

# 泥炭性軟弱地盤の特殊性

—土工事を主とする調査・設計および施工にあたっての要点—

齋藤 二郎 平間 邦興  
木村 薫 丸山 誠

## Some Peculiarities of Peaty Soft Ground

—Points of Investigation, Planning and Construction Mainly in Earthquake—

Jiro Saito Kunioki Hirama  
Kaoru Kimura Makoto Maruyama

### Abstract

Peaty ground had previously been considered to be an important problem only in the Hokkaido District where there is wide distribution of this type of soil. However, with continuing development of the national territory, it has come to be recognized that there is distribution of peaty soil throughout the country, with an increasing number of cases in which such ground must be considered in construction work.

Regarding soil properties, because of irregularities and discontinuities, the normal tendencies as defined in soil mechanics and foundation engineering cannot be recognized in connection with behavior of ground and construction.

In this paper, the authors describe the peculiarities of peaty soft ground referring to a number of examples in their experience.

### 概 要

泥炭性地盤については、以前はその分布範囲の広さから北海道地方で問題とされるのみであった。しかし国土開発が進むにつれて全国的な範囲で分布が認められ、建設工事の対象地盤となる機会が多くなり、各地において種々の工事で重大な関心が払われるに至っている。

また泥炭性地盤における土質の不規則性および不連続性は性状の把握、地盤の挙動および施工に関しても、土質工学における常識的傾向の認められないことが多い。

この報文では、筆者らが経験した例を参照しながら、泥炭性軟弱地盤において、留意すべき地盤および土質性状の特異性について概説する。

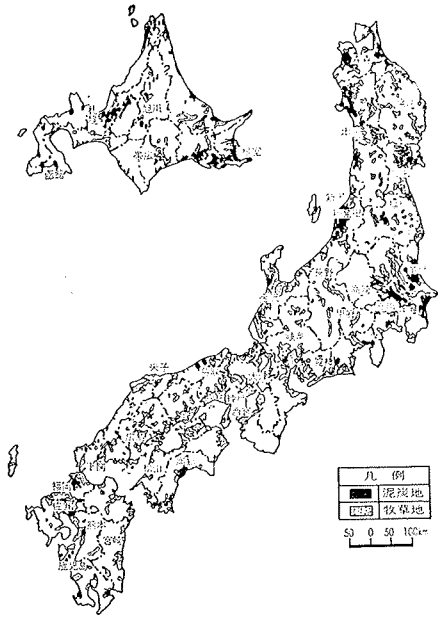
## 1. 概説

泥炭性地盤については、以前はその分布範囲のゆえに、北海道地方で問題とされるのみであったが、高速自動車道や国鉄新幹線の例からも明らかなように国土開発が進むにつれて全国的な範囲で分布が認められ、建設工事の対象地盤となる機会が多くなり、各地において種々の工事で重大な関心が払われるに至っている。図一1は、わが国における泥炭性地盤の分布を示したものであるが<sup>1)</sup>、図中の牧草地とは有機質に富む表土

で覆れた排水不良の土地を意味して埋没型泥炭性地盤と考えられ、これを加えれば相当な広範囲に分布しているといえよう。

ここで、泥炭（黒泥を含む）とは沖積世の過去1万年の間、植物の遺体が分解不十分のまま生成した土をいい、有機物含有量20%以上をもって、泥炭の一応の目安とされている<sup>2)</sup>。

泥炭性地盤の生成される場所としては海岸沼沢地、氾濫原における後背湿地や蛇行跡、沖積平野の沼地そしておぼれ谷などがあげられ、地下水位の高い静水地



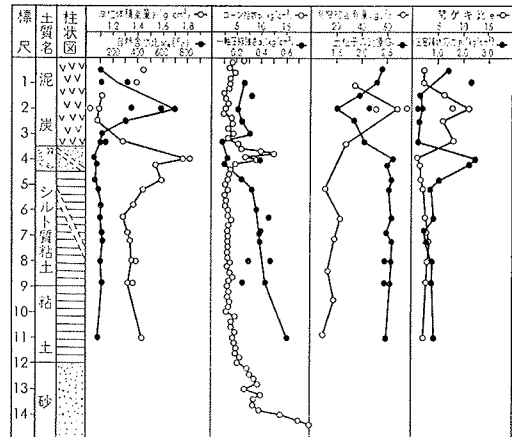
図一 わが国における泥炭性地盤の分布

域に集中している沼野泥炭がほとんどである。したがって、きわめて軟弱な地盤であるとともに、通常の無機質地盤に比べて平面的にも深さ方向にも土質性状はきわめて不均質である。さらに泥炭性地盤については、比較的表位に分布する泥炭層のみならず、その下位に分布する軟弱な有機質粘性土層および基盤層を含めて地盤全体としての特異性を有するため、おのおのの土層の厚さ、分布構成を含めた生成環境条件が工学的に大きな意味を有することになる。

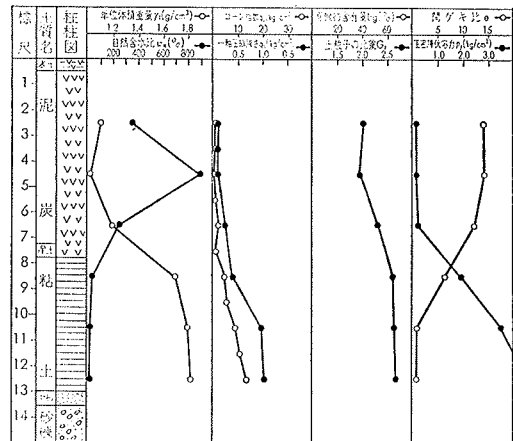
以上の性状が泥炭性地盤における調査・設計さらには施工に数多くの難点を招き、その困難さは一般の沖積軟弱層の比ではなく、その特殊性を考慮しないで安易に取扱えば取返しのつかない失敗を招くことになる。

## 2. 泥炭性軟弱地盤の認識

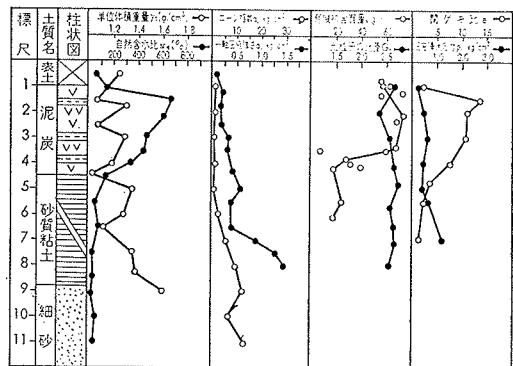
図一2～4は筆者らが実施した調査例<sup>3)</sup>のうちから代表的地点についての土質柱状分布を示したものである。佐倉(千葉県佐倉市)<sup>4)</sup>は台地を開析するおぼれ谷に発達した泥炭性地盤の1例である。地表から泥炭層が分布し層厚は約3.5mであるが、随所にサンドシーム、サンドレンズなどのはさみ層が認められる。その下位にはシルト質砂層が挟在し、さらに有機質な軟弱粘性土層が連続して、G. L. -10~15mで基盤層に達する。藤枝(静岡県藤枝市)の例<sup>5)</sup>は比較的広域で平坦な谷部の湿地帯で生成されたものである。泥炭層厚は約8mを示すが、平面的に未分解の腐植物を多量に含む範囲と分解の進んでいる範囲とが識別され、随所に粘土層をはさむ。その下位には薄い極軟弱な泥土層を経て粘性土層が続く、G. L. -13m程度に基盤層が認



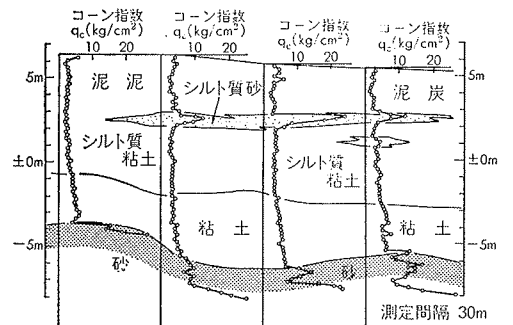
図一2 土質柱状分布(佐倉)



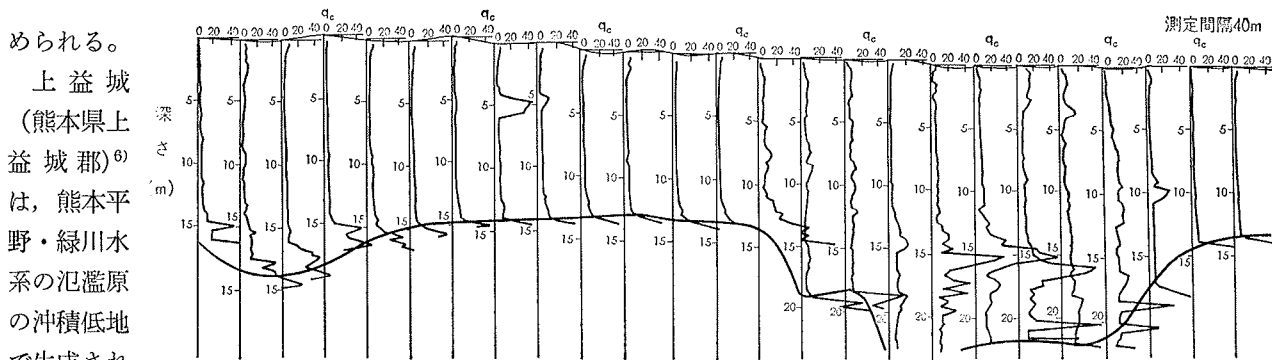
図一3 土質柱状分布(藤枝)



図一4 土質柱状分布(上益城)



図一5 はさみ層(サンドレンズ)の分布(佐倉)



図一六 基盤層の変化(旧河道跡)(上益城)

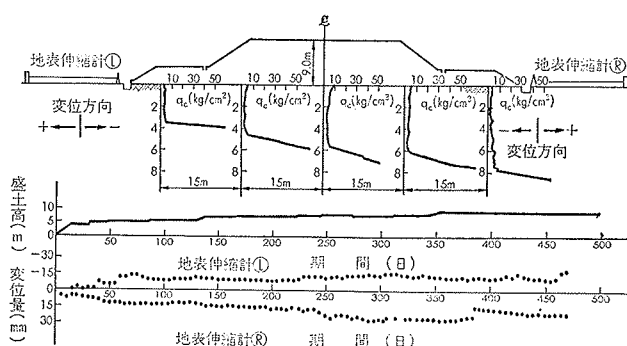
められる。  
上益城(熊本県上益城郡)<sup>6)</sup>は、熊本平野・緑川水系の氾濫原の沖積低地で生成された地盤である。泥炭層

厚は約3.5m であるが有機物含有量がきわめて大きく、随所にシルト層を挟在する。その下位には軟弱な砂質粘土層が連続し、G. L. - 8~15mで一応の基盤層が認められるが、この層は細砂層から成り、若干の被圧水を有する。

以上、3例の地盤状態についての概要を示したが、これらの内容を含めて泥炭性地盤に特有な性状をまとめれば次のようになろう。

(1)泥炭層の厚さは6m以内のものが一般的であるが、その存在形態は多様である。(2)土層構成は平面的にも深さ方向にも、きわめて不均質であり、地下水位が高い。(3)泥炭層の下位には、一般に軟弱な有機質粘性土層が連続する。したがって、工学的には泥炭層のみならず、地盤全体としての性状を把握することが必要となる。(4)泥炭層の底部には、極軟弱な泥土層をもったり、シルトや砂層をもつことが多い。地盤の安定にあたっては、この土層の力学性状が大きな要因となる。(5)泥炭層には粘土質や砂質のはさみ層をもちやすく、土層分布性状の把握をきわめて困難なものとする。図一五は、その1例を示したものである。(6)泥炭性地盤に分布する砂層には被圧水を有していることが多く、これが軟弱地盤改良工法の検討にあたっての適確な判断を一層困難にしている。(7)以上の一般的性状は、たとえ近接する地域であっても、その生成環境条件によって、まったく異った傾向を示す。

ここで、泥炭性軟弱地盤における盛土の破壊例を調べると、地質調査・設計時には予測できなかった地盤構成を示している場合が多い。例えば、通常の無機質土からなる軟弱地盤では河道が蛇行していても流跡は比較的安定しているが、泥炭性地盤においては旧河道の分布範囲がきわめて広くなり、これを事前に把握することが必要となる。図一六は上益城について、道路盛土の縦断方向のある範囲で40m間隔にオランダ式コーン貫入試験を実施した結果である。地表面は平坦な湿地であったが、基盤層には大小規模の旧河道跡が明



図一七 軟弱層厚の変化(横断方向)と盛土による変位(上益城)

確である。図一七は横断方向の調査例であるが、軟弱層厚は大きく変化し、盛土体も図上の右方向に移動していることがわかる。以上の結果からも明らかなように、同一工事区域においても検討対象地点によっては圧密および安定解析に異った見解が得られることとなり、詳細な調査の必要性が改めて理解される。

### 3. 留意すべき土質性状の特殊性

これまでも述べてきたように、泥炭性土はきわめてローカルなものであるから、構造上の諸定数はそれぞれの土でかなり違ったものとなり、わが国ではいまだ工学的分類は確立されていない。もちろん、統一土質分類法において高有機質土(PT)と分類されていることには意義があるが、その判別方法は観察によるのみで、客観的かつ定量的な手法とはいえない。これまでに報告されている分類方式をみると、それぞれの目的に応じた数多くの提案があるが、建設工学の分野に活用できるものとして、土の構造分類に地形、地質、地被植物などの要因を考慮した分類方式<sup>7)</sup>や有機物の種類と量をpH値から推定しようとする<sup>8)</sup>、興味ある試みも提案されている。

さて泥炭性地盤は平面的にも深さ方向にもきわめて不均質であり、また多量の含有有機物のために間ゲキ比、含水量が非常に大きく軟弱であるという特殊性を

もつことは、これまで述べてきたところである。したがって土質調査にあたっては、対象区域について詳細かつ正確に実施することが必要となる。特に試料の取扱いにあたっては細心の注意が必要であ

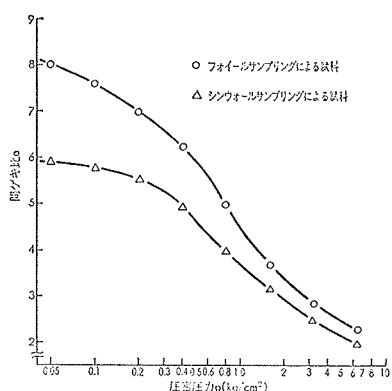


図-8 サンプリング法の違いによる e~log P 曲線の変化(泥炭層)(上益城)

り、得られた結果についても、そのまま鵜呑みにせず、特殊性を考慮して、その意味を正確に判断しなければならない。

泥炭性地盤に適応するサンプリング法として、乱した試料の採取にはソイルオーガー、ピートサンプラーがあり、不かく乱試料の採取にはシンウォールサンプラー、フォイルサンプラーがある。しかしシンウォールサンプラーを使用する場合には、試料を乱す要因の一つとして、チューブ挿入時およびチューブからの試料抜き取り時の加圧脱水があり、その力学性状に及ぼす影響がきわめて大きいので、筆者らはフォイルサンプラーによるサンプリングを勧めている。

図-8は同一地点で両者のサンプリングによる泥炭層の試料についての圧密試験結果を比較したものである。間ゲキ比と圧密荷重の関係を示す e~log P 曲線の初期部分(特に初期間ゲキ比)にかなりの違いが認められて、この曲線を使って解析すれば両者から得られた沈下量には大きな差が出てくるはずである。

泥炭性土についての室内強度試験は、一般に一軸圧縮試験、一面セン断試験を用いて非排水条件でおこなうのが普通である。しかしながら供試体成形の困難さ、セン断中に多量の排水があること、破壊ヒズミ量がきわめて大きいこと(一軸圧縮試験でヒズミ量が45%になっても供試体直径は変化せず、応力は直線的に上昇した例もある)を考慮すれば、例えば15%ヒズミに対応する圧縮応力を一義的に設計に使用するのは無意味という考え方も一般的である<sup>9)</sup>。

以上の理由により、設

計々算に用いる強度定数はサウンディングから求めることが多い。しかしながら、サウンディングは各土層の貫入抵抗の相対的比較から土層の構成や広がりを知るのが主旨であり、これから強度定数を求めるには、あらかじめ同一地点でサンプリングした試料について強度試験を実施し、互いの測定値を比較しておくことが必要である。例えば、軟かい粘性土についてコーン指数  $q_c$  と一軸圧縮強さ  $q_u$  には  $q_u = 0.2q_c$  ( $kg/cm^2$ )<sup>2</sup> の関係があるといわれている。泥炭性地盤で筆者らが調査した前述の3地点における例に岩見沢(北海道岩見沢市)、横浜(神奈川県横浜市)の例を加えて表-1に示す。一般に較正係数は上記の値よりかなり過少な値を示すようである。

また泥炭性土のセン断強さを粘着力および内部マツ角の両因子に分けることは無意味であり、実用的には粘着力のみからなると考えた方が安全である。

泥炭性土の圧密沈下については、理論的に説明がつく一次圧密の範囲は総沈下量の30~50%と考えられ、しかも沈下速度はきわめて早急である。したがって圧密係数の算定を、通常に使用されている  $\sqrt{t}$  法や  $\log t$  曲線定規法を用いておこなえば、二次圧密領域でフィッティングしてしまい、実際よりも非常に小さく見積る結果となる。筆者らの経験では室内試験で得られた圧密係数を10~30倍しないと、実測値に合わない例も多い。このような誤りを防ぐため  $\log \cdot \log t$  曲線定規法なども提案されてきてはいるが<sup>10)</sup>、現在のところ実際の盛土荷重などによる現位置沈下の時間的推移は双曲線法などで照査することが必要であろう。

圧密沈下量の算定にあたっては、泥炭性地盤では初期間ゲキ比の信頼性が薄く、初期有効土かぶり圧が明確でないことなどから、体積圧縮係数を用いた計算式を使用するとよい。

次に地盤のセン断破壊を検討する上での重要な要因として、圧密荷重による強度増加率がある。一般に泥炭層のセン断強さは自然状態では小さいが圧縮性が大

土層名	調査例	岩見沢	佐倉	横浜	藤枝	上益城
泥炭層		$q_u = (0.12 \sim 0.14) q_c$	$q_u = (0.10 \sim 0.12) q_c$	$q_u = (0.12 \sim 0.15) q_c$	$q_u = (0.10 \sim 0.16) q_c$	$q_u = (0.17 \sim 0.19) q_c$
下位の軟弱な有機質粘性土層		$q_u = (0.09 \sim 0.10) q_c$	$q_u = (0.11 \sim 0.15) q_c$	$q_u = (0.10 \sim 0.12) q_c$	$q_u = (0.11 \sim 0.15) q_c$	$q_u = (0.11 \sim 0.14) q_c$

表-1 コーン指数と一軸圧縮強さの関係

データ	調査例	岩見沢	佐倉	横浜	藤枝	上益城
施工前の試験による		0.42~0.71	0.40~0.54	0.61~0.68	0.57~0.74	0.41~0.55
施工前後の比較による		—	0.25~0.38	0.32~0.41	0.38~0.47	0.28~0.37

表-2 圧密による強度増加率(泥炭層)

きいこと。しかもそれが短期間に生じるために強度増加率が非常に大きく0.5~1.0,あるいはそれ以上の値が比較的早期に期待できるといわれている。ここで表一2は筆者らが調査した例である。施工前に採取した不カク乱試料についての圧密非排水三軸圧縮試験から求めた強度増加率は0.5を越えるものが多く0.40~0.75の範囲に分布する。一方、施工前後に採取した不カク乱試料についての試験から求めた強度増加率は0.25~0.45の小さな値を示す。

原因としては施工による地盤のカク乱、盛土形状に基づく地盤の側方流動をはじめとして数多くの要因の影響が大きいと解釈されるが、設計にあたっては一般の沖積層に対して採られている0.3~0.35程度の値を使用することが望ましい。

泥炭性地盤における土質性状の不均質さについては前述したとおりであるが、上益城の例について道路盛土の縦断方向に泥炭層の性状の分布をまとめたのが表一3である。きわめて大きな分布幅を示し、同一工事区域であっても画一的な考え方で対処することは不可能である。この工事では泥炭性軟弱地盤上の総延長を6つの工区に分け、各工区ごとに数断面の地盤状態と土質性状を把握し、その上で圧密・安定解析および軟弱地盤改良工法の検討対象とした。

#### 4. 結語

泥炭性軟弱地盤とは沖積世の過去1万年より新しい時代に、植物の遺体が分解不十分のままで生成した土をいい、その殆んどは地下水位の高い静水地域に集中している。したがって浸食や再堆積、地下水の変動などの外力あるいは化学的变化をあまり受けておらず、泥炭や軟弱な粘性土、あるいはルーズな砂質土から構成されていることが多い。

一般に軟弱地盤上に盛土をおこなうにあたって問題とする点は、地盤の沈下とすべり破壊であり、特に泥炭性軟弱地盤については沈下量が著しく大きく、かつ沈下速度が急激で沈下がいつまでも続くなど、沈下性状に関する予測がむずかしい。また地盤の安定性についても、泥炭性土の力学的評価がむずかしくすべり破壊に対する安定検討が十分にできないなど、泥炭性軟弱地盤特有の技術的諸問題が幾多ある。

またこれまで述べてきたように、泥炭性土に対する

工区 (延長)	性状 泥炭層厚 (m)	含水比 (%)	湿潤 密度 (g/cm <sup>3</sup> )	乾燥 密度 (g/cm <sup>3</sup> )	比重	間ケキ 比	強熱 減量 (%)	一軸圧 縮強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	コーン 指数 (kg/cm <sup>2</sup> )	圧縮 指数
I 工区 (延長・約300m)	1.0 ~2.0	250 ~420	1.15 ~1.35	0.32 ~0.43	2.27 ~2.52	5.2 ~6.4	69.5 ~91.1	0.25 ~0.46	3.5 ~5.2	2.0 ~2.1
II 工区 (延長・約150m)	2.0 ~4.5	250 ~680	1.02 ~1.42	0.24 ~0.49	1.60 ~2.43	4.8 ~8.9	35.0 ~50.0	0.17 ~0.29	1.2 ~2.8	1.8 ~3.2
III 工区 (延長・約200m)	1.5 ~3.5	300 ~710	1.05 ~1.27	0.22 ~0.42	2.02 ~2.18	5.0 ~12.5	41.5 ~72.5	0.10 ~0.31	1.5 ~2.5	2.9 ~5.8
IV 工区 (延長・約1000m)	1.0 ~2.5	250 ~600	0.90 ~1.40	0.25 ~0.49	1.95 ~2.50	5.0 ~9.8	32.5 ~86.9	0.27 ~0.53	2.0 ~2.9	2.0 ~4.0
V 工区 (延長・約300m)	2.5 ~4.5	300 ~1100	1.00 ~1.18	0.10 ~0.40	2.10 ~2.44	4.7 ~18.0	52.0 ~88.4	0.14 ~0.40	1.0 ~3.0	2.7 ~14.0
VI 工区 (延長・約450m)	0.5 ~1.5	350 ~450	1.00 ~1.30	0.26 ~0.37	1.54 ~2.50	3.9 ~4.0	30.5 ~56.6	0.20 ~0.23	1.9 ~2.3	1.4 ~5.0

表一3 泥炭層の性状の分布 (上益城)

室内試験にも数多くの問題があり、特に強度・圧密性状についての標準的な室内試験結果をそのまま定量的に設計に利用することは難かしいのが実情である。これを解決するためには、今後サンプリング方法の開発を含めて、実情に即した土質試験法の開発・改善をおこなうとともに、試験盛土・地盤改良を含む現位置試験のより効果的な利用を図り、設計・施工の指針を得るとともに、これらのデータの集積とその統計的処理なども今後の重要な課題と考えられる。

#### 参考文献

- 1) 大平：泥炭・分布と生成要因，施工技術，第4巻6号，1971
- 2) 宮川：有機質土，土と基礎，第21巻2号，1973
- 3) 木村・平間：有機質土軟弱地盤における調査の要点，施工技術，第8巻12号，1975
- 4) 木村・平間：軌道に近接した盛土工事における有機質軟弱地盤改良について，基礎工，第2巻11号，1974
- 5) 齋藤ほか：腐植土地盤における揚水井工法の効果，大林組技術研究所報，No. 11，1975
- 6) 齋藤・平間：九州自動車道・御船工事における土質性状とパイロット盛土について，大林組技術研究所報告，No. 2171，1973
- 7) Radforth, N. W. & I. C. MacFarlane: Correlation of palaeobotanical and Engineering Studies of Muskogean in Canada, Proc. of the 4th ICSMFE, vol. 1.
- 8) Ara Arman: A Definition of Organic Soils, Engineering Research Bulletin, No. 101, 1969
- 9) 北郷ほか：第4章，泥炭—日本の特殊土，土質工学会，1974
- 10) 大平ほか：log~log 曲線定規による圧密沈下～時間関係の整理法，土と基礎，第17巻9号，1969