

## 序

われわれは実に多種多様な土に出会うことが多い。土の力学において、土の分類の重要性は、各地の土がそれぞれ特徴的な様相を呈するためであり、土の基本的性質の把握に土の判別・分類が欠かせない。しかしながら、土の分類結果は工学的性質との関連についての評価が十分になされていないために、必ずしも有効に利用されていない状況にある。一方、土の物理化学的性質は、土の力学においてすぐれて基礎的であり、かつ極めて多様な境界領域的内容を含むものである。新体系土木工学のシリーズ中「土の力学」部門の一つである本書に与えられた課題は、「土の分類」と「土の物理化学的性質」である。ここでは、従来得られている土の物理化学的性質の集積化と分類を行い、これらの経験的知識の体系化を試み、土の分類に努めている。したがって、本来の意味の物理化学には必ずしもとらわれず、いわゆる広義の物理化学的性質を包含した形をとっている。

土の力学を土質工学上の境界値問題を解く手段とみなすならば、物理化学的特性は物性を記述するための基礎的知見であり、数理的な手法では説明しえない土の現象を物理化学的性質の解明によって記述しうることが多く、有力な武器とみなすことができるだろう。徐々に現実的応用がはかられつつある現状である。より一層の発展のためには、経験的な記述式学問から、応用力学の一分野としての数理的な学問の領域へ踏み込む必要がある。高度の純化を求め、より広い領域への応用の基盤を提供することが今後の課題であろう。しかしながら、定式化のあまり、基本的な土性論の無視があってはならないのであって、特に粘性土地盤においては、土の物理化学的特性の数理的取込み手法については、学際的領域として土壌学や地質鉱物学の分野との共同の取組みを、いま一度見直すことが求められる。それぞれの分野では個別に各種の研究アプローチ

がとられている。元来、現象へのアプローチの手法は科学の発達によって多様になるものである。その結果として、取り扱う現象が当初予想していたほど単純でなく、根本的な解決には必然的に新たなアプローチが求められるようになる。土の物理化学もそうした性格をもつものであり、他分野との共同作業が求められる由縁であると考えている。

今後は、土の物理化学的特性が新しい土性論の中心におかれ、土の工学的性質を物理化学的性質によって分類することが可能となり、本書が土を扱う各分野の統一的・数理的「土の物理化学」の確立のための端緒になれば幸いである。読者諸賢の御批判ならびに不備な点についての御指摘をお願いするものである。

本書では多くの方々の研究成果を引用させていただいた。各位の御業績に深く敬意を表し、引用に対する御礼を述べる次第である。

なお本書の構成は、故 浅川美利日本大学教授が中心的に設定されたものであり、第4章、第5章は浅川教授の御遺稿に基づいている。本書の完成のために積極的に取り組まれたが、突然に体調を崩されて、1982年10月14日不帰の客となられた。まさに痛恨の極みであり、背骨をもぎとられたようなものであった。その後紆余曲折を経て本書の完成をみるまでに、実に多くの方々の御援助・御激励を得た。また脱稿が大幅に遅れ、各方面に御迷惑をおかけした。お許しをお願いし、頂戴した数々の御援助に厚く御礼を申し上げるとともに、発刊をみた本書を浅川先生の墓前に捧げて御冥福をお祈りする次第である。

1988年1月

嘉 門 雅 史

# も く じ

## 第1章 土のなりたちと種類

1.1 土のあり方と役割	1
1.2 土の分類	3
1.2.1 地質学の分野での分類	3
1.2.2 土壌学の分野での分類	5
1.3 土の力学と物理化学的性質	8

## 第2章 土の相構成と分類

2.1 土の相構成	13
2.2 土の物理定数	14
2.3 土の相特性	19
2.3.1 体積率	19
2.3.2 相特性の表現の方法	20
2.3.3 各種の土の相特性	22
2.4 土の工学的分類	23
2.4.1 土の工学的分類に用いられる特性	23
2.4.2 分類法	27
2.5 土の工学的性質の分類	30

## 第3章 土粒子の構成と特徴

3.1 一次鉱物粒子	35
------------	----

3.1.1	一次鉱物粒子の種類	35
3.1.2	一次鉱物粒子の特徴	36
3.2	二次鉱物粒子	38
3.2.1	粘土鉱物の種類	38
3.2.2	粘土鉱物の特徴	43
3.3	土中の有機物	46
3.4	粒子の大きさと表面積	46

## 第4章 土の物理化学的性質

4.1	土粒子・水界面の物理化学	51
4.1.1	土粒子の表面作用と比表面積	51
4.1.2	土粒子表面の電荷は何に起因するか	51
4.2	土粒子表面とイオン，および水分子の相互作用	53
4.2.1	静電力と拡散力	53
4.2.2	イオン分布と電気二重層	55
4.2.3	水分子の配向と吸着水の物性	61
4.2.4	土粒子間の相互作用(土粒子間に作用する引力和反発力)	64
4.2.5	界面動電位 ( $\zeta$ -電位)	72
4.2.6	交換性陽イオンとイオン交換反応	74

## 第5章 土の物理化学的性質に関連の深い諸問題

5.1	分散系における諸問題	79
5.1.1	粒度試験用試料で分散や綿毛化防止はどんな根拠によって行われているか	79
5.1.2	泥水工法における泥水はどんな性状であることが要求されるか	82
5.1.3	河川の濁水は海に入るとなぜ濁りがとれるか	84

5.1.4	ミョウバンを入れると濁った水はなぜ澄むようになるか	86
5.2	ペースト状である土に関する諸問題	87
5.2.1	土のコンシステンシーに影響する要素としてどんなものがあげられるか	87
5.2.2	細粒土の分類にコンシステンシー特性が用いられる理由	90
5.2.3	試料準備に際して試料の乾燥程度が実験値に影響するのはなぜか	91
5.2.4	コンシステンシー限界を基礎にした諸指数はどんな情報を与えてくれるか	92
5.2.5	諸指数から土の力学定数が推定されるか	94
5.3	集合系における諸問題	97
5.3.1	土の透水性にかかわる問題	98
5.3.2	土の圧縮変形にかかわる問題	107

## 第6章 土の構造

6.1	土の構造の定義とその意義	125
6.2	粗粒土の構造	127
6.2.1	つまり方と密度	127
6.2.2	粗粒土の不均一性	130
6.2.3	粗粒土の構造表現	130
6.3	細粒土の構造	134
6.3.1	基本モデル	134
6.3.2	実体モデル	135
6.3.3	ベッド構造モデル	137
6.3.4	ポア特性	139
6.3.5	微視的土構造	139
6.4	土の構造の決定方法	142
6.4.1	粗粒土の構造の決定方法	142

6.4.2	細粒土の構造の決定方法	142
6.4.3	定量化手法	145
6.4.4	巨視的構造決定手法	149
6.4.5	シンボル化手法	149

## 第7章 収縮・膨潤

7.1	収 縮	155
7.1.1	収縮の機構	155
7.1.2	収縮に及ぼす要因	157
7.1.3	収縮の測定方法	159
7.1.4	収縮によるきれつ	159
7.1.5	収縮特性の判別	160
7.2	膨 潤	161
7.2.1	膨潤の機構	161
7.2.2	膨潤に及ぼす要因	162
7.2.3	膨潤の測定方法	169
7.2.4	膨潤特性の判別	171
7.3	収縮・膨潤現象の工学的作用	172
7.3.1	収縮特性の土木工学的応用	172
7.3.2	膨潤特性の土木工学的応用	173
7.3.3	膨潤性地盤での建設工事	174
7.3.4	地すべり防止への応用	177

## 第8章 圧密・締固め

8.1	沈降と堆積	181
8.1.1	沈降・堆積の機構	182
8.1.2	沈降・堆積に及ぼす要因	185
8.1.3	埋立土の特性	187
8.2	圧 密	189
8.2.1	圧密の機構	189

8.2.2	圧密に及ぼす要因	194
8.2.3	圧密特性と物理化学的性質	197
8.2.4	海底粘土の圧密特性	204
8.3	締 固 め	208
8.3.1	締固めの機構	208
8.3.2	締固め土の特性	211
8.3.3	埋戻し土の特性	214
8.4	圧密・締固めにおける物理化学的性質の 応用	217
8.4.1	物理化学的圧密促進工法	217
8.4.2	物理化学的作用による締固め促進工法	219

## 第9章 せん断

9.1	せん断の基本的特性	225
9.1.1	摩擦と粘着力	225
9.1.2	有効応力	228
9.1.3	間隙圧係数とダイレイタンス	230
9.1.4	ピーク強度と残留強度	232
9.1.5	土の種類とせん断強さ	235
9.2	せん断特性と物理化学的性質	238
9.2.1	微視的せん断の挙動	238
9.2.2	土の構造とせん断特性	240
9.2.3	異 方 性	242
9.2.4	せん断に及ぼす陽イオンの影響	247
9.2.5	鋭敏比とクイックレー	249
9.2.6	せん断に及ぼす非晶質の影響	255
9.3	せん断における物理化学的 特性の工学的 応用	257
9.3.1	化学的固結化工法	257
9.3.2	イオン交換工法	258