

## 低平地における地盤図の作成 —鳥取県東部の低平地—

A Construction of Geotechnical Engineering Map for a Flat Ground  
— East Tottori Lowland —

藤村 尚\* (Hisashi Fujimura)  
伊藤 徹\*\* (Testu Ito)  
岩本志信\*\*\* (Shinobu Iwamoto)  
福田正昭\*\*\*\* (Masaaki Fukuta)  
桜井博幸\*\*\*\*\* (Hiroyuki Sakurai)

キーワード：地盤断面図 / (土質パターン) / ボーリング / N値 (IGC : CO)

### 1. はじめに

各種地盤調査により得られた地盤資料は、当初の目的を果たした後、各関係機関に保存されている。これらの地盤資料は対象とする地域および資料の精度・種類に大きな差があるものの、それぞれの地点での貴重な自然条件の資料であり、相互に補完し合い、解釈を加えて利用しうるならば、より効果的なものになる。近年の電算機のすざましい発達により、これらの地盤資料を管理、再利用する試みが盛んに行われるようになってきた。

本報告では、地盤情報の電算化への基礎研究として、土木工事を考えた土質パターンやN値分布、並びに地盤図等を作成して、低平地の土層構成と基本的な土質工学的情報の図化を試みた。なおモデル地域として、鳥取県東部を対象とした。

### 2. 平地地盤

#### 2.1 地盤図の作成

鳥取県下の沖積平野の地盤図は、これまで鳥取県地盤図<sup>1)</sup>が専ら利用されてきた。これは1979年までのボーリング調査資料に基づき1981年に刊行されたものである。土質工学会中国支部のもとで鳥取地盤データベース作成に関する研究委員会を設け、1980年以降のデータを集録し、上述のデータと併せて新しい鳥取地盤図の作成に取り組んでいる<sup>2)</sup>。

まず、図-1に示すように、基準分割図として3次メッシュで覆って、縦横座標点を与えた。3次メッシュは国土地理院標準地域メッシュ第3地域区画に相当し、1/25000地形図の東西、南北を各々10分割したもので、約4.5 cm (実距離：1.13km) × 3.7cm (0.92km)であり、区画線の名称を図-2に示すように南北方向に大文字アルファベット、東西方向に小文字アルファベットを配し、各々北及び東方向へと昇順の数字で表している。

以下、実用化を図るために、平地地盤の地盤特性をできるだけ簡単な図表で表すことにした。

#### 2.2 平地地盤の土質区分の概要

県下の平地地盤を構成する第四紀の土質は表-1のようにまとめられる。本表は鳥取県地盤図をもとに加

\* 鳥取大学工学部土木工学科 助教授                      \*\* ㈱ウエスコ 地質調査部次長  
\*\*\* 西谷技術コンサルタント(株) 地質部部长              \*\*\*\* アサヒコンサルタント(株) 技術部課長  
\*\*\*\*\* (株)ジオテック 代表取締役

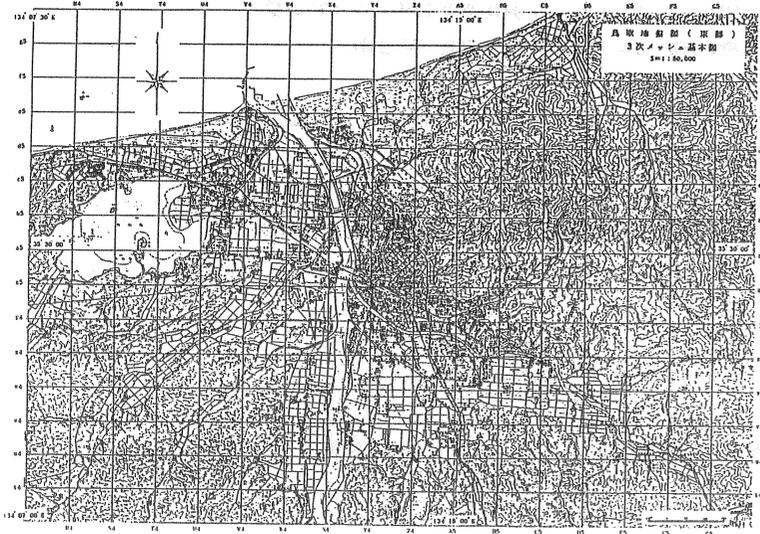


図-1 3次メッシュ基本図

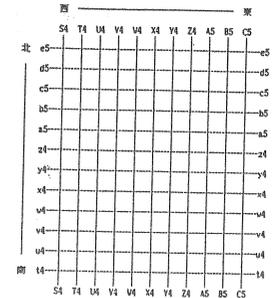


図-2 区画線の名称

筆作成したものであり、沖積層と洪積層との区分は約1万年前のいわゆる縄文海進<sup>2)</sup>とした。ローム層のうち黒ぼく層は約6500年頃に生成されたものであるが、これを別にすると約2~3万年前に堆積した大山中部火山灰層が県下に広く分布していること、古砂丘は大山中部火山灰層を鍵層としてこれ以深に出現することを考慮し、大山中部火山灰層をローム層の代表層とした。すなわち、ローム層の生成時期を約2万年前、従来、洪積層と沖積層との区分とされていた有楽町海進の頃とすれば、この時期が下部層と最下部層との境界に相当する。

沖積層の分布厚は最大30m程度であり、緩い砂質土と柔らかい粘性土からなり、軟弱地盤が形成されている。洪積層は沖積層下に20m以上の層厚で分布し、基盤岩類において着岩をみることもある。本層は比較的連続性のよい締まった礫質土と硬い粘性土からなり、力学的にも安定しており、中規模以上の構造物支持層となっている。また、洪積層中の礫質土層は被圧地下水を胚胎しており、主要な地下水源開発層となっている。

### 2. 3 土質パターン

地盤の土質構成を深度0~5mまでの浅層部と支持層までの深層部とにわけて、ボーリング柱状図をもとに表-2のように粘性土、砂質土、および有機質土をそれぞれ組み合わせて、5つの土質パターンを定めた。

#### a) 浅層地盤(深度0~5m)の土質パターンと分布

図-3は3次メッシュを更に各々10分割して0.45cm(113m)×0.37cm(92m)の1/25000地形図の4次メッシュを用いて深度0~5mの土質柱状図を分類した土質パターンの分布図を示す。浅層部の土質パター

表-1 土質区分の概要

地質時代	地層区分	地質名	地質的特性
第四紀	全新世	Ums	最上部砂質土層
		Umc	最上部粘性土層 表層(埋立土を含む)、潟湖末期堆積層、有機質を混える
		Umg	最上部礫質土層 河川氾濫原堆積層、UmcはN=0~3
		Us	上部砂質土層 河成堆積層(N<10)、新砂丘(N>10)
		Uc	上部粘性土層 前連時代堆積層(主として河成堆積層)、有機質を混える、N=0~4
	中世前期	Lc	下部粘性土層 河成堆積層、火山灰、軽石を混えることもある N=5~15
		Ls	下部砂質土層
		Lg	下部礫質土層 河成堆積層(N>15)、古砂丘(N>20)
		L	ローム層 火山灰、火山砂等の火山堆積物
		Umc	最下部粘性土層 UmcはN>10で過圧密
第三紀以前	B	Lms	最下部砂質土層 扇状地性基底礫層、段丘礫層、火山砕屑流
		Lmg	最下部礫質土層 Lms、LmgはN>50
			基盤岩類 (火成岩)花崗岩、流紋岩、安山岩、玄武岩 (堆積岩)礫岩、砂岩、シルト岩、泥岩、凝灰岩 凝灰角礫岩

表-2 土質区分表

区 分	浅層地盤の土質パターン					支持層までの土質パターン				
	深度 0~5m					沖積層と洪積層の一部				
土質パターン	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	粘土のみ	粘土-砂	砂のみ	砂-粘土	有機土	粘土のみ	粘土-砂	砂のみ	砂-粘土	有機土
柱状図										
表記記号										
備 考	粘土-砂または砂-粘土の場合、上部土質が3m未満の場合は粘土のみまたは砂のみの単層とする									

ンは大部分が表-1に示す最上部層(Umc, Ums, Umg)からなっている。比較的新しい堆積物のため、力学的な安定性が一番の問題で、土質パターンが小規模構造物の支持層としての良否の判定資料となる。また、平地地盤における微地形は浅層地盤の土質を反映しているとみることもでき、千代川周辺の浅層地盤の土質パターン分布図には粗粒土堆からなる微高地、旧河道等が明瞭に表れている。

b) 支持層までの土質パターンと分布

上記と同じ4次メッシュを用いて、支持層までの土質パターン分布図を図-4に示す。支持層までの土質パターンは概して厚い粘土層の分布する区域の多いことを示している。特に、鳥取市街地を中心として厚い沖積粘土層の分布がみられ、その分布域は最近では鎮静化しているものの以前広域沈下の著しかった区域に一致している。

このように土質パターン分布図を用いることによって、平地地盤を構成している土質の分布状況の概略をとらえることができる。

c) 浅層地盤の一軸圧縮強さ

図-5は、土質パターンをパラメータとして、一軸圧縮強さと含水比の関係を示す。両者の関係は、土質パターンを反映していることがわかる。とりわけ、砂分の存在により強度の増加と低含水比に分布し、粘土分が存在すると、低強度と含水比の分布が大きくなって現れる傾向が見られる。

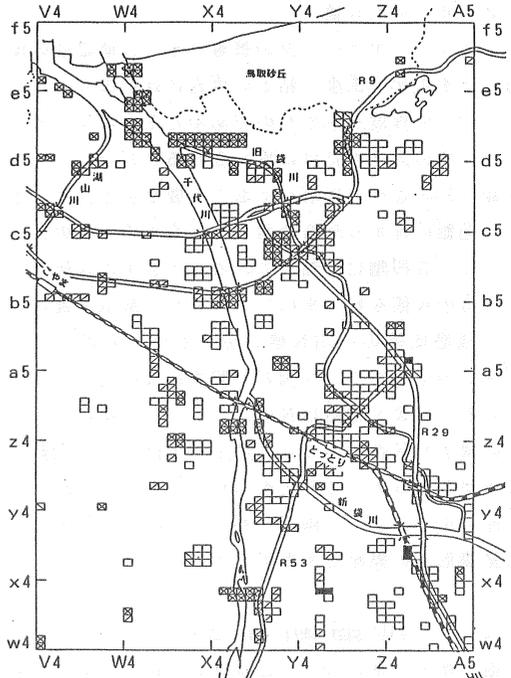


図-3 浅層地盤の土質パターンと分布

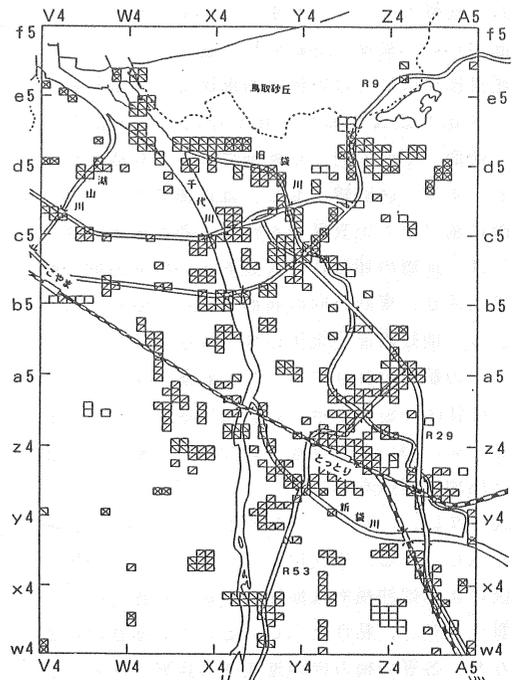


図-4 支持層までの土質パターンと分布

2. 4 平均N値

テルツァーギ・ベックの著書でも、N値は砂の場合にはその相対密度、粘土の場合にはそのコンシステンシーの程度を示すものであると示されている。単にN値の大きさだけに惑わされることなく、土の種類に対応させて理解しておく必要がある。ここでは、地盤の締め具合や柔らかさを平均N値の大きさとして5段階に分類している。この平均N値は、1 m毎のN値を相加平均して求めた。鳥取東部における浅層地盤の平均N値の分布を図-6に示す。図-3の土質パターン図と対照すれば以下のことが言える。砂質土地盤はN値が5~15のゆるい~中位の締め具合であり、粘性土を主体とする地盤はN値が0~5の“非常に柔らかい”~“柔らかい”状態にある。また、両図をもとに、構造物規模とその基礎形式の概略を予察することができる。

3. 地盤断面図

沿岸部の平地については基準の3次メッシュに添って東西、南北の地盤断面図を作成することにし、山間部の平地については河川沿いに別に裁断線を使った。地盤の縮尺は、水平 1/10000 (最長7km 分)、鉛直 1/500 (最深 100m 分) で統一した。

県東部地区における地盤断面図は、鳥取平野のほぼ中央部を北流する千代川を中心として南北方向 11断面、東西方向 10断面について作成を行っている。まず、区画線上もしくは近接のボーリング柱状図に基づいて土質区分を行う。各断面の交点については、地層の連続性が比較的よい南北方向の断面を優先させ、東西方向の断面をこれに合わせることで地盤断面図全体の整合性をとるように配慮し、その結果は良好であった。各層の基本的な土質は、柱状図の位置を示す鉛直太実線に沿って右側にN値、 $w_n$  (%), および  $q_u$  (kgf/cm<sup>2</sup>) の順で、各層ごとの相加平均値を示した。

図-7は、一例としてY4およびb5の地盤断面図を示している。千代川および鳥取市街地の地盤断面図によれば沖積層は地盤上位から粘性土 (Umc), 砂質土 (Us), 粘性土 (Uc) という3層構成が主体となり、各層の横方向の連続性も良好である。広域地盤沈下の主因となっているUc層は千代川右岸側および千代川下流側へと層厚を漸増し、 $N = 2 \sim 4$ ,  $w_n = 50 \sim 80\%$ ,  $q_u = 0.6 \sim 1.0$  kgf/cm<sup>2</sup> の値を

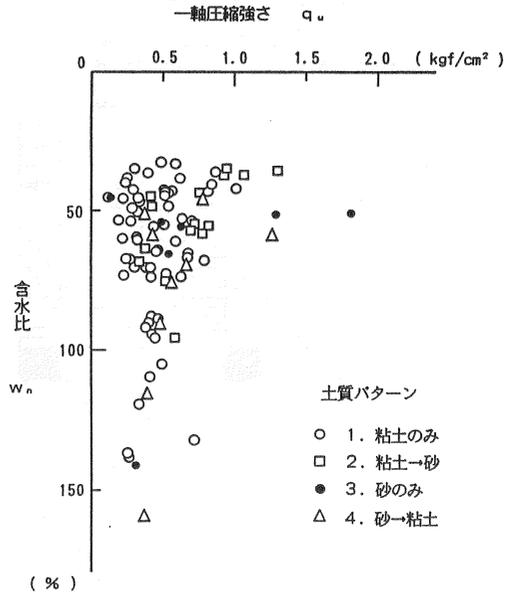


図-5 土質パターンと土質

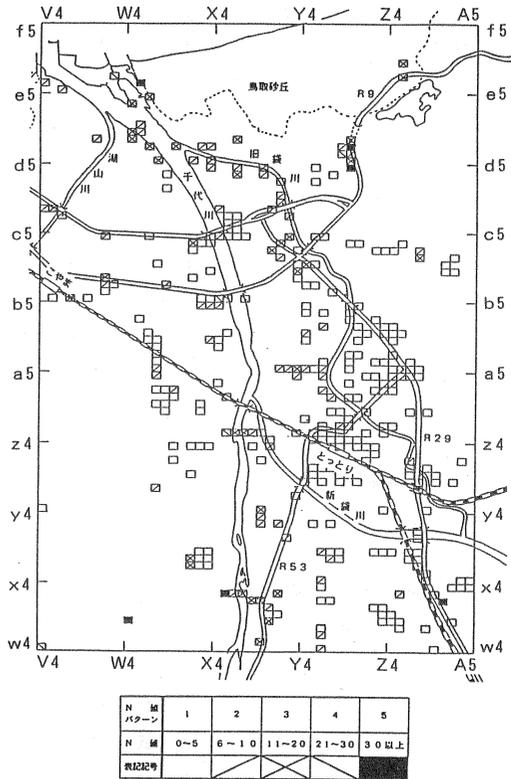
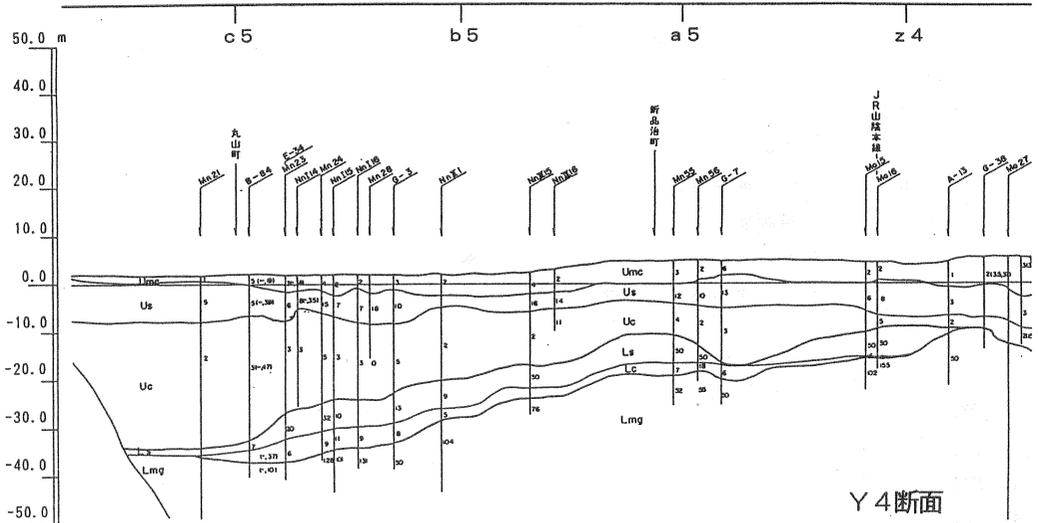


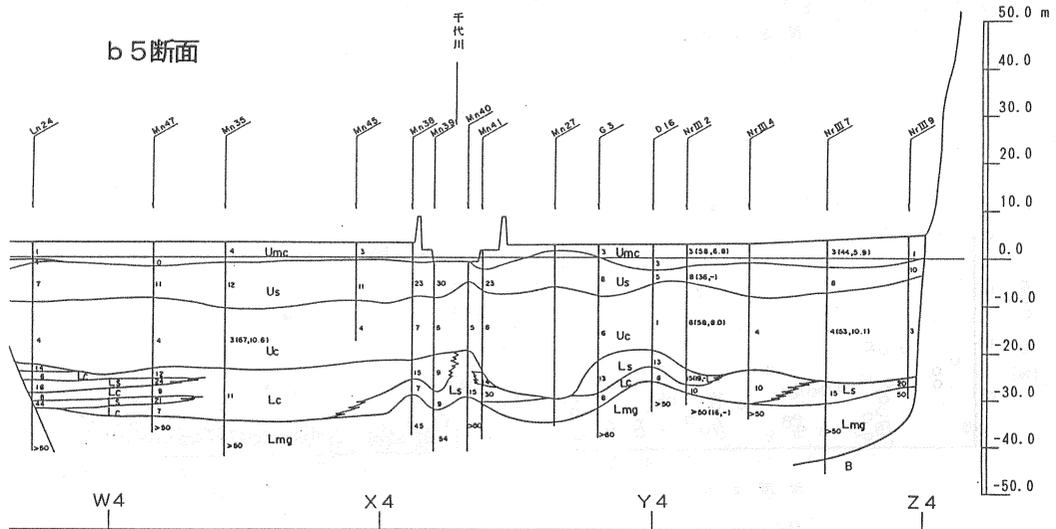
図-6 浅層地盤のN値分布

示す。

洪積層のうち最下部礫質土層 (Lmg) は南から北方の日本海へ向けてほぼ一様な緩傾斜をなして連続しているが、それより上位の下部層では東西方向に層相が著しく変化しており、両者の堆積環境の違いを知ることができる。最下部層は  $N > 50$  と最も安定した地層である。下部層のうち Lc 層は  $N = 5 \sim 10$  以上を示し粘性土としては力学的に安定しているとみなせるが、Ls 層は分布位置によって N 値が 10 から 30 と大きく変化し、支持層の判定・評価に際しては注意が必要である。なお、ローム層は沿岸部の砂丘地において単層として分布するが、下部層 (Lc, Ls, Lg) においても白色を基調とした薄層状の混入がみられる。



Y4断面



b5断面

図-7 地盤断面図

#### 4. 浅層地盤の土性

GL-5m付近までの浅層地盤の土質は、Ums, Umg, Umc, Uc, Usの各層で構成されている。これらの土質特性についてまとめたものを図-8~15に示す。それらの結果は砂質土(Ums, Umg, Us)と粘性土(Umc, Uc)とに大別して、土質の概要を示す。

(1) N値の分布 (図-8参照)

(i) 砂質土：ばらつきは見られるものの、 $\bar{N} = (4 \sim 8)z$  ( $z$  : 地表下m) の関係を示し、下限値は  $N \approx 3$  程度である。

(ii) 粘性土：地下1m付近でのばらつきがやや大きいものの、深さとの関係は明瞭でなく  $N = 0 \sim 5$  を示し、平均的には  $N \approx 2$  程度である。

(2) 含水比の分布 (図-9参照)

(i) 砂質土： $w = 5 \sim 40\%$  とばらつきが大きく、深さ方向にも同程度の変化を示し概ね  $w = 10 \sim 20\%$  である。

(ii) 粘性土：上部の高有機質土を除いて、 $w = 20 \sim 150\%$  と変化し、わずかに深さとともに含水比の増加傾向が見られ  $w = 20 + (10 \sim 16)z$  を示し、平均的には  $w \approx 50\%$  程度である。なお、平均値等の算定は、図中の●印で示した有機質土の物性値を除いて求めている。以下の図表も同様に取扱うものとする。

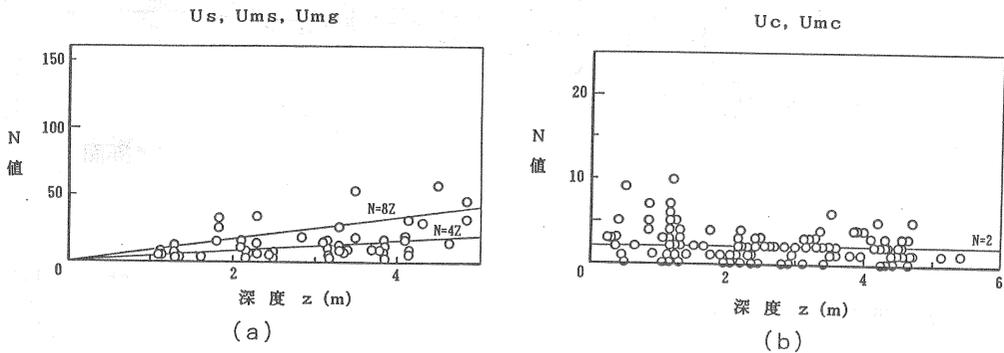


図-8 N値の分布

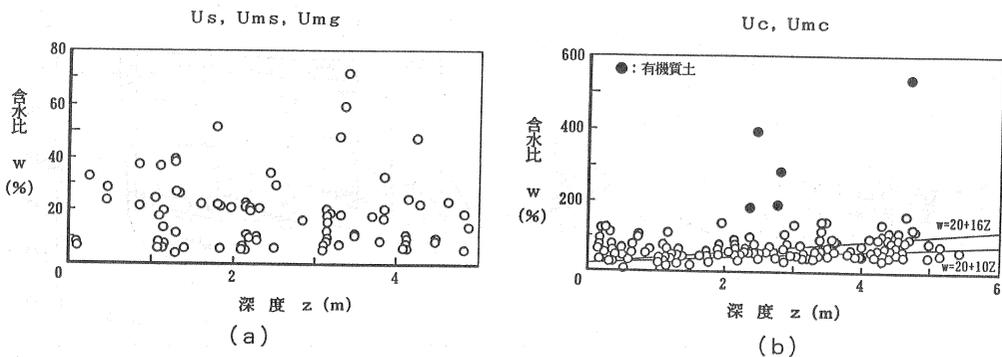


図-9 含水比の分布

(3) 一軸圧縮強さの分布 (図-10 参照)

粘性土において、 $q_u = 0.2 \sim 1.0 \text{ kgf/cm}^2$  と変化し、深さによる増加は顕著ではないが  $q_u = 0.2 \text{ kgf/cm}^2$  を下限とし、 $q_u = 0.2 + (0.05 \sim 0.2)z$  の範囲が主体となる。

(4) N値と一軸圧縮強さ (図-11 参照)

N値と一軸圧縮強さの関係においてもばらつきが大きく、明瞭な関係は定められないが  $q_u = 0.1N \text{ (kgf/cm}^2)$  程度を下限値と考えることができる。また、 $q_u$  の下限値として  $q_u = 0.2 \text{ kgf/cm}^2$  が見込まれることを考慮すれば、 $N \leq 2$  では  $q_u \approx 0.2 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $N > 2$  では  $q_u = 0.1N \text{ (kgf/cm}^2)$  を下限と考えるてよい。

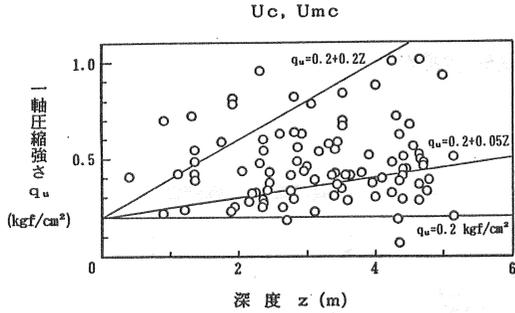
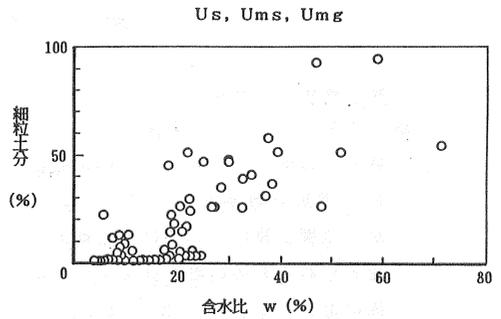


図-10 一軸圧縮強さの分布



(a)

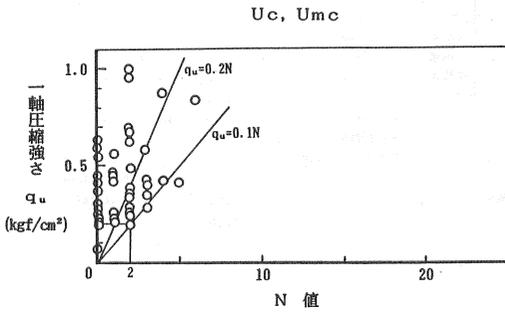
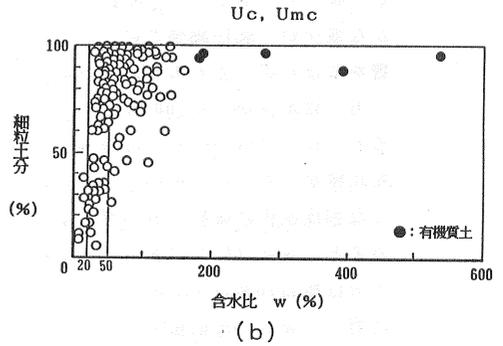


図-11 N値と一軸圧縮強さの関係



(b)

図-13 細粒分と含水比の関係

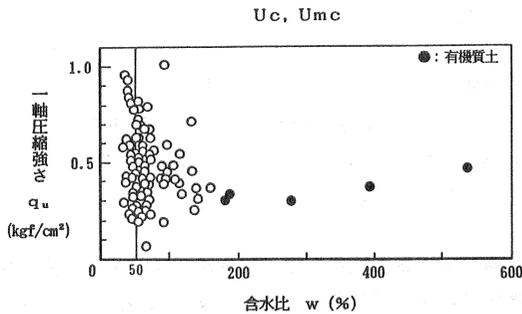


図-12 一軸圧縮強さと含水比の関係

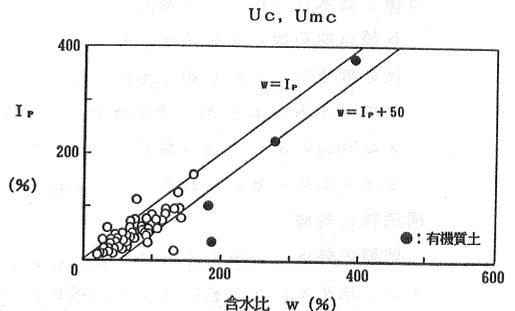


図-14 塑性指数と含水比の関係

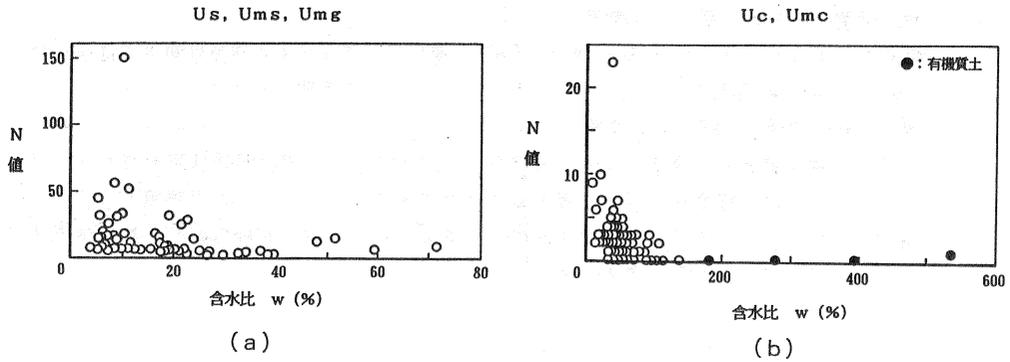


図-15 N値と含水比の関係

(5) 一軸圧縮強さと含水比

(図-12, 13, 14 参照)

含水比の低下にともなう一軸圧縮強さの増加は理解されることであるが、浅層土質についてはその傾向が認められるものの含水比  $w = 50\%$  前後において  $q_u = 0.2 \sim 1.0 \text{ kgf/cm}^2$  と大幅な変化を示し、含水比のわずかな変化が一軸圧縮強さに大きく影響を及ぼしているものと思われる。一方、含水比が  $w = 100\%$  以上となると、 $q_u = 0.2 \sim 0.5 \text{ kgf/cm}^2$  と変化幅が小さくなっている。このような強度変化は細粒土分の混入率で見ると、 $w \geq 100\%$  にあっては細粒土分は概ね70%以上を占めているのに対し、 $w \approx 50\%$  前後では30~100

%の混入率変化を示していることも要因と考えられる。さらに、含水比と塑性指数の関係において含水比は  $w = (I_p \sim I_p + 50)$  の関係があり、 $w = 50\%$  前後であることから、 $I_p$  が大きい塑性的な土であることが理解される。

(6) N値と含水比 (図-15 参照)

N値は原位置におけるせん断強度を反映しているものと考えられる。一軸圧縮強さと同様に含水比の低下とともにN値が増加することは理解されることであり、砂質土、粘性土ともにこのような傾向がみられるが、その関係式を定めるには変化が大きくて特定できない。概ね粘性土では  $w \leq 50\%$  にあっては  $N \leq 5$ 、砂質土では  $w \leq 10\%$  前後では  $N \leq 20$ 、 $w = 20\%$  前後では  $N \leq 10$  程度を示すものと考えられる。以上の関係をまとめて表-3に示す。

(7) 構造物の基礎

地盤の強度はN値あるいは一軸圧縮強さで評価され、構造物の支持力はN値からの  $\phi$  推定式を用いて求めるのが一般的であるが概略的に砂質土にあっては許容支持力  $q_a = 0.1N \text{ kgf/cm}^2$ 、粘性土では  $q_a = q_u$  程度とされる。従って浅層地盤においてはN、 $q_u$  に大きなばらつきが見られ

表-3 浅層地盤の土質特性

		砂質土	粘性土
N 値	上限値	N=40	N=5
	下限値	N≒3	N=0
		平均値	N=2
		N = (4~8) z	
一軸圧縮強さ	上限値	—	1.0 kgf/cm <sup>2</sup>
	下限値	—	0.2 kgf/cm <sup>2</sup>
	平均値	—	$q_u = 0.2 + (0.05 \sim 0.2) z$
含水比	上限値	40%	150%
	下限値	5%	20%
	平均値	10~20%	50%または $w = 20 + (10 \sim 16) z$
N~ $q_u$ ~wの関係	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>w = 10</math>前後では <math>N \leq 20</math></li> <li>• <math>w = 20</math>前後では <math>N \leq 10</math></li> <li>• Nとwとは反比例</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>w = 50\%</math>前後において <math>q_u</math> が大きく変化する</li> <li>• N、<math>q_u</math> はwとは反比例関係を示す</li> <li>• <math>N \leq 2</math>では <math>q_u = 0.2 \text{ kgf/cm}^2</math>、<math>N &gt; 2</math>では <math>q_u = 0.1N \text{ kgf/cm}^2</math> が下限値となる</li> <li>• <math>w &lt; 50\%</math>では <math>N &lt; 5</math></li> </ul>

るけれども、砂質土では $N=10$ 程度、粘性土では $q_u = 0.3\sim 0.4 \text{ kgf/cm}^2$ 程度は見込めることから、砂質土地盤では $q_a = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ 程度、粘性土地盤では $q_a = 0.3\sim 0.4 \text{ kgf/cm}^2$ 程度を期待することができる。

## 5. おわりに

本報告では、ボーリングデータを用いて、土木工事を考えた土質パターンや $N$ 値分布図ならびに地盤図の作成を試みた。その結果、平地地盤において規則的に細かく裁断した地盤断面図から層の構成と傾斜等がより詳細に知れた。また、平地地盤を構成している土質や $N$ 値について比較的簡単な $N$ 値や土質のパターン化を行うことによって微高地や旧河道、並びに以前に地盤沈下の著しい地域の分布状況が明らかとなるなど、土質の分布状況の概略をとらえることができる。また、浅層地盤の基本的な土質工学的な性質を砂質土と粘性土に大別して表した諸図表は十分に実用化に供しうるものと考えている。

謝辞：本報は、土質工学会中国支部第1種研究委員会、鳥取地盤データベース作成に関する研究委員会（委員長：木山英郎）のもとで進められた成果に加筆を行ったものであり委員会のメンバーおよび土質工学会中国支部の各位に感謝の意を表す。また、ボーリング資料の収集、公開に配慮を賜った、土質工学セミナー鳥取地域のメンバー並びに鳥取県、建設省鳥取工事事務所の皆様、図面作成に当たって鳥取大学池添保雄氏の協力を頂いたことを記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 日本建築学会中国支部基礎地盤委員会、鳥取県建築士会：鳥取県地盤図，1981
- 2) 木山英郎・伊藤徹・岩本志信：鳥取県の地盤特性，土と基礎，vol.38, No.3, pp.15-21, 1990