

土壌を変える 高分子系土壤硬化剤 (S-Hard No.1)

1. NETIS 登録番号 : KT-230229

2. 製品の特徴

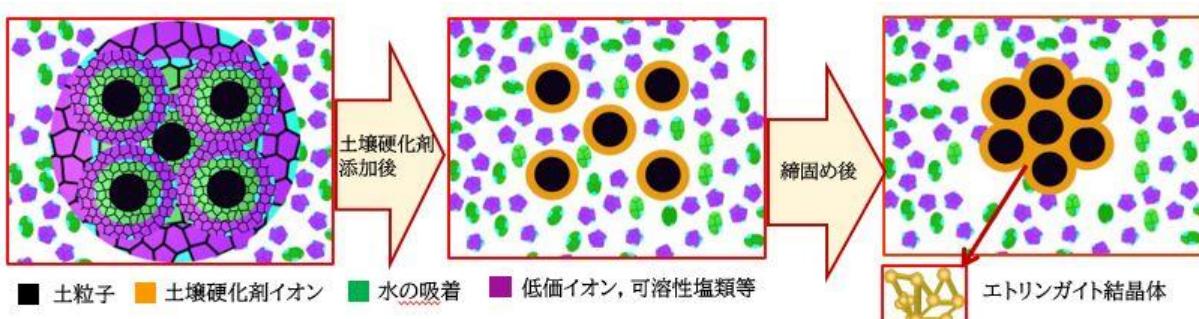
道路の路盤工事で従来使用されていた碎石、砂利やスラグなどの路盤材に代わり、現地発生土を路盤材として活用し、コンクリート並みの強度と安定性を持つ固化土にして施工できる高分子系土壤硬化剤。

3. 期待される効果

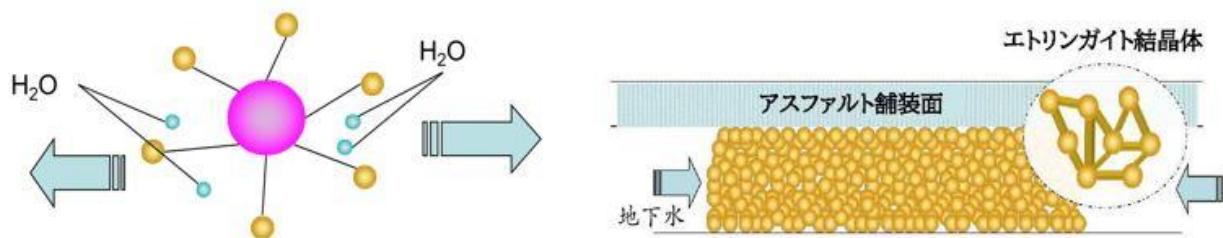
- ① 掘削残土処分費が不要となり、さらに碎石の材料費が削減出来る為、経済性が向上
- ② 路床整正の工程を削減できる為、工程の短縮が図れる
- ③ 残土処分や碎石の搬入がなくなり、周辺環境への影響低減が図れる
- ④ 路盤層の防水性が向上し凍結融解による路盤層への損傷を抑制できるため、耐久性が向上する。

4. S-Hard No.1 と無機結合剤の作用原理

- ① 土粒子の表面電荷を中和し、土粒子を凝集する。
- ② 加水分解で生じた負イオンが土の中の金属イオンと結合し、水に溶けない網目状の結晶体を生成し、土粒子の隙間に入り、強固な骨格を形成。無機結合材（セメント）成分も反応し、土粒子同士が固結し、エトリンガイト結晶体を形成する。
- ③ 陰イオン界面活性剤の生成によって、親水基の頭部が土粒子の表面に安定した化学的鎖状構造を形成し、疎水基の尾部は土粒子の外側に向き、土粒子が疎水性に変化する為、水安定性と凍結融解安全性が大幅に向上する。
- ④ 土の可溶性塩類が被覆、結合、排斥などの一連の化学反応により、活性が弱まり、水と共に、固化体の外周に排斥され、締固め後には、高性能の防水性、圧縮強度、水安定性と凍結融解安全性を持つ固化土プレートが完成する。



5. S-Hard No.1 添加後の作用原理



S-Hard No.1 と一定水分の土壤との混合後、強力なイオンを利用して土粒子表面の電気二重層構造を破壊し、土表面と水の作用力を弱めさせると共に、撥水性が生じ、締固めがしやすくなる。

締固め後には、S-Hard No.1、無機結合材と土壤の中の物質に化学反応が起きエトリンガイト結晶体を生成し、土粒子が硬く結合した固化土は、水による浸入を防止し、極めて良好な凍結融解安全性を発揮する。その為、固化土が締固めによって一旦、圧縮・固化すれば、湿気による膨張や可塑化は発生しない。

6. 主要成分の機能

- ① 分散性:土粒子を安定した状態に分散保持する
- ② 粘着性:土粒子同士を強力に粘着する
- ③ 固結性:土粒子の金属イオンと結合し、網目状の結晶体を生成し、土粒子の隙間を埋める
- ④ 撥水性:陰イオン活性剤成分が土粒子の表面に安定した鎖状構造を形成し、土粒子を親水性から撥水性に変える
- ⑤ 安定した固化性:当社「高分子系土壤硬化剤（S-Hard No.1）」のPH値を5～9（弱酸性～弱アルカリ性）に調製し、土粒子の帯電性に影響を与えず、土を安定的に固化できる。

参照：

「土壤の分散凝集実験を行った。1mM 塩化ナトリウム溶液中に土壤を加え、種々pHに平衡させて良く振とうし、振とう直後の濁りと、振とう静置直後の濁りを濁度計で測定したところ、pH 4 以下およびpH10 以上で良く分散し、その間のpHでは凝集した。」

（2013年9月開催の日本土壤肥料学会名古屋シンポジウム講演「土壤における界面電気現象と農業・環境 - 基礎から応用まで -」より引用）

- ⑥ セメントと当社「高分子系土壤硬化剤（S-Hard No.1）」を併用することにより、従来の一軸圧縮強度、水安定性、凍結融解安全性などが大幅に向上する。

7. 一軸圧縮強度

<セメントと石灰の添加量：6% S-Hard No.1 の添加量：0%の場合と 0.05%の場合>

含有比率 (%)			一軸圧縮強度 (Mpa)			評価
セメント	石灰	S-Hard No.1	7days	28days	90days	
6%	0%	0%	1.66	1.76	2.89	セメントの 3.7 倍向上
6%	0%	0.05%	4.07	7.68	10.67	
0%	6%	0%	1.15	1.31	1.85	石灰の 3.7 倍向上
0%	6%	0.05%	3.56	4.68	6.85	

- S-Hard No.1 の添加量はセメントと石灰の一軸圧縮強度を大きく向上させる。
- 一軸圧縮強度を 7 日経過後（以下、「前期」という）と 90 日経過後（以下、「後期」という）とで比較すると、セメントも石灰は前期の圧縮強度に影響を与えるが、後期への影響は小さい。
- S-Hard No.1 を 0.05% 添加した前期の一軸圧縮強度 4.07Mpa は、上層路盤(セメント安定処理)で要求される一軸圧縮強度 2.9Mpa (アスファルト舗装)、2.0Mpa (コンクリート舗装) を大幅に超えている。

※ 締固め後の一軸圧縮強度は、従来の同量使用の固化材よりも 40~200%以上向上させることができる。
建設現場のあらゆる土性の土を頑丈で耐久性ある固化土プレートに施工し、優れた積載能力を持つ舗装面にすることができる。

8. 各種土性に対する S-Hard No.1 (S-1) およびセメント添加量と一軸圧縮強度との相関表

粘土含量	土性区分	S-1 添加量 (%)	セメント 添加量 (%)	一軸圧縮強度 締固め度≥93% (Mpa)
15%以下	砂土 壤質砂土 砂壤土 壤土 シルト質壤土	0.05	4-8	2.0-5.5
15%~25%	砂質植壤土 壤土 シルト質壤土	0.05	4-8	2.5-5.5
25%~45%	砂質植壤土 軽壤土	0.05	4-8	3.6-6.0

	シルト質壤土			
45%以上	重植土	0.05	生石灰 2+ セメント 4-6	1.5-4.5

参照 :

壤質砂土及び砂壤土は、粗砂及び細砂の含量により次のように細分される。（農林水産省「土壤の知識」）

- ①壤質粗砂土(LCoS) : 細砂 40%以下、粗砂 45%以上
- ②壤質細砂土(LFS) : 細砂 40%以上、粗砂 45%以下
- ③粗砂壤土(CoSL) : 細砂 40%以下、粗砂 45%以上
- ④細砂壤土(FSL) : 細砂 40%以上、粗砂 45%以下

9. 水安定性

〈セメントと石灰の添加量 : 6% S-Hard No.1 (S-1) の添加量 : 0%の場合と 0.05%の場合〉

混合量比率 (%)			飽和圧縮強度 (Mpa)			乾燥圧縮強度 (Mpa)			水安定性(%)			評価
セメント	石灰	S-1	7d	28d	90d	7d	28d	90d	7d	28d	90d	
6%	0%	0%	1.66	1.76	2.89	2.01	2.05	3.17	82.4	86.0	91.2	水安定性係数
6%	0%	0.05%	4.07	7.68	10.67	4.40	8.06	10.88	92.5	95.3	98.1	7.6%以上
0%	6%	0%	1.15	1.31	1.85	1.66	1.86	2.16	69.2	70.5	85.4	水安定性係数
0%	6%	0.05%	3.56	4.68	6.85	3.93	5.03	7.08	90.5	93.1	96.8	13%以上

- 水安定性係数(%)とは、飽和圧縮強度÷乾燥圧縮強度で計算され、100%に近いほど、水安定性が高いことを示す。
- 測定方法は、90 日間の圧縮強度の測定では、89 日間の自然乾燥の後、90 日目に 24 時間、水に浸けた後に測定した強度が飽和圧縮強度で、90 日間自然乾燥させてから測定した強度が乾燥圧縮強度である。

※ 屋内試験用の試験体と道路から採取したコア試験体に対し、180 日と 1 年の浸水試験を実施したところ、試験体の崩壊現象は見られず、強度損失が極めて小さく、「S-hard No.1」で処理した固化土は極めて優れた水安定性があることが確認できた。

10. 凍結融解安全性

〈セメントと石灰の添加量 : 6% S-Hard No.1 (S-1) の添加量 : 0.05%の場合〉

混合量比率 (%)			一軸圧縮強度 (Mpa) 90d	凍結融解実施後 一軸圧縮強度 (Mpa) 90d(10 回)	凍結融解実施後 一軸圧縮強度 損失率△fo(%)	評価
セメント	石灰	S-1				

					90d(10 回)	
6%	0%	0%	2.89	0.52	82%	S-1 添加により、一軸圧縮強度の損失率が77%低下した。
6%	0%	0.05%	10.67	10.14	5%	
0%	6%	0%	1.85	0.28	85%	S-1 添加により、一軸圧縮強度の損失率が78%低下した。
0%	6%	0.05%	6.85	6.37	7%	

- 「一軸圧縮強度（90 日）」とは、90 日間自然乾燥されてから測定した「一軸圧縮強度」である。
例：2.89（上記表より）
- 「凍結融解実施後一軸圧縮強度」とは、90 日間試料を冷凍庫で凍結してから融解させ、それを 10 回繰り返した後に測定した「一軸圧縮強度」である。例：0.52（上記表より）
- 「一軸圧縮強度損失率」とは、上記「凍結融解実施後一軸圧縮強度」を「一軸圧縮強度（90 日）」で割った数値で計算したものである。
例： $1 - (0.52 \div 2.89 = 0.18) = 0.82 \rightarrow \text{損失率} : 82\%$
- S-1 の添加により、凍結融解による固化土の一軸圧縮強度の損失率を大幅に減らすことができる。

※ 固化土は良好な防水性を有し、凍結融解に対する優れた抑制能力を有するため、土が凍結する地域での使用により、道路の凍結融解による損害を低減することができる。

1.1. 従来工法との比較

項目	従来工法	S-Hard No.1 工法
掘削・残土処分工事	・ 碎石、砂利、砂等を投入使用する分の現地土の掘削と残土処分が必要	・ 現地土を活用する場合、土に含まれる 10 mm を超える小石、枝、雑物などを除去。処理土の使用も可
路盤材料	・ 碎石、スラグ、切込砂利、砂等の単一材料 ・ 数種の材料を調整、混合した粒度調整碎石やスラグ ・ セメント、石灰、アスファルト等による安定処理	・ 現地土を使用 ・ S-1、セメント、石灰(一部対象土のみに使用)による固化処理
下層路盤工事	・ 岩石や玉石を碎いた安価なクラッシュランを使用 ・ グレーダー：敷きならし、ローラー：締固め	・ S-1 : 0.05%、セメント : 4-6%添加 ・ スタビライザー : 土、セメントと S-1 の攪拌混合 ・ グレーダー : 敷きならし、ローラー : 締固め
上層路盤工事	・ 上質で支持力の高い粒度調整碎石使用 ・ グレーダー : 敷きならし、ローラー : 締固め	・ S-1 : 0.05%、セメント : 6-8%添加 ・ スタビライザー : 土、セメントと S-1 の攪拌混合

		<ul style="list-style-type: none"> グレーダー：敷きならし、ローラー：締固め
不陸整正工事・養生	<ul style="list-style-type: none"> 不陸整正工事 	<ul style="list-style-type: none"> ビニールシートによる養生（3日間）
セメント安定処理路盤 一軸圧縮強度	<ul style="list-style-type: none"> 下層路盤：一軸圧縮強度 [7日間] 0.98Mpa 上層路盤：一軸圧縮強度 [7日間] 2.9Mpa(注1) 2.0Mpa(注2) ※注) アスファルト舗装 注2) コンクリート舗装 	<ul style="list-style-type: none"> S-1:0.05% +セメント:6%添加量の場合、 一軸圧縮強度 [7日間] 4.07Mpaに達し、 下層路盤だけでなく、上層路盤要求値も大幅クリア

以上