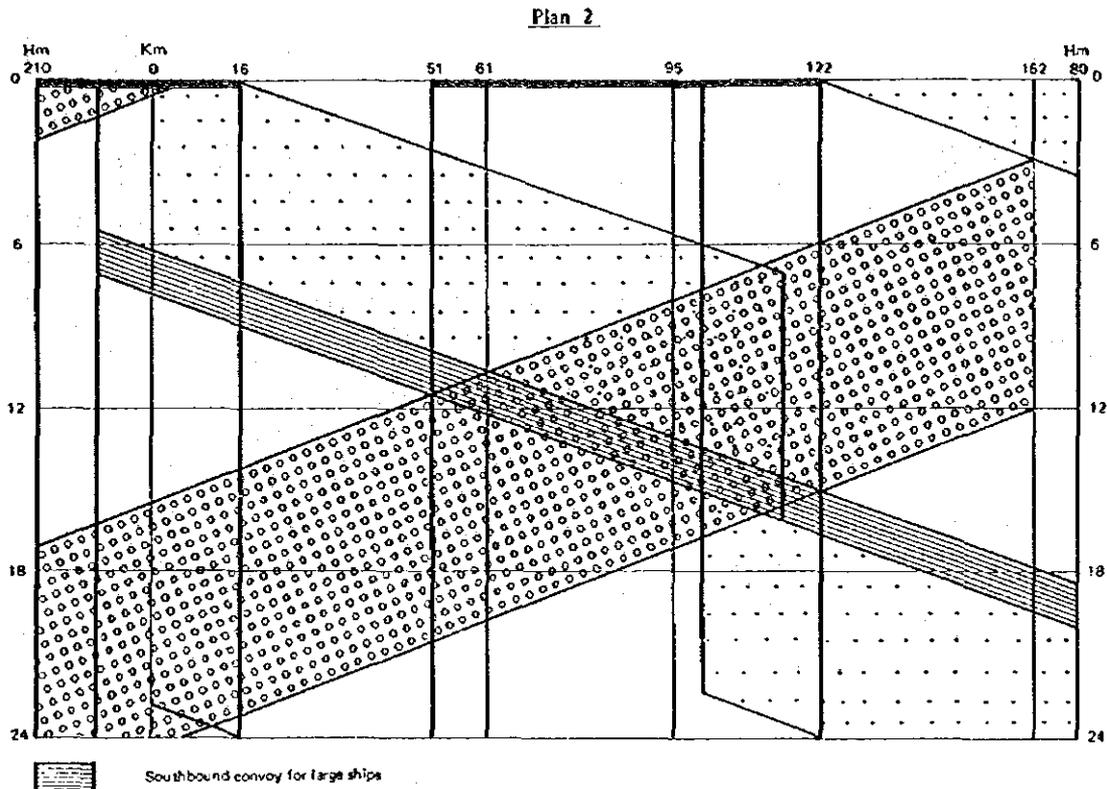


図6-3-12 コンボイダイアグラム(II)

(3) 通航容量

ここでの通航容量は、各代替案の優劣関係を明らかにすればよいことから、標準的な通航容量を算出する。

各計画案の通航容量は南航、北航船の隻数を同じと考えた場合、次式で与えられる。

$$N = \left\{ C \left( \frac{1}{V_s} + \frac{1}{V_n} \right) \times L \right\} / T \quad (6.7)$$

- ここで C : サイクル時間 ( 24 hrs )
- V<sub>s</sub> : 南航船の平均速度 ( 14 Km/h )
- V<sub>n</sub> : 北航船の平均速度 ( 13 Km/h )
- L : 単線部の最大区間長
- T : 平均船間時分

( 6.7 ) 式で平均船間時分が 10 分の場合を標準船型 ( standard ship ) として、各計画案の通航容量を計算した。船間時分については、第 VII 篇で研究するが、運河の通航ルールでは 5 ~ 20 分の間隔で船型に応じて定められているが、1979 年 8 月から 9 月にかけての 2 週間の実績によれば、平均がほぼ 10 分程度であることから、10 分を標準船型の船間時分とした。

表 6-3-2 に各計画案の通航容量を示す。

表 6-3-2 理論通航容量 (標準船)

	Capacity (ships/day)	Remarks
Existing (After 1st Stage)	84	
Plan 0	94	
Plan 1-1	108	
Plan 1-2	108	
Plan 1-3	108	
Plan 2	112	
Plan 3	120	
Plan 4	128	
Plan 5	288	

現状の標準船型の通航容量は、1日84隻であるが、Plan 0では94隻と10隻容量を増加させることができる。Plan 1は最大単線区間がKm 122~162といずれのケース (Plan 1-1~Plan 1-3)とも同じであるので、当然通航容量も同じとなり、1日108隻、Plan 2の場合は単線区間がKm 16~51となるのでPlan 1より少し短くなり、1日112隻、Plan 3では120隻、Plan 4は128隻、Plan 5では自由通航が可能となり、通航容量は288隻と一挙に倍増する。

### 3-2-2 工事数量と建設費

表 9-4-1より、各計画案の工事数量と建設費を、表 6-3-3に整理した。工事数量について工事別に眺めてみると、浚渫工量はPlan 0の場合6,800万 $m^3$ 、Plan 1の中ではPlan 1-2が14,200万 $m^3$ と最も少なく、Plan 1-1 15,900万 $m^3$ 、Plan 1-3は29,400万 $m^3$ と最も多い。Plan 2は17,800万 $m^3$ 、Plan 3は32,900万 $m^3$ 、Plan 4は36,800万 $m^3$ 、完全複線化のPlan 5は55,600万 $m^3$ となる。

陸上掘削は、Plan 0が1,400万 $m^3$ 、Plan 1の中ではPlan 1-1が最も少なく4,800万 $m^3$ 、Plan 1-2が9,900万 $m^3$ 、Plan 1-3は14,700万 $m^3$ となる。Plan 2は9,900万 $m^3$ 、Plan 3は14,700万 $m^3$ 、Plan 4は15,400万 $m^3$ 、完全複線化のPlan 5は22,600万 $m^3$ と浚渫の約36%の規模である。

表 6-3-3 の建設費には次章で各代替案の経済性を比較する目的で整理したものであるため、航路標識、タグ・ボート等の関連施設の費用を含まない。

各計画案の建設費は、Plan 0 が 8.500 万 \$ と最も少なく、Plan 1 の中では Plan 1-1 が 2.4 億 \$、Plan 1-2 が 3.9 億 \$、Plan 1-3 は 6.1 億 \$ と Plan 1-1 の 2.5 倍の規模となる。Plan 2 は 4.4 億 \$、Plan 3 は 6.7 億 \$、Plan 4 は 7.7 億 \$、完全複線化の Plan 5 は 11.4 億 \$ に達する。

表 6-3-3 段階計画案の建設費

(As of 1979)

	Construction Work			Construction Cost				Remarks
	Dry Excavation	Bank Works	Dredging	Dry Excavation	Bank Works	Dredging	Total	
	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Km	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> \$	10 <sup>6</sup> \$	10 <sup>6</sup> \$	10 <sup>6</sup> \$	
Plan 0	14.0	28.2	67.9	19.5	22.1	42.9	84.5	
Plan 1-1	48.0	67.4	159.3	68.7	50.7	124.9	244.3	
Plan 1-2	99.0	75.8	141.8	148.3	52.5	187.1	387.9	
Plan 1-3	147.0	143.2	293.6	213.9	103.2	297.6	614.7	
Plan 2	99.0	75.8	177.5	148.3	52.5	240.9	441.7	
Plan 3	147.0	143.2	329.3	217.0	103.2	351.4	671.6	
Plan 4	154.0	166.3	367.8	231.7	126.0	409.5	767.2	
Plan 5	226.0	233.9	555.8	336.9	173.1	634.2	1,144.2	

- Note: 1) These costs exclude the procurement cost for tugboats and navigation aids.  
 2) The bank works consist of the demolition, removal and construction of new revetment.  
 3) The dry excavation includes the removal of the existing railway and siphon pipes.

### 3-3 計画案の比較

#### 3-3-1 費用便益法による比較

各計画案を費用便益法によって比較した。なお、ここでの比較は各代替案の優劣関係を調べるためのものであることから、コストや便益は次のように定義している。

##### (1) 費用

費用は表 6-3-3 に掲げた建設費だけとし、維持・管理・運営費は建設費の 2% 程度と推定されることから考慮外とした。

年次別の投資計画は次のように仮定した。

- ① 第Ⅱ期工事は 1981 年当初より開始することとし、現場工事に着手するまでに 6ヶ月の準備期間を見込む。
- ② 年間の浚渫量を 6,000 万 m<sup>3</sup> と仮定する。
- ③ 陸上掘削および護岸建設は、浚渫工事に支障のないテンポで進められるとする。
- ④ 年次別投資は、浚渫のテンポと同じように行なわれるとする。

(2) 便 益

便益としては、第Ⅱ期計画の実施によってもたらされる容量の増加から期待される収入増および複線化によって運河利用者にもたらされる運河通航時間の縮小（南航コンボイの待機時間の減小）効果を採用する。

これらの便益は、各代替案の工事完了後の翌年より発生するものとし、各代替案が容量に到達した段階以降は横ばいとする。

収入増の便益算定は次の考え方によっている。

- ① 収入増を計算する対象船舶は、最近における通航実績から10,000 DWT 一般貨物船を代表船型とした。non-tankerの平均船型は12,000 DWT程度であるが、これはbulk carrierも含んだ上での平均船型であることから、便益をconservativeに計算する立場から10,000 DWTとした。

10,000 DWT貨物船の運河通航料金は、1回で17,522 US\$となる。

(1 SDR = 1.3 \$で換算)

- ② 運河通航隻数は、第Ⅳ篇の通航需要予測の結果より、標準通航船に換算した表6-3-4を用いている。実際の隻数を10分間隔で出発する標準船型に換算するには、船型別の出発間隔を次のように想定した。出発間隔の実績については、第Ⅴ篇を参照されたい。

Displacement	Time Interval
Non-tanker	(minutes)
0-30,000 NRT	8
-60,000	10
60,000-	12
Tanker	
0-60,000 DWT	12
-150,000	16
250,000	16
300,000	16
300,000-	16

- ③ 収入増を計算するための通航隻数は、原則的には次の方法で推定している。

(各代替案の通航容量) - (Ⅰ期計画後の通航容量) = (収入増計算に用いる通航隻数)

ただし、この隻数に到達するには、各計画案が容量に到達するまでの時間を要する。各代替案がその容量に到達するまでの期間は、後出の図6-3-13により推定する。

表6-3-4 標準船の予測隻数 (Base Case)

(ships / day)

Year	Real Ship	Standard Ship				Total
		Tanker	Bulk Carrier	General Cargo Ship	Container, LASH, RO/RO, Others	
1980	68.3	15.60	6.97	29.16	10.62	62.35
1985	83.9	17.63	8.53	36.11	13.12	75.39
1990	103.3	20.58	10.11	44.98	16.97	92.64
1995	120.1	21.95	11.47	52.87	20.60	106.89
2000	139.6	22.21	13.12	62.63	25.02	122.98

時間短縮効果の計量化は次の考えにしたがった。

- ① 時間短縮効果を計算する対象船舶は、収入量の計算の場合と同様10,000 DWT貨物船とした。計算の対象隻数は、各年次の総通航隻数とした。10,000 DWT貨物船の1日当たり船費は6,480 \$/dayとなる。
- ② 短縮時間は、表6-3-1に示した Average waiting hours の各代替案と第1期計画完成時との差とする。ただし、Plan 1-1は南航の大型船を通航させるためには、仮りに大型船にて2時間の時間帯を必要とするとすれば、約4時間早く Port Said を出発させる必要がある。(図6-3-11参照) これらの大型船を、いま27.5万DWタンカーと12万DWT Bulk Carrierの中間的船型とすると、1日あたり船費は次のようになる。

	ship cost
27,500 DWT Tanker	26,430 \$/day
12,000 " Bulk Carrier	12,080 \$/day
Average	19,255 \$/day

Plan 1-1の場合には、このような平均船型の大型船が通航に余分な時間を要する費用を負の便益と考えることとする。2時間の時間帯で通航可能となる隻数は船間々隔16分の船と考えて7.5隻/日となる。

なお、Plan 5には、運河両端でのコンボイ編成のための平均待時間である10時間が10,000 DWT貨物船で節減されると考えている。

(3) 比較

以上の費用と便益より各計画案の便益・費用比率 (B/C), 割引率 (15%) を計算期間 20 年として表 6-3-5 に算出した。ここでの B/C は、便益をもたらすすべての費用を含むものではないので、絶対値として見るのは危険であり、あくまでも各計画案相互の優劣関係を見るためのものである。

この結果からすると、Plan 0 は最も収益性が高く、Plan 5 は最小となっている。Plan 1 ~ Plan 4 は 1.3 ~ 1.8 の間では似た収益性が期待できる。運河の南部の方が北部に比して浚渫単価が高いことから、南部に掘り進める案ほど収益性が下がってくる。Plan 0 の収益性が高く、Plan 5 が低いのは、これも原因している。

Plan 5 は計算期間を 20 年とっても、需要が容量に達することはないと考えられることと、全線の複線化が完成するまで便益が発生しないとしていることから、ここで得られた数値については、当然な結果といえる。

以上から判断されることは、複線化計画の計画案同志では、経済的な収益性で見ると、Plan 1 ~ Plan 3 の間には大きな優劣はなく、Plan 0 は高い収益性が得られ、Plan 4 および Plan 5 は浚渫地区の特性上若干収益性が低くそうである。

Plan 1 の中では、Plan 1-2 や Plan 1-3 の収益性が Plan 1-1 に比してコストは高いのに収益性は同じもしくはすぐれているのは、時間短縮効果が期待できるためである。同じことは Plan 2 についても言える。Plan 3 や Plan 4 になると、時間短縮効果は Plan 1-3 に比して期待できないので、浚渫単価が上る分だけ収益性が下ってくる。

表 6-3-5 経済評価指標

	Cost (10 <sup>6</sup> US\$)	Benefit (10 <sup>6</sup> US\$)				Cost-Benefit Ratio (Discount Rate : 15%)
		Total	Additional Revenue	Time Saving		
				Transit Time Saving	Early De- parture Loss	
Plan 0	84.5	1,074.7	1,232.8	Δ 158.1	—	3.48
Plan 1-1	244.3	2,107.4	2,842.4	Δ 559.4	Δ 175.6	1.81
Plan 1-2	387.9	2,802.9	2,740.3	62.6	—	1.69
Plan 1-3	614.7	3,787.9	2,995.7	792.2	—	1.29
Plan 2	441.7	3,401.4	3,225.7	175.7	—	1.66
Plan 3	671.6	4,887.5	4,024.2	863.3	—	1.50
Plan 4	767.2	5,940.6	5,007.8	932.8	—	1.37
Plan 5	1,144.2	9,646.3	8,444.1	1,202.2	—	1.32

経済収益性の検討の結果は、次のように要約される。

- (1) Plan 0 は収益性が高く、工期も短いので当面の需要に対応する案として有力である。

- (2) Plan 1の収益性は、Plan 1-1の建設費が小さいので、Plan 1-1が最もすぐれているが期待できない。むしろ時間短縮効果の期待できるPlan 1-3の方が運河の国際的役割からするとすぐれていると言える。
- (3) Plan 2～Plan 5は、運河の南部を浚渫すると単価が上昇することが主に原因してPlan 2→Plan 3→Plan 4→Plan 5の順で収益性は下がる。
- よって、これらの案は需要に合せた適切なタイミングで実施されなければならない。
- (4) 以上より、結論されるのは、当面の需要に対応してPlan 0を実施し、次の段階として容量増と時間短縮をめざしてPlan 1-2を、その後は需要は合せてPlan 2→Plan 3→Plan 4→Plan 5の段階が考えられる。

### 3-3-2 通航容量についての検討

ここでは各計画案が需要予測の結果に照合させると、いつの時点で容量飽和に到達するかを検討する。ここでは standard ship に換算しての容量飽和時については、次篇でシミュレーション・モデルを用いて別途スタディーしているが、総合的な結果は本節の結論とほぼ同じである。

#### (1) 標準船型での通航需要

第N篇の通航需要予測結果を1980年から5年毎に標準隻数に換算した数値を表6-3-6に示す。標準船への換算に3-3-1の2)で用いた船型別船間々隔を使用している。需要の各ケースに応じた標準船隻数の1980～2000年までの推移を図6-3-13に示す。

表6-3-6 標準船の日当り通航隻数

	Real Ship			Standard Ship		
	Low Case	Base Case	High Case	Low Case	Base case	High Case
1977	53.9			49.2*		
78	58.2			53.2*		
80	66.2	68.2	70.3	59.3	62.4	63.8
85	76.5	83.9	91.8	68.6	75.4	82.3
90	92.5	103.3	118.1	83.0	92.6	105.0
95	107.9	120.1	141.5	96.3	106.9	124.6
2000	125.3	139.6	170.8	110.9	123.0	148.5

Note: 1) The number of standard ships in 1977 and 1978 was estimated referring to the relation between real ships and standard ships in 1980.

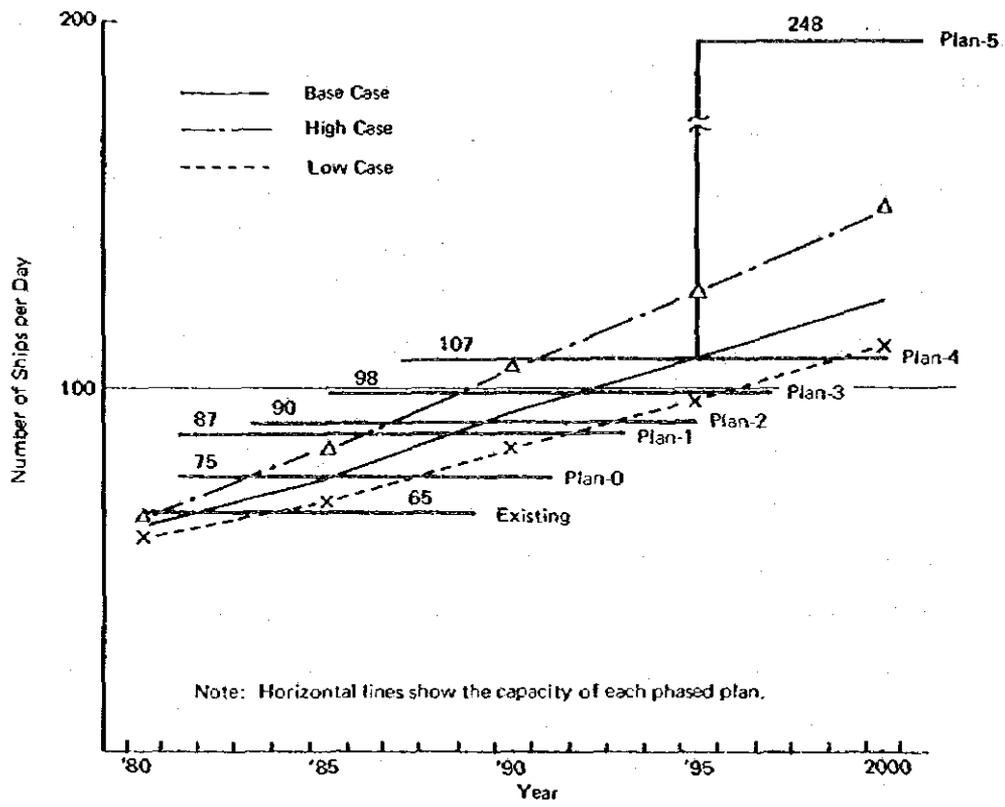


図 6-3-13(1) 通航需要と通航容量(1)

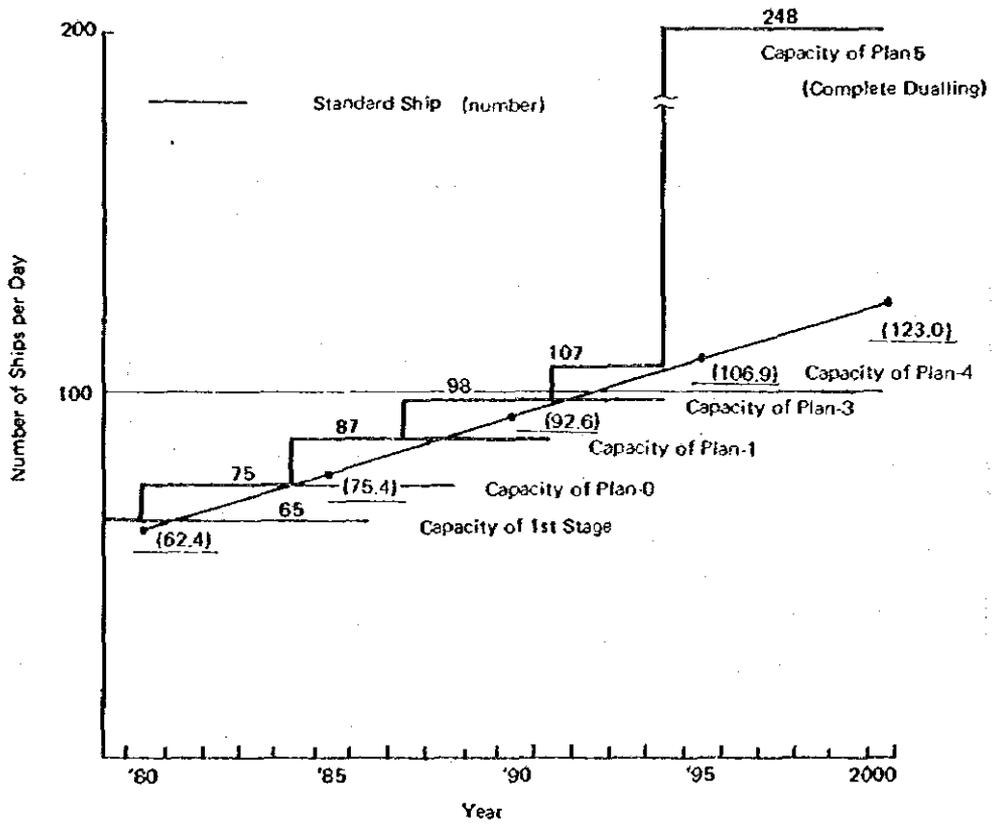


図 6-3-13(2) 通航需要と通航容量(2)  
(Base Case of Demand)

(2) 運河飽和時

運河通航需要に対して、各代替案の容量で何年まで需要を吸収し得るかを検討する。

各代替案の容量は、表6-3-2に示してあるが、この容量は運河の最大通航容量である。実際には、船間々隔にバラツキがあり、標準船に換算する時に使用した船間々隔より長くなることが予想されることと、コンボイ同志のすれ違いには、ダイヤグラムに示すように1秒の時間ロスもなく交差することは出来ず、ロスタイムが生ずる。これらの時間ロスをすべて統計的に把握することは難しいので、ここでは全体の通航可能時間の5%をロスタイムと考えた。

一方、図6-3-13の通航需要は、一日あたりの平均通航隻数であるが、実際には通航隻数は日によってバラツキがあり、平均隻数に対して隻数が多い日も少ない日もある。このバラツキは第Ⅶ篇で実績データから検討した結果、港灣における船の到着分布と同じポアソン分布と考えられる。よってここでは運河通航船がポアソン分布にしたがって通航するとし、月に1~2日の待給がPort SaidおよびSuezで発生する水準を確保するものと考え、一日あたり平均隻数に応じた各計画案の通航容量(この通航容量を平均通航容量(Daily average capacity)と呼び、当初計算で得られた容量を理論通航容量(Theoretical daily capacity)と呼ぶ)を求めると表6-3-7のようになる。

表6-3-7 日平均通航容量

(ships/day)

	Standard Transit Capacity	Actual Transit Capacity
Existing (After 1st Stage)	84	65
Plan 0	94	75
Plan 1	108	87
Plan 2	112	90
Plan 3	120	98
Plan 4	128	107
Plan 5	288	248

表 6-7-7 の平均通航容量を図 6-3-13 に重ねると、各計画案が容量飽和する時期が読みとれる。この飽和時期を表 6-3-8 にまとめた。

図 6-3-14 によれば、Base Case では、Plan 0 は 1984 年に、Plan 1 は 1988 年に、Plan 2 は 1990 年に、Plan 3 は 1992 年に、Plan 4 は 1995 年に容量に到達する。よって各プランとも、この容量に到達する以前に次のステップに進まなければならない。例えば、Plan 5 が容量に到達するのは、2000 年代のかなり先になると推定されるが、Plan 4 が容量に到達する時期には、既に Plan 5 が完了していなければならないこととなる。

第 I 期計画は 1980 年に完成しても、1981～82 年の間に容量に到達することとなり、本来はそれまでに容量の拡大がなければならない。それには Plan 0 を先行させることが望ましいが、Plan 0 の工事期間も最短で 2 カ年は必要と思われ、この Plan 0 も 1984 年の終わりには容量が飽和するので次のステップへ進んでおかななければならない。

第 II 期計画の目標年次を 1990 年とする Phase I では、Plan 3 の複線化を進めておかななければならないこととなる。さらに Phase II としては、前述のように 1995 年までに Plan 5 の全線複線化が必要となる。

また、需要が高めに推移した場合 (High Case) にも、第 I 期計画の容量は 1980 年に飽和し、Plan 1 は 1986 年に、Plan 3 でも 1988 年と 1990 年以前に飽和する。1990 年までは需要が High Case で推移する可能性も強く、1990 年を目標とする Phase I では、少なくとも Plan 3 の複線化案は是非必要となる。

一方、世界経済が低迷して低目に推移した場合 (Low Case) には、1990 年を目標とする Phase I として Plan 1 を実施すれば良いことになる。Base Case の需要は、かなり堅目の数値であることから、需要が Low Case で推移する可能性は極めて薄い。

表 6-3-8 運河容量の飽和年次

	Base Case	Reference	
		High Case	Low Case
Existing	1981	1980	1983
Plan 0	1984	1983	1987
Plan 1	1988	1986	1992
Plan 2	1990	1987	1993
Plan 3	1992	1988	1996
Plan 4	1995	1990	1999
Plan 5	after 2000	after 2000	after 2000

### 3-4 総合的評価

前節までの study の結果を踏まえて、1990年を目標年次として第Ⅱ期計画の Phase 1 として実施すべき複線化計画を選定するとともに、Phase 1 計画における段階計画について検討した。

#### 3-4-1 第Ⅱ期計画の First Phase Plan

各計画案の収益性については、3-3-1でスタディしたが、これによれば需要に合わせて順次運河の容量を拡大してゆくのが、本プロジェクトの場合最も適した方法と考えられる。これを再度確認するために全線複線化の Plan を需要に合わせて投資していった場合の収益性を検討した。投資スケジュールは、原則として需要が容量に到達する一年前には、次のステップの投資を終えているように考えて図6-3-14の如く作成した。なお、この投資スケジュールは、需要に合せた理想的なものであり、実際の投資計画は需要以外の諸条件も加味されなければならないので、ここで想定したものと変わってくるのは言うまでもない。

Step	Dualling Section	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	
1	Km 61 ~ 95	construction period									opening						
2	Km 16 ~ 51 Km 122 ~ 135					construction period							opening				
						construction period							opening				
3	Km 135 ~ 144.5							construction period							opening		
4	Km 144.5 ~ 162.4											construction period			opening		
	Transit Capacity Secured (Standard Ships)	65	65	65	65	87	87	87	98	98	98	107	107	107	248	248	
	Transit Demand (Standard Ships)	65	68	70	73	75.4	79	82	85	89	92.6	95	98	101	104	106.9	

図6-3-14 Plan 5の投資スケジュール案

一方便益の方は、各区間が供用開始された後20年間のプロジェクト・ライフを想定し、供用区間毎の収入増および時間短縮効果便益として採用した。便益の計算は、3-3-2で行なったものと同じ考え方にしたがって行なった。

これらの費用と便益でB/C(割引率15%)を算定すると1.66となり、3-3-2で計算したPlan-5のB/Cより高い値が得られる。

このように、需要に合わせた投資を行なう方が、第Ⅱ期計画にとって経済的である。よって1990年を目標年次とする場合、第Ⅱ期計画として当初から全線の複線化をはかるより、当面1990年近くの需要に合わせて部分的な複線化を進めるべきであろう。この考え方にしたがって、第Ⅱ期計画を段階計画として分けると、次のようになる。(図6-3-15参照)

	Doubled Section	Construction Section for Doubling
First Phase Plan (Phase I)	Km 0 - 135	Km 16-92, Km 61-95, Km 122-135
Second Phase Plan (Phase II)	Km 0 - 162	Km 0-16, Km 135-162 Port Said Approach Channel Suez Entrance Channel

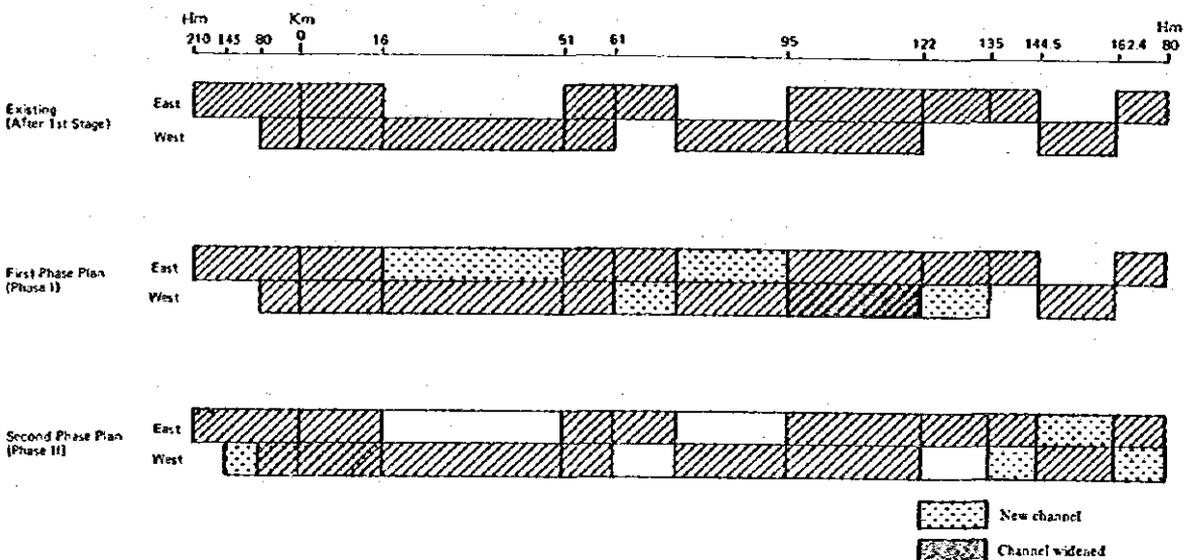


図6-3-15 運河複線化のプログラム

First Phase Planは、将来の通航需要の伸びからすると、図6-3-14から読みとれるように、1992年の需要(98 ships/day)までFirst Phase Plan(Plan-3)の容量(98 ships/day)で対処し得る。1993年以降の需要に対しては、それまでにSecond Phase Planの一部(Plan-4)が完成していないと運河通航の飽和状態が発生する。

Second Phase Planは1985年以降に実施に移されるものと想定されるが、この時点までに、再度需要の動向を見極めるとともに、大型タンカーを対象とした増深プロジェクトの実施の可能性についても、タンカー、マーケットのコンディションの回復状況を踏まえてPhase IIのプログラムを再検討する必要がある。

以上より、1990年を目標とする第Ⅱ期計画のFirst Phase Plan (Phase I)としては、0～135Km区間を複線化するPlan-3を採り上げる。

### 3-4-2 First Phase Plan (Phase I)の段階計画

第Ⅰ期計画が完了し開通しても、1980年代の早い時期に容量が飽和することが予想され、80年代のできるだけ早い時期に部分的複線化を進めてゆくことが需要へ対応する観点からは望ましい。

Phase Iを部分的に進めてゆけば、順次容量が増大する。図6-3-16に示したように3ステップに分けて、Step 1' Km 16-32.5区間を、Step 2'でKm 61-95区間を、Step 3'でKm 32.5-51およびKm 122-135区間を複線化して供用開始すれば、順次需要を増大させることができる。しかしながら、Step 1'の工事に少なくとも2年は要することを考えれば、1981年から工事を始めてStep 1'が完成しても1年少しでStep 1'の容量が飽和してしまうことになる。またStep 1'の部分供用をするためには、Km 32.5地点の前後数Kmにわたって単線部と複線部を結合させる区間が必要となる。この区間は、単線部が複線化された後は、築堤によって東・西両水路に分離しないと、通航船が交差する際相互に水理的な干渉が生じ、航行に支障をきたすことが懸念される。この築堤の経費も無視できず、僅か1年少しの期間のために、Step 1'を先行させることは得策とは考えられない。よって、むしろできるだけ早くStep 1'を先行させ、しかるのち、Step 1'とStep 3'を平行させて実施するのが望ましい。

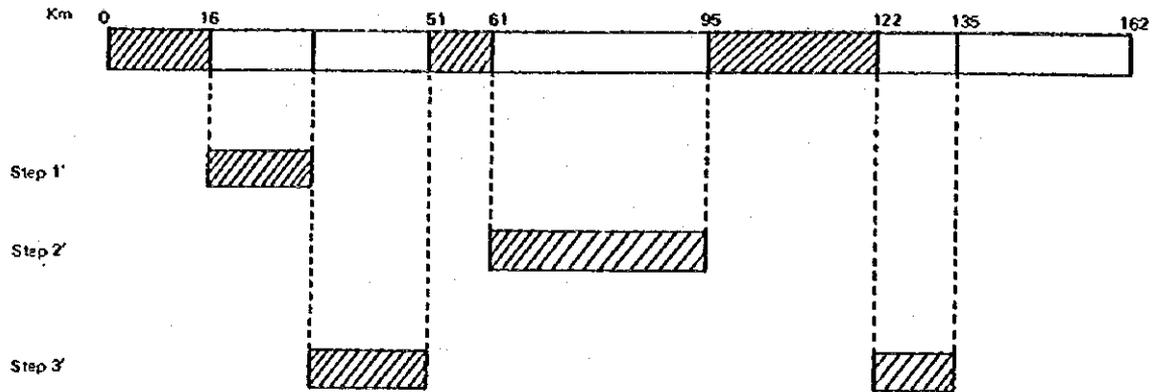
図6-3-17がPhase Iを2段階に分けて実施する場合を示している。需要との関連で各ステップの完成時期を検討すると、

Step 1 : 第Ⅰ期計画の容量が1981年には飽和するので、できるだけ早く工事完了するのが望ましい。

Step 2 : Step 1の容量が'88～'89年の間に飽和するので、その前年の'87年には完成するのが望ましい。

こととなる。

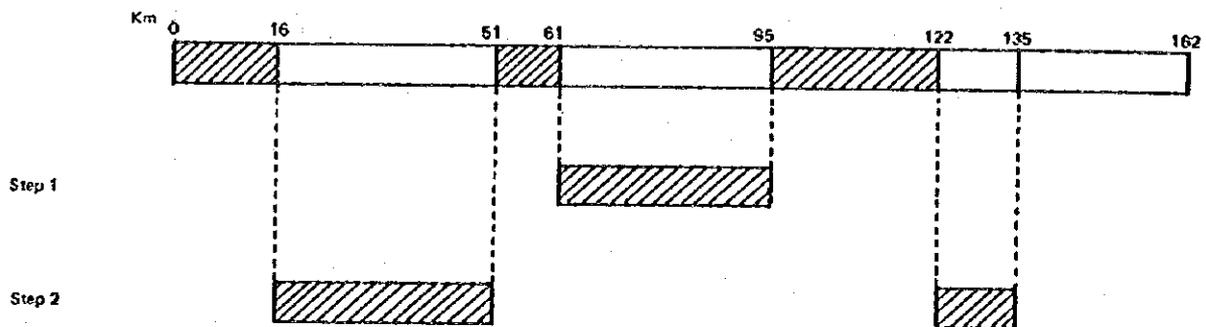
Step 1の工程計画については、第Ⅴ篇の実施計画で詳細するが、1984年末でないと完成できないことから、1982～1984年の間は、かなり待船がPort SaidとSuezで発生することが予想される。その状況については、第Ⅶ篇の通航方式・通航容量を参照されたい。よって、この間の待船を少しでも減らすためには、現在の通航方式における南航の第1コンボイの間に小隻数からなるコンボイ(これをS2-2コンボイ、従来の第2コンボイをS2-1コンボイと称する。)を編成し、バイパス化されているTimsah Lakeの西側水路で北航コンボイを待機させた後、Suezへ向う暫定通航方式を採り入れれば、'82～'84年の待船をある程度しのぐことができる。この暫定方式のTraffic Diagramは図6-3-18に示す



The characters of each step are shown as follows.

	Volume ( $10^4 \text{ m}^3$ )		Construction Cost ( $10^4 \text{ \$}$ )	Theoretical Transit Capacity (ships/day)	Average Transit Capacity (ships/day)
	Dredging	Excavation			
Step 1'	67.9	14.0	84.5	94	75
Step 2'	141.8	99.0	387.9	108	87
Step 3'	119.6	34.0	199.2	120	98

図 6-3-16 供用開始プログラム



The characters of each step are shown as follows.

	Volume ( $10^4 \text{ m}^3$ )		Construction Cost ( $10^4 \text{ \$}$ )	Theoretical Transit Capacity (ships/day)	Average Transit Capacity (ships/day)
	Dredging	Excavation			
Step 1	141.8	99.0	387.9	108	87
Step 2	187.5	48.0	283.7	120	98

図 6-3-17 供用開始プログラム (改良案)

が、Timsah Lakeでの待機隻数を6隻として作成したもので、これにより、現況に比して6隻容量を増加させることができるわけである。

以上のPhase Iの段階計画は、需要との関係において満足すべき条件を示すものであって、具体的な実施計画は需要以外の諸条件も含めて第Ⅱ篇で検討する。

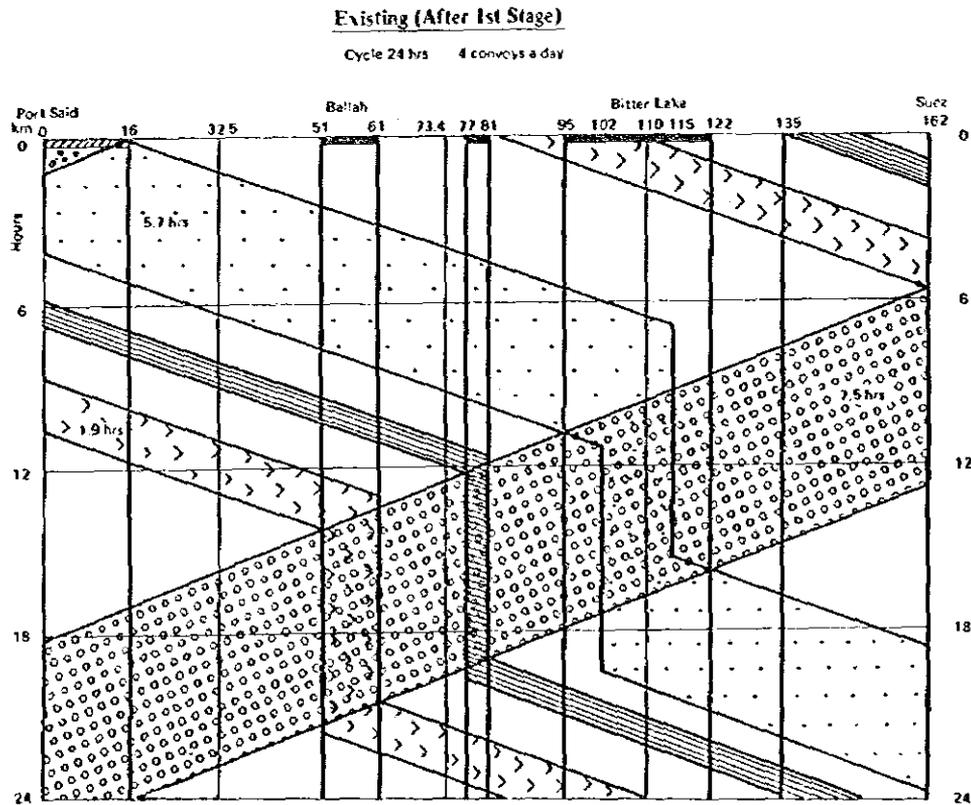


図6-3-18 コンボイダイヤグラム(12)