

レバノン国トンネル建設計画調査報告書

1964年3月

海外技術協力事業団

JICA LIBRARY



1044359[6]

国際協力事業団	
受入'84. 3.12 月日	309
	61.4
登録No. 00191	KE

は し が き

日本政府は、レバノン国政府の要請により、昭和38年度予算をもつて、同国の首都ベイルートよりシリアのダマスカスに到る所謂ベイルート—ダマスカス道路のトンネル建設計画に関して基礎調査を行うこととし、その実施を政府の実施機関である海外技術協力事業団に委託した。事業団は同トンネル建設計画の重要性に鑑み、事業団顧問柳沢米吉氏を団長とし、土木及び地質の専門家5名より成る調査団を編成した。

調査団は昭和38年10月23日東京を出発し、約1ヶ月に亘り現地に滞在して、各種の調査を行った。即ち計画地区附近の道路網調査、トンネル構築に関係する地形、地下水、障害物調査、同地区一帯の地質調査の外、ベイルート市の都市計画等を勘案した将来交通量算定のための経済調査等を行った。幸い現地に於ける調査はレバノン国政府関係者の格別な支援と協力によつて円滑に行われ、調査団全員無事帰国した。調査団は帰国後直ちに現地調査の成果を基とし、計画、設計、計算、価値判定等の諸作業を行い、ここに調査報告書提出の運びとなつた。

当事業団は日本政府の行う海外技術協力の実施機関として昭和37年6月に発足し、爾来開発途上にある国々よりの研修生の受入れ、或いはこれらの国々への技術専門家の派遣、コンサルティングサービスの提供等、各種の政府ベース技術協力を実施して、着々実効を挙げて来た。本調査報告書がレバノン国公共事業省開発5ヶ年計画の重要な一環をなすベイルート—ダマスカス道路整備計画の推進に役立つと共に、これを契機として同国との友好親善、経済の交流が一層増進されるならば、これにまさる喜びはない。

終りに本調査の実施に当り、支援と協力を惜しまれなかつたレバノン国政府関係者に対し、また調査団々員各位、現地において調査に協力された在外公館の方々、並びに調査団の派遣に御協力を頂いた外務省、建設省、パンフィックコンサルタンツ株式会社に対し、この機会に厚く御礼申上げる。

昭和39年3月

海外技術協力事業団
理事長 波 沢 信 一

年次	年間交通量	一日平均交通量			
		合計	乗用車	バス	トラック
1963	1,175,300	3,220	2,821	54	345
64	1,322,760	3,624	3,174	62	388
65	1,483,725	4,065	3,560	69	436
70	2,303,150	6,310	5,528	106	676
75	3,293,760	9,024	7,905	152	967
80	4,520,890	12,386	10,850	209	1,327
85	6,223,615	17,051	14,935	289	1,827
86	6,686,435	18,319	16,046	310	1,963

即ち

Vehicles Speed Km/h

Max. traffic capacity/day 20,000	}	Passenger car	17,600	60
			Bus	300	50
			Truck	2,100	50

3. Tunnel の設備について

あらゆる角度より比較検討した結果、ここに提案する most suitable tunnel facilities の概要は次の様なものである。

a Tunnel 延長 7,850 m

b Tunnel 勾配 ± 1.075% と ± 0.25%

c Tunnel 線形 直線

d Section

Interior width 11.0 m (2車線)

Interior height 7.0 m

e 換気設備

Downward Half transverse

ventilation system with 3 - shafts. (3-shafts と 1 坑口を含め
4-ventilation stations)

f 照明設備

両側ナトリウム燈 (80w) 4,500 燈、路面照度 50 lux

g Emergency 設備

故障車処理設備、救急及消防設備

h その他

Telephone、Signal設備、排水etc.

4 Tunnel工事の建設費と工程について

Access roadの建設工事は本tunnel工事と切離して、Lebanon政府の公共事業として取扱うものと考え、ここにtunnel工事のみについて、その建設費と工程の概要を示すと次の如きものである。

a)建設費(単位U.S.\$)

工事種類	数量	単価	金額 U.S.\$
準備工事	1式		398,000
トンネル工事	696,000 m ³	2284	15,899,000
シャフト 第一期*	135,000 m ³	52.30	7,060,000
第二期	37,700 m ³	41.46	1,563,000
換気設備 第一期*	送風機 10台		2,622,000
第二期	" 7台		813,000
照明設備	4500 灯	12.65	569,000
保安設備	1式		566,000
輸送費	1式		620,000
輸入税	1式		1,220,000
技術監理費	1式		1,600,000
合計			26,576,000

b) 工 程

ITEM \ Months	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
Preparatory work	[Timeline bar from 0 to 6 months]												
Tunnel work	[Timeline bar from 6 to 30 months]												
Shaft work 1st stage* (2ndstage)	[Timeline bar from 12 to 24 months] 1978年施工、工期20ヶ月												
Ventilation equipment	[Timeline bar from 18 to 33 months]												
Illumination work	[Timeline bar from 27 to 33 months]												
Facilities for security	[Timeline bar from 30 to 33 months]												

Note * 第一期工事は1981年のTraffic 141,000 vehicles/dayを、
第二期工事は1986年のTraffic 20,000 " を、夫々
対象として設備する。

即ち本 Tunnel 工事に要する建設費用は \$ 2,660,000 であつてその所要工期は
36ヶ月である(第二期工事は1978年より着手工期20ヶ月)

5. 所要資金の概要と資金計画について

上記の所要建設費に対し、外貨を必要とする資金と Lebanon の国内資金とに区分し
てその概要を示すと次の如きものである。(単位 U.S.\$)

工 事 種 類	合計所要建設費	外貨所要額	内貨所要額
準 備 工 事	398,000		398,000
ト ン ネ ル 工 事	15,899,000	6,675,000	9,224,000
堅 坑 工 事	2,269,000	823,500	1,445,500
換 気 設 備	3,435,000	2,589,000	846,000
照 明 設 備	569,000	406,000	163,000
保 安 設 備	566,000	446,000	120,000
輸 送 費	620,000	587,000	33,000
輸 入 税	1,220,000		1,220,000
技 術 監 理 費	1,600,000	1,600,000	
合 計	26,576,000	13,126,500	13,449,000
その内第一期分	23,961,000		
第二期分	2,615,000		

この所要資金の年度別計画は次の様である。 (単位 U.S.\$)

年 度	外 貨	内 法	計
第一期第1年度	3326000	4573200	7899200
第2年度	4810500	4876500	9687000
第3年度	3945000	2429800	6374800
計	12081500	11879500	23961000
第二期	1045000	1570000	2615000
合 計	U.S.\$13,126,500	U.S.\$13,449,500	U.S.\$26,576,000

注：この資金所要額には建設期間中の金利を含んでいない。

6. Benefit of the Tunnel Project について

Existing road と proposed tunnel と之に対比して考慮さるべき new road との3つについて、benefit cost ratioを検討した結果は、(1)existing road と tunnel との比が 4.5 (2)existing road と new road との比 3.9 (3)new road と tunnel との比 2.9 となり「何れの角度より検討しても tunnel を建設するのが最も経済効果がある」との結論を得たのである。

7. Reasonable Toll Rate について

前と同様に3つの route について road user cost を解析した結果 reasonable な toll rate として次のものを recommend するものである。

Passenger car	0.6 \$ / 台
Buss and Truck	1.5 \$ / 台

8. 償還計画

上記の toll rate を以てして「tunnel の construction cost + maintenance cost + 金利」の償還計画を検討した結果、次表の如く償還年数は16年5ヶ月(最終年次1985年)となる。

償還計画表 (Redemption Plan)

(unit \$ 1,000)

Period	Calendar year	Const. Cost or Remaining Redemption	Interest [A]	Expenses for Turnal [B]	Total [A] + [B] = [C]	Business Revenue [D]	Amount to be allocated for Redemption [D] - [C]
	1966	8000	320				
	67	16,320	653				
	68	24,973	999				
1st stage	1 69	25,972	1,039	226	1,265	1,513	248
	2 70	25,724	1,029	"	1,255	1,639	384
	3 71	25,340	1,014	"	1,240	1,771	531
	4 72	24,809	992	"	1,218	1,907	689
	5 73	24,120	965	"	1,191	2,046	855
	6 74	23,265	931	"	1,157	2,192	1,035
	7 75	22,230	889	"	1,115	2,343	1,228
	8 76	21,002	840	"	1,066	2,500	1,434
	9 77	19,568	783	"	1,009	2,666	1,657
	10 78	17,911	716	"	942	2,837	1,895
	11 79	16,016	641	"	867	3,023	2,156
	12 80	$\frac{13860+2650}{2} = 15,185$	607	280	887	3,217	2,330
13 81	$\frac{12855+1325}{2} = 14,180$	567	"	847	3,422	2,575	
2nd stage	14 82	11,605	464	"	744	3,641	2,897
	15 83	8,708	348	"	628	3,884	3,256
	16 84	5,452	218	"	498	4,143	3,645
	17 85	1,807	72	"	352	4,429	4,077
	18 86	+ 2,270					

尙前記の toll rate は road user の direct benefit のみを基としたものであるから、indirect advantage を考慮に入れて passenger car の rate を 0.7 \$ / 台とすれば償還年数が 14 年 10 ヶ月 (最終年次 1983 年) となる。(Table 38)

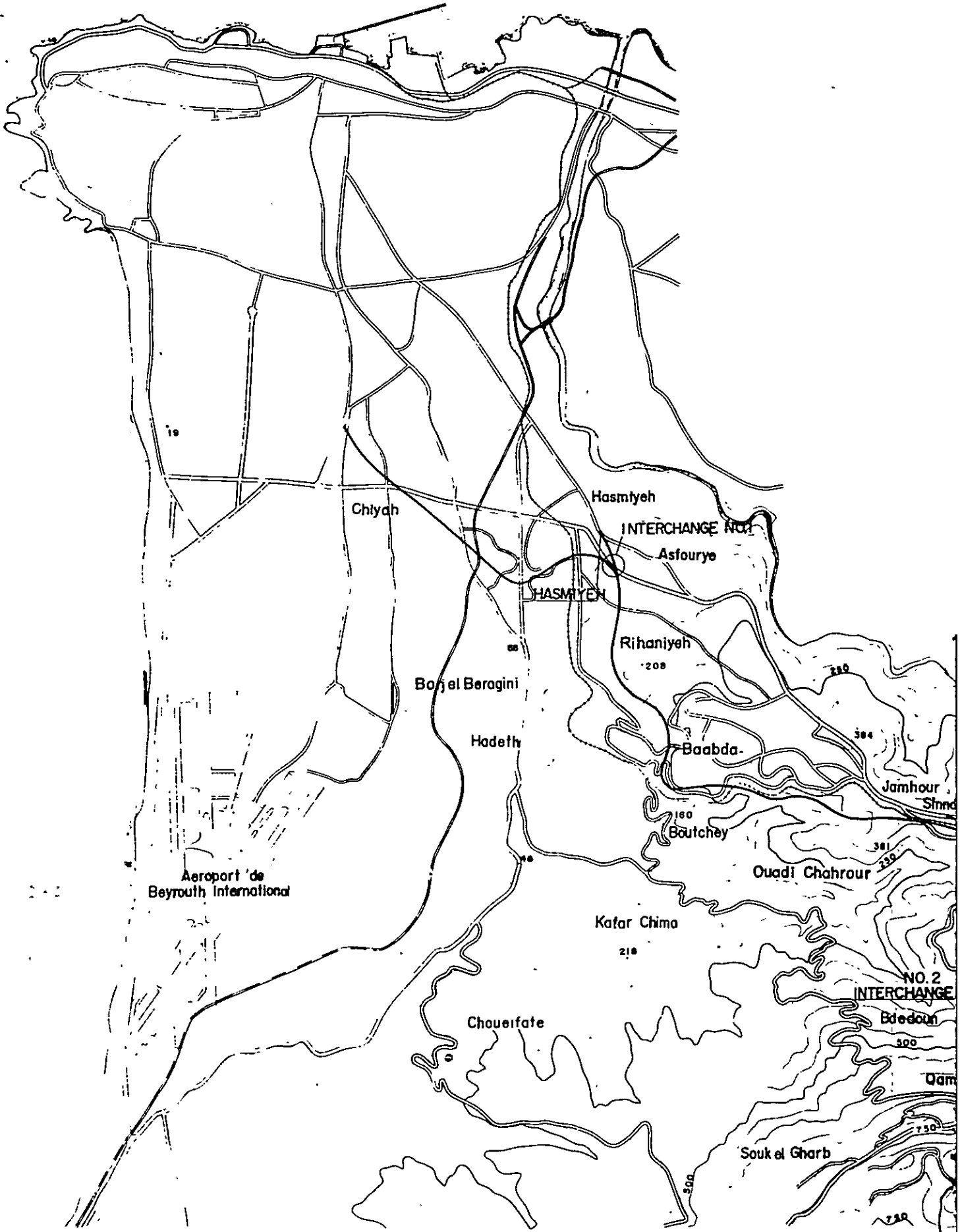
9. Recommendation

- a 上記の如く本 Dahr El Baidar Tunnel project は road user の benefit と comfort に対して feasible であるのみならず Lebanon 国の開発に対しても極めて有効である。之れ吾々が本計画を recommend する所以である。即ち建設工事に対する基本条件には何等困難はなく、現今の tunnel 建設技術を以てして約 3 年にて完成することが出来る。従つて access road も同時に完成する様にすれば直ちに Lebanon 国の交通問題に大きな便益をもたらす。又その toll rate についても充分控え目な額を以てしても尙 14 ~ 15 年間に cost の償還が出来ると云うことは、financial planning からしても充分満足さるべきものである。
- b 以上に述べたことは本 project に関して、最も根本的な重要事項に関して study した結果であるから基本事項に関しては決定的なものである。

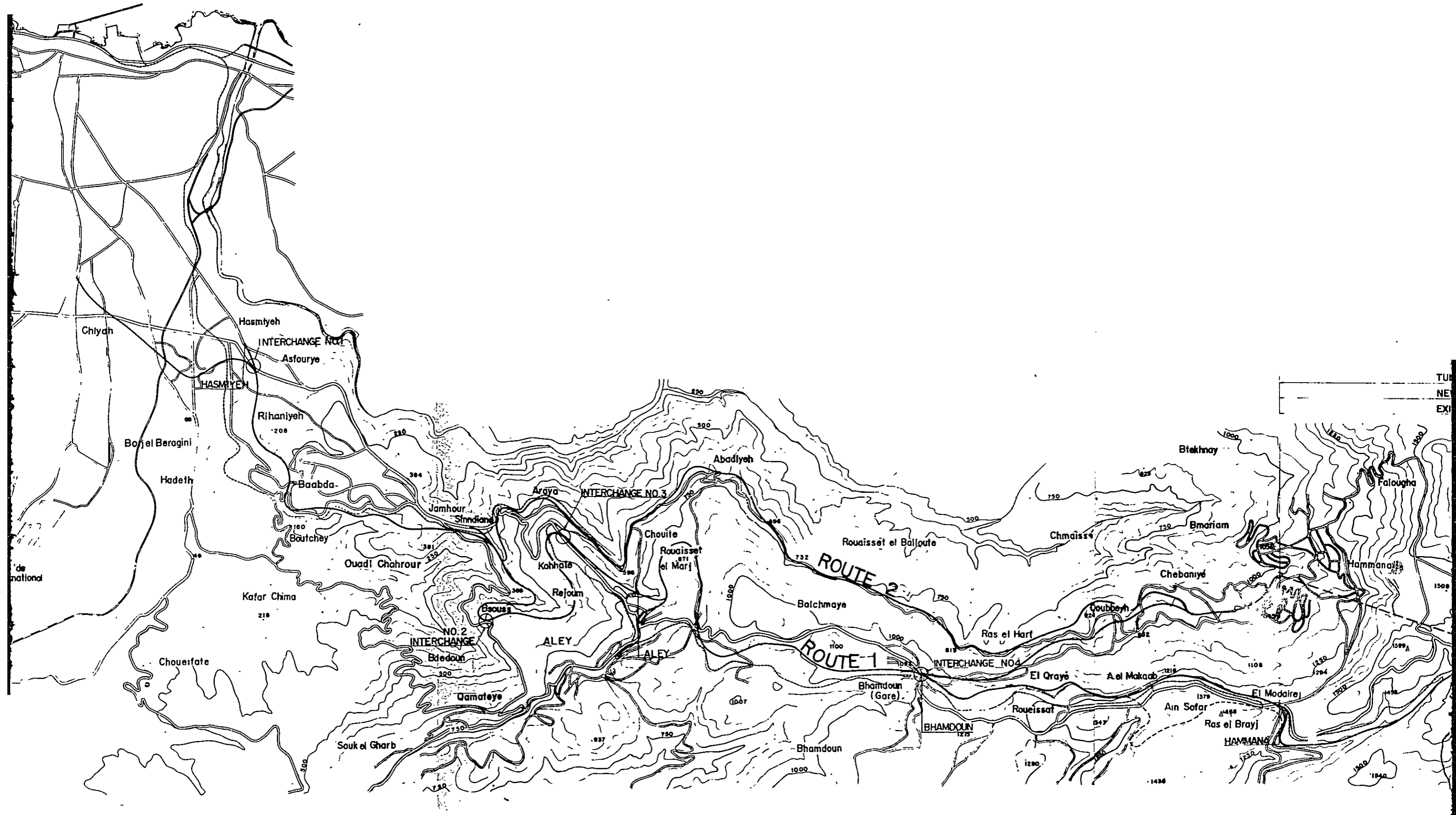
但し之が実施の段階に到つては、更に精密なる予算と施工計画を確立するために次の如き事項に関し細部の study を行うことを recommend するものである。

1. Tunnel line に対する細部測量
2. 同上に対してボーリングによる細部土質調査
3. 現地調達可能物資の詳細再調査検討
4. 国外調達物資に関する詳細調査
5. 建設費の詳細積算

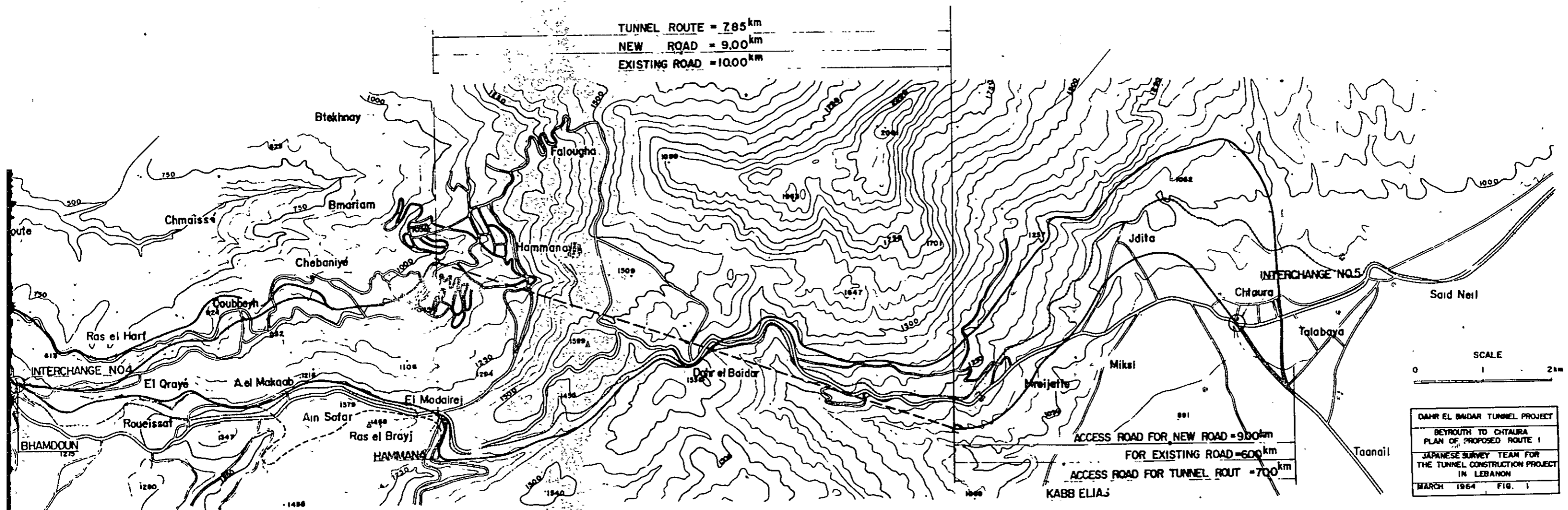
BEYROUTH



BEYROUTH



TUN
NE
EXI



総 論

この preliminary report は、Lebanon 共和国の国際幹線道路である Beyrouth - Damascus Road の交通対策のために、計画された「Dahr El Baidar Tunnelの建設工事」に関して、技術的並に経済的の feasibility study を行つた経過と結論を述べたものである。

この preliminary study は、Lebanon 政府の要請により、日本政府が海外技術協力事業団に委任し、Pacific Consultants, KK の技術陣より編成された調査団の協力によつて行つた。

ここに記載する総論は、preliminary study によつて得た主要事項の結論の要点を集録したものである。詳細は後記の本文に記述しているが全部を通読する煩を避けて要点のみを知る便宜のために取りまとめたものである。

1. Tunnel Routes 及び Access Road の Location について

Beyrouth から Lebanon 山脈を横断する tunnel route 並にその access roads につき、幾つかの可能案につき、比較研究し又これらの routes 案についで、地形、地質、気象等の自然条件につき field investigation を行つた結果、「第1図に示す route が最も適当である」との結論を得た。即ち現在の Beyrouth - Damascus Road に接近して、Aley、Bhamdoun を通過する access road を新設して、Hammana 地内の tunnel entrance に結び、これより延長 7,850 m の tunnel にて Ohtaura に抜ける route が最も効果的なものとして推奨することが出来る。又 tunnel route の経過地域に於ける地質の状態は、今回の調査の結果、深部の地質はジュラ紀石灰岩 (Jurassic Limestone) で tunnel の建設工事に対して何等障害になるものでないことが判明した。

2. 将来の Traffic Volume について

現在の highway の交通量、並に車輛の増加傾向を基とし、新しく計画した tunnel route の線形及び勾配の優秀性に鑑み、この proposed tunnel route に転換する交通量を検討して、その将来交通量の推定を行つた結果は次表の如きものである。

この結果より 20 年后 (1986 年) の traffic volume を目標とし、一日最大 20,000 vehicles/day の交通容量を基準として、tunnel の断面、車線数、換気設備等の設計を行つたのである。

目 次

§ I 序 章	1
1. 本調査団派遣の目的及びその経緯	1
2. 調査団の編成	2
§ II 現地調査	3
1. 地形調査	3
2. 地質調査	3
3. 気象調査	3
4. 各種統計資料の蒐集調査	4
§ III 路線選定計画	4
1. Tunnel Route	4
1-1 比較route について	4
1-2 Tunnelの断面形	5
1-3 各案の比較検討	5
2. Access Highway Routes	5
2-1 Beyrouth市-Tunnel間	6
2-2 Tunnel - Chtaura間	11
3. 改良路面道路	11
4. 結 論	11
§ IV 地質調査結果	13
1. 地質概況	13
2. ジュラ紀層	13
3. 白堊紀層	13
4. 第四紀の崖錐	15
5. 構 造	15

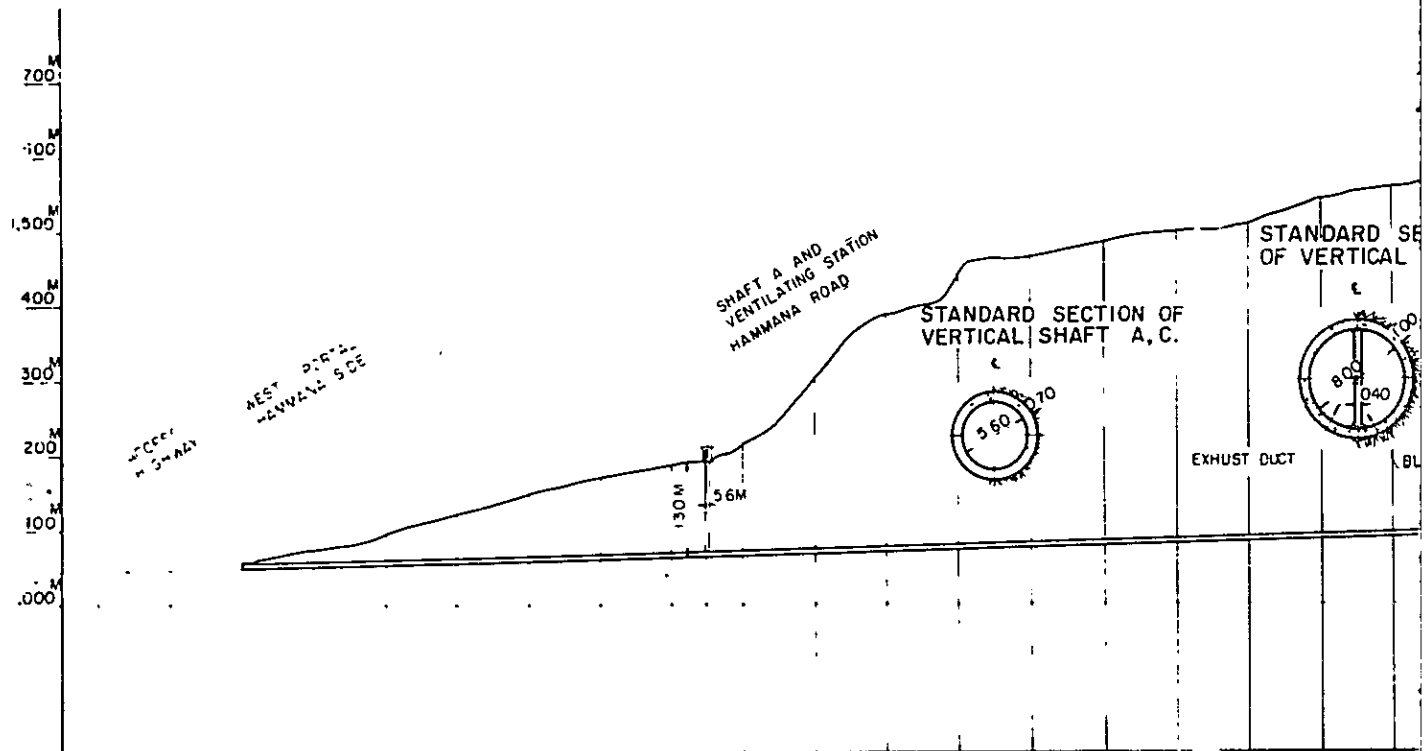
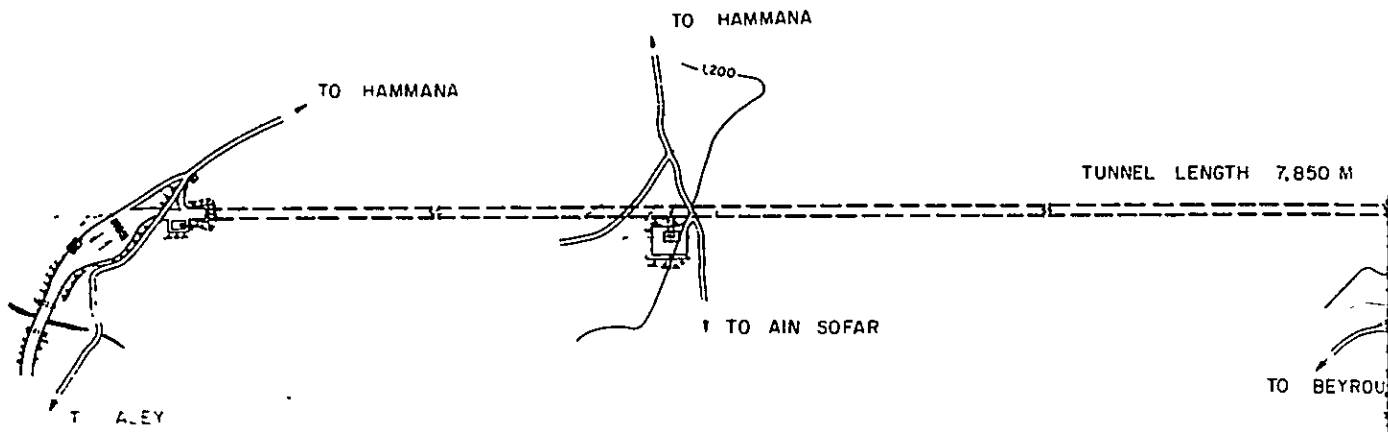
6. 地下水の状況	15
7. 弾性波探査	16
8. Tunnel Route に対する地質的考察	17
§ V 交通量調査	23
1. 概 説	23
2. 現在交通量の確定	23
3. 転換交通量の推計	24
3-1 走行費用の算定	24
3-2 転換率の算定	30
4. 将来交通量の推定	33
4-1 将来自動車保有台数の推定	33
4-2 保有台数の車種別比率	36
4-3 将来交通量の確定	36
4-4 Access Road の将来交通量の推定	39
i) 各区間に於ける将来平均日交通量	39
ii) 現在道路より Access Road への転換率	39
iii) 各区間に於ける将来の最終平均日交通量	39
§ VI 予備設計	43
A Tunnel	43
1. 概 説	43
2. Tunnel の換気について	43
2-1 換気に関する各種要素	43
2-2 換気方式の決定	51
3. 換気設計	54
3-1 設計基本条件	54
3-2 換気量の計算	55
3-3 換気電力量の計算	56
3-4 各案規模、概算工費比較	60

4. 建設費及び維持費の見積	63
B Access Road	69
1. 概 説	69
2. 道路断面諸元の決定	69
C Tunnel 建設施工計画	71
§ VI 経済的可能性の検討	76
1. 経済価値の判定	76
1-1 概 説	76
1-2 直接便益の解析	77
1-3 間接便益の検討	83
2. Reasonable Toll Fee	84
3. 償還計画	85
4. 結 論	92
§ VII 勸 告	93

L I S T

- Table 1 Comparative Table of Route
- 2 Hydrological Measurements on Some Springs in Lebanon
- 3 Road User Costs - I
- 4 Road User Costs in Accordance with General Condition
- 5 Road User Losses under The Meteorological Condition
- 6 Road User Costs in Various Operating Speed
- 7 Final User Costs on Beyrouth-Damascus Road
- 8 Conversion Factor Table
- 9 Number of Vehicles Registered in Each Year
- 10 Estimation of Number of Vehicle to be Registered in Future
- 11 Estimation of Average Daily Traffic at Tunnel
- 12 Average Daily Traffic through The Tunnel by Years 1963-1986
- 13 Average Daily Traffic by Years 1963 - 1986
- 14 Conversion Factor Table from Existing Road to Access Road
- 15 Average Daily Traffic which Considered Conversion Factor
- 16 Influence of CO upon Human Physiology
- 17 Example of CO Allowed for The Tunnel
- 18 Illumination on Road Surface and Compensation Coefficient

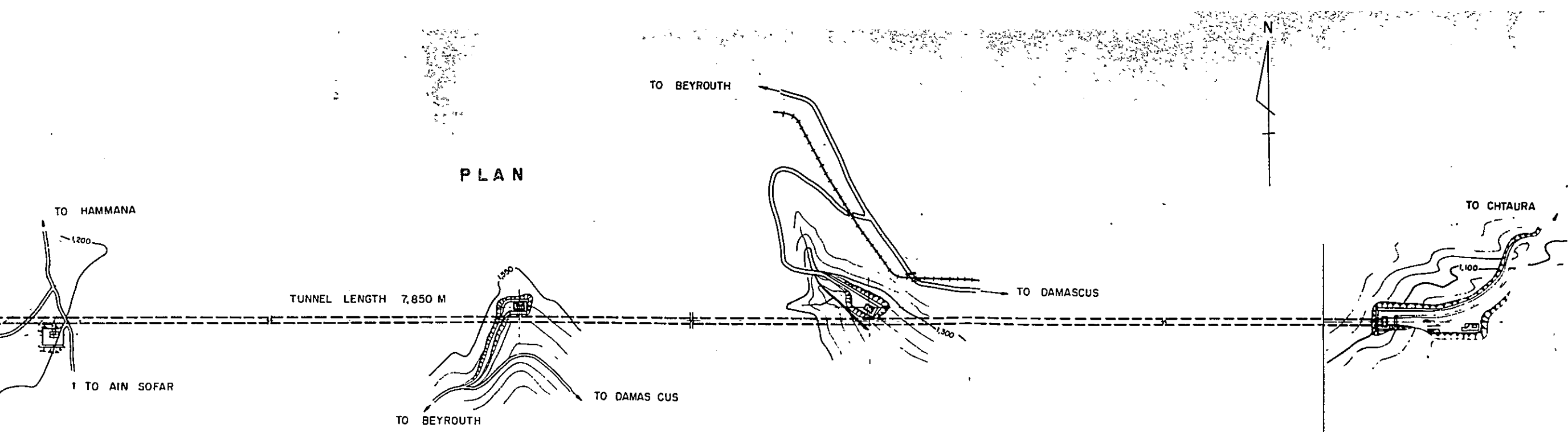
- 19 Speed and Safe Braking Distance (50 lux)
- 20 Penetration Rate and Comfortability
- 21 CO Rate in Automobile's Exhausting Gas in
Volume (%)
- 22 Exhausting Gas Volume by Kind of Vehicle
- 23 Smoke Density of Automobile's Exhausting Gas
(for Gradient Change)
- 24 Calculation Table of Ventilating Power in Tunnel
- 25 Comparison Table on Scale and Estimated Const-
ruction Cost for Possible Draft Plan
- 26 Estimation of Tunnel Construction Cost
- 27 Design Capacity of Traffic Lanes
- 28 V.P.H. for Each Section of Access Road
- 29 Scheme of Access Road Dimension
- 30 Tunnel Construction Schedule
- 31 Road User Cost - 2
- 32 Average Number of Vehicles Years between
1969 and 2008
- 33 Annual Road User Cost
- 34 Business Revenue Table - I
- 35 Redemption Plan - 1
- 36 Road User Cost - 3
- 37 Business Revenue Table - 2
- 38 Redemption Plan - 2



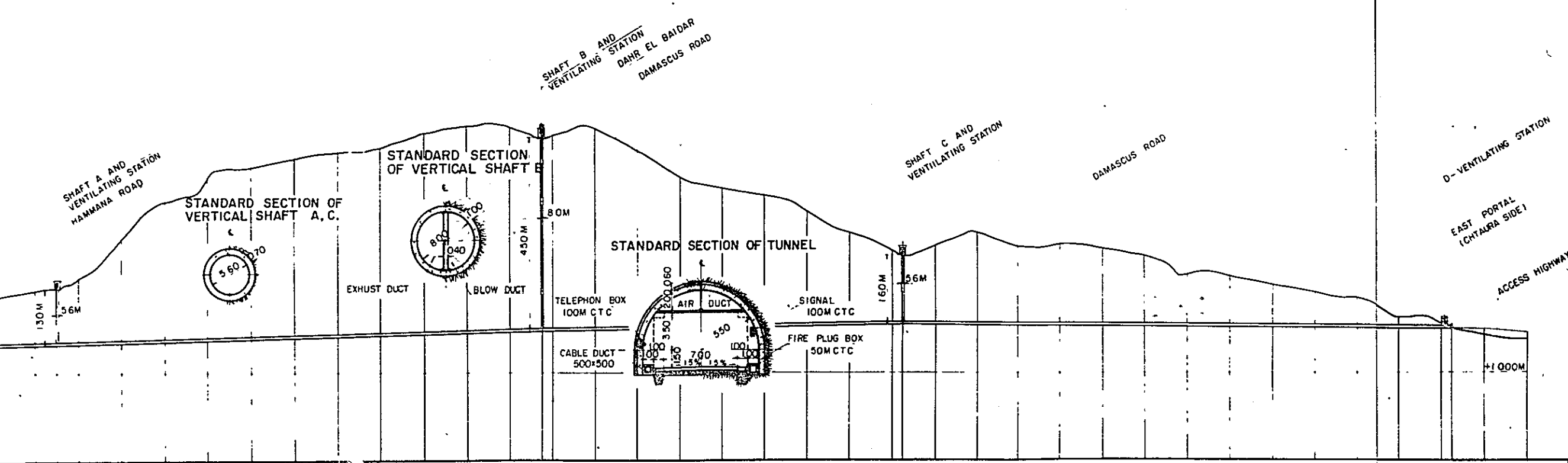
DISTANCE M	GROUND HEIGHT M	FOR-MATION LEVEL M	GRADE %
0	1,045.70	1,045.70	1
200	1,047.85	1,047.85	
400	1,050.00	1,050.00	
600	1,052.15	1,052.15	
800	1,054.30	1,054.30	
1000	1,056.45	1,056.45	
1200	1,058.61	1,058.61	
1400	1,060.76	1,060.76	
1600	1,062.91	1,062.91	
1800	1,065.06	1,065.06	
2000	1,067.22	1,067.22	
2200	1,069.37	1,069.37	
2400	1,071.52	1,071.52	
2600	1,073.67	1,073.67	
2800	1,075.82	1,075.82	
3000	1,077.98	1,077.98	
3200	1,080.13	1,080.13	
3400	1,082.28	1,082.28	
3600	1,084.43	1,084.43	

1.076%

PLAN



PROFILE



1076%															0.25%															-50%																																																																																									
200	1,185.00	1,062.91	1,300	1,193.00	1,063.99	400	1,216.00	1,065.06	600	1,305.00	1,067.22	800	1,386.00	1,069.37	2,000	1,450.00	1,071.52	200	1,465.00	1,073.67	400	1,487.00	1,075.82	600	1,500.00	1,077.98	800	1,512.00	1,080.13	3,000	1,544.00	1,082.28	200	1,560.00	1,084.43	400	1,554.00	1,086.58	600	1,530.00	1,088.20	800	1,538.00	1,088.74	1,000	1,535.00	1,090.89	2,000	1,500.00	1,093.04	400	1,440.00	1,095.19	600	1,420.00	1,097.34	800	1,402.00	1,099.50	1,000	1,367.00	1,101.65	2,000	1,315.00	1,103.80	400	1,278.00	1,103.95	600	1,266.00	1,106.49	800	1,290.00	1,106.13	1,000	1,318.00	1,105.63	2,000	1,287.00	1,105.13	400	1,290.00	1,104.63	600	1,280.00	1,104.13	800	1,265.00	1,103.63	1,000	1,222.00	1,103.13	2,000	1,220.00	1,102.63	400	1,200.00	1,102.13	600	1,180.00	1,101.63	800	1,168.00	1,101.13	1,000	1,125.00	1,100.63	2,000	1,110.00	1,100.13	400	1,103.00	1,100.00	600	1,085.00	1,099.63	800	1,075.00	1,099.63

DAHR EL BAIDAR TUNNEL PROJECT
 PROFILE, PLAN AND SECTION
 OF PROPOSED TUNNEL
 JAPANESE SURVEY TEAM FOR
 THE TUNNEL CONSTRUCTION PROJECT
 IN LEBANON
 MARCH 1964 FIG 2

§ 1 序 章

1. 本調査団派遣の目的、及びその経緯

レバノン共和国の highway は国内総延長約 5,700 km のうち約 9% の 500 km を占めて居り、その主要なものは首都ベイルートを中心として東方 Beka 高原を通り Mt. Anti Liban を越えて Damascus に到る Beyrouth-Damascus Road、之の道路から Jchtaura に於て分岐して Baalbek を経て北上するもの、全しく Mejd el aujar に於て分岐して南下するもの、及び地中海に沿い Beyrouth を通つて南北に走るもの等である。何れも一般乗用車、バス、トラックが通過するが、この中特に Beyrouth-Damascus Road は、レバノン国内の主要農産地である Beka 高原及び付近一帯の summer resort area に通ずると共に、国際道路として Syria、Jordan に通じ交通量の多い重要道路である。その上この道路は四季を通じて、一般の drive way としての他に、物資の輸送用としてその交通は非常に輻輳している。然もこの道路は海拔 1,450 m の Dahr El-Baldar 峠を越える坂道で、Beyrouth から Jchtaura までの間の道路の状況は最小半径 16~20 m のものが 10 数ヶ所、勾配は 7~8% の区間延長約 600 m、9~10.5% 区間が 600 m と云う具合で、道路巾は 2 車線であるので上り坂に於て一般乗用車とバス又はトラックが重複すると、後車の走行速度が平均 20 km/h であるため、極度に交通が渋滞する。又冬期は降雪のため 10 数日間の交通杜絶を来し、その他に凍結、又は fog による徐行又は待機等を余儀なくせられて、交通障害を起す。このためレバノン政府に於てはかねてよりこの交通障害の打破解決を意図していたのであるが、之に関し現地に事務所を有する P. C. Kk とレバノン政府公共事業当局との間に於て、1963年2月以降数次に亘る連絡を行い、当分レバノン政府は当面の緊急な公共事業を待っているので、この道路改良策の具体的な施策まで手が延びないが、この改良計画について技術的及び財政的の検討を行い一貫した方策の提案をしてくれるならば、レバノン政府は喜んでその提案を受け、研究したいと云うことから逐次交渉を重ね、P. C. Kk に於て、レバノン政府より基礎資料を受けて本計画に関し consultants として feasibility study を行い、技術的、経済的な結論と計画遂行のための recommend を行い、之をレバノン政府が認められれば日本側に於て協力する可能性がある旨を申出た結果、レバノン政府が之に着切り、先づ第一段階として feasibility study

を日本側の費用に於て P. C. K. に実施せしめる様、1963年5月に日本政府に要請して来たのである。之によつて日本政府は海外技術協力事業団の手によつて、現地調査団を編成し、之を派遣することになつた訳である。即ち1963年10月23日より約5週間現地に於て各種の資料蒐集、地形調査、地質調査、気象状況等 Preliminary study のための基本調査を行つた。更に之に引続き P. C. K. に於て study を行い、その結果を Report に纏めた訳である。

2. 調査団の編成

本調査団の編成は次の通りである。

名 称 JAPANESE SURVEY TEAM FOR THE TUNNEL CONSTRUCTION PROJECT IN LEBANON

団 長

海外技術協力事業団顧問 柳 沢 米 吉

団 員

Pacific consultants, K.K.	河 野 康 雄
常務取締役技師長	
Civil Engineer	千 葉 英 夫
Geologic Engineer	梅 本 悟
Civil Engineer	吉 田 儀 一
Civil Engineer	根 本 敏 男
Civil Engineer	松 田 重 信
Geologist	能 戸 司
Geologist	杉 堀 清 次

本調査団の現地調査に際し Lebanon 政府当局及関係方面の多大の好意と援助を受けた。次に名称を挙げ感謝の意を表するものである。

1. レバノン公共事業省 (Public Works)
2. Geological Department of Army
3. Governor of Beirut
4. Municipality of Beirut
5. C. E. G. P.

6. Water Department

7. Laboratory Engineering Department

特に P. W. の Chief of Road Department Mr. Mohamed Aly El Itani は、現地調査期間中各種の資料の蒐集に援助を下され、更に study 期間中来日の上、新しい資料と有益なる advice を与えられたことに対し、厚く御礼を申上げるものである。

§ II 現 地 調 査

序章に於て述べた様に、本調査の目的は Beyrouth-Damascus road の改良計画の feasibility study である。この道路の将来交通量の増加に対する施策の主要点は、Dar el Baïdar 峠を一年を通じて渋滞杜絶の障害なしに円滑に車輛を通すためには、highway tunnel を設けることが最良であるとの見通しにより、之の tunnel 計画候補地を調査すると共に、現在の Beyrouth-Damascus Road があまりにも急カーブ、及び急勾配が多いために、交通障害となつていたので之の道路の外に新設の highway を設け tunnel に接続せしめる計画を立て、之等の study に必要な基礎調査を行つた訳であつて、その作業の種別及び要領を述べると次の様である。

1. 地形調査

現在の Beyrouth-Damascus road の現況及交通状況、沿線都市部落の状況、tunnel 予定地付近の地形、地勢を調査すると共に、予定 tunnel に接続可能な路線の比較検討のため、現路線を中心とした Beyrouth city-tunnel 間の各補助路線の踏査を詳細に行つた。

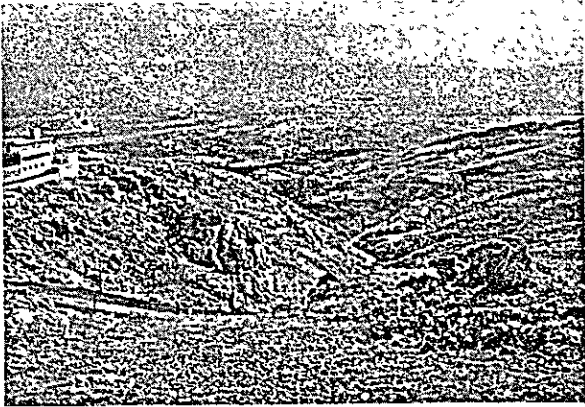
之等は、レバノン政府の好意により交付を受けた地図、航空写真、現在道路の設計図、交通量記録、気象資料その他の資料の検討と併行して実施した。

2. 地質調査

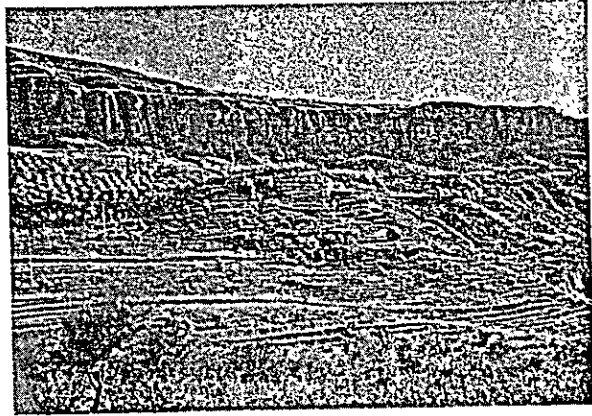
レバノン政府より交付を受けた地質関係資料を基にして tunnel 計画予定地域一帯の地質一般露頭調査を行つた他、予定坑口付近の地質のより詳細な調査のため、地震探査作業を、物探班と測量班の共同作業によつて、現地労務者を使用し 15 日間に亘り実施した。

3. 気象調査

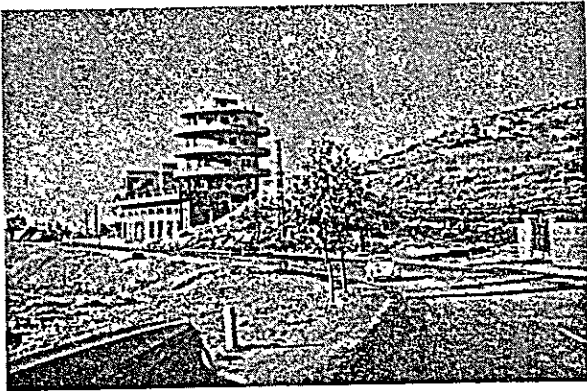
現在道路を中心として tunnel 予定地付近につき、風、雨量、降雪及び地下水等に関する資料を蒐集し、踏査によつて之が確認を行つた。



LOOKING BEKA HEIGHTS FROM
DAHR EL BAI DAR PASS



VIEW OF THE PROPOSED PORTAL
AT HAMMANA SITE



BEYROUGH-DAMASCUS ROAD AT
DAHR EL BAI DAR



VIEW OF DAHR EL BAI DAR PASS

4. 各種統計資料の蒐集調査

現在道路を中心とした既往交通量調査統計を始めとして自動車保有台数、輸送量調査資料、(道路、鉄道、海港、空港)等本調査目的の基本となるべき各種の資料を蒐集調査した。

§ III 路線選定計画

路線の選定は tunnel route と access road の両方であるが、勿論この2つは各々単独に決定さるべきではなく、全体的に access road の計画を予定される地域の中で最も条件の揃った地域に予定 tunnel route を選定し、種々の検討を加えて合理的なものを選定し、次に access road を検討すると云う手続きを繰返して、最終的に両者を合わせた route のうち最も経済的であり、技術的に問題がなく、且交通政策に合致したものを決定すべきであつて吾々は次の如く検討を進めた。

1. Tunnel Route

1-1 比較 route について

tunnel routes については予想地域に3本を選定した。

A 案 (付、第4図)

Hammama 部落の南側標高 1,050 m を西坑口とし Dahr el Baidar 時の真下を通つて Kabb Elias 北側、標高 1,100 m を本坑口とする延長 7,850 m の tunnel である。

この予定線の地質条件は後述の如く最良とは云えないが特に問題はない。又吾々の tunnel は何れの案にしても所謂長大 tunnel であるので tunnel 断面を決定するには換気方式、及要領が重要な要因となる。換気方式の検討については後に述べるが、shaft を用いることが爾後の換気設備のために不可欠となる。この点からは shaft の高さに手頃のものが得られる地勢である。tunnel 内の縦断勾配は後述の様に 1.076% と 0.25% の拌み勾配となる。

B 案

Hammama 部落の北側 Kalass 部落の標高 1,000 m を西坑口とし、En Nemlie の下を通つて Mreijatte の標高 1,000 m を東坑口とする案で、延長が 9,550 m となる。この案によると地質的に問題がある。shaft を設置するためには土壁の關係で 500 m 以上の深さを必要とする。

C 案

Harik el Jradの西側の沢、標高900mを西坑口とし、Jouar el Haouz及びKfar Selouane部落の下を通つてJdita 部落の標高1,000mを東坑口とする案で延長8,950mとなる。この案によれば、地質的には三案のうち最良で何ら問題はない。只 shaft を設けようとするとなれも350mを越す。

現在のBeyrouth-Damascus road からの離れは、三案のうち最も大きい。

1-2 Tunnel の断面形

Tunnel 断面を決定する要因としては、既に知っている様に次のものが挙げられる。

- 1) Tunnel 延長
- 2) 将来交通量を通過し得る断面であること
- 3) Tunnel 内の縦断勾配
- 4) 地質状態
- 5) 其他自然気象状態
- 6) 換気の難易

之等要素を綜合勘案して決定さるべきものである。

但し吾々の場合は各案の断面の形を決める前に、先ず一般条件によつて比較検討を行い、その結果選ばれた案につき断面を考察するものとし、その詳細は後の“Tunnel の予備設計”に於て述べる。計画案の概略縦断を示すと次の図の様である。

1-3 各案の比較検討

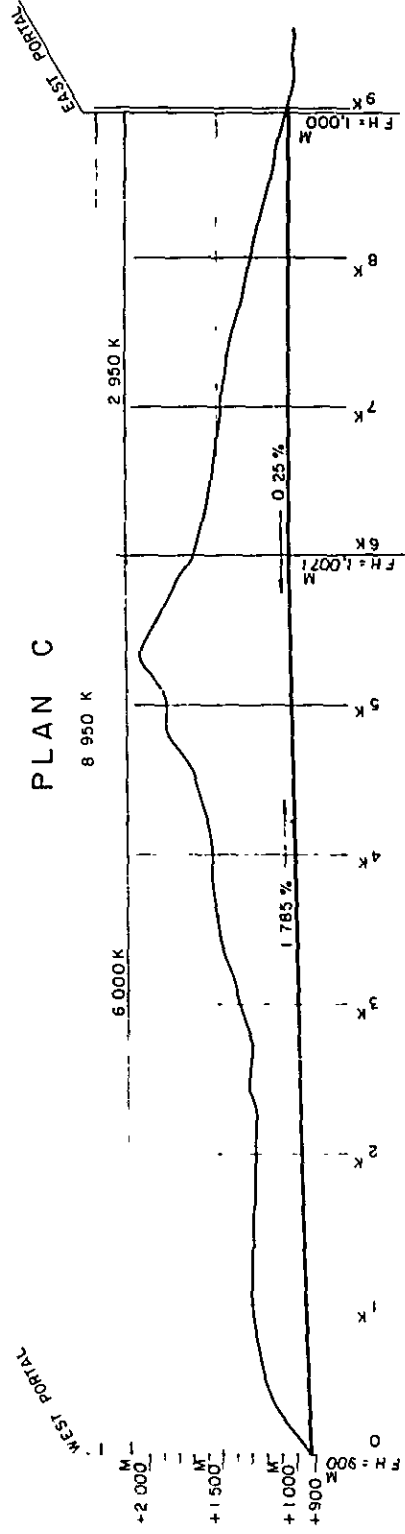
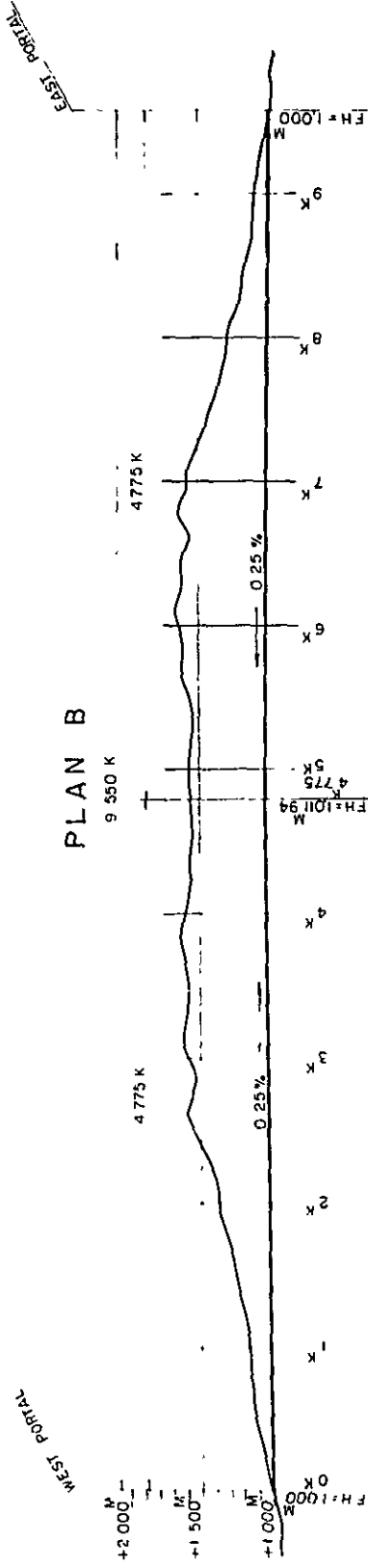
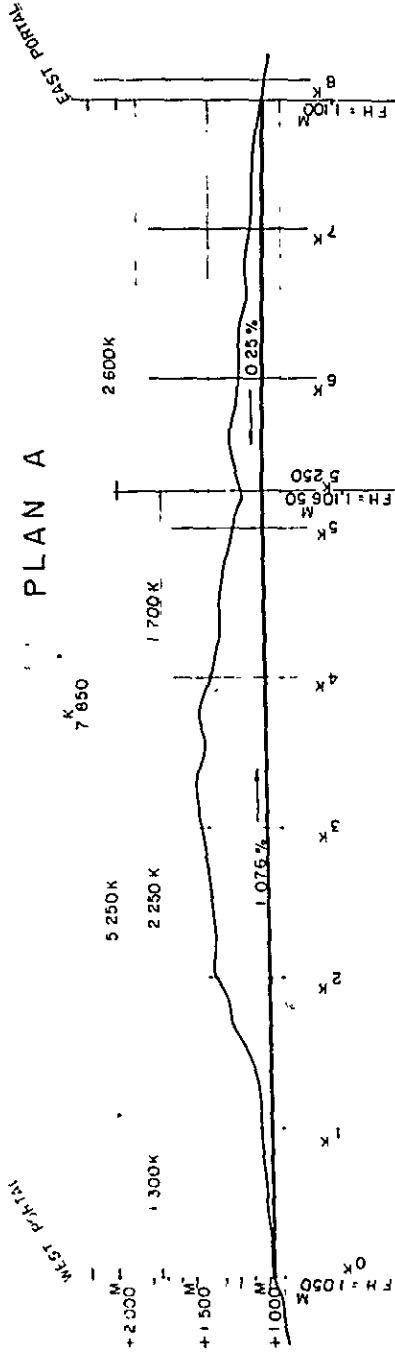
以上の3案を縦断的に一見し断面の大きさを考え合わせると、地質的に異論がなければ優劣を判定するのに大きな手数を要しない。

上に考えた各案は後に述べる access road の route の検討と関連して、之と都合よく接続出来て、新道路開発の目的に合致し、地質的にも可能と思われる地域に選定した訳であるが、各方面より検討するに吾々の route 選定の主要眼目と tunnel 構築の技術的条件との何れよりするも、Route 1 につながるA案が最も吾々の目的に合致するものであることが分る。この案によれば勿論経済的見地より見ても、断面の大きさ、及び延長から建設費が最低であることが分る。

以上の判定から吾々は各案について詳細な設計及び工費算出の手数をかけることを避け、最良の案である A 案について設計及び工事費の算出を行うこととする。

2. Access Highway Routes (第1図、第4図)

PROFILE, PLAN AND SECTION OF PROPOSED TUNNELS



2-1 Beyrouth 市 ~ Tunnel 間

上記の3つの tunnel の全部若しくは1部に接続出来る route として、考察の対照となるものは3~4である。

Route 1.

現在の Beyrouth-Damascus Road に最も接近しているもので、Beyrouth - Borjel Beragini - Ouadi Chahrour - Kahnale - Aley - Bhamdoun - Qoubbeyh - Hammana - Tunnel - Chtaura

この案は、現在の road に Araya 及び Bhamdoun に於て接続する。

Route 2.

Route 1 に極く近く之の 500m ~ 2000m 北側を通る route
Beyrouth - Ouadi Chahrour - Araya - Araya - Abaliyeh - Qoubbeyh - Hammana - Tunnel - Chtaura

Route 3.

Beyrouth river の北側を通り Hammana へ通ずる route

a) Beyrouth - El Mansouryet - Ein saade - Broummana - Haabda-
te - Salima - Qornayel - Btekhmay - Hammana - Tunnel - Chtaura

b) 上記 route の El Mansouryet にて分岐する案

Beyrouth - El Mansouryet - zaudouka - Qortada - Rasel Metene
- Deir el Harf - Btehnay - Hammana + Tunnel - Chtaura

Route 4.

Beyrouth - Tripoli Road に沿い北上し、Antelias 付近より Beyrouth river 北側を通り Harikel Jrad に到る route、Beyrouth - Jell ed Dio - Antelias - Dik el Mahdi - Zikrit - Qornet chahouane - Rikfaiya - Sch Choueir - Quata Mrauj - El Mtaine - Harik el Jrad - Tunnel - Chtaura

Route 5.

之等の route のうち1部を共有し、分岐する幾つかの routes

之には多くの組合わせが考えられる。それを表-1 に示す。

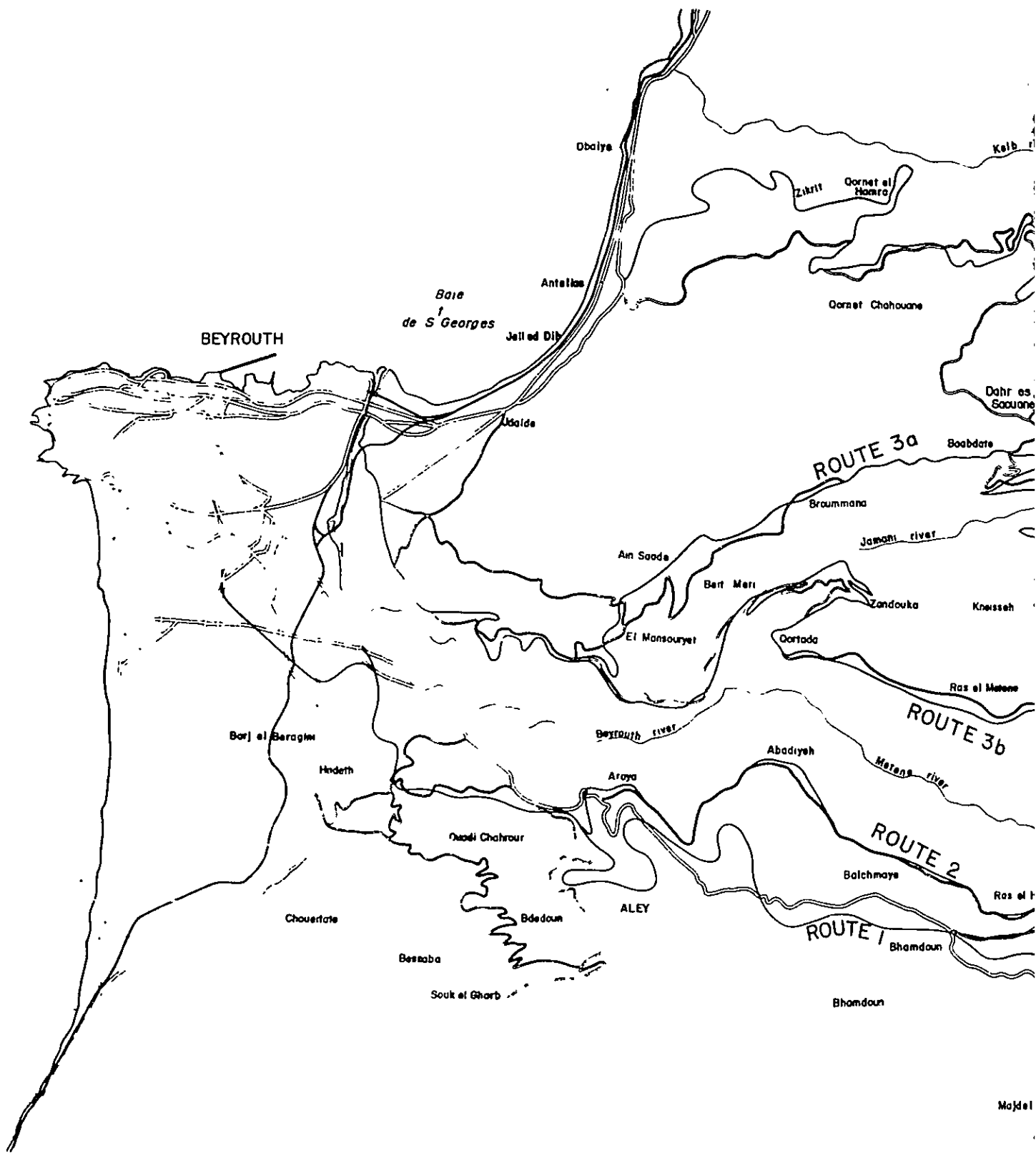
以上の諸案を比較選択して吾々は Route 1 ~ Route 4 に絞つたのであるが更に

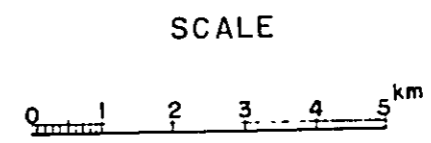
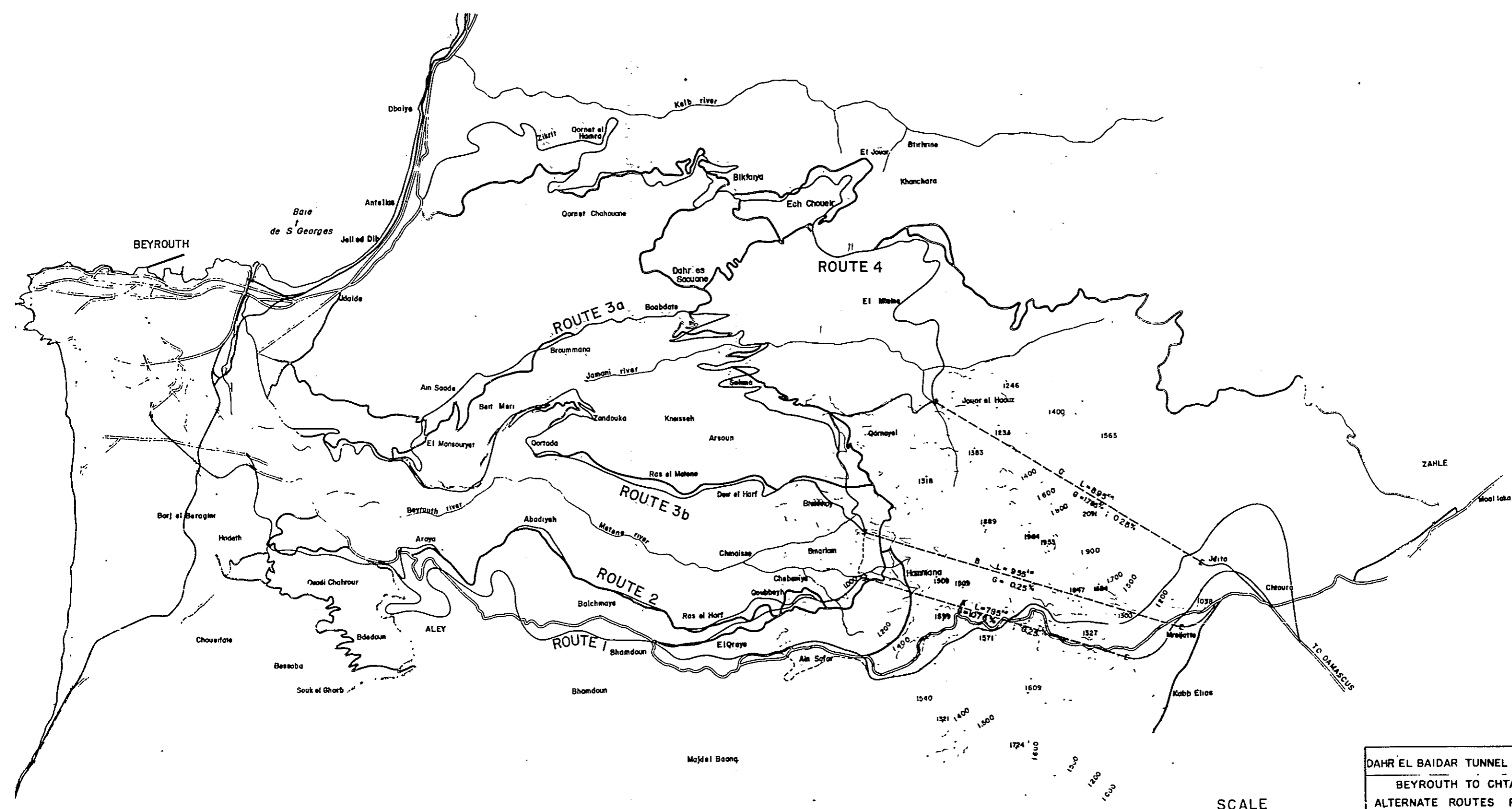
之等につき個々に検討すると次の様である。

Table - 1

Comparative Table of Route

Plan	Approach (Westside)				Tunnel			Approach (Eastside)				Total Length (Km)
	Route	Length (Km)	Grade (%)	Route	Length (Km)	Grade (%)	Route	Length (Km)	Grade (%)			
1	2	Beyrouth ~ Hamara	34.50	5	A	7.85	1.076 0.25	1'	Kabb Elias ~ Chtaura	7.00	5	48.35
2	3-a	"	44.50	5	A	7.85	1.076 0.25	1'	"	7.00	5	59.35
3	3-b	"	37.00	5	A	7.85	1.076 0.25	1'	"	7.00	5	51.85
4	4	"	57.00	5	A	7.85	1.076 0.25	1'	"	7.00	5	71.85
5	1	"	34.50	5	B	9.55	0.25	3'	Mreijette ~ Chtaura	4.00	5	48.05
6	3-a	"	43.50	5	B	9.55	0.25	3'	"	4.00	5	57.05
7	3-b	"	36.00	5	B	9.55	0.25	3'	"	4.00	5	49.55
8	4	"	56.00	5	B	9.55	0.25	3'	"	4.00	5	69.55
9	1	Beyrouth-Jour el Houz	42.00	5	C	8.95	1.785 0.25	4'	Jdita ~ Chtaura	2.50	5	53.45
10	3-a	"	46.00	5	C	8.95	"	4'	"	2.50	5	57.45
11	3-b	"	43.50	5	C	8.95	"	4'	"	2.50	5	54.95
12	4	"	48.50	5	C	8.95	"	4'	"	2.50	5	59.95





DAHR EL BAIDAR TUNNEL PROJECT
 BEYROUTH TO CHTAURA
 ALTERNATE ROUTES PLAN
 JAPANESE SURVEY TEAM FOR
 THE TUNNEL CONSTRUCTION PROJECT
 IN LEBANON
 MARCH 1964 FIG. 4

Route 1.

本案は現在の Beyrouth - Damascus Road に最も近接して略之に平行し、且つ現在の沿道主要部落である Aley, Bhamdoun を通り Tunnel A 案に入るもので、tunnel を含み Beyrouth 市中心から Chtaura まで総延長約 4.8 Km である。主要部落を通過して人員、貨物の輸送に都合よく、観光道路としての価値も大である。Beyrouth 市への approach は市南方の Air port に接近し、将来 terminal 設定の必要の場合にも地域的に余猶がある。

Route 2.

本案は Beyrouth 市から Ouadi Chahrour までは Route 1 案と略同じ条件であるが Aley から北に離れて Araya を通り Abaliyeh を経て Qoubbeya へ出る。Bhamdoun からは Qoubbeya への bypass で接続する。Aley に対しては Araya の西方で、Route 1 に分岐して接続出来る。

従つて将来は、Araya, Abaliyeh, 等を開発し、Beyrouth から Chtaura への直通輸送路としては 効果が 大である、と考えられる。その他の条件に於ては、略 Route 1 と同様である。

Route 3.

本案は Beyrouth 市 への approach が Nahr Beyrouth River の北側になり、route としては Beyrouth River 北岸地域の開発を促す意味で価値があると考えられる。この中 a 案は延長約 5.5 Km、b 案は約 4.9 Km である。何れも地形が急峻で急 curve が多いが、距離を短縮するに更に詳細に検討すれば、途中 small tunnel を接続して可能と思われるが概括的な比較論に於ては大差ないと思われるので吾々は自然勾配上の route をとつて検討を進める。

この route の問題点は上述の屈曲の多いことで、2 案のうち距離的に云えば b 案が少し短かいが之に於ても EI Mans ouryet から Beyrouth 河を渡つて Qortada に到る間に問題があり、この屈曲部の距離を短縮するには橋梁を架けることが考えられるが地形急峻な断崖であるのでスパンが可成り大きくなり (500 m 以上)、cost が大となる。

之を避け、且つ現在可成り発達している部落を通す様に考えると a 案となる様で、之には b 案の様な橋梁の必要はなくなる。

もう 1 つの問題は Beyrouth 市 への approach であるが将来の Beyrouth

city planningを考察するに、市の郊外に於て外方へ通ずる terminalを設ける必要が起ると考えられる。

従つてterminalを予想する地域が山岳が迫つて狭隘な場所であつては好ましくない。この意味で将来交通量が非常に増加した時の組織的な交通運輸規正施策としては、この案の approachには検討の余地がある。

Route 4.

Route4はRoute3案よりも更に広い範囲の北部地区の開発を兼ねた案であつて、その延長は約59 Kmである。このrouteも可成り曲率半径の小さな曲線を多く含んでいる。そしてここまで北上すれば Beyrouth山脈を越えるのに、惣々 Hammana 付近まで下つてくる必要はない訳で、現在道路を考え合わせて Hurik el Jrad 付近で tunnel route を計画したものである。この tunnel 予定地域は地質的には何等問題がなく寧ろ好適な地層であるが、実際の tunnel 構築に当つては shaft の位置に困り (h = 500 m 以上)、坑口の取付け道路に数ヶの溪谷を渡る橋梁を必要とし、然も平面的にも縦断的にも可成りの手数を要する地勢にある。

もう一つは Route3 と同じように海岸へ出てからの approach の問題であるが、現在の Beyrouth-Tripoli road に合流するので、この道路の開発も同時に考察することが重要で、現在に於て既に相当に混雑するこの道路に合流する前に terminal を必要とすることが必須と考えられ、このための特別の考慮が必要であり、現在のままでは狭隘に過ぎると思われる。

以上の如く tunnel と road と合わせて組合わせた可能案を幾つか考察したが、細かな工事費や償却計算を行うまでもなく大局的な見地から自づと優劣が判明して行く。

即ち、上に列記した Route1, 2 と Route3, 4 とを大別して比較検討すると次のことが明らかであろう。後者に対して

- 1) Beyrouth river を境にして北部地域の routes と、南部の現在の Beyrouth-Damascus Road に接近した routes とを大局的に比較するに当面の問題は Beyrouth-Damascus Road の交通緩和を目的としているのであつて、之の観点からすると Route3, 4 案は少々地域的に離隔している。特に沿道地域の開発を目的とするものであれば考察の範囲が拡がる訳で、そうなるとレバノン政府の道路開発方針と、広い範囲の産業開発施策を考え合わせて優先順序

を決定すべきであるので、吾々の目的からすれば次の段階に於て考察さるべき
ものと考えられる。

- ii) 若しこの案を実現に移すものとして考えると、現在の自然の地形にならつて
道路を開発しようとする、極めて屈折の多いrouteになり、反対に之を短縮しよう
とすると多くの特殊構造物を必要とする。
- iii) 現在のレバノン国、特に Beyrouth city の交通混雑の状況から考えて市
の周辺に terminal を作り、外部へ通ずる道路との接続を考えるのが避けられ
ない必要条件と思われるが、このためには特殊な計画を予定しない限り、現在
の状態のままでは approach の space が不十分で将来の役に立たない。
- iv) 目的の1つであるところの開発道路に観光開発の意義を持たせること、特に
眺望価値を持たせると云うためにも、何れも現在の Beyrouth-Damascus
Road 沿線に劣る。

之に対比して、Route 1,2 について言えば、

- 1) 現在の Beyrouth-Damascus Road に僅く近く接近し、途中の主要部落
を連絡し乍ら旧道とも各所に於て接続出来ると共に、近くの衛星部落を開発
する。従つて当面の目的のために最初に為されるに適した route である。
- 2) Route そのものは、別の群に比し屈折が比較的少なく、距離も短い。
- 3) 接続 tunnel も、地質的に、又構築上の必要条件が満足され、諸案の中
最も短い。
- 4) 眺望も現在の幹線に次いで良好である。
- 5) Beyrouth city への approach としては市南方の Airport 近くに充
分の余積を持つて比較的容易に terminal を設置することが出来、交通の円
滑を期待することが出来る。

以上の如き検討の結果、吾々は現在レバノン政府が希望している Beyrouth-Da-
mascus Road の将来交通の緩和策として現在の段階に於て最初に為さるべき解
決案として Route 1,2 の群を最適のものとして採り上げるものである。

この群について更に、詳細に検討を加えると、同上の主旨から取敢えず、現在発達している旧幹線沿道部落を結び、道路条件を快適に計画した Route 1 を第一とし、近い将来に近傍地域の開発を兼ねて、Route 2 を建設すると云う計画を持つことが、現在の段階に於て、より適当な方法であると考えらる。

従つて吾々は Route 1 に沿う新路線開発計画を行うとするのであるが、今回の吾々の study に於ては、tunnel を除く道路については各主要点に於ける将来交通量を推定し、Lebanon に於ける Highway Design Standard に基づき所要道路断面を決定するまでとし、工事費の積算は行はない。尙交通量の推定については詳細を後述の交通量調査の第 4 項に於て述べるが、その結果道路巾員は、Beyrouth から Aley までを 6 車線、Aley 以降を 4 車線に計画した。

2-2 Tunnel - Chtaura 間

Tunnel を通過して現在道路に合流するまでの区域を他の部分と同様に改良する必要がある。この route を第 1 図に示す。

路線選定の基準は、tunnel までの部分と同じである。

3. 改良路面道路

前述の 1 と 2 に於て、access road を含む tunnel route を検討した。之について、続いて study を進めるのであるが、その前に尙検討しなければならないのは、tunnel を造らずに、旧幹線に代る改良道路がより経済的に考えられぬかと云うことである。この為めに、前述の Route 1 から Ain Sofa から分れて、Dahr el Baidar を越す新計画道路を考察した。之を第 1 図に示す。

この route は Route 1 に接続して、利用度の大きな諸部落を結び、且つ縦断勾配は他の場合と同じく最大 5% に抑えたものであつて、tunnel に代る新路線としては検討された最良のものであると考えられる。

4. 結 論

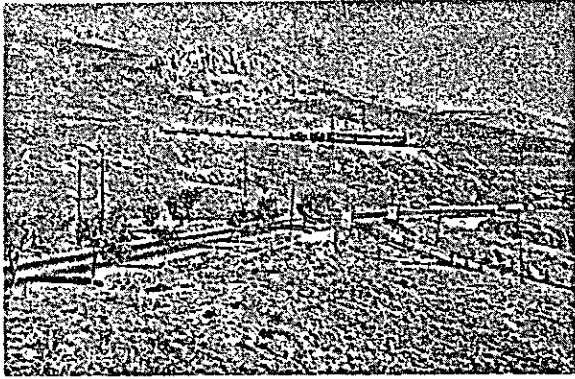
以上に述べた様に、結局吾々は、Beyrouth - Damascus Road の改良策として、tunnel を通す案と、tunnel によらない新路線による案とを探り上げて、その優劣を比較した。

Tunnel の場合は気象条件による障害がないが、費用が大きい。

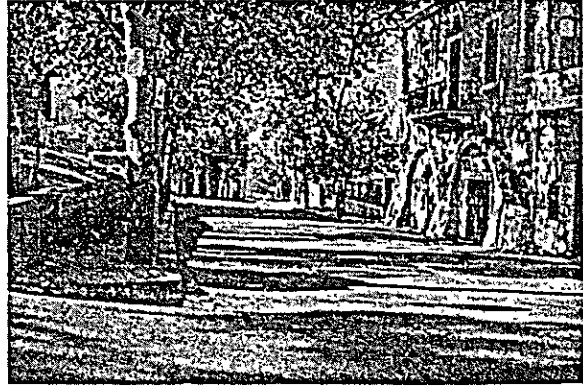
路面道路のみの場合は建設費は tunnel より少ないが、気象条件に左右される不便を無効がある。之等を比較検討した結果は後に示す様に、Route 1 に接続する

tunnel (A案)を構築した場合が、他の何れよりも benefitが大で、有利であることが示されるのである。

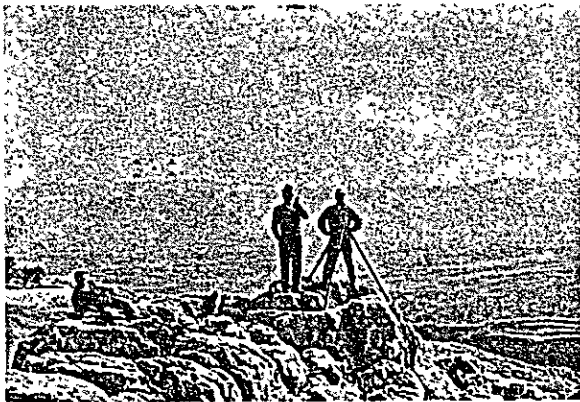
故に吾々は tunnel の問題に戻り、以下に、地質調査結果の判定に就いて tunnel の設計々画のより具体的な検討に入ろうとするものである。



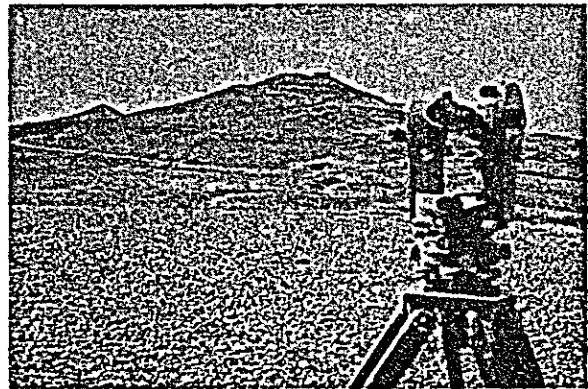
BEYROUTH-DAMASCUS ROAD AT
DAHR EL BIDAS



BEYROUTH-DAMASCUS ROAD AT
AIN SOFAR



SURVEYING



SURVEYING

§ IV 地質調査結果

1. 地質概況(第5図)

全般に吾々の隧道予定経過地域を中心として地質状態を調査した結果は次の様である。

当地域は、基盤をなすジュラ紀上部の青灰色、石灰岩があり、之との上に白堊紀の砂岩と石灰岩層の略水平に堆積する地層、及び山麓部に発達する崖錐碎屑物を以て構成される。尙東西に数条の断層が見られるが特に顕著なのは Hammana 東方—Jabal el knisse 南麓—Dahr ech Chir を通る大断層である。之は崖錐状碎屑物に覆われて直接目撃は困難であるが西端 Hammana 地区では少くとも 200 m の落差があると推定される。

2. ジュラ紀層

この地層は西側坑口予定地付近では Falougha 西方一帯に、東側坑口予定地付近では Mreijatte 南方から Kabb Elias に到る地区と、Jdita 付近一帯に見られる。

このうち西側地区のものは岩質が塊状緻密であつて亀裂が少なく均質のものは建築石材として利用し得る程度のものであるが、東側地区のものは雨裂がかなり発達し、地表面は著しく粗鬆な外観を呈している。尙西側のものは一般に岩盤が露出し、ところにより径 10~30 cm 程度のチャートの球顆を含んでいる部分が見られ、又東側特に Kabb Elias 北方のものは雨裂による風化物によつて凹部が充填されている部分があり、平坦な地形ではこの風化物が薄い表土をなして分布している。

Dubértret によればこれらはジュラ紀上部に属するものとされ、Kesrouane 石灰岩と命名されるもので、厚さは 400~500 m に達すると言われる。

3. 白堊紀層

此地域に発達する白堊紀層は殆ど石灰岩質のものから成り、下部より $C_1 \sim C_4$ の 4 累層に大別されると考えられる。そして殆どの地域に於て 10° 内外の水平に近い緩傾斜に堆積する。局部的に 25° 程度の傾斜を示す部分があるが、之は断層運動による摺動作用によるものと見られる。この地域については、Dahr er Baida 畔西側では北西方に傾斜しているが、之に反し東側 Hammana 地区では東南方に傾斜する部分が尠れ、軽微な背斜構造をなしている。

3-1 基底砂岩 (C₁)

白堊紀層最下部を形成するもので西は Hammana 部落南方の崖錐地帯から北方にかけて広く発達し、東側では Kabb Elias 西方に1部分布している。色は暗赤褐色を呈し時に灰黒色の亜炭質粘土層の薄層を介在する、強い潮流の影響を受けた瀕海成層と思われる。東側のものは固結度が高いが西側 Hammana 地区のものは固結度が低く、岩盤状の外観を呈していてもハンマーで容易に崩壊し、更にところによつては全く固結していない砂層の如き状態にまで分解している。

Tunnel 予定坑口付近の Hammana 南方崖錐地帯に於て最もよく発達し厚さは 250 m 位と推定される。固結度が低いため El Modairej 北方 1,290 m 付近では土建材の砂として採取されている。

3-2 砂岩・粘板岩を主とする累層 (C_{2a})

厚さ 50~150 m を示し化石が多く、Hammana 側では亜炭質粘板岩を主とする互層が一部見られるが大部分崖錐上部に覆われているのに反し、東方 Dahr el Baidar-Mreijatte 街道南側の山腹には暗赤褐色の砂岩を主とする層となつて露出しているがこの中間地帯は標高の関係で露出していない。

かくの如く、露頭調査の結果は岩相に可成りの横の変化があると推定され、かつ概して東へ向うに従つて層厚を減じている。

3-3 塊状石灰岩を主とする互層 (C_{2b})

厚さ 80 m 内外を有し、その基底部に白壁 (Muraille de Blanche) と呼ばれる厚さ 50 m 以上の塊状珊瑚礁質の緻密な石灰岩層を有するのが特徴であつて、Hammana 地区の崖錐上に連綿と露出されている。その上に薄い粘板岩層と泥灰岩層を混え、最上部は厚さ 10 m 内外の赤色砂岩層となる。

この塊状石灰岩層は広く Lebanon 国内に分布して居り、C_{2a} よりは岩相の横の変化が少なく、比較的規則正しい層序を示しているが細部に亘つては 10~20 m 程度の小断層が発達する部分も多い。例えば A 案による tunnel 西坑口予定地の Hammana の崖に於ては第 6 図の如く地層は階段状に寸断されており、東坑口予定地付近では第 7 図の如き状況を示す。また石灰岩中には略々垂直の節理が発達している。

3-4 碎屑状石灰岩を主とする累層 (C₃)

Hammana の崖上から Dahr el Baidar の峠を経て東方まで広く分布して居り厚さは 100~150 m、淡黄色を呈し、時に葉片状の薄層石灰岩より成る。白壁の石

灰岩と比較すると稍泥灰岩質で脆い。

3-5 石灰岩と泥灰岩の薄い互層(04)

当地域に分布する白堊紀層の最上部をなすもので厚さ50cm内外を示す淡黄色石灰岩と褐黄色泥灰岩との互層である。縦方向の節理も可成り発達している。(第8図)

本層のうち、1,599m三角点北西麓 Hammana の崖上に分布するものは北西方へ25°内外傾斜し、又一部では逆に南東方へ25°位傾斜している。即ち東西両端に於て背斜状に稍急傾斜を示していると言える。

4. 第四紀の崖錐

西部 Hammana 部落一帯と、東部 Jdita 付近によく発達して居り、何れも上方の岩盤が崩落した碎屑物より成り、すなわち Hammana のものは主として白堊紀の石灰岩、Jdita のものは主としてジュラ紀の石灰岩より構成され前者の方がより広く分布している。一般に崖に近接した部分にはかなり大塊が多く、特に Hammana に於ては径20m以上の岩塊が崖錐中腹に停滞しているところがある。

更に崖の線より1km以上距つた西方の基底砂岩中に石灰岩の岩頸が3カ所露出して居り、これは当初はジュラ紀石灰岩が侵蝕から免れて残つたものと考えられたが調査の結果は何れも上記岩石の巨大な転石であると推定され、後述する弾性波探査によつてもこの事実を裏付けする結果が得られている。

尚この地域の崖錐は最も厚い部分で厚さ50mと推定された。一方 Jdita 側では岩塊は小さく、大部分が径が10~30cm程度で最も大きなところに於ても3mを超えず厚さも最大20m内外と推定される。

5. 構造

上に概況した如く、当地域は殆ど水平に堆積するジュラ-白堊紀の累層から成り、褶曲作用を蒙つた部分は全く見られない。断層は東西に走るものが卓越しており、特に Jabal el Knissé 山脈南麓を東西に走るものは相対的に南側が200m以上落ちている。

この断層は大部分山腹より崩壊せる崖錐碎屑物に覆われて直接之を目撃することは困難であるが、Hammana 東側の崖に現われているものの西端に於ては巾50mの間に略々並行する、少くとも3条の断層によつて階段状に落ちているのが観察されて一つの断層破砕帯を成していると考えられる。

6. 地下水の状況

Beyrouth 市における年平均降雨量は800mm程度であるが当地区は山間部にある

ため比較的多く 1,300 mm 程度を示し、そのうち大部分は冬期 4 カ月間（11 月～翌年 2 月）に集中している様である。

レバノン全国には 2,000 以上の spring が知られて居り、之等のすべてについて公共事業省の Hydrological Services において毎月 1 回宛湧水量を巡回調査しているが、このうち当地域にあり、今回資料を入手出来たものは下記の 4 泉についてである。即ち Chaghour, Hammana (Ch), Kabb Elias (K), Baraké Chtaura (B) および Nebu Chtaura (N) である。之等についての湧水量を第 2 表に示す。これらの他、Hammana 部落内にある目新しいものとしては、Ain el Meytri (M_y)、Ain el Hossah (H) および Ein el Midan (Md) を挙げる事が出来る。これらは夫々 30～100 m³/day の湧水量があると言われる。上記の諸泉は降雨量の消長に応じて湧水量に可成りの季節的変動があり、一般に 12 月～翌年 4 月の間が豊水期となる。

Hammana 地区のうち最大の Chaghour は白堊紀上部の碎屑石灰岩 (C₃) 以上の層を通過し来つて集つた天水がその下の緻密な石灰岩層 (白壁) によつて遮られ、その頂部から湧出しているものと考えられるが、一部の水はこの層の小断層或は垂直方向の亀裂を通つて更に下降し、基盤のジュラ紀石灰岩によつて再び押えられ、之れが Hammana 部落内の小湧泉群の涵養源となつているものと推定される。何れにせよ Hammana 部落背後の高源が一つの滞水区をなしていることは略々確実であり、且つ Jabal el Knissé 山脈南麓を走る大断層も相当量の水を持つていゝるであろうことは想像に難くない。

他方東部 Kabb Elias - Chtaura 地区は基盤のジュラ紀石灰岩が西部程緻密でないので、この中にもかなりの水を持つていゝるものと思われる。Kabb Elias は同石灰岩中の弱線に沿つて湧水したものであり、Chtaura 地区の 2 泉はこの上に載る Bekaa 高原の沖積層によつて被圧された地下水であると考えられる。

7. 弾性波探査

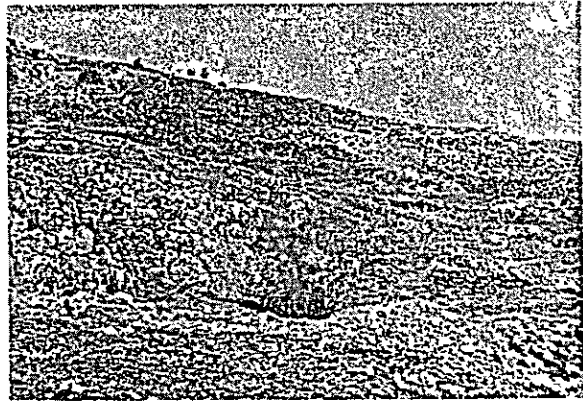
今回の調査に於ては tunnel 経過予定地を含む地域の一般地質踏査に加えて吾々が route の比較案を検討した結果採択した A 案の両坑口付近に対して弾性波探査を実施したものである。使用した機械は U.S.A Century 社製 Model 305 で、感震器は 12 成分である。

7-1 西側 Hammana 地区 (第 9～11 図)

前述の通り此地区には固結度の低い脆弱な砂岩が発達しているため、基盤までのこれの厚さを測定することを主目的として測線を設定した。即ち主測線は tunnel line



SEISMIC SURVEY (BLASTING OPERATION)



SEISMIC SURVEY (BLASTING OPERATION)



SEISMIC SURVEY (OBSERVATION POST)



SEISMIC SURVEY (PREPARATION FOR BLASTING)

に略直角に500m、副測線は之に直交するもの2本各300m宛計1,100mとし、それぞれ100m間隔にて爆破点を設けて10m間隔で測定した。その結果地表部には厚さ5m内外の波速700~1,000m/sec程度のものであり、その下部には少なくとも地表から150m以上の深さまで波速2,500m/sec以内の中速を示すものが一様に堆積していることが判明した。地表部の薄い低速部は主として石灰岩の碎屑物より成る表層であり、またその下部の均一な中速部は、白堊紀最下部に当る脆弱な砂岩(C₁)を指示するものと考えられ、本地域に於けるこれの基底部は標高1,050mより低い位置まで達しているものと思われる。尙探査地区西端に露出する3カ所の石灰岩の頸は殆ど弾性波に影響を与えていないことと踏査の結果とを併せ考えて、単なる巨大な転石に過ぎないと断定された。

7-2 東側Kabb Elias 地区(第12~13図)

本地区はKabb Elias 部落西方約1.5Km、Beyrouth - Damascus Road 南側に当り、付近一帯は比較的堅硬なジュラ紀石灰岩を以て構成されるが、一般に地表は雨裂によると思われる鋸齒状の地貌を呈しており、凹部はこれの現地風化物と見られるテラ・ロッサ様土壌によつて充填されている。主測線は延長方向に対して略並行に400m、副測線は地形の関係で之に斜交せしめて200m1本をとり夫々100m間隔に爆破点を設け10m間隔で測定した。その結果、地表部には厚さ3~10mの波速1,000m/sec程度のもので部分的に分布し、その下部には1,300~2,000m/sec程度の中速部があり、最下底には著しい凹凸を示す高速部があつて2,500~5,000m/secの波速を示した。之等から判断するに、地表の低速部は風化残留土であり、中速部は風化が進行しつつある亜土壌帯を代表し、最下底は石灰岩の基盤を示すものと解される。尙中層及び基盤は波速に可成りの巾があるが之は部分により風化度に差のあることを示し、かつ地表の状況から判断して、走時曲線に現われない程度の小規模の亀裂が地下に多数発達していることが考えられる。

8. Tunnel Route に対する地質的考察(第6~7図)

以上述べた当地域の地質状況から、今回検討された tunnel 予定線に対して検討を加えると次の様である。

8-1 A 案

西側坑口付近は固結度の低い白堊紀基底砂岩より成るが、坑口位置は同層の基底部に近く、かつこの地域の上層は何れも北西方向に緩く傾斜しているので、下底部までこの構造

が反映しているものと仮定すると東進するに従い下盤側が現われることになるので間もなく堅硬なジュラ紀石灰岩中に入るものと予想される。

弾性波探査の結果は無条件に良好とは言い切れないが、この程度の地層は tunnel 構築場所として特異のものではない。東側坑口付近はジュラ紀石灰岩より成るので問題はないと考えるが、探査の結果は波速に多少バラツキが現われるので一般に亀裂が発達し、中には数 m 乃至 10 m 程度の巾と深さを持ち軟弱な表層風化物により充填されているものもあるかも知れないので坑口付近の土被りの浅い部分については手放しの楽観は許されない。然し現在の tunnel 施工技術の上からこの程度のものに対しては充分な対策が立てられるので特に問題とするには及ばない。

8-2 B 案

本案の最大の難点は、予定線の全長のうち西半分が Jabal el Kneissé 山脈の南麓を東西によぎる断層線と合致することである。従つて岩盤崩落および湧水を覚悟しなければならないであろう。只断層が下部で緩傾斜になつている可能性も考えられるので、formation における位置もそれに応じてずれて来れば心配はなくなるが、それにして、此地域は可成りの巾を持つた断層破碎帯を形成しているのであるから、その意味から依然として問題は残ると思われる。

また東側は白堊紀の碎屑性石灰岩が続くので支保工に考慮を払う必要がある。

8-3 C 案

此の案は formation はすべて基盤の堅硬なジュラ紀石灰岩中を通るので、地質的には最も問題のない route である。

以上の如く推論されるが勿論一般地表踏査と、一部に対して行つた弾性波探査によつて知られた限度において窮い知られるものであるから、当然不明確な点のあることは免れない。しかし乍ら tunnel 構築位置として適不適は判断出来た様であり、実施に当つてはよりの確な結論を得るためにボーリング等による地質精査を要することは論を俟たない。以上によつて、C 案は地質上最適、A 案可能、B 案は要注意と云う結論が得られた訳で、この地質的結論の上に他の各種要因を加味して、吾々の接続 route を併せた tunnel 計画線の比較検討を行つた訳である。

Table - 2

Hydrological Measurements on Some Springs in Lebanon (1)

Name of Spring : Chaghour at Hammana

Date			Flow		Remarks
			liter/sec	m ³ /min	
Jul.	23	1957	37.15	2.23	
Mar.	19	1960	298.0	17.88	
Apr.	30	"	67.0	4.02	
Jul.	15	"	15.0	0.90	
Sept.	21	"	10.0	0.60	
Nov.	25	"	26.0	1.56	
Mar.	13	1961	447.0	26.82	
Apr.	19	"	385.0	23.10	
Jul.	19	"	21.0	1.26	
Aug.	18	"	11.95	0.72	
Sept.	18	"	11.9	0.71	
Oct.	19	"	5.8	0.35	
Jan.	25	1962	231.0	13.86	
Jan.	29	"	250.0	15.00	
Feb.	9	"	375.0	22.50	
Feb.	28	"	500.0	30.00	
Mar.	26	"	269.0	16.14	
Apr.	26	"	181.0	10.86	
Jun.	26	"	13.0	0.78	estimated
Aug.	21	"	26.5	1.59	
Oct.	27	"	9.0	0.54	

Hydrological Measurements on Some Springs in Lebanon (2)

Name of Spring : Quabb Elias

Date			Flow		Remarks
			liter/sec	m ³ /min	
Oct.	18	1956	524	31.44	
Aug.	28	1957	684	41.04	
Oct.	18	"	417	25.02	
Mar.	2	1960	430	25.80	
Apr.	6	"	684	41.04	
May	9	"	320	19.20	
Jul.	6	"	296	17.76	
Aug.	3	"	332	19.92	
Sept.	7	"	356	21.36	
Oct.	5	"	387	23.22	
Dec.	7	"	303	18.18	
Jan.	11	1961	613	36.78	
Mar.	7	"	1,020	61.20	
Apr.	12	"	692	41.52	
May	8	"	625	37.50	
Jun.	27	"	371	22.26	
Jul.	17	"	482	28.92	
Sept.	22	"	341	20.46	
Dec.	11	"	424	25.44	
Feb.	12	1962	1,246	74.76	
Mar.	7	"	1,458	87.48	

N. B. : After March 1962 the flow measurements are done by the LITANI. Just after the hydroelectric power plant was constructed, the measurements has been constructed.

Hydrological Measurements on Some Springs in Lebanon (3)

Name of Spring : Baraké at Ohtaura

Date			Flow		Remarks
			liter/sec	m ³ /min	
Jan.	31	1962	28.0	1.68	
Feb.	12	"	27.0	1.62	
Mar.	7	"	31.0	1.86	
Apr.	3	"	36.0	2.16	
Apr.	24	"	18.0	1.08	
May	22	"	11.0	0.70	
Jun.	5	"	11.0	0.66	
Aug.	10	"	5.0	0.30	
Sept.	18	"	4.0	0.24	estimated
Oct.	30	"	12.0	0.72	
Dec.	26	"	13.6	0.82	

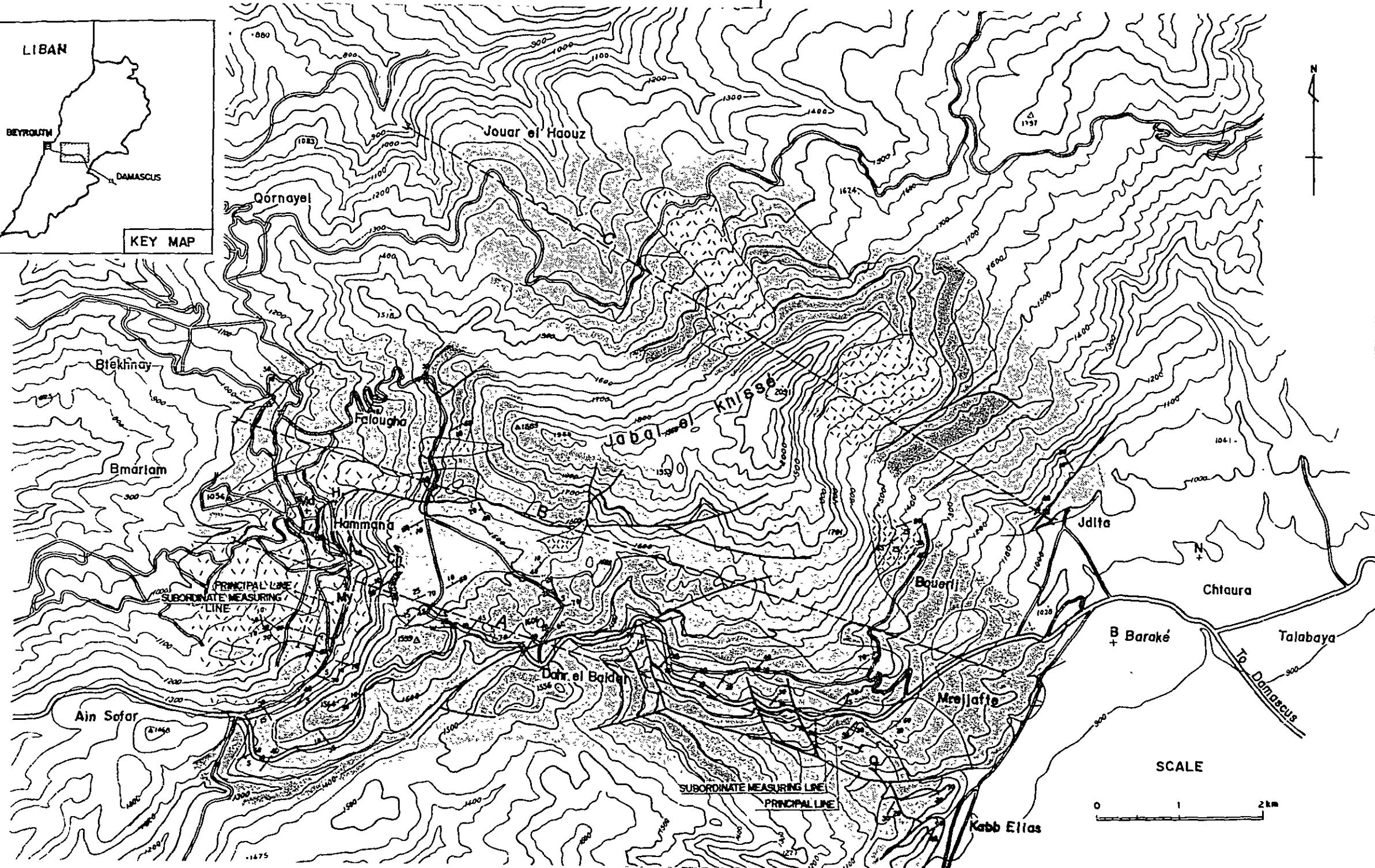
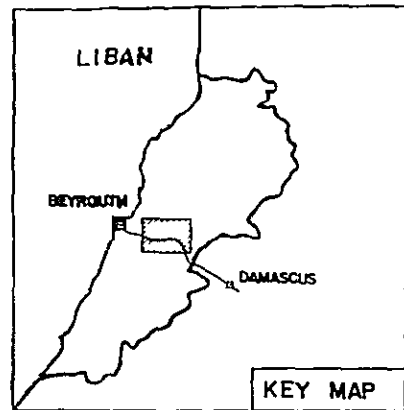
100

Hydrological Measurements on Some Spring in Lebanon (4)

Name of Spring : Chtaura

Date			Flow		Remarks
			liter/sec	m ³ /min	
Oct.	18	1956	103.0	6.18	
Sept.	28	1957	243.0	14.58	
Oct.	15	"	136.0	8.16	
Mar.	2	1960	203.0	12.18	
Apr.	6	"	469.0	28.14	
May	9	"	504.0	30.24	
Jul.	6	"	246.0	14.76	
Aug.	3	"	194.0	11.64	
Sept.	7	"	152.0	9.12	
Oct.	5	"	132.0	7.92	
Nov.	3	"	114.0	6.88	
Dec.	7	"	136.0	8.16	
Jan.	11	1961	116.0	6.96	
Feb.	9	"	501.0	30.06	
Apr.	12	"	537.0	32.22	
May	8	"	476.0	28.56	
Jun.	27	"	265.0	15.90	
Jul.	17	"	196.0	11.76	
Aug.	18	"	150.0	9.00	
Sept.	22	"	127.0	7.62	
Nov.	10	"	144.0	8.64	
Dec.	11	"	134.0	8.06	
Feb.	3	"	766.0	45.96	
Feb.	28	"	1,144.0	68.64	
Mar.	7	"	816.0	48.96	

N. B. : After March 1962 the flow measurements are done by
LITANI.



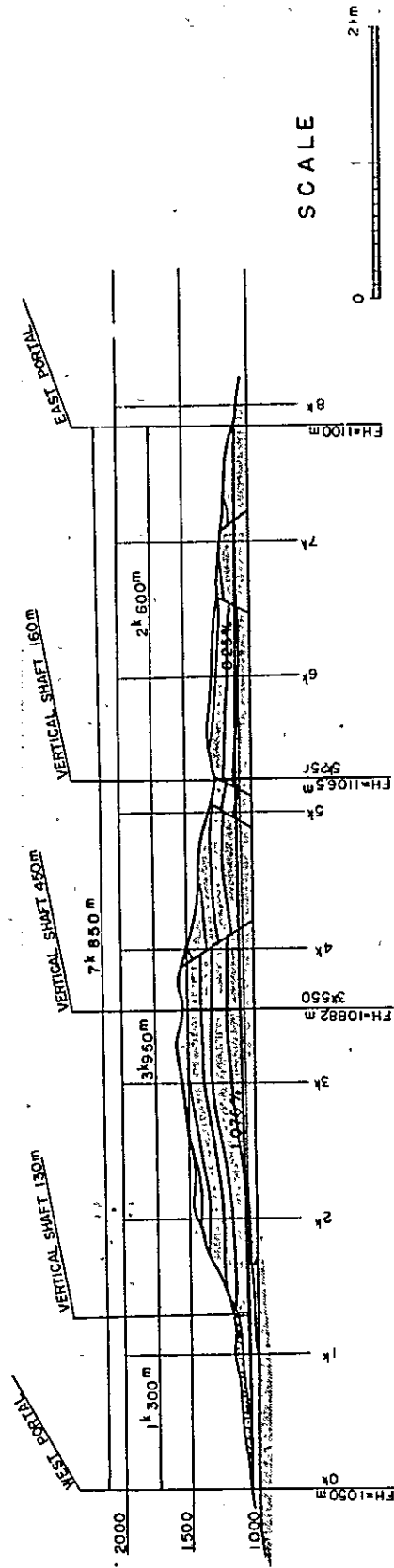
LEGEND

- QUATERNARY
 - DETRITIC TALUS
 - CRETACEOUS
 - THIN ALTERNATION OF LIMESTONE AND MARL (C4)
 - FORMATION CONSIST MAINLY OF DISINTEGRATED LIMESTONE (C3)
 - FORMATION CONSIST MAINLY OF MASSIVE LIMESTONE (C2b)
 - FORMATION CONSIST MAINLY OF SANDSTONE AND SLATE (C2a)
 - BASAL SANDSTONE (C1)
 - JURASSIC
 - LIMESTONE
- DIP AND STRIKE
 FAULT
 SPRING
 TUNNEL PLANNING LINE

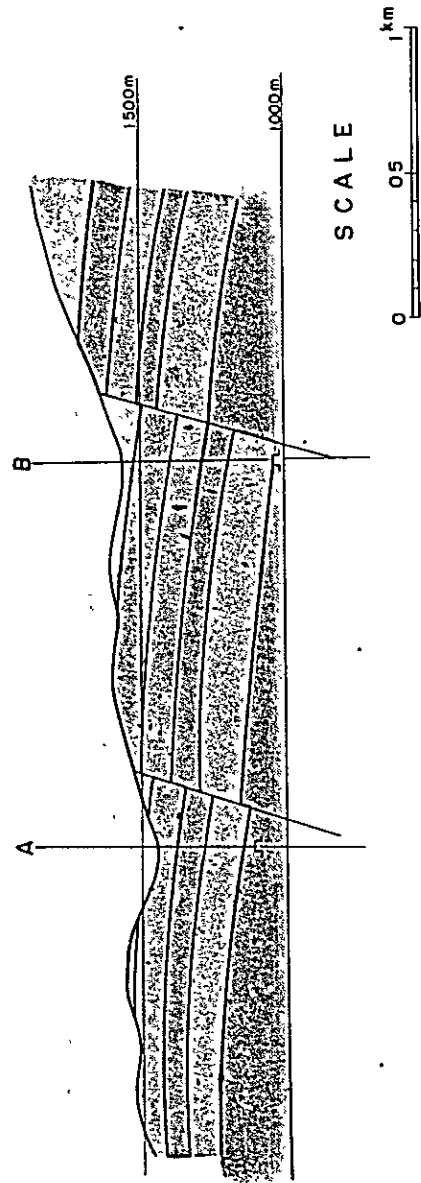


DAHR EL BAIDAR TUNNEL PROJECT
 GEOLOGICAL MAP OF THE TUNNEL PLANNING
 LINES AND ITS SURROUNDING AREA
 JAPANESE SURVEY TEAM FOR
 THE TUNNEL CONSTRUCTION PROJECT
 IN LEBANON
 MARCH 1964 | FIG. 5

LONGITUDINAL SECTION OF TUNNEL ROUTE A

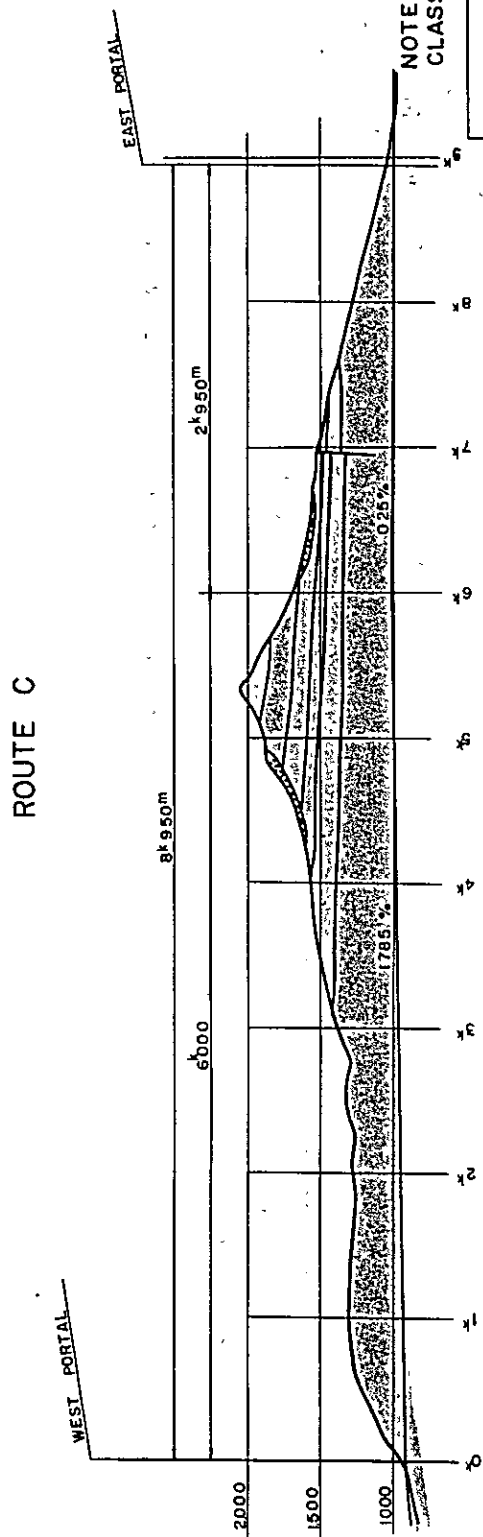
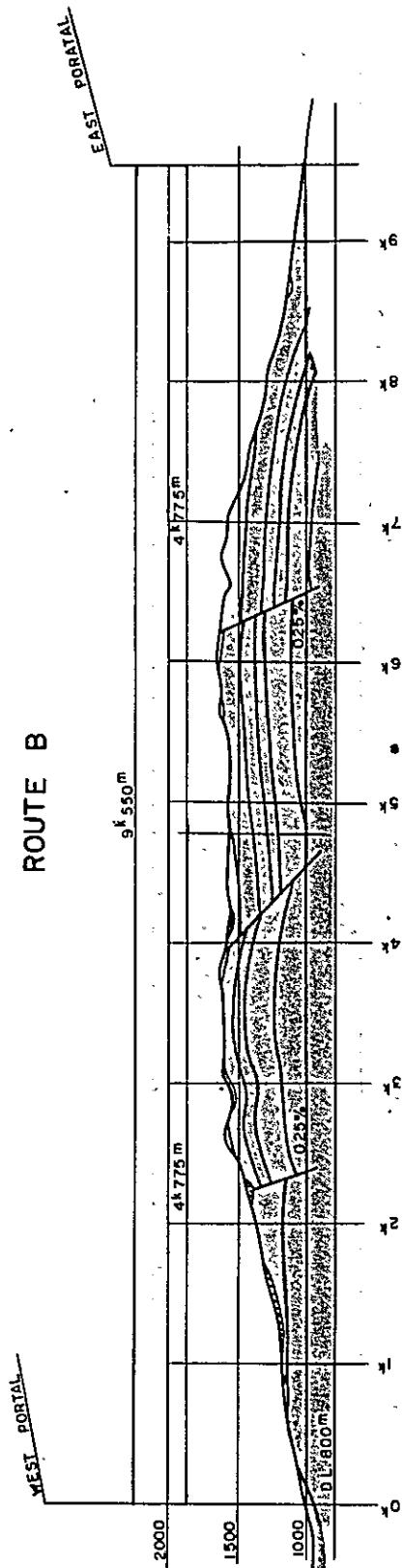


GEOLOGICAL CROSS SECTION OF PROPOSED TUNNEL LINES



NOTE: REFER FIG.5 FOR CLASSIFICATION OF STRATA

DAHR EL BAIDAR TUNNEL PROJECT
LONGITUDINAL AND CROSS SECTION OF TUNNEL ROUTE A
JAPANESE SURVEY TEAM FOR THE TUNNEL CONSTRUCTION PROJECT IN LEBANON
MARCH 1964
FIG. 6

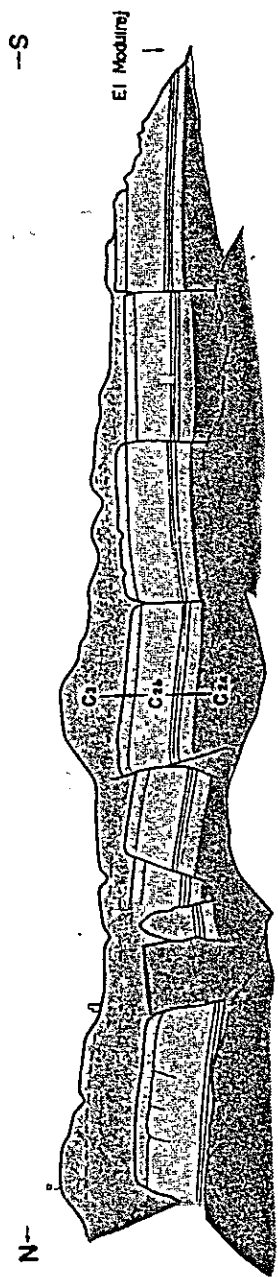


NOTE: REFER FIG. 5 FOR CLASSIFICATION OF STRATA

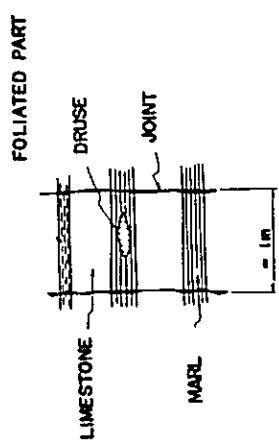
DAHR EL BAIDAR TUNNEL PROJECT	
LONGITUDINAL SECTION OF TUNNEL ROUTES B AND C	
JAPANESE SURVEY TEAM FOR THE TUNNEL CONSTRUCTION PROJECT IN LEBANON	
MARCH 1964	FIG. 7



GEOLOGICAL SEQUENCE AND NUMEROUS MINOR FAULTS IN THE HAMMANA PRECIPICE
 (REFER FIG.5 FOR CLASSIFICATION OF STRATA)



DIAGRAMMATIC ILLUSTRATION OF THE THIN ALTERNATION OF LIMESTONE AND MARL



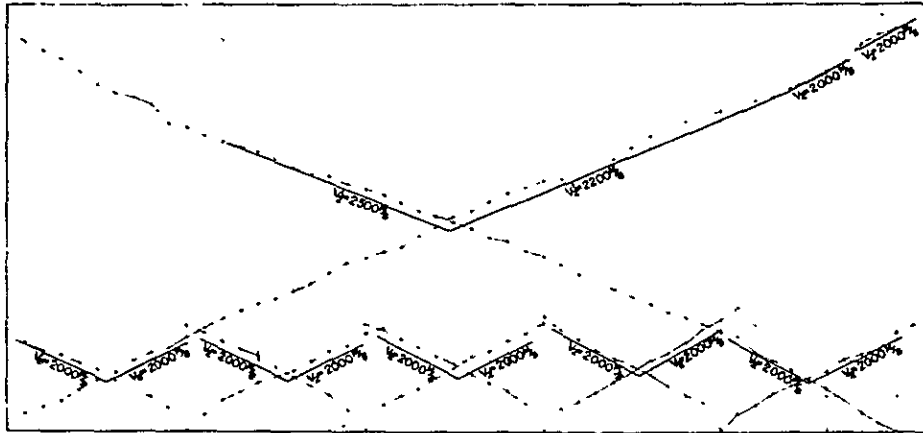
FEATURE OF SMALL FAULTS DEVELOPED AT MREIJATTE AREA



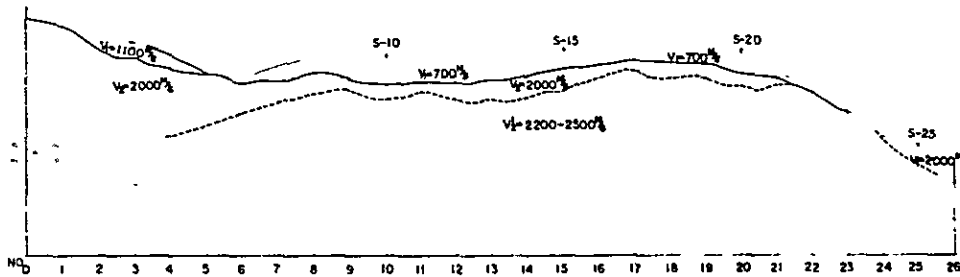
DAHR EL BAIDAR TUNNEL PROJECT	
SKETCH SHOWING GEOLOGICAL CONDITIONS	
JAPANESE SURVEY TEAM FOR THE TUNNEL CONSTRUCTION PROJECT IN LEBANON	
MARCH 1964	FIG. 8

HAMMANA AREA PRINCIPAL MEASURING LINE

TIME-DISTANCE CURVE



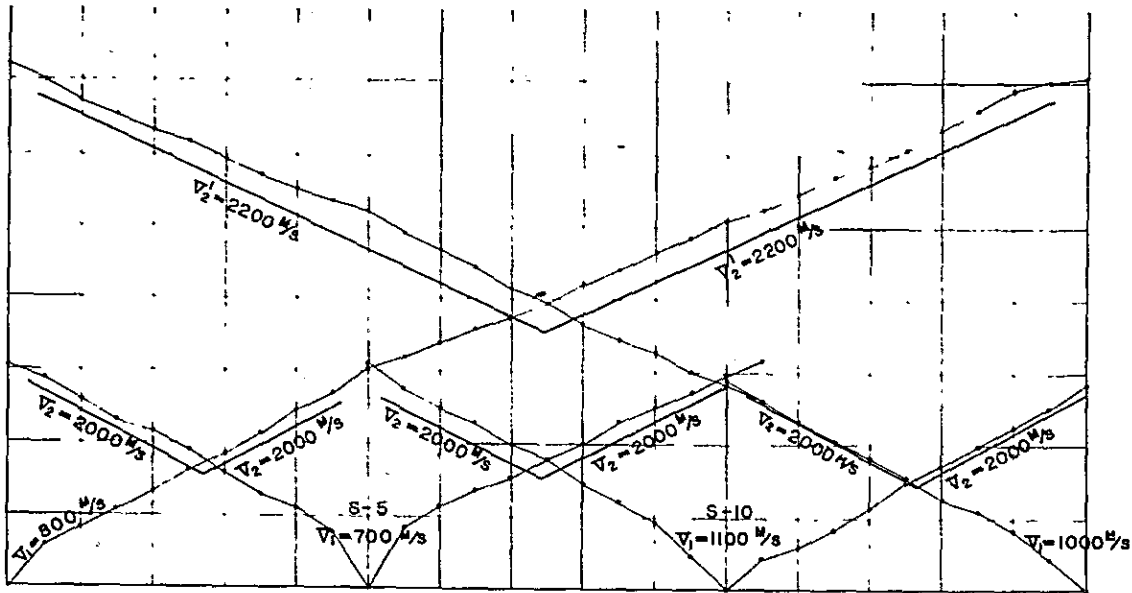
LONGITUDINAL GEOLOGIC SECTION



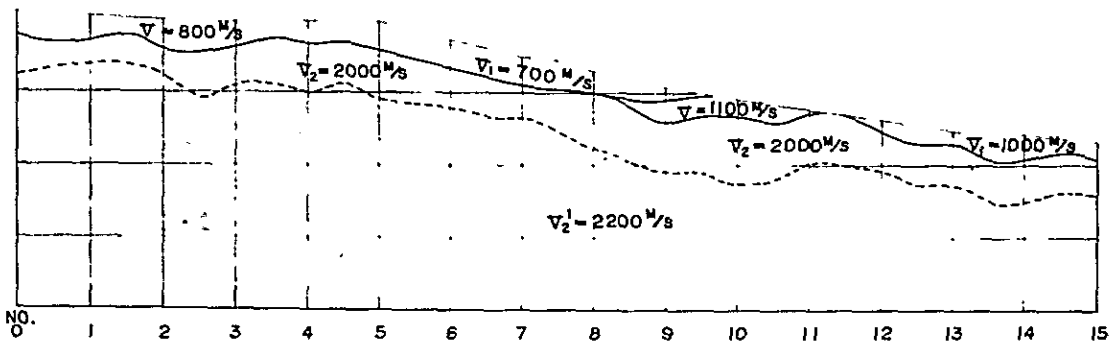
DAHR EL BAI DAR TUNNEL PROJECT
GRAPH OF
SEISMIC PROSPECTING RESULT-1
JAPANESE SURVEY TEAM FOR
THE TUNNEL CONSTRUCTION PROJECT
IN LEBANON
MARCH 1964 FIG 9

HAMMANA AREA SUBORDINATE MEASURING LINE (HA)

TIME-DISTANCE CURVE



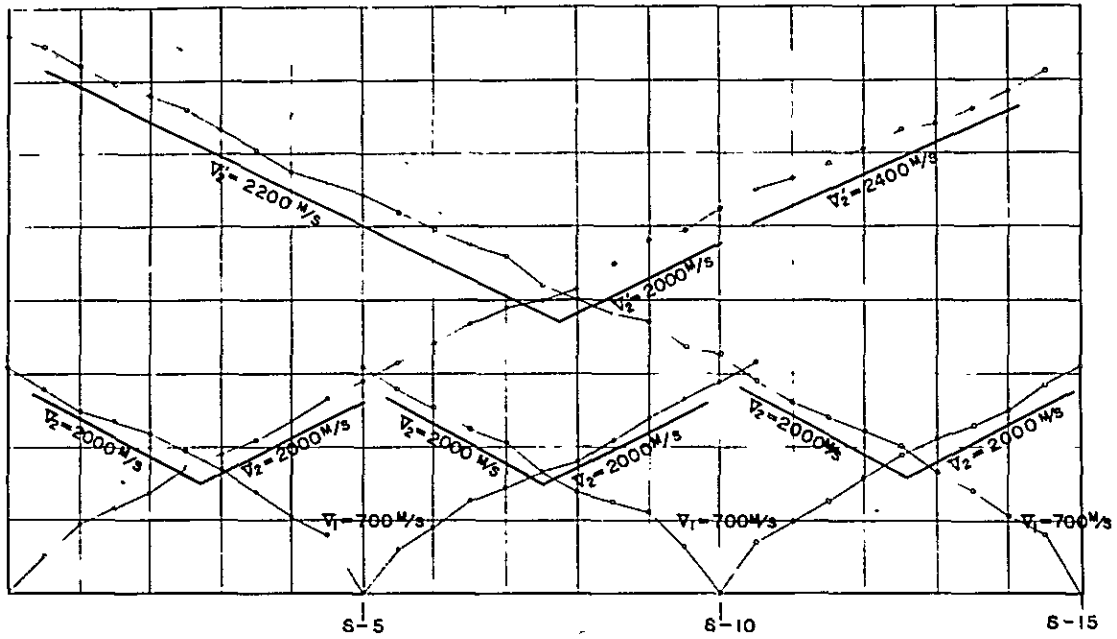
LONGITUDINAL GEOLOGIC SECTION



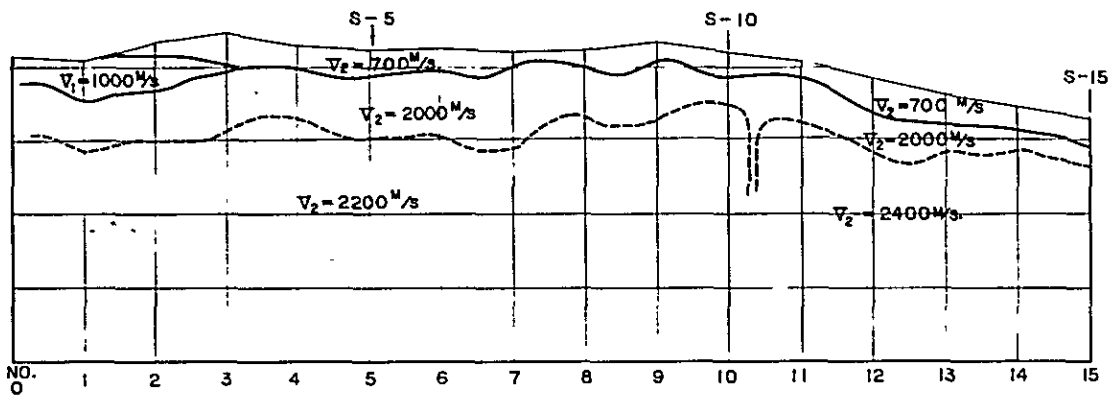
DAHR EL BAIDAR TUNNEL PROJECT	
GRAPH OF	
SEISMIC PROSPECTING RESULT-2	
JAPANESE SURVEY TEAM FOR THE TUNNEL CONSTRUCTION PROJECT IN LEBANON	
MARCH 1964	FIG. 10

HAMMANA AREA SUBORDINATE MEASURING LINE(HB)

TIME-DISTANCE CURVE



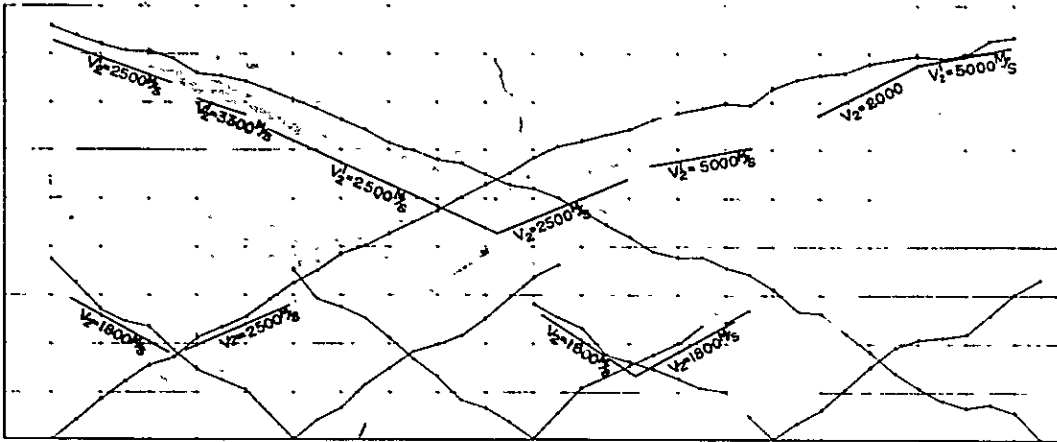
LONGITUDINAL GEOLOGIC SECTION



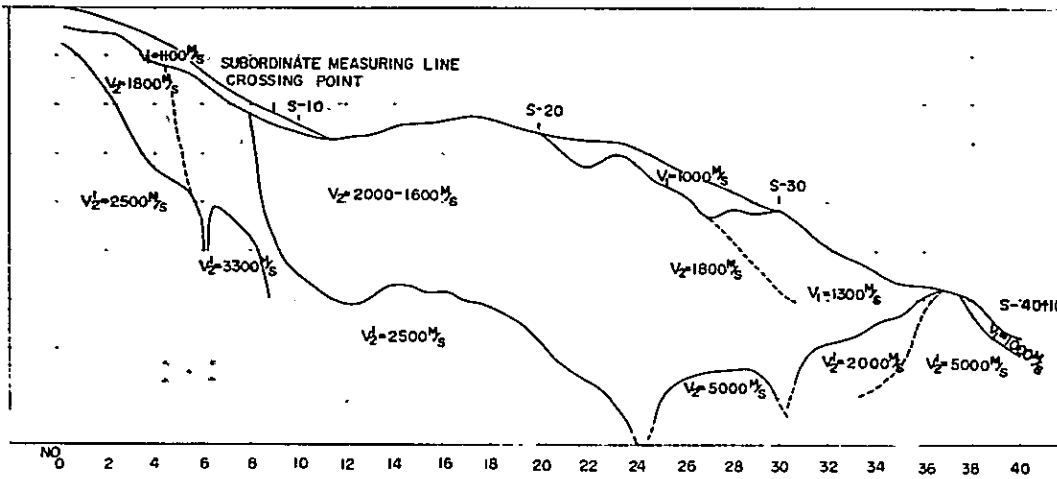
DAHR EL BAIDAR TUNNEL PROJECT
 GRAPH OF
 SEISMIC PROSPECTING RESULT- 3
 JAPANESE SURVEY TEAM FOR
 THE TUNNEL CONSTRUCTION PROJECT
 IN LEBANON
 MARCH 1964 FIG. 11

KABB ELIAS AREA - PRINCIPAL MEASURING LINE

TIME-DISTANCE CURVE



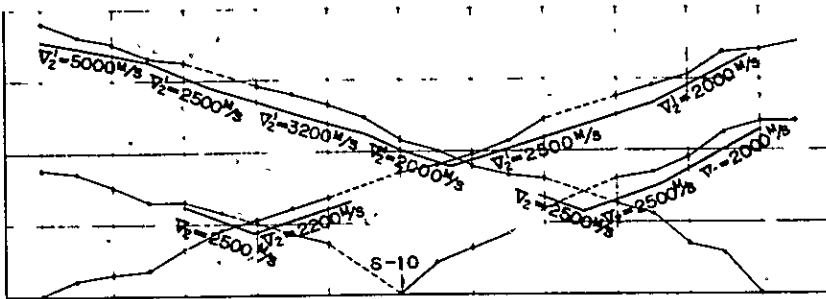
LONGITUDINAL GEOLOGICAL SECTION



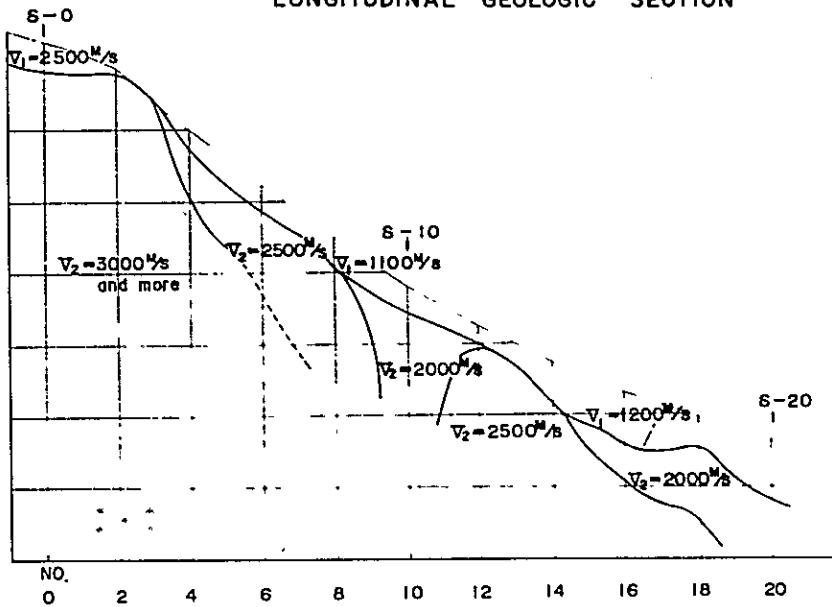
DAHR EL BAIDAR TUNNEL PROJECT
 GRAPH OF
 SEISMIC PROSPECTING RESULT-4
 JAPANESE SURVEY TEAM FOR
 THE TUNNEL CONSTRUCTION PROJECT
 IN LEBANON
 MARCH 1964 | FIG 12

KABB ELIAS AREA SUBORDINATE MEASURINGLINE

TIME-DISTANCE CURVE



LONGITUDINAL GEOLOGIC SECTION



DAHRE EL BAIDAR TUNNEL PROJECT

GRAPH OF
SEISMIC PROSPECTING RESULT- 5
JAPANESE SURVEY TEAM FOR
THE TUNNEL CONSTRUCTION PROJECT
IN LEBANON

MARCH 1964 | FIG. 13

§ V 交通量調査

1. 概 説

将来交通量の推定に当つては種々の前提条件が必要であるが、第 1 に決められるべきものは計画路線の決定であり第 2 には現在交通量の確定値である。即ち現在時点に於ける交通流を調査し計画道路が建設された場合、如何程の車輛が転換されるかを決定する重要なポイントであるからである。

第 3 には把握された現在交通量を計画目標年次まで伸ばす方法が問題になる。基本的にその方法は国民生産所得或は工業出荷額、商品売上高、人口の伸び率、自動車保有台数の伸び、その他の経済諸指数を勘察し、それ等の条件の積重ねの上に立つて推定されるべきものである。本調査に於ては現在迄に得られた基礎統計資料とにらみ合わせ、現在一般的に行われている“道路交通は自動車保有台数の伸びに比例して増加する”と云う原則に則つて作業を進めた。

第 4 にはこの将来交通量が新路線完成時点に於て、何台通行するであろうかの判定である。即ち交通が或道路から他の道路へ転換する場合の要因には所要時間、走行費用、路面の状態、治道の状況による快適度、或は習慣等が挙げられるが、このうち計測可能な要素は所要時間と走行費用の 2 つに過ぎない。即ちこの 2 要素を以て転換試算式を設定して転換交通量を推計する訳であるが所要時間については現地に於ける車種別平均走行速度と在来道路、新計画道路、及び tunnel route 毎の距離を算定して之を求め、走行費用についても、現地に於ける燃料消費率、維持費等の実績資料を基として、tunnel と旧幹線及び新計画道路との 3 種につき、道路の延長、条件等を考慮して算出した。旧幹線及び新計画道路に関しては snow, fog, frost の影響を加味してある。以上の基礎条件から各 route 毎の総走行費を出して、之より転換率を算出した。

2. 現在交通量の確定

現在交通量を把握するには車 1 台毎の出発地、目的地調査 (Origin - Destination Survey) によつて行ひのが、orthodox な方法とされている。それは、短距離の局部交通が非常に多い場合には、現在道路の交通容量を超過しても、新設道路へは転換しないであろうし、逆に長距離の域外交通が多い場合には新設道路への転換量は増大するであろうから、この観点から言えば路側カウンター調査による交通量は、この局部交通と通過交通との区別がつかない為めである。

然るに本調査の現地に於ては特殊の交通事情のために、D調査を行うことが非常に困難でありその資料も殆どない。一部調査された資料は吾々の目的とする現地付近と離れているため基準となり難い。そこで吾々は1962年平均のレバノン政府道路局統計部の手によつて行われた路側調査による交通量調査資料を基本として解析することとした。

実際に之の資料によつて検討した結果を、局部的なD調査資料に引移してCheckしてみた結果は、大した誤差はないので、この方法に拠つて本質的に大きな誤差のないことを確めたわけである。先づ吾々は上記の資料によつてBeyrouth-Damascus Roadの方向別交通流量図を描いた。(14図)

- 一 即ち本計画路線のトンネル部分は測点番号No.6~No.10の間であり測点No.7,8,9の区間に於て出入する車は本計画トンネルには無関係であると断定して差支えない程度のものである。従つて測点No.6の交通量4,334台を以てして、トンネル内の車の台数と見做して差支えないが、一応理論上考えられる途中の流入量428台を差引いたものを以て、トンネル地点の通過台数とした。

$$\text{即ち } 4,334 \text{ 台/日} - 428 = 3,906 \text{ 台/日}$$

之によつて本計画 tunnel を通過する車は、1962年に於て1日当り3,906台であると推定される。

3. 転換交通量の推計

転換交通量を算出するには、所要時間と走行費用の2つから転換試算式を設定して行う。

3-1 走行費用の算定

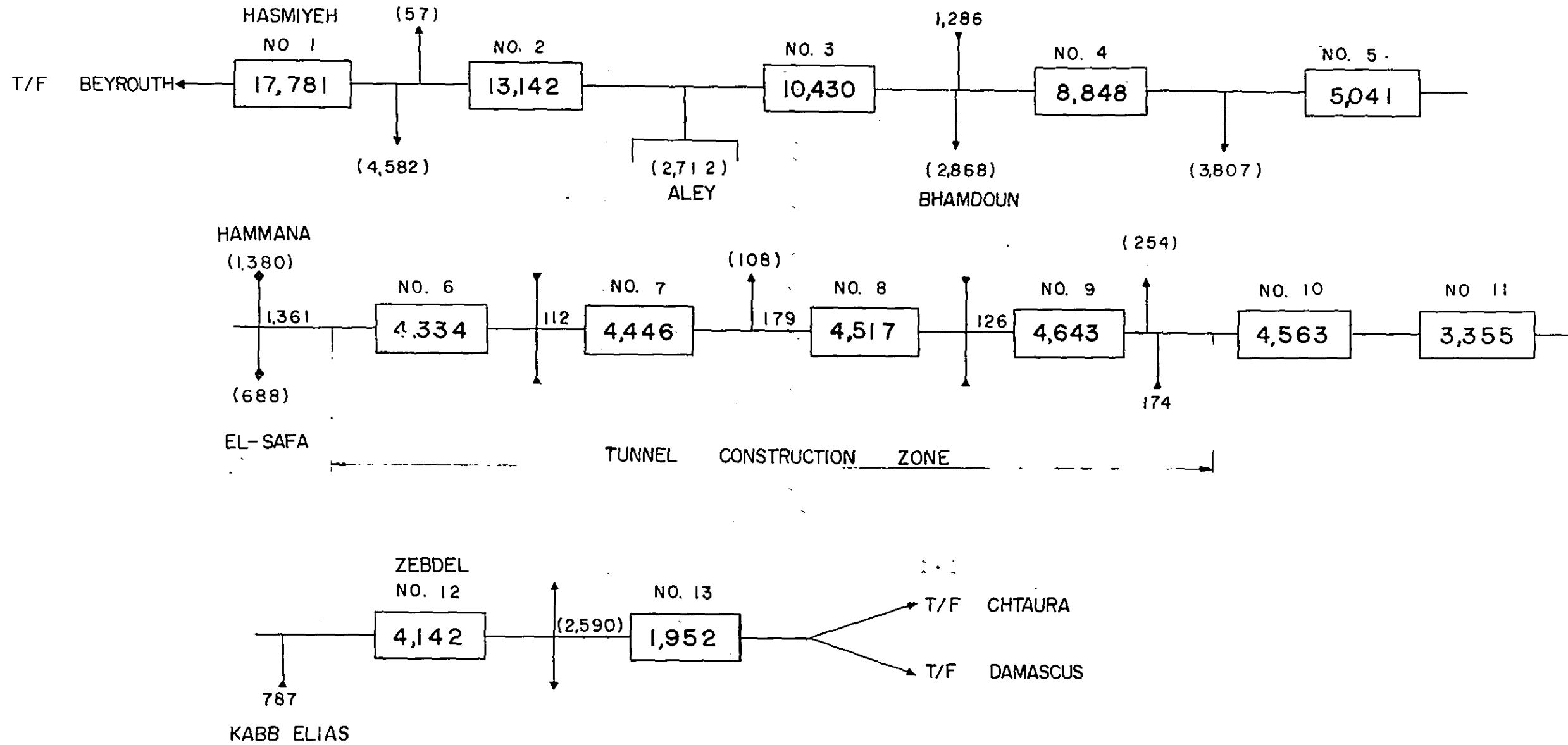
a) 現地の車種別を考慮し一般乗用車、バス、トラックの3つに大別し、各車種毎に道路の勾配を加味した燃料、油脂消費量、維持修理費、等の要素を累計してP/Km/台を算出する。(Table 3)

之から吾々の考えている現在道路と新計画道路と、tunnel routeの3つについて、各々の勾配、同一区域内の比較延長、operating speedに応じた車種別走行費用を求める。(Table - 4)

operating speed は現在道路については passenger car 40 Km/h、bus、truck 20 Km/h、計画新道路については夫々50 Km/h、30 Km/h、tunnel内では夫々60 Km/hと50 Km/hとする。之は tunnel内に於ては passenger car は単独走行時は70 Km以上可能であるが、bus、truck と同走する場合には二車線で追越不可能とすれば、bus、truck の速度に限定され、50 Km/h

FIG. 14

BEYROUTH - DAMASCUS ROAD: AVERAGE DAILY TRAFFIC VOLUME FOR 1962



ESTIMATED VEHICLES PASS THROUGH : (A. D. T.)

1	AT HASMIYEH	= 17,781
2	AFTER ALEY	= 10,430
3	AFTER BHAMDOUN	= 8,848
4	TUNNEL	= 4,334 - 428 = 3,906

(NOT CONSIDERED TRAFFIC CONVERSION)

Table-3
Road User Costs 1
1) Passenger Car

Running Speed (Km/hr)	Gradient Class %	Fuel (P/Km)	Tires (P/Km)	Oil (P/Km)	Maint. and Repairs (P/Km)	Depreciation (P/Km)	Subtotal Oper. Costs (P/Km)	Time (P/Km)	Comfort and Convenience (P/Km)	Total Costs (P/Km)
20	0-3	558	1.01	0.48	4.80	2.00	1387	13.17	1.00	280.4
	3-5	605	1.14	0.50	5.20	2.10	1499	13.17	1.00	281.6
	5-7	695	1.46	0.53	5.60	2.20	1674	13.17	1.00	309.1
	7-9	888	1.92	0.55	6.00	2.30	1965	13.17	1.00	338.2
40	0-3	552	1.42	0.54	4.80	2.00	1428	828	1.00	235.6
	3-5	588	1.62	0.54	5.20	2.10	1534	828	1.00	246.2
	5-7	634	2.08	0.54	5.60	2.20	1676	828	1.00	260.4
	7-9	759	2.76	0.54	6.00	2.30	1919	828	1.00	284.7
50	0-3	524	2.11	0.60	4.80	2.00	1475	658	1.00	223.7
	3-5	554	2.42	0.63	5.20	2.10	1589	658	1.00	234.7
	5-7	592	3.10	0.66	5.60	2.20	1748	658	1.00	240.6
	7-9	698	4.11	0.69	6.00	2.30	2008	658	1.00	266.6
60	0-3	420	0.53	0.34	2.40	2.00	947	528	1.00	157.5
	3-5	441	0.63	0.36	2.60	2.10	1010	528	1.00	163.8
	5-7	466	0.80	0.30	2.80	2.20	1084	528	1.00	171.2
	7-9	532	1.08	0.40	3.00	2.30	1210	528	1.00	183.8
30	0-3	403	0.38	0.28	2.40	2.00	9090	10.54	1.00	20.63
	3-5	420	0.42	0.29	2.60	2.10	961	10.54	1.00	21.15
	5-7	453	0.54	0.31	2.80	2.20	1038	10.54	1.00	21.92

2) Bus

Running Speed (Km/hr)	Gradient Class (%)	Fuel (P/Km)	Tires (P/Km)	Oil (P/Km)	Maint. and Repairs (P/Km)	Depreciation (P/Km)	Subtotal Operational Costs (P/Km)	Time (P/Km)	Comfort and Convenience (P/km)	Total Costs (P/Km)
20	0-3	7.81	1.41	0.67	6.72	2.80	19.41	18.44	1.40	39.25
	3-5	8.47	1.60	0.70	7.28	2.94	20.99	18.44	1.40	40.83
	5-7	9.73	2.04	0.74	7.84	3.08	23.43	18.44	1.40	43.27
	7-9	12.43	2.69	0.77	8.40	3.22	27.51	18.44	1.40	47.35
40	0-3	7.73	1.99	0.76	6.72	2.80	20.00	11.59	1.40	32.99
	3-5	8.23	2.27	0.76	7.28	2.94	21.48	11.59	1.40	34.47
	5-7	8.88	2.91	0.76	7.84	3.08	23.47	11.59	1.40	36.46
	7-9	10.63	3.86	0.76	8.40	3.22	26.87	11.59	1.40	39.86
50	0-3	7.34	2.95	0.84	6.72	2.80	20.65	9.21	1.40	31.26
	3-5	7.76	3.39	0.88	7.28	2.94	22.25	9.21	1.40	32.86
	5-7	8.29	4.34	0.92	7.84	3.08	24.47	9.21	1.40	35.08
	7-9	9.77	5.75	0.97	8.40	3.22	28.11	9.21	1.40	38.72
60	0-3	5.88	0.74	0.48	6.72	2.80	16.62	7.39	1.40	25.41
	3-5	6.17	0.88	0.50	7.28	2.94	17.77	7.39	1.40	26.56
	5-7	6.52	1.12	0.53	7.84	3.08	19.09	7.39	1.40	27.88
	7-9	7.45	1.51	0.56	8.40	3.22	32.14	7.39	1.40	40.93

3) Truck

Running Speed (Km/hr)	Gradient Class (%)	Fuel (P/Km)	Tires (P/Km)	Oil (P/Km)	Maint. and Repairs (P/Km)	Depreciation (P/Km)	Subtotal Oper. Costs (P/km)	Time (p/km)	Comfort and Convenience (P/km)	Total Costs (P/km)
20	0-3	9.43	1.71	0.81	8.11	3.38	23.44	22.26	1.70	47.40
	3-5	10.22	1.93	0.85	8.79	3.55	25.34	22.26	1.70	49.30
	5-7	11.75	2.47	0.90	9.46	3.72	28.30	22.26	1.70	52.26
	7-9	15.01	3.24	0.93	10.14	3.89	33.21	22.26	1.70	57.17
40	0-3	9.33	2.40	0.91	8.11	3.38	24.13	13.99	1.70	39.82
	3-5	9.94	2.74	0.91	8.79	3.55	25.93	13.99	1.70	41.62
	5-7	10.71	3.52	0.91	9.46	3.72	28.32	13.99	1.70	44.01
	7-9	12.83	4.66	0.91	10.14	3.89	32.43	13.99	1.70	48.12
50	0-3	8.86	3.57	1.01	8.11	3.38	24.93	11.12	1.70	37.75
	3-5	9.36	4.09	1.06	8.79	3.55	26.85	11.12	1.70	39.67
	5-7	10.00	5.24	1.12	9.46	3.72	29.54	11.12	1.70	42.36
	7-9	11.80	6.95	1.17	10.14	3.89	33.95	11.12	1.70	46.77
60	0-3	7.10	0.90	0.57	8.11	3.38	20.06	8.92	1.70	30.68
	3-5	7.45	1.06	0.61	8.79	3.55	21.46	8.92	1.70	32.08
	5-7	7.88	1.35	0.64	9.46	3.72	23.05	8.92	1.70	33.67
	7-9	8.99	1.83	0.68	10.14	3.89	25.53	8.92	1.70	36.15

となるので、average speed を 60 Km/h としたものである。

Table-4

Road User Costs in Accordance with General Condition

Route	Grade (%)	Length (Km)	Design Speed		User Cost		
			Passenger Car	Bus, Truck	Passenger Car	Bus	Truck
Existing Road	7~9	16	40	20	P.L 28.47	P.L 47.35	P.L 57.17
New Road	5	18	50	30	23.47	40.83	49.30
Tunnel Route	5	7	50	30	23.47	40.83	49.30
	1	7.85	60	50	15.75	31.26	39.67

b) 次に tunnel を除いた道路上に於ては障害として降雪、凍結、inconvenience item として霧があるので、之等による損害、又は対策費を計上する。

降 雪

降雪は年間平均 10 日とする。乗車人員は、乗用車は 2*productive persons と 1-unproductive person とし、bus は 35 人 (内 $\frac{2}{3}$ productive, $\frac{1}{3}$ unproductive)、truck は大人 2 人と仮定する。降雪期間中 productive につき $10 \frac{L}{day}$ (unproductive は $0 \frac{L}{day}$) の収入が無駄に失われるものとする、

乗用車の損失、(1 台乗員の収入計 $20 \frac{L}{day}$) $\times 10 \text{日} / 365 \text{日} = 0.55 \frac{L}{day/台}$

Bus 損失、($10 \frac{L}{day} \times 35 \times \frac{2}{3}$) $\times 10 \text{日} / 365 \text{日} = 233 \times 0.03 = 6.99 \frac{L}{day/台}$

Truck 損失、($10 \frac{L}{day} \times 2$) $\times 10 \text{日} / 365 \text{日} = 20 \times 0.03 = 0.60 \frac{L}{day/台}$

凍 結

凍結期間は年間平均 30 日とするが、1 日中 12 時間は融解するとすると実害日数は $30 / 2 = 15$ 日とみてよい。降雪の場合と同様にして求めると、

乗用車の損失、(10×2) $\times 15 / 365 = 20 \times 0.04 = 0.8 \frac{L}{day/台}$

Bus の損失、($10 \times 35 \times \frac{2}{3}$) $\times 15 / 365 = 233 \times 0.04 = 9.32 \frac{L}{day/台}$

Truck の損失、(10×2) $\times 15 / 365 = 20 \times 0.04 = 0.80 \frac{L}{day/台}$

霧

霧のため視界を遮ぎられ交通杜絶になる期間は年間平均 50 日とする。これも

12 時間は晴れるとして、 $50 / 2 = 25$ 日を計上する。

乗用車の損失、(10×2) $\times 25 / 365 = 20 \times 0.07 = 1.40 \frac{L}{day/台}$

Busの損失 $(10 \times 35 \times \frac{2}{3}) \times 25 / 365 = 233 \times 0.07 = 16.31 \text{ LL/day/台}$

Truck の損失 $(10 \times 2) \times 25 / 365 = 20 \times 0.07 = 1.40 \text{ LL/day/台}$

以上を総計すると次表の如くなる。

Table - 5

Road User Losses Under the Meteorological Condition

	降雪の場合	凍結	霧	計
	LL/day			LL/day/台
乗 用 車	0.55	0.80	1.40	2.75
バ ス	6.99	9.32	16.31	32.62
ト ラ ッ ク	0.60	0.80	1.40	2.80

之から走行速度が20 Km/h ~ 60 Km/hの各場合に、1日実走行8時間として、単位距離当り走行費損失を求めると次の様である。

Table - 6

	20Km/h	30	40	50	60 Km/h
	P/Km/台				P/Km/台
乗 用 車	1.72	1.15	0.86	0.69	0.57
バ ス	20.39	13.60	10.21	8.16	6.78
ト ラ ッ ク	1.75	1.17	0.88	0.70	0.58

尚茲で降雪及凍結に際して、BeyrouthからDamascusへ行くuserの約 $\frac{1}{2}$ はBeyrouthに滞在し、残りの約 $\frac{1}{2}$ はBeyrouthから南下してSaidaを通り、Qnaitraへ抜けてDamascusへ出ると仮定しても、Beyrouth - Damascus Roadを通る場合に比較して100 Km以上の迂回することになり、之の費用を比較すると、滞在の損失額よりも大である。故に吾々は安全側の値をとつて、迂回強行をせずに待期する場合の損失を計上して、studyを進めることとする。

又霧は損失と云うよりは、寧ろinconvenience itemであるが、結果的には損失であるので之等を同時に加えて考察する。

かくして吾々の考察している 3-cases について、user の単位距離当り実走行費と、obstruction 及び inconvenience の損失とを加えると次の様になる。

Table-7
Final User Costs on Beyrouth - Damascus Road
(Table 4 + Table 6)

Route	Grade %	Length (Km)	Speed Km/h		User Cost p/Km/台		
			Pass Car	Bus, Truck	Pass. Car	Bus	Truck
Exist. Road	7~9	16	40	20	29.33 (0.10)	67.74 (0.23)	58.92 (0.20)
New Road	5	18	50	30	24.16 (0.08)	54.43 (0.18)	50.47 (0.17)
Tunnel Route	5	7	50	30	23.47 (0.08)	40.83 (0.14)	49.30 (0.16)
	1	7.85	60	50	15.75 (0.05)	31.26 (0.10)	39.67 (0.13)

Note 1. Tunnel 欄は Tunnel 部分 (L=7.85 Km) と坑外 Chtaura 側の new access road (L=7.0 Km) とに分ける。

2. () 内数字は \$ 換算値を示す

3-2 転換率の算定

上に於て単位距離当り user cost が出たので、之に計画路線の長さに乗じて区間走行費を算出し、更に之に車種別、速度別所要通過時間を加味したもの (Si) を用いて現在道路から tunnel へ及び新計画道路から tunnel への交通量転換率を次の如く求める。

- a. $C_1 =$ 現在道路の走行費 \$ / Km
 $C_2 =$ 新計画道路の走行費 \$ / Km
 $C_3 =$ Tunnel route の走行費 \$ / Km

車種別、速度別走行費表(\$)

車種区分		速度 V				
		20km/h	30km/h	40km/h	50km/h	60km/h
C ₁ \$/km	乗用車			0.10		
	バス	0.23				
	トラック	0.20				
C ₂ \$/km	乗用車				0.08	
	バス		0.18			
	トラック		0.17			
C ₃ \$/km	乗用車				0.08	0.05
	バス		0.14		0.10	
	トラック		0.16		0.13	

b. 転換率の計算

Table-8 Conversion Factor Table

車種	Hammana - Chtaura							
	Existing Road			New Road				
路線長 L (Km)	走行速度 V (Km/hr)	所要時間 $\frac{L}{V} \times 60 \text{ min}$	走行費 C_1 $= c_1 L (\$)$	路線長 L (Km)	走行速度 V (Km/hr)	所要時間 $\frac{L}{V} \times 60 \text{ min}$	走行費 C_2 $= c_2 L (\$)$	S_2 $= T_2 C_2$
乗用車	16	40	2400	18	50	2160	1.44	3110
バス	16	20	4800	18	30	3564	324	11547
トラック	16	20	4800	18	30	3564	306	10906

車種	Hammana - Chtaura										
	Tunnel Route					転換率 P %					
路線長 L (Km)	走行速度 V (Km/hr)	所要時間 $\frac{L}{V} \times 60 \text{ min}$	走行費 C_3 $= c_3 L (\$)$	S_3 $= T_3 C_3$	E. R. より Tunnelへ $P = \frac{S_1}{S_1 + S_3} \times 100$	N. R. より Tunnelへ $P = \frac{S_2}{S_2 + S_3} \times 100$	E. R. より New roadへ $P = \frac{S_1}{S_1 + S_2} \times 100$				
乗用車	7.00 7.85	50 60	840 785 1625	056 039 095	1544	713	668	552			
バス	7.00 7.85	30 50	1386 942 2328	098 079 177	4121	81.1	73.7	60.5			
トラック	7.00 7.85	30 50	1386 942 2328	1.12 1.02 2.14	4982	75.5	68.6	58.5			

4. 将来交通量の推定

4-1 将来自動車保有台数の推定

レバノン国1950年～1963年間の自動車保有台数は第9表の通りである。この伸びが将来も続くものとして各種の方法によつて伸び率を算定した。但し、1950年～1955年の6年間は保有台数の増減が激しい巾を示しているのて、この部分を除いて考察した。

a) 直線増加と仮定すると伸び率の式は次式で示される。

$$y = 11,000x + 50,000 \quad x = \text{経過年数} \quad y = x \text{ 年後の保有台数}$$

b) 1959年を境として以前と以後とで急激な伸び率の変化があるので、1959年以降の値を用いて之を式に示すと次の様になる。

$$y = 1,310x^{1.72} + 7,800x + 50,000$$

之を1963年以降に引伸して、将来の保有台数を求めたものが表-10であり、a)及びb)の値を図示したものが第15図である。

之に対して次の如き検討を加えた。

1. a)式による直線増加は一般的に正しいが現在の世界文化の発展度の急激なことから将来も直線増加と推定するのは多少過少評価となる。文化の発展に伴い収入増加人口増加と共に保有台数が増加する訳で、その伸び率は或る将来までは上向きに凹の曲線増加する筈である。
2. 従つてb)式の形になるべきであるがこの式は4年間の実績から割出したものであることと、急激な増加によつて短年月間に飽和状態に近くなると次の時期では伸びが逆に落ちてくる訳であつて、レバノン国の面積、人口、産業の現情から判断して理論通りの伸びとするのは急激過ぎると考えられる。
3. そこで吾々は彼此勘案の結果a)とb)の折衷案をとることとした。之によつて画いた曲線は第15図c)である。吾々はこの推定を以て之から tunnel 内の average daily traffic を算定した。

Table - 9

Number of Vehicles Registered in Each Year

	1950		1951		1952		1953		1954		1955		1956	
	Cars	Ratio	Cars	Ratio	Cars	Ratio	Cars	Ratio	Cars	Ratio	Cars	Ratio	Cars	Ratio
1 Passenger Cars	11,573	758	13,861	78.1	15,976	79.4	18,044	81.1	21,085	82.3	24,574	81.0	29,185	84.3
2 Buss	679	4.4	652	3.4	671	3.4	880	4.0	1,009	3.9	1,087	3.6	1,154	3.3
3 Trucks	3019	19.8	3,235	18.2	3,448	17.2	3,307	14.9	3,544	13.8	4,683	15.4	4,298	12.4
Total	15,271	100	17,748	100	20,095	100	22,231	100	25,638	100	30,346	100	34,637	100

	1958		1959		1960		1961		1962		1963	
	Cars	Ratio	Cars	Ratio	Cars	Ratio	Cars	Ratio	Cars	Ratio	Cars	Ratio
1 Passenger Cars	37,064	839	41,753	845	51,316	858	61,897	869	71,314	874	82,129	878
2 Buss	1,253	2.9	1,520	2.6	1,389	2.4	1,446	2.0	1,488	1.8	1,590	1.7
3 Trucks	5,843	13.2	6,359	12.9	7,079	11.8	7,915	11.1	8,825	10.8	9,846	10.5
Total	44,160	100	49,432	100	59,784	100	71,258	100	81,627	100	93,565	100

Note : 1. - Passenger Cars, Taxis, Motorcycles .

2. - Private Buss, Commercial Buss .

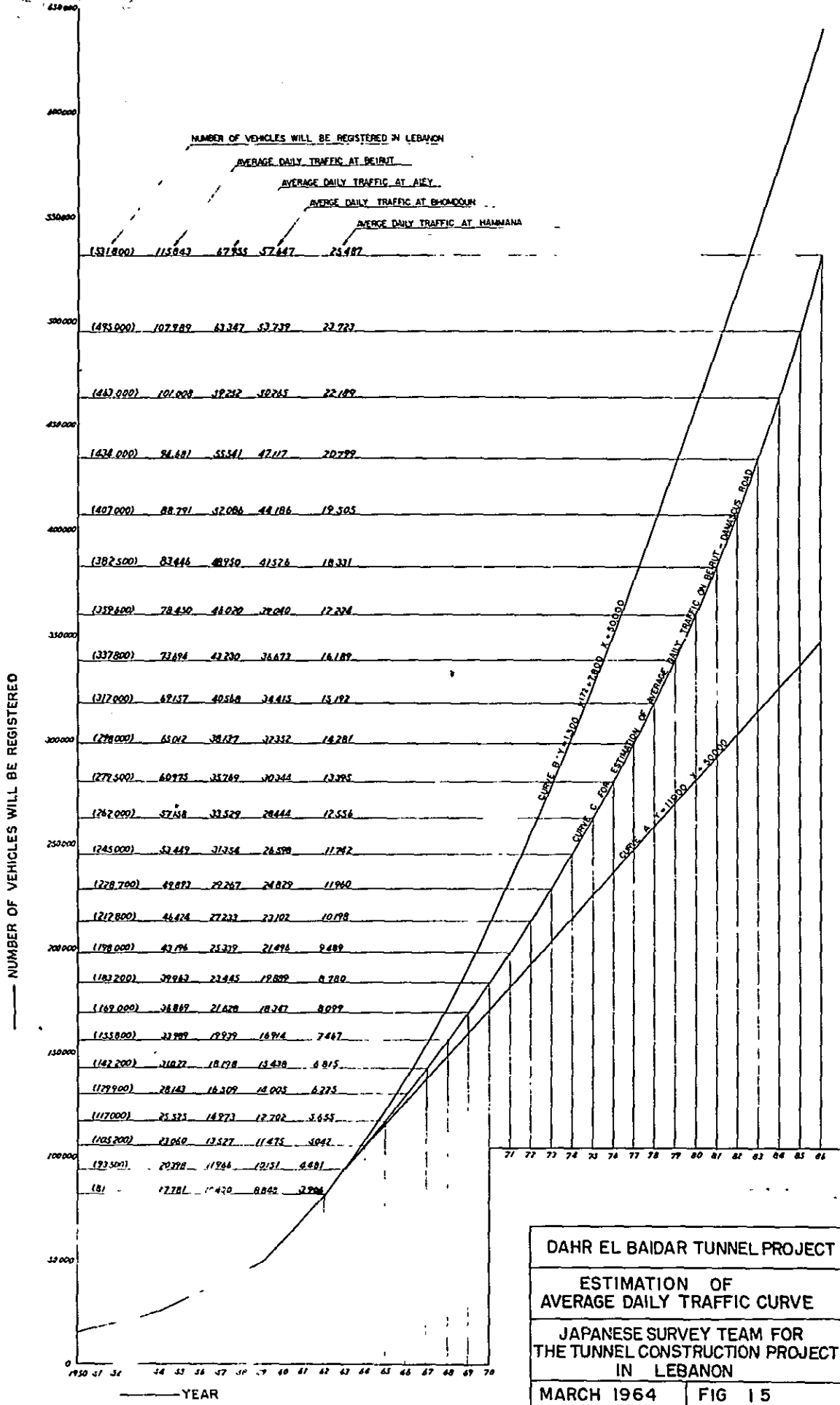
3. - Private Trucks , Commercial Trucks .

Table - 10

Estimation of Number of Vehicles to be Registered in Future .

b) $y = 1.310x^{1.72} + 7,800x + 50,000$

x	Year	$x^{1.72}$	$1310(x)^{1.72}$	$7,800x$	y
3	1962	6.62	8,672	23,400	82,072
4	63	10.42	13,650	31,200	94,850
5	64	15.90	20,829	39,000	109,829
6	65	21.00	27,510	46,800	124,310
7	66	28.40	37,204	54,600	141,802
8	67	35.70	46,767	62,400	159,167
9	68	43.80	57,378	70,200	177,578
10	69	52.50	60,775	78,000	196,775
11	70	62.00	81,220	85,800	217,020
12	71	72.00	94,320	93,600	237,920
13	72	82.00	107,420	101,400	258,820
14	73	93.50	122,485	109,200	281,585
15	74	105.00	137,550	117,000	304,550
16	75	118.00	154,580	124,800	329,380
17	76	130.00	170,300	132,600	352,900
18	77	144.00	188,640	140,400	379,040
19	78	158.00	206,980	148,200	405,180
20	79	173.00	226,630	156,000	432,630
21	80	187.00	244,970	163,800	458,770
22	81	203.00	265,930	171,600	487,530
23	82	220.00	288,200	179,400	517,600
24	83	237.00	310,470	187,200	547,670
25	84	253.00	331,430	195,000	576,430
26	85	270.00	353,700	202,800	606,500



DAHR EL BAIDAR TUNNEL PROJECT

ESTIMATION OF AVERAGE DAILY TRAFFIC CURVE

JAPANESE SURVEY TEAM FOR THE TUNNEL CONSTRUCTION PROJECT IN LEBANON

MARCH 1964 FIG 15

4-2 保有台数の車種別比率

既往の(1950~1963)自動車保有台数を車種別に分類し(表-9)、更に之を図表化して将来比率推定の資として(第16図)検討した。之によると乗用車に於ては、max. ptから逐次減少の傾向をとり、又バスにあつては既に近年逐次減少しつつある傾向にある。しかし現実に零以下になることは考えられないので、現情勘案の結果、1978年付近の値を将来吾々の考察の対照となつている期間の平均値としてとることとした。

之れによれば、passenger car 88.3%、bus 10.2%、truck 1.5%である。

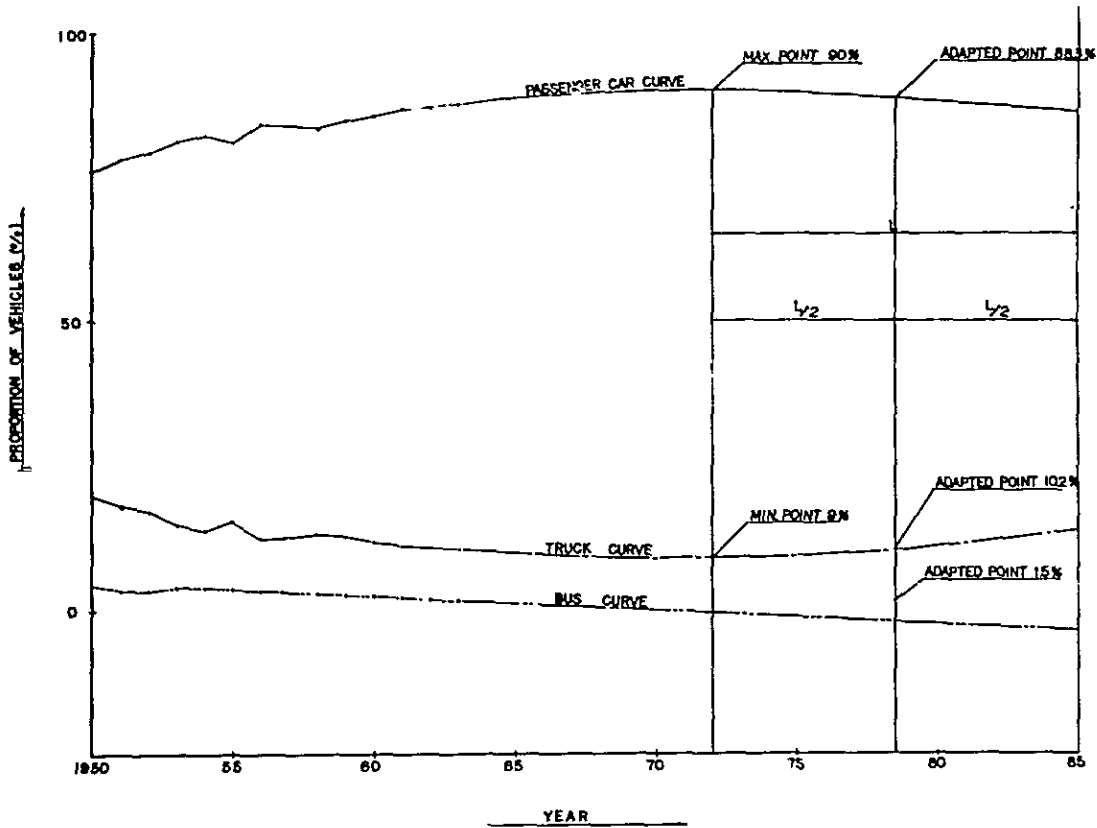
以上の結果をまとめて第15図によつて、将来の自動車保有台数(年計)を確定し、之から average daily traffic を計算し、更に本項に従つて車種別数量を求めると第11表の如くなる。

4-3 将来交通量の確定

以上の考察の結果最後に得られた average daily traffic に対して転換率を乗じたものが吾の計画している routes 相互間の将来交通転換量である。

之を表12に示す。

之によると、例へば、現在道路から計画 tunnel への転換量は、1986年に於て平均日交通量が乗用車16,834台、バス376台、トラック2,046台、計19,256台となり full vehicles 25,487台に対して平均約76%となる。



DAHR EL BAI DAR TUNNEL PROJECT	
CURVE FOR ESTIMATION OF INCREASING RATE EACH VEHICLE	
JAPANESE SURVEY TEAM FOR THE TUNNEL CONSTRUCTION PROJECT IN LEBANON	
MARCH 1964	FIG. 16

Table - 11

Estimation of Average Daily Traffic at Tunnel

Year	Register Cars	Total A. D. T.	Passenger Cars (883%)	Buss (15%)	Truck (10.2%)
1963	93,500	4,481	3,957	67	457
64	105,200	5,042	4,452	76	514
65	117,000	5,655	4,993	85	577
66	129,900	6,225	5,497	93	635
67	142,200	6,815	6,018	102	695
68	155,800	7,467	6,593	112	762
69	169,000	8,099	7,151	122	826
70	183,200	8,780	7,753	131	896
71	198,000	9,489	8,379	142	968
72	212,800	10,198	9,005	153	1,048
73	228,700	10,960	9,678	164	1,118
74	245,000	11,742	10,368	176	1,198
75	262,000	12,556	11,087	188	1,281
76	279,500	13,395	11,828	201	1,366
77	298,000	14,281	12,610	214	1,457
78	317,000	15,192	13,415	227	1,550
79	337,800	16,189	14,295	243	1,651
80	359,600	17,234	15,218	258	1,758
81	382,500	18,331	16,186	275	1,870
82	407,000	19,505	17,223	292	1,990
83	434,000	20,799	18,366	312	2,121
84	463,000	22,189	19,593	333	2,263
85	495,000	23,723	20,947	356	2,420
86	531,800	25,487	22,505	382	2,600

Table-12

Average Daily Traffic Through The Tunnel by years 1963~1986

Year	A.D.T.	Full Vehicle			Considered Conversion, E. to T.			Total			Considered Conversion, N. to T.			Total			Considered Conversion, E. to N.			Total
		Passen- per Car (86.3%)	Bus (1.5%)	Truck (10.2%)	Passen- per Car (71.3%)	Bus (81.1%)	Truck (7.55%)	Passen- per Car (66.8%)	Bus (7.37%)	Truck (6.86%)	Passen- per Car (55.2%)	Bus (60.5%)	Truck (58.5%)							
1963	4481	3,957	67	457	2,821	54	345	3,220	2,643	49	314	3,006								
64	5042	4,452	76	514	3,174	62	388	3,624	2,974	56	353	3,383								
65	5655	4,993	85	577	3,560	69	436	4,065	3,335	63	396	3,794								
66	6225	5,497	93	635	3,919	75	479	4,473	3,672	69	436	4,177								
67	6815	6,018	102	695	4,291	83	525	4,899	4,020	75	477	4,572								
68	7,467	6,593	112	762	4,701	91	575	5,367	4,404	83	523	5,010								
69	8,099	7,151	122	826	5,099	99	624	5,822	4,777	90	567	5,434								
70	8,780	7,753	131	896	5,528	106	676	6,310	5,179	97	615	5,891								
71	9,489	8,379	142	968	5,974	115	731	6,820	5,597	105	664	6,366								
72	10,198	9,005	153	1,048	6,421	124	791	7,336	6,015	113	719	6,847								
73	10,960	9,678	164	1,118	6,900	133	844	7,877	6,465	121	767	7,353								
74	11,742	10,368	176	1,198	7,392	143	904	8,439	6,926	130	822	7,878								
75	12,556	11,087	188	1,281	7,905	152	967	9,024	7,406	139	879	8,424								
76	13,395	11,828	201	1,366	8,433	163	1,031	9,627	7,901	148	937	8,986								
77	14,281	12,610	214	1,457	8,991	174	1,100	10,265	8,423	158	1,000	9,581								
78	15,192	13,415	227	1,550	9,565	184	1,170	10,919	8,961	167	1,063	10,191								
79	16,189	14,295	243	1,651	10,192	197	1,247	11,636	9,549	179	1,133	10,861								
80	17,234	15,218	258	1,758	10,850	209	1,327	12,386	10,166	190	1,206	11,562								
81	18,331	16,186	275	1,870	11,541	223	1,412	13,176	10,812	203	1,283	12,298								
82	19,505	17,223	292	1,990	12,280	237	1,502	14,019	11,505	215	1,365	13,085								
83	20,799	18,366	312	2,121	13,095	253	1,601	14,949	12,268	230	1,455	13,953								
84	22,189	19,593	333	2,263	13,970	270	1,709	15,949	13,088	245	1,552	14,885								
85	23,723	20,947	356	2,420	14,935	289	1,827	17,051	13,993	262	1,660	15,915								
86	25,487	22,505	382	2,600	16,046	310	1,963	18,319	15,033	282	1,784	17,099								

Note : E..... Existing road N..... New road T..... Tunnel route

4-4 Access Roadの将来交通量の推定

以上に於て吾々はnew roadを含むtunnel route について考察し、その将来交通量を推定したが、次に茲で、access roadの規模を決定するための将来交通量の推定を同様の方法を以て行ひ。之は幾つかの沿道主要部落間を単位とする区間を設定し、区間毎に考察する必要がある。吾々の場合は3つの区間を設定した。その順序は次の通りである。

i) 各区間に於ける将来平均日交通量

- a) 1963年以降、1986年までの自動車保有台数を列記する(第15図より)
- b) Hazmieh 地点に於ける、1962年の平均日交通量の保有台数に対する比率を、1963年以降の保有台数に乗じて、当地点の全平均日交通量(Total A.D.T.)を算出する。
- c) 全A.D.T.に車種別保有台数比(第16図)を乗じて当地点の車種別A.D.T.を求める
- d) 全く同様の手続を以てAley 以降とBhamdoun 以降の地区に於ける将来の全平均日交通量と、車種別平均日交通量を算出する。之の成果は第15表に示される様である。

ii) 現在道路より access road への転換率

Hazmieh - Aley - Bhamdoun - Hammana 各地点間の距離を、現在道路上に於て夫々、1.1 Km、5.5 Km及び6.8 Kmとし、access road上に於て夫々1.3.8 Km、7.3 Km及び6.5 Kmとして、前に第8表に於て求めたと同じ手続きによつて、車輛転換率を算出する。(第14表)

iii) 各区間に於ける将来の最終平均日交通量

第13表の成果に第14表の転換率を乗じて、Hazmieh - Aley - Bhamdoun - Hammana の各区間に於ける将来平均日交通量を算出する。(第15表)

以上の結果により、1986年(access road建設後20年と仮定する)に於ける平均日交通量が推定された訳である。

Table-13
Average Daily Traffic by Years 1963~1986

Year	Register Vehicles	At Hazmieh				After Aley				After Bhamdoun			
		Total A.D.T.	Passenger Car (88.3%)	Bus (1.5%)	Truck (10.2%)	Total A.D.T.	Passenger Car (88.3%)	Bus (1.5%)	Truck (10.2%)	Total A.D.T.	Passenger Car (88.3%)	Bus (1.5%)	Truck (10.2%)
1963	93500	20398	18011	306	2081	11966	10566	179	1221	10151	8963	153	1035
64	105700	23060	20362	346	2352	13527	11944	203	1380	11475	10132	173	1170
65	117000	25525	22539	382	2604	14973	13221	225	1527	12702	11216	190	1296
66	129000	28143	24850	422	2871	16509	14577	248	1684	14005	12366	210	1429
67	142200	31022	27392	466	3164	18198	16069	273	1856	15458	13632	231	1575
68	155800	33989	30012	510	3467	19938	17605	299	2034	16914	14935	254	1725
69	169000	36869	32555	553	3761	21628	19098	324	2206	18347	16200	276	1871
70	183200	39967	35291	599	4077	23445	20702	352	2391	19889	17562	298	2029
71	198000	43196	38142	648	4406	25339	22374	380	2585	21496	18981	322	2193
72	212000	46424	40992	697	4735	27233	24047	403	2778	23102	20399	347	2356
73	228700	49893	44056	748	5089	29267	25843	439	2985	24829	21924	372	2533
74	245000	53449	47195	802	5452	31354	27686	470	3198	26598	23486	399	2713
75	262000	57158	50471	857	5830	33529	29606	503	3420	28444	25116	427	2901
76	279500	60975	53841	915	6219	35769	31584	537	3648	30344	26724	455	3095
77	298000	65012	57406	975	6631	38137	33675	572	3890	32352	28567	485	3300
78	317000	69157	61066	1037	7054	40568	35822	608	4138	34415	30388	517	3510
79	337800	73694	65072	1105	7517	43230	38172	649	4409	36673	32382	550	3741
80	359600	78450	69271	1177	8002	46020	40636	690	4694	39040	34472	586	3982
81	382500	83446	73683	1252	8511	48950	43223	734	4993	41526	36667	623	4236
82	407000	88791	78402	1332	9057	52086	45992	781	5313	44186	39016	663	4507
83	434000	94681	83603	1421	9657	55541	49043	833	5665	47117	41604	707	4806
84	463000	101008	89190	1515	10303	59252	52320	888	6044	50265	44384	754	5127
85	495000	107989	95354	1620	11015	63347	55935	951	6461	53739	47452	806	5481
86	531000	115843	102289	1738	11816	67955	60004	1020	6931	57647	50902	865	5880

Table-14

Conversion Factor Table
from Existing Road to Access Road

車種	Beyrouth ~ Hammana										Conversion Factor P(%)
	Existing Road					Access Road					
	路線長 L (Km)	走行速度 V (Km/h)	所要時間 $\frac{L}{V} \times 60(\text{min})$ $= \frac{L}{V} \times 60(\text{min})$	走行費 $C_1 L (\$)$ $= c_1 L (\$)$	S_4 $= T_4 C_4$	路線長 L (Km)	走行速度 V (Km/h)	所要時間 $\frac{L}{V} \times 60(\text{min})$ $= \frac{L}{V} \times 60(\text{min})$	走行費 $C_2 L (\$)$ $= c_2 L (\$)$	S_5 $= T_5 C_5$	
乗用車	Hazmieh 1100		1650	0.99	1634	1380		1656	1.10	1822	47.2
	Aley 550	40	825	0.50	413	730	50	876	0.58	508	44.8
	Bhandoun 680		1020	0.61	622	650		780	0.52	406	60.5
バス	Hammana (H) 1100		3300	1.76	5808	1380		2760	1.93	5327	52.2
	(A) 550	20	1650	0.88	1452	730	30	1460	1.02	1489	49.4
	(B) (HA) 680		2040	1.09	2224	650		1300	0.91	1183	65.5
トラック	(H) 1100		3300	2.09	6897	1380		2700	2.21	5967	53.6
	(A) 550	20	1650	1.05	1733	730	30	1460	1.17	1708	50.4
	(B) (HA) 680		2040	1.29	2632	650		1300	1.04	1352	66.1

Note. C_1 : Unit running cost of vehicle (\$/km) on existing road.

C_2 : Unit running cost of vehicle (\$/km) on access road.

Table-15
Average Daily Traffic Which Considered Conversion Factor

Year	Hazmieh to Aley			Aley to Bhamdoun			Bhamdoun to Hammana					
	Passenger Car (47.2%)	Bus (52.2%)	Truck (53.6%)	Total	Passenger Car (44.8%)	Bus (49.4%)	Truck (50.4%)	Total	Passenger Car (60.5%)	Bus (65.5%)	Truck (66.1%)	Total
1963	8501	160	1,115	9,776	4,734	88	615	5,437	5,423	100	684	6,207
64	9,611	181	1,261	11,053	5,351	100	696	6,147	6,130	113	773	7,016
65	10,638	199	1,396	12,233	5,923	115	70	6,808	6,786	124	857	7,767
66	11,729	220	1,539	13,488	6,530	123	84	7,502	7,481	137	945	8,563
67	12,929	243	1,696	14,868	7,199	135	935	8,269	8,247	151	1,041	9,439
68	14,166	266	1,858	16,290	7,887	148	1,025	8,060	8,036	166	1,140	10,342
69	15,366	289	2,016	17,671	8,556	160	1,112	9,828	9,801	180	1,237	11,218
70	16,657	313	2,185	19,155	9,274	174	1,205	10,653	10,625	195	1,341	12,161
71	18,130	338	2,362	20,330	10,024	188	1,303	11,515	11,484	210	1,450	13,144
72	19,348	364	2,538	22,250	10,775	202	1,400	12,375	12,341	227	1,557	14,125
73	20,794	390	2,728	23,912	11,578	217	1,504	13,299	13,261	243	1,674	15,181
74	22,276	419	2,922	25,617	12,403	232	1,612	14,247	14,207	261	1,793	16,263
75	23,922	447	3,125	27,394	13,263	248	1,724	15,235	15,195	279	1,918	17,392
76	25,413	478	3,333	29,224	14,150	265	1,839	16,254	16,210	297	2,046	18,553
77	27,096	509	3,554	31,159	15,086	283	1,961	17,330	17,283	317	2,181	19,781
78	28,823	541	3,781	33,145	16,048	300	2,086	18,434	18,385	338	2,320	21,043
79	30,714	577	4,029	35,320	17,101	321	2,222	19,644	19,591	359	2,473	22,423
80	32,696	614	4,289	37,599	18,204	341	2,366	20,911	20,856	383	2,632	23,871
81	34,778	654	4,562	39,994	19,364	363	2,516	22,243	22,184	407	2,800	25,391
82	37,006	695	4,855	42,556	20,604	386	2,678	23,668	23,605	433	2,979	27,017
83	39,461	742	5,176	45,379	21,971	412	2,855	25,238	25,170	462	3,177	28,809
84	42,098	791	5,522	48,411	23,439	439	3,046	26,924	26,852	492	3,389	30,733
85	45,007	846	5,904	51,757	25,059	470	3,256	28,785	28,708	526	3,623	32,857
86	48,280	907	6,333	55,520	26,882	504	3,493	30,879	30,796	565	3,887	35,248
			7,240			3,997				4,452		

§ VI 予 備 設 計

A. Tunnel

1. 概 説

先に tunnel route に就て吾々はA案を最良のものとして採択した。

これについて更に詳細に検討を進める。

Tunnelの断面を決定するには換気の問題が前提となる。

以下に換気に関する基本事項を考察して換気方式を決定し之に従つて構造を設計する。

2. Tunnelの換気について

長大トンネルを計画するに当つては、トンネル内自動車排気ガスによる有害成分を一定の許容限度まで稀釈するに必要な新鮮な空気を送る設備を考慮せねばならない。この換気量を算定するには、自動車交通量、車種構成、之等より決定されたトンネル巾員、自動車の排気量、及び走行速度等の要素が関係する。がこの fresh air を送る air ductは、トンネル工事中に建設されねばならぬから、トンネル断面を決定するには是非共その前に換気のための air duct断面を決定しておかねばならない。

2-1 換気に関する各種要素

先づ原則的に換気的重要性と、有毒ガス及び煤煙の発生量に基本的な考察を加えて基準を定めその次に換気設計のための諸条件につき検討を行う。

a) 換気的重要性について

一般に道路用トンネルの換気の対称となるものは自動車の排気ガスの中で、

- 1) 人体生理上から、COの濃度であり
- 2) 安全視距確保及び運転の快適性上からは煤煙濃度である。
- 1) COガスの許容濃度は、健康人が受ける生理障害の程度と、COガス濃度との関係、COガス呼吸時間と人体に及ぼす影響、及び過去のトンネルに採用されている許容濃度等を基準として考慮するべきであつて、COガスの人体に及ぼす影響について多くの実験の結果得られたデータは次の様になつている。

更に京大村山教授により、人体のCO血中濃度から理論的にCO濃度と呼吸安全時間との関係を示されているが之によるとCO濃度が0.1%を交点として、急激に人体に影響を与える様である。別に過去のトンネルに於て採用されてい

るCO許容濃度を示すと次の様である。

Table - 16

	症 状	CO 濃 度 (%)	血液汚染度
1	数時間では徴候を認めず	0.01	
2	1時間以内では徴候を認めず	0.04~0.05	10%
3	1時間程度で頭痛を明らかに自覚する	0.06~0.07	20%
4	頭痛、鼓動の異常を感じ失神するが1時間以内ならば生命に危険なし	0.1 ~0.12	20~40%
5	1時間以内に失神、危険状態に陥る	0.15~0.20	40~50
6	1時間以内に死亡	0.4 以上	70
7	3分間で死亡	3.0	

Table - 17

各国のトンネルに於ける許容CO量の実例

Tunnel	所 在 国	延 .(m) 長	許容CO量(%)
Holland Tunnel	アメリカ	2,830	0.04
Mersey Tunnel	イギリス	4,629	0.025~0.04
Queen Midtown T.	アメリカ	1,950	0.025
関門トンネル	日 本	3,460	0.04

以上のデータに見る如く、COの量は極く微量でも極めて有毒であり、空気中に0.04~0.05% (400~500 ppm)程度存在しても約1時間で頭痛を起し、0.08%を超えれば生命に危険であると考えて差支えない。

トンネル内では単に自動車の走行のみでなく、トンネルの補修維持管理を行はねばならないので作業時間として少なくとも1時間は欲しい。

之に対するCO濃度を求めると0.04%であるが最近のtunnelの設計ではガンリン臭、刺激、煤煙に対する配慮を加えるので本設計に於ては許容限界を0.025%とする。

- 2) 安全距離確保及運送の快適性の上からは煤煙濃度限界が問題になるが更に煤煙がトンネル内に拡散した時にトンネル内の透光率が何%であれば許容出来るか、

と云うことが問題である。注意すべきことは視力は比較値であると云う事即ち視力が75%に落ちても人間は安全感を以て快適に運転出来ると云うことである。従つて運転免許の最低視力0.7の人は、 $0.7 \times 0.75 = 0.5$ に視力が低下する状態に於て別に安全感をそこなわない。故にトンネル内の物の見え方を考えると視力0.5の人が必要な視距を確保するに必要な明るさ乃至、透過率を与えてやればよいことになる。但しここに、透過率と照度と視力との関係は特殊であつて、一般に、照度が大きくなる程視力は良くなるが煤煙が存在する場合には、照度を大きくすると、光幕現象を起し却つて視野を遮る。光幕現象を受けない範囲としては、路面照度30~100 luxとされている。

従つて、この範囲に於て煤煙を換気するのに照明の如何が関係する。これ等の間の関係は資料より推定すると、50 luxを1.0とした場合の透過率の補正係数は下表の様にすればよい。

Table-18

路面照度と補正係数

路面照度	透過率補正係数
10 lux	1.300
20 "	1.225
30 "	1.150
40 "	1.075
50 "	1.000

又その許容限界としては、a) トンネル内で設計速度で走行していて、十分に物が見え、制動停止が間に合い、b) 走行が快適である様に決められるべきである。

照明学会の実験によれば、照度50 luxの時に、各視標に対する安全制動停止距離と、100m当り透過率との関係は次表の如くである。(第19表)

従つて車速50 km/hでは、制動停止距離に対して、22% (人形の場合)となり、避走距離65m (道路構造令解説) に対しては視標自動車の時、

$$15\% + \frac{65m - 58}{74 - 58} \times (26 - 15) = 20\% \text{ となる。}$$

従つて照面が20 luxであれば Table - 21 を用いて

20%×1.225=24.5% となる。

以上の数字は単に安全性から論じたものであるが実際には快適性に著しく欠ける。

快適性に就ては、関門トンネルに於て輝度計によつて透光率を測定しつゞき、幾り具合を調査した結果次の表の如くなつた。(第20表)

Table-19

速度と安全停止距離(照度50 lux)

速度 Km/h	安全制動 停止距離 (m)	板		人形		自動車	
		100m当り 透過率%	煤煙濃度	100m当り 透過率%	煤煙濃度	100m当り 透過率%	煤煙濃度
80	110	87	0.60×10^{-3}	68	1.68×10^{-3}	46	3.37×10^{-3}
70	93	70	1.55×10^{-3}	55	2.60×10^{-3}	38	4.20×10^{-3}
60	74	51	2.92×10^{-3}	37	4.32×10^{-3}	26	5.85×10^{-3}
50	58	31	5.08×10^{-3}	22	6.58×10^{-3}	15	8.24×10^{-3}

Table-20

透過率と快適性

透過率(%)	快適性
100~65	快適
65~56	ややかすむ
56~36	煙霧濃し
36以下	煙霧深く不快に耐えず

但し、路面照度20 lux、測定距り1000mの成果である。

この表よりすれば、許容限界としては、出来れば56%以上、少くとも36%以上とする必要がある。

本tunnelの設計に當つては許容煤煙濃度として、50%を採用する。

b) CO 発生量及び煤煙発生量

CO 発生量

CO ガスのみの自動車排気ガス全量に対する容積比は次の如くになっている。

Table-21

自動車排気中のCO容積率%

	CO 容 積 率		走 行 状 態
	ガソリン車	ディーゼル車	
S.AE.National	11.7	0	惰 走
Diesel Eng. Meeting	3.0	0.05	増 速
	3.4	0	走 行
	5.5	0	減 速
土 木 研 究 所 国 立 衛 生 試 験 所 日 本 道 路 公 団	0.5~3.5	0.02	
民生ディーゼル工業	3.0~5.0	0.01~0.05	一 般
平 均	5.52	0.016	
平 均 比 率	345	1	

之によれば、CO 発生量はガソリン車に於て著しく、ディーゼル車に於ては殆ど無視し得る量である。

尚ガソリン車に於てもCO 発生量は走行条件により著しい差がある。路面の種類、勾配、速度、車種、車重、エンジンの新旧、整備の良否、荷重、運転の巧拙等に於て、日本国土木研究所、国立衛生試験所、日本道路公団に於て、国産車について種々実験をした結果から判定すると自動車一台当り平均CO 発生量は、20ℓ/台/分にとれば安全であると云う結果になっている。

煤煙発生量

煤煙発生量についても、各種の条件により差があるが、道路公団が型式別、エンジン別に排気量を求めた結果は次の様である。

Table-22

各種自動車排気量

車種	排気量 (m ³ /Km)	
乗用車	普通	3.4
	小型	1.5
トラック	大型ガソリン	4.5
	〃ディーゼル	4.8
	小型ガソリン	1.5
バス	ガソリン	6.5

排気ガス煤煙濃度

煤煙濃度は次の様に定義される。

「煤煙濃度 δ とは光源から 1 m 離れた点に於ける照度が、煤煙のない時の照度の $10^{-\delta}$ になる如き濃度である」

即ち、距離 l m と透過率 (τ) との間には次式が成立する。

$$\tau = \frac{E}{E_0} = 10^{-\delta \cdot l}$$

茲に、

E_0 = 空気清浄な時の照度

E = 汚染空気の時々の照度

τ = 透過率

δ = 煤煙濃度

l = 距離

自動車排気ガス濃度は排気ガス試験によれば荷重、速度、燃焼比、勾配が大きくなる程、大となるが、バラツキがあり、之に関する資料としては、日本国土木研究所、国立衛生試験所、道路公団に於て、勾配別にまとめたもの、次のものがある。

Table-23

自動車排気ガス煤煙濃度(勾配別)

車種		上り勾配	平地	下り勾配
ディーゼル車	平均	0.633	0.593	0.499
	標準偏差	0.543	0.504	0.436
ガソリン車	平均	0.125	0.046	0.066
	標準偏差	0.097	0.025	0.063

之によると、ディーゼル車はガソリン車に対して煤煙濃度が約5~10倍になっている。

トンネル内に発生する煤煙量は、

$$\text{煤煙量} = (\text{排気量}) \times (\text{煤煙濃度}) \text{である。}$$

C) 自然換気の限界

トンネル内の自然換気は次の諸条計により生ずる。

- 1) 自然風による換気
- 2) 堅抗と両抗口の高低差及び附近の山脈の状況による気圧差による換気。
- 3) トンネル内外の温度差によつて生ずる換気
- 4) 自動車の交通による誘発換気

1) の自然風による換気は最も影響が大きい、吾々の場合必要な換気量を風速に換算すると、2,000台/hrの交通量では13.5 m/secが必要となり、之だけの量を全部自然風に期待することは不可能である。

交通量が半分の場合としても、トンネル内に6~7 m/secの風速を必要とする。この為には、抗口の抵抗、トンネル内の摩擦抵抗等を考慮すれば、必要な外風が更に大きなものとなり、常時この自然風を期待することは無理である。

2) の高低差による静圧差は両抗口間のみでは僅少であり、堅抗のある場合のみ有効である。

然し乍らこの圧力差は、大気圧に比し極めて僅少で、むしろ温度差によるものが支配的になる。ここではこの項を考慮の範囲外におく。

3) の温度差による静圧差は外気とトンネル内の温度差によるものであり、堅抗

による自然換気になる。又、夏期は外気の温度が高くなり、冬期は逆に低くなる為に自然風の方向が変化する。

今堅抗外の気温、トンネル内の温度差が20℃ある場合の静圧差は約水柱14mmHg程度となるが、実際に所要風量を換気する為の必要圧力差は水柱100mmHg

以上であるので、之れも亦、とても自然換気だけでは不十分である。又、季節的には温度差がない時もあるのでその場合は自然換気が零となる。

又、堅抗が中央に1本だけの場合には両抗口からの自然風による換気が可能であるが2本以上の場合には、両方の堅坑間の換気が出来なくなるのでこの部分は他の方法による縦流に頼ることになる。

4) の交通換気は、一方交通のトンネルでは相当期待出来るが、対面交通となるこのトンネルでは生じない場合が多いので、これも期待出来ない。

以上自然換気の生ずる条件によつて、短いトンネルでは十分な風量が出ることもあるが、このトンネルの様に長大な場合には、これを期待することは無理であり、このことは直接人命に影響する重要なことであるので、可成りの費用を必要としても、機械操業によるより途がないと云うことになる。

d) 自動車構成による有害ガス

換気の対称となるものは、人体生理学的方面から見たCO濃度と、自動車運転の安全且つ快適性から物の見え方が問題となる場所の煤煙濃度である。

e) 換気方式

上記の諸条件を満足した上、更に吾々は、建設費と将来の維持費を最小ならしめる様な設計をしなければならぬ。そのために tunnel の所要換気量を決めたら、如何なる方式に拠るのが経済であるかを検討しなければならない。

f) 気象状態

トンネル坑外の気象即ち両坑内外の温度差、自然風の方向と速度等を調査すると、自動車の車種構成と、方向によつては、自然換気及び交通換気として利用出来る場合がある。この様な場合は之を利用すべきである。之等の実測値は換気の設計に対してのみならず、将来の送風機運転に対する資料にもなるので詳しく調査すべきである。

g) 堅坑

換気に必要な動力はトンネル延長の3乗に比例するので換気区間延長は出来る限り短くすることが望ましく、その為には土被の浅い場所では堅坑、横坑を設

けて区間を分割する事が得策である。

以上の順序に従つて、換気の設計とトンネル断面決定とは並行に進められるのである。

2-2 換気方式決定

本計画に於ける換気方式の選択については、現況に合わせて各種の方式につき検討した結果、下方向送気半横流式を採用したものであつて所要に応じてはファンを逆転させることにより上方向排気半横流式となし得るものである。以下に検討した経過を述べる。

- 1) 本計画の如き長大トンネルについては、トンネル坑門からの自然換気も堅坑からの排気による自然換気も問題にならない量であり、是非共機械換気を必要とすることは明らかである。
- 2) 機械換気方式として考えられる各種方式につき考察すると、次の様である。
 - a) 縦流式換気

トンネル縦方向に空気の流れを起させる比較的簡単で経済的な機械方式で、これには噴流によつて、トンネル縦方向の流れをおこす噴流式縦流換気と、送風機により局部的な送排気を行うもの及び堅坑を利用して送排気を行うものとに分れる。

噴流式縦流換気はトンネル入口に設けられた送風機によつて噴流を生じ、同じ坑口からの新鮮空気と混合し、トンネル壁の friction に打ち勝つだけの圧力上昇によつてトンネル縦方向に流れる。この方式は自然に存在する圧力の方向が長時間変らない一方交通のトンネルに適して居り、この例として南ドイツの Lämmer - Buckel Tunnel (620m)、北ドイツの Rendsburg Tunnel (640m)、オランダの Coen Tunnel (587m) がある。

次に堅坑送風機による縦流式換気は堅坑に設けられた送風機により、送排気を行なうもので、堅坑による規則正しい自然換気と同様である。

一般にこの方式は対面交通の tunnel で坑門間の圧力差が等しい様な場合に適して居り、例としてパリの St-Cloud Tunnel (830m) がある。

又、送排気を行なう2本の堅坑による縦流式換気は、中央付近の堅坑で排気を行ない、その隣りの堅坑では送気を行なう方式である。之は一定方向交通の場合だけ役立つもので、この例として、ピッツバーグのリバティ

Tunnel (1,790m) がある。

以上の如く、一般に縦流式は特別のダクトをつくる必要がなく、tunnel 断面をそのまま利用出来るので建設費が比較的安い。次の様な欠点を有する。即ち、1) 所要換気量を大きな縦方向速度で流さねばならない。2) 火災時に tunnel 内の長い区間が煙につつまれることがある。3) 交通が停止した場合、自動車の排気ガスを悪い方に運ぶことがある。4) 長大 tunnel では制御による応答が比較的遅いので、急に交通がラッシュになるとガス濃度が過大になる。

b) 半横流式換気

1つのダクトを有して送気、または排気のいずれか一方に利用し、他方はトンネル車道をそのまま利用する方式で、横流式に比しダクト断面が半分で済み、従つて動力も半分で済むが、車道をダクトとして利用するから縦方向速度が生じる。送気ダクトによるものと排気ダクトによるものとあるが、前者では、送気ダクトによる送気がトンネル全長を走り等間隔のスロットから等流量だけ車道に吹込まれ、坑門間に圧力差がなければ、中央から2つに分れて両坑門から排出される。この方式は一方交通か又は坑門間に圧力差がある場合にも、自動車の入る坑門から新鮮な空気が流入し、交通による換気の有利さは失はれない。

又縦流式と異なり、tunnel 内のどの場所にも直接新鮮空気を吹込むことが出来るので縦方向の速度の大きさと方向に無関係となり、従つて如何なる気象、温度、交通条件の下でも影響を受けない有利さがある。

この方式に於ては送気ダクトによる新鮮空気の吹出し方向により、4種類に分け、上方(下方向)送気半横流式、上下方向送気半横流式、横方向送気半横流式と呼ばれる。上方向送気半横流式は送気ダクトが tunnel 断面の下部にあり新鮮空気を上方に吹き出すもので実例としては、イギリスの Mersey Tunnel (3,220m) アメリカの Baytown Tunnel (912m) 等がある。

長所も短所もあるが、山 tunnel の場合には路面下に大断面のダクトを造ることが困難となる場合がある。之に反し下方向送気半横流式は天井ダクトから下方に向つて新鮮空気を吹出す方式でヴェネジエラの Bopuon Tunnel (1,820m)、日本の名神高速道路の天王山 Tunnel (1,452m)、裾原 Tunnel (814m) に採用されている。利点としてはトンネル断面を有効に利用出来ることであるが、欠点として、上から吹き出すため排気ガスが眼の高さに停滞し不快感をあたえるおそ

れがある。しかし実際には大した苦にはならないと考える。

排気ダクトによる半横流式換気は新鮮空気を坑門から入れて汚染空気を排気ダクトにより、吹出す方式である。一方向交通で逆圧のある場合又は対面交通で坑門間に圧力差のない場合には、トンネル中央付近に縦方向速度の零の点が生じ、ガス濃度が過大になるが、一方、排気ガス塵埃などが直接排出されるので、視界がよくなり、坑門に自動車が入る場合快適感が得られ、また火災の場合、熱や煙をダクトに排出するので効果がある。之にも、送気の場合と同じ様に4種類がある。

この例としては、アメリカ Elizabeth River Tunnel (1,620m)、Bankhead Tunnel (948m)、キューバの Almendares River Tunnel (216m) 等がある。

又、送気ダクトと排気ダクトを併用した半横流式もある。

C) 横流式換気

トンネルの横断方向に、空気の流れを生ずる方式で、従つて縦方向の風速は生じない。この方式は濃度がトンネル全長に対し一定であり、火災に対して安全であり、新鮮空気を多くの個所から取り入れることが出来るので、トンネル延長が長くても換気が可能となる利点を有するが、しかし、一方、送排気ダクトを共に必要とするので、トンネル断面積が増大し、建設費が増大すると共に動力費も半横流式に比べて倍になる欠点を有する。

之も横断方向の流れの方向により、4種類の別がある。実例として、アメリカの Holland Tunnel (2,610m)、Lincoln Tunnel (2,445m)、Queens Midtown Tunnel (1,950m)、Brooklyn Battery Tunnel (2,780m)、欧州では、ベルギーの Anverse Schelde Tunnel (1,770m)、オランダの Maas Tunnel (1,070m)、日本の関門 Tunnel (3,461m) 等がある。

大体以上述べたものが現在用いられている方式であるが吾々の tunnel に於ては、

- 1) その換気方式によつて、危険を生ずるおそれがない。
- 2) 効率が良好で然も建設費が安い。
- 3) 地形上 shaft の位置には、困難を感じないので之を利用し、tunnel 全長を区分して換気することにより、長大 tunnel に対処することが出来

る。

4) Tunnel断面を有効に利用する利点がある。

5) 送風機を逆転して排風機とし、送風ダクト式と、排風ダクト式の長所を兼ね備えしめることが出来る。

等の諸点に着目して詮議した結果、堅坑による下方向半横流式換気方式を最適のものとして、採択したのである。

3. 換気設計

以上に述べた換気に関する要因を検討した結果吾々は設計の基本条件を次の様に決定し、之により設計を進める。

3-1 設計基本条件

a、交通量 2,000台/h

第12表に求めた1986年の tunnel 内交通量は18,319台/日であるので之に余裕を見て20,000台/日とし、1日運行時間を10時間として2,000台/hとする。

b、車輛の種類区分、重量

車種	ディーゼル車	ガソリン車					合計
	トラック	乗用車		バス	トラック		
大きさ	大型	大型	普通型	大型	大型	普通型	
時間交通量	84	600	1,160	30	84	42	2,000
%	4.2	30	58	1.5	4.2	2.1	100
	4.2	88		1.5	6.3		
重量 (ton)	10	1.8	1.1	6.5	8.0	5.0	

c、トンネル内速度 60km/h

交通量の推定の場合にトンネル内速度を、乗用車60km/h バス、トラックを50km/hとしたが、ここでは簡単のため、一律に60km/hとした。

d、トンネル内照明 50 lux

e、COガス許容量 K=250 ppm (0.025%)

f、許容煤煙濃度 50% (100m当り)

(透過率)

g、換気方式 下方向送気半横流式

h、車種別排気ガス量

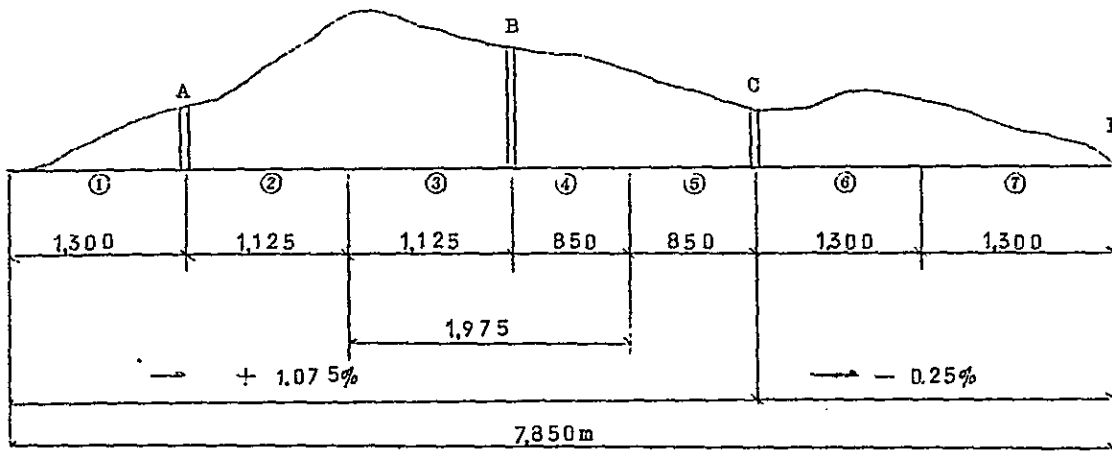
車種	ディーゼル車	ガソリン車				
	トラック	乗用車		バス	トラック	
大きさ	大型	大型	普通型	大型	大型	普通型
排気ガス m ³ /km	4.8	6.5	4.5	3.4	3.4	1.5

3-2 換気量の計算

換気的设计に関して shaft の位置と本数とにより比較検討して、最も経済的なものを選ぶべきであるが、その1つとして、shaft 3本の場合につき計算過程を示すと次の様である。

下図の如く、7つの portion に区分し各 portion につき計算を行う。

第17図



乗用車交通量 $N_p = 1,160 + 600 = 1,760$ 台/h

平均重量 $G_p = (1.8 \times 0.3 + 1.1 \times 0.58) \div 0.88 = 1.34$ ton

バス・トラック交通量 $N_t = 84 + 84 + 42 + 30 = 240$ 台/h

平均重量 $G_t = (8 \times 0.042 + 5.0 \times 0.021 + 6.5 \times 0.015 + 10 \times 0.042) \div 0.12 = 8.04$ ton

$V = 60 \text{ Km/h}$ $G = \pm 1.076\%$ に対する勾配補正係数は、
 上り、 $\beta_p = 1.2$ $\beta_t = 1.5$ 下り、 $\beta_p = 0.85$ $\beta_t = 0.75$

又、標高に対する補正係数は、 $\alpha = 1.35$ $r = 1.1$

又、COガス許容量は、 $K = 250 \text{ ppm}$

然る時、COの濃度による換気量は次式で与えられる。

$$Q = \frac{N_p \cdot G_p \times 0.017 \beta_p + N_t \cdot G_t \times 0.012 \beta_t}{3,600K} \times 10^6 \times \alpha r$$

但し、自動車交通量を上り車線に分けて、上り車線に計画交通量の2/3、下り車線に1/3が通過するものとする。

上式に、数値を代入して下の値を得る。

$$Q_1 = 91.128 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{Km}$$

$$Q_2 = 28.294 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{Km}$$

$$\text{合計 } Q = Q_1 + Q_2 = 119.422 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{Km} \approx 120 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{Km}$$

勾配が $\pm 0.25\%$ の場合も同様にして求められその結果は、

$$Q = 100 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{Km} \text{ となる。}$$

之から、換気区間毎の換気量を求めると次の様である。

Portion	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
$Q, \text{ m}^3/\text{sec}/\text{Km}$	120	120	120	120	120	100	100
L Km	1.30	1.125	1.125	0.85	0.85	1.3	1.3
$Q, \text{ m}^3/\text{sec}$	156	135	135	102	102	130	130

3-3 換気電力量の計算

前と同じ条件の3-shaftsの場合に於て算出した換気量に対する所要電力量を算出する。

a) 各区間の電力量

Portion ①に於ける換気電力量の計算

a、ダクト内圧力

設計条件

換気延長

$$L = 1,300 \text{ m}$$

車道巾員

$$W = 9.0 \text{ m (2車線対面交通)}$$

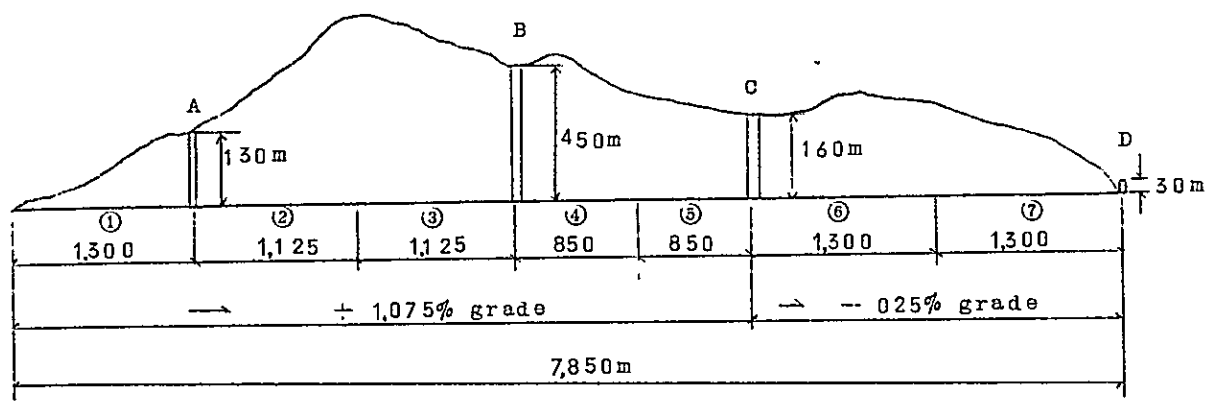
勾配	$G = 1.075\%$
堅坑高さ	$H = 130\text{ m}$
ダクト断面積	$A = 11\text{ m}^2$
ダクト代表寸法	$d = \frac{4A}{P} = \frac{4 \times 11}{18} = 2.5\text{ m}$ ($P = \text{周長} = 18\text{ m}$)
換気量	$Q = 156\text{ m}^3/\text{sec}$
ダクト始端風速	$v = Q/A = 14.2\text{ m}/\text{sec}$
分岐管スロット断面積	$a = \frac{Q/2}{L/1} \times \frac{1}{5} = \frac{156/2}{1300/5} \times \frac{1}{5} = 0.05$
分岐管ピッチ	$l = 5\text{ m}$
全分岐管数	$N = L/l = 260 = n$
分岐管スロット抵抗係数	$\xi = 0.9$
分岐管分流損失係数	$\xi = 1.1$
ダクト内静圧最低点	$m = \frac{2d}{\lambda l} = \frac{2 \times 2.5}{0.02 \times 5} = 50$
重力の加速度	$g = 9.8\text{ m}/\text{sec}^2$
空気の単位体積当りの重量	$\gamma = 1.22\text{ kg}/\text{m}^3$
水の " " "	$\gamma_{aq} = 1.00$

(圧力の単位はmmで表はされるので γ_{aq} は 1.0 として計算する)

この時、ダクト内圧力 hd (mmaq) は次式で与えられる。

$$hd = \left[\left((1+\xi) \left(\frac{A}{a} \right)^2 + (\xi-1) m^2 + \left(\frac{\lambda \cdot n \cdot l}{3d} - 1 \right) n^2 - \left(\frac{\lambda}{3} \frac{m \cdot l}{d} - 1 \right) m^2 / N^2 \right) \times \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{\gamma}{\gamma_{aq}} \dots \dots \dots A \right]$$

$$\therefore hd = \left[\left((1+0.9) \left(\frac{11}{0.05} \right)^2 + (1.1-1) 50^2 + \left(\frac{0.02}{2} \frac{260 \times 5}{2.5} - 1 \right) 260^2 - \left(\frac{0.02}{3} \frac{50 \times 5}{2.5} - 1 \right) 50^2 / 260^2 \right) \times \frac{14.2^2}{2 \times 9.8} \cdot \frac{1.22}{1.00} \right] = 48217\text{ mmaq}$$



b) 堅坑内圧力

条 件

堅坑高さ	$l = 130 \text{ m}$
換気量	$Q = 156 \text{ m}^3/\text{sec}$
堅坑断面積	$A = 12 \text{ m}^2$
風 速	$V = Q/A = 13.0 \text{ m/sec}$
堅坑代表寸法	$d = 4A/p = 4 \times 12 / 14 = 3.4 \text{ m}$
摩擦損失係数	$\lambda = 0.02$

b-1 速度損失 (h_e)

$$h_e = \lambda \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g} \frac{1}{\rho a q} \dots\dots\dots (B)$$

$$\therefore h_e = 0.02 \frac{130}{3.4} \cdot \frac{(13)^2}{19.6} \frac{1.22}{1.00} = 8.047 \text{ mmaq}$$

b-2 曲り損失 (h_b)

$$h_b = \xi_b \frac{V^2}{2g} \frac{r}{\rho a q} \dots\dots\dots (C)$$

曲り損失係数 90° 、2ヶ所 $\xi_b = 0.2 \times 2 = 0.4$

$$\therefore h_b = 0.4 \frac{13^2}{19.6} \times \frac{1.22}{1.00} = 4.208 \text{ mmaq}$$

b-3 吸込口損失 (h_i)

$$h_i = \xi_i \frac{V^2}{2g} \frac{r}{\rho a q} \dots\dots\dots (D)$$

吸込口損失係数 $\xi_i = 0.11$

$$\therefore h_i = 0.11 \frac{13^2}{19.6} \frac{1.22}{1.00} = 1.157 \text{ mmaq}$$

b-4 その他の損失 10 mmaq

故に堅坑内圧力合計 $= 8.047 + 4.208 + 1.157 + 10 = 23.412 \text{ mmaq}$

c) 車道内圧力

c-1 自動車の空気抵抗損失

条 件

車道の断面積	$A = 53 \text{ m}^2$
換気量	$Q = 156 \text{ m}^3/\text{sec}$
車道の風速	$\mu = 156/53 = 3.0 \text{ m/sec}$
代表寸法	$d = 4 \times 53 / 30.2 = 7.0 \text{ m}$
自動車速度	$V = 16.7 \text{ m/sec} (60 \text{ km/h})$
自動車の低抗係数	$\xi_m = 0.55$

自動車前面積 $A_m = 2.5 \text{ m}^2$

トンネル内に存在する換算台数

$$n = \frac{1}{3,600} \frac{I_t}{V} (N_p + 1.5 N_t)$$

$$= \frac{1}{3,600} \frac{1,300}{1.67} (1.760 + 1.5 \times 240) = 4.6 \text{ 台}$$

然る時、車道内空気抵抗損失 (h_m) は

$$h_m = \xi_m \frac{n A_m}{A} \frac{(u+v)^2}{2g} \frac{\gamma}{\gamma_a q} \dots\dots\dots (E)$$

$$\therefore h_m = 0.55 \frac{4.6 \times 2.5}{53} \frac{(3+1.67)^2}{2 \times 9.8} \frac{1.22}{1.00} = 28.830 \text{ mmaq}$$

C-2 車道の風圧

条 件

抵抗係数	$\xi = 0.9$
全分岐管数	$N = 260 = n$
スロット断面積	$a = 0.06$
代表寸法	$d = 7.0 \text{ m}$
断面積	$A = 53 \text{ m}^2$
摩擦係数	$\lambda = 0.02$
分岐管ピッチ	$l = 5 \text{ m}$
分岐管分流係数	$\xi = 0.03$
風 速	$V = 3.0 \text{ m/sec}$

given 公式

$$h_n = \left((1 + \xi) \frac{1}{N^2} \left(\frac{A}{a} \right)^2 + \left(\frac{\lambda}{3} \frac{n l}{d} + 1 + \frac{N \xi}{3} \right) \frac{V^2}{2g} \frac{\gamma}{\gamma_a q} \dots\dots\dots (F) \right)$$

$$h_n = \left((1 + 0.9) \frac{1}{260^2} \left(\frac{53}{0.06} \right)^2 + \left(\frac{0.02}{3} \frac{260 \times 5}{7} + 1 + \frac{260 \times 0.03}{3} \right) \frac{3^2}{19.6} \frac{1.22}{1.00} \right) = 15.00 \text{ mmaq}$$

故に車道内圧力合計 $= h_m + h_n = 28.83 + 15.00 = 43.83 \text{ mmaq}$

以上に求めた諸数値より、portion (1) に対する送風機の所要風圧は之等の和を求めて得られる。

$$\begin{aligned}
 H &= h_d + h_e + h_b + h_i + 10 + h_m + h_n \\
 &= 48.217 + 8.047 + 4.208 + 1.157 + 10 + 28.830 + 1.500 \\
 &= 115.459 \text{ mmaq}
 \end{aligned}$$

之から、動力を求める。

$$P = \frac{H \cdot Q}{102 \times 0.7} = \frac{115.459 \times 156}{71.4} = 252.16 \text{ kW}$$

他のportion についても上と設計条件を同じくして (A)から (F)までの公式により、計算すると次の表のようになる。

第 2 4 表

換気区間	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
換気延長(m)	1,300	1,125	1,125	850	850	1,300	1,300
縦断勾配(%)	1,075	1,075	1,075	1,075	1,075	0.25	0.25
堅坑延長(m)	130	130	450	450	160	160	30
換気量 (m ³ /sec)	156	135	135	102	102	130	130
ダクト内圧力	48.217	30.916	30.916	18.914	18.914	33.307	33.307
堅坑内圧力	23.412	20.131	35.091	24.198	16.527	20.536	14.984
車道内圧力	43.830	38.193	38.193	30.642	30.641	39.051	39.051
		43.830	38.193	2×38.193	2×39.051	39.051	
			43.830	43.830			
圧力合計 (mmaq)	115.459	133.07	186.233	193.970	144.184	131.945	87.342
動力 (kW)	252.16	251.50	351.96	276.99	205.89	240.14	159.03

Note : 車道内圧力は、portion②に於ては ②に於ける圧力と、①のそれの和となり、逐次同様にして④に於ては、④を含む、坑口側③②①の圧力の和である。

⑤から右側は、右坑口から内部に向い同じ様に累加する。

3-4 各案規模、概算工事費比較

堅坑の位置と本数を種々に変えて、各々の場合につき、3-2、3-3に於けると同じ手数を繰返して、換気量及び所要電力量を算出すると次の表の通りである。

る。(第25表) この比較表の中には、堅坑を設けない場合と5本の堅坑を設けた場合とを含んでいない。

これは、次の理由によつて比較の範囲を脱することを誓めたためである。

1. 堅坑のない場合には両坑口に換気所を設置するだけであるので、換気区間が非常に大となり、そのためダクト断面が2-堅坑の場合の2倍にも達し、従つてtunnel断面が大きくなり、略々横流式の場合と同じ程度のcostを要する。
2. 堅坑5本の場合は、各堅坑の分担する換気区間が短くなるため、所要ダクト断面従つて全断面が小さくなるが、実際には、巾員が抑えられているのでcrown部の形は、縮小出来る限度があるので結局4本案と同じ断面となり、堅坑5本の意味がなくなる一方、堅坑費は嵩張り総工事費は4本案より高くなる。(26,300,000\$)

TABLE 2 5 COMPARISON TABLE ON SCALE AND ESTIMATED CONSTRUCTION COST FOR POSSIBLE DRAFT PLAN

	LONGITUDINAL SECTION	CROSS SECTION	VENT STATION	Q m ³ /sec	H mmaq	HP kw	TUNNEL	SHAFT	VENTILATION	OTHERS
1			A	312	198	865	802,700 m ³	22,500 m ³	2,510 kw	
			B	318	47.0	1,050	@ 25 /m ³	@ 52 /m ³		
			C	260	163	595	20,068,000 \$	1,170,000 \$	4,629,000 \$	3,165,000 \$
			TOTAL	890		2,510	TOTAL		29,032,000 \$	
2			A	393	300	830	776,000 m ³	17,500 m ³	1,855 kw	
			B	367	348	895				
			C	130	71.3	130	19,403,000 \$	910,000 \$	3,920,000 \$	3,165,000 \$
			TOTAL	890		1,855	TOTAL		27,398,000 \$	
3			A	291	248.5	504	695,590 m ³	32,000 m ³	1,738 kw	
			B	237	380	629				
			C	232	276	446				
			D	130	87.3	159	17,390,000 \$	1,664,000 \$	3,879,000 \$	3,165,000 \$
TOTAL	890		1,738	TOTAL		26,098,000 \$				
4			A	314	265.7	585	695,590 m ³	27,540 m ³	1,940 kw	
			B	314	425.4	940				
			C	262	226.0	415	17,390,000 \$	1,432,000 \$	3,931,000 \$	3,165,000 \$
			TOTAL	890		1,940	TOTAL		25,918,000 \$	
5			A	118	78.1	130	695,590 m ³	36,430 m ³	1,589 kw	
			B	236	260	430				
			C	236	354.3	590				
			D	200	235	330				
E	100	74	105	17,390,000 \$	1,895,000 \$	4,037,000 \$	3,165,000 \$			
TOTAL	890		1,589	TOTAL		26,487,000 \$				
6			A	78	56	65	685,900 m ³	34,600 m ³	1,715 kw	
			B	198	231	325				
			C	234	445	730				
			D	185	307	400				
E	130	164	150							
F	65	45	45	17,148,000 \$	1,800,000 \$	4,089,000 \$	3,165,000 \$			
TOTAL	890		1,715	TOTAL		26,202,000 \$				
7			A	236	195	325	685,900 m ³	35,570 m ³	1,655 kw	
			B	236	347	575				
			C	221	328	510				
			D	197	175	245	17,148,000 \$	1,850,000 \$	3,997,000 \$	3,165,000 \$
TOTAL	890		1,655	TOTAL		26,160,000 \$				

注 :

1. 比較表に於て堅坑1本案より、4本案まで考えた。

1本案については、tunnel 縦長の中央に shaft を設けた場合、2本案については、shaft の分担する換気区間長を略々平均し、且つ、shaft の高さを出来るだけ小さく出来る場所にとつた。

2. Shaft 3本案については、換気区間を等しく分割したものにつき2案(4.5)と、効率を考慮したもの1案(3)とを選び、4本案についても、等分割案と、然らざる案とを選んだ。

以上の概算の比較によつて shaft の数と、工事費との相関々係が推定出来る。

(第18図) 即ち、工事費から見れば僅かの差ではあるが、shaft 4本の場合が最も廉価であることになるが、注意すべきことは、第1に、shaft が増えるにつれて tunnel 断面が減つてくるために車道内風速が逆に増して来て、shaft 4本の場合は9 m/sec を越す。

この事は重要である。車道内風速は設計上10 m/sec をmaxとする。通行者の comfort に影響するところが大きいので出来るだけ之を避けたい。そのため修正案を考えると堅坑3本案と同じ断面を要すると云う結果になる。

以上の理由から、この案を避けると次に有利なのは shaft 3本案である。

(第25表の3.4)

この案につき更に検討を加える。

1. 4案は operation costが高いため全体として3案より高くなるので、3案をとる。
2. 此の案に於て車道内風速は、約8.5 m/sec である。之でも尙大きいので、之を減らすために shaft の中央1本を排気用に使うことを考慮してみると、その結果は、shaft 2本案と同じ大きさの断面を必要とすることになり、工事費が之より大となる(詳細略)
3. 次に第2の改討案として、3本の shaft の中央1本を吸気と排気とに兼用する様に直経を増し、断面の中央で分離したものを考えると、shaft の直径は8 mになるが、tunnel断面は最初のもので充分であり、車道内最大理論風速は6.3 m/sec に減少し、好都合となる。但し、工事費は約26,676,000\$ となり最初のものに比して約2.5%増える。(第19図)

吾々は、経済的な面と技術的な面とを併せ考察して、この shaft 3本の改良案をとるものである。

FIG. 18

RELATION BETWEEN NUMBER OF SHAFT AND THE ESTIMATED CONSTRUCTION COST

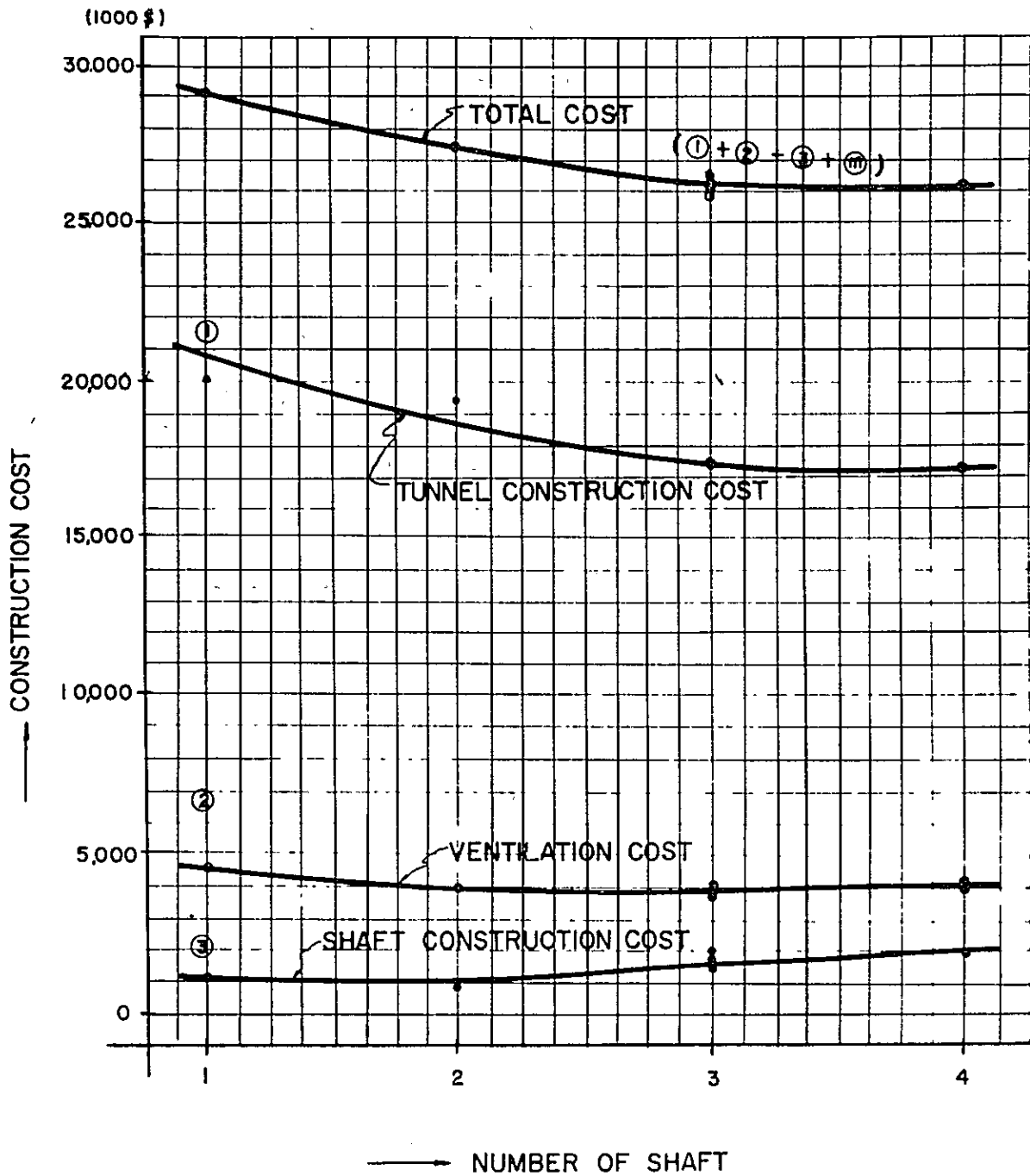
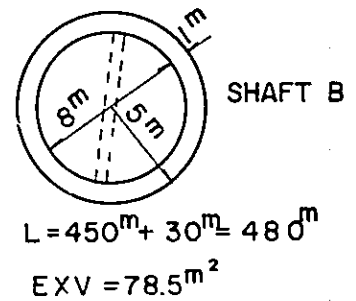
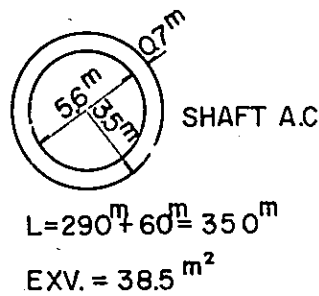
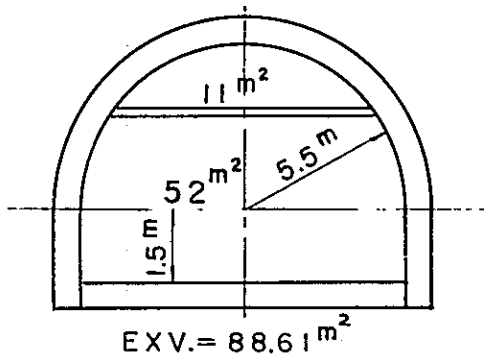
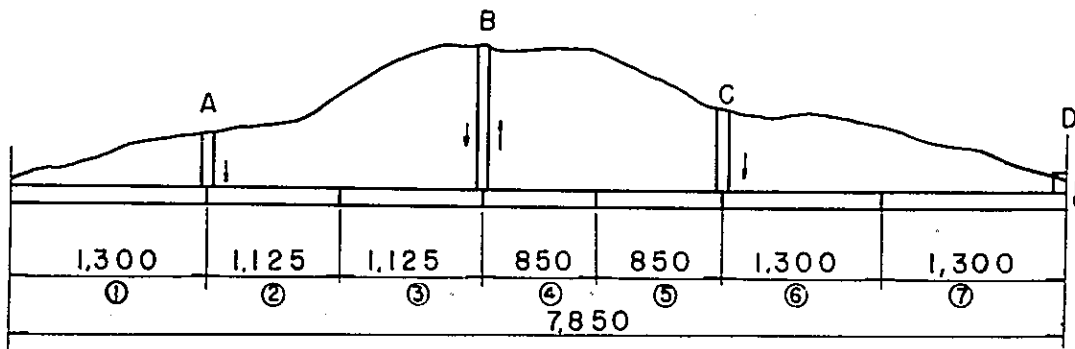


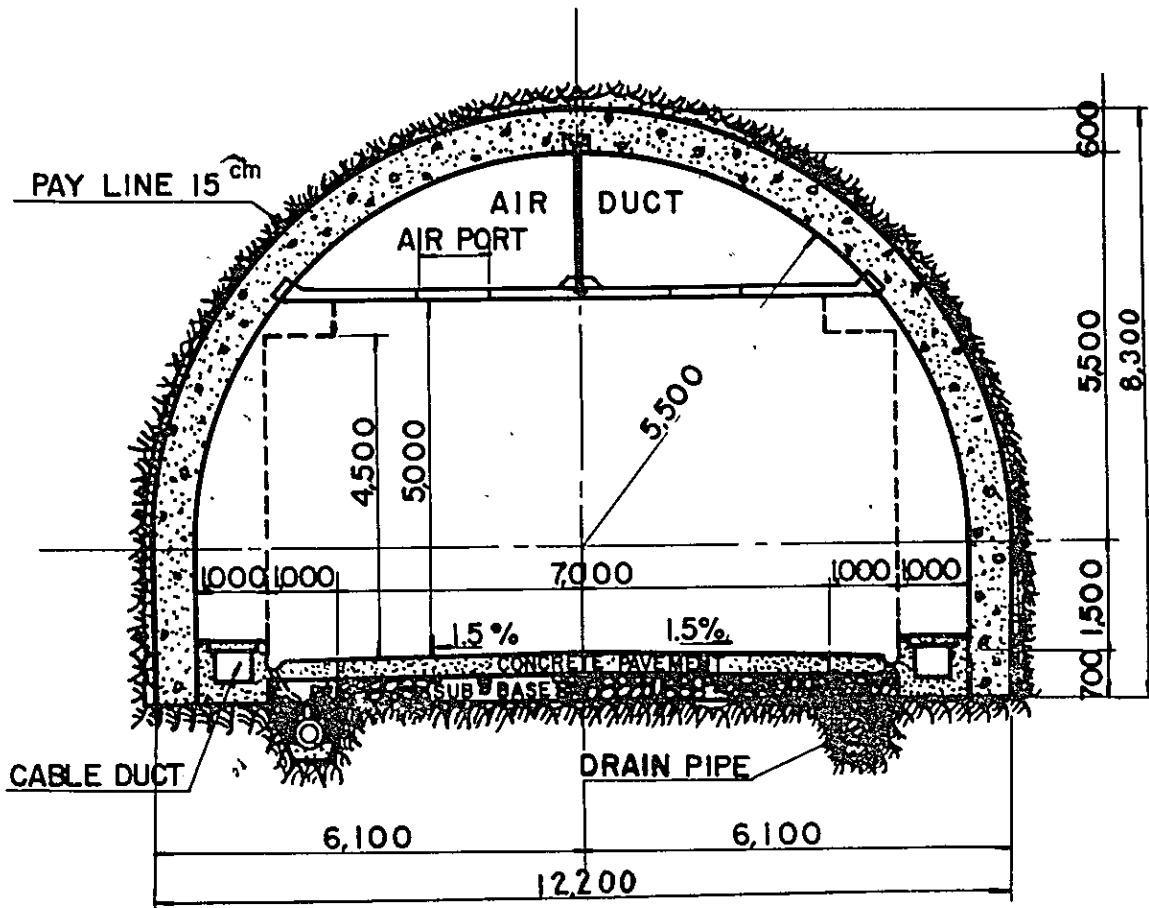
FIG. 19 REVISED PLAN FOR 3-SHAFTS



VENTILATION STATION	Q m ³ /sec	H mmaq	HP kw
A	291	249	507
B	B ₁ (BLAST)	237	295
	B ₂ (EXHAUST)	237	200
C	232	276	450
D	130	87	160
TOTAL	890 (237)		1,612

ESTIMATED CONSTRUCTION COST

TUNNEL	696,000 m ³ @	23.4 \$	=	16,297,000 \$
SHAFT	51,200 m ³ @	44.3 \$	=	2,269,000 \$
VENTILATION	2,130 kw @	2,130 \$	=	3,435,000 \$
OTHERS			=	4,575,000 \$
TOTAL				26,576,000 \$



AIR DUCT	11.0 m ² /m
DRIVEWAY	52.0 m ² /m
EXCAVATION	88.61 m ² /m

DAHR EL BAI DAR TUNNEL PROJECT		
STANDARD CROSS SECTION OF THE PROPOSED TUNNEL		
JAPANESE SURVEY TEAM FOR THE TUNNEL CONSTRUCTION PROJECT IN LEBANON		
MARCH 1964	SCALE 1/100	FIG. 20

4. 建設費及び維持費の見積

上に検討した3-堅坑改良案につき建設費及び維持費を稍詳細に積算する。

a. 建設工期の分割

Tunnel工事費及維持費の額は、非常に大きな額であるので、工事遂行に当り、遊休的設備を出来るだけ少なくなり、当初の経費を節約し、償還年限を早める様に工夫さるべきである。吾々の場合に於ても換気設備の20年後の予定設備を当初から完備するのは無駄であるから、当初約10年を第一期とし、この終期に於て必要なだけの設備を行い、第二期に於て、最終20年後に必要な量までに設備を補足することとする。先づ、堅坑A、Cと坑口Dとを第一期に建設し、残りの堅坑Bを第二期に建設することになると、丁度第一期の設備量を以て13年間、最終年次(1981年)の交通量まで処理出来ることが分る。即ち今車道内風速を6 m/secと押え、車道部断面積 $A = 52 \text{ m}^2$ であるから通気量は $52 \times 6 = 312 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、従つて両口で合計 $Q = 312 \times 2 = 624 \text{ m}^3/\text{sec}$ まで設備するのに要する電力量と、何年後にこれだけの換気量を必要とするかを見る。

第21図より交通量は $Q = 624 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対して約13,200台/日であり、この時期は1981年度である。交通量を1,400台/時として計算すると次の様である。

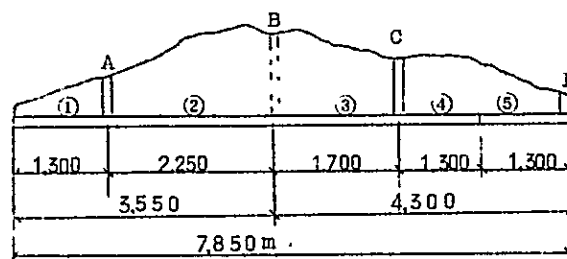
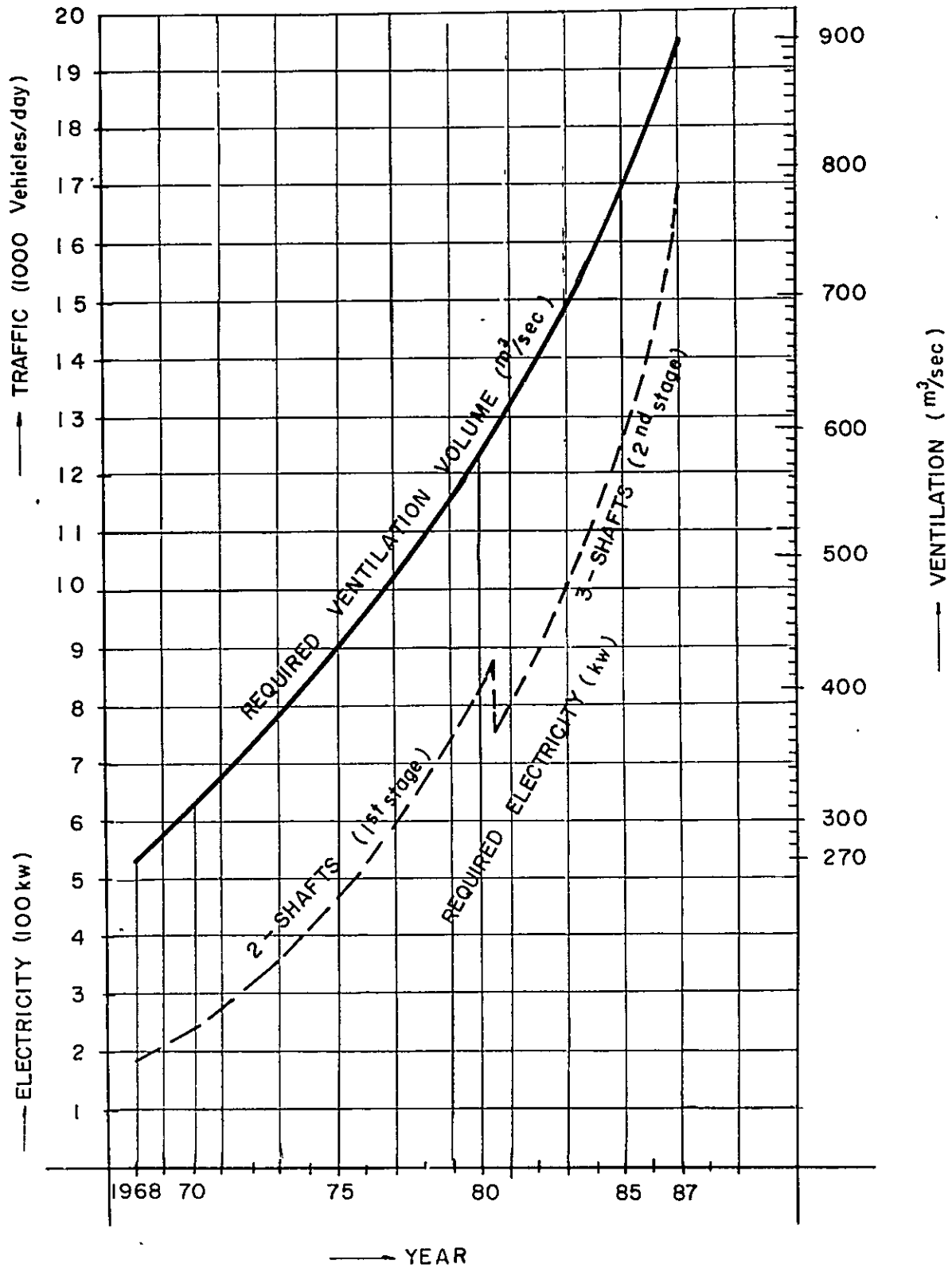


FIG. 21

RELATION BETWEEN THE TRAFFIC AND VENTILATION



第一期	Q, m ³ /sec	110+189 =299	143+91: =234	91	Σ = 624 m ³ /sec
	H, mmaq	249.3	212.6	53.7	
	HP, kW	522	348	70	Σ = 940 kW
	設備容量	170kW×4台	150kW×4	80kW×2	Σ = 1,440kW (10台)

第二期	HP, kW	295 (200)	90	1,612-940=672kW
	設備容量	150kW×3 (100kW×3)	80kW×1台	830kW (7台)

計	Q, m ³ /sec	291	237 (237)	232	130	Σ = 890 (237) m ³ /sec
	HP, kW	507	295 (200)	450	160	Σ = 1,612kW
	設備容量	170kW×4台	50kW×3 (100kW×3)	150kW×4	80kW×3	Σ = 2,270kW (17台)

上の結果に見る通り第一期間は設備容量1,440kWでよい。

第二期の始め(1980年とする)までに、第二期工事の補足分を終了すればよいから、B堅坑工事を約20ヶ月として、1978年から開始すれば、1979年の終りに完了する。

この計画により建設費を積算する。

b、建設費の積算

詳細は別紙に示す通りであるが、結果は次の様である。

工事種目	第一期工事費	第二期工事費	合計
1 準備工事費	346,000	52,000	398,000
2 トンネル工事費	15,899,000	0	15,899,000
3 堅坑工事費	706,000	1,563,000	2,269,000
4 換気設備費	2,622,000	813,000	3,435,000
5 照明設備費	569,000	0	569,000
6 保安設備費	566,000	0	566,000
7 輸送費	565,000	55,000	620,000
8 輸人費	1,088,000	132,000	1,220,000
9 技術援助費	900,000	0	900,000
10 監理費	700,000	0	700,000
合計	23,961,000	2,615,000	Σ = 26,576,000

第26表
トンネル建設費見積表
其の一

	第一期工事費			第二期工事費			合計
	日本からの輸入 資材及び技術	現地調達 資材及び労力	小計	日本からの輸入 資材及び技術	現地調達 資材及び労力	小計	
1 準備工事費		346,000-	346,000-		52,000-	52,000-	398,000-
2 トンネル工事費	6,675,000- (7,260,000-)	9,224,000-	1,589,900- (1,648,400-)				1,589,900- (1,648,400-)
3 堅坑工事費	343,500- (515,500-)	362,500-	706,000- (878,000-)	480,000-	1,083,000-	1,563,000-	2,269,000- (2,441,000-)
4 換気設備費	207,400-	548,000-	262,200-	515,000-	298,000-	813,000-	3,435,000-
5 照明設備費	406,000-	163,000-	569,000-				569,000-
6 保安設備費	446,000-	120,000-	566,000-				566,000-
7 輸送費	537,000-	280,000-	565,000-	50,000-	50,000-	55,000-	620,000-
8 輸送税		1,088,000-	1,088,000-		132,000-	132,000-	1,220,000-
9 技術援助費	900,000-		900,000-				900,000-
10 監理費	700,000-		700,000-				700,000-
合計	12,081,500- (12,838,500-)	11,879,500-	239,610,000- (24,718,000-)	10,450,000-	1,570,000-	2,615,000-	2,657,600- (2,733,300-)

注：表中 2.及び3の項目については、機械設備は預料を計上してあるので、比較のため各行の下()内に、購入金額を示す。従つて、合計金額欄の()内は、機械費を全額償却した場合の数値である。

トンネル建設費見積表
其の二

	第1期工事費			第2期工事費			合計
	日本からの輸入 資材及び技術	現地調達 資材及び労力	小計	日本からの輸入 資材及び技術	現地調達 資材及び労力	小計	
1 資材費	2,673,500-	6,216,500-	8,890,000-	2,100,000-	6,200,000-	8,300,000-	9,720,000-
2 労務費		4,547,000-	4,547,000-		583,000-	583,000-	5,130,000-
3 建設機械費	1,828,000 (2,585,000)		1,828,000 (2,585,000)	210,000		210,000	1,828,000-
4 設備機械費	3,150,000-		3,150,000-	575,000-		575,000-	3,725,000-
5 輸送費	537,000-	280,000-	565,000-	500,000-	500,000-	550,000-	620,000-
6 輸入税		1,088,000-	1,088,000-		132,000-	132,000-	1,220,000-
7 現場諸経費	229,300,000-		229,300,000-		230,000-	230,000-	2,523,000-
8 技術援助費	900,000-		900,000-				900,000-
9 監理費	700,000-		700,000-				700,000-
合計	12,081,500- (12,838,500-)	11,879,500- (11,879,500-)	239,610,000- (24,718,000-)	1,045,000-	1,570,000-	2,615,000-	2,657,600,000- (27,333,000-)

注：建設用機械費の欄の上の数値は損料を、下の()内は購入金額を示す。従って、合計金額の()内は、
機械費を全額償却した場合の数値である。

- 1.) 堅坑工事費は第一期工事は、A、=130m C=160m 及び連絡坑内
 径5.60m、掘削土量13,500m³分であり、第二期工事のものは、B=480m
 内径8.0m、掘削土量37,700m³分である。
- 2.) 換気設備費は、第一期工事分940kW分、第二期工事分672kW分に分けら
 れ、送風機が各々10台、と7台、換気塔が3ヶ所と1ヶ所であるが、tunnel
 の天井ダクトは第一期工事に於て完了する。

C、維持費の概算

Tunnelの年間維持費の内訳は、換気、照明、保安設備、修理等の費用であつ
 て、このうち換気量については前に種々比較したが、通過交通量と所要換気量、
 従つて所要電力量との関係が吾々の studyの結果第21図の様に表はされる。
 之等を参考にして年間経費を算出すると次の様である。

第一期工事分

運 転 費

換気電力量は第21図より年間平均446kWであるから実運転比を2/3

として、

$$446\text{ kW} \times 12\text{ h} \times 365\text{ 日} \times \frac{2}{3} \times 0.023\text{ \$} = 30,000\text{ \$}$$

照 明

$$360\text{ kW} \times 16\text{ h} \times 365 \times 0.023\text{ \$} = 48,400\text{ \$}$$

その他

$$= 10,100\text{ \$}$$

	小 計	88,500 \$
--	-----	-----------

修 理 費

ファンの修理費年平均4台とする

$$4\text{ 台} \times 4,200\text{ \$} = 16,800\text{ \$}$$

$$\text{各種機械 } 20\% = 3,400\text{ \$}$$

$$\text{Tunnel} = 15,000$$

$$\text{保安設備} = 7,000$$

$$\text{照 明 } \text{全灯の } \frac{1}{2} \text{ } 4500 \times \frac{1}{2} \times 20\text{ \$} = 45,000$$

	小 計	87,200
--	-----	--------

人件費

所長	1名	560\$	/月×12	=	6,720\$
技術者	2	350	×2×12	=	8,400"
運転工	6	250	×6×12	=	18,000
運転助手	3	220	×3×12	=	7,920
事務員	2	170	×2×12	=	4,080
インスペクター	2	180	×2×12	=	4,320
小計					49,440
合計					225,140 ÷ 226,000\$

第二期工事分

運転費

ファン、第21図より年平均電力量 985 瓩

$$985 \text{ 瓩} \times 12 \text{ h} \times 365 \times 2/3 = 66,334\$$$

照明 = 48,400

その他 = 10,100

小計 124,834\$

修理費

ファン修理費

$$6 \text{ 台} \times 4,200 = 25,200\$$$

各種機械 20% = 5,000

Tunnel = 15,000

保安設備 = 7,000

照明 = 45,000

小計 97,200\$

人件費 = 58,000\$

合計 280,000\$

B. Access Load

1. 概 説

Access road の将来交通量の推定は traffic study の 5 に於て得られた。之に対して道路断面を決定する。

この access road は、Hazmish から Hammana までの約 2.8 Km 間に主要部落 Aley と Bhandoun を通過する他、数ヶ所の部落に抜ける branch を考慮せねばならず、且付近の地形を加味すると、Lebanon の Highway Design Standard に述べられている freeway の事項をそのまま適用するには無理があるので、道路の classification としては expressway として考えて設計する。

Design Standard に於ける expressway の定義は次の様である。

“A divided arterial highway for through traffic with full or partial control of access and generally with grade separations at intersections.”

2. 道路断面諸元の決定

Design Standard の中の “Design Capacity of Traffic Lanes of Multilane Rural Highway Table III ” によると expressway に対しては下の表の様である。

Table - 27

Item	Width of Lane in Meter	Percentage of Commercial vehicles	Design Capacity Average / Lane of V.P.H.	
			Expressway, Rural	
			Level	Rolling
1	3.5	0	1,000	1,000
2	3.5	10	910	770
3	3.5	20	830	630
4	3.25	0	970	970
5	3.25	10	880	750
6	3.25	20	810	610

吾々の場合は、1986年に於て上記の3区間に於ける traffic volume per hour と、commercial car の比率とをみると、1日走行時間を10時間として、

第15表から次の様な値が得られる。

Table - 28

V.P.H for Each Section of Access Road

Year	Hazmieh to Aley			Aley to Bhandoun			Bhandoun to Hammana		
	Passenger car	Commercial car	% of Com. car	Pass. car	Com. car	% of Com. car	Pass. car	Com. car	% of Com. car
1986	4,828	724	15%	2,688	400	15%	3,080	445	14%

Table - 27 と Table - 28 とより吾々は、Hazmieh - Aley 間に於ては % of commercial car = 15% として、level 区間に於ける design capacity average / lane of V.P.H. を Table - 27 から、870台と概算すると、total vehicles = 5,552 であるから所要車線数 = $\frac{5,552}{870} = 6.4$ 同様に於て、Aley - Bhandoun 間に於ては、3.6、Bhandoun - hammana 間に於ては、4 が得られる。之等を綜合して次の如く設計する。

Table - 29

Scheme of Access Road Dimensions

Section	Total Vehicles	Percentage of commercial Car	Number of Lanes	Width of Lane (m)	Lateral Clearance (m)	Grade (%)
Hazmieh to Aley	5,552	15%	6	3.50	1.8	Less than 5
Aley to Bhandoun	3,088	15%	4	3.50	1.8	"
Bhandoun to Hammana	3,525	15%	4	3.50	1.8	"

上記の設計に於ては、1 lane の許容交通量が設計基準を上廻り気味であるので将来の拡巾若くは増設のために、それに適する用地を準備しておくことを考慮すべきである。尚、expressway として考察したけれども、現在の分岐道路との交叉点に於ては interchange を考察すべきヶ所が可成り存在する。少くとも、次の諸点に於て必要である。

Interchange no	Place	Direction of Interchange Activity.
1	Hazmieh	Route I to/from Beyrouth
2	Bsouss	Route I to/from South

- 3 Aley : Route I to/from Aley
- 4 Bhamdoun : Bhamdoun & sofa to/from West
- 5 Chtaoura : Route I to/from North, South & West

之等のより詳細なる検討は更に現地の調査を必要とするので、今回の study に於ては之を行はない。

C トンネル建設施工計画

本トンネル建設に当つては、次の順序要領によるものとする。

i) 掘削

地質調査を行いつつ掘進を行うと共に湧水に対する顧慮からして掘削方法は、底設導坑先進を行い、残りは全断面掘削を行う工法を原則とする。

a、底設導坑

断面を $3\text{ m} \times 3.5\text{ m}$ (断面積 7.6 m^2) とする。レッグ割岩機を 2~3 台使用し、支保工には、H 型鋼 100×100 を 1.5 m 間隔に用いる。作業は一日 3 交代、月間掘進長を 250 m を原則とする。ズリ出しには積込能力 $2\text{ m}^3/\text{min}$ の Rocker Shovel (RS-75) を使用し、ベルトコンベアーを用いて、ズリ満車 (5 m^3 積) に積込み、6 輛を一列車として、 10 t バッテリーカーにて、坑外へ搬出するものとする。

b、全断面掘削

さく岩機にはヘビードリフター TY150B 18 台付のジャンボを使用する。

ジャンボブームは全油圧、ハイドラブームを用いるものとする。

作業は一日 3 交代とし、月間掘進長 250 m を原則とする。

支保工が必要な場所には、鉄製支保工、H 型鋼 (200×200 乃至 250×250) を 1.5 m 間隔に用いる。

ズリ出しには積込能力 $4\text{ m}^3/\text{min}$ の Electric Shovel 2 台を使用し、ズリ満車の入替は、チェリーピッカー 2 台を用いて行う。ズリ満車 (5 m^3 積) 6 輛を一列車として、 10 t バッテリーカーにて坑外へ搬出する。

ii) 覆工

コンクリート覆工は、鋼製移動型枠 $L=25\text{ m}$ を使い、コンクリート打設は、 50 HP コンクリートポンプ 2 台にて行うものとする。

進捗度は、 $250\text{ m}/\text{月}$ を目標とし、コンクリート運搬は、agitating car (4 m^3) からコンベアーによつてコンクリートポンプの位置まで揚げるものとする。

骨材について、概況すれば次の様である。

a、セメント

普通ポルトランド cement 及び、高炉セメントを用いる。貯蔵はセメントサイロを用い、30日分貯蔵量を保持する。

セメントの運搬にはバラセメントを購入して、セメント車により運搬し、エアフローにてサイロに投入する。サイロから、バッチャープラント迄も同様にエアフローにより供給する様にする。

b、細骨材

粗砂 5%~1.2%、細砂 1.2%以下と区分し、運搬されたものを各種の粒径毎に2ヶ所に貯蔵する様にする。

貯蔵量としては500m³を見込む。

c、粗骨材

大砂利 55%~30% 小砂利 30%~5%と区分し運搬されたものを各種径毎に2ヶ所に貯蔵する様にする。

貯蔵量は、粗骨材と同じ程度とし500m³を見込む。

d、計量及混合

バッチャープラントは全自動、計量設備を行い1バッチ容量0.8m³の mixer 2台(45m³/H)にて交互に、mixing を行い、agitator car にて、搬入する。

iii) Blasting Ventilation

掘削に当つて行ひ爆破は、D・S雷管による電気爆破を行ひ。

坑内換気は100IP、turbo - blower 3台を用いφ76mmの pipe を通して行ひ。又、坑内軌道としては30kgレールを用い、36inch gauge の3線式に布設する。

iv) 堅坑工事

A・C堅坑はシンカー削岩機7台にてせん孔を行ひ、支保工は、H型鋼 100×100(17.2kg/m)を1m間隔に用いる。作業は1日3交代にて掘さく復工共、月間進行25mを原則とする。ずりは、300IPの捲揚機にて坑外へ搬出する。B堅坑はシンカー削岩機12台にて、せん孔を行ひ、支保工はH型鋼 100×150(31.5kg/m)を1m間隔に用いる。月間進行25mを原則とする。ズリは、300IPの捲揚機にて坑外に

搬出する。

V) コンプレッサーの設備

Air - Compressor を使用する場所及び容量を次の様に計画する。

削岩機が同時移動する場合には使用場所の海拔標高を考慮に入れると共に、同時使用台数に対しては定案消費量の係数を考えて、設備を計画せねばならない。

削岩機の使用台数と高度による圧縮空気使用量の乗数表

海面上の高さ m	削 岩 機 の 数												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20
	乗						数						
0	1.00	1.8	2.7	3.4	4.1	4.8	5.4	6.0	6.5	7.1	8.1	9.5	11.7
300	1.04	1.9	2.8	3.5	4.3	5.0	5.6	6.2	6.8	7.4	8.4	9.9	12.2
600	1.08	1.9	2.9	3.7	4.4	5.2	5.8	6.5	7.0	7.7	8.8	10.3	12.6
900	1.12	2.0	3.0	3.8	4.6	5.4	6.1	6.7	7.3	8.0	9.1	10.7	13.1
1,200	1.16	2.1	3.1	3.9	4.8	5.6	6.3	7.0	7.6	8.2	9.4	11.0	13.6
1,500	1.21	2.2	3.3	4.1	5.0	5.8	6.5	7.3	7.9	8.6	9.8	11.3	14.2
2,000	1.26	2.3	3.4	4.3	5.2	6.1	6.8	7.6	8.2	9.0	10.2	12.0	14.8

Note : 使用率 = $\frac{\text{乗 数}}{\text{削岩機の台数}}$

各作業別による空気消費量を算定すると次の様である。

a、削 岩

全断面削岩時ヘビードンフター 18台 × 4.5 m³/min = 81 m³/min.
 底設導坑レッグドリル 3台 × 2.7 " = 8.1 "
 下水 その他コールピック 10台 × 0.9 " = 9.0 "

b、支 保 工

全断面アーチ air - hoist 7.5P 2台 効率 0.8
 5.3 m³/min. × 2 × 0.8 = 8.4 m³/min.

c、ズリ積機

導 坑 RS - 75 1台 効 率 0.8
 1.3 m³/min. × 1 × 0.8 = 1.04 m³/min.

d、パツチャープラント

効率 0.7 とする
 5 m³/min × 2 × 0.7 = 7.0 m³/min

e、設治場、修理工場、その他 効率 0.7

10 m³/min × 0.7 = 7.0 m³/min.

上記の様に検討すると、作業時の空気消費量は、導坑ズリ出し中が最も多い。
この時の空気量は、次の様になる。

削岩機を18台使用する時の使用率は前の表より標高1500付近にて、
約13/18として、 $(81+9.0) \times 13/18 + 10.4 + 7.0 + 7.0 = 89.3 \text{ m}^3/\text{min}.$
 $\div 90 \text{ m}^3/\text{min}.$

コンプレッサー100HP当り空気製造量を $12 \text{ m}^3/\text{sec}$ とすると所要馬力数は

$$\frac{90}{12} \times 100 \text{ HP} = 750 \text{ HP}$$

上記の如く算出される他、パイプの継手、バルブ漏洩損失故障時の予備を見込んで、 $200 \text{ HP} \times 5 \text{ 台} = 1,000 \text{ HP}$ (片口)を計画する。

D 堅坑コンプレッサー設備

A・C 堅坑

掘削シンカー、 $2.7 \text{ m}^3/\text{min}.$ 7台 $18.9 \times 0.9 = 17 \text{ m}^3/\text{min}.$

バラチャープラントその他 $10 \text{ m}^3/\text{min}.$

所要馬力 $27 \text{ m}^3/\text{min} \div 12 \times 100 \text{ HP} = 225 \text{ HP}$

故に、設備は $100 \text{ HP} \times 1 \text{ 台}$ $150 \text{ HP} \times 1 \text{ 台}$ とする。

B 堅坑

掘削シンカー $2.7 \text{ m}^3/\text{min} \times 12 \times 0.85 = 27.5 \text{ m}^3/\text{min}.$

バラチャープラントその他 10

所要馬力 $37.5 \text{ m}^3/\text{min} \div 12 \times 100 \text{ HP} = 313 \text{ HP}$

故に、設備は $100 \text{ HP} \times 2 \text{ 台}$ $150 \text{ HP} \times 1 \text{ 台}$ とする。

vi) 工事工程表 (表—30)

TABLE 30. CONSTRUCTION SCHEDULE

TUNNEL LENGTH 7^K 850^M

MONTHS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	REMARKS
LABORATORY WORKS																																					
EXCAVATION						250 ^M /MONTH																				EX.V. SECTION 88.61 ^m ²											
CONCRETE LINING						250 ^M /MONTH																															
VARIOUS WORKS (DUCTS, DRAINAGE, ETC.)						270 ^M /MONTH																															
GRADE CONCRETE FINISHING WORKS																2 ^{KM} /MONTH																					
DUCT SLAB WORKS																2 ^{KM} /MONTH																					
INSTALLATION EQUIPMENT																1.570 ^M /MONTH																					
UTILITY EQUIPMENT (TELEPHONE, ETC.)																2 ^{KM} /MONTH																					
EXCAVATION AND LINING						25 ^M /MONTH																				L = 130 m ø 7 ^m (38.5 ^m ²)											
VENTILATING BUILDING WORKS																																					
EQUIPMENT																																					
EXCAVATION AND LINING											25 ^M /MONTH															L = 160 m ø 7 ^m (38.5 ^m ²)											
VENTILATING BUILDING WORKS																																					
EQUIPMENT																																					
VENTILATING BUILDING WORKS																																					
EQUIPMENT																																					
SETTLEMENT AND POST WORKING																																					

MONTHS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	REMARKS
EXCAVATION AND LINING						25 ^M /MONTH																				L = 450 m ø 10 ^m (78.5 ^m ²)											
VENTILATING BUILDING WORKS																																					
EQUIPMENT																																					

§VII 経済的可能性の検討

1. 経済価値の判定

1-1. 概 説

吾々の計画する tunnel route の建設には可成りの費用を必要とする。此の場合、に限らず一般的に highway の計画設計に当つては予定される費用が適切で有効な額であるかどうかを判断するための解析が必要であることは論を俟たない。特に比較案が考えられる場合は慎重に検討されねばならない。且つ「費用が安いことは最も望ましいことではあるが、真実安い道路とは金額の安いものではなくて、それに使用された費用に比例して最も有益なはね返りを生ずる道路であらねばならない」とは昔から highway engineer の根本理念である。

Highway に関する経済的考察の対照となる基本条項として次のものが数えられる。

- a Highway systems の各 groupe の solvency .
- b Highway 建設及び改良から国土公衆の受ける便益
- c Highway の建設費或は改良費
- d Highway 及びその付属施設の維持運営費
- e 改良された highway による road user の benefit (車輛の operation cost の減少と時間の節約)
- f Road user に与える comfort , convenience の増加
- f Road user の事故減少

以上の項目の内 c, d, e, f. は実際に具体的に取扱うことが出来るが、他の3項目については或程度までは discuss 出来るがその特有の性質の故と、表面に表われる価値の精密さを欠く事とによつて、重要な事項ではあるが正確に数字に賦せることは困難である。従つてここに考察するものは広い意味の経済解析とは云い難く、road user benefit と capital cost との相互関係の解析であるから、厳密な意味で道路改良計画の正確な価値決定の基本とは成り難い。然し計画、設計の比較検討に大きな助けとなることは間違いなく、これに他の出来る限りの要素を加味すれば幾つかの計画案の priority を決定するに充分役立つものである。

先づ吾々は計量出来る項目につき、新計画による直接的便益を検討し、次に間接的便益に言及し、本計画の必要にして有益なることを示せようと思う。

1-2 直接便益の解析

この方法は、現在道路を通る場合と、改良道路 (tunnel route と new road の2つを意味する) を通る場合の road user の annual cost の差と、同じく上記二種の道路の annual improvement cost の差とを較するものである。

先ず、吾々の考察の対象となる road user cost を Table - 7 より再録する。表中 length が Table 7 と異なっているのは、この場合考察対象の範囲を tunnel portion に限定したためである。

Table 31 Road User Costs - 2

Route	Length Km	Road User Cost \$/km			Cost \$/car		
		Passenger Car	Bus	Truck	Passenger Car	Bus	Truck
Exist Road	10 0	0.1	0.23	0.20	1.00	2.30	0.20
New Road	9	0.08	0.18	0.17	0.72	1.62	1.53
Tunnel Route	7.85	0.05	0.10	0.13	0.39	0.79	1.02

Road user benefit を算定するには、各案について何れも年間費用をとつてそれ等を比較する。即ち考察している二案について、或基準年限の間の道路使用者の年間経費の差をとり、之と之等の道路の同じ基準年限の間の改良、維持、運転経費の総計の年額の差との比をとるのである。吾々の計画する tunnel については基準年限を一応40年と仮定し従つて一般道路についても同一年限を対象とする。

上に述べたことによつて利益比は次式で表わされる。

$$\text{利益比 (Benefit Cost Ratio)} = \frac{\text{利益 (Benefits)}}{\text{原価 (costs)}} = \frac{\text{Road User costs の差}}{\text{Highway costs の差}} \dots (1)$$

即ち road user の利益と云う形で表わされるところの道路改良投資へのはねかえりと云うべきものである。

Annual road user cost は、車輛の走行経費と、時間費との合計であり、annual highway cost は annual capital cost と、年間の維持費、及付属施設を含めた運転経費の合計であり、更に annual capital cost とは道路建設改良費総額に利子を加えた額の年間償却額である。

i) Highway Cost の算定

吾々の highway cost は次の如く計算される。

a Tunnel Route (基準年限40年)

建設費 (1st stage + 2nd stage) 26,600,000 \$

年間運転経費 ($\frac{1^{\text{st}} \text{ stage} + 2^{\text{nd}} \text{ stage}}{2}$) 26,650 \$

利率を4%とすると

$$\begin{aligned} \text{Annual Highway Cost} &= \frac{26600000}{40} + 0.04 \frac{26600000}{40} + 266500 \\ &= 958100 \text{ \$/year} \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

b 現在道路

現在道路については基準年限を tunnel と同じく40年を見るが、repaving を10年毎に繰返すものと仮定する。

舗装費 45,000,000 × 4 = 1,800,000,000 \$

除雪費 毎年100,000,000 \$として 4 × 100,000,000 = 4,000,000,000 \$

従つて

$$\text{Annual Highway Cost} = \frac{1,800,000,000 + 4,000,000,000}{40} = 145,000 \text{ \$/year} \dots\dots\dots(3)$$

c New Road (基準年限40年)

建設費

20年毎に建設を繰返すとして40年間に2回計上する。

4-lanes highway とし200,000 \$/kmとすると、

$$(200,000 \times 9) \times 2 = 1,800,000 \times 2 = 3,600,000 \$$$

維持費 (建設費の6.8%)

$$= 1,800,000 \times 3.6 \times 0.068 = 4,406,400 \$$$

舗装費 (建設費の25%とし10年毎にやり直す)

$$= 1,800,000 \times 0.25 \times 2 = 900,000 \$$$

除雪費

$$40 \times 100,000 = 4,000,000 \$$$

$$\text{Total} = 12,906,400 \$$$

$$\begin{aligned}
 \text{故に Annual highway Cost} &= \frac{12,906,400}{40} + 0.04 \frac{12,906,400}{40} \\
 &= 322,650 + 12,900 \\
 &= 335,550 \$ \dots\dots\dots(4)
 \end{aligned}$$

ii) Annual Road User Cost の算定

a Average number of vehicles year between 1969 and 2008

前に第12表に掲げた様に1986年迄の average daily traffic が求められたが基準年限40年迄に更に22年間を延長してその traffic を求めるに、簡単のために1987年以降の traffic は、1定としてその総計を求めると次の様になる。

第 3 2 表

Average Number of Vehicles years Between 1969 and 2008

年 次	Exist Road to Tunnel			New Road to Tunnel			Exist Road to new Road		
	Passenger car	Bus	Truck	Passenger car	Bus	Truck	Passenger car	Bus	Truck
1969	5099	99	624	4777	90	567	3947	74	483
1986	16046	510	1,965	15033	282	1,784	12423	231	1521
1987	16046X22	510X22	1,965X22	15033X22	282X22	1,784X22	12423X22	231X22	1521X22
2008	= 353012	= 6820	= 43,186	=330,726	= 6204	= 39240	= 274,780	= 5,082	= 33462
Total	52,8129	10,201	64,612	494,790	9,278	58,719	410,555	7,603	50,064
Average	13203	255	1,615	12370	232	1,468	10259	190	1,252

b) Annual Road User Cost

以上の基礎資料から次の如く annual road user cost が計算される。

Table-33 Annual Road User Cost

Route	Type of Car	Average Vehicle N (from Table -14)	Cost/car/day (from Table -12) C ₁ \$	Cost/car/day C ₂ = C ₁ × 365 \$	Cost/year C = N × C ₂	Total Cost
① Existing Road	Passenger Car	13203 (10,259)	1.0	365.0	4,819,100 (3,744,500)	
	Bus	255 (190)	23	839.5	214,100 (159,500)	
	Truck	1,615 (1,252)	2.0	730.0	1,179,000 (914,000)	621,2200 (4,818,000)
② New Road	Passenger Car	12,370 (10,259)	0.72	262.8	3,250,800 (2,696,000)	
	Bus	232 (190)	1.62	591.3	137,200 (112,300)	
	Truck	1,468 (1,252)	1.53	558.5	819,900 (699,200)	4,207,900 (3,507,500)
③ Tunnel Route	Passenger Car	13,203	0.39	142.4	1,880,100	
		12,370			1,761,500	
	Bus	255	0.79	288.4	73,500	
		232			66,900	
Truck	1,615	1.02	372.3	601,300	255,4900	
	1,468			546,500	(2,374,900)	

注 :

1. Average vehicle N の column の①は現在道路より tunnel への転換量であり②は新道路より tunnel への転換量を示す。そのうち()内数字は、現在道路から新道路への転換量を示す。

Benefit cost ratioを算出するのに比較する通過車両台数は同じものを用いる。例えば新道路と tunnel との比を求めるには、vehicle number のうち②の上の行の数字と、③の下の方の数字を用いると云う具合である。

2. Cost/year 及び total cost の column の二行の数字は average vehicle の column の各行の値に対応する。

iii) 利益比の確定

前に掲げた利益比の式(1)を書き替えると次の様に表わされる。

$$\text{Benefit Cost Ratio} = \frac{R - R_1}{H_1 - H}$$

茲に、説明の簡単のため①=現在道路 ②=新道路 ③=Tunnel とするとき

R =	現在道路の annual road user cost	(①と②又は③を比較するとき)
	新道路の " " "	(②と③を比較するとき)
R ₁ =	Tunnel route の " "	(①又は②と③を比較するとき)
	新道路の " "	(②と③を比較するとき)
H =	現在道路の Annual highway cost	(①と②又は③と比較するとき)
	新道路の " "	(②と③を比較するとき)
H ₁ =	Tunnel route の annual highway cost	(①又は②と③比較するとき)
	新道路の " "	(①と②を比較するとき)

従つて各利益比は次の様に求められる。

1) 現在道路と Tunnel Route を比較した場合

Table - 31 と(2)(3)式から求められる。

$$B. R(E/T) = \frac{R - R_1}{H_1 - H} = \frac{6212200 - 2554900}{958,100 - 145,000} = 4.5$$

2) 新道路と Tunnel Route を比較した場合

Table - 31 と(2)(4)式から求められる。

$$B. R(N/T) = \frac{R - R_1}{H_1 - H} = \frac{4207900 - 2374900}{958,100 - 335,550} = 2.9$$

3) 現在道路と新道路とを比較した場合

Table - 31 と(4)式から求められる。

$$B. R(E/N) = \frac{R-R_1}{H_1-H} = \frac{4818000 - 3507500}{335550 - 0} = 3.9$$

茲に現在道路の補修費は0とした。之は新道路が出来れば現在道路の交通量は、必然的に減るので補修に特に経費を注ぎ込まなくてよいと考えられるからである。

上の3つの結果を比較するに

$$(E/T) > (E/N) > (N/T) \text{ となる。}$$
$$4.5 > 3.9 > 2.9$$

即ち新道路を作つた時、之と現在道路との利益比よりも又新道路と tunnel との利益比の方が大きいことを示し、数字的な便益即ち直接便益の点で tunnel 計画が最も有利であることを証明するものである。

1-3 間接便益の検討

1) に述べた経済的考察のための条項のうち a, b, g, は直接数的に表現することが難かしいが極めて重要である。主な項目を列挙すれば

- 1) 現在迄 Dahr El-Beida 時に於て悩まされた雪 fog, frost の心配が全くなくなる。
- 2) 交通渋滞がなくなるので、通過時間が短縮され無駄がなく、すべての予定が計画通り実施される。
- 3) 自動車による貨物・人間の運搬量が増えて来るから、仕事の能率が之に従つて増大する。
- 4) 当該道路の主要なる価値の一つである観光価値を阻害することが少ない(60 Km/hとして所要通過時間約8分)のみならず新たな意味の観光価値を与える。
- 5) Tunnel 内は気温変化が少なく快適である。
- 6) Beyrouth - Damascus 間の交通が円滑に短時間に行われることによつて現在 Beyrouth 市民が Bekaa 高原に疎開することが容易になり、之によつて市内の交通緩和に役立ち、人口政策の助けとなり、resort area に疎開した人達にとつては、物資の補給と健康と快樂の点で大きな利を与える。
- 7) 従来狭隘な Beyroath 市に居住していて、交通混雑のため近距離往復に、可成り

の時間を要することを別に不思議とも思わなかつた人達が、仕事場に通うのに1時間程度のdriveをして快適な郊外より往復するのが、より自然であることを認識するのに大きな貢献をされると考えられる。

8) Tunnel開通によつて、従来道路の急カーブ、勾配、雪、霧、凍結等によつて惹起されていた交通事故が著しく減少する。これは実際の損害、被害の減少と共に、不安から解放される安心感が大きな救いである。

9) 以上の利益の集積によつて、Beyrouth港及市内の荷物の集散が活発に円滑に行われ、延いて産業開発促進の大きな助けとなる。

之等の外にも尙細かな利益が教えられるであろうが、何れの場合に於ても、本計画の実現によつて、交通混雑は無くなり日常生活が予定通り、時間の損失がなく行われると云う安心感と、精神的なゆとりが人生に与える効果は測り知れないものがあり、又交通の伸びと共に人々の視野が伸びて広域Beyroath市への発展も遠からず実現されようとするものである。

2. Reasonable Toll Rate

Toll feeの決定はroad userのcostsから為さるべきである。前述の如くroad userの受けるbenefitは直接的なcostの減少と間接的なbenefitとある訳で吾々がこれ等の検討のために算出した現在道路、新道路tunnelの各caseのuser costは第29表に示された通りである。即ち現在道路からtunnelへ転換すると予想される台数について車種別のcostの差額は次の通りである。

Passenger Car 1.00 \$ - 0.39 \$ = 0.69 \$

Bus 2.30 \$ - 0.79 \$ = 1.51 \$

Truck 2.00 \$ - 1.02 \$ = 0.98 \$

之からreasonable toll feeを決定することになるが以上の数字は何れもconservativeなものであることに注意する。特にtruckについては積荷の遅れによる損害を計上していないので実際には0.98 \$を遙かに超過するcostの減少がある訳である。

故にpassenger carについては0.69 \$とし、bus、truckについては何れも1.51 \$以上と見て尙conservativeであると言える。この直接的な便益(costの減少)の他に間接的な、より重要な便益があるので直接的なものは100%を料金に充当しても過当でないと思われる。

世界各国の toll fee の実例を見るに実際にはかかる便益を遙かに上廻るものが多い。

之等の情勢を勘案し、吾々の場合には尙直接便益を超過しない範囲に於て次の様に仮定をした。

Passenger Car	0.6 \$
Bus	1.5 \$
Truck	1.5 \$

3. 償還計画

A 吾々の計画に関する償還計画は次の様になる。

a 条件

	第一期(1979年まで)	第二期(1980年以降)
1 竖坑	2本	3本
2 工事費	23961.000 ≒ 24,000,000 \$	2,615,000 ≒ 2,650,000 \$
3 年間経費	226,000 \$	280,000 \$
4 工期	3年	1.5年
5 利子	年 4%	
6 工事着手	1966	1980
7 営業開始	1969	
8 通行料金	a 乗用車 0.6 \$	
	b バス 1.5 \$	
	c トラック 1.5 \$	

営業収入

	乗用車(P)	バス(B)	トラック(T)
1台当りの徴集額	0.6 \$	1.5 \$	1.5 \$
台数比	0.883	0.015	0.102

Table-34 営業収入表-1

年限	年度	Traffic Volume				Income (千\$)			
		Passenger Car	Bus	Truck	Total	Passenger Car P×0.6×365	Bus B×0.6×365	Truck T×1.5×365	Total
1	69	5099	99	624	5822	1,117	54	342	15131
2	70	5528	106	676	6310	1211	58	370	1639
3	71	5974	115	731	6820	1308	63	400	1771
4	72	6421	124	791	7336	1406	68	433	1907
5	73	6900	133	844	7877	1511	73	462	2046
6	74	7392	143	904	8439	1,619	78	495	2196
7	75	7905	152	967	9024	1,731	83	529	2343
8	76	8433	163	1,031	9,627	1,847	89	564	2500
9	77	8991	174	1,100	10,265	1,969	95	602	2666
10	78	9565	184	1,170	10,919	2,095	101	641	2837
11	79	10,192	197	1,247	11,636	2,232	108	683	3023
12	80	10,850	209	1,327	12,386	2,376	114	727	3217
13	81	11,541	223	1,412	13,176	2,527	122	773	3422
14	82	12,280	237	1,502	14,019	2,689	130	822	3641
15	83	13,095	253	1,601	14,949	2,868	139	877	3884
16	84	13,970	270	1,709	15,949	3,059	148	936	4143
17	85	14,935	289	1,827	17,051	3,271	158	1,000	4,429
18	86	16,046	310	1,963	18,319	3,514	170	1,075	4,759
19	87								

Table - 35 償還計画表 - 1

(単位 千\$)

年限	年度	建設費又は 未償還額	利子 (A)	トンネル 経費 (B)	経費計 (A)+(B)=(C)	営業収入 (D)	償還に充 つべき額 (D)-(C)
	1966	8000	320				
	67	16320	653				
	68	24973	999				
1	69	25972	1039	226	1265	1513	248
2	70	25724	1029	"	1255	1639	384
3	71	25340	1014	"	1240	1771	531
4	72	24809	992	"	1218	1907	689
5	73	24120	965	"	1191	2046	855
6	74	23265	931	"	1157	2192	1035
7	75	22230	889	"	1115	2343	1228
8	76	21002	840	"	1066	2500	1434
9	77	19568	783	"	1009	2666	1657
10	78	17911	714	"	942	2837	1895
11	79	16016	641	"	867	3023	2156
12	80	$13860+2650/2$ $=15185$	607	280	887	3217	2330
13	81	$12855+1325$ $=14180$	567	"	847	3422	2575
14	82	11605	464	"	744	3641	2897
15	83	8708	348	"	628	3884	3256
16	84	5452	218	"	498	4143	3645
17	85	1807	72	"	352	4429	4077
18	86	+2270					

上表によれば営業開始後約16年5カ月で償還出来ることになる。尙念のため第一期、第二期の区分をせずに建設するとすれば17年3月を要する(詳細略)

B、以上は標準の基準によつて償還年限を計算したのであるが吾々の見解よりすれば、現在の Beyrouth - Damascus Road を通過する場合の road user cost と、new tunnel を通過する場合のそれとではもつと差がある筈であると考えられる。現在道路に於ては hairpin curve と急勾配のため自動車の gear change による燃料消費が可成りの割合で平均直線部走行の場合より増す筈であり、又 curve に於けるタイヤの横すべりによる摩擦も可成り違つてくる之等の関係を実験調査した日本道路公団の資料によつて吾々の Case につき road user cost を算出して、之から toll fee を決め償還年数を計算すると次の様になる。

第36表 a

Road User Cost - 3 (日本道路公団の統計資料より求めた)

		Running Speed (km/h)	Gradient class (%)	Fuel (P/km)	Tires (P/km)	Oil (P/km)	Maintenance and Repairs (P/km)	Depreciation (P/km)	Time Cost (P/km)	Comfort and Convenient (P/km)	Sub. total (P/km)	Special conditions (snow, fog, frost) (P/km)	Total
Existing Rd.	P. car	40	7~9	820	4.60	0.80	870	3.60	830	120	3540	0.86	(0.12) 3626
	Bus	20	"	12.40	3.50	1.00	10.10	4.20	1850	150	51.20	20.39	(0.24) 71.59
	Truck	20	3~5	15.00	4.20	1.20	13.20	5.10	22.30	1.80	62.80	1.75	(0.22) 64.55
New Rd.	P. car	50	3~5	550	3.00	0.80	650	2.60	6.60	1.10	26.10	0.69	(0.09) 26.79
	Bus	30	"	8.50	2.00	0.90	9.10	3.70	1850	1.50	44.20	13.60	(0.19) 57.80
	Truck	30	"	10.22	2.40	1.10	11.00	4.40	22.30	1.80	53.20	1.17	(0.18) 54.37
Tunnel R.	P. car	60	0~3	4.20	0.40	0.20	2.00	1.50	5.20	0.80	14.30	-	(0.05) 14.30
	Bus	50	"	7.30	2.70	0.70	6.00	2.50	9.20	1.20	29.60	-	(0.10) 29.60
	Truck	50	"	9.30	3.70	1.00	7.90	3.20	11.20	1.40	37.70	-	(0.12) 37.70

第36表 b

Route	Length	Road User Cost \$/Km			Cost \$/car/day		
		P. car	Bus	Truck	P. car	Bus	Truck
Existing Rd.	10	0.12	0.24	0.22	1.20	2.40	2.20
New Rd.	9	0.09	0.19	0.18	0.81	1.71	1.62
Tunnel R.	7.85	0.05	0.10	0.12	0.39	0.79	0.94

Existing Road と Tunnel Route の車種別 Cost 差額

Passenger $1.20 - 0.39 = 0.81$ cent

Bus $2.4 - 0.79 = 1.61$ cent

Truck $2.2 - 0.94 = 1.26$ cent

以上の如くであつて bus、truck については平均して 1.5 \$ としても大差がないと思われるが passenger car については交通台数が大きいので 0.2 \$ の差は大きな factor になる。前の場合とこの場合との平均値をとつて passenger car については 0.7 \$ とし、bus、truck については従来通りとして償還年数を計算すると次の様である。

営業収入

	乗用車(P)	バス(B)	トラック(T)
1台当りの徴集額	0.7 \$	15 \$	15 \$
台数比	0.883	0.015	0.102

第37年 営業収入表-2

年 限 度	Traffic volume				Income			
	P	B	T	Total	P×0.7×365	B×15×365	T×15×365	Total
169	5,099	99	624	5,822	1,303	54	342	1,699
270	5,528	106	676	6,310	1,412	58	370	1,840
371	5,974	115	751	6,820	1,526	63	400	1,989
472	6,421	124	791	7,336	1,641	68	433	2,142
573	6,900	133	844	7,877	1,763	73	462	2,298
674	7,392	143	904	8,439	1,889	78	495	2,462
775	7,905	152	967	9,024	2,020	83	529	2,632
876	8,433	163	1,031	9,627	2,155	89	564	2,808
977	8,991	174	1,100	10,265	2,297	95	602	2,994
1078	9,565	184	1,170	10,919	2,444	101	641	3,186
1179	10,192	197	1,247	11,636	2,604	108	683	3,395
1280	10,850	209	1,327	12,386	2,772	114	727	3,613
1381	11,541	223	1,412	13,176	2,949	122	773	3,844
1482	12,280	237	1,502	14,019	3,138	130	822	4,090
1583	13,095	253	1,601	14,949	3,346	139	877	4,362
1684	13,970	270	1,709	15,949	3,569	148	936	4,653
1785	14,935	289	1,827	17,051	3,816	158	1,000	4,974
1886	16,046	310	1,943	18,319	4,100	170	1,075	5,345

第38表 償還計画表-2

(単位 千\$)

年限	年度	建設費又は 未償還額	利子 [A]	トンネル 経費 [B]	経費計 [A] + [B] = [C]	営業収入 [D]	償還に充 当すべき額 [D] - [C]
第 一 期 ↑ ↓ 第 二 期	1966	8000	320				
	67	16320	653				
	68	24973	999				
	1 69	25972	1,039	226	1265	1,699	434
	2 70	25538	1,022	"	1,248	1,840	592
	3 71	24,946	998	"	1,224	1,989	765
	4 72	24,181	967	"	1,193	2,142	949
	5 73	23,232	929	"	1,155	2,298	1,143
	6 74	22,089	884	"	1,110	2,462	1,352
	7 75	20,737	829	"	1,055	2,632	1,577
	8 76	19,160	766	"	992	2,808	1,816
	9 77	17,344	694	"	920	2,994	2,074
	10 78	15,270	611	"	837	3,186	2,349
	11 79	12,921	517	"	743	3,395	2,652
	12 80	$\frac{10,269+2,650}{2}$ =11,594	464	280	744	3,613	2,869
	13 81	$\frac{8,725+1,325}{2}$ =10,050	402	"	682	3,844	3,162
14 82	6,888	276	"	556	4,090	3,534	
15 83	3,354	134	"	414	4,342	3,918	
16 84	+ 564						

上表によれば営業開始後約14年10ヶ月で償還出来ることになる。即ちcase Aに於ては16年5ヶ月 case Bに於ては14年10ヶ月で19ヶ月の差を生ずる。之については尙次の段階に於て再検討の上決定さるべきであろう。

4. 結 論

本 tunnel project の直接及び間接便益については上に述べた通りであつて、多額の費用を以て計画完成されたとしても充分償なつて余りある程、価値のあるものであることが明らかである。

Toll fee については上に計上した額を以てして尙控え目なものとする。Road user がこの tunnel の便益を理解すれば納得されよう。又償還年数が 15 年前後と云うのは現在各国の現状からみて、短い方に属する。

即ち本計画の実現によつて、経済的に充分引合ふばかりでなく、之によつて Lebanon 国のうける恩恵はまことに大なるものがあり、現在の Lebanon 国の国内活動に一大活力をふき込む原動力の役目を果すものと云えよう。

§ VII 勸 告

以上に吾々が本 project につき現地調査を行い、各種の資料に基づいて、study した結果によつて本計画による“Dahr El Baidar Tunnel”の建設並びに運営は、経済的に直接には走行経費の削減を招来し、時間を短縮するもので、交通問題の解決策として、現在の段階に於て取敢えず実施さるべき必須にして最も適切なものであると言ふべく、間接的にはレバノン国の観光人口の招致を有利にし、運輸交通その他の産業の開発速度を上昇せしめることによつて、国富を増すことになり、人心の安定向上に大きな助けとなり、物心両面よりレバノン国に貢献するところ甚だ大なるものであると云ふべきであつて、吾々は本計画をレバノン政府当局に於て充分検討を加えられた上は、全面的に吾々の方針と、その解析の方法及びその結果について賛意を持たれ、又経済効果の見通しから、真に有望にして、便益あることを認識せられその実現に踏み切られることを期待すると共に、当方より今後共最善の努力を以て貴政府の助けとなることを約束するものである。

