

平成14年地盤工学会技術開発賞受賞技術
「恒久グラウトと注入技術」



PERMA ROCK® ASF-II

パーマロック・ASF-IIシリーズ

液状化防止用
恒久グラウト®

地盤注入開発機構

 恒久グラウト協会

パーマロック・ASF-IIは、永年にわたる産学協同による薬液注入の長期耐久性研究の結果開発した活性シリカをベースにした液状化防止用溶液型恒久グラウトです。

パーマロック・ASF-II (液状化防止用)の特長

- ・パーマロック・ASF-IIは、イオン交換法によって水ガラスのアルカリを除去して得られた活性シリカをベースとした、自然に優しい活性複合シリカグラウトです。
- ・注入液は、構成成分は全て無機物であり、固結砂は殆ど中性値を保ち、環境保全性に優れています。
- ・ホモゲルからのシリカ (SiO₂) の溶脱が長期にわたってほとんど無く、ゲル強度の低下も無い耐久性に優れたグラウトです。
- ・注入液の粘度は水とほとんど同等で、十数時間の長いゲルタイムで連続注入が可能です。このため細粒土への浸透性が良好で、おおきな浸透径による大容量土恒久地盤改良の注入が可能のため液状化防止工事にも適しています。
- ・長期にわたり優れた不透水性と固結性を維持しますので、液状化防止のみならず、砂地盤の恒久地盤改良にも適用できます。

硬化原理 — 活性シリカの生成とシリカのネットワークの形成

水ガラス透過前のイオン交換樹脂は周りにH⁺がたくさんついた形になっていて、水ガラス中のNa⁺とH⁺が置き換わり (イオン交換)、活性シリカが生成します。この活性シリカが成長して増粒したシリカコロイドが形成されます。

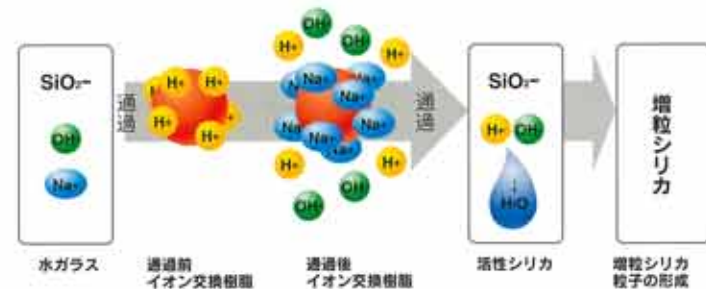


図-1 イオン交換法によるアルカリの除去

粒径の大きなシリカと小さなシリカが共存している場合、小さなシリカが大きな方のシリカに結合して大きなシリカは更に成長します。



図-2 シリカ粒子の成長

大きな粒径に成長したシリカコロイドの表面のシラノール基が、シロキサン結合により縮合重合して三次元のシリカのネットワークを形成し、更に小さなシリカが結合して補強され、安定した構造のゲル化物が形成されます。

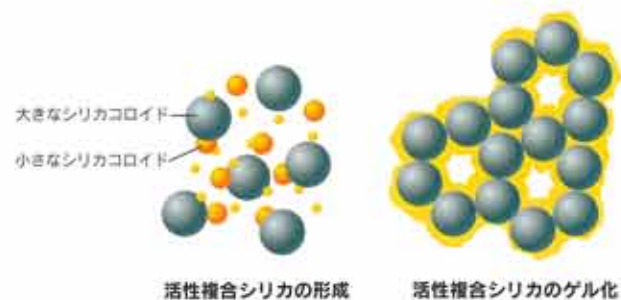


図-3 パーマロック・ASF-IIの反応モデル

恒久原理

水ガラスを陽イオン交換樹脂に通すことにより、水ガラス中のナトリウムイオンが、水素イオンと交換して脱アルカリし、pHが2~4の反応性の高い純粋なシリカからなる活性シリカが形成されます。(図-1) この活性シリカを増粒して安定化したシリカコロイド (ASFシリカ) に小さな粒径のPRシリカとアクターを加えると、大きな粒径のシリカと小さな粒径のシリカからなる、活性複合シリカのコロイドが生成され、弱酸性~中性領域でシラノール基が縮合重合してゲル化します。(図-2,3)

パーマロック・ASF-IIの恒久性は、アルカリを含まない増粒シリカであるためにシリカの溶出が殆どないという、化学的安定性と粒径の大きなシリカと小さなシリカからなる活性複合シリカのゲル化による構造的安定性によって得られます。(図-4,5,6)

また活性複合シリカ中の大きなシリカコロイドは、ゲルの構造的安定のみならず長期強度の増加に、小さなシリカコロイドは、シリカ粒子の成長と初期強度の増加に寄与します。(図-7)

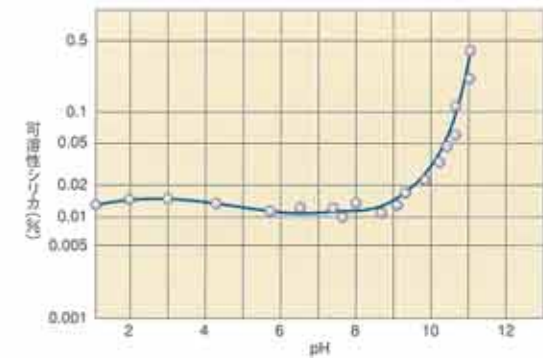


図-4 シリカの溶解性とpH

シリカの可溶性は、pHとコロイドの粒径に関係があります。シリカの可溶性はpHが非アルカリ領域では極めて小さく (図-4)、また粒子の比表面積が小さいほど、即ち粒径が大きいほど少なくなります (図-5)。

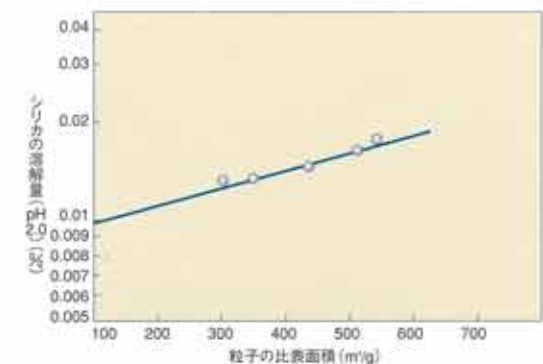


図-5 シリカコロイドの25°Cにおける水への溶解量とコロイド粒子の大きさ (比表面積として表現)

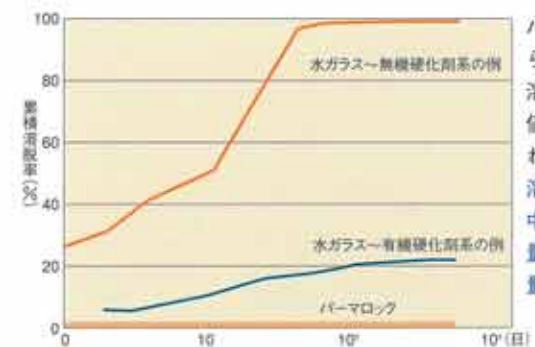


図-6 長期連続透水試験 (透水圧49kPa)における各種グラウトのSiO₂溶脱率
※49kPa=0.5kgf/cm²

パーマロック硬化物からのシリカ (SiO₂) の溶脱率は極めて小さな値を示し、耐久性に優れています。
溶脱率 (%) = (透水中の溶解シリカの累積量/供試体中の全シリカ量) × 100

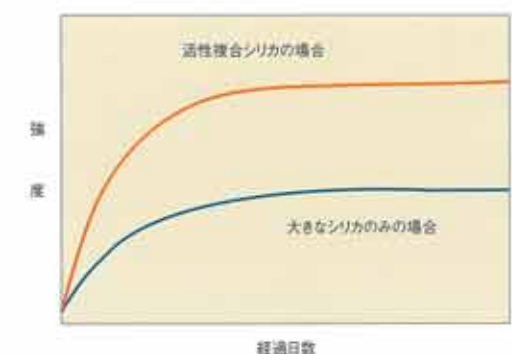
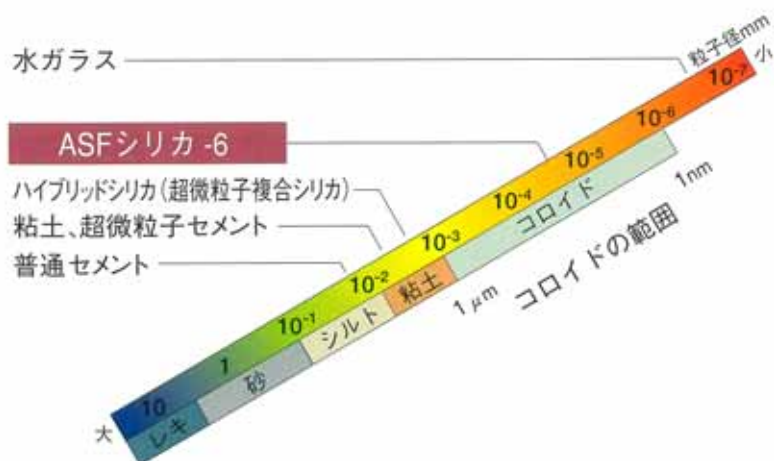


図-7 活性複合シリカ「パーマロック・ASF-II」の経時的強度増加の傾向

シリカ濃度が同じ場合、大きなシリカと小さなシリカからなる活性複合シリカは大きなシリカの場合に比べて強度が高く強度発現が早い。

仕用材料の粒子径



使用材料の性状

	比重 (15℃)	pH	外観
ASFシリカ -6	1.036	9~10	無色~淡白色液体
ASFアクター-M	1.58	1以下	無色透明液体
PRシリカ	1.32	11.5	粘性のある液体

標準配合と性能

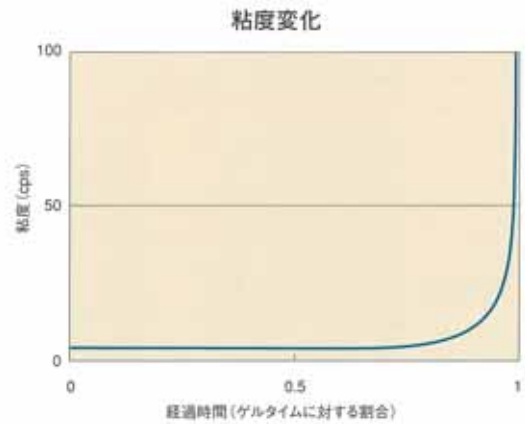
パーマロック・ASF-IIの標準配合 (400ℓ当り)

			ASF-II
配合液の組成	A 液 (200ℓ)	ASFシリカ -6 (ℓ)	60
		ASFアクター-M (ℓ)	16
		水 (ℓ)	124
	B 液 (200ℓ)	PRシリカ (ℓ)	60
水 (ℓ)		140	
A+B液のpH			3~4
ゲルタイム (20℃) ※			12時間以上
固結標準砂の28日強度 (MN/m ²)	Dr=40%		0.20
	Dr=60%		0.32

※ ゲルタイムはASFアクター-Mの量で調整します。

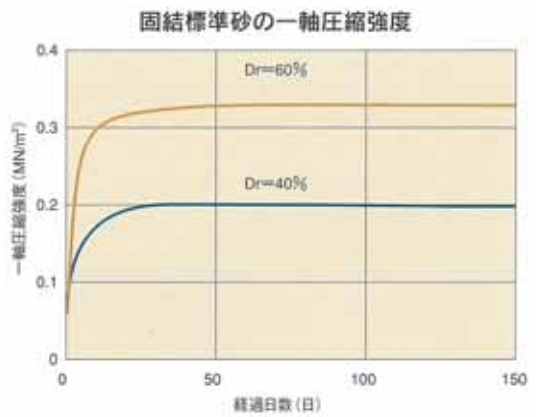
注入液の粘度

パーマロック・ASF-IIの注入液の粘性はきわめて低く、2~3 cpsですので地盤中への浸透が優れています。



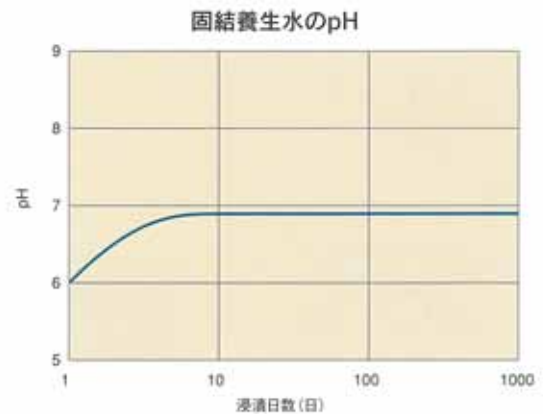
固結標準砂の強度

パーマロック・ASF-IIは強度発現が早く、長期にわたって強度低下がありません。



注入地盤のpH

固結砂の養生水は殆ど中性値を示し、注入地盤のpHは殆ど変化しません。

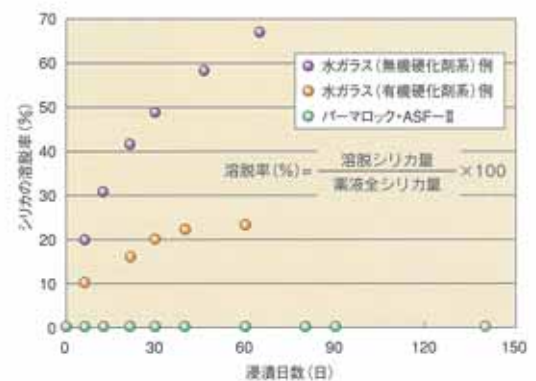


固結砂の透水係数

パーマロック・ASF-IIによる固結標準砂は、長期にわたり $k=1 \times 10^{-6}$ cm/sec以下という優れた不透水性を示します。

パーマロック・ASF-II硬化物の耐久性

パーマロック・ASF-II硬化物からのシリカ (SiO₂) の溶脱率は極めて小さな値を示し耐久性に優れています。シリカの累積溶脱率は全シリカ量の0.01%以下で無視できる程度です。



液状化防止効果

ゆるい細砂からなる液状化対象地盤は、パーマロック・ASF-Ⅱで改良することによって、密な砂と同様にせん断に対して体積膨張しようとする性質（正のダイレイタンス）が生じます。この結果、十分な液状化強度が得られます。

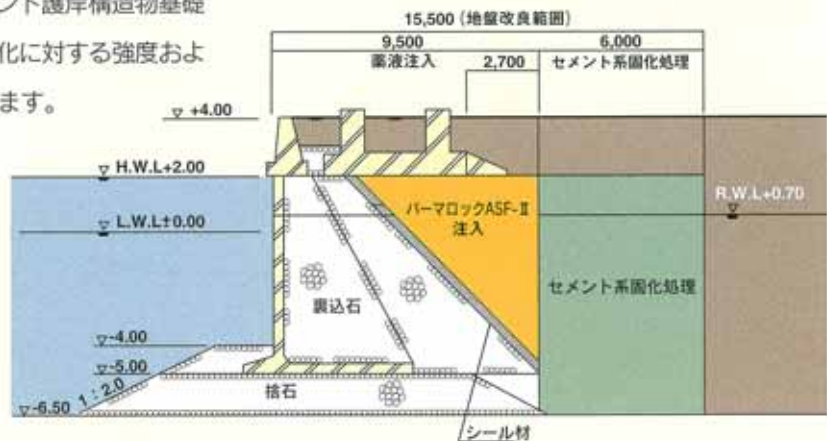
(地盤工学会「土と基礎」vol.50 No.4 ser. 531 p16-18)



パーマロック・ASF-Ⅱによる液状化防止施工例

パーマロック・ASF-Ⅱを用いたウォーターフロント護岸構造物基礎の耐震補強工事において、改良後の地盤は、液状化に対する強度および変形特性が改善されていることが実証されています。

(地盤工学会「土と基礎」vol.50 No.4 ser. 531 p16-18)



安全性

パーマロック・ASF-Ⅱの使用材料は無機物で薬液注入工事に関する暫定指針に適合し、劇毒物、ふっ化物、重金属類は含まれていません。

施工法

二重管ダブルパッカ工法、超多点注入工法、エキスパッカ工法、スリーP工法等、土粒子間浸透注入工法に適用します。セメント系固結材との併用も可能です。

用途

恒久性や環境安全性が要求される、固結や止水、液状化防止工事等。

- 構造物・石油タンク等の基礎の液状化防止
- トンネルシールド地下構造物等の掘削工事並びに地下構造物構築後の止水性や耐震性の維持
- 港湾・護岸構造物の基礎の補強と止水

マスキング効果

液状化防止工事はコンクリート構造物周辺の恒久地盤改良であり、対象となる地盤は貝殻混じりでpHは10程度のアルカリを呈します。

パーマロック・ASF-IIはマスキング作用により、コンクリートや土中のアルカリ成分である貝殻等のCa組成物の表面に不溶性被膜（マスキングシリカ）を形成してアルカリの溶出を低減する機能を有しています。

このため、パーマロック・ASF-IIはコンクリート構造物を対象とする液状化防止工事のみならず掘削工事に用いてコンクリート構造物周辺の恒久地盤改良効果の維持においても優れた効果を発揮します。



マスキングシリカが形成されたモルタル供試体表面の10年間の不溶性被膜

モルタル供試体の養生水pH

通常のモルタル供試体	約12
マスキングシリカが形成されたモルタル供試体	7~9

液状化防止工事における改良体のpH試験結果例

深度 (G.L-m)		5.00~5.70	7.00~8.00
pH	No.1	7.3	7.1
	No.2	7.3	7.1
	平均	7.3	7.1

※ 改良前の地盤pH: 10、貝殻等Ca含有量: 3%

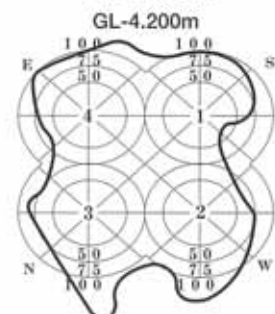
地盤工学会「土と基礎」vol.50 No.4 Ser. No.531 p16~18

パーマロック・ASF-IIによる現場注入試験

野外注入試験における掘削調査状況



地盤の改良域



掘削採取試料の強度試験結果

一軸圧縮強度 (MN/m ²)	三軸圧縮強度 (MN/m ²)
0.217	c=0.113
	φ=30°

土木学会第55回年次学術講演会講演概要集第3部 (B) p574~575
「活性シリカグラウトの野外注入試験」

材料の取り扱いについてはメーカーの製品安全データシート (MSDS) をご参照ください。

地盤注入開発機構

 恒久グラウト協会*

事務局

〒113-0033 東京都文京区本郷1-10-14 カナリヤビル ジャテック(株)内

TEL 03-3815-2162 FAX 03-3815-2102

URL <http://www.kohkyu.gr.jp> e-mail grout@kohkyu.gr.jp

ご用命・お問い合わせは



クリーンな人づくり
クリーンな街づくり
創造企業

株式会社 エムテック

〒791-1122 愛媛県松山市津吉町1059番地 TEL 089-960-8880 FAX 089-960-8881

E-mail: office@mteck.biz <http://www.mteck.biz>

【工業所有権】

恒久グラウト開発機構（本部：強化土エンジニアリング(株)内 事務局：ジャテック(株)内）による工業所有権が成立しています。