



## グラウチングの基礎知識 (その1)

— グラウチングの現状と問題点 —

工藤 浩\* 榎倉 克幹\*\* 西嶋 輝之\*\*\*

### 講座をはじめにあって

最初に、これからたびたび登場する「グラウト」あるいは「グラウチング」という術語について記しておきたい。マグローヒル科学技術用語大辞典によると、「グラウト」は材料を指し、1. セメント・水あるいはセメント・砂・水の混合液体、2. 採石の際に生ずるあらゆる大きさの廃物となる石、とある。われわれが用いるのは前者の意味である。「グラウチング」は、グラウトを使用したり、あるいはグラウトホールや岩石の割目にグラウトを注入する行為またはその方法、とある。また、改訂版のS. O. E. D.によると、名詞としては17世紀の初頭に、動詞としては19世紀のやはり初頭には使われたようである\*\*\*\*。グラウトには、ここに紹介した以外の意味があることはもちろんであるが、講座の目的ではないので省くことにする。

ともあれ、グラウトあるいはグラウチングという「ことば」を耳にすると、読者のみなさんは、どのようなことを思いかけるであろうか。現場にたずさわった人であれば、その体験が鮮やかによみがえってくるであろうし、未経験の人であっても、その情景や内容は、おぼろげながら想像できようというものである。

イメージがグラウチングそのものであれ、ダム・トンネル・シールド、都市土木といった関連する建設工事のいずれであるにせよ、グラウチングとは、ある特定構造物の、いわゆる、基礎地盤の改良——具体的には、基礎の強度の増加、もしくは止水性の高揚に資する効果的な基礎工法の一つであるといえよう。

\* 農林水産省構造改善局資源課 (くどう ひろし)

\*\* 国土庁国土調査課 (もみくら よしまさ)

\*\*\* 関東農政局資源課 (にしじま てるゆき)

\*\*\*\* Grout 1638 [a use of prec.] Thin fluid mortar, which is poured into the interstices of masonry and wood-work.

Grout (verb.) 1838 [f. prec.] trans- To fill up or finish with grout or liquid mortar; to cement.

Grouting; filling of chinks, etc. with grout; chiefly coner. the material used in this operation.

キーワード

グラウト材、薬液注入工法

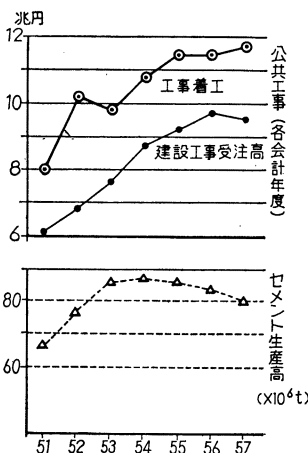


図-1 最近の公共事事の推移とセメント生産高

ざるを得ない状況にある。用・排水路にしても環境対策はもとより、既設構造物への影響など、きわめて制約条件の多い、いわば都市土木的な要素の濃い地域での建設が増えつつある。

一方、最近の建設工事は 図-1 にみるような推移をたどっており、ここ数年は国の経済施策を反映して頭打ちの傾向にある。とはいえ、立地条件の厳しさ等に照らせば、グラウチングの建設基礎工事に占める割合は決して低くないばかりか、これから先、新たな工法の開発でもない限り、その重要性は多くなる一方であろう。

さて、他の一面からみた場合、グラウチングはカテゴリこそ建設工事に入るとはいえ、本体工事に対する付帯もしくは仮設工事に位置づけられる。グラウチングそのものが本体工事の構造物たり得るのは、最近、水資源開発の一手法として脚光を浴びつつある“地下ダム”の止水壁ぐらいなものであろう。

ここでいいたいのはグラウチングが前述のように付帯工あるいは仮設工として、ほとんどの場合、縁の下の方の力持ち的役割を担っていて、構造物を支えたり、そのものを補完したりしてしながら、決して陽の目も見ず、人の眼にさらされることもほとんどない、ということである。

それだけに、見えぬからといって、ないがしろにするわけにはいかず、むしろ、見えぬが故に十分熟知しておかねばならぬ、と考えるのである。

ところで、グラウチングの歴史はすでに200年になろうとしている。薬液注入にしてからが、近く1世紀を迎えようとしているのである。

このような状況のなかで、グラウチングの現状はどうか。仮に問題があるとすれば、どのようなことなのか。体系化するものができあがっているとして、果たしてそうになっているのか。

この講座では、グラウチングの現状における問題点を浮彫りにしながら、調査とその成果から、どう設計し、どう施工すべきかについて、それぞれの段階での留意事項と解決すべき問題に触れ、アプローチを試みたい。

なにぶんにも未解決の分野も少なからずあり、読者の期待に応えられない点が出るかも知れない。しかし、われわれは、その道の第一人者といわれる方を執筆陣に加え、現場でグラウチングにたずさわった方々へは業務への自信といくらかの見直しを、これからたずさわるであろう方々へは予備知識と心構えを示すことができるように努力する所存である。会員各位から広くご意見をいただきたい。

なお、グラウチングの範疇はきわめて広いので、すべてを網羅するわけにはいかない。したがって今回は主として土木構造物にかかわるところを中心にすえて、とりまとめることとしている。

タイトルは、最終的に若干の変更はありうるが、今後の予定と執筆者を表-1に掲げておく。

表-1 講座「グラウチングの基礎知識」掲載予定一覧表

章	標 題	執 筆 者
1	講座をはじめにあたって (1) グ라우チングの現状と問題点 (2) グ라우チングの歴史と展望	工 藤 浩 靱 倉 克 幹 西 嶋 輝 之
2	セメント系グラウチング (1) 理論と設計 (2) 材 料 (3) 施工法と施工機械 (4) 施工管理 (5) 効果確認	靱 倉 克 幹 西 嶋 輝 之 四 方 哲 雄
3	薬液注入 (1) 理論と設計 (2) 材 料 (3) 施工法と施工機械 (4) 施工管理 (5) 効果確認	柴 崎 光 弘
4	グラウチングの実施例 (1) セメント系グラウチング (一般事例)	四 方 哲 雄 靱 倉 克 幹

	(2) セメント系グラウチング (特殊事例)	
	(3) 薬液注入(トンネル、シールド、たて坑)	工 藤 浩 柴 崎 光 弘
5	新しい注入工法 (1) 考 え 方 (2) ジェットエネルギーの応用 (3) 事 例	柴 崎 光 弘 四 方 哲 雄

## I. グ라우チングの現状と問題点

### 1. いま、なぜグラウチングか

土木学会から「ダム基礎岩盤のグラウチング施工指針」<sup>8)</sup>が出て10年、農林水産省のダム設計基準<sup>9)</sup>が大幅に改訂されて3年、注入工法はすでに定着しているのに今さら何をという人もあろう。また、セメントグラウトの限界を克服するものとして期待されていた薬液は、1974年(昭和49年)1月に福岡県下の新宮町で発生した環境トラブルを契機に建設省から出された暫定指針<sup>10)</sup>によって水ガラス系のもの以外が事実上使用禁止になったままであり、いまさらグラウチングでもなかろうという人もあろう。中には、地盤の地下構造は本来複雑なものであり、高価な材料を地盤に注入したところで、どこで固まるか、またいつまで保つか、その耐久性の保証もないのにどうしようもないではないかという人もあろう。

いずれももっともな意見である。それでもなお、この講座を開いたのにはそれなりの理由がある。

その第一は、最近の構造物設置サイトの基礎地盤条件が好むと好まざるとにかかわらず厳しさを増しており、グラウチングによる地盤改良の確実性がより高く要求されるようになってきていることである。たとえば、最近のダム計画地点は、新期火山噴出物など固結度の高くない地質に求めざるを得ない場合が多くなっており、支持力、透水性ともにグラウチング等による改良が期待されるようになってきている。これは、かつてのダム基礎設計の基本的考えが、グラウチングによる地盤改良をあくまで安全率向上の範囲にとどめ、グラウト効果の過信をいましめ<sup>11)</sup>ていたのと大変な違いである。ダムに限らず、いまでは、地盤改良におけるグラウチングに対する信頼度は高まってきており、グラウトミルクを所定の部位で固化させ、所定の水準に改良させる技術が定着化してきている。

第二は、ここ10数年の間に農業をめぐる環境は大きく変化しており、農業生産の場としての農地の周辺の急激な都市化が農業用排水路の都市用排水路との共用や、これらの増改築に当って共用機能を維持しながらの工事が余儀なくされ、シールド工法などの都市土木と共通する

技術の導入が求められ、地盤改良の仮設としてグラウチングの必要性が高くなってきていることを挙げる事ができる。

第三は、注入材料および注入工法が、近年著しく進んできていることによるものである。1974年に建設省から出された薬液使用に関する暫定指針以来続いている薬液使用の厳しい制約の中で、セメント系グラウチングは、注入材の粒子の微細化の努力が超微粒子セメントの開発として実り、薬液系グラウチングでは中性領域で固化する注入剤が開発される<sup>7)</sup>など新しい息吹きがあり、グラウチング管理の機械化を伴う注入工法の進展とあいまって新しい技術が考案されてきている。なかでも、軟岩もしくは軟弱地盤地帯での地盤改良にあつては、今後、ジェットエネルギーを導入した注入工法<sup>8)</sup>が大いに展開すると予想できる。

以上のとおり、グラウチング技術は、職人的技能に依存する部分が少なくないといふものの、次第に工学的技術へと脱皮してきている<sup>9)</sup>。これを反映してグラウチングによる改良対象地盤の種類と範囲が大幅に広がってきている。しかし、多種多様に発展してきている注入材料・注入工法の中から特定の改良対象に対して最適のものを選択する技術が完成されているとはいえない。

グラウチング技術の現状は、職人的技能に依存する段階から、工学的技術へと脱皮する過渡期にあり、過渡期ゆえの混乱や、解決すべき課題は少なくない。これらの課題の解決には、多くの知恵と時間を必要としている。問題解決を早めるためには、まず多くの方々の問題の所在を認識していただくことから始めなければなるまい。これがこの講座を開いた最大の理由である。

これらの詳細については、第2章以降にゆだねるとして、ここではグラウチングの現状の概略を説明しながらグラウト用語になじんでいただき、グラウチング工法のかかえているいくつかの課題を列記し、グラウチングをめぐる基本的問題について触れてみたい。

2. グラウチングの現状

グラウチングは、セメント、薬液などの各種注入材を構造物周辺基礎地盤もしくは構造物自体に注入し、基礎地盤の強度増加および固結化もしくは止水性高揚を図る基礎改良工法の一つであり、かつまた基礎地盤と構造物を一体化させる重要な工法でもある。

現在、実施されているグラウチングは、注入目的、注入材料、注入工法、機材などの違いによっていくつかの分類法があるが、一般的には、①セメント注入工法、②薬液注入工法、③アスファルト注入工法、④超高圧噴射注入工法に四大別される<sup>10)</sup>。それぞれの工法について

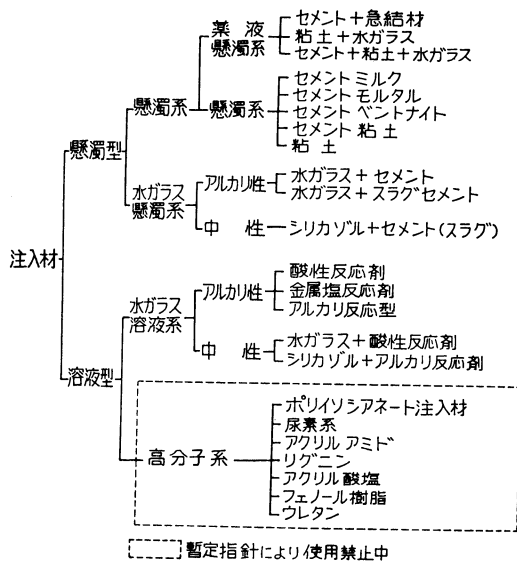


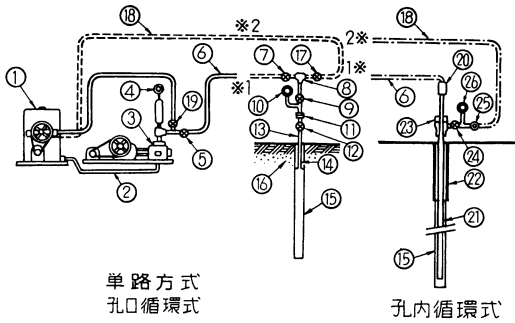
図-2 注入材によるグラウトの分類

は、後に詳しく説明するので、ここでは、グラウチングに関する基本的問題を理解していただくため、その前提としてそれぞれの工法の現状について概観してみよう。

(1) **セメント注入工法** セメント注入工法は、セメントと水を混ぜて攪拌してセメントミルク、すなわち懸濁液をつくり、これをポンプで圧送して、地盤の中や構造物との間の隙間に注入する工法で(図-3 参照)、セメント系グラウチングまたは、セメント懸濁液グラウチングと呼ばれている。注入されたセメントミルクは、セメント粒子の水和作用によって発熱しながら次第に流動性を失って凝結し、さらに時間経過とともに硬さと強さを増し、硬化してグラウチングの目的を果たすことになるわけである。

この工法では、注入対象の隙間の大きさや密度の違い、地下水の有無などによって注入圧を変えたり、セメントミルクの濃度すなわち水セメント比(W/C)を変えたり、細骨材や混和材料を練混ぜるなどして、注入材の強度・水密性、ゲルタイムを調節し、注入範囲の抑制に努力している。

セメントが水と混和して水和反応を起し、ゾルからゲルに要する時間は温度によっても異なるが、一般には数時間というオーダーであり、注入可能な空隙の広がりには限界がなければ注入範囲は無遠となり注入範囲を人為的に規制できない。セメント系の注入材は、一般に材料の粒径が大きいため、浸透注入の適用範囲が限定されている。しかし、岩盤地帯の節理・亀裂・割れ目、さらに構造物と地盤との間の隙間などの充填グラウチングや、



- ① グラウトミキサ (2槽式, 上部ミキサ, 下部アジテーター)
- ② サクシヨウホース
- ③ グラウトポンプ
- ④ 圧力計
- ⑤ バルブ
- ⑥ サプライライン
- ⑦ サプライバルブ
- ⑧ マニフォールド
- ⑨ コントロールバルブ
- ⑩ 圧力計
- ⑪ ユニオン
- ⑫ グラウトホルバルブ
- ⑬ 注入パイプ
- ⑭ パッカー
- ⑮ グラウト孔
- ⑯ 岩盤
- ⑰ プロバブルリターンバルブ
- ⑱ リターンライン
- ⑲ 減圧バルブ
- ⑳ グラウトスィベル
- ㉑ インセクシヨウパイプ
- ㉒ ケーシングパイプ
- ㉓ グランドパッキン
- ㉔ グラウトホルバルブ
- ㉕ 圧力計
- ㉖ 減圧バルブ

図-3 グラウト注入系統図

岩盤の断層運動等による破碎帯および未固結軟弱層への割裂グラウチングによる地盤改良では、長年月に及ぶ豊富な実績があり、①硬化後の強度とその安全性、②取扱いが容易、③安価などの理由からダム基礎処理やトンネル裏込め充填では、いまでもグラウチングの主流を占めている。

セメント注入工法の工法自体は、寺戸(1981)、杉山ほか(1983)が指摘しているとおりの古典的であり、基本形態には大きな変化はない。その中で目覚ましい進歩がみられるのは、注入管理の合理化と注入材の細粒化とである。

セメントグラウチングの工程は、図-4に示すとおりの削孔、孔内洗浄、注入機材セット、グラウト材練混ぜ、圧送、注入、養生、再削孔、改良度確認、再注入の10工程の繰返ししかなっている。水とセメントをあらかじめミキサーで攪拌し単管で注入する一液一系統注入のいわゆるワンショット方式である。従来、注入管理は経験豊富なオペレータの勘に頼ってきたが、いまでは、注入圧と注入量を連続自記記録し、記録を見ながら注入作業の進行状態を判断するだけでなく、コンピュータを用いて注入量、注入圧、配合比を任意の値に設定し、リターンバルブの作動によって自動コントロールしている現場さえある。

セメント懸濁液の実体は固体粒子であり、固体粒子のまわりに働く界面張力の影響で粒径の10倍以下の隙間に

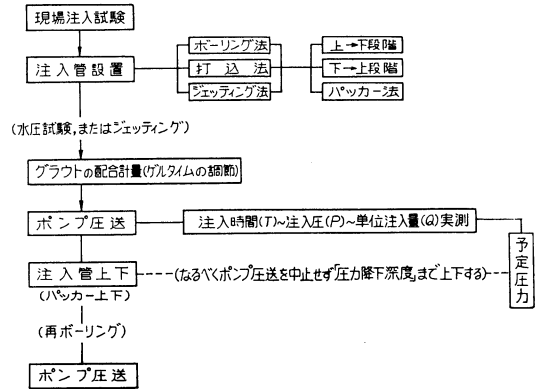


図-4 グラウト注入工程図

は粒子が入っていかない事実が知られている。そのため、セメントの細粒化の努力が続けられて、高炉セメント、早強セメントにつづいて、最近では平均粒径が普通セメントの1/6の超微粒子セメント(50%粒径4 $\mu$ )が登場し、青函トンネル等で好成果をおさめてきている。

セメントグラウチングは従来から、最も単純なシングルパッカーロッド注入方式が普遍的に採用されてきている。したがって、ダム基礎のカーテングラウチングのように、広範な改良が要求されるところでは、通常図-5に示すとおりの、何段階かにわけたステージグラウチングが行われる。しかし、この方式では、グラウチングの中で最も近代化の遅れている削孔工程と時間を節約できない養生工程がこま切れに入るため、事業量の多い現場では工程管理上から敬遠され、最近では、本来薬液注入の過程で考案されたダブルパッカースリーブ注入方式に切替えるところが次第に多くなってきている。

(2) 薬液注入工法 薬液注入工法は、溶液状の化学薬剤をポンプで圧送して地盤に注入する工法である。セメントグラウチングでは懸濁液の実体が固体粒子であり、粒径の最も小さい超微粒子セメントでさえ豊浦標準砂より隙間の小さい地盤には浸透注入できないのが実状であり、また流水中では固化しにくい欠点をもっている。水ガラス系、アクリルアミド系、尿素系、ウレタン系などの薬液は、セメント懸濁液の欠点を補うものとして期待され登場してきた。

薬液の特徴は、グラウト内に固体を含まない溶液であり、グラウトの全量がゲル化し、ゲルタイムを自由に調節できるところにあり、薬液注入は、注入孔から一定の距離内にグラウトをセットできる点でセメントグラウトとは本質的に異なっている。アクリルアミド系薬液は浸透能にすぐれ、止水効果が抜群に大きく、尿素系は強度増加に効果的などそれぞれすぐれた実績をもっている。

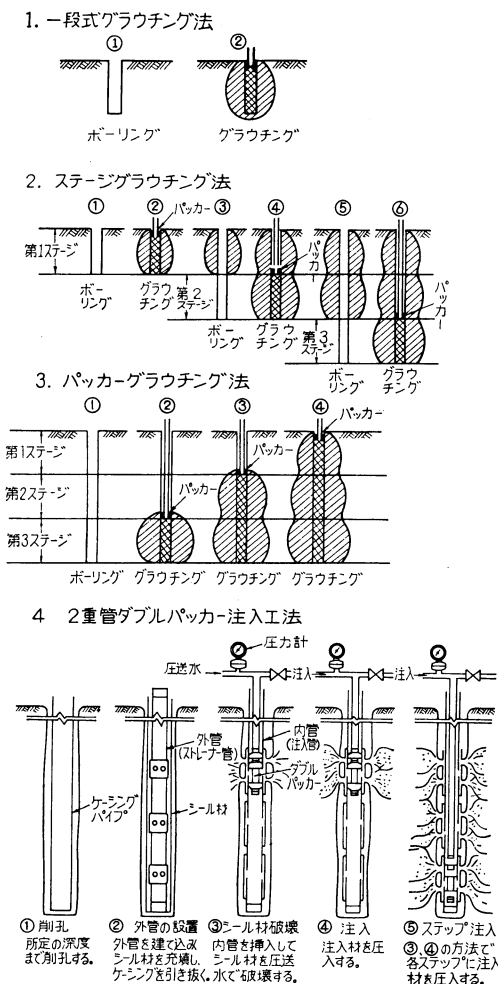


図-5 パッカーグラウチングの説明図

この反面、薬液はコストが高くつき、ゲル化したものの強度と安定性の点でセメントほどの信頼性がないところに難点がある。

最大の難点は、ゲル化する前は人畜に有害であり、その取扱いに細心の注意を必要としていることである。現に、1974年、福岡県下において発生した環境汚染は薬害事件に発展し、これを契機に建設省から「薬液注入工法に依る建設工事に関する暫定指針」が通達され、これによって水ガラス系以外の薬液の使用は事実上禁止されるにいたっている。

この厳しい薬液使用制限の中で、新しい薬液の考案と注入工法改善の努力が続けられ、すばらしい成果をおさめている。特筆すべきものとして、中性領域でゲル化する溶液型薬液および懸濁液型薬液の開発・実用化および、注入材を遠くへ逸送させず吐出孔の近傍で固結させ

る二重管瞬結工法とこれを改良し、ゲルタイムを任意に選択できるようにした新しい二重管注入方式の「バイモード工法」などゲルタイムを任意に選択できるようにした工法の開発・定着化を挙げることができる。

(3) アスファルト注入工法 コンクリート構造物の継目に防水を目的としてアスファルトが使用されていることは広く知られている。構造物相互もしくは構造物と背後地山を一体化させ、しかも防水を図るため、アスファルト乳剤をポンプで圧送して隙間を充填する工法がアスファルト注入工法である。防水とともに強度増加を図る必要があるときは、アスファルト乳剤にセメントを練り混ぜてアスファルト懸濁液をつくり、これを注入するなど工夫がこらされており、各方面から関心が寄せられている。しかし、この工法による地盤そのもの改良については、実施事例が少なく今後の動向を見守りたい。

(4) 超高压噴射注入工法 超高压噴射注入工法は、わが国で独自に開発されたものである。鉛直に立てたロッドの先端から水平方向に200 kgf/cm<sup>2</sup>程度の圧力でグラウト液を噴射させ、孔壁を破壊させながら孔内でグラウト材と削孔ズリを混和させ、径40~60 cmの柱を形成させる工法である。噴射ノズルを引上げる際に回転させないで板状体(パネルジェット)や帯状帯(ウイングジェット)をつくりあげるものなどがあり、近年その用途は急速にひろがってきている。

### 3. グラウチングの基本的問題

これまで述べてきたように、グラウチングはグラウト材を地盤等に注入することによって、地盤の強度を増強させ、止水性を高揚させる地盤改良工法である。

地盤改良工法の中でも掘削置換工法は、掘削面に直接接触することができ、置換部の施工状態の肉眼による確認も容易である。したがって、置換工法に対して不信感を抱く人はまずない。

しかし、グラウチングなど注入工法に対しては、それなりの評価をする人がある一方で、不信感を抱く人が少なくなく、中には無用論を唱える人さえいる。それは、他のいかなる手段でも解決できなかった難工事がグラウチングなど注入工法によって切り抜けた例がある一方で、注入材がどこにどのように入って行くか目視できないこと、また注入効果を間接的にしか確認できないこと等によるものである。

福岡正己(1983)<sup>12)</sup>も指摘しているとおり、地盤を対象とする工事は、建設工事の中で最も難しいものとされている。ダム・橋梁など人工構造物は、構成組織が単純であり、構力力学や水理の計算が可能である。それに対して、自然物である基礎地盤は、均質と見なすことので

きる広がりやの把握が難しいことが多い。このことが地盤の工学的性質の定量評価を困難にし、地盤に適した工法を選択さらに設計や施工を難しくしている。

グラウチングの基本的問題は、まさに、①地盤の工学的性質の定量評価をどうするか、②地盤特性に適した地盤改良工法をどう設計するかにある。このことに関連してグラウチングのメカニズムを最初に説明しておこう。

#### ① 注入のメカニズム——誤解からの脱脚——

岩盤に対するグラウチングは、層理面、節理面、片理面、亀裂などに沿って発達した間隙を充填するものとして認識されている。しかし、未固結堆積物に対するグラウチングの機構は、浸透するものとして古くから誤解されてきており、孔間隔、注入区間長、グラウト量等について誤った設計がなされていることが少なくない。

未固結堆積物に対するグラウチング箇所をグラウチング後に開削してみると、グラウトミルクが注入箇所から順次周辺に浸透して均質な地盤に改良される「浸透注入」は極めてまれで、むしろ地層の境界や弱線に沿って板状もしくは脈状に注入する「割裂脈状注入」と「境界注入」が圧倒的に多い。また、玉石層、玉石まじり砂礫層その他大きな空隙をもつ地盤はグラウトによる「填充」がなされているが、豊浦標準砂や気泡の多い溶岩のような多孔体 (Porous media) に対しては、アクリルアミドなど一部の高分子系薬液を除いては、注入されないのが普通である。

注入のメカニズムは、注入される側の地質、注入材料(ことに懸濁液の場合は材料の粒径)、注入方法によって異なり、表-2 に示すとおり一面的なものではない。グラウチングの設計・施工にあつては、まず、グラウチングに対する誤解から脱脚しなければならない。

#### ② グ라우チング対象地盤の工学的性質の評価

グラウチングの基本的な大きな問題としては、さきに

述べた誤解からの脱脚のほかに、グラウチング対象地盤の注入工学的定量評価の体系化の遅れを挙げることができる。

グラウチングの先進地であるヨーロッパは、大部分が安定地塊からなり、アルプスなど一部を除くと、基盤地質の構造は単純である。このように地盤構成が単純で、均質と見なすことのできる範囲の大きい地域では、これまでの岩盤力学や土質工学の知識を動員することによって、地盤の注入工学的評価をすることができる。

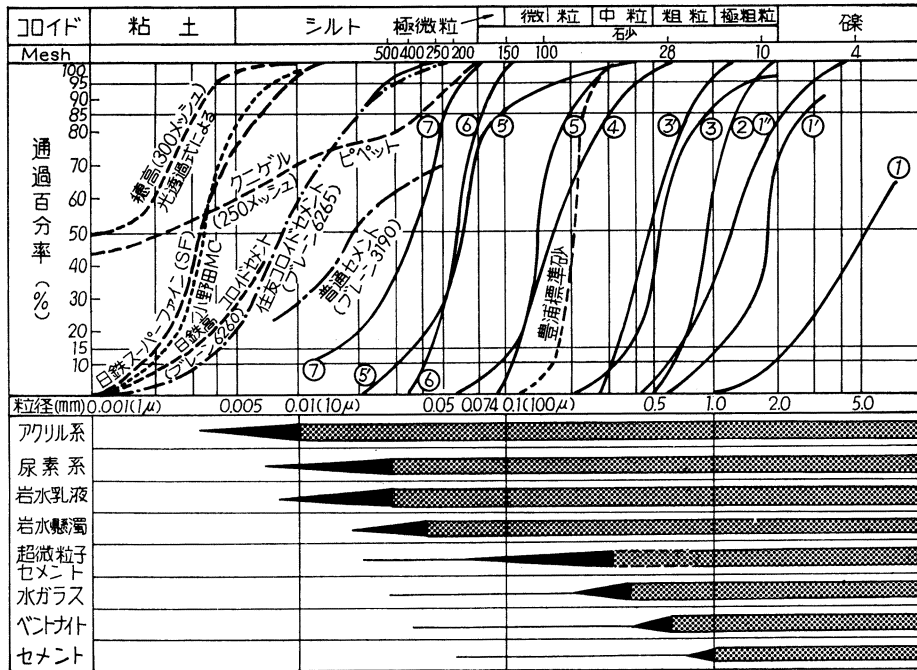
これに対して、わが国は世界一の大陸が世界一の大洋に臨むところにあり、列島全体が変動帯に属しているため、地質とその構造が複雑で、均質と見なすことのできる範囲が狭い。ことに、隆起・沈降などの地殻変動や地震火山の活動が、地質時代だけでなく、歴史時代を通じて続いていて洪積層や沖積層などの若い地質の構造が複雑であるところに特徴がある。これらの若い地層には、いろいろの層準に火山噴出物がはさまっており、狭い範囲で強度の大きいものと小さいもの、多量に水を含むものとそうでない、河成層と海成層が互層することが多く、均質と見なすことのできる範囲が狭い。

わが国においては、グラウチングを必要とする構造物の基礎地盤環境は、上述のとおり欧米とは比較にならないほど複雑であり、地盤の工学的評価を難しくしている。このことがわが国の土質・地質の注入工学的類型化を遅らせ、注入工法の体系化を遅らせている。これはまた、わが国の地盤特性に見合った工法のあゆみ出しを遅らせていると見ることもできる。注入工法の基本的問題は、まさにここにある。

しかし、この問題の解決は、注入工学に関係する岩盤力学、土質力学、構造地質学、第四紀学、地球物理学、機械工学、コロイド化学など境界領域と諸学問の発達と、各種の地盤環境下で行われている多くの注入実績の

表-2 注入メカニズムと注入対象地盤、注入材の組合せ

注 入 機 構	同左による注入改良を期待できる		備 考
	注 入 対 象	注 入 材	
填充グラウト	地盤内もしくは構造物と地盤の間隙	モルタル(大間隙) セメント懸濁液	溶岩トンネル、石灰洞、トンネルの裏込め、ダム等の打設継ぎ目
填充(一部浸透)注入	岩盤内の亀裂・節理層理、片理および玉石まじり砂礫層	セメント懸濁液 微粒子セメント懸濁液	一般のダムの基礎
境界面脈状注入	断層破砕帯、砂礫層と粘性土の境界面	セメント懸濁液 微粒子セメント懸濁液	複合注入、すなわち最初セメント懸濁液による注入により境界もしくは割裂注入を行い、次に浸透性溶液型薬液による浸透注入をするのが理想的
割裂脈状注入	粘性土(シルト、粘土ローム) 花崗岩等の粒状岩の風化帯	セメント懸濁液 微粒子セメント懸濁液 水ガラス系懸濁液	
浸透注入	砂質土(砂・砂質シルト) 粗粒砂質岩	浸透性溶液型薬液(超微粒子セメント懸濁液が良い場合もある)	—
強性攪拌注入	未固結～半固結砂質土もしくはこれと粘性土との互層	セメント懸濁液 微粒子セメント懸濁液 水ガラス系懸濁液	径数 cm もしくはこれ以上の固形物を伴うときは適しない、泥炭土も不適



①①①ーセメント ②粘土セメント ③粘土 ④ヨーステン方式 ⑤水ガラス  
⑥タル・樹脂の乳剤 ⑦OH液 ◀ 割裂注入 ■ 浸透注入

図-6 グラウト材の粒度分布と割裂・浸透別注入対象地盤の50% 粒径<sup>9),17)</sup>

整理と吟味を待たねばならない (図-6, 表-2)。

なお, 図-6, 表-2 は注入工法の適応地盤に関するこれまでの知識を整理したものである。

#### 4. 温故知新

以上各方面からのグラウチングの現状と問題点について見てきた。これらの問題点の解決には, それなりの知恵と時間が必要であることは論をまたない。新しい技術は行詰まりの中での発想の転換やひらめきから生み出されるものようである。

グラウチングという技術も過去における失敗と成功の積重ね, 繰返しの中から発展してきたものである。温故知新という言葉があるが, 今回はグラウチングの歴史をたどりながら, 行詰まった状況がどう解決され現在に至っているか, またこれらを踏まえてその将来を展望してみたい。

#### 参考文献

- 1) マグローヒル: 科学技術用語大辞典, 日刊工業新聞社 (1980版)
- 2) C. T. Onions: The Shorter Oxford English Dictionary on Historical Principles, pp. 837
- 3) 土木学会: ダム基礎のグラウチング指針 (1972)

- 4) 農林水産省構造改善局: 土地改良事業計画設計基準, ダム編, 556 p. (1981)
- 5) 建設省河川局: 薬液注入工法に依る建設工事に関する暫定指針, (1974)
- 6) 日根修三: グ라우チングによる基礎処理の問題, 水と土, No. 15, pp. 61~72 (1973)
- 7) 柴崎光広・下田一雄・野上明男: 薬液注入工法の設計と施行, p. 284 山海堂 (1977)
- 8) 柴崎光広・太田想三・久保弘明: わかりやすい土木技術「ジェットグラウト工法」, p. 116 鹿島出版会 (1983)
- 9) 寺戸康隆: 講座「ダム基礎グラウチング」I~K, ダム日本, No. 443, pp. 45~57, No. 444, pp. 65~85 (1981~1982)
- 10) 杉山方克ほか注入講座編集幹事会: 連載講座, 最近の注入工法(1)~(4), トンネルと地下, 14 (1~4) (1983)
- 11) 農業土木学会: 改訂3版農業土木用語事典, 359 p. 社団法人農業土木学会 (1983)
- 12) 福岡正己編著: 最近の注入工法, 山海堂 (1983)
- 13) 日本材料学会土質安定材料委員会: 薬液注入工法一指針と解説一, 233 p. 鹿島出版会 (1968)
- 14) 松尾新一郎編者: 特許よりみた土質安定工法と基礎工法, p. 276 鹿島出版会 (1981)
- 15) 牧迫達也: 竹山ダム基礎処理工事について, ダム日本, No. 444, pp. 1~10 (1983)
- 16) 土木学会編: 土木技術者のための岩盤力学, 昭和50年改訂版, p. 667 土木学会 (1975)
- 17) 岩水協会: 岩水グラウト工法 (1982)

(1983. 10. 7. 受稿)