

中津平野臨海地域の地盤強度分布および地盤安定度について

宇野 沢 昭* 安藤 高明**

**A Brief Aspect from the Viewpoint of Geology as well as Stability Researches
with Regard to the Subsurface Grounds over the Littoral Plain,
Developing along the Southern Shore of Suō-nada**

Akira UNOZAWA and Takaaki ANDŌ

Abstract

The littoral district along the southern shore of Suō-nada consists of the lowlands and the residual terraces accompanied by a few eroded valleys. Mesozoic granite basis is concealed indeed far in the depth here, but it decreases in depth gradually and then exposes itself above the earth surface as remnant hill domes towards the west, beyond the river Yamakuni. Plio-Pleistocene andesitic tuff-breccia develops in the southern upland, but it inclines gently to the north, sinking below the earth surface and turning itself into a solid basement under the plain. The upheaved and dissected fans, which are situated in the east of Nakatsu City, in the north of Usa City and in the both banks of the river Yorimo etc., are composed of the strata of pumiceous sand, fluvial pebble, pyroclastic flow, mud flow in an ascending order, and the dating of these materials is supposed to be of later Pleistocene. The terminal foot of these fans which are covered with scoriaceous tuff on the top dips below the littoral lowland, made of alluvial soft grounds.

Sounding tests with the tool of Swedish style have been performed at the 69 stations, scattered along the seashore in a double line, or otherwise arranged along the four fluvial plains, being spread out rectangular to the shore line. A greater bearing power has been found in the uppermost gravel bed which lies below several meters deep. Nevertheless the gravel bed varies in the age of completion from place to place; the ancient one furnishes a more stable foundation, while the recent one is inferior in stability. The nearer a testing station approaches to the shore line, the deeper an arrival depth to the gravel bed becomes, i.e. $-7 \sim -10$ m. It has been noticed that a dip of the gravel bed is larger than that of the earth surface. Also it is noteworthy that a soft ground with N-value of $3 \sim 10$ accumulates about $8 \sim 15$ m in thickness in the eastern, littoral lowland, developing in front of Bungotakada City beyond the river Yorimo.

The pore-pressure measurement in each stratum of the drilling locations has been operated at the same time during the drill works. The stratum shallower than -10 m of the three locations, i.e. B-1, B-2, B-3, has shown a higher pore-pressure with N-value of 10 or so, accordingly its ground condition is interpreted to be unstable. Deeper layers below the level of -10 m, consisting of volcanic pebbles and tufaceous sand mingled with consolidated silt, have shown equal or even less of the static hydraulic pressure with higher N-value, hence their ground condition is found to be stable and invariable.

But observation at the location B-4 near the estuary of the river Yakkan has pointed out the different fact that a sandy layer mixing with tufaceous silt is dominant throughout a columnar section, being furnished with far higher pore-pressure, and still the layer shallower than -30 m level exhibits evident irregularity in N-value. It is necessary to take care of inferior ground condition to which much unstable factors would give rise thereabout.

*応用地質部

**昭和46年11月生田試験地において地盤実験中殉職.

序

周防灘南部総合研究における陸域調査では、地表第四紀地質(坂本)・浅層地耐力(宇野沢)・地盤安定度(安藤)の3項目につき成果を求める方針のもとに現地研究が行なわれ、取りあえず46年3月に粗稿がまとめられ、仮印刷の形で関係方面にその成果が配布された。

その後坂本技官は別件調査のついでがあつて、長谷技官を伴い、再度当地を訪れる機会に恵まれ、その結果、洪積層上部の層序と地形面の記載に若干の訂正を行なつたうえ、すでに月報(第23巻第8号)に掲載公表した。従つて本稿では重複を避けて、地表地質の項が削除された形をとることとなり、宇野沢の浅層地耐力(第I部)ならびに安藤の地盤安定度(第II部)に関する報告が、遅ればせながら月報に掲載されることになった。ただし“サウンディングによる浅層の地耐力”には、坂本・長谷両技官の行なつた新たな考察が導入され、旧稿には若干の修正が加えられ、また“間隙水圧測定を通じての地盤安定度解析”にも多少の補筆がなされた。

なお前記の仮印刷の報告に掲げられた坂本技官の成果(削除分)の大要を記せば、次のようになる。中津平野の中津市以東では、花崗岩(中生代)基盤は深部に潜在するが、中津市から西するに従い、漸次浅く台頭する傾向が明らかで、山国川を越えると孤丘として地表上に露出する所さえ見受けられる。平野南方に連亘する山地を構成する凝灰角礫岩層(鮮新~更新世)は、ゆるく北に傾斜し、漸次地表下に没するようになり、臨海低地直下では固結した基盤を形成する。中津市東方の丘陵、宇佐市北方の台地、寄藻川流域の兩岸の台地には、さらに新しい火山灰・河成礫・火砕流・泥流(更新世上部)など

の重疊する隆起三角洲堆積物の発達を見るが、それらが各河川により開析分断されて、それぞれの面上にはスコリアを載せているのが特色である。さらに臨海低地ならびに上記各河川のつくった谷平野には、最も若い沖積層が堆積している。

第I部 中津平野臨海地域の地盤強度分布

I.1 まえがき

地盤を構成する母体としての中津平野の第四系については、従来その概略を述べた報告があるが、最近、坂本・長谷(1972)によって地形面区分および層序の詳細が明らかにされた。また臨海部の地下地質については渡辺(1971)の詳細な報告がある。

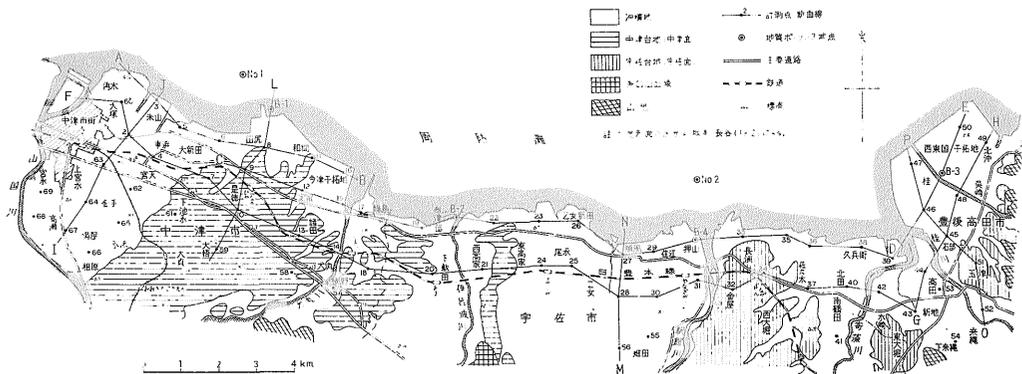
本稿は昭和45年度に実施された大規模工業基地水陸地盤調査研究に際して行なわれた当平野臨海地域の地盤に関して上記の報告を引用しながら考察したものである。

I.2 地盤地耐力の測定とその対象範囲

地盤の地耐力測定が行なわれたのは周防灘南岸の中津平野臨海地域で、現海岸線に沿う幅約1.0~1.5kmの帯状地域で、中津・宇佐・豊後高田の3市にまたがる。

地耐力の測定は、中津市角木(A地点:深度-150m)をはじめ、中津市田尻新開地(B-1地点:深度-50m)、宇佐市下庄(B-2地点:深度-50m)、宇佐市押山(B-4地点:深度-50m)、豊後高田市桂(B-3地点:深度-50m)の5地点での試錐にともなつて地表下-50mまでについて標準貫入試験を行なつたほか、69地点でスエーデン式サウンディングによる地耐力測定が行なわれた(第1図)。サウンディング測定値は上田(1954)の実験式注1)によってN値に換算した。

I.3 地形・地質の概要



第1図 地形および断面位置図

注1) $N = 115.5 P \cdot N^{-0.765}$, N=標準貫入試験のN値, $P \cdot N = 25$ 回の回転による貫入量 cm, ただし1回転は180°として計える。

中津平野の洪積世地形面は坂本・長谷 (1972) によれば古い方から糸口山丘陵, 宇佐台地, (豊後) 高田台地 (両者は同位面) および中津台地の3面に区分され, それぞれ糸口山泥流堆積物, 宇佐礫層, (豊前) 中津層の堆積面で, いずれも2m程度のスコリア質火山灰層に覆われている。これらの沖積台地の間には山国川・寄藻川・桂川など数河川が貫流し沖積面が発達する。この中で山国川右岸の中津市街をのせる面と, 駅館川・伊呂波川の間において宇佐台地に接する面は, 上流側で約10m+, 下流側で5~7mの高度を有し, その形態や砂礫層の分布からみて, 扇状地礫層の堆積面と考えられる。なおこれらの面は火山灰層に被覆されない。

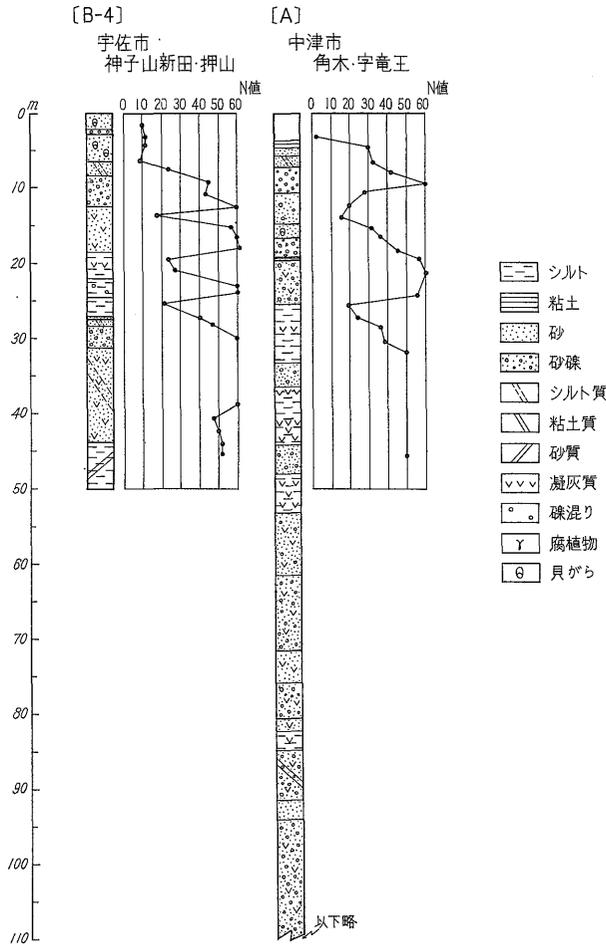
I.4 試験結果からみた地盤

I.4.1 N値とその対応する地質

標準地質柱状図^{注2)}にはN値を併記して対応する地質との関係を示したが, 以下これに基づいて若干の説明を行なうことにする。

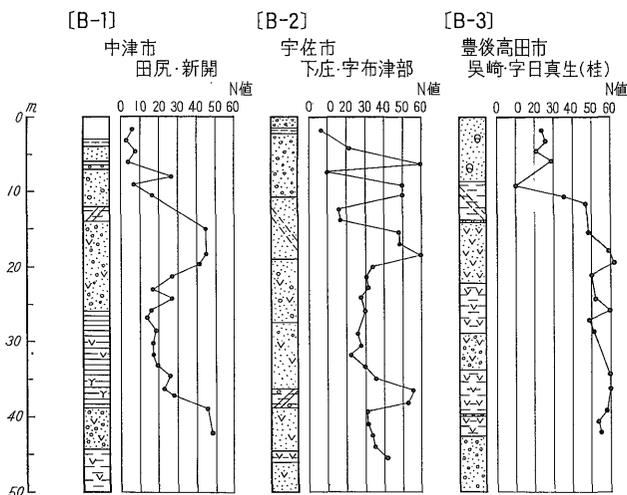
A地点 -25.6mまでは主として砂・砂礫層からなる。標準地質柱状図の記載によると, この砂礫層の礫径は5~120m/mでかなり粒径は均一性とぼしく, これからすればおそらく扇状地性の堆積物と考えられる。

最上部の厚さ6mほどは粘土・砂・シルトの互層とみられ河成堆積物からなる。扇状地堆積物からなる地盤のN値は, 上半部の厚さ約11m (-14.8m以浅) では砂層の部位で20~32, 砂礫層の部位で20~41を示す。下半部の厚さ約10m (-14.8~-25.5m) では35~60で, とくに下部の火砕物質を混える砂礫地盤は, 地耐力的に優れている。



第2-a図 ボーリング柱状図

注2) 本月報の標準柱状図と地下構造図(渡辺和衛)を参照, 以下試験については同様。



第 2-b 図 ボーリング柱状図

B-1 地点 -7.25mまでは粘土・シルト・砂の互層で、次いで厚さ4.85m (-12.1mまで)の礫まじり砂層があり、試錐地点の位置や礫径などからみて、扇状地性堆積物のつくる地盤と考えられる。この下位には厚さ2.0m (-14.1mまで)の砂質シルト層が続き、さらに厚さ約10mに達する砂礫層が発達し、この層準から火砕物質が含まれてくる。礫径は3~5m/mで全体に小さく、かなり淘汰は良いようである。以上の地層で構成される-14.1m以浅のN値は、上半部で3~8、下半部では7~15を示し、安定性の低い地盤が形成されている。火砕物質を含む砂礫層地盤では、 $N > 30$ を示す部位で8mの厚さがあり、良好な地盤となっている。これ以下-38.2mまでは、厚さ12mにおよぶ内湾性、あるいは谷埋め堆積物とみられる腐植物混りの粘土層があり、粘性土としては $N = 14 \sim 26$ とかなり締ってはいるものの、一応留意する必要がある。これより下位では砂礫層・硬質シルト層が続き、地耐力的に問題はない。

B-2 地点 -10.7mまでは礫径20~70m/mからなる砂礫層で粘土薄層をはさむ扇状地性の地盤である。地耐力は地表近くを除いて $N = 43 \sim > 50$ を示す。-11.0mから-19.0mでは礫まじりのシルト質砂層からなる地盤で、上半部には軽石などの火砕物質がわずかに含まれるが、下半部にかけてそれは多量に混入する。この地盤は幾分固結がみで $N \geq 48$ を示す。-19.0m以深は、ときにシルト薄層および細礫をはさむ火砕物まじりの中粒砂層が続くが、2枚の硬質シルトのはさみ(-36.0~39.0mおよび-44.5~-46.0m)が $N > 50$ を示すほかは、砂層で $N \approx 30$ 程度となっている。

B-3 地点 この地点は西東国干拓地に位置し、-9.4mまではシルト質砂・細砂層からなるが、上半部は人工埋立地盤であって、 $N = 20 \sim 26$ を示す。-9.4m以深は細砂・硬質シルト・砂礫層と続き、多量の火砕物質が含まれ、地耐力的($N = 46 \sim 60$)にも、また厚さの点からいっても、きわめて優れた地盤が形成されている。

B-4 地点 -6.5mまでは主として貝がら片をまじえる細砂層で、N値は8~11程度で安定性にとぼしい。この下位-12.5mまでの厚さ6mの地盤は、シルト質砂および礫径50~100m/mからなる扇状地性堆積物からなる地盤が発達し、 $N = 40 \sim 60$ を示す。この下位に続く厚さ5.65mの細砂層、さらに累計層厚8.85mの凝灰質シルトおよび礫まじりシルト層が堆積し、ここでもやはり火砕物質が多量に含まれている。N値は礫まじりシルト・砂層で60土を示すのに対し、凝灰質シルト層では $N = 22 \sim 27$ を示し、かなり低い値となっている。-27.0m以深では火砕物質まじりの砂礫~砂~シルトが続き、 $N = 50 \sim 60$ 、累計層厚20mにおよぶ優れた地盤が形成されている。

I. 4. 2 地盤の分布とその性格

前節では地耐力を主とした説明を行なったが、ここではさらに海域で実施された試錐をも加え、地史的な観点から検討を加えてみた。

まず層相からみて海陸7地点の試錐A・B-1・B-2・B-3・B-4(陸上)およびNo.1・No.2地点(海上)でそれぞれ-14.8m・-12.1m・-11.0m・-9.4m・-12.5m・-11.0m・-10.1mを境として、上下の2地盤に大別することができ、下位地盤から火砕物質が多く混

入する。

A・B-1・B-2・B-4・No.1 地点の上位地盤は、標準地質柱状図の記載にみられるように、その下半部あるいはほとんどが砂礫層からなり、しかも礫径は最大 100 ~ 200 m/m に達し、淘汰は悪い。したがってこの層相からみて扇状地性堆積物によって形成される地盤と見てよく、後述する山国川系の沖積砂礫層からなる地盤である。B-3・No.1 では成因的にこれに相当する地盤は見当たらない。下位地盤の下限とみられるのは、A・B-1・B-2・B-3・B-4・No.1・No.2の各試錐で、それぞれ -25.5m・-26.0m・-27.5m・-22.2m・-24.5m・-23.65m・-24.9m にあって、このうち B-4・B-3 を除いて、砂礫・礫まじり砂からなり、その分布からみてやはり扇状地性の地盤と考えられる。したがって浅層部における地盤は扇状地性堆積物を母材とするもので、上位のものを第1地盤とし、下位のものを第2地盤としておく。地耐力的には、第2地盤の方が安定した地盤を形成している。第1地盤の分布の東限はほぼ駅館川までであり、それだけ堆積作用が活発であったといえる。一方第2地盤の分布はかなり西方に後退する傾向がある。第2地盤以深に続く地層は、共通して低N値を示す地盤であって、かなり層相の変化がはげしい。とくにB-1地点の腐植物まじり泥質層からみると、かつての山国川はB-1地点付近に貫流した可能性がよく、-44.3mを限度として堆積する砂礫層は、当時の河床性堆積物とも考えられる。これらを一括して第3地盤とする。さらにA・B-1・B-2・B-3・B-4・No.1・No.2地点でそれぞれ-36.5m・-44.3m・-38.7m・-33.7m・-31.2m・-35.0m・-30.0m以下の地層は火砕物質に富み、優れた地盤を形成している。

以上のように考えると、当地域の地盤は発達史的に4地盤に区分することができ、それぞれ異なる性格を有するとともに、その分布の大よそを推定することが可能であろう。

ところで後述する寄藻川・桂川流域では-15mに達す

る軟弱な砂泥層が分布しており、第1地盤は見当たらず、第2地盤以下が伏在するものと考えられる。

I.5 サウンディングからみた地盤の分布

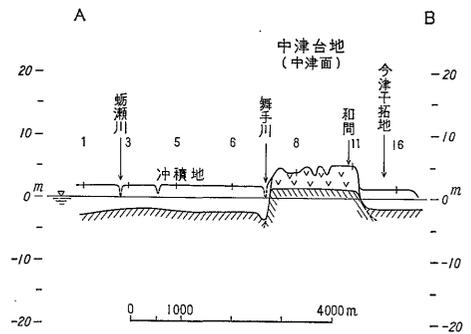
サウンディングによる地耐力測定は、陸域における5地点の試錐を補充することにある。測定箇所は糸口山丘陵を除く全地形面にわたっている。

山国川右岸沖積地

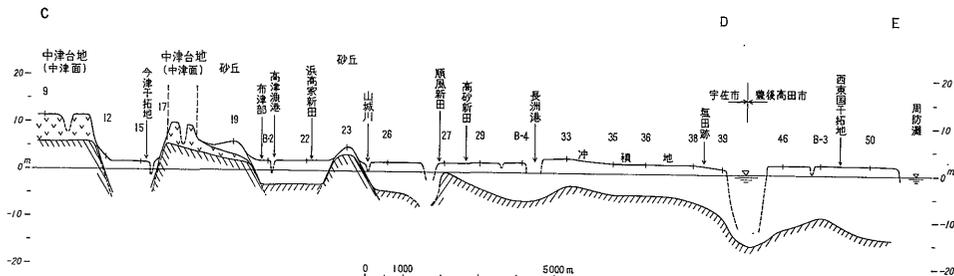
地表下-2~-6mで砂礫層に達する。この砂礫層地盤はA地点における第1地盤であって、表層から次第にN値が上昇し上部で $N \leq 10$ 、下部では $N = 10 \sim 25$ を示す。地盤の厚さはA地点からみて約10mと推定される。扇状地性の地盤であることから山国川右岸域に広く分布するものとみてよい。

中津台地

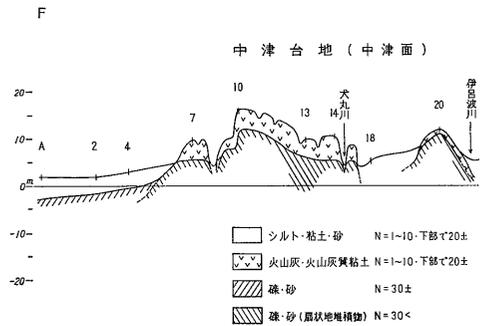
中津台地は、安山岩質凝灰角礫岩を基盤とした(豊前)中津層の堆積面である。本層の上部約3mほどは火山砂層からなり、さらに約2mの赤褐色スコリア質火山灰層に被覆される(坂本・長谷, 1972)。地耐力を計測し得た深度は、地表下5m内外であって、そこで砂礫層に達している。したがってこの深度からして礫層本体に達している。地表下5m内外までのN値は5~10、礫層で30程度を示す。地盤の厚さは7~10mで中津台地全域に分布する。ところで、前節で述べたB-1・B-2地点



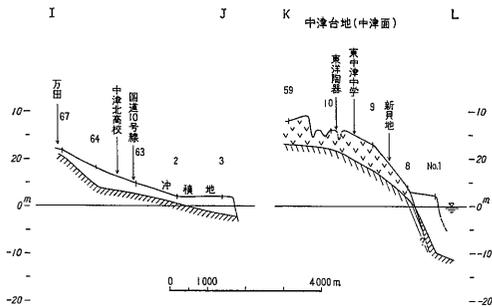
第3-a図 A~B断面



第3-b図 C~D~E断面



第3-c 図



第3-d 図 I~J・K~L 断面

の第1地盤は、当台地の支持地盤である(豊前)中津層とは異なるものであって、火砕物質を含まないことからみて、前者の場合は山国川右岸の砂礫層地盤の続きであり、後者は伊呂波川河成礫層からなっている。なお測定点のうち、No. 13とNo. 58地点は地表下10~11mでないとN>30に達しない。これは軟弱な泥質層からなることと、その位置からみて台地の開析谷域に当たるものと考えられる。

伊呂波川・犬丸川流域

地表下-2~-5mで砂礫層に達する。この間の地盤はシルト質砂または粘性土層からなり第1地盤に相当する。N値は3~10~20を示し一定しない。

犬丸川流域から河口にかけて分布する砂礫層地盤は、今津沖で干潮時の海底下に(豊前)中津層の露頭がみられることから、中津台地の北端は沖積面下に伏設するものと考えられる。伊呂波川流域では、B-2地点の結果からみて、伊呂波川河成礫層のつくる地盤であろう。

駅館川流域および尾永付近

順風から南方に直線的にのびる小河川の左岸に位置する尾永・乙女の載る面は、上流側で標高10m以上、下流側で7m程度で、駅館川左岸の標高5mの平坦な面とは

高度および地形形態が異なり、後者は駅館川系の沖積扇状地礫層堆積面であって、第1地盤に相当する。N=30に達する砂礫層地盤は、地表下1~3mに分布し、砂礫層直上にN=10~20を示す粘性土が認められる。最も海岸に近いNo. 26では砂礫層への到達深度は-6m以深となる。一方、駅館川寄りの低い地域での砂礫地盤到達深度は、地表下2~5mであり、前者に比べてやや深くなる。B-4地点の状態からみて、おそらく-12.5m以浅の第1地盤に相当するとみてよい。

宇佐台地

宇佐台地を構成する第四系層序は、安山岩質凝灰角礫岩層の上位に、古い方から河成砂礫層・駅川軽石流堆積物・高森軽石質砂・礫・シルト層、糸口泥流堆積物および宇佐礫層からなり、台地面は赤褐色スコリア質火山灰層に被覆される(坂本・長谷, 1972)。後述する豊後高田台地はこれと同位面とされているが、その層序はかなり異なる。したがって両者の宇佐礫層以下の地盤は地耐力的に、土質的に異なるものである。サウンディングによる宇佐礫層への到達深度は、地表下2~4mであって、この間のN値は15前後であり、礫層部に達するとN=50を示す。層厚は駅館川寄りで厚く、8m以上に達する。ただ高森軽石質砂・礫・シルト層とされているもの上部には、河床性あるいは沼沢地性の堆積物が含まれているとされ、その堆積環境からみて低いN値を示すことがあり得るので、留意する必要がある。

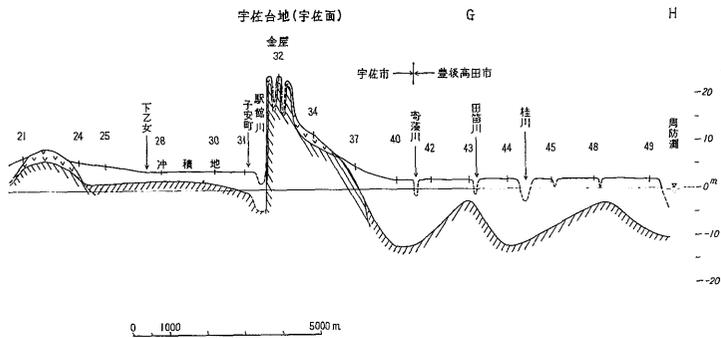
豊後高田台地

安山岩質凝灰角礫岩を基盤とする宇佐礫層の堆積面で、宇佐礫層そのものが強固な地盤を形成している。

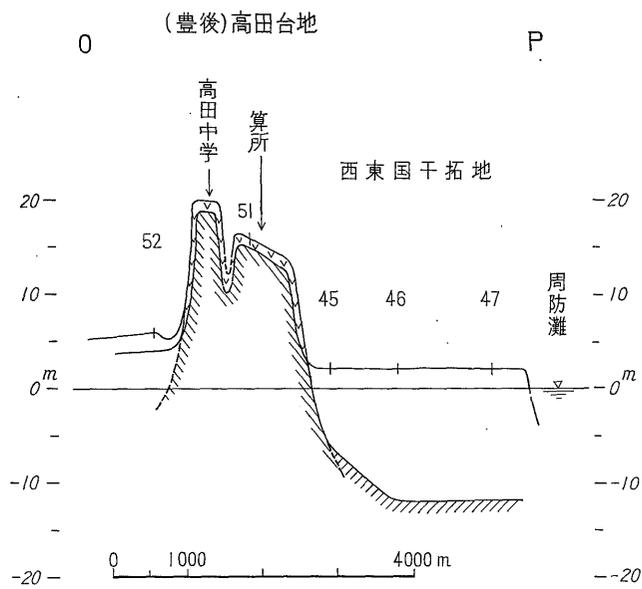
寄藻川・桂川流域および西東国干拓地

当地域で最も低平な沖積面であって、支持層となり得る砂礫層は、地表下-8~-15mにある。主として軟質な砂泥互層からなる地盤で、現寄藻川左岸から河口にかけて最も厚く連続して分布する。N値は砂質の部位で5

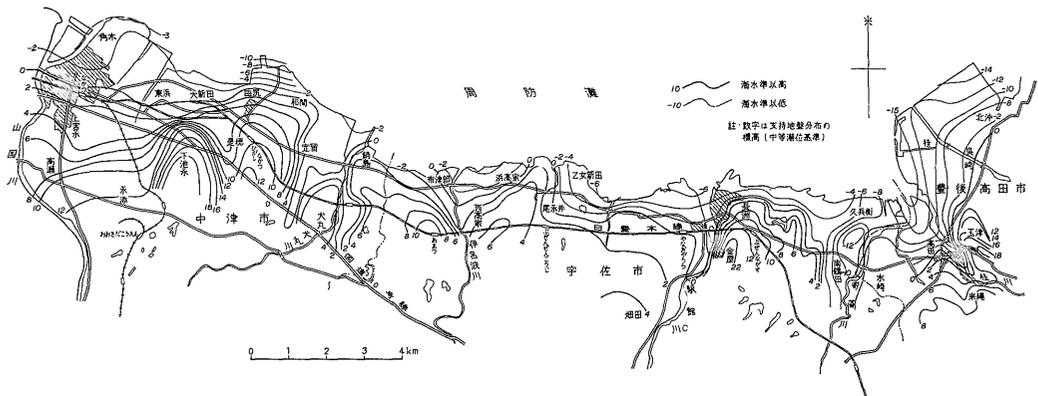
中津平野臨海地域の地盤強度分布および地盤安定度について (宇野沢 昭・安藤高明)



F~G~H断面



第3-e図 O~P断面



第4図 支持地盤の分布状態の概要

～10、泥質の部位で3程度である。この軟質層は、その分布状態からみて、海面低下によって形成された旧寄藻川・桂川を再埋積したものと考えられる。しかし宇佐台地に接近する地域および桂川の来縄付近では、次第に軟質層が減少し、支持地盤への到達深度が浅くなっている。

西東国干拓地でも、十分な支持層となり得る地盤は、地表下15mに伏在している。

I.6 結 言

以上の結果から当地域の地盤について総括すると、次のようになる。

1) 支持地盤を構成する地層は、地表面下50mを限度として4地盤に区分できる。このうち上部の2地盤は扇状地堆積物からなり、最下部の地盤とともに重量構造物の支持層となる。

2) 宇佐台地・(豊後)高田台地および中津台地では、それぞれ宇佐礫層、(豊前)中津層が優れた地盤を形成し、火砕物によって特徴づけられる第2地盤以下に相当する。

3) 支持地盤への到達深度は、対象地域東端付近を除いて、洪積台地・沖積地ともに地表下2～6mである。海岸寄りでは7～10mに達する所がある。

4) B-3地点を含む今回の調査対象地域東縁から南方の桂川流域、さらに南西方の寄藻川流域にかけては、層厚8～15mの軟弱地盤が分布しており、支持地盤が最も深所に伏在する区域である。(宇野沢 記)

文 献

- 池田俊雄・室町忠彦(1954)：地耐力調査法。鉄道現業社。
 清島信之・村上 肇(1968)：1/5万表層地質図「宇佐」および同説明書。経済企画庁。
 渡辺和衛(1971)：周防灘地域(大分側)の標準地質柱状図と地下構造図。
 坂本 亨・長谷紘和(1972)：大分県北部中津平野の第四系。地質調査所月報, vol. 23, P. 539～544。

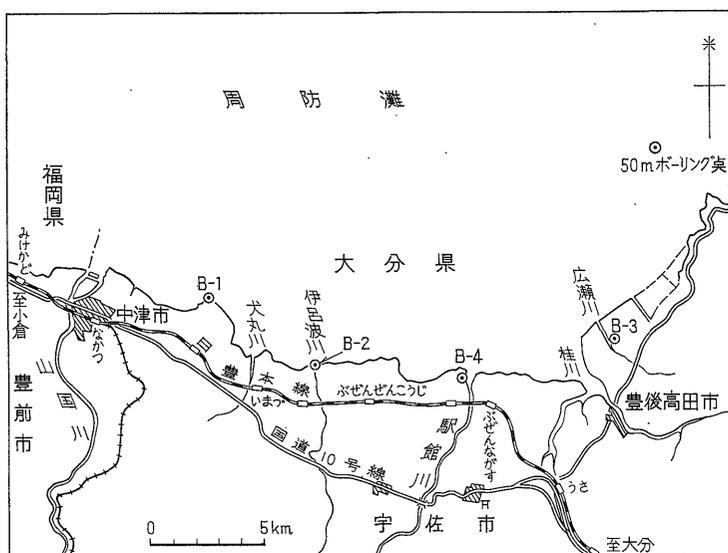
第II部 中津平野臨海地域における間隙水圧試験による地盤安定度について

II.1 間隙水圧試験の目的

周防灘南岸延長約25kmの海岸平野臨海部で行なわれた深度50m(陸上部)の試錐孔4本を利用し、地層中における間隙水圧の動向を研究し、それを手掛かりに地盤安定度などを知らうとした。

II.2 間隙水圧の測定方法

深度50mの試錐孔はB-1, B-2, B-3, B-4の4カ所で掘られ、これらの試錐孔での間隙水圧測定試験は、それぞれ掘進の途中、深度2.5mからそれ以深5mごとに10層準(-2.5m, -7.5m, -12.5m, -17.5m, -22.5m, -27.5m, -32.5m, -37.5m, -42.5m, -47.5m)で行なわれた。測定に使ったボーリング孔の位置を第5図に示す。



第5図 位置図

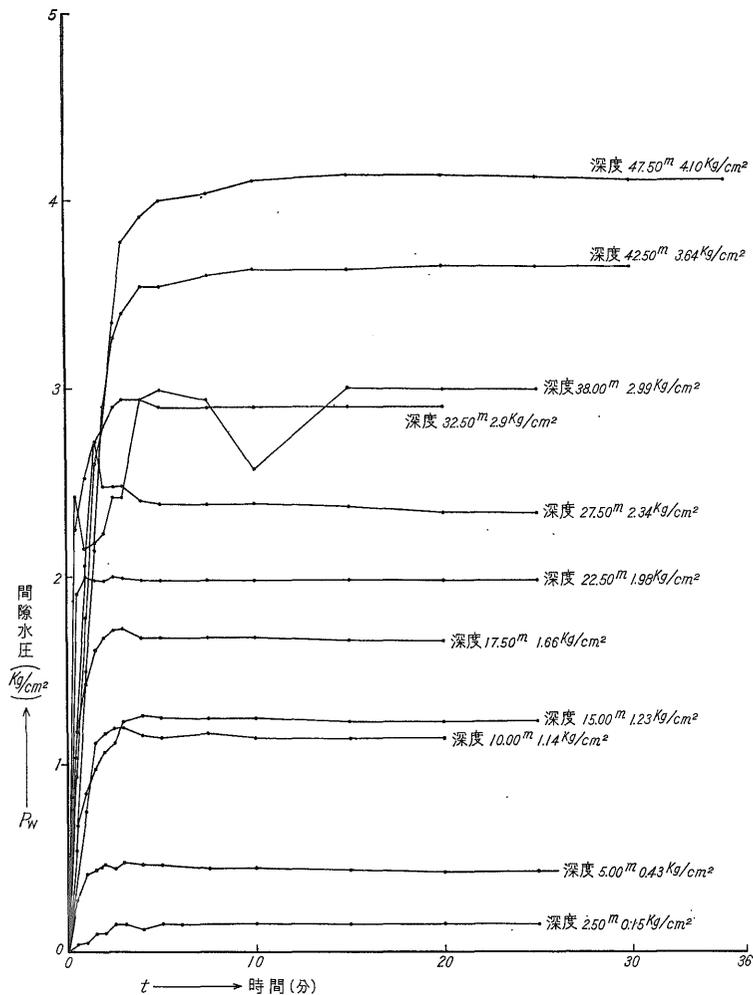
試験に用いた機器は坂田式P.P.R型間隙水圧計で、尖頭管を通して伝えられる地層中の水圧を、管内に垂下したピックアップの内蔵受圧板で受圧し、これを摺動抵抗装置により電気的に変換させ、リード線により地上に導き、測定器(MB型)に接合し直読するものである。

尖頭管の打込み(深度=0.2~0.5m)は上部の掘さく用泥水圧の影響を遮断するために行なうもので、測定時間は、尖頭管打込み終了次第ピックアップが尖頭管ノズルに接置されてから、30秒、1分、2分、3分…と1分間隔で測定し、水圧上昇後、定常状態が15分~20分間継続するのを確認して終了することとし、その時の値を最終水圧とする。

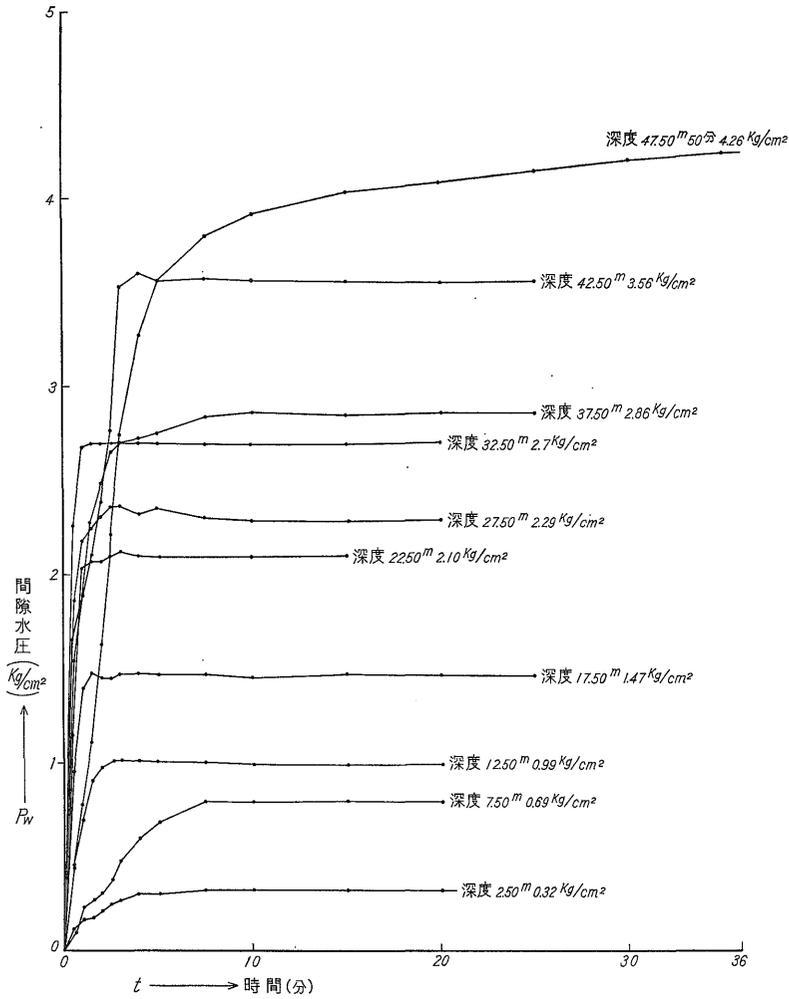
II.3 間隙水圧測定結果

所定の深度位置に尖頭管(汎用器・ノズル付)を打込み、ピックアップを垂下設置してから、徐々に上昇してくる水圧状況を時間とともに記録し、横軸に時間(単位分)、縦軸に間隙水圧(単位 kg/cm^2)をとり、両者の関係を各地点深度ごとに記し、上昇曲線図を作製した。この曲線の末端に測定深度と最終水圧を記入して、第6-a~6-d図に示した。

間隙水圧の測定は、前述のように、地表下-2.5~-5m間隔をもって行なったので、各測定深度ごとにその位置の静水位を測定することはできなかった。そこで全深度掘さく終了後12時間以上放置して孔内水位を測定し、この値を自然水位面として静水位の零点と定め、水



第6-a 図 B-1 地点における間隙水圧と時間との関係



第 6-b 図 B-2 地点における間隙水圧と時間との関係

柱 1 m の水圧を 0.097 kg/cm^2 として静水圧三角形を描き、この三角形の静水圧線（斜線）を間隙水圧の基準にして解析した。

地表から -2.5 m , -7.5 m , ... -47.5 m の各深度における間隙水圧値を静水圧三角形と併記し、これに各深度ごとの間隙水圧上昇率、同じ試錐孔で測定された N 値と電気検層の各グラフを順次並べて示したのが、第 7-a 図 (B-1), 第 7-b 図 (B-2), 第 7-c 図 (B-3), 第 7-d 図 (B-4) である。また B-1, B-2, B-3, B-4 の各地点各深度の間隙水圧測定成果は、第 1 表(a)(b)(c)(d)として示した。

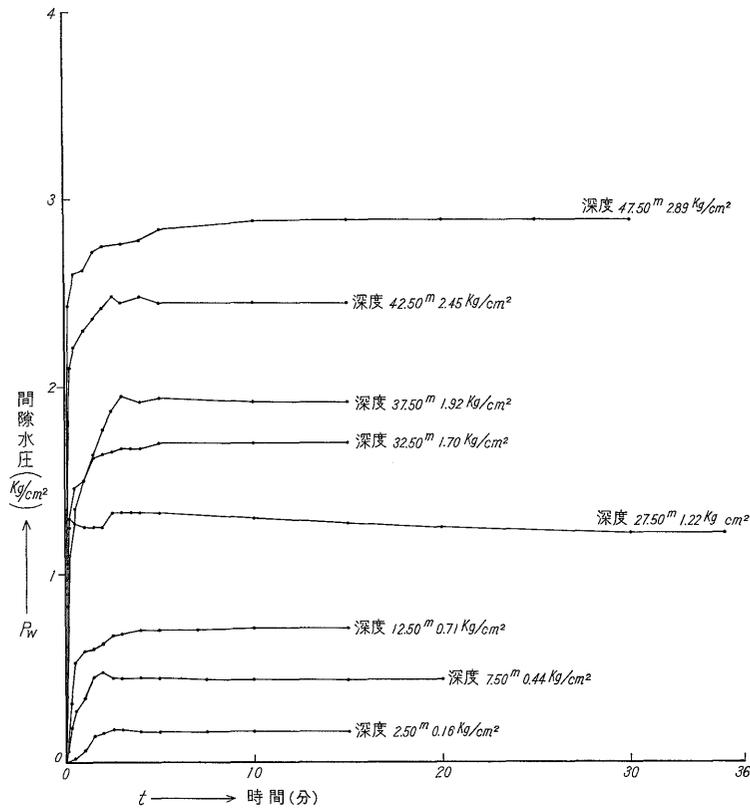
II. 4 静水圧と間隙水圧および水圧上昇率と N 値との関係

各地点における地層区分はここでは省略し、静水圧三角形に対する間隙水圧の変化状況および N 値などから、各地点における地盤安定度を考察した。

II. 4.1 B-1 地点 (中津市田尻新開堤外地)

中津港埠頭の付根付近にあたる。深度約 -3 m までは新たに埋立てられた地層で、それ以深 -6 m までは、最上位の海底堆積物、すなわち貝殻片混入のシルトおよび中粒砂で構成された地層である。N 値の低い軟弱な地層で、間隙水圧は静水圧よりやや高い状況を示す。

それ以深 -12 m までの間は、上部に礫混り砂質シルトの薄層を頂いた礫混り砂層で、間隙水圧は深度 -10 m 付近で 1.14 kg/cm^2 を示し、静水圧より約 1.4 倍の増加を示している。N 値の高い部分が見られるが、これはたまた



第 6-c 図 B-3 地点における間隙水圧と時間との関係

ま地層に含まれる礫に妨げられたためと考えられる。

-12m以深-26mまでの地層は約14mの層厚を有し、上部約2mは軽石混入の火山性砂質シルトで、それ以深は安山岩の亜角礫から構成される砂礫層となっている。間隙水圧の状況はほぼ静水圧に等しいか、やや低い値を示し、N値も50以上でよく締った安定地層と考えられ、電気検層の曲線からも砂礫層と判定できる。

深度-26mから-38mまではやや硬い凝灰質泥岩様の地層で、下部に腐植物と礫を混入する。N値は15~28を示している。さらに深度44mまでは、貝殻片を多く含む砂礫層となっており、N値は50以上を示す非常に締った地層となっている。採取コアの観察からこの礫層の充填物が粘質を帯びたシルトであることが判明し、N値とともによく締っていることの裏付けとなった。間隙水圧もまたこれを裏付けるかのように、静水圧より低い値を示し、地層の安定を物語っている。-44m以深50mまでの地層は軽石混りの固結シルトと砂の互層からなっていて、間隙水圧は上層と同様静水圧より約10%の低下を示

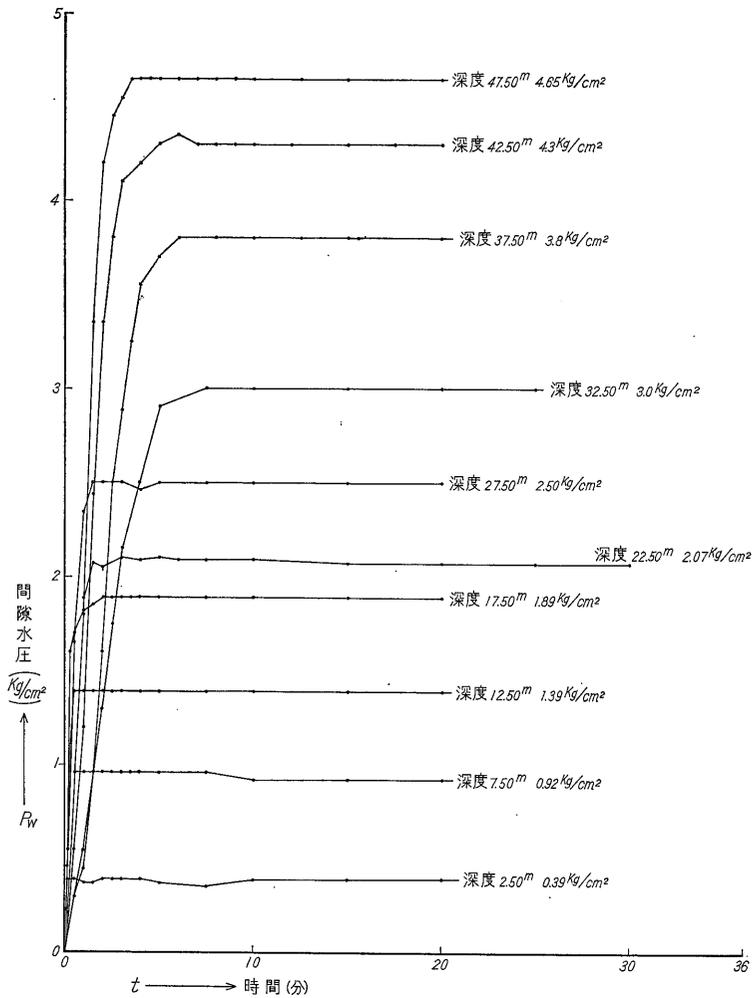
している。

間隙水圧上昇率と透水係数との関係は、一般的に正の相関関係にあることが知られている。すなわち上昇率(単位 kg/cm²/min)が高ければ、その地層の透水性は良いといわれている。当地点についての間隙水圧上昇率の最高値は、深度-22.5mの所で 3.82 kg/cm²/min が求められた。このことは付近の地層が砂礫層であるため、この地層が非常に大きな透水性をもっているものと解された注3)。

また砂礫層中にあっても水圧上昇率が低い値を示すのは、砂礫間の間隙が粘性土などの不透水性物質によって充填されていることが考えられる。従ってこの場合は透水性はにわかに低下するといえよう。

II. 4. 2 B-2 地点 (宇佐市宇下庄, 伊呂波川河口左岸)

注3) 他の地点についても、水圧上昇率の高値を示す所は同様であり、B-2地点では深度-42mからの粗粒砂層中、B-3地点では-42.5m以深の砂礫層中、B-4地点では深度-12.5~-18.5mの粗粒砂層中で求められている。



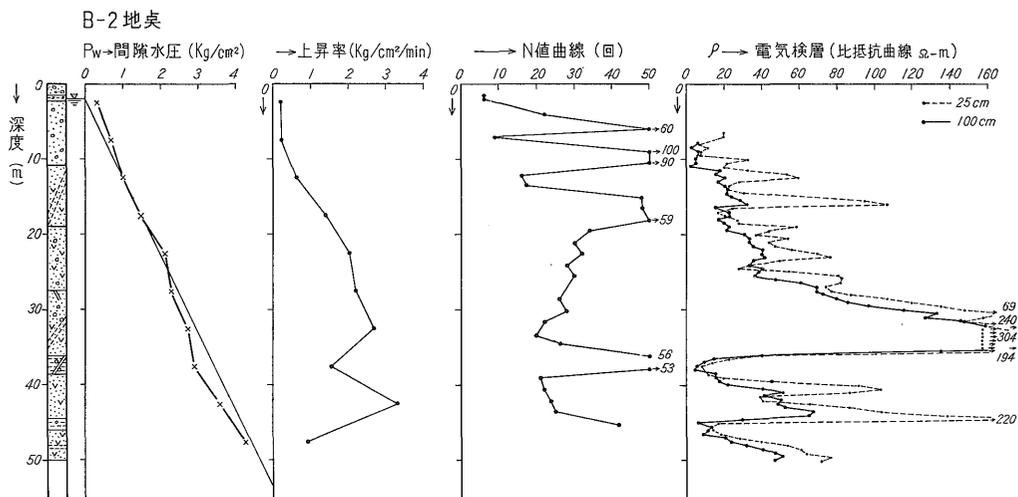
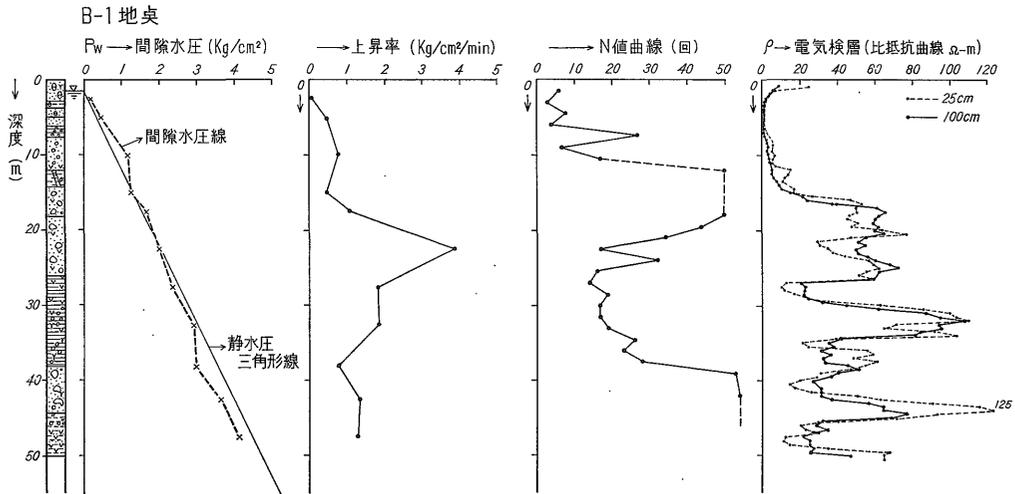
第6-d図 B-4地点における間隙水圧と時間との関係

伊呂波川の氾濫原と見られる地点である。深度-10.7 mまでは角閃石安山岩の円礫を主体とする砂礫層で、その充填物はシルト質の細粒砂で構成されている。間隙水圧は深度-2.5m, -7.5mで測定され、いずれも静水圧より約6.6~1.4倍の高値 (0.32 kg/cm², 0.69 kg/cm²) を示している。これはおそらく側方の河川水の浸透による影響と考えられるが、水圧上昇率の低いこととN値などのばらつきから考えて、シルト質部分に、軟弱でかつ膨潤性が潜んでいる不安定な地層と解される。

深度-19mまでの地層は、シルト質細粒砂で構成され、ところにより礫を挟む。N値は上部で16~17、下部で48~50と硬さを増しているが、深度-15mまではN値

が不規則であるので、地盤は多少不安定と考えられる。この地層内での間隙水圧は静水圧にほぼ等しく、上昇率の値からも異常は認められないごく普通の地層といえることができる。

深度-19~-36mまでの地層は所々に礫を挟む中粒砂で、上部20m付近には貝殻の混入が見られ、N値は30前後を示している。この間で測定された間隙水圧は、深度-22.5m付近で1箇所静水圧をやや上廻っている以外は、静水圧三角形の内側にあり、地層の安定度は良いものと解される。水圧上昇率や電気検層曲線からも、深度-32.5m付近の地層は透水性もあり、帯水層とも考えられる。



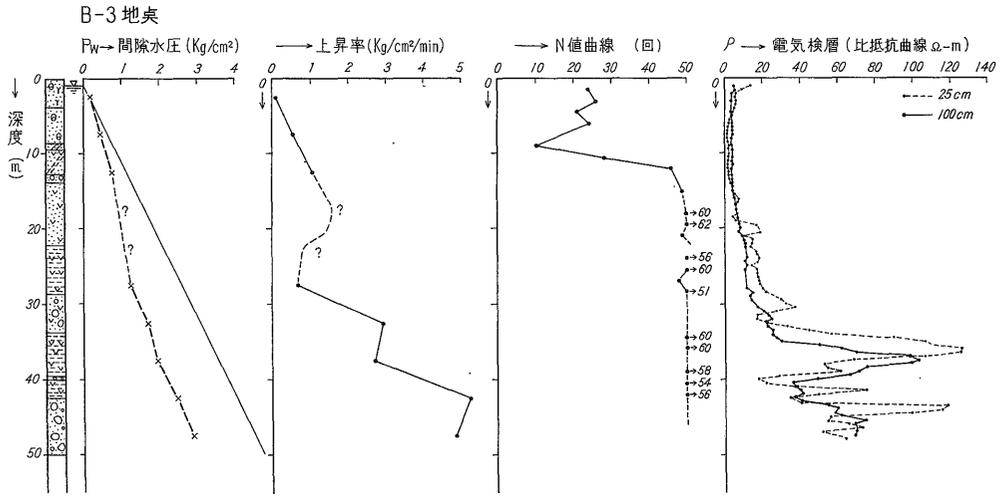
深度-36mで深-37.5mでの間隙水圧は静水圧より低い値(約0.8倍)を示した。この付近に伏在する地層は礫混り砂質シルトであるが、N値は50以上に達し、固結の度合を増している。またその下位にあっても間隙水圧は静水圧以下であることから考えて、地盤の安定度をさらに高めている。深度-42m付近の砂層は、水圧上昇率の面からも、透水性に富む地層と解される。

II.4.3 B-3地点(豊後高田市呉崎字日真生の埋立地、広瀬川河口右岸)

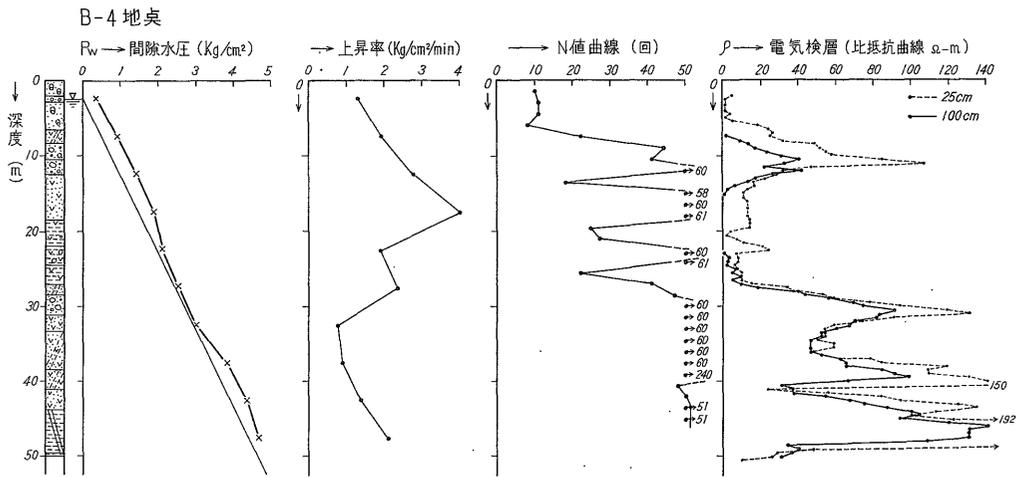
- 8.7mまで貝殻片混入の中～細粒砂層で、N値は21～26を示し、埋立地層としては良く締っている。

それ以深-12.8mまでの地層は、シルト質細砂から、軽石混入の凝灰質砂層(火山性)に替わり、最下位には1mの厚さをもつ砂礫層が現われる。間隙水圧はいずれも静水圧以下の値で、地層は安定しているようである。

深度-22mまでの地層は凝灰質固結細砂からなり、N値は45以上で、地層はさらに安定度を増している。この間での間隙水圧は欠測したが、それ以深の-27.5～



第7-c 図 静水圧三角形と間隙水圧・水圧上昇率・N値などの関係



第7-d 図 静水圧三角形と間隙水圧・水圧上昇率・N値などの関係

47.5mにて測定した間隙水圧値は、シルト層、砂礫層のすべてにおいて静水圧よりほぼ40%減の値を示し、N値も48以上であって、安定した強固な地層と判断された。砂礫層の礫質は角閃石安山岩が主体で、この層中での水圧上昇率は非常に高値を示すことから、透水性も大きいものと解される。とくに深度-42.5~-50m間の砂礫層は礫径 45 m/m ~ 500 m/m に達し、掘さく時の逸水も激しかったことから、優勢な帯水層の性格を持つ地層と考えられる。

III.4.4 B-4 地点 (宇佐市神子山新田宇川添駅館川河口左岸)

深度-3m付近までは貝殻混入の埋立砂からなっていて、その下位-6.5mまでが貝殻片混入の海成砂層である。その下位12.5mまではシルト質砂から砂礫層、そして凝灰質軽石混りの砂礫層となり、さらに深度-18m付近までは軽石混り粘土と砂の互層となっている。それで深-27mまで層厚約9mは、硬質シルト、礫混りシルトおよびシルト層で構成され、その下位約1.5mは腐植物

第1表 間隙水圧測定成果

(a) 地点B-1

測定深度 (m)	最初の屈折点 の間隙水圧 (kg/cm ²)	屈折点までの 所要時間 (min)	間隙水圧上昇率 (kg/cm ² /min)	最終間隙水圧 (kg/cm ²)	孔内水位 G. L. T (m)	最終間隙水圧 到達時間 (min)
2.5	0.02	0.5	0.04	0.15	1.5	5
5.0	0.42	1.0	0.42	0.43		20
10.0	1.12	1.5	0.74	1.14		10
15.0	1.12	2.5	0.45	1.23		15
17.5	1.60	1.5	1.07	1.66		15
22.5	1.91	0.5	3.82	1.98		4
27.5	2.70	1.5	1.80	2.34		20
32.5	2.72	1.5	1.81	2.90		5
38.0	2.94	4.0	0.735	2.99		15
42.5	3.27	2.5	1.31	3.64		25
47.5	3.78	3.0	1.26	4.10		30

(b) 地点B-2

2.5	0.10	0.5	0.2	0.32	2.10	7.5
7.5	0.22	1.0	0.22	0.69		7.5
12.5	0.90	1.5	0.6	0.99		10.0
17.5	1.39	1.0	1.39	1.47		15.0
22.5	2.02	1.0	2.02	2.10		4.0
27.5	2.18	1.0	2.18	2.29		10.0
32.5	2.68	1.0	2.68	2.70		2.0
37.5	2.27	1.5	1.52	2.86		20.0
42.5	1.65	0.5	3.30	3.56		10.0
47.5	2.74	3.0	0.91	4.26		50.0

(c) 地点B-3

2.5	0.14	1.5	0.093	0.16	0.9	4
7.5	0.27	0.5	0.54	0.44		2.5
12.5	0.52	0.5	1.04	0.71		10.0
17.5	—	—	—	—		—
22.5	—	—	—	—		—
27.5	1.25	2.0	0.625	1.22		30.0
32.5	1.46	0.5	2.92	1.70		5.0
37.5	1.35	0.5	2.70	1.92		10.0
42.5	2.10	0.4	5.25	2.45		5.0
47.5	2.43	0.5	4.86	2.89		15.0

(d) 地点B-4

2.5	0.39	0.3	1.3	0.39	2.5	10.0
7.5	0.96	0.5	1.92	0.92		10.0
12.5	1.39	0.5	2.78	1.39		0.5
17.5	1.60	0.4	4.0	1.89		2.0
22.5	1.88	1.0	1.88	2.07		20.0
27.5	2.34	1.0	2.34	2.50		5.0
32.5	2.15	3.0	0.716	3.00		7.5
37.5	3.55	4.0	0.888	3.80		6.0
42.5	4.10	3.0	1.365	4.30		7.0
47.5	4.20	2.0	2.10	4.65		3.5

混入の砂・シルト質砂があり、それ以深-31.2mまでは砂礫層となっている。その下位43.8mまでの地層は小礫および軽石混入のシルト質細～中粒砂層で、下位は凝灰質粘土を挟在する。-43.8～-50mまでは固結化の進んだ砂質シルト層でとくに硬い。

間隙水圧は全層に亘り静水圧より高い値(静水圧の約

1.4～1.1倍)を示した。これは、地下水の涵養源である駅館川による浸透水の影響とも考えられるが、他の地点と比較すると、地層内に過剰な水圧の存在することは、それだけ不安定要素を多く含んでいるようにも窺える。すなわち水圧の状態を左右する地層の構成物質いかんが多分に関係するものと思われ、とくに粘土質・凝灰質の

ものについては、膨張収縮などの現象も考えられることから、注意を払う必要がある。

水圧上昇率は深度-17.5m付近がとくに高い値(4.0kg/cm²/min)を示したが、これは透水性の良い砂層と解される。N値は深度-6mまで10前後で、地層は軟弱である。また深度-12.5~-27.5mの間におけるN値は18~>50というように非常に変化が激しい。この変動幅は地層の堆積状態によるものとはいえ、間隙水圧の状況から勘案すれば、この深度(-27.5m)までの地層は地盤判定の面からは安定性を欠くものと思われ、注意が肝要である。深度-30m以深の地層については、N値は50以上という強固さを示し、地盤強度は大きく安定した地層といえる。

II.5 結 語

当地域各試験地点での地層中の間隙水圧状態を総括し

てみよう。B-1(中津市田尻)、B-2(伊呂波川河口)、B-3(広瀬川河口)の-10m以浅に、やや高間隙水圧を有する層準が見受けられ、かつN値も10前後の所があって、地盤状態はやや不安定である。-10m以深は、火山性の岩石からなる砂礫層ならびに凝灰質砂層および固結シルト層で構成されており、N値は高く、間隙水圧の値も静水圧か、またはそれ以下となっており、全体としては変動の少ない安定した地盤状態といえる。

ただしB-4地点(駅館川河口)は、他地点と異なり、地層は砂質部分が多く、軽石混入の凝灰質シルトおよび砂層が主体となっていて、間隙水圧の状況は全層に亘り静水圧よりも高い値を示している。深度-30mまでの地層にあっては、N値にも不規則な状態が目立つ。従って、地盤は不安定要素を多分に含んでいると考えられるから、この点に注意する必要がある。(安藤 記)