b) 基　礎

基礎型式は、主に地質条件、施工性、規模によって決定される。高架構造の基礎には、標準ＰＣ杭を使用する。

9.13.2　構造型式の決定

(1)　上部構造

a) 標準区間の高架構造

高架構造型式の概要について述べたように、その決定要因は種々あり、これらを考慮して標準スパン長を２０と２５ｍとすることとした。

ＰＥＳの建設状況を検討し、また、地質状況および実用性を考慮した結果、高架構造型式は、単純支持プレテンション桁を採用し、床版は現場打ちコンクリート、スパンは２０ｍを標準とするもっとも経済的な工法を採用した。しかもこの工法は、標準桁を使用して、現場打の橋脚上部を変化させることによって３５ｍスパンまで、伸ばすことができる。

b) 主要高架横断構造物

主要街路、鉄道、計画ＭＴＳおよびＰＥＳを横断するいくつかの構造物を計画しなければならない。これらの中央スパンとしては５０ｍ～７０ｍが必要で、下からの景観がとくに重要である。建設費用が高くなるが、上述した理由により、３径間連続ＰＣ箱桁型式を採用することにした。側方スパン長は、過去の例から最も適切な長さを決定した。

３５－５０－３５ｍ
４０－６０－４０ｍ
４５－７０－４５ｍ

一般的に、高速道路や交通量の多い街路上の構造物施工では、ステージング工法の採用が困難であるため、プレキャスト工法が最も適切と思われる。

中央径間が４０ｍの構造物に対しては、施工の容易性から、ＰＣＴ桁構造を、60－７０ｍ径間部および地上より高い高架部に対しては、片持式架設工法を採用する。

c) 横断歩道構造物

一般的に地下構造物は、つぎの理由から採用することはできない。

－排水問題、
－照明の必要性、
－犯罪の可能性、
－清潔を保持することの困難性。

歩道橋として、鋼製、コンクリート類を検討した結果、工費、維持費および外観上上からコンクリート製を採用することとする。

(2) 下部構造

a) 橋　脚

鉄筋コンクリート現場打ち橋脚を採用する。橋脚の型式は、上部構造の規模、地質条件、橋脚の高さにより決定するが、経済性、施工性、外観上の視点から、柱状橋脚を採用した。壁状橋脚は、上部工の幅が広い場合、斜橋、高い橋脚の場合に採用すべきである。

b) 基　礎

一般的に、２０ｍスパンの１橋脚あたり、約８００トンの荷重が基礎に伝達される。これらの荷重に対しては杭基礎で耐える必要がある。軟弱粘土層の耐力と沈下の問題は、浅い基礎を採用したときに生じる。

特殊な場合を除いては、既製のプレストレストコンクリート杭を使用する。この場合、断面積０．２１㎡以下、長さ２８ｍ以下の杭が適当である。それは、杭の運搬、取扱い、杭打ち時の地層の移動および振動を最小限にするからである。

沈下を許容範囲にとどめるには、杭の先端を地下１３～１６ｍではじまる厚く固い粘土層に少なくとも到達させねばならない。前述した断面の杭を固い粘土層のなかに１０～１２ｍ貫入した場合、許容荷重は１００ton になる。杭の先端は、固い粘土層または砂層に達している。

土質調査および入手したデータにより、つぎのような標準杭を基礎工に採用する。許容耐力の算出はTerzaghi の公式によった。

Type			Allowable Bearing Capacity
PC pile	– 0.525 x 0.525 m	L = 26 m	100 tons
	– 0.6 m Diam.	L = 27.5 m	100 tons
	– 0.45 x 0.45 m	L = 27 m	80 tons
	– 0.35 x 0.35 m	L = 23 m	50 tons
	– 0.25 x 0.25 m	L = 20 m	25 tons

上述した杭は、バンコック市内では一般的であり、ほとんどのタイプは、既製品としてコンクリート工場で生産されている。これらの杭は、通常の工法すなわちディーゼルハンマーによって施工できる。

しかしながら、現在の施工技術では、つぎのような場合には、掘削杭を使用することを勧める。

i) 計画の基礎から８ｍ以内に既設の構造物があり、振動および地層の移動を起すような杭打ちが制限されるところ、

ii) 長尺杭の運搬が困難をきわめる場合、

iii) 既製のプレストレストコンクリート杭の耐力以上の荷重が要求される場合。

杭基礎は、許容される不等沈下内に制限されるよう、設計すべきである。杭長は、土質条件によって変えられる。横方向の大きい荷重が作用する断面においては、斜杭を採用すべきである。

基礎杭周辺の荷重が地盤沈下を起すような場合は、負の摩擦力を考慮せねばならない。

c) 構造物取りつけ部

軟弱バンコック粘土層上の盛土区間においては、沈下が生じる。この沈下が盛土区間全体に生じる場合は、舗装に対して、それ程大きな被害は生じず、車両の円滑な走行性も保つことができる。しかしながら、盛土区間のあらゆるところでまちまちの沈下が生じた場合には、舗装は大きな被害をうける。この不等沈下は、あらかじめ圧密された部分とか、盛土区間が構造物と接している部分に多く生じる。

不等沈下を制限するため、平面と地下構造物、平面と高架部との接点の地上部には基礎杭を使用すべきである。

不等沈下の緩和のために、杭長をルートに沿って変える必要がある。構造物に接する部分では、杭長を大きく、平面部に近くなるにしたがって杭長を小さくしてゆく。

このアプローチスラブの延長は、このスラブ部分の盛土の沈下と沈下後の縦断線形の変化を考慮して決定される。このスラブは、盛土の荷重を杭に伝える構造で、しかも沈下が生じた場合、クラックが生じてもなお実害のない柔軟性のある構造程、効果がある。

9.1.3.3 地下構造物の検討

(1) 断面およびトンネル延長

トンネルの内空高さは、車両の建築制限と照明機器のスペースを考慮して、5.6 m とする。

横方向内空面は、本線と同様とし、退避路余裕は見込まない。

コンクリート製箱型断面をつぎの理由により採用する。

i) 箱型断面は、掘削トンネルや沈埋トンネルに比べて、開削工法が容易で施工費が廉い。

ii) 縦断線形上、トンネルの深さはそれ程大きくなく、開削工法が可能である。

iii) 工事規模は大きいが、同様な工法は過去にバンコック内で採用されており、材

料および技術力は充分この程度のトンネルに応用できる。

トンネルの側面および断面は、前掲Fig.9－11に示す。

断面の比較設計は、詳細設計時に行うべきである。

(2) 換　気

一般的に、換気装置が必要なトンネル延長は、５００m以上とされており、このトンネルでは、換気装置は不要である。

(3) トンネル部の排水

開口部やランプ上の降雨は、トンネル入口部の溝によって集められ、トンネル最深部にあるポンプ室まで導かれる。

地下構造物全体は、外部からの雨水および洪水の進入を防ぐ構造にする。

コンクリート製ピットには、排水用の３台のポンプと１台のサンドポンプを備える。その詳細については、9.16.9に述べる。

緊急用発電機と管理室を備えた変電所を付属施設として用意する。

(4) 開口部の排水

開口部への雨水は、路面にある排水桝をとおして、トンネル入口にあるピットに集められる。

木線によって遮断された排水路は、路面排水を迂回して、これを集水するようにする。

ピットからの水は、強制排水によって近くの河川に流される。

(5) トンネルの施工

前述したごとく、地下部の施工は、開削工法が適切である。

軟弱で圧密されやすいバンコック粘土は、地下構造物の設計および施工で問題を生じる。設計上、つぎの２点が問題となる。

i) 軟弱地層の改良および固い粘土層への荷重の伝達を考慮しないと、地下構造物は揚圧力による破壊を起す。この破壊に対する安全率は、2.5以下とする。

ii) 固い粘土層への荷重伝達を考慮しないと、非排水部の変形やつづいて起る時間経過変形が生じる。

施工上の問題は、この地盤沈下であり、これによる近傍の構造物の被害である。

地下構造物は、構造物の深さおよび周囲の建造物を考慮して、杭基礎または地中壁基礎を採用する。

現場打ち地中壁基礎は、つぎの理由によりその採用を勧めることができる。

i) 建設中の振動および騒音が他の工法より少ない。

ii) 地中壁により周辺建造物に対する影響が小さい。

iii) 工事中の地下水位を下げることがない。

iv) 地中壁そのものが支持基礎となる。

地下構造物全体は、地下水位以下となるため防水構造とする。防水工事を行うよりも水密性コンクリートの使用を提案する。止水は、すべての伸縮目地や施工用地に対し施す。伸縮目地間隔は、約２０ｍとする。このトンネル部の比較設計は、詳細設計段階で行うものとする。

9.13.4 計画構造物

(1) 橋梁および高架橋の標準断面

橋梁および高架橋の巾員は、９－４で述べられたように、予測交通需要をもとに決定された。標準断面は、Fig.9－1～9－3に示した。

段階施行が施される場合は、施工順序を充分考慮し、あとからでも施工できるよう、施工空間および基礎の位置に注意を払う必要がある。

(2) 計画橋梁一覧

計画された橋梁、高架橋の一覧を、Tables 9－14と9－15に示す。

9.14 舗装の概略設計

9.14.1 舗装の種類の選定

舗装には剛性舗装とたわみ性舗装の２種類があり、各々長短がある。
一般に、剛性舗装は下記のようなメリットがある。

－水による害をうけない。
－維持費が安い。
－タイ国内で材料入手が可能である。

デメリットとしてはつぎのようなものがある。

－洪水面より上にある盛土道路が不等沈下を起すと、剛性舗装は一枚一枚がユニットとして働き、その表面が傾斜したり、ひび割を起したりする。
－補修作業は難かしく、高価である。

現在バンコックでは、剛性およびたわみ性舗装の両者が採用されている。一般に、平面道路の場合、剛性舗装はたわみ性舗装よりも優れている。この理由は、たわみ性舗装が水に弱いためである。すなわち、洪水や不充分な排水による影響が非常に大きい。本計画では本線、流出入ランプのほとんどすべてが高架構造であるため、また、舗装が必要な区間は洪水地域にあるため、下記に示す２ケースの舗装として剛性舗装を選定した。

TABLE 9-14 DESIGN FEATURES OF THE PROPOSED BRIDGES AND VIADUCT ON N-S ROUTE

1. Through Lane Viaduct

Station	Type	Span Length	Width
1+300 – 4+240	PC I-BEAM	147@20	2 x 12.83
4+240 – 4+515	PC I-BEAM	11@25	2 x 9.33
4+515 – 4+655	PC BOX	40+60+40	2 x 9.33
4+655 – 4+930	PC I-BEAM	11@25	2 x 9.33
4+930 – 5+015	PC I-BEAM	3@20	2 x 12.83
	PC I-BEAM	1@25	2 x 12.83
5+015 – 5+135	PC BOX	35+50+35	2 x 12.83
5+155 – 6+600	PC I-BEAM	67@20	2 x 12.83
	PC I-BEAM	5@25	2 x 12.83
6+600 – 6+760	PC BOX	45+70+45	2 x 12.83
6+760 – 7+905	PC I-BEAM	51@20	2 x 12.83
	PC I-BEAM	5@25	2 x 12.83
7+905 – 8+000	PC I-BEAM	30+35+30	2 x 12.83
8+000 – 8+250	PC I-BEAM	10@25	2 x 12.83
8+250 – 8+850	PC I-BEAM	30@20	2 x 12.83
8+850 – 8+945	PC I-BEAM	30+35+30	2 x 12.83
8+945 – 9+040	PC I-BEAM	10@25	2 x 12.83
9+040 – 9+290	PC I-BEAM	30+35+30	2 x 12.83
9+290 – 9+515	PC I-BEAM	9@25	2 x 12.83
9+515 – 9+610	PC I-BEAM	30+35+30	2 x 12.83
9+610 – 10+385	PC I-BEAM	31@25	2 x 12.83
10+385 – 10+480	PC I-BEAM	30+35+30	2 x 12.83
10+480 – 13+830	PC I-BEAM	134@25	2 x 12.83
13+830 – 13+970	PC BOX	40+60+40	2 x 12.83
13+970 – 14+520	PC I-BEAM	22@25	2 x 12.83
14+520 – 17+440	PC I-BEAM	146@20	2 x 12.83
17+440 – 17+900	PC I-BEAM	3@20	2 x 12.83
	PC I-BEAM	16@25	2 x 12.83
17+900 – 18+170	PC I-BEAM	1@20	2 x 9.33
	PC I-BEAM	10@25	2 x 9.33
18+170 – 18+265	PC I-BEAM	30+35+30	2 x 9.33
18+265 – 19+390	PC I-BEAM	45@25	2 x 9.33

2. Interchange Bridge

1+000	PC I-BEAM	@25	9.33

3. Pedestrian Bridge

STA. 4+600	Sathon Road
STA. 6+700	Rama IV Road
STA. 11+840	Rama VI Road
STA. 12+540	Rama VI Road
STA. 19+450	Super Highway

TABLE 9-15 DESIGN FEATURES OF THE PROPOSED BRIDGES AND VIADUCT ON EAST ROUTE

1. Through Lane Viaduct

Station	Type	Span Arrangement (m)	Width (m)
1+500 – 1+740	PC I-BEAM	12@20	2 x 12.83
2+620 – 2+815	PC I-BEAM	6@20	2 x 12.83
	PC I-BEAM	3@25	2 x 12.83
2+815 – 2+910	PC I-BEAM	30+35+30	2 x 12.83
2+910 – 3+120	PC I-BEAM	8@20	2 x 12.83
	PC I-BEAM	2@25	2 x 12.83
3+120 – 3+215	PC I-BEAM	30+35+30	2 x 12.83
3+215 – 3+540	PC I-BEAM	15@20	2 x 12.83
	PC I-BEAM	1@25	2 x 12.83
3+540 – 3+940	PC I-BEAM	20@20	2 x 9.33
3+940 – 5+325	PC I-BEAM	68@20	2 x 12.83
	PC I-BEAM	1@25	2 x 12.83
5+325 – 5+420	PC I-BEAM	30+35+30	2 x 12.83
5+420 – 8+660	PC I-BEAM	162@20	2 x 12.83
8+660 – 8+690	PC I-BEAM	1@30	2 x 12.83
8+690 – 9+500	PC I-BEAM	38@20	2 x 12.83
9+500 – 9+970	PC I-BEAM	21@20	2 x 9.33
	PC I-BEAM	2@25	2 x 9.33
9+970 – 10+065	PC I-BEAM	30+35+30	2 x 9.33
10+065 – 14+000	PC I-BEAM	193@20	2 x 9.33
	PC I-BEAM	3@25	2 x 9.33

2. Street Overbridge

1+950	PC I-BEAM	30+30	6.00

3. Interchange Bridge

3+530	PC I-BEAM	@25	9.33 or 5.83

4. Pedestrian Bridge

STA. 5+400	Middle Ring Road
STA. 10+010	Phra Khanong-Bang Kapi Road
STA. 14+340	Bang Kapi-Bang Na Trad Road

- 1つは、平面道路構造から地下道路構造に移行する区間のうち、洪水面よりも低い1ケ所。
- もう1つは、BMA道路またはDOH道路と結ぶ流出入ランプ区間のうち、雨期に洪水になる1ケ所。

9.14.2 剛性舗装の設計

舗装構造の設計方法としては、"TRRL ROAD NOTE 29, UK"を採用することにした。

(1) 平均日交通量

剛性舗装設計に際し、1990年から2010年に至る20年間の設計寿命を選定した。
各設計区間の平均日交通量はTable 9-16に示すとおりである。

TABLE 9-16 AVERAGE DAILY TRAFFIC VOLUMES FOR PAVEMENT DESIGN

Description	Average Daily Traffic Volume (veh/day) 1990 (open year)	2000 (10 years hence)	2010 (20 years hence)
Expressway (6-lane)	70,500	160,000	176,000
One-lane Ramp (one way)	8,900	20,000	21,000
Two-lane Ramp (one way)	22,000	39,000	51,000

(2) 標準輪荷重(8,160kg)への等価換算係数

FBS, Dao Khannog-Port工区の調査に基づき、つぎに示す等価換算係数を採用した。

Heavy Vehicle	Equivalent Factor
Heavy bus	0.50
6 wheel truck	0.95
10 wheel truck	1.45

(3) 算定上の仮定

- 車線数による分担係数
  2車(1方向):0.8、3車(1方向):0.6
- 車種構成
  大型トラック:7.4%、大型バス:5.1%

(4) 標準輪荷重の累積ナンバー

標準輪荷重の累積ナンバーを算定し、つぎに示した。

Description	Distributed Cumulative Number
Expressway	37.3×10^6
One Lane Ramp	15.4×10^6
Two Lane Ramp	26.5×10^6

(5) 舗装厚の算定

コンクリート舗装厚は " ROAD NOTE 29" の設計手順に基づき算定した。路床の設計ＣＢＲが２％の場合の舗装構成が下記に示されている。

	Expressway	Ramp (1-lane) (2-lane)
PORTLAND CEMENT CONCRETE (CM.)	26 CM.	24 CM.
SUB-BASE (CM.)	15 CM.	15 CM.
TOP OF EARTHWORK (SUBGRADE)		

9.15 土質・材料調査

9.15.1 対象地域の地質概要

対象地域の地質は沖積および洪積世の海成堆積物よりなり、その層厚は漠然としているが、少なくとも３００m以上におよんでいる。これらの広大な堆積物は、新世代第４期のはじめから現世にかけて堆積したものと考えられている。しかし、この上部１５～２０mに分布する層は主に海成堆積層の粘土からなる。このことは、チャオプラヤ川の沈殿堆積の割合がこの地域の沈下の割合より大きい期間、約２万年前を前提としており、この地域は多分Uttaraditの遙か北方まで海であった。

この海成粘土は４千年ないし８千年の間に堆積したものであり、干潮、満潮の複合効果と沖積粘土の沈殿、海岸線付近の洪水となるチャオプラヤ川からのシルトは次第に南部地域を拡大した。海面上に陸地が出現している。この沈殿堆積過程は、現在の海岸線で今までどおり進行しており、南部では４～５m／年の割合で進行している。

この規則的な海域および沖積堆積物は、非常に均一で水平な台地を形成した。標高（平均海水面＋）はChai Natで＋１８m、Ayutthayaで＋４m、Bangkokでは＋１～２mである。この地域の南北方向の地質縦断面図をFig.9－１６に示した。

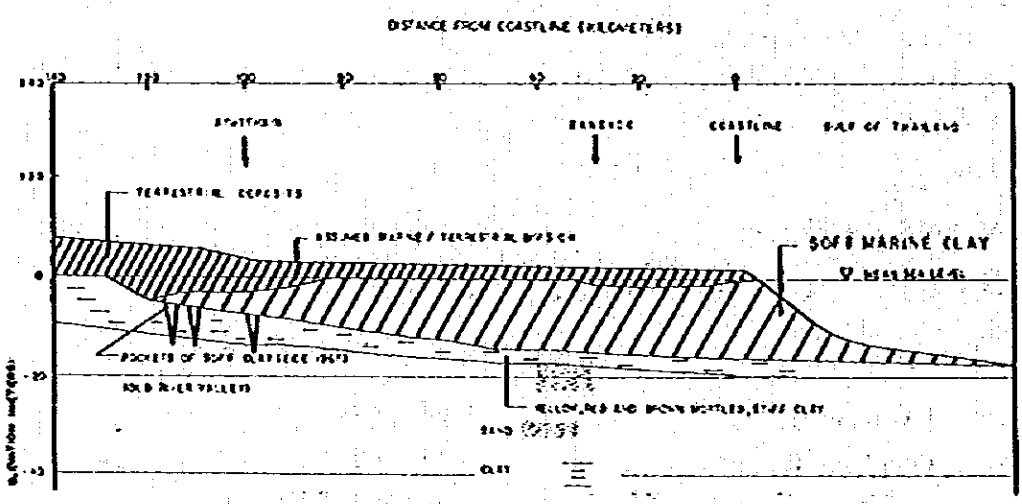


FIG. 9-16 LONGITUDINAL SOIL PROFILE

バンコック付近で判明した堆積物は同様の構成をしており、一般に上部から以下に記す形をとっている。

- 層厚約２mの風化した表層部（表皮と暗灰色～褐色を呈する粘土からなり、湿乾の繰返しにより亀裂が入っている。
- 暗灰色を呈する極軟～軟質の粘土でバンコック軟質粘土と称せられる。層厚は一般に１０～１５mである。
- 暗灰色～黄褐色を呈し層厚の変化に富む粘り強い硬い粘土
- 幾層かの砂質粘土層を伴う密な砂層と礫層からなり、互層状で分布しその層厚は未確認である。

この堆積物の地史はつぎの事項を示している。

すなわち、この粘土層は一般にバンコック軟質粘土を伴う場合で正規圧密と考えられている。しかしながら、粘り強い硬い粘土層は一般に過圧密の性質を示している。もし過圧密の状況がみられないときは、この土性は乾燥によるものと一般に考えられている。

9.15.2 土質・材料調査

(1) 調査の目的

本調査は当調査結果と他の機関で実施された調査結果をあわせ検討して、軟弱地盤の処理、同地盤の盛土、舗装および高架構造物の設計に必要な基礎資料をうることを目的としている。

(2) 既存資料の分析

前述のごとく、バンコック付近の土質は概ね均質であり、公表された多くの土質資料がある。それゆえ、代表的な土層と土性値は、最初に以下に示す資料により確認された。

- First Stage Mass Transit System in Bangkok, Factual Report on Soil Investigation, October 1980;
- The Nonthaburi & Pathumthani Bridges Construction Project, Geothechnical Report, August 1980, and Soil Material and Hydaulics Reports, November 1980;
- Memorial Bridge-II Prlject, New Bridge Preliminary Design, July 1979;
- Feasibility Report on Bangkok-Thonburi Bridge No. 1 Project, October 1968;
- Feasibility Study for the Outer Bangkok Ring Road, Final Report, Volume 3: Appendices, December 1978; and
- Bang Sue Container Freight Station, Geotechnical and Soils Evaluation, April 1983.

上記のほか、初期路線調査において分析したバンコックの第１次マストランシットシステム（ＭＴＳ）建設計画の資料は土層縦断面図の作成に参考となった。

(3) 現地作業と室内土質試験

現地調査と室内土質試験はバンコックの地質専門業者ナショナルエンデニアリングコンサルタンツ㈱によって実施された。本調査チームはこの調査、試験の計画および監督を実施したものである。

土質および材料調査の項目と数量はTable 9－17に示した（Fig. 9－17調査位置図参照）。

9.15.3 計画路線沿線の地質概要

南北線および東線沿いの詳細な地質状況をFig. 9－18、Fig. 9－19に示した。抗基礎に適する支持層は地表からの深度20～30m間に伏在する。

上部から表層（表皮）、バンコック軟質粘土層、硬質粘土層および密な砂層の性質を以下に記述する。これらの資料は本調査結果と、他の機関の公表された資料からえたものである。それらの代表的な性質をTable 9－18に示す。

TABLE 9-17 SUMMARY OF ITEMS OF SOILS SURVEY

	Item	Unit	Quantity
a.	Field Works including		
	Machine Boring, for unclassified Soils	meter	160
	Standard Penetration Test	each	80
	Thin-Walled Tube Sampling	each	24
	Dutch Cone Penetration Test	meter	120
b.	Laboratory Test		
	Testing for the Soils taken by Split Sampler	each	24
	Testing for the Soils taken by Thin-Walled Tube (including Consolidation Test)	each	24
	Laboratory Test of Embankment Materials from Borrow Pit (including Sampling)	each	3
	Laboratory Test of Fill Materials available at the Site (including Sampling)	each	10

(1) 表土層

本層は当地域の最上層で層厚0.5～3.0mの範囲で分布する。一般に暗灰色～褐色を呈し、湿乾の繰返しによる亀裂の多い粘土層である。ときには人工的な埋土の場合もある。当層は、正規圧密かわずかに過圧密を示す粘土である。

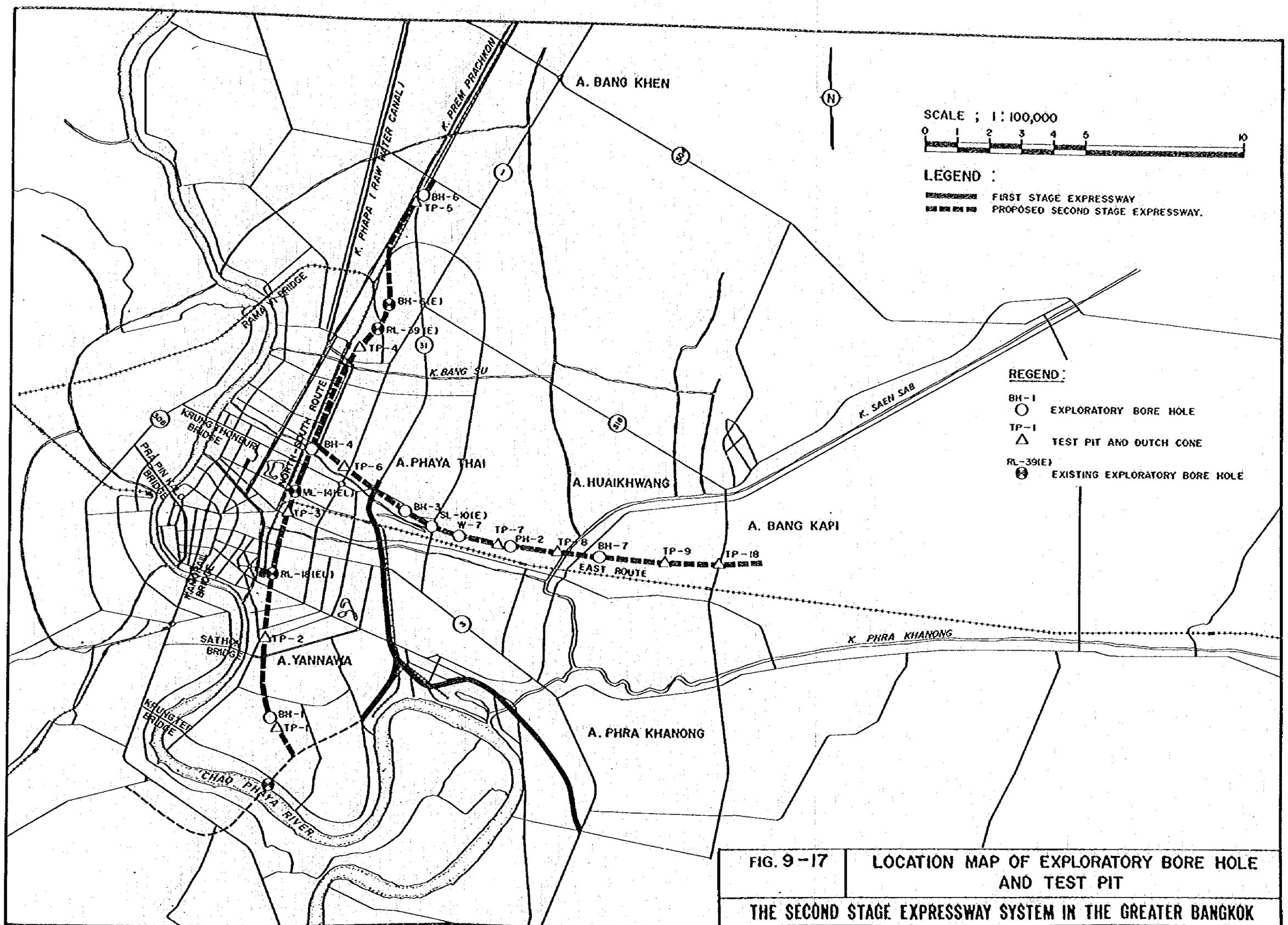
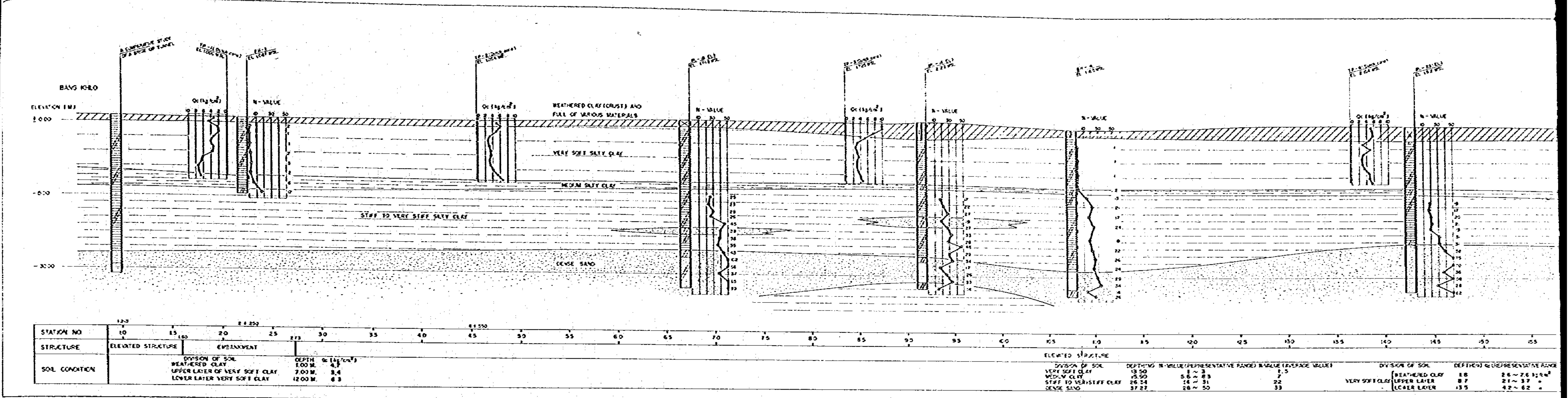


FIG. 9-17	LOCATION MAP OF EXPLORATORY BORE HOLE AND TEST PIT
THE SECOND STAGE EXPRESSWAY SYSTEM IN THE GREATER BANGKOK	


BANG KHLO
ELEVATION (M)
WEATHERED CLAY (CRUST) AND FULL OF VARIOUS MATERIALS
VERY SOFT SILTY CLAY
MEDIUM SILTY CLAY
STIFF TO VERY STIFF SILTY CLAY
DENSE SAND
N - VALUE
STATION NO.
STRUCTURE
SOIL CONDITION
ELEVATED STRUCTURE
EMBANKMENT
DIVISION OF SOIL
WEATHERED CLAY
UPPER LAYER OF VERY SOFT CLAY
LOWER LAYER VERY SOFT CLAY
VERY SOFT CLAY
MEDIUM CLAY
STIFF TO VERY STIFF CLAY
DENSE SAND

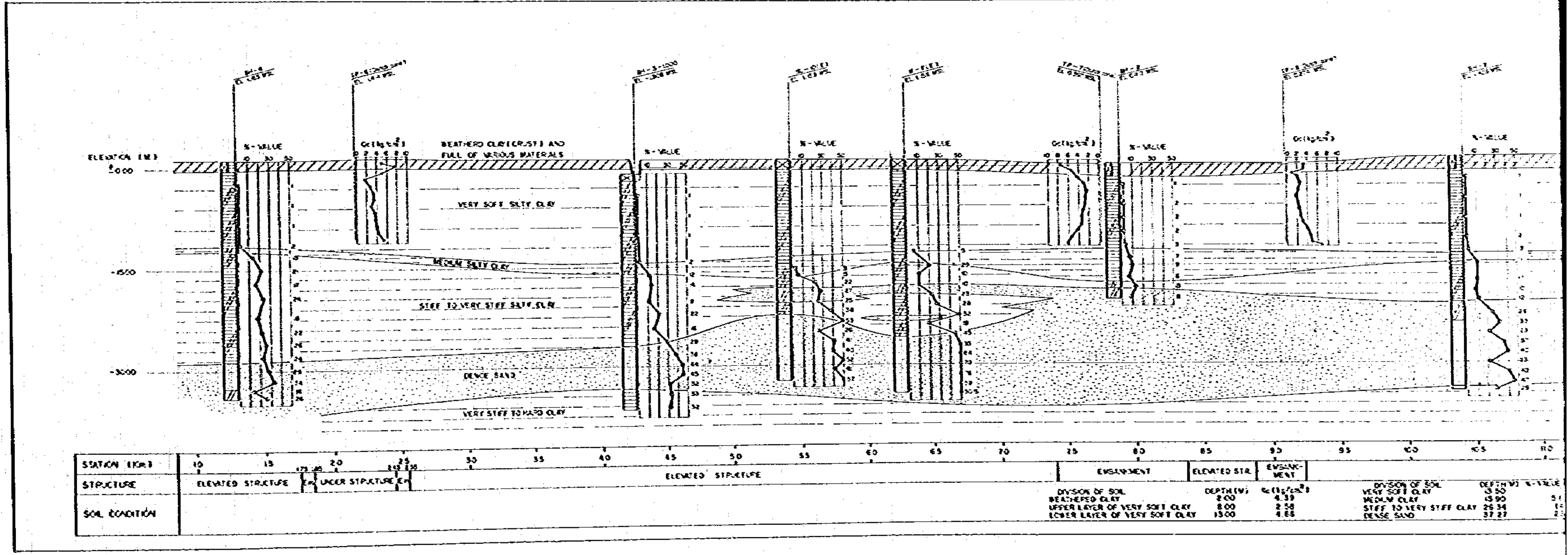
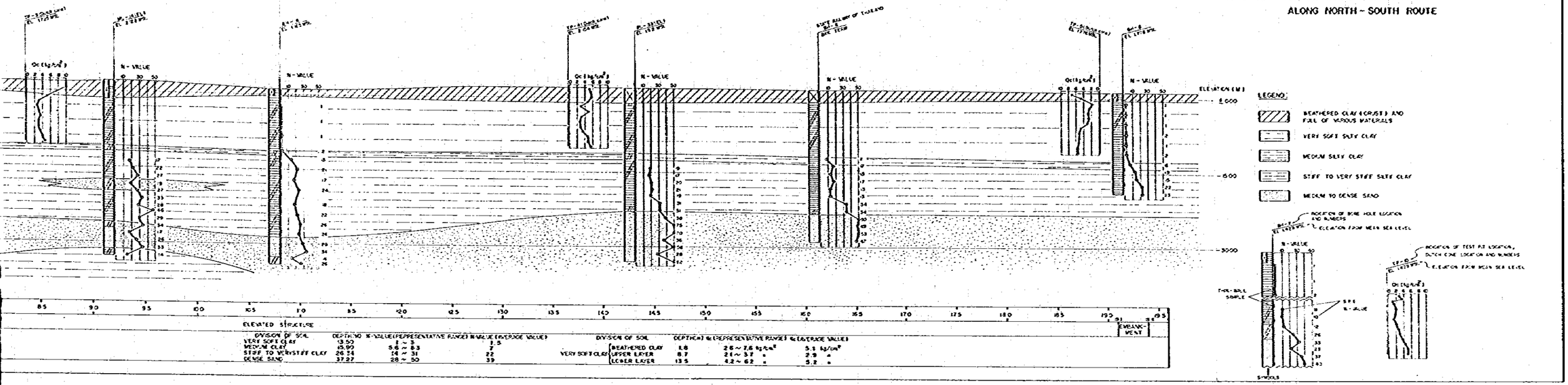

ELEVATION (M)
WEATHERED CLAY (CRUST) AND FULL OF VARIOUS MATERIALS
VERY SOFT SILTY CLAY
MEDIUM SILTY CLAY
STIFF TO VERY STIFF SILTY CLAY
DENSE SAND
VERY STIFF TO HARD CLAY
N - VALUE
STATION (KM)
STRUCTURE
SOIL CONDITION
ELEVATED STRUCTURE
UNDER STRUCTURE
EMBANKMENT
ELEVATED STR.
DIVISION OF SOIL
WEATHERED CLAY
UPPER LAYER OF VERY SOFT CLAY
LOWER LAYER OF VERY SOFT CLAY
VERY SOFT CLAY
MEDIUM CLAY
STIFF TO VERY STIFF CLAY
DENSE SAND

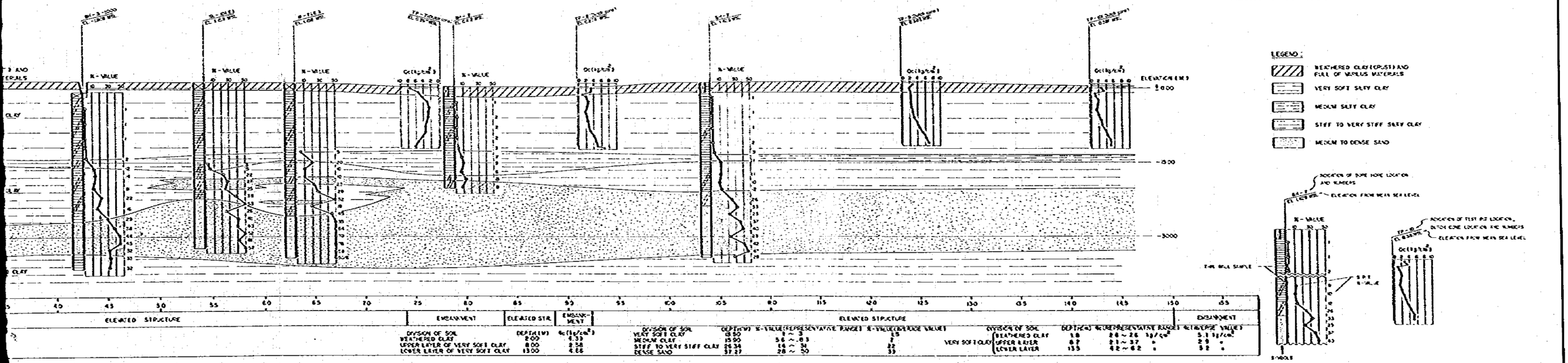
FIG. 9-18 LONGITUDINAL SOIL PROFILE ALONG NORTH - SOUTH ROUTE



DIVISION OF SOIL	DEPTH (M)	N-VALUE (REPRESENTATIVE RANGE)	N-VALUE (AVERAGE VALUE)
VERY SOFT CLAY	13.50	1 ~ 3	1.5
MEDIUM CLAY	15.90	5.6 ~ 8.3	7
STIFF TO VERY STIFF CLAY	26.34	16 ~ 31	22
DENSE SAND	37.27	28 ~ 50	39

DIVISION OF SOIL		DEPTH (M)	Qc (REPRESENTATIVE RANGE)	Qc (AVERAGE VALUE)
BEATHERED CLAY		1.8	2.6 ~ 7.6 kg/cm²	5.1 kg/cm²
VERY SOFT CLAY	UPPER LAYER	8.7	2.1 ~ 3.7 "	2.9 "
	LOWER LAYER	13.5	4.2 ~ 6.2 "	5.2 "

FIG. 9-19 LONGITUDINAL SOIL PROFILE ALONG EAST ROUTE



DIVISION OF SOIL	DEPTH (M)	Qc (kg/cm²)
BEATHERED CLAY	1.8	5.1
VERY SOFT CLAY	8.7	2.9
LOWER LAYER OF VERY SOFT CLAY	13.5	4.66

DIVISION OF SOIL	DEPTH (M)	N-VALUE (REPRESENTATIVE RANGE)	N-VALUE (AVERAGE VALUE)
VERY SOFT CLAY	13.50	1 ~ 3	1.5
MEDIUM CLAY	15.90	5.6 ~ 8.3	7
STIFF TO VERY STIFF CLAY	26.34	16 ~ 31	22
DENSE SAND	37.27	28 ~ 50	33

DIVISION OF SOIL		DEPTH (M)	Qc (REPRESENTATIVE RANGE)	Qc (AVERAGE VALUE)
BEATHERED CLAY		1.8	2.6 ~ 7.6 kg/cm²	5.1 kg/cm²
VERY SOFT CLAY	UPPER LAYER	8.7	2.1 ~ 3.7 "	2.9 "
	LOWER LAYER	13.5	4.2 ~ 6.2 "	5.2 "

TABLE 9-18 TYPICAL PROPERTIES OF SUB-SURFACE SOILS

Item of Soils properties \ Strata		Very soft clay (Soft BKK clay)		Stiff to very Stiff clay		Dense Sand	
		Representative Range	Average Value	Representative Range	Average Value	Representative Range	Average Value
Gradation	Gravel (%)	-		0~1.4	0.4	0~8.6	1.9
	Sand (%)	0.7~31.0	7.6	0.5~12.7	4.9	55.4~90.5	79.4
	Silt (%)	16.2~45.7	28.9	12.4~42.7	27.2	5.8~21.2	12.8
	Clay (%)	39.0~83.0	63.5	47.0~83.0	67.5	0~25.0	5.9
Consistency	Liquid limit W_L (%)	58.9~87.7	73.3	41.1~74.2	57.6	-	-
	Plastic limit Wp (%)	26.5~35.8	30.9	18.0~27.8	22.9	-	-
	Plasticity Index Ip	30.5~54.3	42.4	22.1~47.1	34.6	-	-
Specific Gravity of Soil Gs		2.521 ~ 2.597	2.559	2.525 ~ 2.607	2.566	2.570 ~ 2.680	2.625
Natural state	Water content Wn (%)	59.0~84.2	71.6	20.4~33.8	27.1	15.5~23.7	19.6
	Wet unit rt (t/m^3)	1.551 ~ 1.635	1.593	1.886 ~ 2.109	1.997	-	-
	Void Ratio e	1.486 ~ 2.014	1.750	0.482 ~ 0.811	0.647	-	-
Unconfined Compression	Compressive strength qu (kg/cm^2)	0.269 ~ 0.483	0.376	1.085 ~ 2.061	1.573	-	-
	Modulus of Elasticity E50 (kg/cm^2)	12.0 ~29.5	20.7	61.3 ~149.7	100.5	-	-
Consolidation	Yeild stress of Consolidation Py (kg/cm^2)	0.59 ~0.91	0.75	2.16 ~4.36	3.26	-	-
	Compression Indx Cc	0.64~1.10	0.87	0.13~0.41	0.26	-	-
Classification	Visual classification	CL ~ CH		CL ~ CH		SM ~ SP	
	Unified classification	CH		CL ~ CH		SP	
Field test	N-value	1~3	1.5	Stiff to very stiff clay 14~31	22.4	28~50	39
				Upper zone (Medium clay) 5.6~8.3	6.9		
	Detch cone qc (kg/cm^2)	Weathered clay (crust) 2.6~7.6	5.1	-		-	
		Upper zone 2.1~3.7	2.9	-		-	
		Lower zone 4.2~6.2	5.2	-		-	
Remark							

(2) バンコック軟質粘土層

暗灰色を呈する極軟～中位の粘土である。平均層厚は１４.１ｍで地表からの深度は、１.８～１５.９ｍの範囲で分布する。本層は現世の堆積物であり、非常に圧縮性の高い粘土である。

(3) 硬質粘土層

暗灰色～黄褐色を呈する粘り強い硬い粘土でバンコック軟質粘土層の下位に分布する。層厚は１１.８ｍ～１５.５ｍの範囲で、地表から深度１３.５ｍ～３０.０ｍの範囲に分布する。

(4) 密な砂層

本層は、暗灰色、黄褐色～暗褐色を呈する細粒砂～中粒砂で砂質粘土の薄層を伴う。当層は硬い粘土層の下位に分布し、一般に地表からの深度１９.０ｍ～３７.０ｍの範囲に分布する。本層の上部層厚２～３ｍ間はＮ値８～９を示すが、これ以深のＮ値は、２８～５０以上の範囲にある。

9.15.4 材　　料

材料調査に基づいた試験結果および入手可能な材料の検討結果に基づく、主たる特性はつぎのようである（材料の特性についてはTable 9－１９を参照）。

TABLE 9-19 TYPICAL PROPERTIES OF MATERIALS

Materials / Item of Materials Properties		Weathered Clay (crust)		Laterite		Sand	
		Representative Range	Average Value	Representative Range	Average Value	Representative Range	Average Value
Gradation							
No. 200 sieve passing	(%)	93.6~98.1	94.3	14.5~21.7	13.1	0.2~0.5	0.35
Specific gravity		2.503 ~ 2.563	2.533	2.610 ~ 2.730	2.670	2.61~2.65	2.635
Consistency	Liquid limit (%)	47.6~58.5	53.2	–	25.1	–	–
	Plastic limit (%)	23.7~25.7	24.7	–	15.3	–	–
	Plasticity index	23.4~33.6	28.5	–	9.8	–	–
Unified soil Classification		CL ~ CH		CL		SP	
Compaction T-180	Optimum water Content (%)	16.6~19.4	17.0	6.3~9.3	7.8	–	14.0
	Maximum Dry Density (t/m³)	1.697 ~ 1.771	1.734	2.150 ~ 2.230	2.190	–	1.650
California bearing Ratio (CBR) Modified CBR, Soaked (%)		1.0~3.1	2.1	–	27.0	–	28.5
Remark		o Weathered clays (crust) are laboratory tests results of TP-1 ~ TP-10. o Laterite is produced at Phetchaburi o The sources of sand produced as old river deposit.					

TABLE 9-20 MAIN ROCK SOURCES

Kind of Rock	Production Site	Approximate Distance from Site (km)	Remarks
Limestone	Ratchaburi	106 – 119	Ratchaburi Formation (Carboniferous and Permian)
Shale, Sandstone, Sandy Shale	Othong	100 – 133	Kanchanaburi Formation (Carboniferous Silurian)
Limestone (with Shale, Sandstone Conglomerate)	Lopburi	137 – 159	Ratchburi Formation (Carboniferous Permian)
Ryolite	Saraburi	106 – 115	Pre-Triassic
Granite	Cholburi	89 – 104	(Carboniferous)

(1) 岩石材料

主な岩石材料は Saroburi と Ratchaburi 付近で産する。すなわち、商業ベースでえられるすべての岩石材料は石灰岩であるが、ある量の変成岩は Saraburi 地方の近くで産する。岩石材料の内容は、Table 9－20 に示すように要約される。

利用できる岩石材料の量的な観点と岩石の一般的な性質からみると、コンクリート作業、コンクリート混和剤、アスファルトコンクリートおよび表層地盤処理等に適した岩石材料を入手するのに問題はないと考えられる。

(2) 砂

バンコック地域における砂の強い需要により、多くの既存の砂供給源をつかいきり、かつ新しい砂の供給源をバンコックからかなりの距離の処にたよる結果を招いた。現在、盛土材料に適した細砂の大部分は Kamphaeng Sean で産する。コンクリート作業に適する砂の主な供給源は Kanchanaburi と Rachaburi 地域である。粗粒砂層が底をついてきたため、メコン川産の砂の品質は急速に劣化しつつある。主な砂の供給源は Table 9－21 に示す一覧表のとおくである。

TABLE 9-21 MAIN SOURCES OF SAND

Production Site	Approximate Distance from Site (km)	Remarks
Ayutthaya	68 – 119	Old river deposit
Kanchanaburi Ratchaburi	96 – 119	Old river deposit and terrace
Cholburi	89 – 107	Marine sand and terrace

高品質のコンクリート製造のために、適当な粗粒砂は入手可能である。しかし、粒度と品質検査を行わなければならない。フルイ分け、または洗浄無しに浚渫によって生産、供給される砂は、それゆえにその粒度は絶えず変動する利用水位のように日日変動する。

(3) ラテライト

ラテライトの供給源は、Saraburi, Kanchanaburi および Ratchaburi 地域に位置する。材質は相当な変動を示している。主な供給地を Table 9－22 に示す。

TABLE 9-22 MAIN SOURCES OF LATERITE

Production Site	Approximate Distance from Site (km)	Remarks
Ratchaburi	104 – 126	Borrow pits in piedmont
Kanchanaburi	130 – 167	– ditto –
Saraburi	118 – 148	– ditto –
Prachinburi	122	– ditto –

(4) 加工材料

広範囲の材料と製造施設は現地でえられる。以下のものを使用する場合は適当な量と規格で自由に入手できる。

－セメント、
－瀝青（タール、アスファルト等）、
－丸鋼および異形鉄筋、
－ＰＣ鋼より線（特定品だけ）、
－ＰＣ鋼線、
－ＰＣ桁、
－ＰＣ杭、
－コンクリートカルバートパイプ。

かなりの鉄鋼製品は現地で生産されるが、構造用鋼板および型鋼は輸入に頼っている。

9.1 5.5 基礎の検討

(1) 基礎杭

ＰＣ杭は、バンコック地域で広く入手できる。このタイプの杭は、橋梁および高架橋の基礎として最適である。

(2) 盛土の検討

盛土高が増すにしたがって安全率が減少し、かつ、沈下量が増加する。それゆえ、最小の盛土高（その地区の限界盛土高）の算定は重要なことである。

しかしながら、調査地域の低地の多くは雨期には洪水になりやすい。高速道路舗装面の冠水および舗装の損傷による交通止めを防ぐため、洪水面上に充分な高さの盛土を建設することが必要である。

バンコック軟質粘土においては、圧密沈下は盛土建設後幾年かにわたって生じる。また、第2次塑性沈下は一様な割合で長期間にわたって継続するであろう。

a) 安定度

路線別に盛土高を変化させた場合の安全率は、以下の基準を踏まえ計算した。

- 粘土層の一軸圧縮強度を使用する全応力の分析、半径と円弧すべりの中心は1m間隔とした。
- 盛土は塑性運動のために亀裂が入ることを想定する。そしてそのせん断力は0とし、亀裂は垂直に入ることを想定する。

安全率に対する盛土高の関係はFig. 9－20に示すとおりである。上記の観点から当検討では2m程度の盛土は路肩部分を除いて安定上満足すべきものと推定される。

b) 沈下量

室内土質試験によって全圧密沈下量について正確な指針が与えられるが、これらの沈下が起る時間の推定に問題がある。というのは、この設定が軟質粘土における塑性流動と2次圧密沈下によってさらに複雑となっているからである。2次圧密沈下は土質試験によっては予測できない。

沈下量の計算において与えられる最初の段階は盛土荷重を加えることにより、深度ごとに生ずる応力を決定することである。この応力はブスネスクの式にしたがって計算される。この式はその土性に関連する一連の単純化した仮説をたてているが、概して垂直応力の適正な算定結果をひきだせる。

1次圧密による沈下量の算定において、いくつかの盛土の下で各圧密層の沈下量を求めるため、垂直応力、それに対応する間隙比および圧密曲線の平均値を使用した。盛土高1.45mおよび2.65mの沈下量の計算結果をFig. 9－21に示す。

以下に述べている事項はとくに強調されなければならない。すなわち、これらの沈下は盛土による発生追加圧力期間中に起る1次圧密沈下であり、さらにクリープ等の要因による2次圧密がこの1次圧密沈下量に追加される。

c) 不等沈下

バンコック軟質粘土上に道路用盛土を建設するとかなり大きな沈下量をもたらす。もし、この沈下量が盛土区間中一様であるならば、ほとんど舗装の損傷はないし、盛土の品質は維持される。

しかしながら、大巾な不等沈下が盛土の部分で起るならば、舗装は重大な損傷を蒙ることになる。不等沈下は盛土と剛構造の接点において最も起りやすい。

不等沈下の影響を減ずるために有効ないくつかの方法を検討した結果、つぎの事項が決定された。ベアリングユニット工法（杭付きアプローチスラブ）は、不等沈下を減少させる工法として最も有効であることが判明したので、この工法は各々の構造物に適用されなければならない。

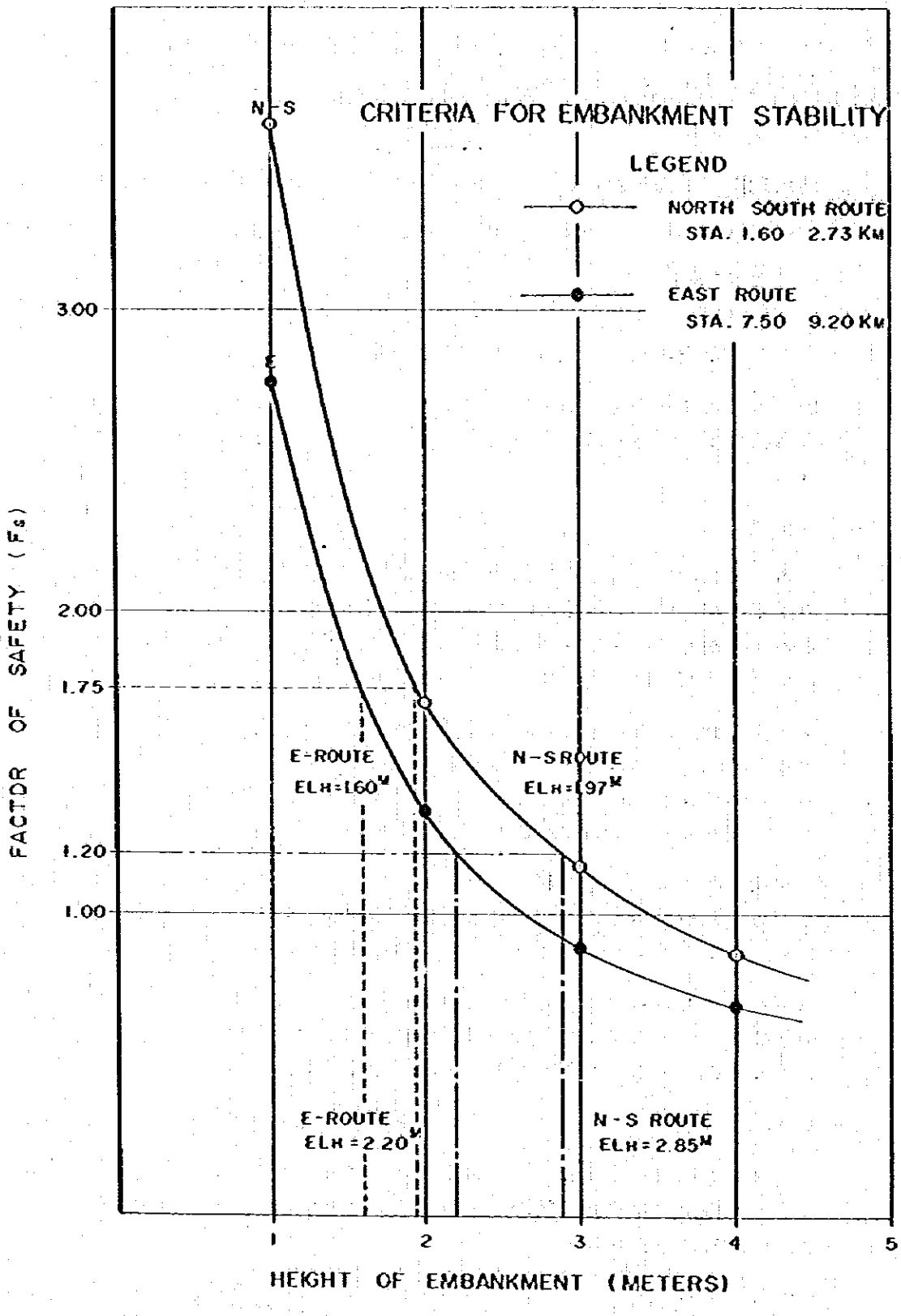


FIG. 9-20 EMBANKMENT HEIGHT AND FACTOR OF SAFETY

THE SECOND STAGE EXPRESSWAY SYSTEM IN THE GREATER BANGKOK

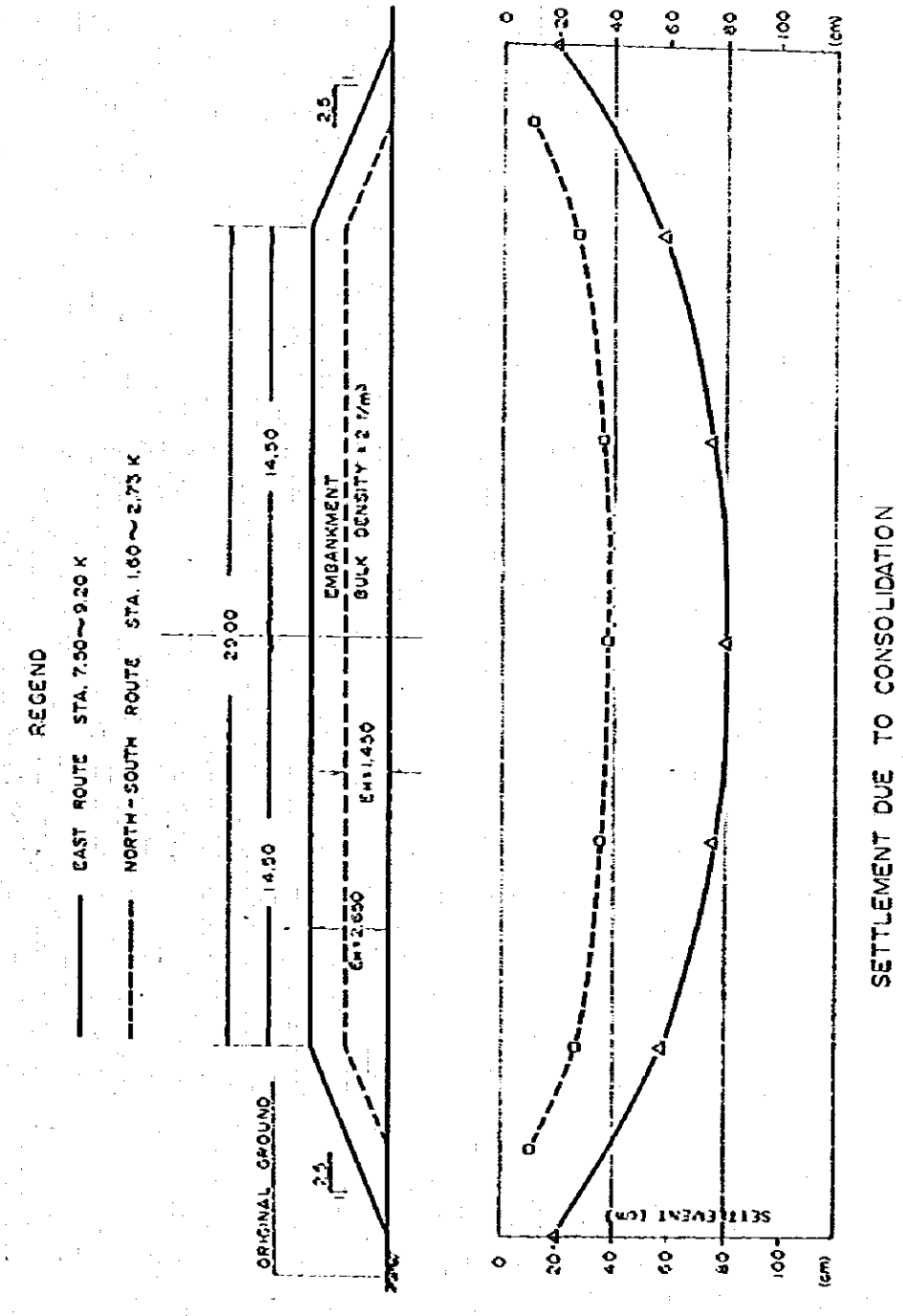


FIG. 9-21 SETTLEMENT DUE TO CONSOLIDATION

9.16 水文解析

9.16.1 目　的

本解析の目的は、水文・水理的観点から、橋梁および排水構造物の設計に必要な基礎資料を提供し、さらに、道路縦断計画に必要な最低計画高を決定することにある。

9.16.2 現地踏査

調査地域における水文資料内容の実体を把握するため、関連地域の入念な現地踏査を実施し追加資料をうるとともに、予備設計に対して完全な基礎資料を提供するため、解析と踏査を繰り返し実施した。Fig. 9－22に、調査地域における水文現況を示した。

9.16.3 気　象

風象は、3タイプに分けられる。

－モンスーン性北東風（10月下旬～2月中旬）涼期、
－非モンスーン性北東風（2月中旬～5月中旬）暑期、
－モンスーン性南西風（5月中旬～10月中旬）雨期。

バンコック首都圏における年平均降雨量は1,464 mmである。降雨は、強度が高く短継続時間の熱帯降雨特性を示す。気温は、バンコックで年平均28℃、最高暑月は5月で35℃を示す。

9.16.4 水文現況

(1) チャオプラヤ川

チャオプラヤ川流域は、山岳部、北部山間部および中央部により構成され、その境界は北部タイ－ビルマ国境から南のタイ湾にまでわたり、タイ国土面積の31%に相当する177,550 Km²の広さを有する。南部流域は、チャオプラヤ川の送流土砂の沈降、堆積作用により発達したバンコック平原と呼ばれる広大な沖積平野である。この平野には、水田耕作のための用排水路および運河が多数発達している。

地形勾配は、非常に平坦なデルタ地帯であり、表層は層厚の厚い難透水性の粘土に覆われている。また、平野の起伏差は1m以内であり、平均地盤標高は海抜1.5mである。このような低平地であるために、雨期の終り頃は、降雨とチャオプラヤ川の水位上昇に帰因して内水排除不良となり、しばしば地表約50cmの洪水を生じさせている。

(2) バンコック首都圏の内水排除の状況

バンコック首都圏には、都市排水、灌漑および水上輸送路のためのいくつかの主要運河がある。チャオプラヤ川よりバンコックへ給水するため、Prapa運河という取水路がRama II道路沿いにあり、MWWAによって管理されている。

通常、沖積低平地に発達した運河は感潮しており、動水勾配は1／10万～1／5万程度と見積られる。

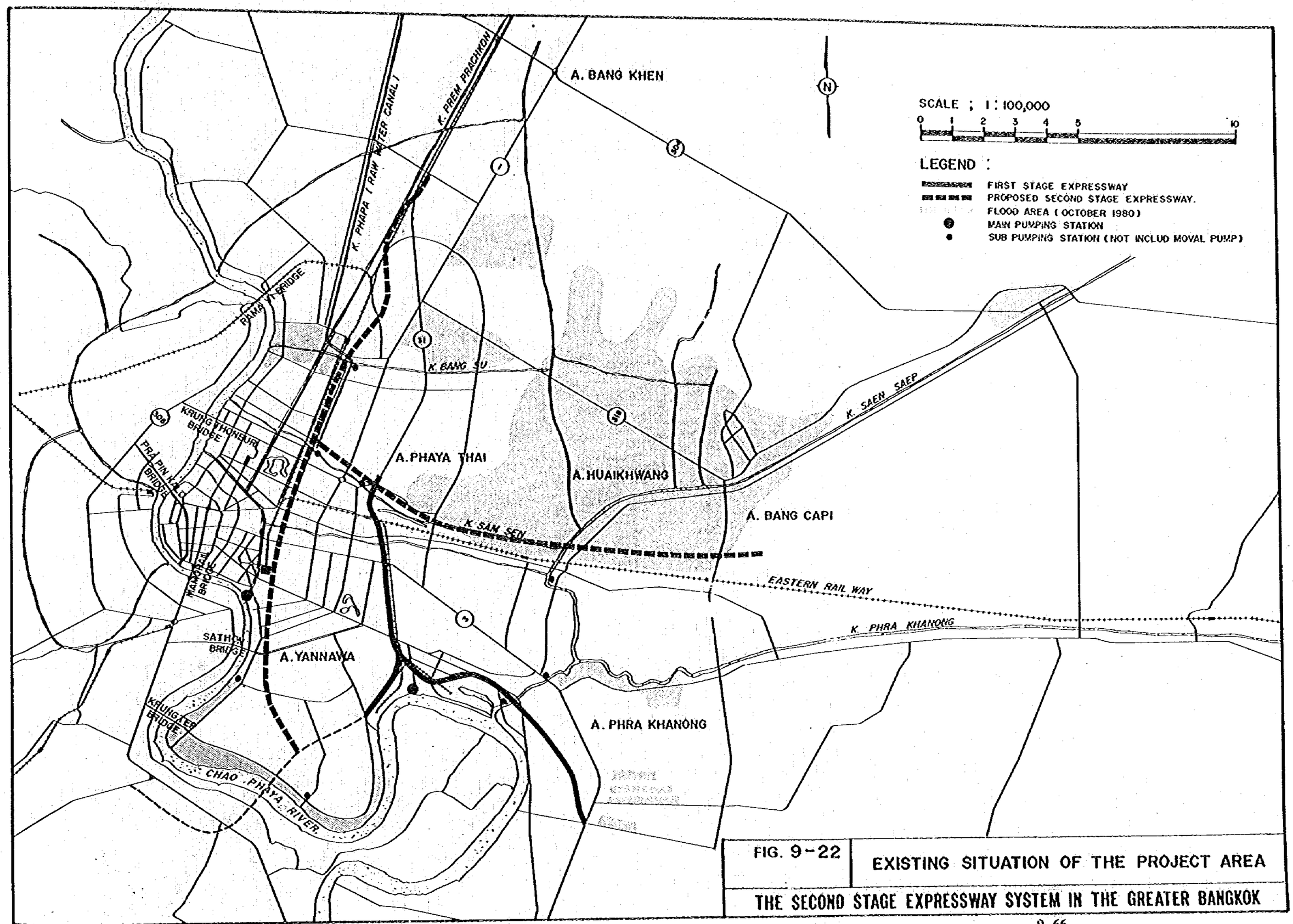


FIG. 9-22 EXISTING SITUATION OF THE PROJECT AREA

THE SECOND STAGE EXPRESSWAY SYSTEM IN THE GREATER BANGKOK

既存の水路と急速な都市化を省みてCamp Dressor & Mckee が１９６８年都市排水および氾濫防御のためのマスタープランを作成した。現在、BMAがDOHおよびＲＩＤ（タイ灌漑局）と協同でさらに全域にわたる適切な排水システムを見いだすべく、同マスタープランの修正を行っている。

(3) バンコック首都圏における洪水状況

首都圏における近年の大きな洪水は、１９６４年、１９７５年、１９７８年、および１９８０年に生じており、このときのチャオプラヤ川の高水位および降雨量をTable ９－２３に示す。

TABLE 9-23 RECORD OF THE RECENT FLOOD IN GBA

Year	Month	Max. Water Surface Level (m)	Monthly Rainfall (mm)	Max. Daily Rainfall (mm)	Max. Hourly Rainfall (mm)
1964	Sept.	+1.20	402.9	114.9	28.5
	Oct.	+1.68	100.2	-	18.1
	Nov.	+1.74	10.0	-	5.7
1975	Sept.	+1.46	211.5	68.3	37.2
	Oct.	+1.78	261.5	-	41.3
	Nov.	+1.99	35.0	-	16.4
1978	Sept.	+1.44	274.7	-	32.8
	Oct.	+1.99	102.5	34.0	30.7
	Nov.	+1.86	0.6	-	0.6
1980	Sept.	+1.58	352.3	-	42.1
	Oct.	+1.85	324.5	84.1	54.9
	Nov.	+1.92	33.9	-	9.4

Notes: 1. Rainfall recorded at Bangkok Metropolis, Station 48455.
2. Maximum water surface level recorded at the Memorial Bridge.

このうち、１９７５年の洪水が最も規模が大きく約２ケ月間にわたり首都圏内に大規模な洪水地区が観測された。これら洪水の原因は、主として以下の諸点にあると考えられる。

- チャオプラヤ川の洪水量、
- タイ湾（シャム湾）の高潮、
- 降雨強度の高い地域雨量、
- チャオプラヤ川よりの運河内の背水影響、
- 都市化の進展による流出係数の増大と降雨貯留能力の減少、
- 既存排水施設の能力不足。

9.16.5 降　雨

(1) 概　要

バンコック首都圏では多点観測体制が１９５１年から布かれている。降雨の分布状況は、季節的なモンスーンの吹く方向により変る。雨期には５月中旬から１０中旬にかけて、南西方向のモンスーンがインド洋から湿った空気を運んでくる。

また、熱帯低気圧性の暴風雨が８月～１０月にタイ湾に接近する。一般的には南西のモンスーンのもたらす降雨の方が支配的である。

(2) 短時間降雨強度－継続時間曲線

短時間降雨強度－継続時間曲線は、排水施設計画に供されるが、これはＤＯＨより入手したものである。これをFig.9－２３に示す。これらの曲線は２時間以内の短時間継続降雨に適用した。

(3) 長時間降雨強度－継続時間曲線

長時間継続時間での降雨解析のために、バンコック観測地点の１９５１年～１９８１年間の年最大の日および時間雨量を収集した。

長期の年月にわたる降雨状況は確率処理をして推計することとしTable９－２４の確率雨量値を使用した。

TABLE 9-24 RAINFALL PROBABILITY

Return Period (Year)	Daily Rainfall (mm)	Hourly Rainfall (mm)
5	116.0	73.8
10	134.4	86.1
20	151.8	98.2
25	157.0	101.5
50	174.0	113.5
100	190.6	124.9

9.16.6 流　出　量

(1) 概　要

十分な道路排水設備は、道路維持管理および交通安全確保のために必要不可欠である。留意すべき流出対象区分は以下のように考えた。

－地表排水（ＲＯＷ内の舗装面、盛土斜面からの流出）、
－近接地域排水（ＲＯＷ外の草地原野、住居地からの流出）、
－水面排水（道路が運河等を横断する々所での水域区の流出）。

(2) 流出量の算定

排水施設システムのための流出量の算定は合理式による。

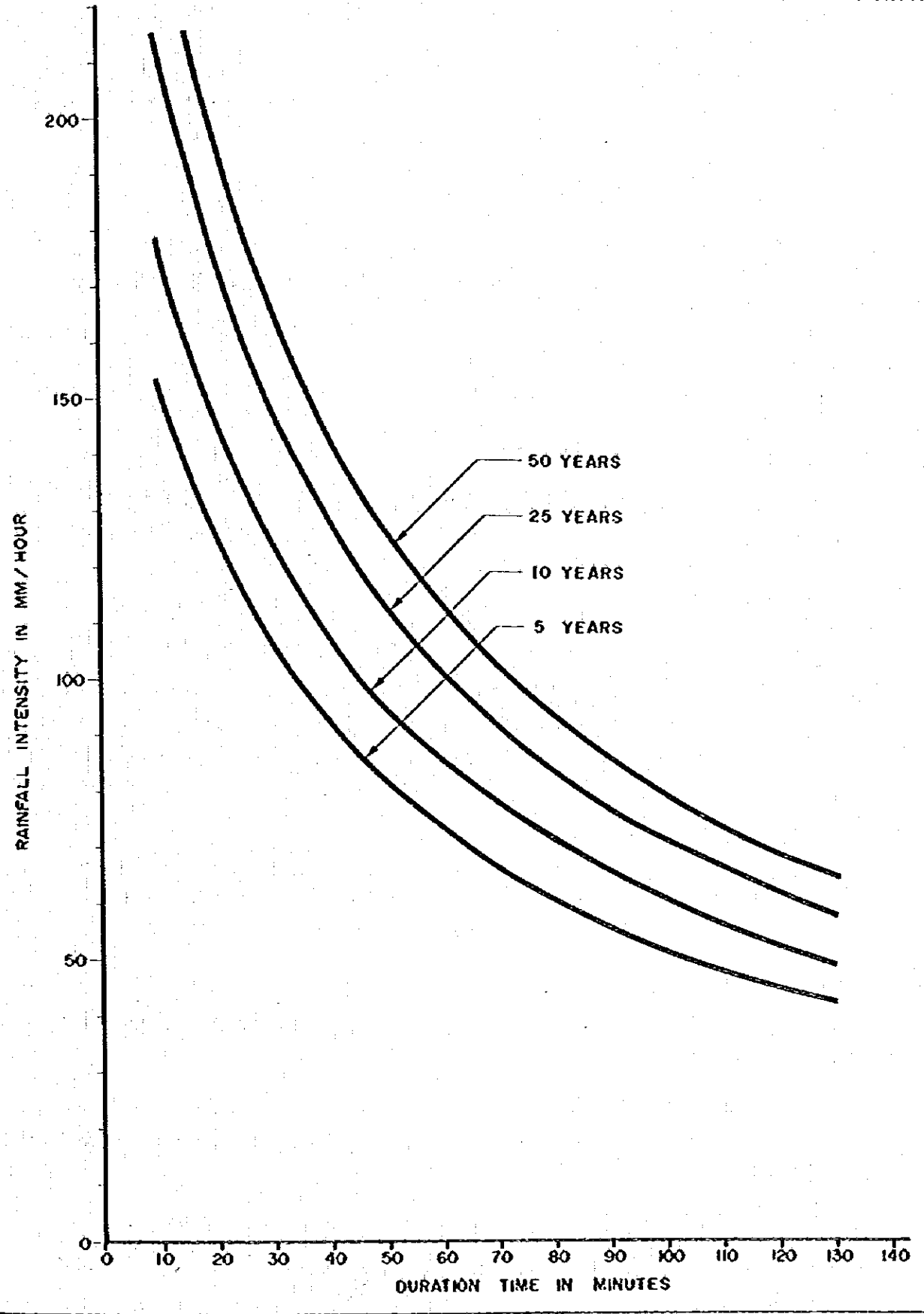


FIG. 9-23 INTENSITY - DURATION - FREQUENCY CURUE IN BANGKOK METROPOLIS

(3) 流出係数

流出係数の推定については、排水区相互間に差があるので個々の排水区の地質的、地表状況に対し十分考察を加えねばならない。こゝでは以下の係数を決定した。

排水区の状況	流出係数(C)
舗装路面	0.95
盛土斜面	0.35
草　　地	0.30
水　　田	0.70
耕地(畑)	0.20
住 居 地	0.60

(4) 降雨強度

降雨強度はFig.9－23の確率降雨強度継続時間曲線から求める。同表を到達時間が2時間以内の場合に適用した。

9.16.7 水理計画

(1) 路面および路面側方の排水

路面の雨水は、車道、路肩の横断勾配により流出する。盛土タイプの道路構造では、盛土斜面を排水面として法尻部の側溝に雨水を導く方式が最も経済的である(薄層流斜面とする)。もし、斜面が植生を施され、かつ、均一の法面である場合は、盛土高からみて侵食上の問題はない。斜面の勾配、側溝の大きさは、流下能力のうえからも検討される必要がある。

高架道路での排水は、路面排水のみであるので、流入→立樋→地下雨水渠のマンホールまたは既存の運河の須に排水系統を考える。全体排水系統のなかでは、運河(クローン)が主排水路の役割を果すこととなる。

(2) カルバート

カルバートのタイプおよび寸法決定にあたっては、設計流出量の通水が可能であり、水理的に有利な形状を選定する必要がある。

とくに当調査における低平地での道路横断カルバートは、ほとんど洪水期には水面下にあることになり断面は上流の許容水位以上に水位上昇を促進させないだけの断面が必要である。

(3) 通水能力の算定

開水路、パイプ、ボックスカルバート等の通水能力の算定にあたってはマニング式を使用した。

9.16.8 盛土区間における洪水位

(1) 概　要

計画地区内の地形は非常に平坦であり、標高は海抜1.0～2.0mである。その結果、東西および南北の2路線の盛土計画区間では、恒常的な洪水を予想すべきである。

また、地盤が軟質粘土であるため、盛土による地盤沈下、および盛土自体の安定性も洪水位と関連付けて検討しなければならない。

舗装に関しては毛管水の浸潤による劣化も考えられ、ある程度のフリーボードを確保できる最適な盛土高を考える必要がある。

(2) 計画洪水位

当該地の洪水は、潮汐応答の河川氾濫と特徴付けられる。Fig.9－24は、チャオプラヤ川のPak Nam － Bang Sai間での確率水位を表わしたものである。

盛土区間近辺での既往洪水による洪水痕跡を調べるために現場踏査を実施した。調査方法は、居住者へのインタービューと既存資料の検討によった。その結果をTable 9－25に示す。

TABLE 9-25 SURVEYED FLOOD STAGES AT EMBANKMENT SITES

Route	Station	Annual Flood Stage (above MSL)	Maximum Flood Stage (above MSL)
East Route	8 km + 000	+1.3 ~ 1.5 m	+1.5 ~ 1.8 m
	8 km + 800	+1.4 m	+1.7 ~ 1.9 m
N-S Route	2 km + 300	+1.5 m	+1.7 ~ 1.8 m
	2 km + 400	+1.4 m	+1.7 m

今後の洪水対策計画を期待せず、諸検討結果およびチャオプラヤ川の確率水位から判断して、盛土区間における計画洪水位を表9－26に示す値とする。

TABLE 9-26 DESIGN FLOOD STAGES AT EMBAKMENT SITES

Route	Station	Design Flood Stage (above MSL)
East Route	8 km	+ 2.00 m
N-S Route	2 km	+ 1.90 m

(3) 盛土区間における路面仕上り高

最終仕上り高は、毛管水の浸潤防止を加味して最少フリーボード50cmを加え、Table 9－27に示す値を提案することとする。

TABLE 9-27 FINISHED GRADE OF AT-GRADE EXPRESSWAY

Route	Station	Design Flood Stage (above MSL)	Freeboard	Crossfall and Profile	Proposed Finished Grade (above MSL)
East Route	8 km	+ 2.00 m	0.50 m	0.5	+ 3.00 m
N-S Route	2 km	+ 1.90 m	0.50 m	0.5	+ 2.90 m

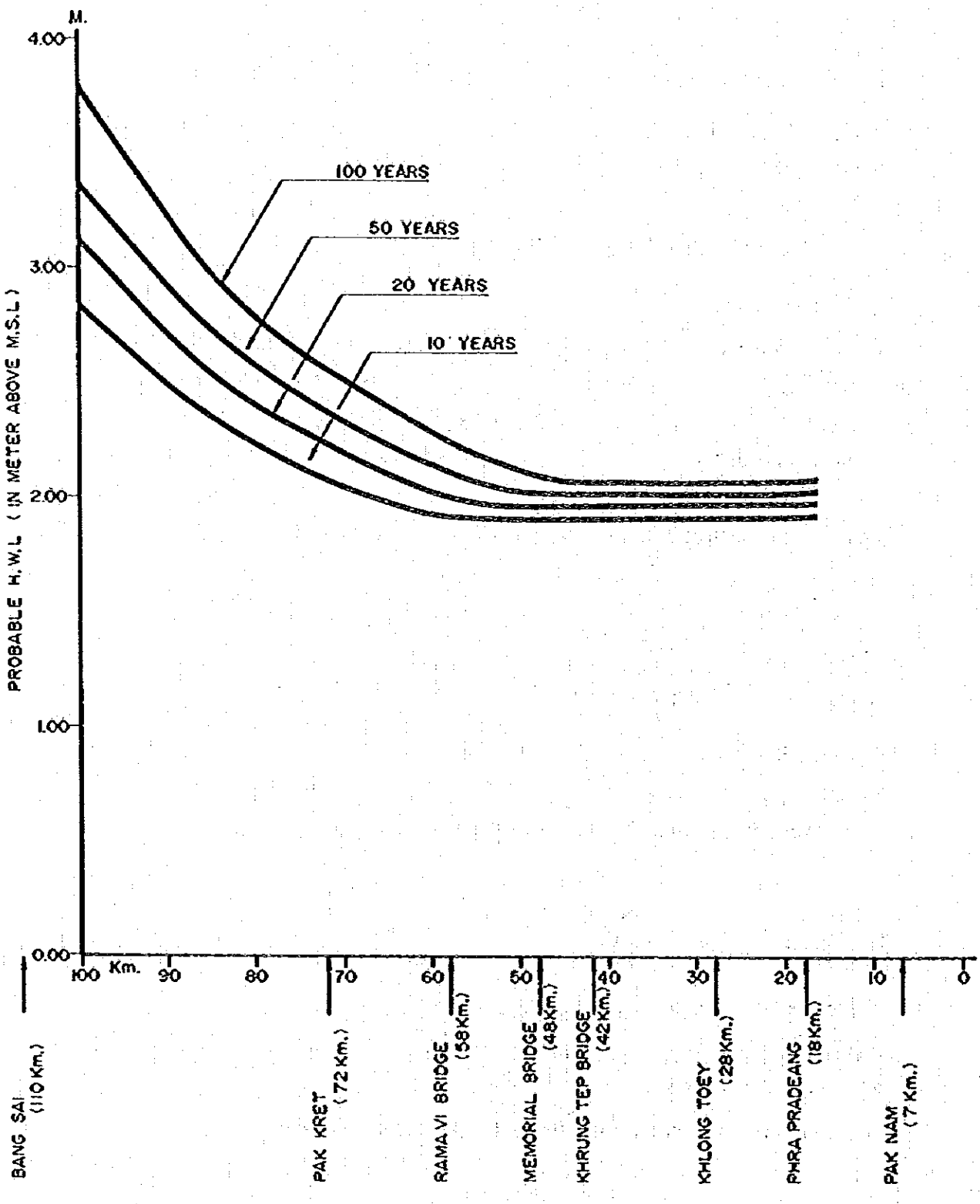


FIG. 9-24 PROBABLE FLOOD STAGES BETWEEN PAK NAM AND BANG SAI

THE SECOND STAGE EXPRESSWAY SYSTEM IN THE GREATER BANGKOK

9.16.9 Victory Monument 付近のアンダーパスの排水計画

(1) 流出計算

流出量は以下の合理式により計算をする。

$$Q = \frac{1}{3.6} \times C \times I \times A$$

where: Q = Run-off in cubic meters per second;
C = Coefficient representing the ratio run-off to rainfall = 0.95;
I = Intensity of rainfall, in millimeters per hour for the estimation time of concentration = 101.5;
A = Drainage area in square kilometers = 0.023.

Therefore,

$$Q = \frac{1}{3.6} \times 0.95 \times 101.5 \times 0.023 = 0.62 \text{ m}^3/\text{sec.}$$
$$= 37.0 \text{ m}^3/\text{min (25-year frequency at 1.0 hour concentration time)}$$

(2) ポンプの台数と出力

ポンプ井は、アンダーパス最低路面以下に設置し、緊急用のディーゼルエンヂン発電ユニットとともに下記仕様のポンプを考えた。

台　数 ……3台（内1台は予備）、
容　量 ……18.5㎥／㎜、
全揚程 ……11m、
出　力 ……55KW／台、

(3) ポンプ井

ポンプ井容量は、約90㎥とし、Fig.9－25に示すように制室をポンプ井とともに設置した。また、ポンプ井の維持管理用に、口径80㎜×5.9KWの水中ポンプを設置した。

(4) 機器リスト

下記機器を、配管施設、電力供給施設および各制御施設とともに設置する。

－主ポンプ（400φ×18.5㎥／分×11m×55KW）3台、
－水中ポンプ（80φ×0.6㎥／分×15m×5.7KW）1台、
－操作盤、
－受電盤、
－変圧器、
－緊急用自家発電機。

(5) 操作室および吐出管

操作室はアンダーパス近傍で洪水を避けうるように設置し、各種制御盤、変圧器、発電機等の内装のため十分な広さを確保する。

吐出管は5.000㎜とし、新設のボックスカルバートに吐出し、Sam Sen 運河に放流する。

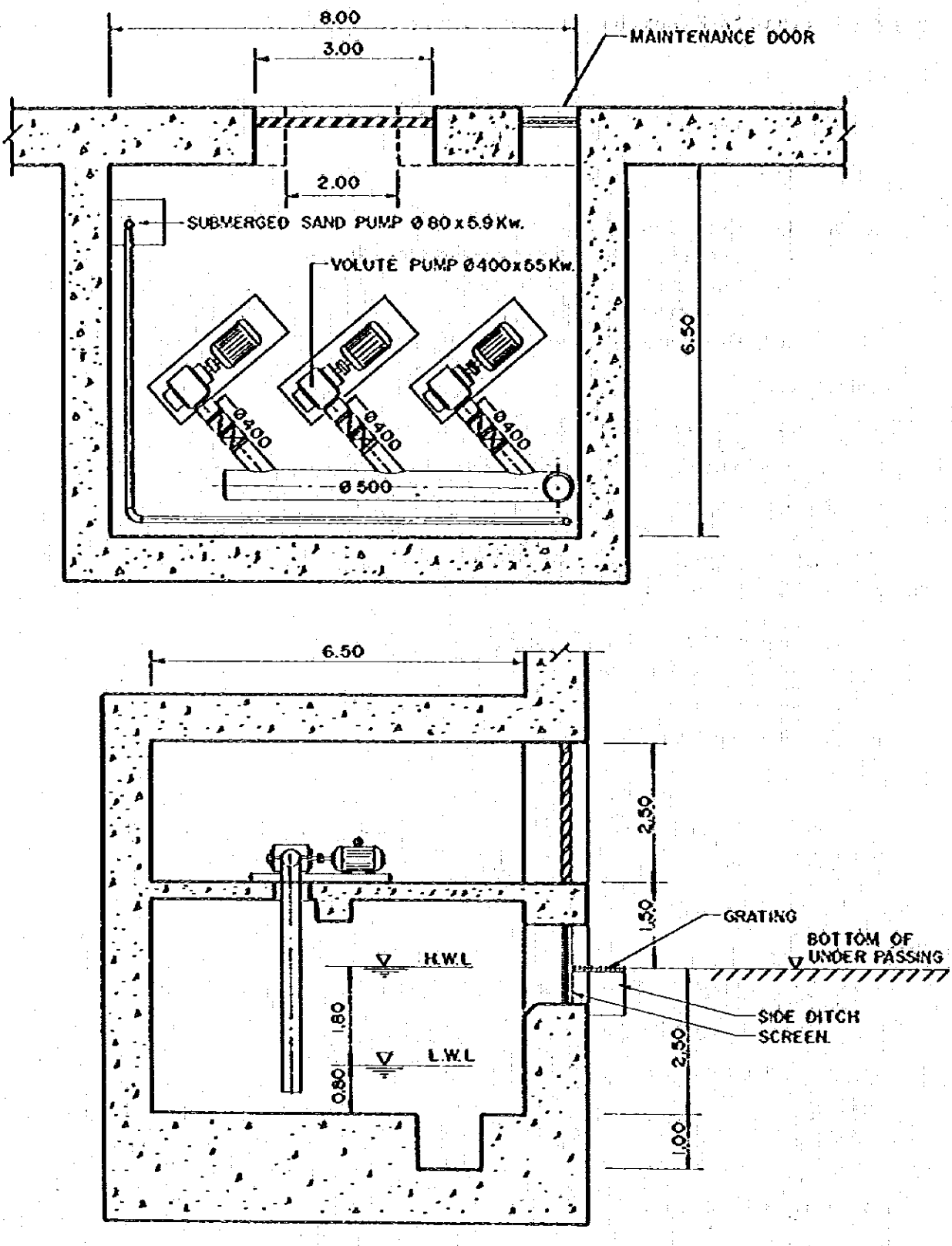


FIG. 9-25 OUTLINE PLAN OF PUMP STATION

THE SECOND STAGE EXPRESSWAY SYSTEM IN THE GREATER BANGKOK

9.17　道路照明とその他附帯電気施設

9.17.1　概　　要

道路照明施設設置の目的は、薄暮・夜間等に発生しやすい交通事故の減少を図ることにある。また、照明施設の設置は、有料道路を利用者にとってより魅力的なものにすることにも役立つ。

9.17.2　適用範囲

本調査における照明施設の設置対象はつぎのとおりである。

- 有料道路本線、
- ランプウエイと本線の重要な分合流点を含むインターチェンジ、
- 料金所広場を含む流出入ランプ、
- 料金所、
- ＣＣＴＶ、道路標識、制御システム等の補助システム、
- 料金所建屋や附帯施設用非常用電源設備。

9.17.3　高速道路照明設備の設計基準

本調査において、つぎの設計基準に準拠した。

- 道路照明設置内規、「米国道路輸送協会（ＡＡＳＨＴＯ）」、
- 道路照明施設設置基準、「建設省、日本」。

9.17.4　設計照度

本調査における設計平均照度はつぎのとおりである。

- 本線上の照度：２５ルクス、
- インターチェンジとランプウエイの照度：２５ルクス、
- 料金所広場の照度：４０ルクス、

使用光源は、高圧ナトリウムランプ２５０－４００Ｗとする。

これらの諸条件はすでにＦＥＳで実施されているのでこれを踏襲した。

9.17.5　高速道路照明および非常用電源設備の設計概要

(1)　灯具の選定

灯具型式はつぎのとおりとする。

設置ケ所	型　式
本　線	カットオフ型
ランプその他	同　上
料金所広場	投光照明または カットオフ型

(2)　光　源

広範囲のエリアを長時間にわたり照明し、さらに維持管理の省力化を図る必要があるので、長寿命、高い信頼性、高効率そして高容量の光源を選定することにした。

現在、こうした要求事項を満たす光源として、つぎの３型式が考えられる。

－蛍光水銀灯、

－低圧ナトリウム灯、

－高圧ナトリウム灯。

高圧ナトリウム光源が、高効率、長寿命、既存施設との整合性を保持しているので、本調査における光源として推奨する。

(3) 安定器

高圧ナトリウムランプ用の安定器は進み力率型とする。

(4) 灯　柱

光源の取りつけ高さは所要路面照度や運転者に与える許容グレアによって定められる。グレアを抑えるためには、一般的に容量の大きい光源を路面からできるだけ離して設置することである。灯柱の高さとその設置間隔は相互に関連性がある。推奨する灯柱はTable ９－２８に示すとおりである。

TABLE 9-28 RECOMMENDED TYPE OF LIGHTING COLUMN

Location	Column Height (m)	Overhang (m)	Slope Angle (degree)	Standard Spacing (m)
Throughways	11	2.5	5	39
On/Off Ramps	9 ~ 10	2.0	5	–
Toll Plaza	14	–	–	–

(5) 料金所広場照明

料金所広場の照度は前述したように４０ルクスであり、高さ１４ｍの投光照明を、演色性を改良した水銀灯光源によって行うこととする。この光源は演色性が良いうえにつぎの特性もあるので高圧ナトリウムに代って選定した。

－料金所広場は、（車線変更、ブースでの一時的な停車、加・減速等の）運転操作が必要なため、視環境の改善・向上が望まれる。
－料金所係員による車両区分の容易な見分け。
－料金の容易な確認。

(6) 料金所建屋照明、非常用電源設備

料金所建屋照明は、既存料金所建屋と同じ照度とし、光源は蛍光灯とする。

電気系統は、３相４線、５０サイクル、２２０／３８０ボルトとする。非常用電源設備はディーゼル発電機による方式とし、料金所広場を含む料金所設備の全体を十分に照明する容量を保持するものとする。

(7) 交通標識の照明施設

道路案内標識板は、道路利用者の視覚的要求を満たすため外照式照明を行うこととした。光源は蛍光灯とし、各ランプ容量に見合った安定器とし、灯具は標識板取付架台に固定することとする。

9.18 交通管制システム

9.18.1 概　　要

高速道路において交通渋滞が発生すると、迂回やルート変更などが容易に行えないため、一般主要道路に比べ高速道路上の車両の対応はより深刻な事態を迎え、円滑な交通の流れが阻害されるし、高速道路の機能としての高速性、高効率、利用者の便益を維持することが難しくなる。

したがって、つぎの事項を目標とし、良好な交通環境保持のため交通管制システムを確立することが重要である。

すなわち、その目標とは

－利用者に不必要な走行時間や走行距離を負担させない。
－安全性、快適性、利便性の保持。
－包括的道路網における交通容量の低下防止。

交通管制システム設立の第1段階は、交通監視のための検知システムの設置および状況の変化に対応して最適の交通案内をすることである。広義の意味において、交通管制システムには、組織、巡回システム、交通監視、交通規制の強化、そして種々の交通管制機器・装置や補助施設が含まれる。

しかし、本調査ではＳＥＳに関係する重要なシステムを主に対象として取り扱う。非常電話システムと交通管制装置は他の項で別に述べることとする。

9.18.2 既存の交通管制システムの評価

(1) 組　　織

ＥＴＡの組織において、安全救助・交通管制課（ＳＲＴＣＳ）は業務部の管理のもとに設置されている。ＳＲＴＣＳは警察署と協力して高速道路の交通管理の責任を担っている。ＥＴＡの規制によると、交通管理業務は交通監視・交通規制の施行、交通管制、および救助・事故処理からなっている。

(2) 現在の交通管制施設・装置

現在の交通管制センターは Port 流出入ランプ内のＥＴＡ高速道路管制センター内に設けられ、つぎの構成装置により運用されている。

－交通監視用ＣＣＴＶシステム（これらはインターチェンジ、主要料金所広場および本線上の要所にモニターテレビを設置している）。

－本線の路側部に1Km間隔で設置された非常電話。

－可変式標示板（マトリックスサイン）。

－各料金所に設置された車両検知器。

高速道路における交通状況の情報は、車両検知器、ＣＣＴＶ、ＥＴＡの道路監視員、ＥＴＡや警察のパトロールにより集められる。情報の取受けを行なうオペレーターは交通管制センターからの指示やメッセージをマトリックスサイン、料金所、警察車、消防車、救急車、ＥＴＡのパトロールカー等へ伝達する。

Fig.9－２６に現在の交通管制システムの概要図を示す。

9.18.3 提　言

(1) ＣＣＴＶシステム

ＣＣＴＶの設置目的は交通状況の変化を速やかに目視により検知することである。情報は交通管制センター内のモニターに伝送される。したがって必要な１ケ所を操作盤から操作し、モニターテレビ画面上で監視できる。

ＦＥＳで採用されている現ＣＣＴＶの概要は変更せず、ＳＥＳに適用できる。ＳＥＳ用のシステムの拡張は現システムへＣＣＴＶ端末を追加すれば良い。

したがって、ＦＥＳとＳＥＳを包含した新しい監視システムは統一的で効率的な監視網の確立することとなるであろう。ＣＣＴＶ用カメラの全体的な配置計画をFig.9－２７に示す。既存の交通管制センターの諸設備は必要に応じて拡張すべきである。

(2) 交通量検知システム

現在、ループ型検知器が各流入ランプに設置されており、通過車両数データーが料金所事務所内に設置された端末処理装置に送られ処理されたのち、交通管制センターに送られ交通量の総集計が行われている。

現在の交通量検知システムは、主に徴収された料金の照合に利用されている。しかし、高速道路における交通量の増加により、他の事象の検知の必要性も本システムに求められてくる。すなわち

－高速道路での交通流の解析、
－交通渋滞の予知（場所と渋滞の度合い）、
－交通信号や可変式情報板の制御（マトリックスサイン）。

ループ型車両検知器を、これらの目的のためにも各流入ランプに設置するだけでなく本線上の要所にも設置することを提案する。車両検知器の配置計画をFig.9－２８に示す。

混雑区間へ向かう交通の流れは、流入ランプの前方に新しくマトリックス型の可変標識板を設け車両を他へ迂回させることで制御することが可能となる。

(3) 機能拡大された交通管制システム

機能拡大を計画した交通管制システムの提言の骨子をFig.9－２９およびTable 9－２９に示す。

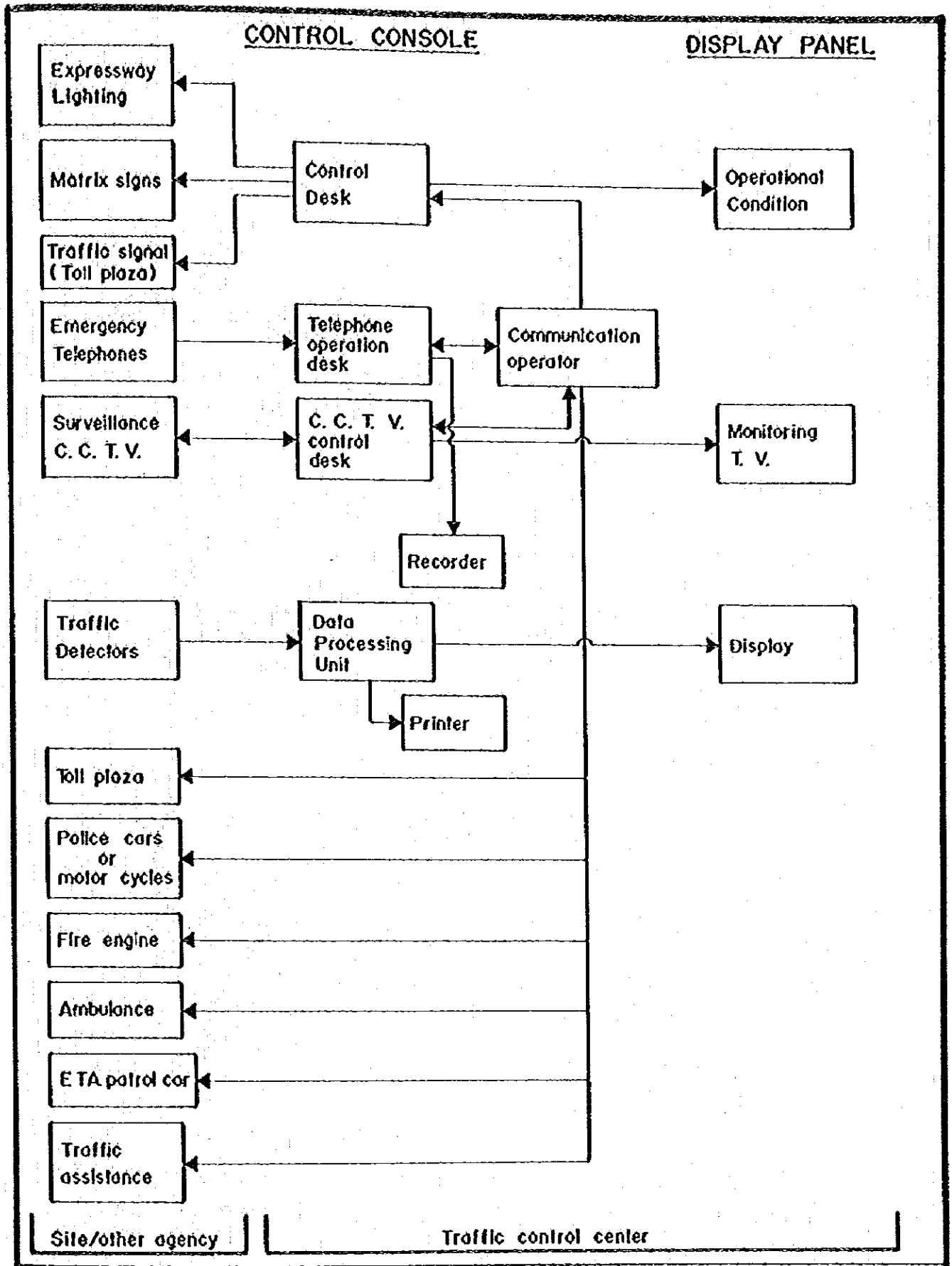


FIG. 9-26

SCHEMATIC DIAGRAM OF EXISTING TRAFFIC CONTROL SYSTEM

THE SECOND STAGE EXPRESSWAY SYSTEM IN THE GREATER BANGKOK

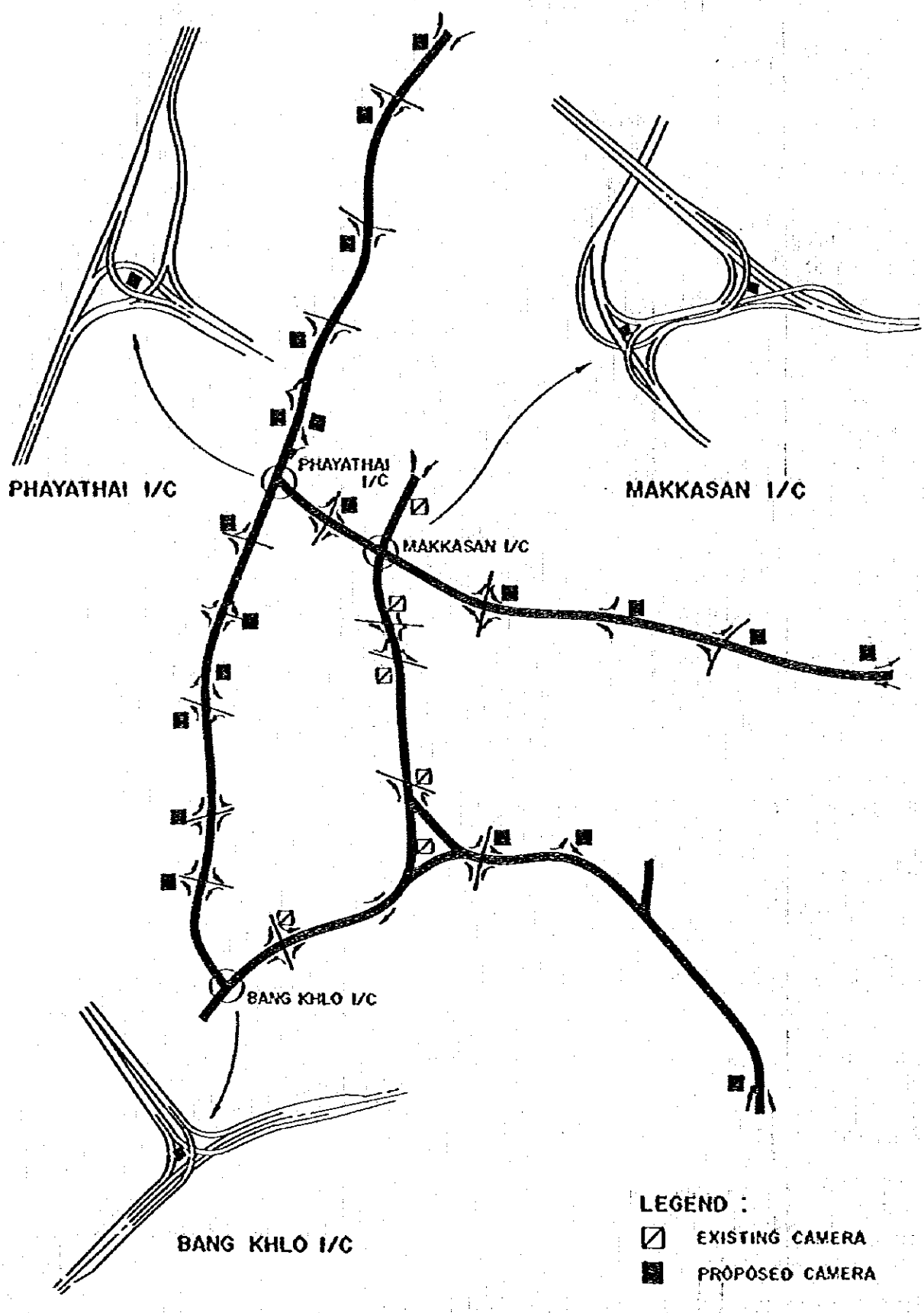
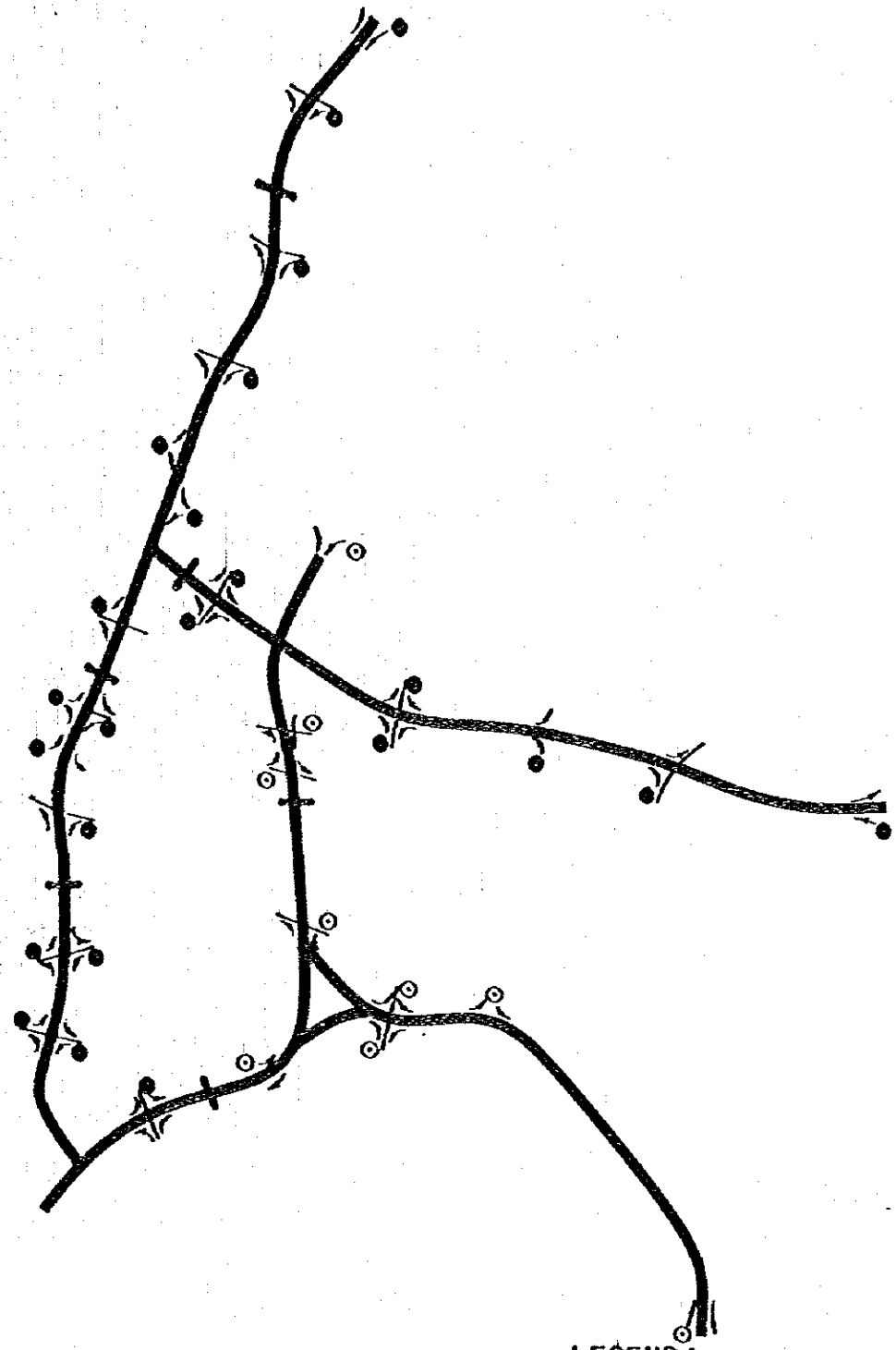


FIG. 9-27 PROPOSED LAYOUT PLAN OF C.C.T.V CAMERA

THE SECOND STAGE EXPRESSWAY SYSTEM IN THE GREATER BANGKOK



LEGEND :

- ● PROPOSED LOCATION OF TRAFFIC DETECTOR
- ⊙ EXISTING TRAFFIC DETECTOR AT ON-RAMP
- ▬ PROPOSED LOCATION OF TRAFFIC DETECTOR ON THROUGH TRAFFIC LANES

FIG.9-28 PROPOSED LAYOUT PLAN OF THE TRAFFIC DETECTOR

THE SECOND STAGE EXPRESSWAY SYSTEM IN THE GREATER BANGKOK

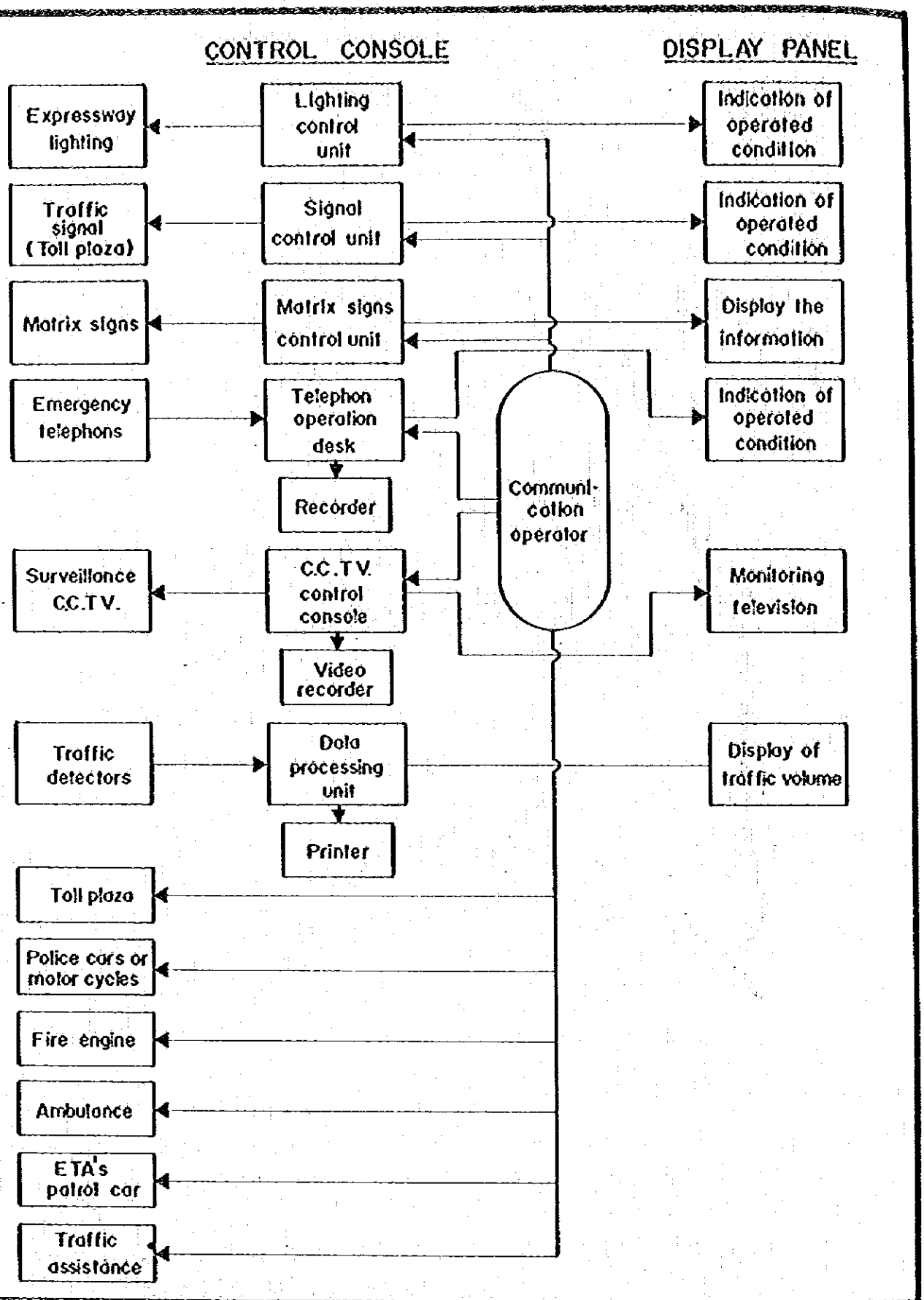


FIG. 9-29 SCHEMATIC DIAGRAM OF RECOMMENDED TRAFFIC CONTROL SYSTEM

THE SECOND STAGE EXPRESSWAY SYSTEM IN THE GREATER BANGKOK

TABLE 9-29 OUTLINE OF THE RECOMMENDED TRAFFIC CONTROL OPERATION

Facilities	Local Operation	Operation at Traffic Control Center		
		Control Console	Data Processing Unit	Display Panel
Expressway lighting	Controlled mainly at site automatically by the timer or photo cell	Subsidiary control	–	On/Off indicator lamps
Traffic signals at toll gate	Subsidiary control	Control mainly by the Operator	–	Indicate operated phase
Matrix signs	Subsidiary control	Control mainly by the Operator	–	Indicate displayed information by letters on the panel
Emergency telephones	–	Communication with the Operator and record the correspondence automatically	–	Indicate operating mode by flickered lamp
Surveillance CCTVs	Subsidiary control with the local control unit installed at the toll building	Control mainly by the control unit and record the selected video with the time information	–	Monitor the TV screeens
Traffic detectors	Install at each on-ramp and specified point on throughway	–	Process the data utilizing softwares automatically	Display forecasted traffic volumes digitally

9.19 非常電話

9.19.1 概　要

高速道路において自動車事故等が発生した場合、路側に設置された非常電話を使用することにより当事者は道路管制センターの援助をうけることができる。

9.19.2 既存非常電話システムの評価

端末の電話は現在、1Km間隔で高速道路の路側に設置されている。各端末の電話は専用回線によって高速道路管制センターの受信操作盤に直接接続されている。

受信操作盤は専用回線により巡接する警察署とも結ばれている。また、巡回車と緊急連絡が取れるよう無線通信機能がこの受信操作盤に附加されている。

9.19.3 提　言

SESにおける非常電話システムの計画案は、既存システムにおいて機能上の欠陥等がないので、現行システムを拡大すればよい。

9.20 料金徴収システム

9.20.1 概　要

本調査の目的は、FESおよびSESを包含した総合的な料金徴収システムの概略を決めることである。このため、必要となる構成要因・装置の検討を、既存システムの評価によって行う。

9.20.2 現行料金徴収システムの評価

(1) 組 織

ＦＥＳ（Din Daeng ～ Port ～ Bang Na ）には１０ケ所の料金所がある。
料金徴収業務はつぎの４段階に別れた業務分担で行われている。

第１段階（料金徴収）

料金徴収員は徴収業務を行うとともに料金集計までを責任の範囲とする。

第２段階（料金徴収業務の監視と料金所の運用）

－監視員はバリヤー型料金所内の操作盤および監視室より、すべてのブースの常時監視を行う責任を担う。
－主任徴収員は徴収された料金の取り扱い、主に現金を銀行に預けることと料金所スタッフの管理の責任を担う。

第３段階（料金所の運営・管理）

料金所の運営、管理は、本線上や流入ランプにある料金所を所轄する料金所所長により行われる。

料金所所長の役割は、交通データに基づいてつぎの事項を計画したり判断することである。

－日時により変動する交通量を処理できる稼動トールブースの数の決定。

－各トールブースの運用にあたる所要人員数の決定。

第４段階（料金徴収部の運営）

前述した各段階における運営は、料金徴収課長の権限で管理される。また、課長は料金徴収課の運営をも行う。

(2) 現行の料金徴収システム

ＦＥＳにおける１０ケ所の料金所における料金徴収システムの概要図をFig.9－３０に示す。

ＥＴＡは、現在、均一料金制を採用している。平均走行距離が比較的短いことや料金徴収ブースでの時間節約の理由から現在のシステムは妥当と考えている。車両区分と各現行料金をTable 9－３０に示す。

現在の料金徴収業務は、Din Daeng ～ Port 間で１９８１年、Bang Na ～ Port 間で１９８２年よりそれぞれ開始された。現行のシステムにはデータ処理機器やマイクロコンピュータ等、最新型の機器が導入されており、システムの機能上、特記すべき問題点は見当らない。

TABLE 9-30 CLASS OF VEHICLE AND TOLL RATE

Class	Vehicle	Toll Rate
1	Private car and taxi (4 wheels)	10
2	Pick up and mini bus (4 wheels)	10
3	Truck (more than 4 wheels)	20
4	Large vehicle such as trailer	20
5	Unused	–
6	Truck (more than 4 wheels)	20
7	Bus (more than 4 wheels)	20
8	Bus (more than 4 wheels)	20
9	Exempt vehicle (with pass)	–
10	Exempt vehicle (without pass)	

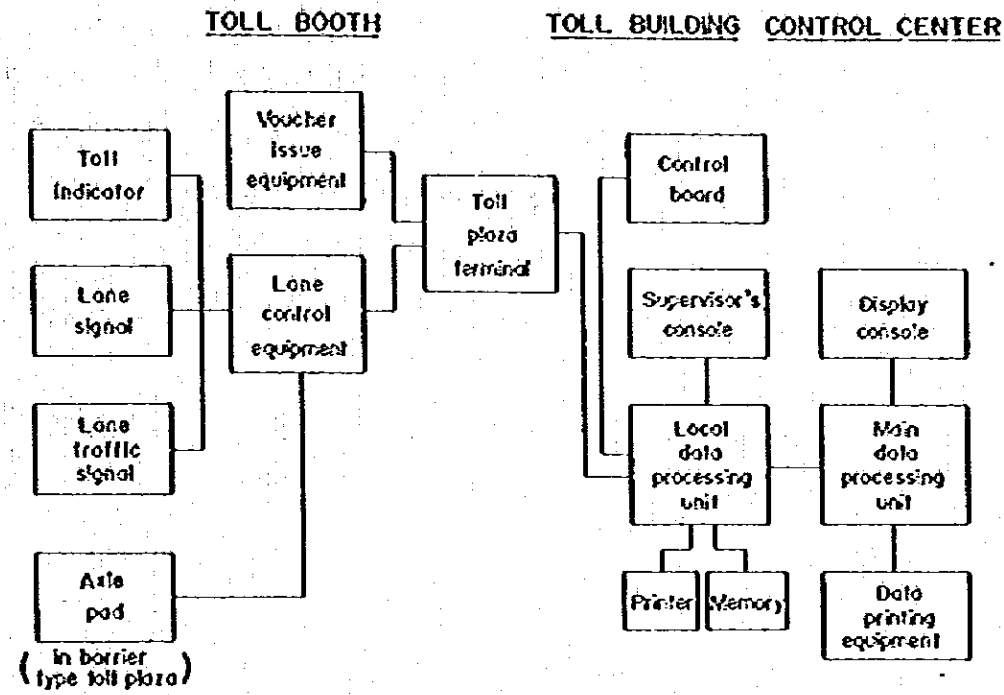


FIG. 9-30 FLOW DIAGRAM OF TOLL COLLECTION SYSTEM

9.2.0.3 第2次高速道路網（SES）における料金徴収施設

料金徴収所の配置計画はFig.9－7に示されている。料金所広場用舗装・照明工事も本調査における有料道路工事費の算定に含まれる。標準的な料金所広場平面計画を図面集に示す。

(1) 料金所広場工事の対象

料金所広場の工事項目をつぎに示す。

－上屋構造物を含むトールゲート構造物、
－保護アイランド、
－トールブース、

－料金所建屋、
－ブースおよび料金所建屋に設置される附帯施設。

(2) 料金所広場の計画概要

将来の料金徴収形態（すなわち、均一料金制）と現行システムの機能を考慮し、現行施設と同型式をＳＥＳでも採用する。

a) 屋根構造物

屋根構造物は、気象環境から料金所ブースやその近傍を保護するために不可欠な設備である。

屋根構造物を形成する屋根・支柱ともに耐久資材により建設する。

b) 保護アイランド

保護アイランドは料金所ブースの基礎として、また車両との隔離のために必要である。各料金所ブースに空調システムを設けるためのエアーダクトも設置される。

c) 料金所ブース

料金徴収の場として使用し、構造はプレハブユニットとする。

d) 料金所建屋

料金所建屋は、主に料金徴収業務の監視のための設置し、つぎの用途にあてられる。

－マネージャー、秘書、記録係を含む事務スペースを併せもった制御室、

－警備室およびロビー、

－料金計算室、

－警備車車庫、

－居住区およびカフェテリア、

－ロッカールーム、

－予備電源室。

e) 料金所広場における機器

料金所広場における設備機器としてつぎのもの考える。

－料金所広場での交通車線制御のための信号設備、

－発券機、料金表示機、車両検知器、料金徴収装置等のブース内設備、

－本線上料金所における車両重量計測装置、

－料金所建屋内に設ける端末データ処理ユニット、

－インターホーン　システム。

9.2.0.4 提　言

ＳＥＳにおける料金徴収システムの計画概要はＦＥＳで設けられた現行システムを踏襲する。

料金所ブース、建屋、高速道路管制センター（すなわち、料金徴収中央事務所）を含む現在の料金徴収システムでは、とくに修正を行う必要はない。

ＦＥＳとＳＥＳを統合したデータ処理システムの提言の概要を、各機器の機能説明をそえてFig.9－31に示す。

9.2.1 交通標識

9.2.1.1 概　要

高速道路の効果的な交通標識は交通の安全と利用者の利便性に欠くことのできないものである。このために視認性（解読の容易さ）、集中性（大きさや背景との対比等、標識を注視させる要因）、優先性（他の標識との位置関係）等の標識の効果を把握しなければならない。

9.2.1.2 現行の交通標識システムの評価

現行の交通標識システムは案内標識板と可変式標示板（マトリックスサイン）により構成される。

(1) 案内標識板

案内標識板は目的地、距離、附帯施設、路線情報等を運転者へ補助情報として与えるものである。また、インターチェンジや料金所広場において適確な流出・流入レーンを前もって運転者に知らせる重要な役割をも担っている。頭上標識板がいくつか設置されているが、これら標識板には照明が設備されている。

(2) マトリックスサイン

マトリックスサインは、ＦＥＳにおいて、Din Daeng－Bang Na間の重要ケ所に計１４基設置されている。標示パターンは速度規制が３、車線規制が６、閉鎖が１である。

9.2.1.3 可変情報板の型式

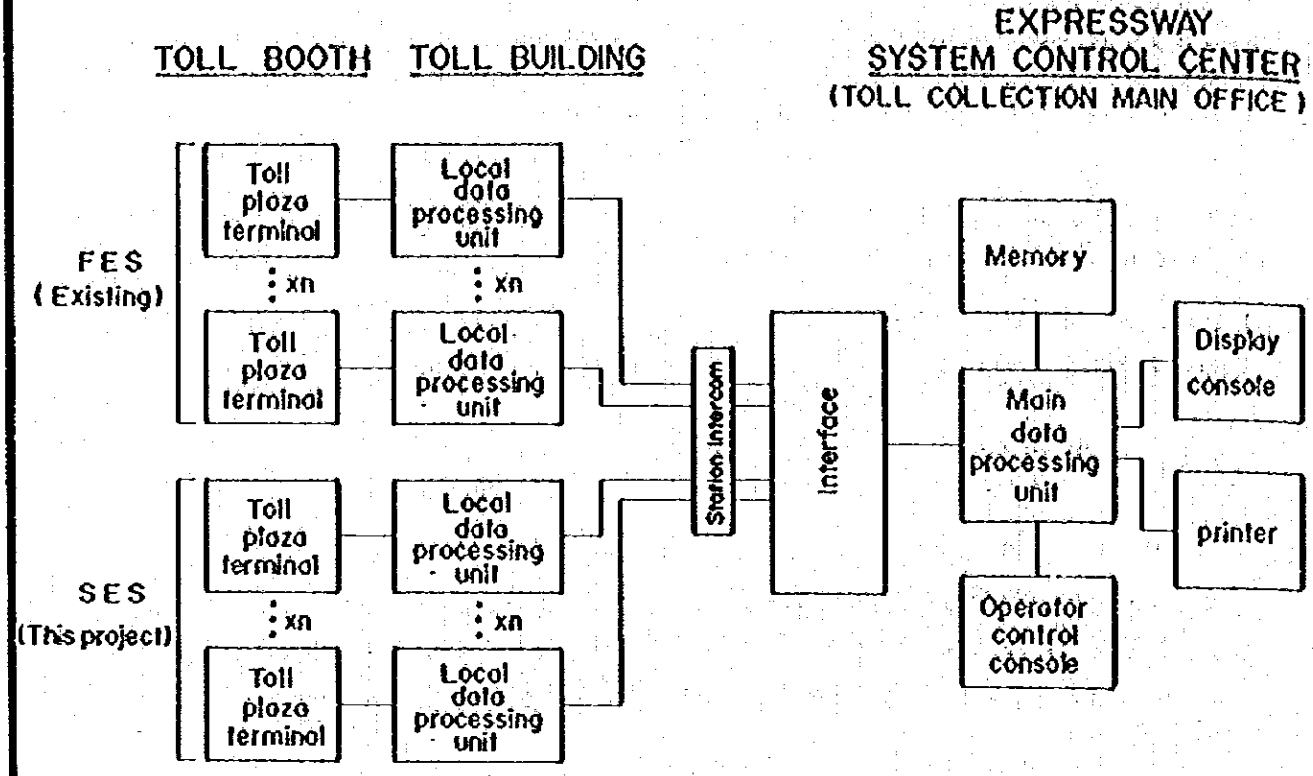
可変式情報板は、交通制御を目的として、交通事故、工事、交通渋滞等道路交通状況の情報を運転者に知らせるべく、標示を行う。

可変式情報板の型式には次のものがある。

a) マトリックス型標示板

表示部に設けられた電球群の点灯制御により文字や記号を標示する。

b) 字幕式標示板



FUNCTION OF TOLL BOOTH	FUNCTION OF TOLL BUILDING	FUNCTION OF EXPRESSWAY CONTROL CENTER
- TOLL COLLECTION AND ISSUANCE OF VOUCHER ; - REGISTRATION AND CALCULATION OF THE TOLLS ; - VEHICLE COUNTING BY THE LOOP DETECTOR ; AND - REGISTRATION OF THE NUMBER AND TYPE OF VEHICLE .	- REAL TIME AUDIT BY THE TOLL PROCESSOR ; - HANDLING, STORAGE AND TRANSFER OF COLLECTED TOLL ; - SURVEILLANCE OF TOLL COLLECTION OPERATIONS ; AND - COMMUNICATIONS TO TOLL BOOTHS, EMERGENCY AND POLICE PATROLS AND TO THE EXPRESS WAY CONTROL CENTER	- TOTALIZE AND CHECK THE TOLL AMOUNT COLLECTED AT EACH TOLL PLAZA ; - TOTALIZE THE NUMBER AND TYPE OF VEHICLE REGISTERED AT EACH TOLL PLAZA ; AND - CHECKING OF MISREGISTRATION AND DISCREPANCIES ;

FIG. 9-31 SCHEMATIC DIAGRAM OF RECOMMENDED TOLL DATA PROCESSING SYSTEM

THE SECOND STAGE EXPRESSWAY SYSTEM IN THE GREATER BANGKOK

白地の字幕に黒色の文字を印刷し標示する。情報の変更は字幕を巻きあげることにより操作する。夜間等での視認性を確保する目的で字幕の後側に蛍光灯を備えている。

c) 内照式標示板

黒地の字幕に白抜きで文字を印刷した標示板。情報の変更は字幕を巻き上げることにより行う。夜間での表示は幕の後ろに設けた白熱灯の点灯で行う。

マトリックス型標示板がつぎの理由から本件における採用型式として好ましい。

－視認性の良好さ。
－運転者の注意、喚起力に優れる。
－表示パターンの多様性。
－表示情報の迅速な変更。
－高い信頼性と維持の容易さ。

9.2.1.4 提　言

市街地を通る高速道路上における効果的な標識板の設置は、流出入ランプやインターチェンジ近辺での高速道路の適確な運営を図るうえで非常に重要である。

標識は、路線や刻々変る交通状況に不慣れな運転者を対象に設計しなければならない。そして運転者が迅速に、スムーズに、安全に対応できるように、設計条件や交通環境を整えることが必要である。

ＳＥＳにより、高速道路網が拡大されると交通需要は飛躍的に増加すると予想される。したがって、高速道路のサービスレベルの低下を防ぐことが緊急の課題となるであろう。高速道路網の場合、前述の対策として厳しい交通規制や、ブース制御や流入ランプの閉鎖といった方法が頻繁に行われる。

しかし、比較的単純なシステムであるＦＥＳのシステムでは、交通規制や情報の伝達容量の不足、標識板の追加設置場所の必要性が近いうちに生ずると見込まれる。現行の標識システムの強化のために頭上に設置する容量の大きいマトリックス型標示板の導入を提言する。

計画している流出入ランプ附近の交通標識の設置場所や型式を Fig.9－32 に示す。

マトリックス型標示板の制御は交通管制センターより遠隔制御によって行う。計画した標示板の特性と設置場所を Table 9－31 に示す。

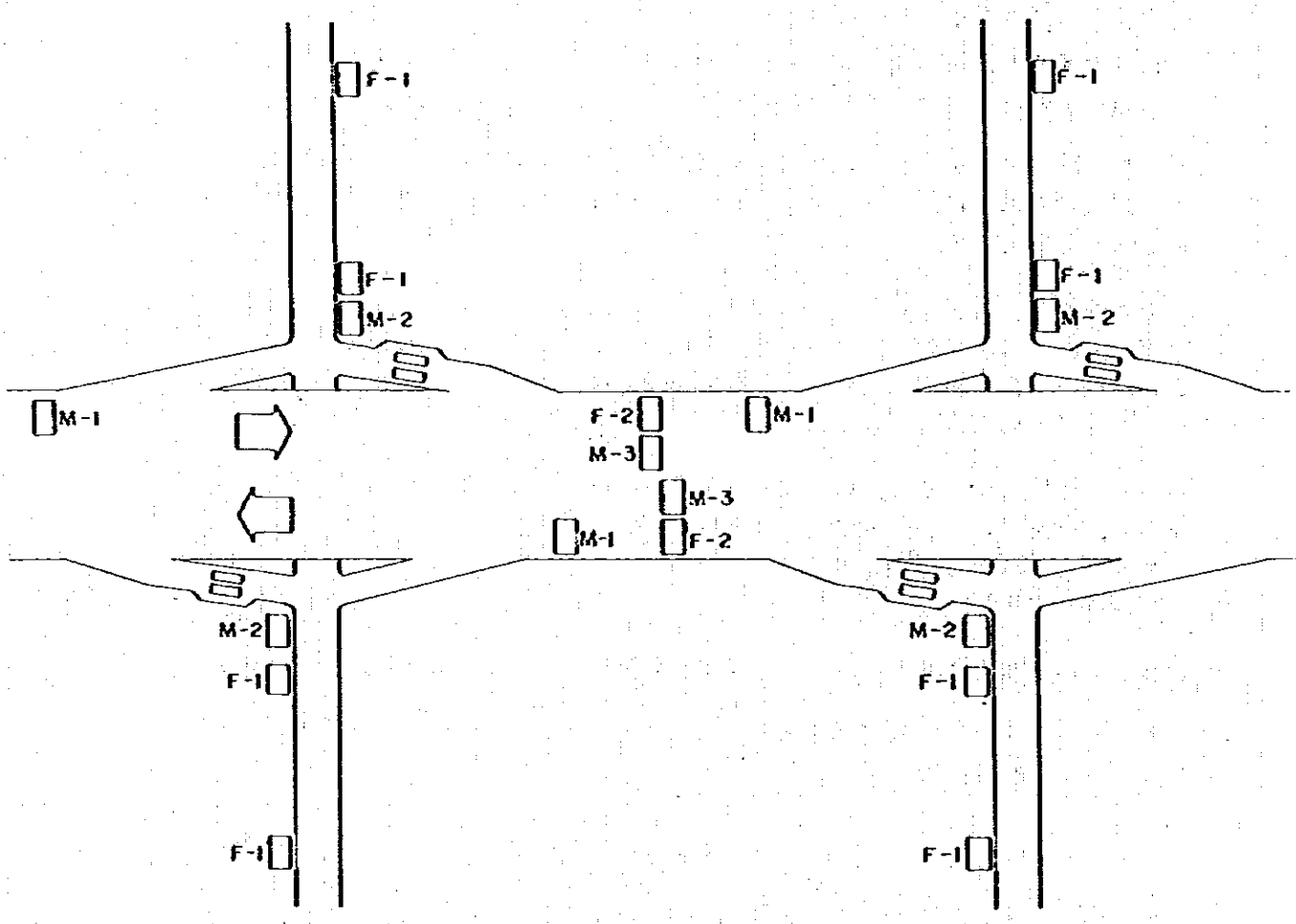


FIG. 9-32 TYPICAL LAYOUT OF SIGNS IN THE VICINITY OF ON/OFF-RAMP

TABLE 9-31 RECOMMENDED SIGN SYSTEM

Classification	Type	Installed Locations	Conveyed Information	Support Design
Guide Signs	*F-1	On the street, near on-ramps	Expressway or on-ramp ahead	Overhead or overhang, portal or pole type
	*F-2	On the Expressway, near exit terminals (interchanges and off-ramps)	Destinations of expressway and connected roads	Overhead, portal type
Matrix Signs	M-1	On the Expressway, before off-ramps	Traffic condition of connected roads	Overhang, pole type
	M-2	On the street, before on-ramps	Abnormal traffic or other conditions of expressway	Overhead, portal type
	M-3	On the Expressway, near exit terminals (interchanges and off-ramps)	Abnormal traffic or other conditions of expressway and connected roads	Overhead, portal type
	*M-4	On the Expressway, at interchanges, on/off-ramps, sharp curves, etc.	Speed limitation, lane(s) closure and stop	Pole mounting

Note: *denotes the existing sign system.