

—— 湾岸線（南伸部2期）の地質特性と 基礎設計上の問題点 ——

大阪第一建設部 設計課 中村 求
同 部 同 課 横山 健司

要 約

大阪府道高速湾岸線（南伸部2期）は、現在鋭意建設を進めているところであるが、地質調査がほぼ昭和63年度内に完了する予定である。

本報文は、主として昭和62年度の地質調査成果に基づき、当該地域の地質構造の生成状況を概説して、地質上および地質層序の縦断的特性を把握している。さらに、各地層ごとの土質性状を整理し、その分布状況および土質性状に重点をおいて考察し、これらの地盤に立脚する高速道路構造物基礎の設計にかかわる特質を抽出し、現在実施している設計上の検討事項とその対応策を示すとともに、そこに内在する今後の問題点を指摘している。

なお、ここに示した南伸部2期地域の支持地盤の地質、土質特性、基礎設計上の課題については、従来的に解決されていないものも多く、現在、工学的な検討のスタートに立ったものが多く含まれている。そこで、ここでは、実測データや実施設計上の対応の紹介にとどめており、今後の調査、研究の一資料に資することを期待する。

まえがき

大阪湾岸道路は、本州四国連絡道路に接続する神戸市垂水区から、大阪湾に広がる埋立地を結び、関西国際空港の対岸となる大阪府泉佐野市までの、総延長約80kmにおよぶ大阪湾臨海部における骨格的幹線道路である。

このうち、神戸市東灘区魚崎浜町～大阪府泉佐野市松原間55.9kmおよび神戸市垂水区内1.8kmについては、当公団において事業実施中であり、大阪市港区港晴～堺市出島西町間11.6kmは、既に供用している。関西国際空港の開港を平成4年度に控え、

そのアクセス道路として整備が急がれている。この高速湾岸線のうち、南伸部2期（泉大津市臨海町～泉佐野市松原（地先）間17.1km）地域の地質構成、地盤特性および基礎設計上の種々の問題点とその考え方について、現在、地質調査の完了した地区の地質資料に基づきその概要を紹介する。

1 概況

湾岸線ルートのうち、既に供用している大阪市南港地域をはじめ、それ以西の地域や大阪市内等においては、一般的に「厚い沖積層直下に、安定して分布する上部洪積砂礫層（天満礫層）を構造物の支持層とする」といった考え方が定着している。すなわち、地質構造の面からみると、「変化の少ない、安定した地質および土質条件を設定できる地域である」と言える。

しかしながら、大和川を境に地質状況は大きく変化する。大和川以南の地域では沖積層の厚さは、立上を含めても10m内外で、実質的な沖積層は6m程度であると共に、沖積層の下位には地層の層厚や層相の側方変化が著しい砂、砂礫、粘土の互層が分布し、比較的浅い深度にも褶曲構造が認められる²⁾。

このような地層構成と構造の様相は、南伸部2期地域でも同様であり、その構成は、ますます複雑なものとなっている。

2 大阪南部地域の地形・地質

2-1 地形

当該地域の地形を図-1に示す。南から北へ和泉山脈主峰部、和泉山脈前衛山地、丘陵、段丘、台地、低地に区分される。標高200mから数10mを示す丘陵は、北流する佐野川、見出川、近木川、津田川、春木川、大津川等の河川によって開析され、南北に延びる多くの丘陵に分割されており、その殆どが、大阪層群から構成されている。段丘、台地は、高位、中位、低位の各段丘堆積層によって構成されており、河川沿いの河岸段丘、扇状地段丘、丘陵前縁部の台地、海岸沿いの海岸段丘等を形成し広く分布している。低地は、沖積層で構成され河川沿いの氾濫原や、海岸沿いに小規模に分布しているに過ぎない。

2-2 地質層序

当該地域は、西日本内帯の最南部を占める領家帯に位置している。当該地域の基盤を成すものは、

主として白亜紀に形成された領家花崗岩類と泉南流紋岩類である。当該地域の東～南西部（和泉山脈前衛の丘陵部）にかけては、鮮新世から更新世中期にかけて堆積した大阪層群と、それ以降に形成された段丘堆積物が広く分布する。これらの地質層序を総括して表-1に示す。さらに、湾岸線ルートおよびその周辺の地質概略図を図-2に示す。

土木建築の基礎地盤の対象となる、大阪層群、段丘堆積層および沖積層は、数m～数10mの海成粘土層と淡水性の粘土、砂、砂礫層よりなるデルタ性の互層となっている。海成粘土層は、いずれも内海、内湾性の堆積物であり、氷河性海面変動に伴う海進、海退による数千年～数万年オーダーの堆積サイクルを示していると言われる³⁾。

次に、大阪層群以降の堆積物の土質性状の概要を述べる。

2-2-1 大阪層群

大阪層群の層序は、多くの火山灰層と、河湖成層を主とし第2瀬戸内海に堆積した何層もの海成粘土層（下位よりMa-1, Ma 0, Ma 1, …, Ma 10層; Maは、Marine clay bedの略）を指標として区分される。大阪層群は、鮮新～更新統に属し、「第2瀬戸内累層群」とも呼ばれている。

泉南、泉北地域の大阪層群は、下位から河湖成層で構成される「泉南累層」、河湖成層の上部に海成粘土層を伴っている「国分累層」および河湖成層と海成粘土層の互層で構成され、上部で砂礫が卓越する「泉北累層」に区分されている。

当該地域の大阪層群は、積算層厚440m以上で12層の海成粘土層と40層以上の火山灰層を挟有しており、千里丘陵よりも下位の層準が分布することから、大阪層群の標準層序を示す模式地とみなされている³⁾。

2-2-2 段丘堆積層

段丘堆積層は、下位から「高位段丘堆積層（信太山礫層）」、「中位段丘堆積層（岸和田層）」および「低位段丘堆積層（府中層）」に区分される。これらは、中・上部更新統に属し、大阪平野の地下において、2層の海成粘土層（Ma11, Ma12層）を

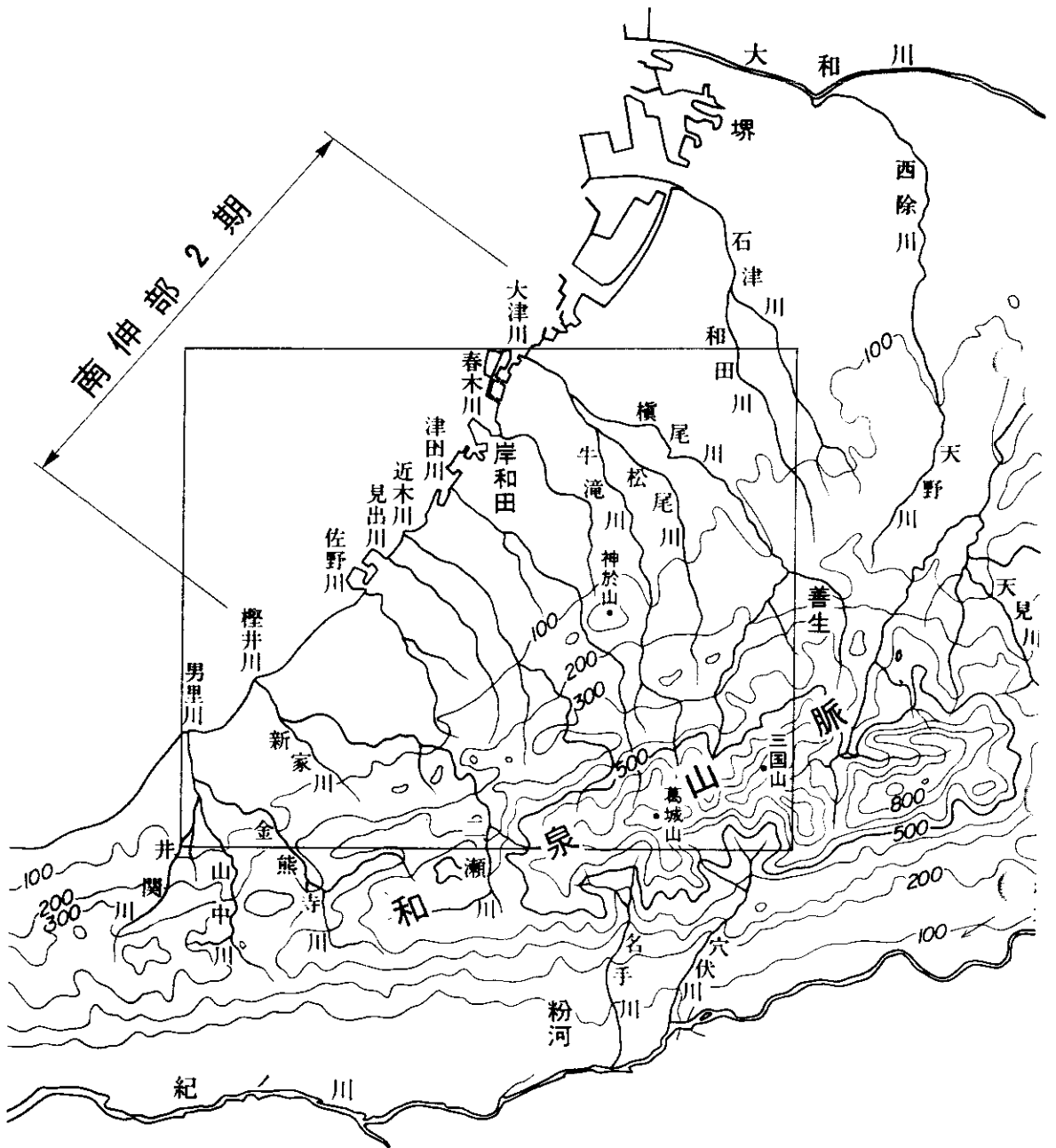


図-1 大阪南部地域の地形

等高線; 100m間隔

表 - 1 大阪南部地域の地質総括表

地質時代		地質系統		地 史		
新 生 代	第 四 紀	完 新 世	沖 積 層 (a)		第3瀬戸 内累層群	
		更 新 世	後 期	低位段丘堆積層(府中層) (t ₃)		
			中 期	中位段丘堆積層(岸和田層) (t ₂)		
			前 期	高位段丘堆積層(信太山礫層) (t ₁)		
	第 三 紀	鮮 新 世	大 阪 層 群	泉 北 累 層 (O ₃ , O ₄)	第2瀬戸 内累層群	
				国 分 累 層 (O ₂)		
				泉 南 累 層 (O ₁)		
	第 三 紀	中 新 世	鍋 山 安 山 岩 (N)		第1瀬戸 内累層群	
			甘 南 備 累 層 (Kb)			
	古 第 三 紀					
中 生 代	白 垩 紀	後 期 (マストリヒチアン期)	和泉層群	和泉層群の堆積と向斜構造の形成 和泉海盆の形成と東進		
			(主部相) [北縁相] 粉河累層 (Ks, Km) 岩出累層 (Ic, Is, Im) 六尾累層 (Nk, Na, Ntc, Nto) 信達累層 (Sc, Ss, Sm)			
	漸 新 紀	中 期 (カンパニアン期?)	ク ラ ク ス ア ン コ ン ク ラ ク ス	閃緑ひん岩 (P), 角礫岩 (Br)	横ずれ断層, 隆起・削剝 岩脈貫入 花崗斑岩・石英斑岩の岩株・岩脈貫入 領家新期花崗岩の貫入 泉南流紋岩類の急斜構造形成 流紋岩-流紋デイサイト溶結凝灰岩の堆積 (流紋岩溶岩噴出を伴う) 安山岩溶岩噴出	
				花崗斑岩類 II (Gp)		
				近木川花崗岩 (Gg) [73,66Ma]		
				花崗斑岩類 II (Gdp)		
	漸 新 紀	前 期	領 家 一 帯 泉 南 一 帯	泉南流紋岩類 (W ₁ -W ₁₀ など) [75,78Ma]		
				小川安山岩 (Oa)		
	漸 新 紀	前 期	領 家 一 帯 泉 南 一 帯	河合マイロナイト (Mk) 成合花崗岩 (Gj) 水間花崗閃緑岩 (Gm) 神於山花崗岩 (Gk, b) 父鬼川トータル岩 (Tc)	片状構造の形成とウルトラマイロナイト生成 領家古期花崗岩類の貫入 (塩基性岩を伴う)	
				領家変成岩 (Rm)		
ジュラ紀			八ヶ丸山層 (Ym, Yb)	泥岩・砂岩などの堆積		

[] 内は放射年代

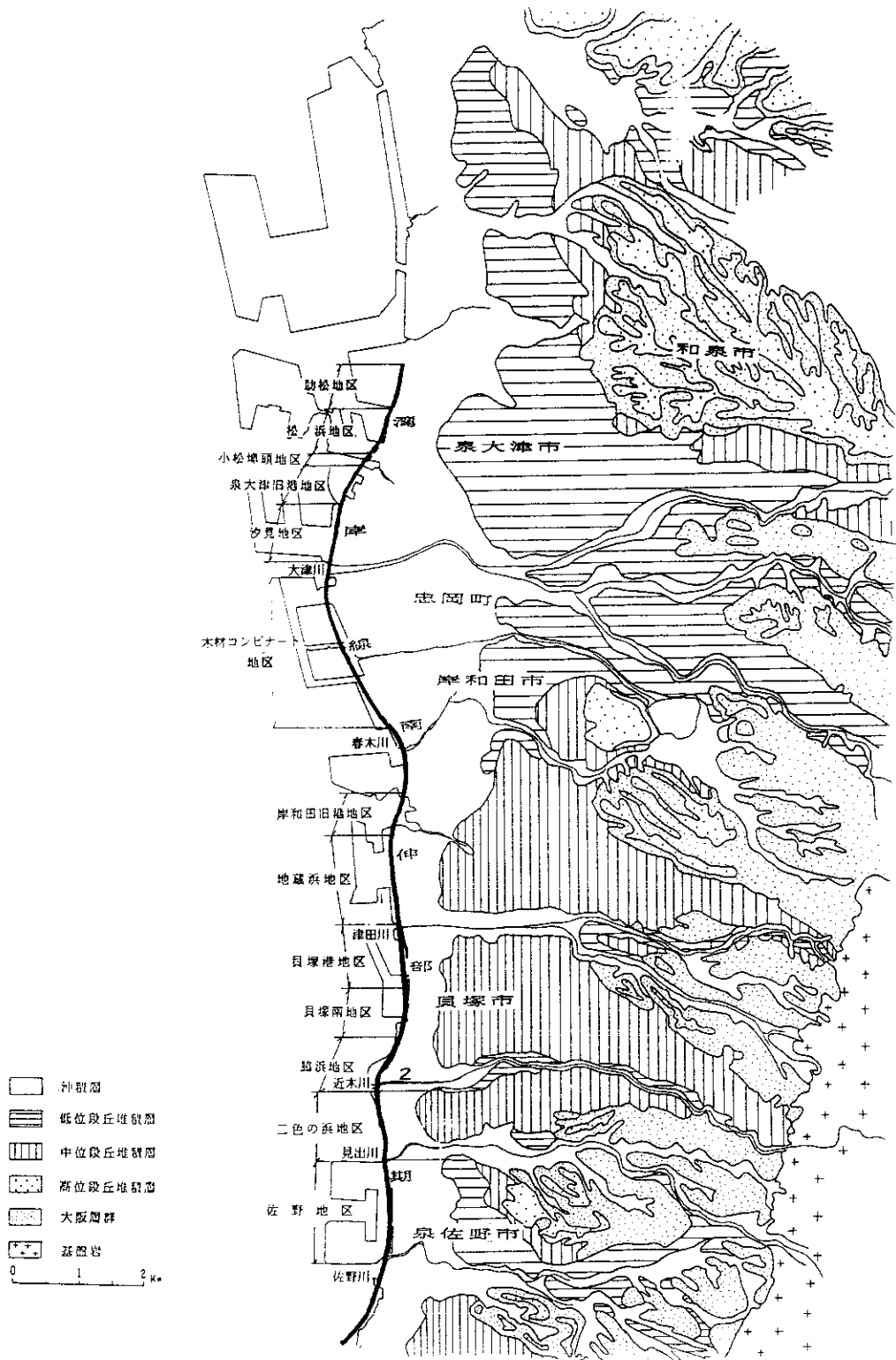


図-2 大阪南部地域の地質概略図

挟み、Ma12層と沖積層との間に発達する「天満層」を含む「上部洪積層」に相当する。

当該地域に分布する高位段丘堆積層は、和泉市信太山付近を模式地とし、河成の砂礫を主とする地層で構成されており、台地部では、海成層を伴わず大阪層群をさえぎり同層群を不整合に覆っている。

中位段丘堆積層は、氷河性海水面変動に対応して形成されたものであり、河成の砂礫を主とする厚さ数mの地層であり、大阪市上町台地に分布し、中部に海成層を挟在する「上町層」相当層である。当該地域では、河岸段丘、扇状地性段丘として、あるいは海岸沿いの台地、段丘として分布し、そのほとんどが河成の砂礫層で構成されている。

低位段丘堆積層は、層厚10m以下で河岸段丘、扇状地性段丘を形成しており、大阪平野北東部の摂津富田付近に分布し、やや寒冷な気候を示す植物化石とアイラ火山灰層を狭有する「富田礫層」相当層である。前述の「天満層」もこれに相当するものと言われている。当該地域の低位段丘堆積層は、主として河成の砂礫層から構成されており、扇状地性のもので河川下流部のものがやや広い分布を示すに過ぎない。

2-2-3 沖積層

沖積層は「梅田層」と呼ばれてきたが、最終氷河期以降の縄文海進によって堆積した地層という意味では、「難波累層」と呼ばれている。大阪盆地では、大阪平野（西大阪）および河内平野（東大阪）下に広く分布し、砂礫層を主体とする「天満層」を不整合に覆っている。更新～完新統に属し、段丘堆積層と共に「第3瀬戸内累層」に含まれる。

当該地域の沖積層は、その層厚が一般に10m以下であり、海成層を伴うものは海岸沿いの一部にのみ分布し、内陸部の河川沿いの沖積層は、氾濫原堆積層で構成されている。

2-3 地質構造

丘陵部に分布する大阪層群の地質構造は、露頭観察やボーリングデータ等によって明らかにされ、その成因が基盤の断裂、変位あるいはそれに伴う

地層の圧縮によるものであること、また、地質構造形成の最盛期が、大阪層群堆積後から段丘堆積前であること等が明らかにされている³⁾。

一方、湾岸部を含む平野部についても、重力探査等による地下構造の解明が試みられているが、現時点では、データの的にも乏しく解明するには至っていない。しかし、丘陵部におけるデータや大阪湾岸における深層ボーリング（OKS1,OKS2）等のデータから、当該地域の平野部における大阪層群の地質構造は、大阪湾中央に向かって3°～5°傾斜しているものと推測されている。

3 南伸部2期ルート周辺の地質構造

3-1 地質層序区分

沿岸地域の地質層序として、南伸部2期ルート沿いで実施したボーリングデータを基に、深度約70m以浅に分布する地層の総合柱状図を表-2に示す。なお、海成粘土層のMa表示に関しては、当該粘土層についての詳細な分析を行っていないが、層序区分等からの推定である。

3-2 地質構造

湾岸線ルートとなる沿岸地域の地質構造は、連続性が認められる海成層の分布によって、その概要を知ることができる。ここでは、データの連続性、地質分布の変化等を考慮し、助松地区～汐見地区をA地域、岸和田旧港地区～佐野地区をB地域として作成した推定断面図から、それぞれの地域における地質構造を概説する。

3-2-1 A地域（助松地区～汐見地区）

沖積層は、海域部を除き平均5～6m程度、最大でも8m程度と全体に薄く分布する。中位段丘堆積層に挟在する層厚1～3mの海成粘土層（Ma12層）は、助松地区においてOP-35m付近に分布するが南下するに従い浅くなり、泉大津旧港地区ではOP-10m付近に分布する。

一方、高位段丘堆積層に挟まれる海成粘土層（Ma11層）は、松の浜地区ではOP-50m付近に分布するが上位のMa12層同様南に向かって浅くな

表-2 南伸部2期工区の深度約70m以浅に分布する地層の総合柱状図とその特徴

層序区分			層相の特徴		
時代区分	地層区分	海成粘土層 火山灰層	層相の一般的特徴	地域的特徴	
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180	沖積層	難波累層 Ma13層	<ul style="list-style-type: none"> 最上部に盛土、埋立土が分布 砂層主体で層厚は1.5~6m 	<ul style="list-style-type: none"> 全域を薄く覆う。 	
	上部 洪積層	府中層	←アキラ火山灰層	<ul style="list-style-type: none"> 上部に火山灰層を挟在 礫、砂層と腐植物を含む粘土層との五層 礫層は2~3層順に発達 下部に火山灰層を挟在 	<ul style="list-style-type: none"> 助松地区で層厚25m 汐見地区へ向かって薄くなる。 岸和田旧港地区で層厚10m 脇浜地区以南には分布しない。
			岸和田層	Ma12層	<ul style="list-style-type: none"> 層厚1~3mの海成層(Ma12層)を挟在する。 下部は礫層と腐植物を含む粘土の五層
		信太山礫層	Ma11(2)層 Ma11(1)層 ←火山灰層	<ul style="list-style-type: none"> 上部に貝殻まじりの砂層Ma11(2)層を挟在 中部に層厚2~9mのMa11(1)層を挟在 下部は礫卓越層で腐植物を含み火山灰層を挟在 	<ul style="list-style-type: none"> Ma11(2)層は汐見地区の深度23m前後に分布 Ma11(1)層は小松~汐見地区で砂層を挟在 岸和田旧港地区でMa11(1)層は深度20m前後となり、南へ向かって浅くなる。
	中部 下部 洪積層	大阪群 上層	Ma10層	<ul style="list-style-type: none"> 最上部に2層の海成粘土層(Ma9, 10層)を挟在 	<ul style="list-style-type: none"> 汐見地区の深度45~50m以深にMa10層が分布
			Ma9層	<ul style="list-style-type: none"> 全体に粘土層が卓越の層相である。 	<ul style="list-style-type: none"> 岸和田旧港地区では、Ma10層は深度30m前後となり、南へ向かってしだいに浅くなる。
			Ma?	<ul style="list-style-type: none"> 地蔵浜以南にはMa9層の海に5~6層の粘土層が分布、海成層の識別は不明 	<ul style="list-style-type: none"> 脇浜地区では、Ma10層は深度20m、二色の浜地区では深度10m前後となる。
			Ma?	<ul style="list-style-type: none"> 泉佐野地区以南には、アスキ火山灰層を挟むMa3層が分布 	<ul style="list-style-type: none"> 二色の浜以南では、約7°の勾配で地層は北へ傾き、泉佐野以南では、Ma10層は分布しない。
			Ma?		
			Ma?		
Ma?					
大阪群下部	Ma3層 ←アスキ火山灰?				
	大阪群下部	Ma?			

単位(m)

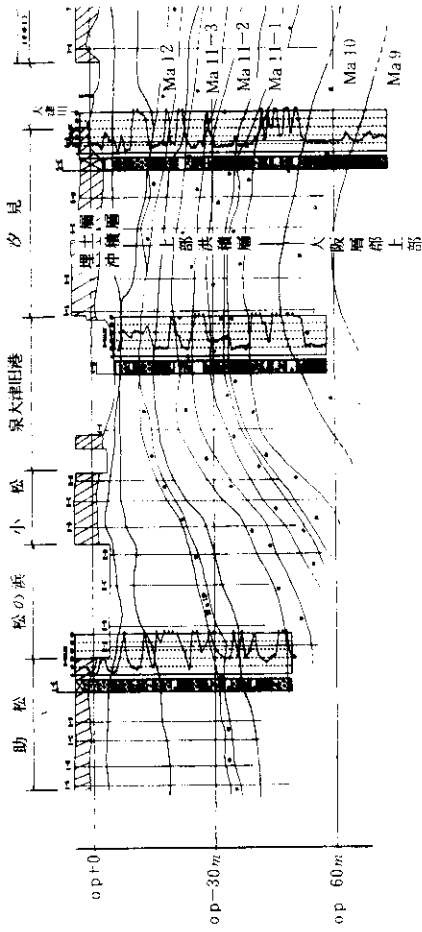


図-3 湾岸線ルート上の推定断面図 (A地域)

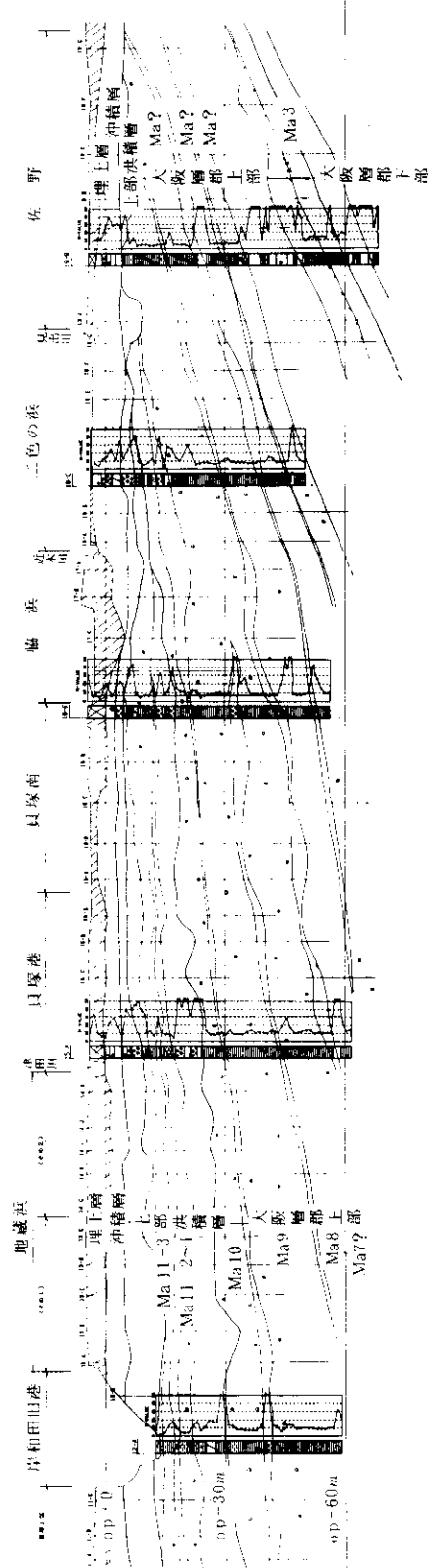


図-4 湾岸線ルート上の推定断面図 (B地域)

り、泉大津旧港地区ではOP-30m付近となる。分布勾配は、Ma12層が20/1,000程度、Ma11層では30/1,000程度となっており、下位層の方が大きく変位している。また、構造変位が顕著に現れているのは中位段丘堆積層までであって、低位段丘堆積層に大きな変位は認められない。

A地域の地質構造は、波のうねりに似た褶曲を成し、汐見地区付近を軸とする背斜構造を示すものと考えられる。なお、大阪層群の地質構造は、十分に確認できていないが、汐見地区の資料をみる限りでは、段丘堆積層と同様の傾向を示すものと考えられる。

A地域では、全体的に礫、砂質土層が卓越するものの連続性に乏しく、各層厚は薄く不規則（レンズ状）に粘性土層を挟有する互層状態を示し、側方変化の著しい構成となっている。

3-2-2 B地域（岸和田旧港地区～佐野地区）

沖積層は、広く分布するもののA地域に比べ層厚3～4mと薄くなる。岸和田旧港地区でOP-20m付近に出現するMa11層は、地蔵浜地区の中央部付近まではほぼ平坦に分布するが、それ以南ではうねりを伴いながら徐々に浅くなり貝塚南地区でOP-10m付近となり、二色の浜地区中央付近から南では、低位段丘堆積層に削られ分布しない。

大阪層群最上位の海成粘土層であるMa10層は、岸和田旧港地区でOP-30m付近を上限に分布し、上位のMa11層同様うねりを伴いながら全体に南に向かって浅くなり、二色の浜地区南端の見出川付近ではOP-10mとなり、佐野地区北端部付近で消滅する。特に、脇浜地区（近木川）以南では分布深度の変化が大きく分布勾配は10/1,000以上を示す。これらのことから、近木川以南の地域では、段丘堆積層および大阪層群上部が削浸食されたものと推測できる。

また、見出川～佐野川間の佐野地区においては、Ma3層に挟在されるアズキ火山灰層の分布が、北端部（OP-63m）から南端部（OP-33m）まで連続して確認される。この火山灰層の分布勾配は22/1,000であり下位層の方が大きく変化していることがわかる。

B地域では、粘性土層が卓越し全体に南に向かって浅くなり、特に礫、砂質土層については、層厚の薄さに加え連続性が乏しく、A地域と同様に不規則に粘性土層を挟有する互層状態を呈している。

以上のように、沿岸地域の地質構造は、内陸部の丘陵を開析する各河川の河口付近を変化点にうねりを伴いながら、全体的には、南から北へ大阪湾中央部に向かって傾斜していることが確認される。

4 土質構成の地域特性

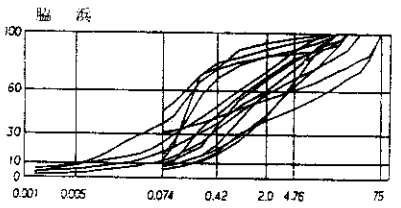
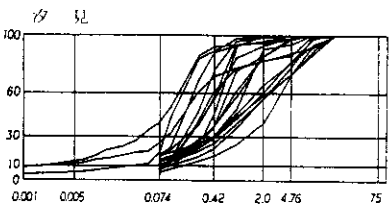
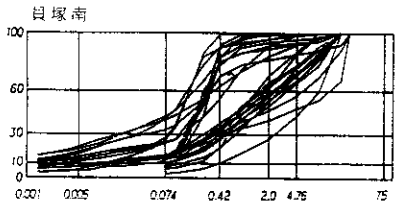
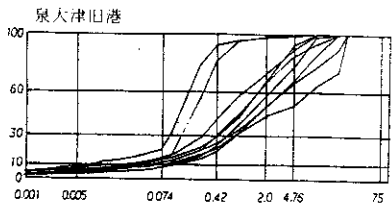
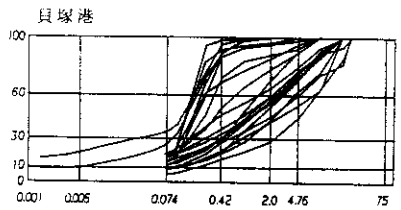
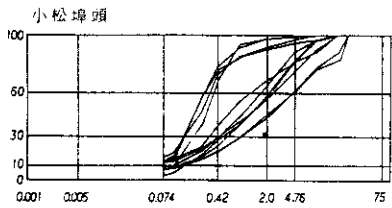
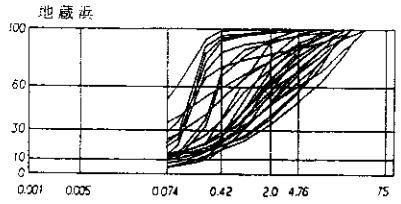
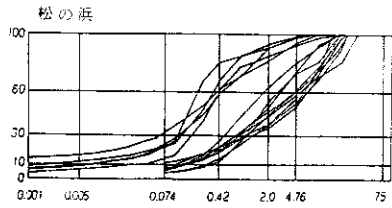
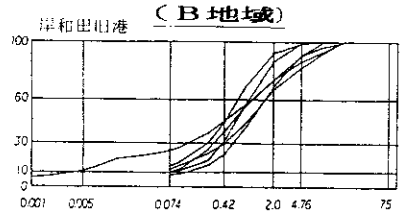
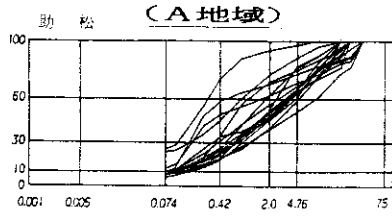
南伸部2期ルート of 通過地点のうち、現時点までに分布が確認された地層は、Ma3以浅の大阪層群、段丘堆積層、沖積層である。地質構造的には、低位段丘堆積層および沖積層がほぼ平坦に分布し、中位段丘堆積層以下の地層は、構造変位が顕著であり、褶曲構造を伴いながら全体に南に向かって浅く分布していることが判る。また、地質構成としては、北部域では、礫、砂質土の卓越する段丘堆積層が厚く分布し、南下するに従い粘性土が優勢となる大阪層群が浅所に分布している。

ここでは、南伸部2期地域の土質特性について、土質試験の結果を基に概説する。

4-1 物理的性質

4-1-1 粒度分布

ホーリング調査実施箇所ごとの砂質土および粘性土（力学試験実施箇所のみ）の粒度分布を図-5および図-6に示す。砂質土および粘性土とも粒度組成の顕著な差異は認められないが、A地域に比べB地域では、砂質土における平均粒径D50の粒径範囲が広く「細砂」に分類され、粒度分布のあまり良くない（均等係数U_cが小さい）地層の出現頻度が高い。一方、粘性土の場合には、土の構造、粒子の形状、鉱物組成および土粒子表面の物理・化学的性質などが工学的性質に関するおもな要素であり、粒度そのものはあまり重要な意味を持たない。しかし、A地域では、砂分の混入率が高い傾向にある。



0.001 0.005 0.074 0.42 2.0 4.76 75

粘土	シルト	細砂	粗砂	細レキ	レキ	岩石
----	-----	----	----	-----	----	----

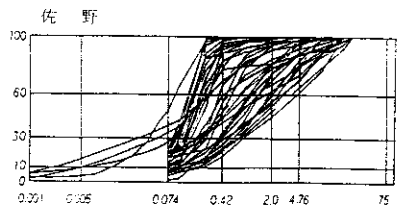
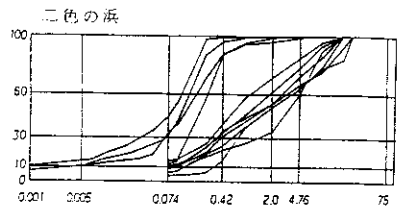


図-5 粒度分布 (砂質土)

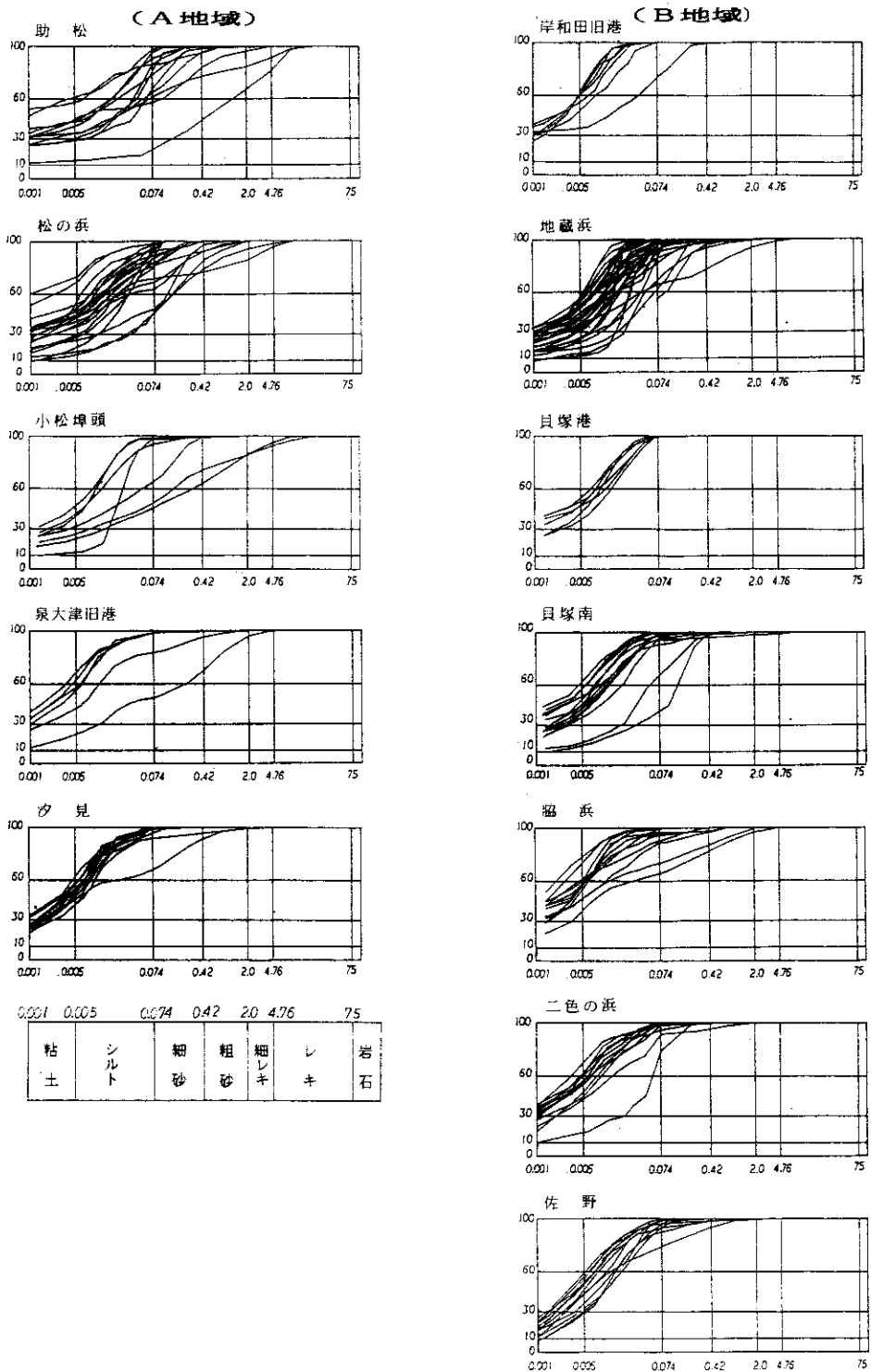
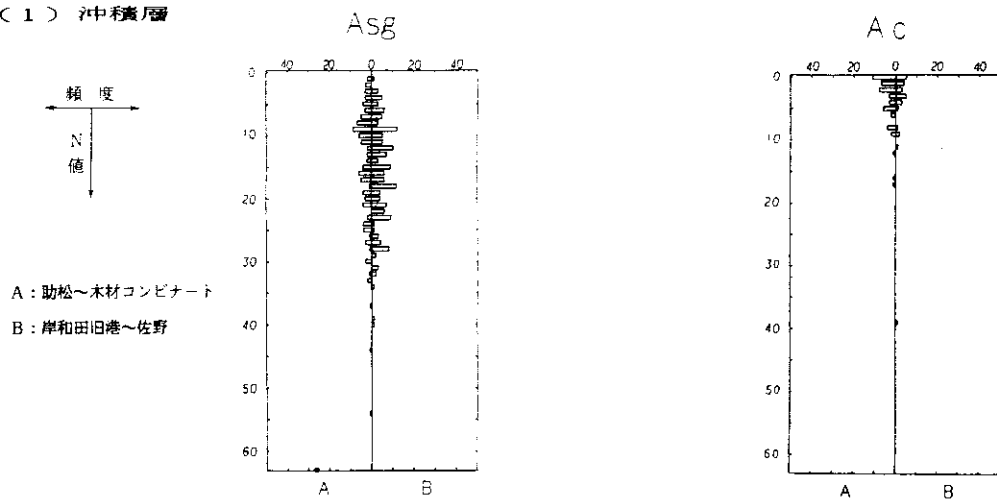
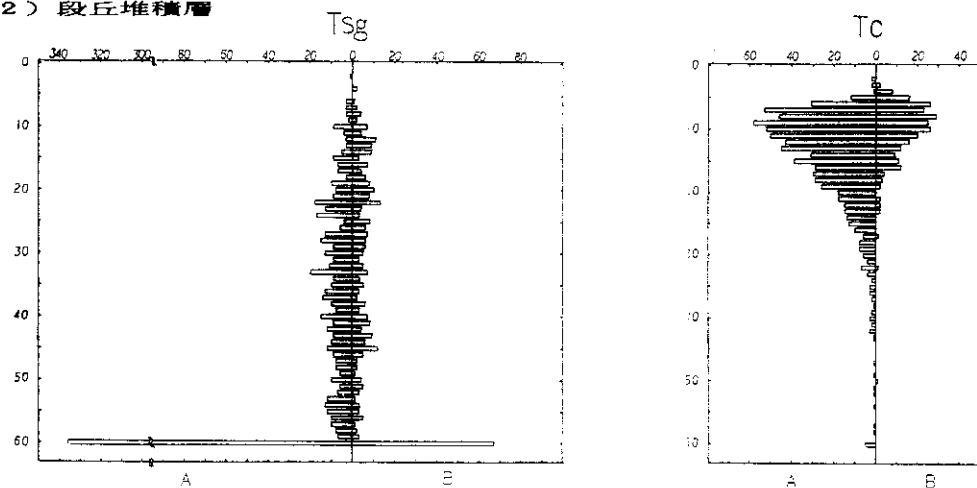


図-6 粒度分布 (粘質土)

(1) 沖積層



(2) 段丘堆積層



(3) 大阪層群 Osg

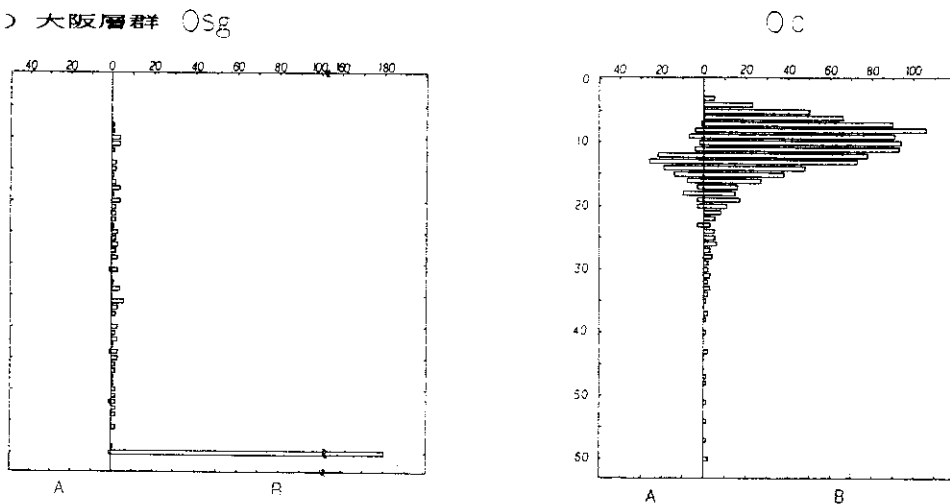


図-7 地層別N地頻度分布

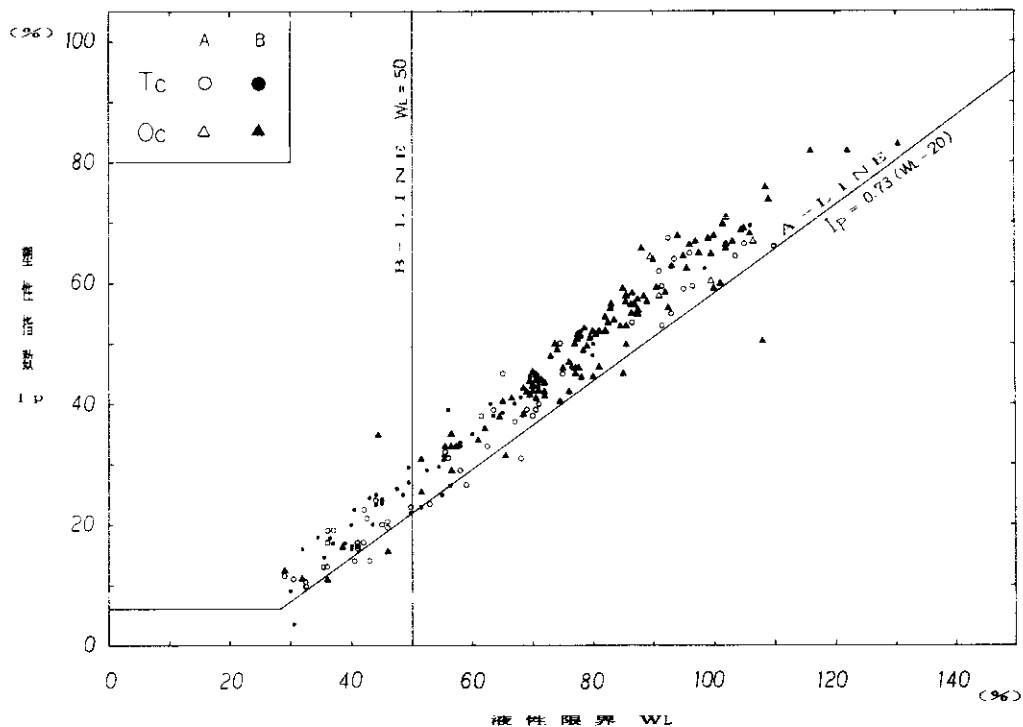


図 - 8 塑性図

4-1-2 N値の分布

沖積層 (Asg, Ac)、段丘堆積層 (Tsg, Tc) および大阪層群 (Osg, Oc) について、地域、地層別の N 値の頻度分布を図-7に示す。

- (1) 沖積層：全体の分布層厚が薄いので資料数は少ないが、A地域、B地域とも全般的に軟かく、緩い状態である。
- (2) 段丘堆積層：両地域とも、Tsg層でバラツキが見られるが、これは砂礫層に挟在する薄い粘性土や層変わり部における粘土層の影響であり、この粘性土の影響分を除くとほとんどが $N \geq 30$ を示す。

また、Tc層における平均 N 値 ($N \leq 25$) は、A地域では $\bar{N} = 13$ 、B地域では $\bar{N} = 10$ と A 地域の方が、高くなっている。これは、両地域における Tc 層出現深度の差による応力履歴の違い等によるものと思われる。なお、N 値が特に高いものに関しては、粘性土層に挟在する砂、礫、貝殻の影響等が原因と考えられる。

- (3) 大阪層群：Osg層に関しては、A地域ではほとんど確認されていないため地域比較はできな

いが、B地域をみる限りでは、Tsg層と同様の傾向を示すものと考えられる。Oc層では、B地域に比べ、A地域における資料の絶対数が少ないものの、Tc層と同様の傾向 (\bar{N} (A) = 14, \bar{N} (B) = 10) を示している。

4-1-3 塑性図

段丘堆積粘土層 (Tc層) および大阪層群粘土層 (Oc層) の地域別の塑性図を図-8に示す。Tc層 (Oc層ともに、ほとんどが A-Line に沿って分布し、地域差はほとんどみられない。しかしながら、Oc層では、そのほとんどが統一分類法における高塑性粘土 (CH) に分類されるが、Tc層においては、 $WL = 50$ (B-Line) 以下の圧縮性の低い粘土も分布している。この傾向は、西大阪地域や大阪市内沿岸部においてもみられる²⁾ が、Tc層に挟在する砂分の影響等が原因と考えられる。

4-2 力学的特性

4-2-1 一軸圧縮強度 (qu)

一軸圧縮強度は、正規圧密粘土では深度に比例

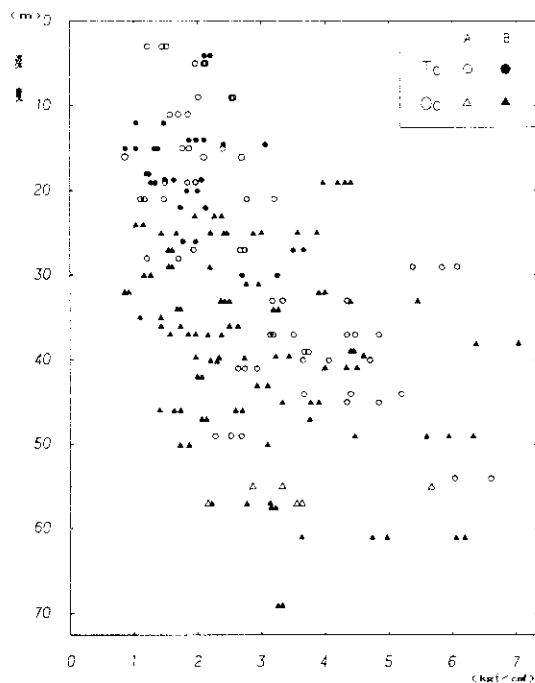


図 - 9 一軸圧縮強度の深度分布

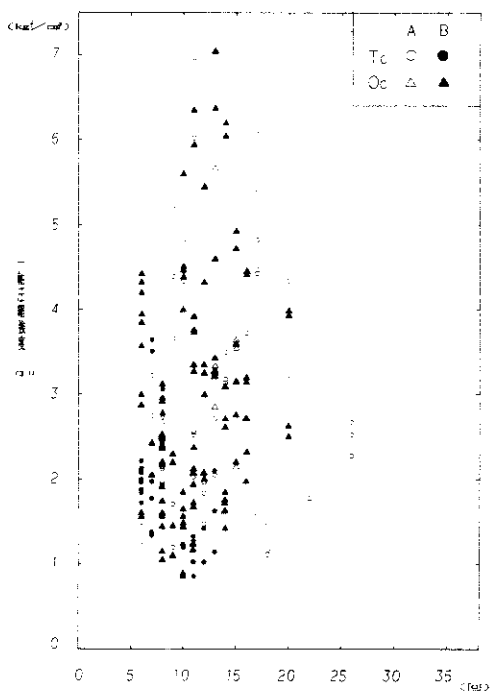


図 - 10 q_u - N 値 相関図

すると考えられているが、洪積粘土等の過圧密粘土では、一軸圧縮試験そのものがN値4以下の軟弱均質粘土に適するものであり、洪積層のような硬質粘土やひび割れ粘土、砂質粘土には適さないこと等により、バラつくことが多い。A、B両地域における一軸圧縮強度 (q_u) の深度分布を図-9に、N値との相関図を図-10に示す。全体的には、深度増加に伴い q_u は大きくなる傾向があるもののバラついている。また、同一試料でのバラツキも大きい。さらに、N値との関係も無相関に近い。この原因としては、試験そのものの不適合性のほかに、次の要因が考えられる。

- ① 圧密度の差 (応力履歴の違い、時間効果)
- ② 物理的性質の差 (砂分の挟在等)
- ③ 潜在クラックの存在
- ④ サンプルング時、供試体成型時における試料の乱れ
- ⑤ 試料摘出時の応力解放

これらは、力学試験全般に影響を与えるものであるが、特に一軸圧縮試験においては、上記要因による強度低下の傾向が大きいいため同一サンプルで複数個の試験を行い、得られる値の最大値を採用することが望ましい。

4-2-2 粘着力 (C)

A、B両地域において、三軸圧縮試験から求められた粘着力 (C) の深度分布、N値との相関関係を、図-11および図-12に示す。深度分布に関しては、一軸圧縮強度 (qu) に比べバラツキはあるものの、深度に対し比例分布の傾向がうかがえる。これは、試験時に軸圧のほかに側圧をかけることにより、力学試験における強度低下の要因が多少なりとも相殺されるためと考えられる。一般に、正規圧密粘土においては、 qu と同様にCは、有効土被圧に比例すると考えられており、大阪地域では、深度をZ (m)、土の単位体積重量を γ (tf/m^3)とすると、 $C = 0.3 \cdot \gamma \cdot Z$ (tf/m^2)

の関係があるといわれている。図-11では、ほ

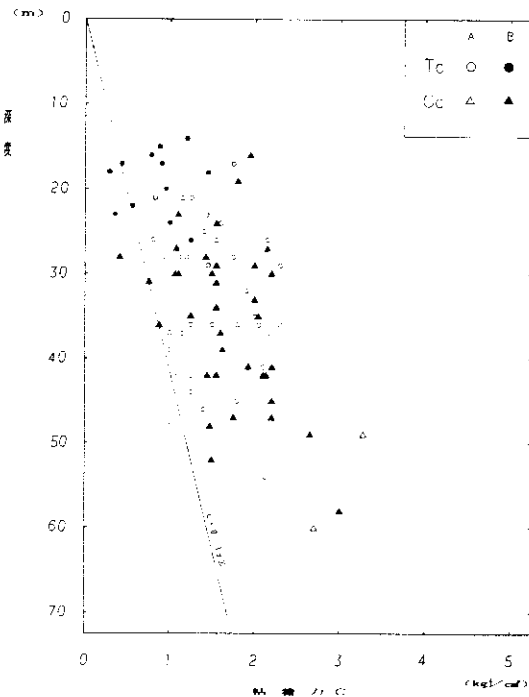


図-11 三軸圧縮試験による粘着力の深度分布

とんどが $C > 0.3 \gamma Z$ となっており、過圧密粘土と推定される。N値との相関は qu と同様に非常に悪い。

また、図-13に粘着力Cと一軸圧縮強度 qu との関係を示すが、多少のバラツキはあるものの、 $C = qu/2$ の相関関係の良いことがわかる。地域別にみると、A地域のバラツキが多少大きくてているが、これは砂分の混入によるものと考えられる。

4-2-3 圧密降伏応力(P_c)、圧縮指数(C_c)

平均的な土の単位体積重量を $0.8 tf/m^3$ として有効土被り圧線を引き、圧密降伏応力 (P_c) は、図-14に示すように、有効土被り圧線の右側にプロットされ、全体に過圧密状態にあると言える。特に、深度30m以浅における段丘堆積層のバラツキが大きい。これは砂分挟在等複雑な地質構造に起因するものと思われる。また、圧密の度合いを表す過圧密比 ($OCR = P_c/P_0$) は、全体的に1.7程度を示している。

圧縮指数 (C_c) の深度分布を図-15に示す。大

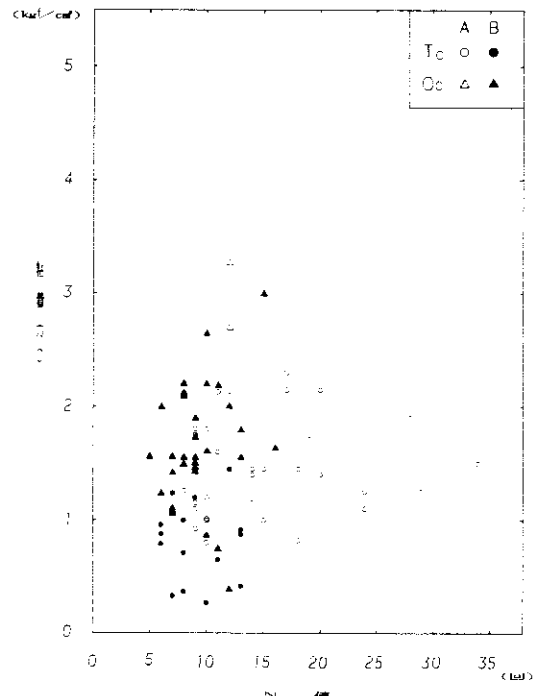


図-12 C - N値 相関図

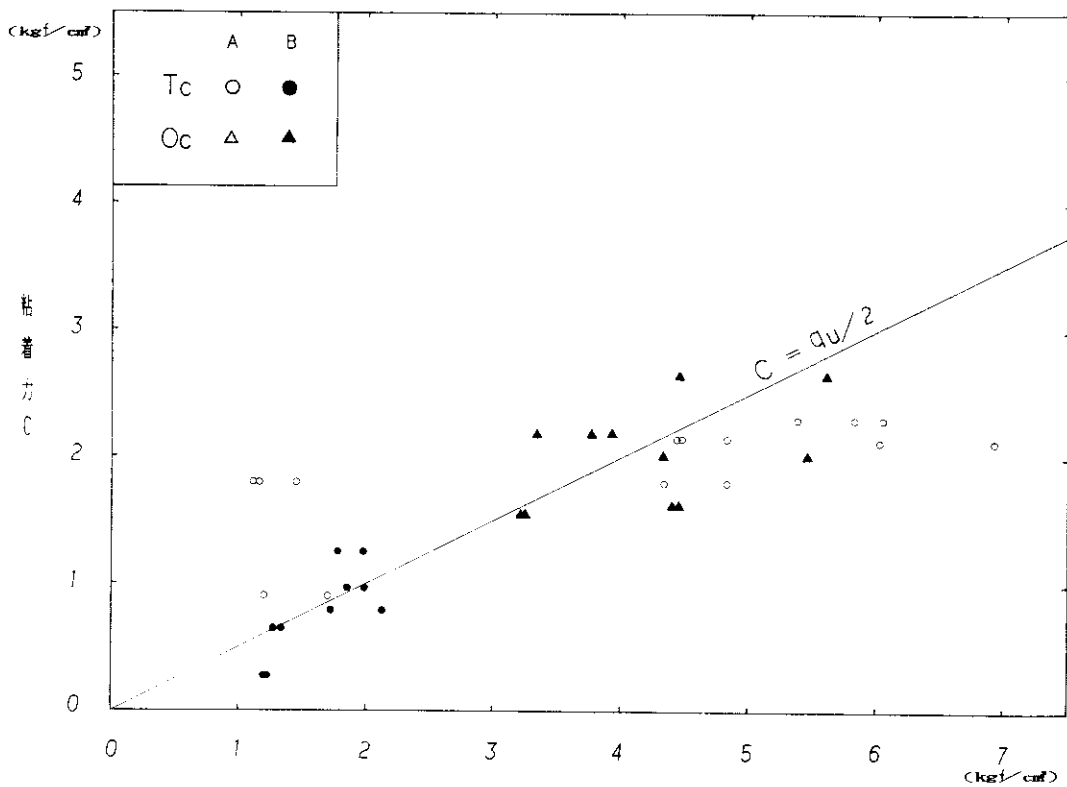


図-13 $q_u - C$ 相関図

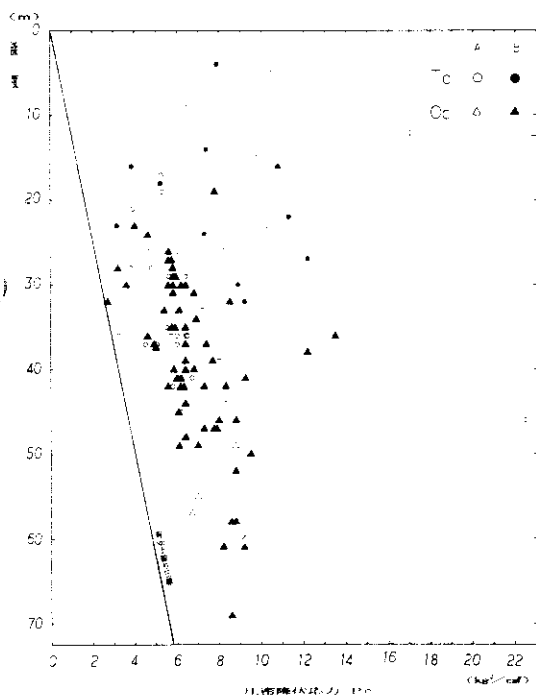


図-14 圧密降状応力の深度分布

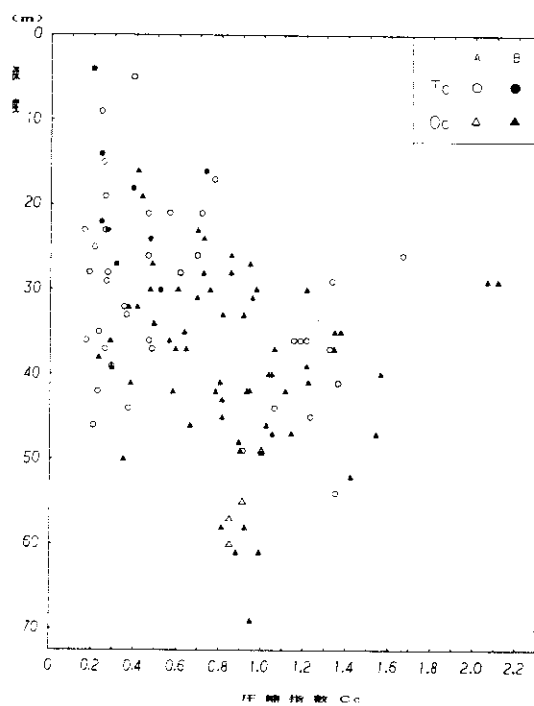


図-15 圧縮指数の深度分布

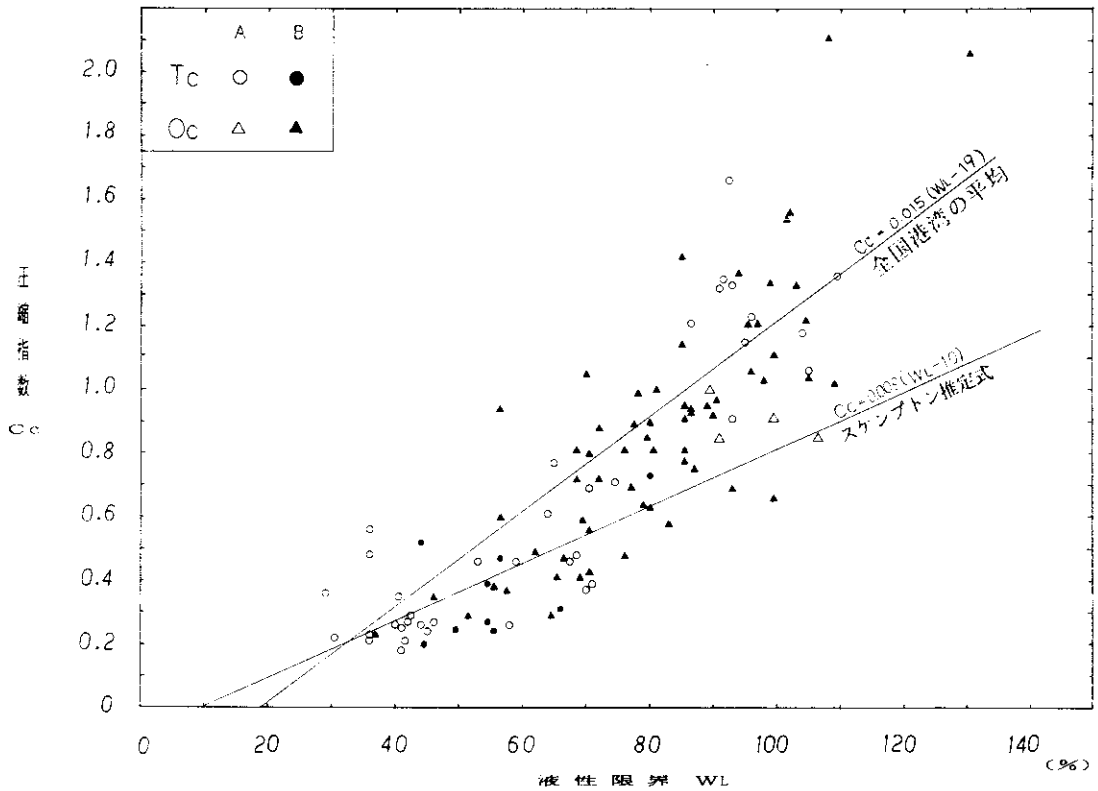


図-16 Cc - WL 相関図

阪平野下においては、概ね、沖積層で $C_c = 0.6$ 、洪積層では $C_c = 1.0$ 前後の値を示すが、当該地域においては、深度40m程度以浅の、段丘堆積層で0.2~0.3、大阪層群でも0.6~0.7程度と若干低い圧縮性を示している。

圧縮指数 (C_c) と、液性限界 (WL) の相関関係を図-16に示す。当該地域における $C_c - WL$ の関係は、大阪沖地区 (大阪市北港埋立地沖) と同様の分布形状を示している。

4-2-4 地盤変形係数 (E_m)

深度5~15m付近で実施した孔内水平載荷試験による変形係数 (E_m) と N 値の関係を図-17に示す。

地域的差異は認められないが、一般にいわれている $E_m = 7N$ に対し、次の関数が見られる。

沖積砂、礫層 $E_m = 1.4 \sim 8.1N$ ($\overline{E_m} = 4.4N$)

沖積粘性土層 $E_m = 2.6 \sim 35.1N$ ($\overline{E_m} = 7.7N$)

洪積砂、礫層 $E_m = 1.0 \sim 9.7N$ ($\overline{E_m} = 4.5N$)

沖積粘性土層 $E_m = 2.4 \sim 17.1N$ ($\overline{E_m} = 6.8N$)

バラツキが大きいので一概にはいえないが、砂質土層では $E_m = 4.5N$ 、粘性土層では $E_m = 7N$ の相関がある。しかしながら、特に砂質土層では、掘進時における孔壁の崩壊、緩み等が生じやすいことから、実際の値よりも小さな測定値が得られる可能性が高く、その評価に際しては十分な検討が必要であろう。

以上のように、南伸部2期地域における土質特性について、物理的、力学的両面からの地域比較を試みたが、特に力学的性質については大きな差異は見受けられなかった。

しかし、南伸部2期ルート沿いの地域では沖積層が非常に薄く、特に南下するに従い大阪層群の出現深度が極端に浅くなるという、大阪平野下とは明らかに異なった地質構造を呈している。地質層序的には相当層 (同一層) であっても、応力履歴の違いからその土質特性は必ずしも一致しないことがわかる。したがって、土質の工学的評価の基準を大阪平野下の相当層に置くことには問題があ

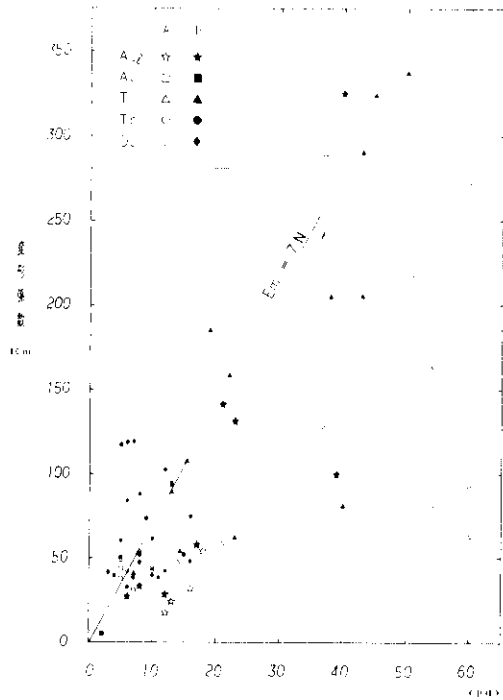


図-17 Em - N 値 相関図

と思われる。

5 南伸部2期における基礎設計上の問題点

現在までに下部工の設計が完了した区間における、地盤面からみた基礎構造の概要を紹介する。なお、基礎形式については、対象工区では全て場所打ち杭を採用している。

5-1 支持層

各工区における支持層の厚さと深度の関係を図-18に示す。当該地域の砂礫層は、全体に薄く連続性に欠けるものが多いことから、支持層として、杭径 ($D = 1.2\text{m}$ 、三色の浜のみ $D = 1.5\text{m}$) の3倍を超える層厚が連続する地層を有する工区は皆無であり、一部では杭径にも満たない層厚しか確認されていない箇所もある。

5-2 支持力

支持層が薄いことから、当該地域における支持

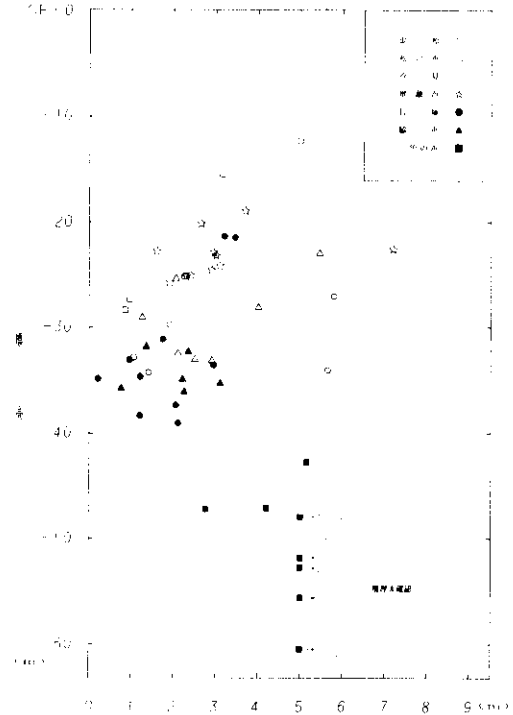


図-18 支持層厚 - 深度相関図

力の評価は、「薄層支持」として考える必要がある。薄層支持に対する考え方としては、次のような算定法が提唱されている。

- ①「分散破壊法」: 支持層が薄く、その下に弱い層がある場合には、支持層内での荷重の分散を考慮して、下部層上面での仮想載荷面を想定し、下部層の地盤強度から支持力を算定する方法^{9), 10), 11)}。
- ②「パンチング破壊法」: 支持層自体のせん断破壊抵抗力により支持力を算定する方法¹²⁾。
- ③「簡便法」: 支持層厚さにより極限支持力の低減を行う方法⁹⁾。

しかし、南伸部2期では道路橋示方書に基づき下層の粘土層の耐力を先端支持力と評価し設計を実施している。

しかしながら、支持層厚が非常に薄い場合の支持機構については、未だ解明されておらず、上記支持力理論に基づく設計計算の妥当性の検証が必要と考えられる。そこで、脇浜工区において、実杭による鉛直載荷試験を実施し、支持力度を確認

している。

鉛直荷重試験の結果、極限支持力度は $R_u = 1,600t$ であり、当初想定した $R_u = 2,160t$ を大きく下回り、薄層支持杭としての挙動がうかがえる。しかし、数値的には実設計上は杭頭で $R_u = 1,350t$ と設定しており、実設計の妥当性が確認された。

一方、荷重試験で測定した極限状態における杭先端部での軸力（先端支持力）と摩擦力の配分をみると、道路橋示方書では、粘土層における摩擦力（ f ）は、 $f = N$ または $f = C$ （実設計では $f = N$ ）としているのに対し、測定値では、 $f \leq 0.5N$ 、 $f = 0.13 \sim 0.38C$ であり、計算上の摩擦力度が過大に評価されていることが確認された。また、従来から洪積粘土のような過圧密粘土では、摩擦力 f は、粘着力 C 以下となることが唱えられており、設計上の摩擦力度の評価に関しては、今後の検討課題といえよう。

なお、薄層地盤における支持機構の解明については、現在、荷重試験により得られた種々のデータに基づき解析手法の検討を実施している。

5-3 耐震設計上の地盤種別

道路橋示方書¹⁰⁾では、耐震設計上の基盤として、「その面以下の地層の構成ならびに力学的性質の変化が小さく、対象地点に共通する広がりをもつ地盤面で、それ以下の地層が、セン断弾性波速度 $V_s = 300m/s$ 程度（ N 値より V_s を算出する場合には、粘性土層では $N \geq 25$ 、砂質土層では $N \geq 50$ ）以上の値を有している剛性の高い地層の上面」を基盤面と規定している。

地質調査時には、各地区1~2孔でPS検層を実施してセン断弾性波速度 V_s を求めている。PS検層より求めたセン断弾性波速度 V_s と N 値の相関を図-19に示す。なお、 $N \geq 60$ については、60回打撃による貫入量から30cm貫入に要する打撃回数を求めた換算 N 値としている。

大阪市内等における既設の路線では、地盤構成上、厚い沖積層の下に安定して分布する洪積砂礫層（天満礫層）を支持層とし、この支持層を基盤面と考えることが一般的である。しかし、当該地域では、PS検層の結果からも地盤構成の地域差が

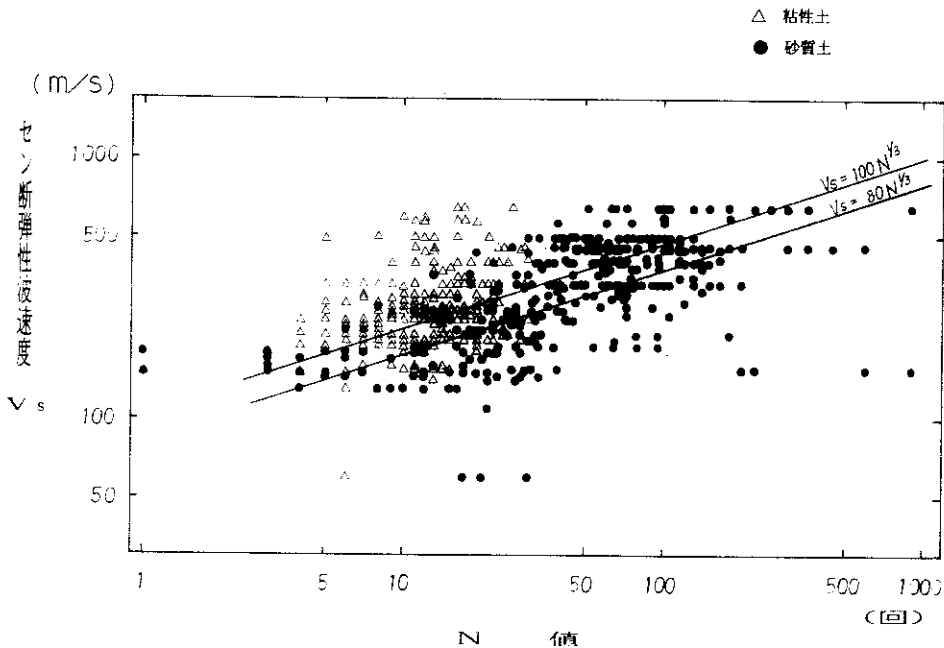


図-19 N - V_s 相関図

現われており、粘性土層が卓越するB地域はもちろんのこと、礫、砂質土層の優勢となるA地域においても、粘性土層のせん断弾性波速度Vsが低く、道路橋示方書に規定する「安定した地層（基盤）」の判断が難しい。また、道路橋示方書では、「相当深く標準貫入試験を行っても基盤面が現れない場合」には、沖積層厚と洪積層厚の関係から地盤種別の分類を行ってもよいこととしている。しかしながら、当該地域においては、沖積層厚が非常に薄いため、全般に2種若しくは2種に近い3種地盤と判定される。

なお、参考までに、対象I区においてPS検層結果から判定した耐震設計上の地盤種別は、二色の浜工区で4種となる以外は全て3種地盤としている。

6 まとめ

南伸部2期地域における地質の概要を紹介してきたが、基礎構造物の設計にあたっては次のような問題がある。

- ①薄層支持地盤における支持機構の解明
- ②特に洪積粘土層における摩擦力等、地盤定数の設定時の土質試験データの評価
- ③耐震設計上の基盤面の判定

また、若材令の埋立地における洪積粘土層の圧密沈下特性等南伸部2期における特有の問題をも含めて、未解決の問題点も多く今後の検討課題と言えよう。

あとがき

今回実施した地質調査の内容は、設計計算上必要となる物理的、力学的性質を重要視するあまり、基礎構造物を考える上での第一歩となる「広域的に見た地盤」としての調査、検討が不足している傾向にある。調査頻度も不足しており、土質定数等についても、数少ないデータからの設定を余儀無くされている。特に、当該地域のように、路線沿いに既存のボーリングデータが少なく、地質状況もほとんど解明されていない路線では、一部分を先行して地盤を評価してしまうことは問題であ

り、路線調査段階での地質構造調査の実施が望まれる¹⁴⁾。

最後に、本稿をまとめるにあたり、ご協力戴いた川崎地質㈱、応用地質㈱の方々に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団；「阪神高速道路地質資料大阪湾岸線（その3）編」阪神高速道路管理技術センター 昭和62年3月
- 2) 土質工学会関西支部、関西地質調査協会；「新編大阪地盤図」コロナ社 1987年
- 3) 市原実、市川浩一郎、山田直利；「岸和田地域の地質」地質調査所 昭和61年
- 4) 中世古 他；「大阪湾海底地盤の地質特性と土質工学的性質について」海底地盤に関するシンポジウム論文集 土質工学会関西支部、大阪湾海底の地盤研究委員会 昭和62年11月
- 5) 日本道路協会；「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」昭和55年5月
- 6) 「建築基礎構造物設計指針」
- 7) 山口柏樹；「深い基礎の支持層厚さの評価法」第21回土質工学研究発表会 昭和61年6月
- 8) 「土質工学ハンドブック」
- 9) 土質工学会編；「抗基礎の設計法とその解説」土質工学会 昭和60年
- 10) 日本道路協会；「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編」昭和55年5月
- 11) 「道路建設のための地質調査要領」阪神高速道路公団、土質工学会関西支部 昭和60年