

地盤改良工法(1)

総 説

三木五三郎*

1. まえがき

「地盤改良工法」とは一般に、基礎地盤土の工学的な性質を積極的に改良しようとする工法であり、自然に与えられた地盤土の性質に適応した範囲で基礎構築を考える段階を一步進めて、地盤そのものの性質を変える工夫をして基礎と構造物をふくめた全体としての経済的な構築を追求する工法だといふことができる。

したがってその内容は土質工学の全分野にまたがるほど多岐にわたり、またたえず新工法の開発が試みられて新しい分野が増しているわけであるが、本編ではまず最初に各種の観点から大まかな分類を試み、つぎにこれらの工法がよりどころとしている土質力学的な原理を解説し、最後にやや具体的に改良工法の全般を概観してみたいと思う。

2. 地盤改良工法の種類

地盤改良工法はその観点によって各種に分類して考えることができる。以下にはその代表的なものを列挙してみよう。

2.1 改良の動機による分類

地盤改良を行なう動機としてはつぎのようなものが考えられる。

1) 構築物の規模とか位置とかを変更することができないので、地盤そのものを改良することが絶対的に要請される場合：このときには経済的な面は無視しても強力な方法を選んで地盤の改良工事が実施される。

2) 構築物を急速に施工したり、応急対策のために、地盤の改良を必要とする場合：このときには急速に効果の現われる改良工法が要求される。

3) その地盤土を改良して使うのが経済的に有利な場合：このときにはじめて各種の改良工法の中からもっともその場合に適したものを選んで施工することができる。

4) 構築物の施工中にだけ、敷地内ないしは隣接地の地盤改良を要求される場合：このときには暫定的な改良工法を用いて、工事が終れば改良効果は残らなくてもよいのが普通である。

5) 既存の基礎や土構造物が損傷を受けたのを補修したり、またはそれらの性質をより良くする必要があるときに用いる場合：従来の地盤改良工法はむしろこのようなときに利用されることが多かったが、今後はしだいに3)の場合などに多く使われるようになってゆくものと思われる。

2.2 改良の目的による分類

地盤改良の目的としては、土の基本的な力学的性質から考えると、つぎの4つが代表的なものとしてあげられる。

- 1) 地盤支持力の増大、すなわち土の強さの増大
- 2) 変形(沈下、ふくれ上り、はらみ出しなど)の防止
- 3) 水圧、透水性の減少ないし除去
- 4) 耐久性の維持、増進

しかしことには3)とは逆に透水性を大きくする必要も起り、このためには地表近くでは固結材の混入、地下深くでは塩酸のような溶解剤の注入などが行なわれる。

いずれにしてもこれらの目的を果たすためには、改良工法の原理とにらみ合わせて、もっとも適当な方法を選び出すことが必要となる。

2.3 改良のねらいによる分類

改良工事の内容を時間的に考えると、つぎの3つに大別できる。

1) 暫定的改良 2.1の4)に対応するもので、たとえば建物基礎の根切り工事をドライワークで行なうためにウェルポイントを用いること、このために隣接地の地下水が低下して既存建物に影響を与えるときには、さらにそこに止水矢板を隔ててリチャージ工法をつけ加えて施工することなどがこれで、この場合には基礎ができ上れば両改良工法とも撤去してしまうのである。

地下水位を下げないままで掘削工事を行ないたいときに利用する凍結工法なども、暫定的改良法の代表であろう。

また砂利道の防じん材として塩化カルシウムを散布するのは、やがて雨水などによる溶脱によって効果がなくなるわけであるが、経済的にやむをえず暫定的改良を行なったものと考えるべきである。

2) 漸移的改良 軟弱な地盤上に両側に押さえ盛土をしながら中央に本盛土をするような場合がこれに当り、長期間にわたって緩慢な沈下は起こるが、基礎地盤土そのものも、いくらかずつは強さが増すことを期待している。

3) 恒久的改良 比較的短期間に所要の性質を持つように地盤改良を終ってしまう工法である。

2.4 改良の行ない方による分類

地盤改良を行なうために在来の地盤土をとり扱う方法につぎのような区別が考えられる。

- 1) 在来地盤を置換する 軟弱な地盤土が比較的浅

* 正員 東京大学助教授 生産技術研究所

く、良質な地盤土のすぐ上に堆積しているような場合には、無理に軟弱土そのものに手を加えて改良をはかるよりも、それをとり除いたり押しのけたりして、別に運んできた良質の土と置換してしまう方が経済的であることがある。そしてその具体的方法にはつぎのようなものがある。

- a) 軟弱土を完全掘削して良質土で置換
- b) 軟弱土を液化流送して良質土で置換
- c) 軟弱土を良質土で押しのけながら置換
 - ④ 一部掘削しながら良質土をのせる。
 - ⑤ ジェットにより軟化させながら良質土をのせる。
 - ⑥ 良質土をのせた下で軟弱土を爆破して押しのける。

2) 在来地盤の環境を変える すなわち軟弱な地盤土そのものには直接的な手を加えず、周辺地盤の環境を変えることによって改良をはかる工法である。たとえば周辺の地下水位を下げたり、斜面の場合には区域外の上部を掘削したり下部に盛土したりして、問題の地盤中の応力状態を変え安定化をはかる方法が考えられる。

3) 在来地盤を保護する ある性質、たとえば耐摩耗性とか耐透水性とかが不十分な土を、全体的に改良する代りに、局所的に重点的に保護して所期的目的を達する工法で、斜面表面のライニングとか不透水性膜の設置とかも広義には地盤改良工法と考えられる。とくに最近ではビニール布などによる遮水が本格的に利用されるようになり、斜面の表層近くに設置するだけでなく、透水性層内に垂直に挿入して横方向のろう水を防いだり、道路路盤の下に敷き込んで毛管上昇水の遮断をはかったりすることも行なわれるようになった。また土取場とか施工中の盛土表面に不透水性膜を一時的に敷き広げて、降雨による地表面近くの泥ねい化を防止する工法も実用されている。

4) 在来地盤に安定処理を施す もっとも普通に考えられる地盤改良工法で、地盤土そのものに手を加えて安定化をはかったり、透水性を減少させたりする方法である。その具体的工法については 4. において述べる。

2.5 改良する地盤の性質による分類

地盤改良工法はその地盤土の性質や堆積状態によって施工法が大きく左右されるので、その選定にさいしてはつぎのように対照的に考えてみるのもおもしろい。

- 1) 砂質土と粘性土
- 2) 非飽和土と飽和土
- 3) 浅い地盤と深い地盤
- 4) 自然堆積土と人工による埋め土ないし盛土
- 5) 平坦な地盤と斜面をなしている土

2.6 地盤改良の原理による分類

分類方法としてはもっとも本質的なものと考えられ、

大別すると密度の増大による方法と固結化による方法とにわけられる。くわしくは以下に順次考察を進めたい。

3. 地盤改良の原理

3.1 土の構造とその変化

無機質の土は無数の土粒子から成り立っているが、土粒子には粒径の大きな砂分から 0.005 mm 以下という粘土分まで大小さまざまのものがあり、このうち粗粒のものは粒子間相互に働く力は無視できるのが普通であるのに対して、ごく細粒のものはコロイド的性質を持ち、その周囲に吸着している水とともに粒子間にコロイド化学的な力の働きを受け、全体として一つの構造を持って安定している。

この細粒土すなわち粘性土の構造を変化させる要素として、Lambe は主としてつぎのようなものをあげた。

土に力を加えると、粒子間の間隔がせばめられ、粒子表面に働く電気的な力が増大し、結局粘着力が大きくなる。すなわち土は密度が大きいほどせん断強さが増すので、密度の増大が地盤改良の第一の大きな原理となる。

土の界面変化は、つぎのような場合にせん断強さを増大する。

- 1) 電解質濃度の増加
- 2) ある種の塩基置換
- 3) 間げき液の誘電率や pH の減少
- 4) 温度の上昇
- 5) 含水量の減少

すなわちこの種の構造の変化は、物理的ないしは化学的な方法で行なえば、土の粘着力が高められることを示している。このほか土粒子間に別の接着材を導入して付着力を働かせることも考えられ、このような土粒子の固結化が地盤改良の第二の大きな原理となるのである。

なお土の練り返しは、粒子配列を変え、粒子間に働く力を変えて、結局せん断強さを低減させるのが普通である。したがって地盤改良にさいしてはこのような現象を起こさせないことが大切となる。

3.2 密度の増大または固結化をはかる方法

2.2 で述べたように地盤改良で問題となる土の基本的性質としては、土の強さ・圧縮性・透水性および耐久性の4つがあげられる。そしてこれらの性質を改良するためには密度の増大と固結化とが、重要な方法であることも前述した。しかしこれらの工法をさらに具体的に考察するには、まず土を水で飽和している場合と飽和していない場合にわけ、また粘性土と砂質土とをわけて考えるのが大切である。

すなわち不飽和の土では、いわゆる締め固めによって密度の増大をはかることができ、実際に地表近くにある土ではこの方法による改良がもっとも普通であるが、水で飽和している土ではまず脱水しなければ密度を増大す

ることができず、とくに透水性の小さな粘性土ではこのために時間を要するので、いかにして効果的に脱水するかが改良工法の焦点となる。

地盤土の固結化をはかるためには、土粒子の構造変化によるにしても接着によるにしても、もっとも普通には添加材を用いるが、地表近くでは土との混合・締め固め、地盤の深い所に対しては圧力を加えての注入がおもな施工法である。いずれにしても透水性の小さい細粒土の中に添加材を均一にゆきわらせることがもっとも問題で、機械的な方法のほかに電気化学的な方法も工夫されることになる。

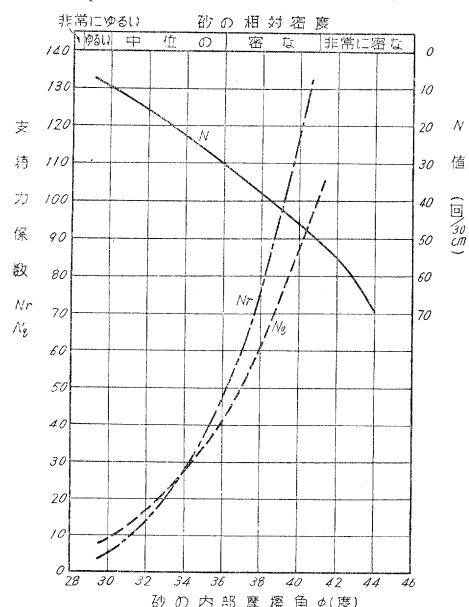
3.3 密度の増大による砂の性質の変化

一般に砂地盤のせん断強さ s は、考えている面に加わる有効垂直応力を p 、その砂の内部摩擦角を ϕ とするとき $s = p \tan \phi$ で与えられる。ここで $\tan \phi$ は、固体の摩擦抵抗を考える場合の摩擦係数にあたるわけで、砂の粒子の表面的な性質が一定であれば一定のようにも考えられるが、実際には、砂粒子と砂粒子の「かみ合い」(interlocking) の状態によって変化し、したがってその砂がよく締め固められて密度が大きいほど大であり、内部摩擦角も増大すると考えることができる。

そこで与えられた砂がとりうる最大と最小の間げき比 (e_{\max} と e_{\min}) を考え、その間に占める実際の間げき比 e の位置によって、その砂の与えられた状態に対する相対密度 $D_r (= (e_{\max} - e) / (e_{\max} - e_{\min}))$ を測定し、この大きさによって、その砂のそのときの内部摩擦角を推定することができる。

密度の増大によって砂が強くなることを現場的に判定

図-1 砂の相対密度、内部摩擦角、標準貫入試験の N 値、および支持力係数間の関係
(Peck-Hanson-Thornburn による)



する方法としては、最近では標準貫入試験による貫入抵抗 (N 値) を用いることがよく行なわれるが、図-1 には代表的な関係図を示した。図中の支持力係数とは、砂地盤の支持力 q_d を算定する下記のような公式において、土の内部摩擦角だけによって定まる係数であり、したがって N 値ないしは相対密度が決まれば定まってくるものである。

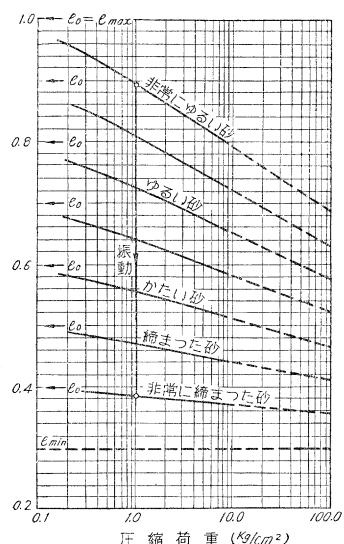
$$q_d = r D_f N_q + \frac{1}{2} r B N_r$$

ここに r : 土の単位体積重量、 D_f : 基礎の根入れ深さ、 B : 基礎の巾

砂に荷重を加えて側方を拘束しながら圧縮すると、荷重 p の増大に応じて間げき比 e が減少するのは当然であるが、この $p-e$ 曲線はその砂の初期間げき比 e_0 が異なると異なる経

図-2 砂の締め固め (Hough による)

路をたどり、た
だ振動や衝撃を
途中で加えるこ
とによって始め
て、より締まっ
た状態の経路に
移りうる (図-
2 参照)。この
ことは砂質土の
実際的な締め固
めが動的な方法
によって有効に
行なわれること
の説明になるで
ある。



また砂の圧縮

性は、密度の大きいものほど小さいことも図-2 に示さ
れている。

同じ砂でもその透水係数 k は締まり方によって異なり、その関係はたとえばつきのような式で表わされる。

$$k = 1.4 k_{0.85} e^2$$

ここに $k_{0.85}$ はその砂の間げき比が 0.85 の場合の透水係数で、1.4 というような係数は一般には砂の種類によ
って異なる。上式の場合には $e=0.85$ から $e=0.6$ とな
れば、 k は初めの値の 1/2 に減少することになる。

3.4 密度の増大による粘性土の性質の変化

1) 不飽和の粘性土の締め固め 粘性土の締め固めは 1933 年に発表された Proctor の理論によってよく説明されるように、一定のエネルギーで締め固めてもその土の含水量によって得られる密度が異なり、エネルギーが大きくなれば全般的によく締め固められ (図-3 参照)，その強さも普通には密度に比例して大きくなる。

しかし締め固められた土の性質は、たとえ同じ乾燥密

度になっているとしても、最適含水量の乾湿いずれの側で締め固められたか、締め固めはどんな方法によったか、また締め固め後の経過時間はどうか、などといふいろいろの因子に影響されるものであることがわかつてきただ。

たとえば締め固め土の強さは、最適含水量の乾燥側で締め固めたものの方が、湿潤側のものより大きいのが普通で、透水性は図-4に示すように後者の方がかなり小

図-4 粘性土の透水性
(Lambeによる)

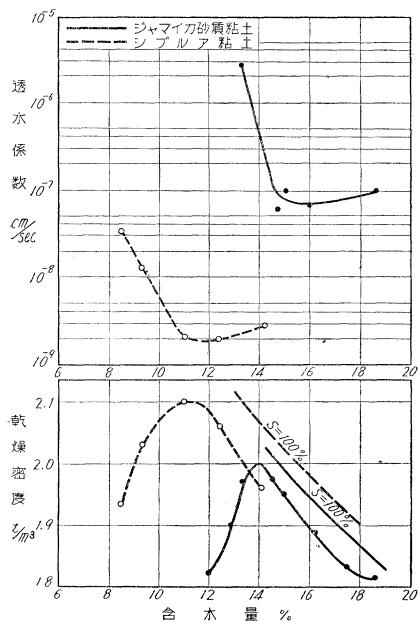
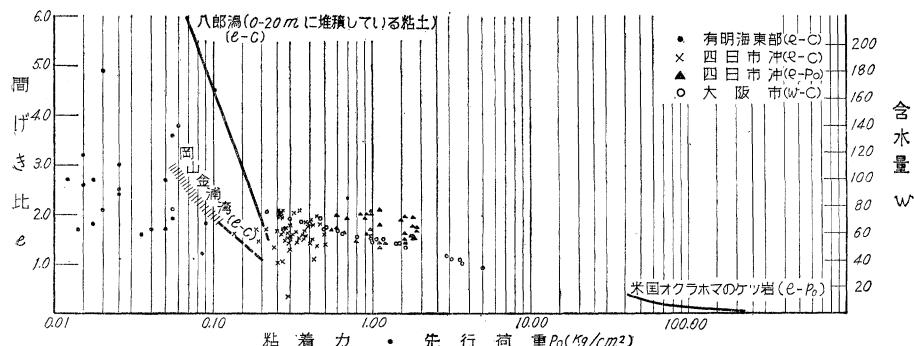


図-7 粘土の間けき比(含水量)と強さとの関係



さい。締め固め方法が強さにおよぼす影響をみると、小さなひずみの範囲では図-5に示すように、最適含水量より乾燥側ではほとんど差がないのに、湿潤側では静荷重によるものが最大で、以下振動、衝撃、ニーディングと続いている。しかし締め固め後時間が経過すると、いわゆるシキソトロピー現象によって強さの増大がみられ、その最初の強さに対する増加の割合は、静荷重によるものよりニーディングによる方が大きくなっている。

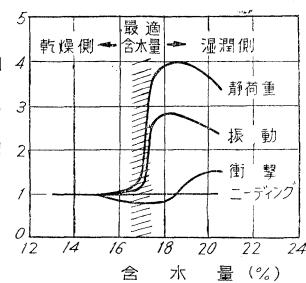
また湿潤側の土を締め固め過ぎると、いわゆる練り返しの影響が現われて密度の増大も行なわれず、強さもかえって弱くなることのあることも注意しなければならない。

なお最近はこれらの一連の現象を粘土粒子の配向性などから統一的に説明する試みが行なわれている(図-3参照)。いずれにしても盛土の締め固め管理などに、乾燥密度を利用することは多くの問題を残していることに注意しなければならない。

2) 飽和した粘土の強さ 液状に近い粘土を圧密してから急速せん断すると、圧密荷重とせん断抵抗との関係は図-6のA線のように求められるが、一度ある大きさで圧密した粘土をそれ

より小さな有効荷重のもとで急速せん断すると、B線のような結果をうる。すなわち先行圧密荷重の影響で粘着力があらわれ、前者が大きいほど後者も大きくなるので(B'線)、結果的には

図-5 粘性土の締め固め方法の差による強さの変化(強さは5%のひずみに対応する応力で比較)
(SeedとChanによる)



その粘土の含水量の減少に応じて粘着力の増大がみられる。

自然に堆積している粘土も、堆積荷重の影響を受けて粘着力を持っているが、その大きさは粘土自身の性質や堆積環境によって広範囲に分布している。図-7にはわが国のいくつかの冲積粘土について、報告されている測定値例を記入してみた(粘着力=1/2×(一軸圧縮強さ)と考えている)。しかしこれらの個々の粘土は、その含有水分をしばり出してより密な状態になると、それだけ大きな粘着力を持つようになるわけで、これが脱水によって粘土の安定化をはかる根拠となる。粘土の持つ粘着力は、正規圧密の場合には先行圧密荷重 p_0 に関係するはずで、図-7には四日市沖の粘土の p_0 値をも記入してある。またすでにケツ岩になっている、ある堆積土の間げき比の実測値と予想された圧密荷重との関係をもプロ

ットしてみた。冲積粘土もこの程度に圧密されると強い岩石になるのである。

3.4 土の固結化

3.1において、粘性土の構造を変えて粘着力を高めたり、すべての土について土粒子間に接着材を導入して付着力を利用したりすることにより、土の固結化をはかる

図-8 排水工法の適用範囲(齊藤による)

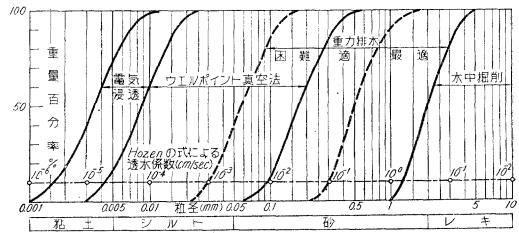


表-1 直接的な地盤改良工法一覧

施工原理と位置	施工方法	適用土	適用現場	備考
密度の増大(主として不飽和土の場合)	転圧 ニーディング	ロードローラー 空気タイヤローラー タンピングローラー	泥炭以外の各種の土	盛土、路床、路盤の締め固め
	衝撃	ランマー 落錘型コンパクター		埋め戻し、ミヅなど、主として小面積の締め固め
	振動	バイプレーションローラー バイプレーティングタイヤローラー バイプレーティングコンパクター	主として砂質土	盛土路床路盤の締め固め
	浸水	ゆるい砂層に注水またはたん水後排水する	砂	砂盛土の締め固め
	粒度調製	新しい材料土の添加、混合	主として粗粒土	路盤
	界面作用	分散剤の添加	粘性土	表面安定処理の補助
		凝固剤の添加		埋め立て
	深層の場合	木ゲイ、コンクリートゲイの打ち込み ガイドパイプ打設 ガイドパイプ利	飽和していない砂質土やローム	ベタ基礎の下など 建物橋脚などの基礎
		内スリ型落錘で作ったアーナに砂やコンクリートを押し込む	砂質土	各種基礎
		パイプを引き抜きながら湿砂を押し込む(コンボーザー工法など)		飽和している場合でも利用可能
		地表	砂質土	
		地中	砂質土	ゆるい砂地盤
	浸水	地下水位を上げる	地下水位上の砂	注水効果も利用
	衝撃	火薬を埋めて爆発させる	ゆるい飽和した砂	アースダムの基礎
	テン充	注入または押し込み	クラックのある地盤	地盤の沈下防止 固結化とともに
密度の増大(臨水による場合)	ポンプ揚水井戸法	単純構造 フィルター利用	木または鋼矢板でかこったもの 二重矢板の中に砂利フィルターを入れてかこったもの	掘削地の排水
		深井戸法 浅井戸法 ジーメンス法	深井戸ポンプを備えてフィルター井戸(直 径 50cm 内外) 普通ポンプを備えたフィルター井戸(直 径 30cm 内外) 列をなしたフィルター井戸(直 径 20 cm 内外)と揚水施設	掘削地の排水 地下水圧の低下 (図-8 参照)
		ウェルポイント法 真空ウェルポイント法	普通ウェルポイント(直 径 5cm 内外)と一連の揚水施設 ウェルポイント、真空ポンプ、分離ソウなどを利用	掘削地の排水 掘削地の排水 サンドドレンの載荷
		開きよ 暗きよ		
		排水管 排水トンネル 水平排水孔 吸い込み管	ふ壁状の大きなものもある フィルター材で埋め戻すこともある 上向きないし水平の横あなボーリング 不透水層を縦に貫いて設ける	すべての土 高含水量だがクラックのある粘性土 地下水位上の粘性土 土地改良
	力学的排水			土地改良、路床、路盤の排水、斜面の安定化、地すべり地排水など

			荷重をいきなりのせる				
加 壓 流	敷 砂	サンドドレーン、カードボードドレーンなど、加圧には盛土、ウェルポイントの併用、気密膜と真空法の組み合わせなどが用いられる	軟弱なシルト粘土層	軟弱土上の盛土 厚い軟弱層の安定化			
電気的水	電 気 浸 透	地中に挿入した電極と井戸側との間に直流を流す	シルト(図-8参照)	被圧地下水压を受ける不透水性土 間げき水压の高い地すべり粘土	掘削地の安定 地すべり地の排水	飽和したシルト中の掘削	
熱的排水	蒸 発	毛管蒸発	植被による乾燥	高含水量のあらゆる土	斜面の安定		
		通風乾燥					
	加 熱	熱風乾燥			盛土の締め固め		
		ふく射乾燥	天日乾燥、炉乾燥、赤外線乾燥				
		伝熱乾燥	土中のパイプを通しての焼結工法		斜面の安定		
		内部加熱乾燥	高周波を利用		盛土の締め固め		
		真 空 乾 燥	地表をおおったビニール膜の下で真空吸引する				
固合	表層の場合	水 和	セメント	泥炭や重粘土以外のすべての土	路盤、路床の安定処理、水路などのライニング	粘土に対しては均一に混合する施工が困難である	
		固結材の混合締め固め	石灰(+ボゾラン)				
		温 度 变 化	加熱した歴青材				
		乳濁液の分離	カットバック歴青材				
		歴 青 乳 剤	セメントを添加して用いることが多い				
		複分解沈殿	塩 化 物				
		酸 化	ケイ酸カルシウムなど				
		重 合 反 応	リグニン誘導体				
		固の結浸材透	クロームリグニンなど				
		潮 解 性	塩基置換				
結化	深層の場合	温 度 变 化	樹 脂	無機質火山灰土などに有効	粘土に対する均一な混合が困難である		
		界面作用	アクリル酸カルシウムなど				
		温 度 变 化	加熱した歴青材を散布				
		固結材の混合締め固め	塩化カルシウムを散布				
		温 度 变 化	たとえば Ca^{++} を Na^+ で置換するために海水を流し込む				
		固結材の混合締め固め					
		温 度 变 化					
		固結材の混合締め固め					
		温 度 变 化					
		固結材の混合締め固め					
電的気化結学	凍結合	界面作用	分散材	粗粒土 砂質土 砂質土	簡易舗装 砂利道の防塵 貯水池のろう水ごめ	一般に安価なことが特徴	
		温 度 变 化	熱可塑性材の冷却				
		固結材の混合締め固め	アスファルト・オオウ・樹脂など				
		温 度 变 化	ケイ酸ソーダ+塩化カルシウム溶液				
		固結材の混合締め固め	ケイ酸ソーダ+アルミニウムソーダ+水など				
		温 度 变 化	ケイ酸ソーダ、ついで塩化カルシウムなど				
		固結材の混合締め固め	1 回注入法				
		温 度 变 化	可溶ケイ酸塙				
		固結材の混合締め固め	2 回注入法				
		温 度 变 化	ケイ酸ナトリウム、ついで塩化カルシウムと炭酸ガスなど				
電的気化結学	凍結合	固結材の混合締め固め	重合体、単量体または部分的に重合している単量体に触媒を作用させる(AM-9など)	主として細砂より粗な土(図-9参照)	透水性の減少 透水性の増大 透水性の減少 主として透水性の減少		
		固結材の混合締め固め	溶媒和によって膨張する性質を利用(特種剤でコートした粘土など)				
		温 度 变 化	歴青と水、松ヤニとアルカリなど				
		固結材の混合締め固め	セメント+水、セメント+粘土+水、セメント+砂+水、セメント+粘土+砂+水など				
		温 度 变 化	冷却した塩化カルシウム塩水を、地盤中に垂直にたてこんだ二重管内に循環させる				
		固結材の混合締め固め	凍結回路中で圧縮気体を膨張させる				
		温 度 变 化	ドライアイスなどを利用する				
		固結材の混合締め固め	電気浸透法				
		温 度 变 化	陽極側において固結性薬液を電気浸透的に陰極側に浸透させる				
		固結材の混合締め固め	アルミニウム電極法による硬化をはかる				
		温 度 变 化	水ガラスなどの硬化物質を土中に電解的に誘導し、固結化をはかる				

ことを述べたが、これらは複雑な物理的または化学的反応によって行なわれるか、または3.2でも触れたように、電気化学的反応によって達成されるのが普通である。具体的な改良工法がもとづいている原理については、表-1の中で簡単に説明してみた。

4. 地盤改良の施工法

地盤改良の具体的な施工法とその適用範囲を、改良の原理をもとに分類したのが表-1である。実際にはある工法が各種の原理を応用していることが多いのであるが、表中ではもっとも関係が深いと思われる所に分類してある。

施工法の実際的な解説は、本講座の各論においてくわしく述べられると思うので、本編においては触れない。

図-9 グラウチングの適用範囲
(Kravetzによる)

グラウチングの目的	地盤の種類				
	細砂ないし 中砂	中砂ないし 粗砂	粗砂 粗粒	岩	岩
	$D_{50} \leq 0.1mm$	$D_{50} \leq 0.2mm$	$D_{50} > 1mm$	爆破クラック 小間ケキ	大きな断層 大間ケキ
透水性を減する	アスファルト乳剤 液				
		粘土一液			
		粘土	セメント		
			粗粒材 グラウチング		
固結する			セメント		
		粘土一液			
	アスファルト乳剤 液				

*オカフズ、セメントー粘土など

5. あとがき

限られた紙数で土質工学の全分野にも関係すると思われる地盤改良工法の概説を試みることはかなり無理なことであったが、たとえば表-1にみられるように、われわれが多くの問題点を持つものとして取り組んでいる一つの施工法も、改良工法全体の中ではごく狭い部門にしか過ぎないということだけでも認識して頂けたらと考える。実際の問題解決に当っては、まず最初に広い視野に

立って進路を誤まらないことが大切だと思うからである。

なお参考文献もありにも多いので、以下には本編を書くに当ってとくに参照したものだけをあげるにとどめる。

参考文献

- R. Glossop : Classification of Geotechnical Processes, Géotechnique, Vol. II, 1950/51 pp. 3~12.
- Progress Report of the Task Committee on Chemical Grouting of the Committee on Grouting of the Soil Mechanics and Foundations Division : Chemical Grouting, Proc. ASCE, Nov. 1957, Paper 1426, 106 p.
- T.W. Lambe : The Structure of Compacted Clay, Proc. ASCE, May 1958, Paper 1654, 34 p.
- T.W. Lambe : The Engineering Behavior of Compacted Clay, Proc. ASCE, May 1958, Paper 1655, 35 p.
- H.B. Seed and C.K. Chan : Structure and Strength Characteristics of Compacted Clays, Proc. ASCE, Oct. 1959, Paper 2216, pp. 87~128
- 三瀬 貞：土質安定工法について（その一、その二），工学研究，Vol. 9, No. 1 および No. 2, pp. 22~25, および pp. 71~75, 83, 1960 年 1 月および 2 月

(原稿受付：1961.3.25)

コンクリートパンフレット

各号共A・5判70頁内外 1部60円〒10

御一報次第図書目録進呈

全国丸善書店などでも販売中

〔土木関係一覧〕

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1号 コンクリートの常識 | 27号 樋 門・水 門・閘 門 | 50号 コンクリートマニュアル
(抜萃) |
| 6号 コンクリート
重力ダムの設計 | 29号 コンクリートのクリープ | 54号 コンクリート工作 |
| 13号 コンクリート擁壁 | 30号 コンクリート舗装の監督 | 56号 コンクリートくい
(設計・製作・打込) |
| 14号 コンクリートの施工 | 31号 農家のコンクリート工 | 57号 遠心力鉄筋
コンクリート管 |
| 15号 コンクリート道路 | 34号 舗装コンクリートの養生 | 58号 {コンクリートの練}(上) |
| 16号 河川工事とコンクリート | 36号 コンクリートの
非破壊試験法 | 59号 {り混ぜと打込み}(下) |
| 18号 コンクリート用骨材 | 38号 コンクリートマクラ木 | 61号 コンクリート道路指針 |
| 19号 港湾工事とコンクリート | 43号 {プレストレスト}(上) | 62号 {プレストレスト}(上) |
| 22号 コンクリート
しくじり百話 | 44号 {ンクリート構造物}(下) | 63号 {クリート橋の架設}(下) |
| 23号 灯 台 | 45号 わかりやすいダムの話 | 翻訳 A.C.I. 「コンクリート舗 |
| 24号 プレストレスト
コンクリート | 48号 遠心力鉄筋
コンクリートタイ | 装設計基準および工事仕様書」 |
| 26号 ト ン ネ ル | 49号 空 港 | |

東京都港区赤坂台町1番地 日本セメント技術協会 振替東京196803・電(481)8541(代表)