

ポリエステル系凝結遅延シートの遅延速度制御と鉛直打継面の処理効果に関する研究

六田充輝¹・有田博昭²・池本義行³・生田達⁴・平田隆祥⁵・十河茂幸⁶

¹ダイセル・デグサ (株) 開発営業部 (〒556-0017 大阪市浪速区湊町 1-4-38)

²工修 ダイセル・デグサ (株) テクニカルセンター (〒671-1281 姫路市網干区新在家 1239)

³ダイセル化学工業 (株) 有機機能性品開発営業部 (〒100-6077 千代田区霞ヶ関 3-2-5)

⁴ダイセル・デグサ (株) 開発営業部 (〒556-0017 大阪市浪速区湊町 1-4-38)

⁵正会員 (株) 大林組 技術研究所 土木材料研究室 (〒204-8558 清瀬市下清戸 4-640)

⁶フェロー会員 工博 (株) 大林組 技術研究所 土木材料研究室 (〒204-8558 清瀬市下清戸 4-640)

不飽和ポリエステル(硬化物)を主成分としたコンクリート凝結遅延剤は、凝結遅延効果が長時間持続し、これをポリエチレンテレフタレート(PET)フィルムに塗付した凝結遅延シートは、雨水や型枠散水では凝結遅延成分が流出せず均一な遅延効果を発現する。本報では不飽和ポリエステルの化学構造と遅延効果、特に遅延速度の関係について検証を行い、その親水性との間に相関があることを見出した。同時に不飽和ポリエステル系凝結遅延シートの遅延効果が、コンクリートの養生温度、養生時間にほとんど依存しないことを明らかにした。また、このシートを用いた鉛直打継面の処理が、コンクリート強度、打継面強度に及ぼす影響について試験し、従来のチッピング工法と遜色ないことを示した。

Key Words : concrete joint treatment, retarder, polyester, chemical structure, hydrolysis

1. はじめに

コンクリート構造物の鉛直打継面処理は、コンクリートが十分強度を発現するまで型枠を存置し、脱型後に作業を行うことを余儀なくされるため、一般的にチッピング等の人手による方法で行われる。この方法は、作業員の熟練度によって施工性や処理精度が異なり、また、緩んだ骨材粒などを残してしまう恐れもある。一方、グルコン酸ソーダや糖類等に代表される水溶性の凝結遅延剤や凝結遅延剤含浸紙を用いて表面部のコンクリートの硬化を遅延させ、脱型後に圧力水で処理する方法¹⁾もあるが、遅延効果が長時間保持されない場合や、塗りむらやブリーディング水の動きによって不均一になったり、雨水や型枠散水によってコンクリートを打ち込む前に凝結遅延成分が流出するなどの問題があった。

そこで筆者らは、凝結遅延性能が長期間持続し、かつ雨水や型枠散水では凝結遅延成分が流出しない特徴を有したポリエステル系凝結遅延シート(以下リターダシート=Rシートと略)について、その機能発現機構、遅延成分生成の時間制御と遅延性能との関連について検証を行った。また、本凝結遅延シートを用いた打継処理面の力学的性能を従来工法と実験により比較し、その結果について報告する。

表-1 各種打継面処理方法と施工時期

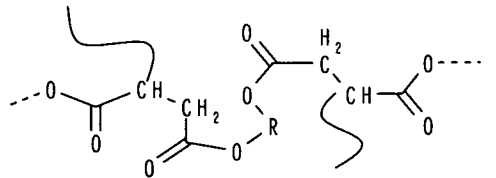
施工時期 (材齢)	①0.5~1日	②2~7日	③7日以降
物理的方法	← 圧力水		← ウォータージェット ← サンド・ショットブラスト ← 機械切削(グレイダー等)
	← ワイヤブラシ	← チッピング	(チッパー、たがね等)
化学・物理 併用法	← 凝結遅延剤 + 圧力水		
		← 凝結遅延剤含浸紙 + 圧力水	
		← 酸洗い + 圧力水	
	← Rシート	← + 圧力水	

2. 鉛直打継面の既存の処理方法

従来のコンクリートの打継面処理方法とポリエステル系凝結遅延シートを用いた処理方法の比較について表-1に示す。

これらを処理方法で大別すると、物理的処理と化学・物理併用処理の2種類に分けられる。また処理時期で整理すると、概ね①材齢0.5~1日、②材齢2日~7日、③7日以降、の3種類に大別できる。

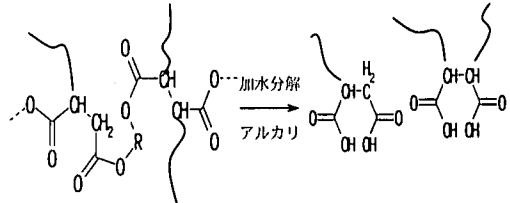
これら打継面処理方法のうち、圧力水による処理方法



R : アルキル又はアルキレングリコール

〰 : 反応性モノマーによる架橋構造を形成する側鎖

図-1 Rシート主成分(不飽和ポリエステル硬化物)



R : アルキル又はアルキレングリコール

〰 : 反応性モノマーによる架橋構造を形成する側鎖

図-2 Rシートのコンクリート凝結遅延機構

表-2 Rシートと従来凝結遅延剤による打継面処理の比較

項目\材料	Rシート	従来凝結遅延剤
主成分	不飽和ポリエステル硬化物	グルコン酸ソーダ 糖類など
水への溶解性	不溶であり雨水、型枠散水等による遅延剤の流出がない。	易溶。雨水、型枠散水等により遅延剤が流出する恐れ大。
形態	ポリエチレンテレフタレート等からなる基材フィルムに遅延剤を塗布硬化させたフィルム状遅延剤。	水溶液 エマルジョン 紙への含浸物など
遅延効果の深度	均一に遅延効果が発現。	水溶性のため、ブリーディング水と共に遅延成分が流動し不均一。
遅延効果の面積、形状	使用フィルムの形状がそのまま反映される。	同上

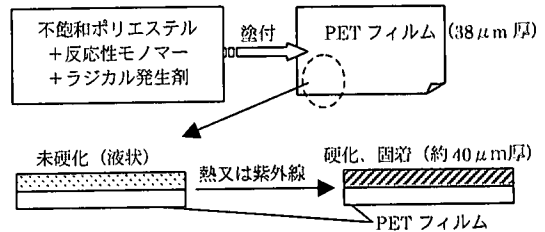


図-3 Rシートの作製手順

コンクリートが比較的軟らかい材齢 24 時間以内に処理する方法で、施工に適した期間が短く限られている。また、圧力水による処理を容易にするために凝結遅延剤を併用する方法は、凝結遅延剤の効果が温度やコンクリートの材料、配合によって異なり、専門知識に基づいた適用毎に異なった対応が求められる。市販の凝結遅延剤を紙などに含浸させて用いた場合にも同じことが言える。

ウォータージェット、サンドブラスト、ショットブラスト、チッパー等を用いた物理的処理方法^{2), 3), 4)}は、コンクリート硬化後に行われる。このような比較的小さな機械や道具を用いる場合には、処理精度は作業員の技量に左右される。一方、大型の機械や自動システム化された機械⁵⁾は、均質な打継面処理が可能であるが、機械本体や設備の設置できる箇所が限られるため、これらの機械は適用可能な構造物が限定される。

3. 不飽和ポリエステルを主成分とした凝結遅延剤

本研究でとりあげた凝結遅延シートは、ジアシッドとジオールを出発物質として縮合重合により合成された不飽和ポリエステルを主剤とした凝結遅延剤を、ポリエチレンテレフタレートフィルムに塗布、さらに添加した反応性モノマーとの架橋反応により硬化定着させたものである。主成分である不飽和ポリエ

ステル硬化物の化学構造を図-1 に、R シートと従来の凝結遅延剤による打継面処理における比較を表-2 に示す。

表-2にみられるようにRシートは、遅延効果を有する化学成分が流出することが少なく、従来凝結遅延剤の使用と比べ、工程管理、ひいては品質管理が容易であることが予想される。

Rシートのコンクリート凝結遅延効果の発現機構は、アルカリ性であるフレッシュコンクリートによりポリエステル主鎖が加水分解を受け、その結果遊離するカルボン酸がコンクリートの凝結反応に重要な役割を担うカルシウムイオンと反応、塩を生成すると想定される(図-2)。

コンクリートの表面処理において、配合された骨材の大きさや目的によって、求められる遅延効果が発現する深度(遅延深度)は異なる。そこで、出発物質であるジオール成分あるいは反応性モノマーの分子構造の工夫により加水分解反応の速度を制御し、これにより凝結遅延効果、特に遅延深度を制御することを試みた。

4. 不飽和ポリエステル系凝結遅延剤の遅延速度制御に関する実験

(1) 実験概要

a) ポリエステル系凝結遅延シートの作製

Rシートは、不飽和ポリエステルと反応性モノマーを

表-3 合成した不飽和ポリエステルとその出発原料構成

項目\Sample No.		A	B	C
構成 /モル比	ジアシッド 無水マレイン酸	6	10	10
	無水コハク酸	4	0	0
ジオール	プロピレングリコール	10	0	10
	ポリエチレングリコール (数平均分子量 Mn=400)	0	10	0
分子量	重量平均分子量 Mw	1000	2000	2000
	分子量分布 Mw/Mn	2.8	2.6	2.4

*) Mn : 数平均分子量

表-4 実験に用いた R シート組成一覧(質量比)

組成物\No.		A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	B-1	C-1
不飽和 ポリエステル	A	100	100	100	100	100	-	-
	B	-	-	-	-	-	100	-
	C	-	-	-	-	-	-	100
反応性 モノマー	SM*1)	100	70	50	30	0	10	10
	HEMA*2)	0	30	50	70	100	90	90
硬化方法 (UV:紫外線, H:熱)		UV	UV	UV	UV	UV	H	H

*1) SM : スチレンモノマー *2) HEMA : メタクリル酸 2-ヒドロキシエチル

混合し、さらに過酸化物や紫外線架橋剤等のラジカル発生剤を添加したものをポリエチレンテレフタレート (PET) フィルムに塗付し、熱や紫外線照射により硬化、固着させるという形で作製した (図-3)。

ここで、図-2 に示した化学反応に直接関係するのは不飽和ポリエステルであり、特に出発物質のジオールの化学構造は硬化物全体の親水性に、ひいては加水分解速度に大きく影響を与える^{6), 7), 8)}。反応性モノマーは PET フィルムへの硬化固着の役割と、やはり硬化物全体の親水性に、ひいては加水分解速度に影響を与える^{6), 7), 8)}。過酸化物あるいは紫外線架橋剤は、それぞれ熱または紫外線によりラジカルを発生しそれが硬化反応の引き金となる。

不飽和ポリエステルのキャラクタリゼーションとして、分子量をテトラヒドロフラン (THF) を溶離液としたゲルパーミエーションクロマトグラフィー (GPC) によりポリスチレンを標準物質として決定した。また、ジアシッドとして無水マレイン酸と無水コハク酸の混合物を用いた場合の不飽和ポリエステル中のマレイン酸セグメントとコハク酸セグメントの比率はプロトン核磁気共鳴吸収 (¹H-NMR) により決

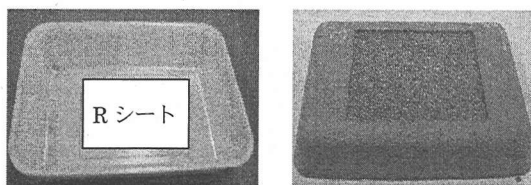


図-4(a) 打設前

図-4(b) 洗出された供試体

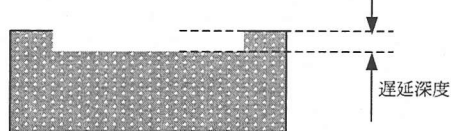


図-4(c) 洗い出された供試体と遅延深度

表-5 遅延深度評価用モルタルの配合

材 料	詳 細	質量比
セメント	普通ポルトランドセメント:JIS A 5210 規格品	1
細骨材	川砂 最大寸法 5.0mm	2
水	蒸留水:密度 1.00g/cm ³	0.4
混和剤	AE 減水剤:密度 1.04g/cm ³ ヒドロキシ系複合体と天然樹脂酸塩	0.01

定した。

合成した不飽和ポリエステルの内容を表-3 に、それらを基に作製した R シートの構成を表-4 に示す。なお、PET フィルムはいずれも厚さ 38 μm のものを用い、塗付は No.40 のバーコーターを使用した。硬化後得られた R シートの厚みはいずれも約 78 μm (すなわち固着した遅延剤の厚みはいずれも約 40 μm) であった。

b) 加水分解速度の測定方法

a) で示した各種 R シートを 70×100mm に裁断し、内 1 枚を 0.02mol/l の NaOH aq 標準液 (20℃で pH は 12.5 程度) 100ml 中に入れ、マグネチックスターラーにより約 20rpm で攪拌しながら連続的に pH を測定し、この pH の変化を加水分解反応の進行として評価した。

ここでセメント水和過程で発生する Ca(OH)₂ を用いず NaOH を用いたのは、Ca(OH)₂ が水に難溶性であり、安定した標準液の調整が困難であったためである。NaOH は水に易溶でありかつ水溶液中の解離定数をほぼ 1 とみなすことが可能であり、反応の追跡に用いるのに好適と判断した。よって両者の実験結果を等価に論じることができないが、加水分解の進行および進行速度の指標として NaOH aq による実験結果を用いることには特に問題は生じないと考えた。

浴温は系内に設置された熱電対を基に外部温調装置により所定の温度に管理した。加水分解反応は発熱を伴うため、実際には所定温度 ±3℃ 程度の領域での

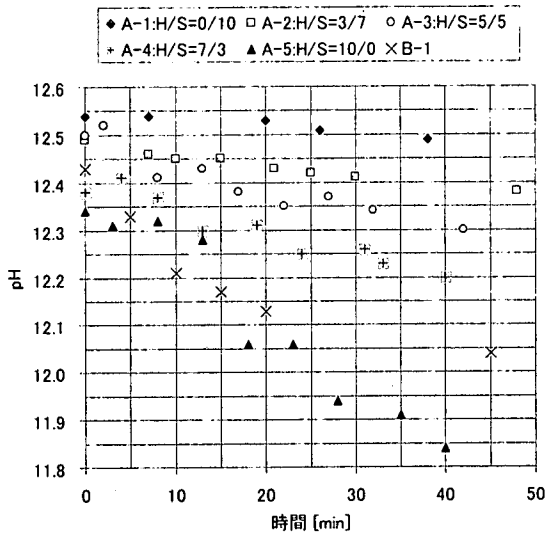


図-5 ポリエステルの分子構造と加水分解

表-6 分子構造と加水分解(pHの変化)の一次近似

Sample No.	一次近似式 ^{*)} [pH]=a·t+b		相関係数 R ²
	a	b	
A-1	-0.0014	12.547	0.899
A-2	-0.0022	12.479	0.966
A-3	-0.0049	12.488	0.871
A-4	-0.0050	12.397	0.913
A-5	-0.0137	12.373	0.938
B-1 (0~45min)	-0.0079	12.343	0.799
B-1 (0~20min)	-0.0152	12.406	0.945

*1) t は時間で単位は分.

実験となった.

c) コンクリートの凝結を遅延する効果の評価

調製したサンプルが、コンクリートの凝結を遅延する効果の評価は、以下の方法で洗い出された深さ(以下、遅延深度と称す)により行った。70×100mm 角のRシートを、底面95mm×160mm、開口部125mm×195mmの発泡スチロール製トレイの底面に、不飽和ポリエステルが硬化付着した面が上を向く形に両面テープを用いて固定(図-4(a))し、上からモルタルを流し込みバイブレータをかけた後一昼夜室内で養生、脱型後すぐに水道水を用いて未凝結部を洗い流し、得られた供試体(図-4(b))の未凝結部の深さをレーザー変位計(キーエンス社製LB080)を用いて測定した。遅延深度(mm)は、測定点10点の平均値とした(図-4(c))。

また、評価に当たって用いたモルタルの配合を表-5に示した。

(2) 実験結果および考察

a) 分子構造と加水分解速度、遅延深度との関係

A-1~A-5 および B-1 の、0.02mol/l の NaOHaq 標準液における 25℃中での pH の変化を図-5 に、pH の時間に対する変化率の一次近似の結果を表-6 に示す。

この加水分解反応は、固体であるポリエステルと液体である NaOHaq との間の反応であり、不均一系の反応である。不均一系の反応の中でも固体表面における反応は、通常次の連続的な素段階に分けて考えることができる。

- ①反応物の表面への拡散
- ②反応物の表面における吸着
- ③表面における化学反応
- ④生成物の表面からの脱離
- ⑤生成物の表面からの拡散退去

これらのうち、ポリエステルを完全に NaOHaq 中に漬け込む本系では①、②、④、⑤は無視できるため、③表面による化学反応、が律速段階であると考えられる。③表面による化学反応は即ちポリエステルとアルカリによる加水分解反応であり、これは NaOH 濃度の変化にのみ依存して進行してゆき、逆反応はなく平衡状態も存在しない。よってこの分解反応は一次反応(first-order reaction)として近似できるものと予想される⁹⁾。

一次反応(first-order reaction)は一般的に A→B という形に表現され、その速度式は $-dA/dt=k \cdot A$ (t は時間、k は反応速度定数)である。t=0 において $A=A_0$ とすると、この初期条件のもとでの積分式は、 $\ln(A/A_0)=k \cdot t$ となる。即ち $\ln A$ と時間は比例関係であり、その傾き k は反応速度を意味する¹⁰⁾。

A-1~A-5 において、pH の変化は時間に対して一次近似式によりよく近似されている(表-6)。pH は $-\log[H^+]$ であり、 $[H^+]$ は加水分解反応を直接反映していることから、この加水分解反応はアルカリの濃度に対して一次反応であるといえることができる。このことから以降、pH の時間に対する変化を一次近似した際の傾きの絶対値を、加水分解反応速度の指標として H.I. とすることにした。

B-1 は、0~45min 間において行った直線近似の相関係数が低い値に留まっている(表-6 中、B-1 (0~45min) の項参照)。20min 付近に変曲点があるように思われるが、B-1 のこうした現象は、ジオールとしてポリエチレングリコールを用いることで、主鎖にエチレングリコールユニットが導入されたポリエステルにおいて、その加水分解が多段階反応であることを示唆するものと思われる。これは加水分解によって生成するエチレングリコールが加水分解反応に触媒的に働くことも一因しているものと考えられる¹¹⁾。

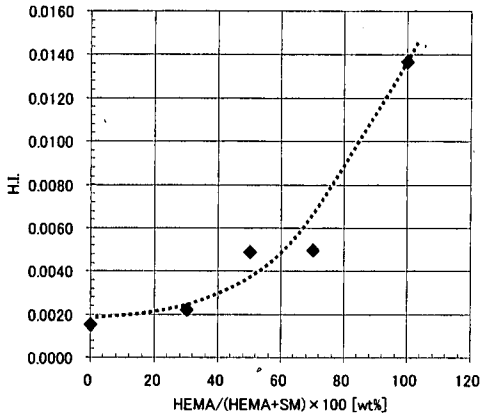


図-6 HEMAとSMの比率とH.I.

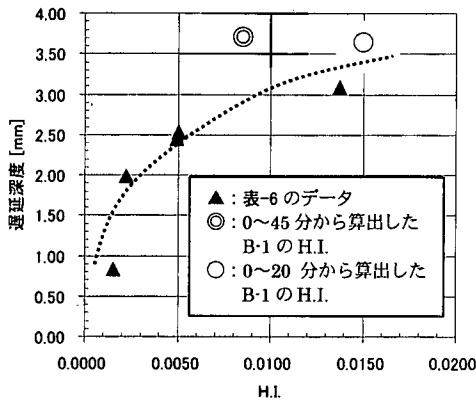


図-7 H.I.と遅延深度の関係

A-1~A-5を比較してみると、親水性のHEMAの組成比率が大きくなるに従ってpHの変化量すなわち加水分解速度が大きくなっている(図-6)。B-1は主鎖のエチレングリコール鎖の親水性が加水分解速度に寄与しているものと考えられる。

A-1~A-5及びB-1のH.I.と遅延深度の関係について図-7にまとめた。明らかにH.I.と遅延深度の間に相関がみられ、図-2で示した凝結遅延機構を強く支持するものと考えられる。両者の相関の物理的な意味については更に実験、検討の余地があるが、試みに指数関数により近似させると、Dを遅延深度(mm)として、

$$D = 0.91 \cdot \ln([H.I.]) + 7.18 \quad (1)$$

が、相関係数 $R^2 = 0.875$ で得られる。

また、初期20分において得られたB-1のH.I.(表-6中、B-1(0~20min)の項参照;図-7中○で表示)がA-1~A-5を結ぶ曲線上にのる一方で、45分までのデータにより得られたB-1のH.I.(表-6中、B-1(0~45min)の項参照;図-7中◎で表示)がそうした曲線から外れていることから、加水分解反応とそれに伴うカルシウムイオンをトラップする反応は、フレッシュコンクリートと接触後初期(NaOHaqによる上記

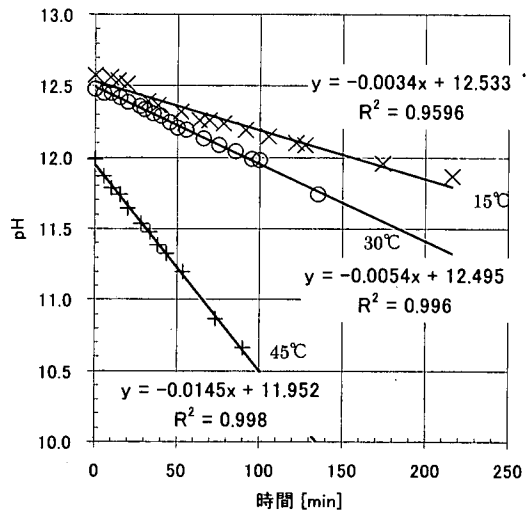


図-8 C-1における加水分解速度への養生温度の影響

表-7 高いpH領域でのpHの温度依存性¹⁴⁾

温度\°C	0	10	20	30	40	50
NaOHaq*1)	13.8	13.4	13.1	12.7	12.4	12.0
Ca(OH) ₂ aq*2)	13.4	13.0	12.6	12.3	12.0	11.7

*1)0.1mol/l 水酸化ナトリウム溶液。

*2)25°Cで水酸化カルシウムを飽和させた溶液。

モデル反応において言えば初期10~20分までに起こるものが主に遅延深度に関わる可能性が示唆される。

以上の結果から、ポリエステルの主鎖あるいは側鎖に親水性セグメントを導入することで、ポリエステルの加水分解速度を制御できること、それにより凝結遅延深度を制御できることがわかった。

また、上述したような化学反応機構の他に、コンクリートが凝結する際にその内部が負圧になることはよく知られているが^{12),13)}、加水分解したポリエステルがこの負圧によりコンクリート側に引かれることで、洗い出し可能な凹面が形成される可能性もある。この機構でもやはり加水分解によるポリエステルの低分子量化が速いほど凹面が深くなることに矛盾しない。むしろ図-4(b)において認められるように境界面が極めてシャープな凹面が形成できる点などは、この機構の方が説明し易い。よって実際の遅延機構には、化学反応と物理的な拡散吸引現象の両方が関与しているものと思われる。

b) 養生温度条件に対する遅延効果

C-1をサンプルとして用い、加水分解速度ならびに凝結遅延性能への温度による影響について考察した。まず、養生温度が及ぼす加水分解速度の影響について図-8に示す。なお、アルカリ性の水溶液はその温度が低くなるほどアルカリ性が高くなる傾向があり(表-7)、0.02mol/l NaOHaqの場合、15°CでpHが13を超えて

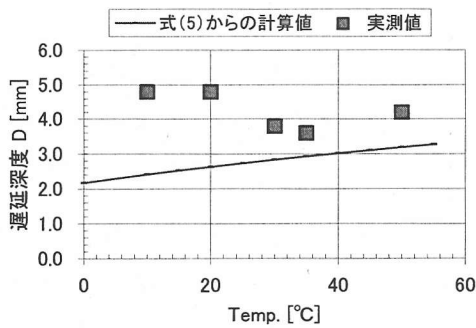


図-9 式 (5) 計算値と実験値の比較

しまい、アルカリ性が強くなりすぎて基材として用いた PET への影響が懸念されることから、15℃の場合に限り、0.01mol/l NaOHaq を用いて実験を行った。

この結果から、実験開始段階での pH 値が異なるものの高温になるほど加水分解速度が速くなることからわかる。

ここでこれらポリエステル加水分解速度の温度依存性を Arrhenius 型の式 (2) で近似できると仮定して^{9), 10), 11)}、上記実験結果から各定数を求めると式 (3) のようになる。

$$[H.I.] = A_0 \cdot \exp(-E_a/(R \cdot T)) \quad (2)$$

A_0 は開始時の pH, E_a は定数, $R=8.314 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$, T は絶対温度 [K]

$$[H.I.] = A_0 \cdot \exp(-2212/T) \quad (3)$$

式 (3) を式 (1) に代入すると、

$$D = 0.91 \cdot \ln([H.I.]) + 7.18 \\ = 0.91 \cdot \ln A_0 - 2013/T + 7.18 \quad (4)$$

ここで表-7 より、NaOHaq の pH は 0℃~50℃ の範囲で温度に対してほぼ比例することから、0.02mol/l の NaOHaq の pH を、 $A = -0.0354 \cdot T + 23.23$ (但し T は絶対温度) とすると、式 (4) はさらに、

$$D = 0.91 \cdot \ln(-0.0354 \cdot T + 23.23) - 2013/T + 7.18 \quad (5)$$

と表すことができる。

式 (4) で算出される遅延深度 D と実際の実験結果を図-9 にプロットして示す。実際の実験では、養生条件として屋外放置 24 時間で、養生温度は実験開始時から一時間までのモルタルそのものの温度を 20 分間隔で測定し、平均したものをを用いた。

図-9 の結果によると、式 (5) から正確な遅延深度の予測は困難であることがわかる。特に低温側での実際の遅延深度と計算値の差は大きい。これは、式

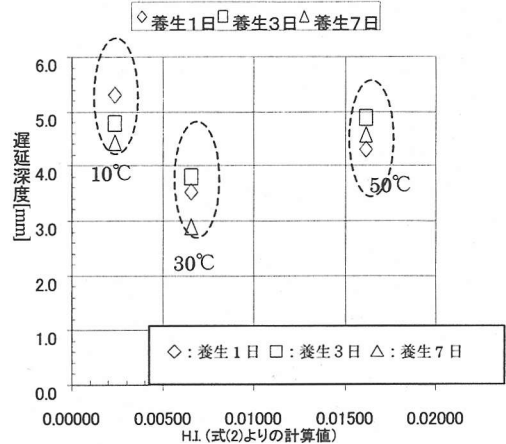


図-10 異なる養生温度、時間における H.I. と遅延深度

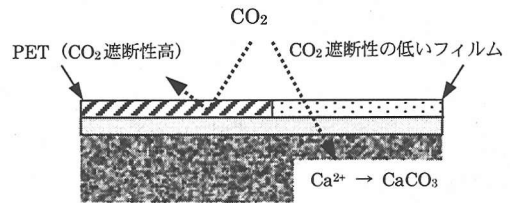


図-11 空気中の CO₂ とコンクリートの反応

(5) にはモルタルの凝結速度の温度依存性について何ら考慮されていないことが大きな理由と考えられる。今後モルタルの凝結速度を考慮に入れた検討が必要である。しかし、従来の凝結遅延剤では一般的に養生温度が高くなるに従い遅延効果は低下するが、このポリエステル系凝結遅延剤では必ずしもそういう傾向にはなっておらず、養生温度が 50℃ の条件においても 4mm を超える遅延効果が得られている。これは養生温度の増大とともに速くなるコンクリートの凝結速度に、やはり温度の増大とともに速くなるポリエステルの加水分解速度が追隨する形となるためと考えられる。従来の凝結遅延剤にはみられない、実用上極めて興味深い特徴であると言える。

養生条件として、湿度 75%、温度を、10℃、30℃、50℃ にそれぞれ設定した恒温恒湿槽中で行い、養生時間を 1 日、3 日、7 日とした実験結果を図-10 に示す。

図-10 の結果によると、ポリエステル系凝結遅延剤は遅延効果の養生時間依存性は小さく、従来遅延剤ではほとんど遅延効果が失効する一週間を経過してもなお養生一日後のものと大差ない効果を発現することがわかる。

これは、ひとつにはこのポリエステル系凝結遅延剤が塗付された PET フィルムが空気中の炭酸ガスのコンクリート表面への移行を阻害し炭酸カルシウムの発生を防ぐこと (図-11) が要因であると考えられる。

表-8 使用材料

材料	記号	物理的性質
セメント	C	普通ポルトランドセメント：JIS A 5210 規格品 密度 3.16 g/cm ³ 、比表面積 332m ² /kg
細骨材	S	熊谷・佐原産陸砂：表乾密度 2.61 g/cm ³ 吸水率 1.76%、粗粒率 6.80
粗骨材	G	熊谷産陸砂利・名栗産碎石：表乾密度 2.66 g/cm ³ 最大寸法 25mm、吸水率 0.92%、粗粒率 6.80
混和剤	A	A E減水剤：密度 1.04 g/cm ³ ヒドロキシ系複合体と天然樹脂酸塩
水	W	地下水：密度 1.00 g/cm ³

表-9 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤 (C×%)
		W	C	S	G	
50.9	42.4	164	322	762	1060	1.00

また、ポリエステル系凝結遅延剤が加水分解することによって生成するカルボン酸が主としてキレート構造であることから、カルシウムイオンと極めて強力に反応し再凝固を防ぐことも要因として挙げられる。これはポリエステル系凝結遅延剤により凝結が遅延されて粉状になったものを回収し、これに水を加えて十分な時間養生を行っても極めて脆いものにならないことから検証される。なお、この凝結遅延部の粉が打継ぎ処理面に残り強度低下を招くなどの実工程上の問題はほとんど起こらない。

5. ポリエステル系凝結遅延成分がコンクリート硬化体の強度発現に及ぼす影響

Rシートを使うことによるコンクリート硬化体の強度発現に及ぼす影響について検討を行った。実験にはレディミクストコンクリートを使用した。表-8 に使用したコンクリートの材料の詳細を、表-9 にコンクリートの配合について示した。

評価は W100×H100×L400mm の供試体を用いた。供試体①は A-2 を用いた Rシート を用い、所定の材齢で脱型後、噴射圧 2.0 N/mm² の圧力水を用いて目荒らしを行った。供試体②は厚さ 2mm の合板を使用し、供試体①と同様の深さの凹部をつけた。これら供試体①、②を JIS A1106 に準拠した曲げ試験により評価した (図-12)。

各材齢における供試体①および②の曲げ強度を図-13 に示す。Rシートを用いて表面処理した供試体①と、その処理深さと同等の凹部を設けた供試体②の曲げ強度は、7日、14日、28日のそれぞれの材齢すべてにおいてほぼ同等であった。従って、このシートの

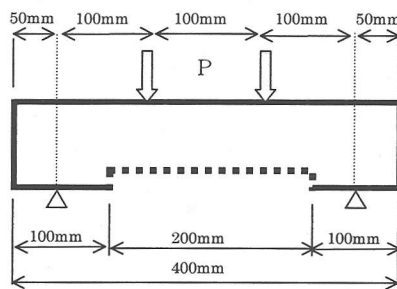


図-12 曲げ試験

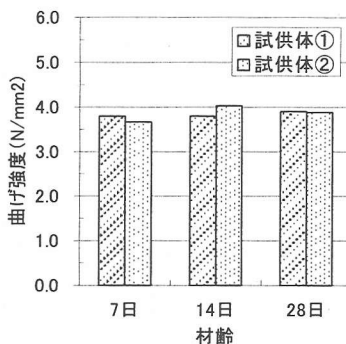


図-13 各材齢における曲げ強度の比較

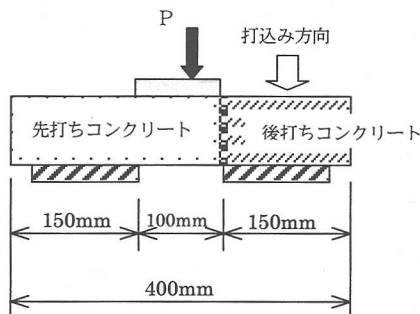


図-14 二面せん断試験

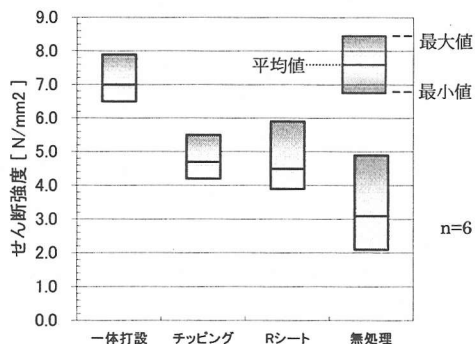


図-15 材齢 28 日における各種打継ぎ方法とせん断強度

凝結遅延成分は、打継ぎ目処理された以外の箇所にも強度低下を及ぼすような悪影響はないものと考えられる。

次に各種打継面処理方法とそのせん断強度について比較検討を行った。比較した処理方法は、①打継ぎなし、②チップ処理、③A-4を用いたRシート、④無処理、の4方法で、③の場合の表面洗い出し処理には、噴射圧 2.0 N/mm² の圧力水を用いた。いずれも材齢 7 日で処理を行い後打ちのコンクリートを打設、強度評価は材齢 28 日で行った。尚、せん断強度の評価は W100×H100×L400mm の供試体を用い、二面せん断試験により行った(図-14)。実験結果を図-15 に示す。一体打設の供試体のせん断強度を 100 とすると、チップ処理した供試体は約 67%、Rシートを用いた供試体は約 62%であった。Rシートを用いた場合、強度のばらつきがチップ処理のものよりも大きかったが、本実験ではスケールが小さかったため精度の高いチップ作業が可能だったためと考えられる。実際の構造物では、今回と同等の精度の高い施工を行うことは困難と考えられ、強度のばらつきは本実験よりもかなり大きくなる事が推察される。従って、この約 5%程度の強度比の差は有意差とは言えず、ポリエステル系凝結遅延シートを用いることで、チップ処理とほぼ同等のせん断強度が得られ、実施工に適用できる可能性があると考えられる。

6. まとめ

本研究の結果得られた知見を下記に示す。

- (1) ポリエステル系凝結遅延シートの加水分解速度の制御により遅延深度の制御が可能である。本検討においてはポリエステル構成成分に親水性の構造を導入することにより加水分解速度を高め、遅延深度を深くすることができることを実証した。また遅延結果から判断すると、遅延性能発現機構は化学反応の他にコンクリート凝結時の内部負圧化による物理的な拡散吸引現象が考えられる。
- (2) 異なる養生条件において、ポリエステル系凝結遅延シートによる凝結遅延深度を定量的に予測するためには、ポリエステルの加水分解速度だけでなくモルタルの凝結速度も考慮に入れる必要がある。
- (3) ポリエステル系凝結遅延シートの凝結遅延能は、コンクリートの養生温度、養生時間等の養生条件に対する依存性が小さい。
- (4) ポリエステル系凝結遅延シートの凝結遅延成分は、曲げ試験結果から判断すると、打継面処理された箇所以外への影響は小さいものと思われる。
- (5) 二面せん断試験において、ポリエステル系凝結遅延シートを用いた打継面処理は、チップ処理とほぼ同等のせん断強度があった。

参考文献

- 1) 玉田信二, 青木茂, 十河茂幸: 逆巻コンクリート打継面に凝結遅延剤含浸紙を用いた目荒らし工法に関する基礎研究, 土木学会第 43 回年次学術講演会概要集, V, pp.482-483, 1988. 9.
- 2) 迫田恵三, 足立一郎: ウォータージェットを用いた新旧コンクリートの打継ぎに関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 17, No.1, pp.1261-1266, 1995.
- 3) 与田昭男, 二町宣洋, 阪田盛次: 転炉スラグによるコンクリートの目荒らしに関する一実験, 土木学会第 43 回年次学術講演会概要集, V, pp.486-487, 1988. 9.
- 4) 足立一郎, 小林一輔: ショットブラストを利用した新旧コンクリートの打継ぎ工法に関する研究, 土木学会論文集, 第 373 号/VI-5, 1986. 9.
- 5) 友石研二, 登坂知平, 木島利行, 岡井賢一: 大規模橋梁補修工事におけるウォータージェット工法の選定, 土木学会第 50 回年次学術講演会概要集, VI, pp.404-405, 1995. 9.
- 6) Belan, F., Bellenger, V., Mortaigne, B., Verdu, J., and Yang, Y. S. : Hydrolytic stability of unsaturated polymer prepolymers, *Composites Science and Technology*, No.56, pp.733-737, 1996.
- 7) Belan, F., Bellenger, V., and Mortaigne, B. : Hydrolytic stability of unsaturated polymer networks with controlled chain ends, *Polymer Degradation and Stability*, No.56, pp.93-103, 1997.
- 8) Belan, F., Bellenger, V., Mortaigne, B., and Verdu, V. : Relationship between the structure and hydrolysis rate of unsaturated polyester prepolymers, *Polymer Degradation and Stability*, No.56, pp.301-309, 1997.
- 9) Launay, A., ThomINETTE, F., and Verdu, J. : Hydrolysis of poly(ethylene terephthalate): a kinetic study, *Polymer Degradation and Stability*, No.46, pp. 319-324, 1994.
- 10) 笛野高之: 朝倉化学講座 13 化学反応論, 朝倉出版, 1975.
- 11) 岡川逸郎, 野口正司: ポリエステルのアルカリ加水分解反応の解析, 京都府織物指導所研究報告, No.22, pp.19-25, 1988.
- 12) (社) 日本コンクリート工学協会: 自己収縮研究委員会報告書, pp. 43-45, 1996 年 11 月.
- 13) 田澤栄一, 宮澤伸吾, 重川幸治, 三宅啓文: 水中養生中に生じるセメントペーストの自己収縮, 第 43 回土木学会中四国支部研究発表会講演概要集, pp.570-571, 1991.
- 14) 日本化学会編: 改訂 3 版化学便覧 基礎編 II, p.357, 1984.

THE STUDY OF POLYESTER TYPE CONCRETE RETARDER;
THE CONTROLL OF RETARDING RATE AND THE TREATMENT PROPERTIES
OF VERTICAL CONSTRUCTION JOINT

Mitsuteru MUTSUDA, Hiroaki ARITA, Yoshiyuki IKEMOTO, Tohru IKUTA,
Takayoshi HIRATA and Shigeyuki SOGO

The polyester type concrete retarder (coated on polyethyleneterephthalate film) shows some good retarding effects ; the effects are stable and last for a long time, a high waterproof against rain and sprinkling. In this study, we examine the relation between the chemical structure of the polyester and the retarding effects, and we find that the retarding effects can be controlled by the chemical structure concerning with the hydrolysis rate of the polyester. We also examine the treatment properties of vertical construction joint with polyester type retarder, and it shows that the treatment with polyester has almost the same effect as the conventional method, such as tipping.