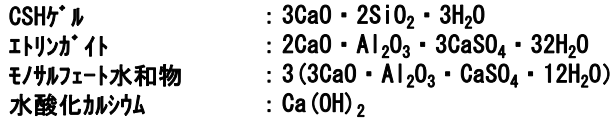


コンクリート保護

コンクリートの劣化はどうして起こるの？

石灰石、粘土を主原料とし、石膏、ケイ石等の無機質粉末を加えて焼結されたセメントに、粗骨材（砂利、碎石等）、細骨材（砂、砕砂等）、水を加えて混合し、硬化したものがセメントコンクリート（通称、コンクリート）であり、水とセメントとの水和発熱反応により生成した



によって構成されています。

更に、水とセメントとの反応によって、**コンクリート内部に沢山の細孔**が作りだされますが、この細孔は、**1/10μmから数百μmの大きさ**があり、その量は**水/セメント比**により大きな影響を受けています。

この細孔量は、水50gとセメント100g（体積は、水50cm³+セメント31.8cm³=81.8cm³）の反応によって、常温では約20cm³（初期原料量の約24%に相当）になると言われています。

そこで、コンクリート劣化の原因について纏めてみますと、下記のように、**細孔の存在がコンクリートの劣化に大きな影響を持っている**ことがお分かり頂けると思います。

劣化項目	劣化のメカニズム等	細孔量の影響
中性化	コンクリートは、約25%のCa(OH) ₂ で占められていることで、水の存在下でpH12以上の高アルカリ性環境に保持されていますので、コンクリート中の鋼材は不動態皮膜で覆われ腐食することはありません。 ところが、細孔を通して、CO ₂ ガス、SO _x 等を含んだ酸性水等の酸性物質がコンクリート中に入り込むことにより、Ca(OH) ₂ が徐々に中和されていき、ついには鋼材周辺部分がpH11以下に中和されることによって、不動態皮膜が破壊され鋼材が腐食します。 この時発生した赤錆の膨張圧によってコンクリートのひび割れや剥脱が生じたり、鋼材の断面積の減少が構造強度の低下を招きます。	影響大
塩害	コンクリート中に混入あるいは浸透した塩化物によって鋼材が腐食する現象で、コンクリートに細骨材として用いられる海砂中の塩分（0.3kg/m ³ 以下に規制）の他、海水の飛沫、道路凍結防止に使われる塩化カルシウム、塩化マグネシウム等のコンクリート中への浸透が原因となります。	影響大
凍害	コンクリート中の水分が凍結融解を繰り返すことにより、ひび割れ・剥脱する現象。 細孔内へ水が浸透し、その水が凍結する際に9%の体積膨張が生じることが原因となります。	影響大
アルカリ骨材反応	コンクリートの原料である粘土に含まれるNa ₂ O、K ₂ O等のアルカリ不純物と化学的に不安定な骨材とが水の存在下でゲルを生成し、ゲルが水を吸収して膨張してコンクリートのひび割れ、剥脱を起こします。 日本では、骨材中に含まれる無定系シリカよりなるガラス質とアルカリとのアルカリシリカ反応が多いようです。 旧建設省により、①非反応性骨材の使用、②低アルカリ量セメントの使用、③混合セメントの使用、④コンクリート中のアルカリ総量を3kg/m ³ 以下とすることが通達されています。	十分な水の存在がゲル化反応に必須であるため、遮水することで反応抑制が可能か？ コンクリート中に水が充分ある場合は、細孔からの水の逸散が大事だとの説もあります。
耐化学薬品	コンクリートは空気中のSO _x 等を溶かした雨水、工場排水、温泉水、土壌、海水等に含まれる各種化学物質によって劣化します。 特に、硝酸、塩酸、硫酸等の酸類はコンクリートを強く侵食するとともに、中にある鋼材も腐食しますので、コンクリートの耐久性を大きく低下させることとなります。	影響大 細孔表面積が大きいこと、細孔からの浸透による鋼材腐食
ひび割れ	コンクリートのひび割れ発生の原因には、上記以外にも沢山あります。 1) 設計不備 : かぶり厚さ不足、配筋不適切 等 2) 荷重 : 断面・鉄筋不足、オーバーロード、地震 等 3) 外的要因 : 温度変化、乾湿繰り返し 等 4) 材料 : セメント異常凝結・膨張、セメント水和熱 等 5) 製造・運搬 : 練混ぜ不適切、長時間運搬 6) 施工 : 加水、急速打ち込み、コールドジョイント、初期凍害 等	

中性化、塩害、凍害、アルカリ骨材反応等によるコンクリート劣化を防ぐにはどうすればいいの？

コンクリートの劣化防止としては

- 1) 表面に被覆を施す工法
- 2) 表面近傍断面に表面含浸材の含浸層を形成させる工法
- 3) 樹脂等の接着剤を用いて表面にFRPシートを巻き付ける工法
- 4) 表面に鋼板を取り付ける工法
- 5) 埋設型枠を用いる工法

があげられますが、パ-ミイトを用いたコンクリート保護が可能である1)、2)の工法を中心として、ご説明します。

土木学会編-119コンクリートライフライン-表面保護工法 (H17.4.26発刊) を参考として、1)、2)の各工法について比較してみますと下表のようになります。

下表において用いている材料等の機能は下記の如くです。

- 素地調整 : レイタス、脆弱層等をブラスト、ディスクサンダー等の電動工具または手工具で除去すること
- プライマー : 低粘度の塗料で、コンクリートの表層に含浸してコンクリートと一体化し、主材とコンクリートとの付着性を確保するもの
- パテ : 素地調整後にコンクリート表面に生じた小さな穴を埋めて平滑さを向上させるために用いられるペースト状の塗料あるいはポ-リマ-セメント
- 主材 : 中性化・塩害・凍害等に対する防止性能を発揮するための主たる材料
- 上塗り材 : 屋外暴露、耐薬品における主材の耐久性保護、意匠性付与のために用いられますが、施さない場合もあります

被覆工法

塗装工法とシート工法がありますが、ここでは塗装工法のみを比較しています。

被覆工法は、いわば塗料等の多層塗りであり、その塗膜厚み、多層化によってコンクリート表面および細孔を被覆できるため、遮水性、遮ガス性が大きく改善され、**中性化阻止、塩害阻止、凍害阻止およびアルカリ骨材反応抑制に優**れています。

更に、意匠性を付与できるとともに、主材、上塗り材の選定により、コンクリートのひび割れに追従させることもできます。

但し、表面含浸工法に比べ、工事費は高く、工期も長くなる欠点を持っています。

	有機系被覆工法	無機系被覆工法	パ-ミイト工法
工法 (塗材は代表例)			
素地調整	実施	実施	実施
プライマー	エポキシ樹脂プライマー	---	---
パテ	エポキシ樹脂パテ	アクリル系ポ-リマ-セメント	専用ポ-リマ-セメント or 施工せず
主材	エポキシ樹脂塗料中塗り	アクリル系ポ-リマ-セメント	パ-ミイトHS-300
上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗り	アクリル樹脂塗料上塗り	---
性能			
耐候性	上塗り塗料種に依る	上塗り塗料種に依る	極く良好
遮水性	極く良好	良好	良好
中性化阻止	極く良好	極く良好	極く良好
ひび割れ	材料選定により追従可能	追従できず	追従できず
コンクリート付着	Maxで2-3N/mm ²	Maxで2-3N/mm ²	ポ-リマ-セメント打設時 : 2-3N/mm ² パ-ミイト直接塗布時 : 4-5N/mm ² (コンクリート自体が破壊)
外観	色限定なし	色限定なし	色限定なし
工期	長期	長期	短期
工事費	高い	やや高い	安い

パ-ミイト工法は、他工法に比べ

- 1) パ-ミイトHS-300の単層によって、遮水性、中性化阻止等の性能を発現できますので、工事費の低下、短工期が可能
- 2) 無機質ポ-リマ-塗膜は絶対剥がれず、紫外線劣化を起こさないの、補修は超長期にわたり不要

が最大の特長です。

表面含浸工法

表面含浸材（一般的には浸透性吸水防止剤とも呼ばれている）をコンクリート表層部に含浸させて、コンクリート表面の外観を損ねることなく、表層部に遮水性、中性化阻止等の機能を付与する工法で、表面含浸材としては、①ケイ酸塩系（ケイ酸リチウム、ケイ酸ナトリウム）、②コロイドシリカ系、③シリコン系があります。

表面含浸工法は、被覆工法に比べて工事費が安く、工期が短い特徴はありますが、使われる材料、工事方法によっては、遮水性、遮ガス性が十分に発現できず、中性化阻止等が不十分となる場合があります。

	ケイ酸塩系、コロイドシリカ系	シリコン系	パ-ミエトHS-350
メカニズム	<p>ケイ酸リチウム系 Si(OH)₃がLiを取り囲む構造のアルカリ性ホ-リシケートが細孔表面でナ厚みの皮膜を形成</p> <p>ケイ酸ナトリウム 水ガラスを主成分としておりアルカリ性ケイ酸ナトリウムがコンクリートのCa(OH)₂と反応しCaSiO₃・nH₂Oの結晶を形成するかゲルを形成</p> <p>コロイドシリカ系 SiO₂がコンクリートのCa(OH)₂と反応しCaSiO₃・nH₂Oの結晶を形成</p>	<p>アルコキシランモノマーもしくはオリゴマーを水、有機溶剤で希釈、溶解したもので、コンクリートのSiと-Si-O-Si結合し、細孔表面を疎水化（無溶剤系もあります）</p> <div style="text-align: center;"> <p>コンクリート</p> </div> <p>R:テ-ル基等の疎水基</p>	<p>アルコキシランの組成最適化および硬化速度の調整により、アルコキシランがコンクリートに浸透し、表層部の深部で、コンクリートのSiと-Si-O-Si結合するとともに、アルコキシラン同士が縮合しホ-リマーを形成して細孔を完全に塞ぐ</p>
	<p>ホ-リシケート or CaSiO₃</p> <p>巣穴 細孔</p> <p>細孔表面に皮膜形成、細孔を塞ぐことはない</p>	<p>シリケート</p> <p>巣穴 細孔</p> <p>細孔表面に皮膜形成、細孔を塞ぐことはない</p>	<p>パ-ミエトHS-350</p> <p>巣穴 細孔</p> <p>細孔を塞ぐ</p>
性能			
遮水性	良くない	良くない	良好
中性化阻止	良くない	良くない	良好
効果持続性	短期	短期：分子層の風化	長期
外観	僅かな濡れ色	濡れ色なし、打放し色維持	濡れ色なし、打放し色維持
工期	短期	短期	短期
工事費	安い	安い	安い

パ-ミエト工法は、他工法に比べ

- 1) パ-ミエトHS-350の少量塗布によって細孔を完全に閉塞し、遮水性等の性能を発現できますので、工事費の低下、短工期が可能
- 2) 無機質ホ-リマーは劣化を起こさないので、補修は超長期にわたり不要が最大の特長です。

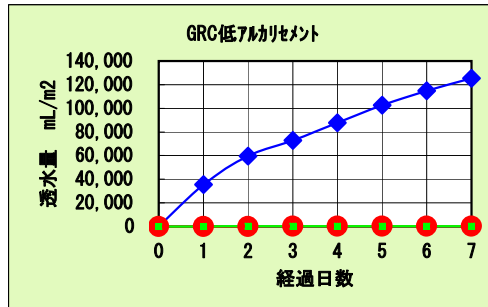
コンクリート保護性能は？

遮水性

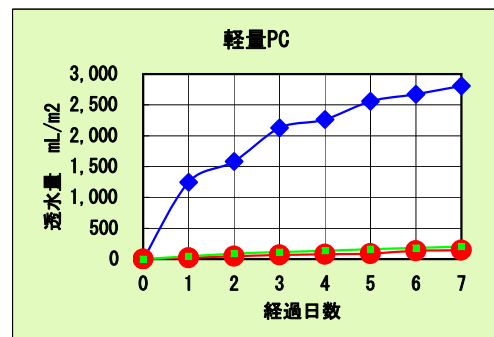
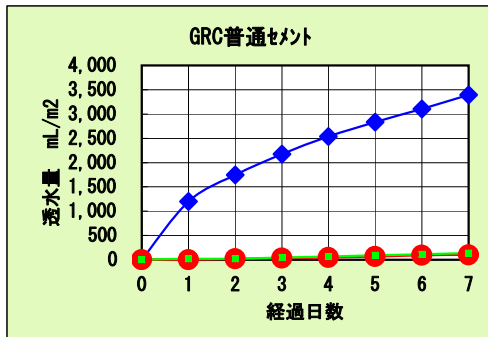
JSCE-K571-2004漏斗法による透水性試験において、**パ-ミイトHS-300の少量塗布によっても、透水量を95%以上抑制できることが実証できました。**

試験結果から、**パ-ミイトHS-300調色品の塗布による透水抑制の特性は**

- 1) 無処理に比べ、7日後において最大5%以下の透水量に抑制
- 2) 塗布方法による差は見られず
- 3) 50-175g/m²塗布の範囲においては、塗布量による抑制効果の大きな違いは見られずとなっています。



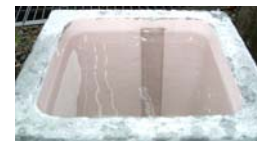
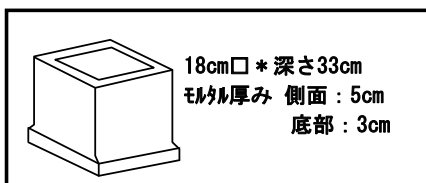
◆ 無処理
● HS-300刷毛塗り 50-175g/m²
■ HS-300スプレー 50-100g/m²



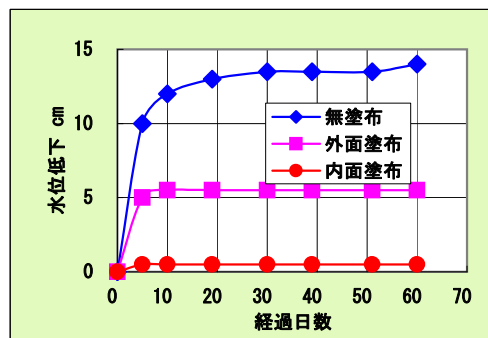
防水性

市販モルタル柵の内外面に**パ-ミイトHS-300調色品を少量塗布し、漏水状況を確認した結果、漏水は全くなく、モルタルアルカリによる塗膜異常も発生していないことを確認しています。**

試験方法：市販のモルタル柵内面もしくは外面に、**パ-ミイトHS-300を120g/m²塗布し、塗布2週間後、水を上部から3cmまで張り込み、密閉して屋外に暴露**



試験結果



5日後の柵内水のpH

無塗布	: 11	無塗布、外面塗布は、モルタルアルカリが水中に溶出
外面塗布	: 11	
内面塗布	: 7	

無塗布

初期10日間の大きな水位低下はモルタルへの浸透と柵上部の大きな欠陥からの漏水と考えられますが、その後も約50g/m²・Dayの漏水が継続しています。

外面塗布

初期の水位低下はモルタルへの浸透であると考えられ、その後は全く漏水していません。

柵内の水はモルタルの溶出によりpH11を呈しましたが、外面の塗膜は全く異常を発生しませんでした。

内面塗布

初期の僅かな水位低下は上蓋等への水滴付着と見られ、その後は全く漏水していません。

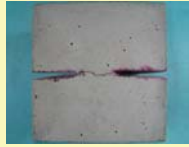
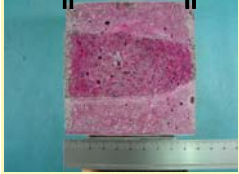

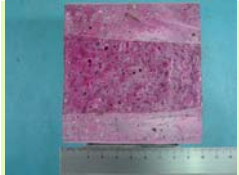

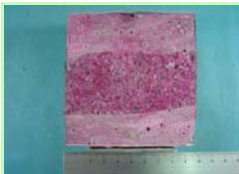
中性化阻止

CO₂5%雰囲気下に1ヶ月放置する中性化試験において、ハ-ミイトHS-300の少量塗布によって、コンクリートの中性化を完璧に阻止できることを実証できました。

試験方法：日本道路公団試験JHS417

100 * 100 * 100mmのモルタル試験体に塗布、所定養生後、30℃、湿度60%、CO₂濃度5%の試験室内に1ヶ月静置後、試験体を割裂し、フェノールフタレイン1%溶液を噴霧し、赤色に変色しない部分の最大深さを測定する。

試験結果

塗布条件	中性化試験後の試験面	割裂後の変色評価	中性化深さ	合否判定
塗布せず			6 mm	不合格
ハ-ミイト 110 g/m ²			0 mm	合格
ホ-リマーセメント 500 g/m ² ハ-ミイト 110 g/m ²			0 mm	合格

施工実績は？

現在、大手セ-コン3社、セメントメーカー1社の研究所において評価研究を継続中であり、施工実績は、倉庫コンクリート床塗装およびコンクリート橋脚塗装のみとなっています。



コンクリート橋脚保護塗装（防汚）

発注者：福岡県土木事務所
元請会社：安部テクノ
施工会社：福永工機

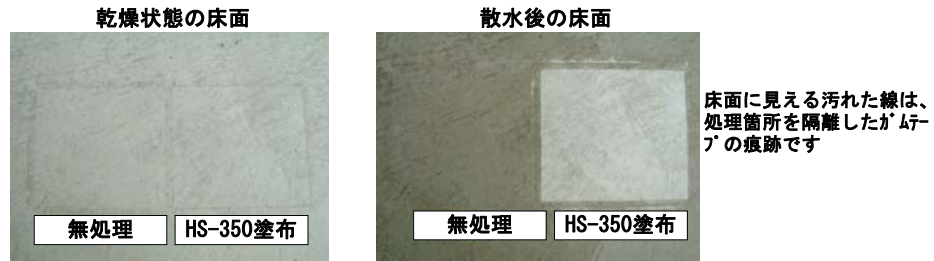
素地：コンクリート
下地処理：ホ-リマーセメント 500g/m²
封孔塗装：ハ-ミイトHS-300 140g/m²
施工面積：約150m²

パ-ミイトによる表面含浸工法について少し詳しくご説明します！

パ-ミイトHS-350による表面含浸工法は

- 1) パ-ミイトHS-350の少量塗布によって細孔を完全に閉塞し、遮水性等の性能を発現できますので、**工事費の低下、短工期が可能**
- 2) HS-350から形成される無機質パ-ミイマーは劣化を起こさないで、**補修は超長期にわたり不要**が最大の特長です。

パ-ミイトHS-350を屋外コンクリート床面に約50g/m²塗布し、1日保持した後のコンクリート表面状況を見てみますと



のように、散水しますと、無処理部分は水が浸透し濡れ色を呈していますが、HS-350を塗布した部位は水が浸透せずコンクリートそのものの色を保持しています。
なお、この遮水性は、塗布後約1.5年を経過したH18.11においても保持されています。

HS-350でコンクリート細孔を閉塞させるメカニズムは？

パ-ミイトの組成および硬化速度の最適化によって

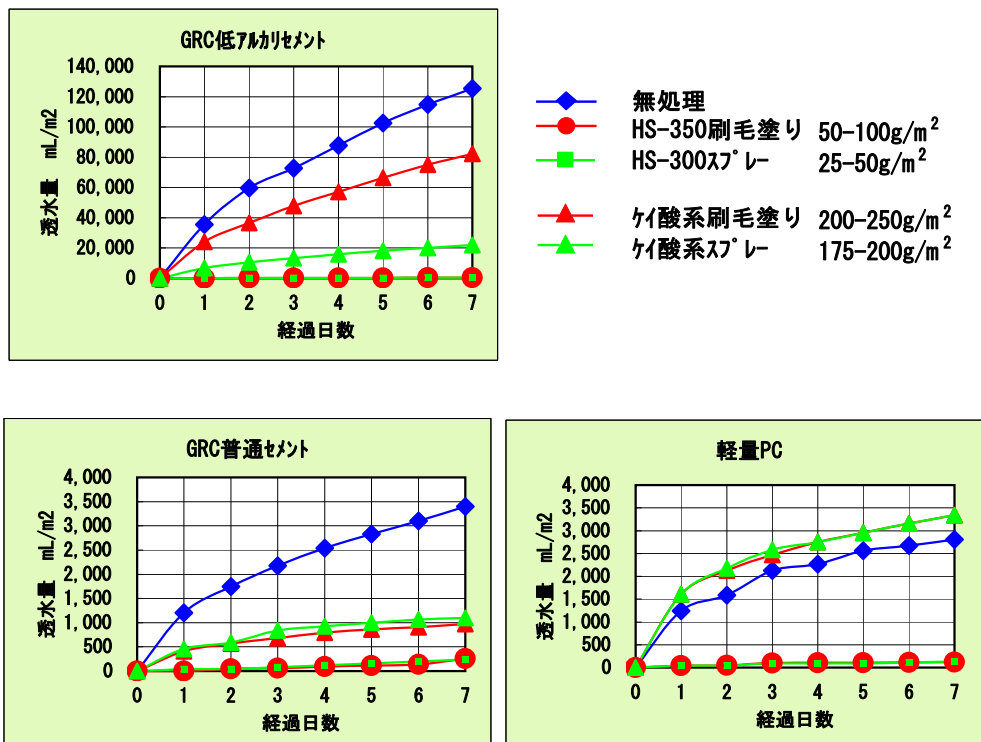
パ-ミイトグレード	塗布数秒後	数分経過後	24Hr経過後	備考
HS-100 HS-200 HS-300	 濡れ色あり	 濡れ色あり	 濡れ色あり	塗布後約2Hrでツクがなくなり且つ耐久性ある圧膜を形成するように、組成および硬化速度を調整していますので、少量塗布においても濡れ色を呈します。
HS-350	 濡れ色あり	 濡れ色あり	 濡れ色なし	コンクリート表層深部に浸透後、硬化するように調整していますので、約24Hr後には濡れ色がなくなります。

のように、**コンクリート表層の深部（数百μmから数mm）で硬化し、細孔を閉塞**します。

本当に遮水しているの？

JSCE-K571-2004漏斗法による透水性試験において、**パ-ミイトHS-350の少量塗布**によってもHS-350被覆工法と同様に、**透水量を95%以上抑制**できることが実証できました。

比較例として、他社ケイ酸トリム系表面含浸材をも評価しましたが、土木学会の評価研究結果（119コンクリートライブラ-表面保護工法）と同様に透水性抑制はよい結果を得られませんでした。



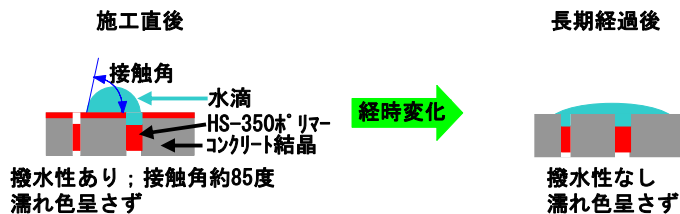
HS-350で細孔を閉塞した遮水性は何年もつもの？

弊社における屋外暴露の促進試験（60℃温水浸漬-20℃乾燥の繰り返し試験：詳細はパ-ミイトの付着力Page3）において、**10年以上この遮水性が保持されていることは確認しています。**

これ以上の長期に至る促進試験は行ってはませんが、**細孔の中で形成された無機質ホ-リマーは、耐熱性もあり経時劣化しないことより**
コンクリートが磨耗等により消失し、この消失がホ-リマー層の下端至るまでは遮水性あり
と推定しています。

一方、”表面含浸材は数ヶ月、長くて数年しか効果が無い”という話をよく耳にしますが、これは3Page表面含浸工法の効-ム欄にて記述しています様に、ケイ酸系、特にシリ-系ともに、コンクリート表面に単分子膜を形成させて撥水していますので、磨耗等によりこの単分子膜が消失することが原因であろうと推定しています。

HS-350による表面含浸の促進試験においても、コンクリート表面における撥水性を接触角のみでみると、経時的に接触角は小さくなり撥水性が失われていきますが、コンクリートは濡れ色を呈さず、細孔を閉塞したホ-リマーにより遮水されていることが一目瞭然にわかります。



施工実績は？

HS-350は開発間もなく、今後、コンクリートの緻密性、作業環境（温度、湿度、塗装方法）等による塗布量の最適化、規定量塗布の管理方法等を探索している段階にありますので、**施工実績はまだありません。**