

## [6] 凝結遅延性コンクリートを用いた打継工法

正会員 竹下治之(日本国土開発技術研究所)  
 正会員 ○浅沼 潔(日本国土開発技術研究所)  
 正会員 岡田隆幸(日本国土開発技術研究所)  
 横田季彦(日本国土開発技術研究所)

### 1. まえがき

コンクリート構造物においては、打継目は構造上の欠陥になりやすいが、構造物の形状、作業工程、コンクリート供給体制などの点から、打継目の施工は避けられない場合が多い。このような打継目の施工にあたっては、一般に、打継面を粗にし、水洗浄するか、あるいはセメントペーストまたはモルタルを敷いて、新旧コンクリートを一体化する方法が採られている。しかし、このような方法は非常に時間及び労力がかかると共に、鉄筋量の多いコンクリート構造物では事実上不可能に近く、しかもその施工の信頼性は不十分であり、強度上のみならず水密性、気密性及び耐久性の点でも問題となりやすい。

本研究は、このような現状から、比較的長時間経て新旧コンクリートの水平打継ぎを行う場合、新コンクリート打設時に打継面の特別な処理をすることなく、構造の完全な一体化を図る打継工法について検討したものである。即ち、本工法は、旧コンクリートの打継部分に、新コンクリート打設時に再振動によって流動化が可能となるような凝結遅延性コンクリートを5~20cm程度打設しておき、新コンクリート打設時にコンクリート振動機により凝結遅延性コンクリートと新コンクリートを同時に締め固め、構造の一体化を図る方法であり、本論文では、この凝結遅延剤を添加したコンクリートの凝結特性及び打継強度試験結果について述べる。

### 2. 試験概要

表-1 配合表

#### 2.1 使用材料及び配合

使用材料は、セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は鹿島産の川砂利(最大寸法25mm,比重2.59,FM6.54)と川砂(比重2.60,FM2.67)である。混和剤は、凝結遅延剤としてT(オキシカルボン酸塩)とR(ポリオール複合体)、AE減水剤としてS(Tと同系列)とN(リグニンスルホン酸塩とポリオール複合体)を使用した。使用したコンクリートの配合を表-1に示す。

配 合	スランブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C	骨材率 S/A	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )					混 和 剤	
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	AE 減水剤	凝結 遅延剤	
Tシリーズ	8±1	4±1	4.9.4	4.0.3	14.6	29.6	7.5.7	11.1.4	0.5.9.2	0~1.1.8.4	
Rシリーズ	8±1	4±1	4.9.4	4.0.3	14.6	29.6	7.5.7	11.1.4	0.9.2.5	0~1.2.5.2	

凝結特性試験では、TとSの組合せ(Tシリーズ)及びRとNの組合せ(Rシリーズ)について、それぞれの凝結遅延剤の添加量を表-2に示す4種類に変化させて検討した。打継強度試験では、この凝結特性試験の結果から、Tシリーズの配合を選定し、その凝結遅延剤の添加量は、施工及び生コンクリートの供給体制を考慮して、15~16時間の打継時間間隔を目標として、0.3%(C×wt%)とした。

表-2 凝結遅延剤添加量

Tシリーズ		Rシリーズ	
試験番号	添加量 (C×wt%)	試験番号	添加量 (C×wt%)
T0	0	R0	0
T1	0.2	R1	0.3
T2	0.3	R2	0.3.6
T3	0.4	R3	0.4.2

#### 2.2 練りませ方法

練りませは、100ℓ強制練りミキサを使用し、材料投入後2分間練りませ、実施工に対応させるために8分間静置した後、凝結遅延剤を添加し、さらに1分間練りませた。

#### 2.3 試験方法

凝結特性試験では、コンクリートの練り温度、凝結遅延剤添加前後のスランブ及び空気量を測定した後、所定の材合における圧縮強度試験及びプロクター貫入抵抗試験を、それぞれJISA1108及びASTM C403-77に準じて行った。圧縮強度試験には10φ×20cmの円柱供試体を、プロクター貫入抵抗試験には15φ×15cmの円柱供試体を用いた。

また同時に、圧縮強度試験後のコンクリート（圧縮強度 約 $19f_{cm}$ 以下）を $15\phi \times 30$  cmの円柱型枠に投入し、バイブレータで再振動を行った直後に脱型してコンクリートの充填の程度を目視し、圧縮強度と打継限界の関係について検討した。

打継強度試験では、打継強度と打継時の凝結遅延性コンクリートの圧縮強度との関連を検討するAシリーズ、打継強度と凝結遅延性コンクリートの層厚及び実施工との関連を検討するBシリーズ、及び従来の打継工法との比較検討をするCシリーズの3シリーズの試験を行った。

供試体作成は、それぞれ図-1に示すように、 $15 \times 15 \times 53$  cmの角柱型枠を縦形に使用し、以下に示すように行った。即ち、Aシリーズでは、図-1(a)に示すように、まず型枠の $\frac{1}{2}$ の高さまで凝結遅延性コンクリートを打設し、これが表-3(a)に示す目標圧縮強度にほぼ達した時に、新コンクリートを約10cm打設し、凝結遅延性コンクリート層に約5cmバイブレータを挿入して、新旧コンクリートを約20秒間締め固めた。その後、所定の高さまで新コンクリートを打設し締め固めた。Bシリーズでは、図-1(b)に示すように、まず通常コンクリートを打設し締め固めた後、凝結遅延性コンクリートを表-3(b)に示す高さまで打設し、通常コンクリート層に約5cmバイブレータを挿入して、締め固めた。その後、この凝結遅延性コンクリートが表-3(b)に示す目標圧縮強度にほぼ達した時にシリーズAと同様に上部を2層に分けて通常コンクリートを打設した。Cシリーズでは、図-1(c)に示すように、まず型枠の $\frac{1}{2}$ の高さまで通常コンクリートを打設した後、24時間後に表-1(c)に示す打継面処理を行い、その上部に通常コンクリートを打設した。

各供試体は、温度 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度85% RHの恒温恒湿室にて材令28日まで養生を行った。打継強度試験は、それぞれ図-2(a)、(b)及び(c)に示すような荷重状態で、材令28日でJIS A1106に準じて、曲げ強度試験を行った。なお、打継強度試験結果は、それぞれ3本の供試体の平均値である。

### 3. 試験結果及び考察

#### 3.1 凝結特性試験

表-4にフレッシュコンクリートの測定結果を示す。表から、凝結遅延剤の減水効果によって、添加量の増加に伴いスランプは幾分増大する傾向にあるが、空気量の増減はほとんどないと考えられる。

図-3にTシリーズ及びRシリーズの圧縮強度の経時変化を、図-4に同試験におけるブロック-貫入抵抗値の経時変化を示す。図-3から分かるように、Rシリーズでは、初期強

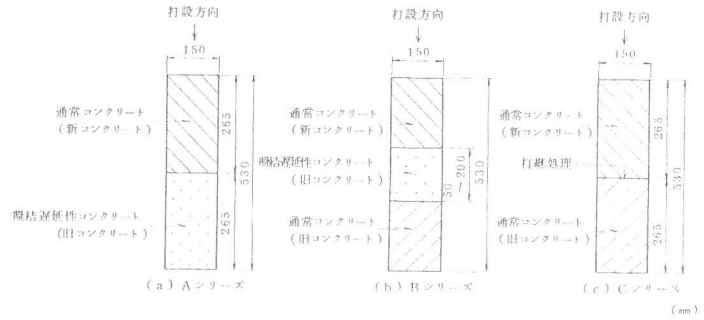


図-1 打継強度試験用供試体

表-3 打継強度試験用供試体

(a) Aシリーズ		(b) Bシリーズ		(c) Cシリーズ	
供試体番号	打継時の凝結遅延性コンクリートの目標圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	供試体番号	打継時の凝結遅延性コンクリートの目標圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	凝結遅延性コンクリート層厚 (cm)	打継面処理方法
A0	(基準)	B0	(基準)	-	(基準)
A1	0.5	B1	0.5	8	水消剤で洗浄
A2	0.75	B2	0.5	1.0	同1+同コンクリート+散布
A3	1.0	B3	0.5	1.5	同1+同コンクリート+散布
A4	2.0	B4	0.5	2.0	同1+同コンクリート+散布
A5	4.0	B5	1.0	1.5	同1+同コンクリート+散布
		B6	3.0	1.5	同1+同コンクリート+散布
		B7	5.0	1.5	同1+同コンクリート+散布

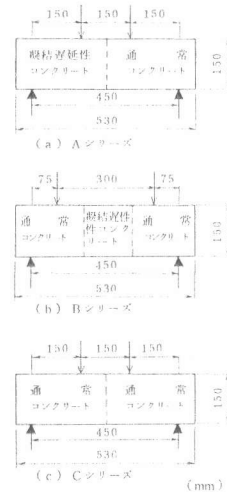


図-2 打継強度試験方法

表-4 フレッシュコンクリートの測定結果

試験番号	練上り温度 (°C)	スランプ (cm)		空気量 (%)	
		添加前	添加後	添加前	添加後
T0	22.0	8.0	-	4.2	-
T1	21.5	8.5	11.0	4.1	4.3
T2	22.0	9.0	11.5	4.5	4.5
T3	22.0	8.0	12.0	4.6	4.6
R0	21.5	8.5	-	3.9	-
R1	21.0	8.5	10.5	4.1	3.0
R2	22.0	9.0	12.5	4.1	4.0
R3	21.5	8.5	13.0	3.9	4.0

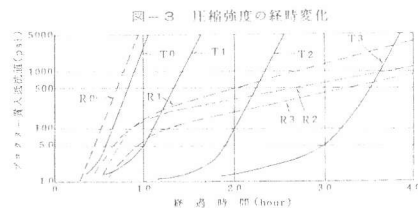
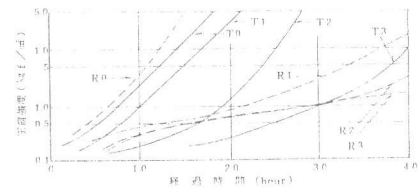


図-4 ブロック-貫入抵抗値の経時変化

度発現に対し、凝結遅延剤の添加量の影響はあまり顕著ではないが、Tシリーズに比べ強度発現が著しく長時間抑制される傾向がある。一方、Tシリーズでは、初期強度発現に対してはその添加量の影響は比較的大きいが、約 $0.5 \text{ kgf/cm}^2$ の強度発現後は凝結遅延剤を添加しない通常コンクリートとほぼ同等の強度発現傾向を示す。凝結遅延剤の相違によるこのような強度発現傾向は、図-4のブロッカー貫入抵抗試験結果を見れば、より顕著となっていることが分かる。表-5に凝結遅延性コンクリートの再振動時の性状を示す。圧縮強度が約 $0.5 \text{ kgf/cm}^2$ では、再振動によって流動化し、表面にバイブレータの小さな穴が残る程度で、容易に締め固めることができるが、約 $1 \text{ kgf/cm}^2$ 以上になると流動化せず、小さな固まりとなり幾らか巣を生じた。このような結果から、凝結遅延性コンクリートが締め固めにより、新コンクリートと一体化する限界(打継限界)は、実工事の施工性などを考慮して、圧縮強度で約 $0.5 \text{ kgf/cm}^2$ 程度と考えられる。

図-5に凝結遅延性コンクリートのブロッカー貫入抵抗値と圧縮強度の関係を示す。図から、前述した打継限界の圧縮強度 $0.5 \text{ kgf/cm}^2$ に対応する貫入抵抗値は、Tシリーズでは $20 \sim 30 \text{ psi}$  ( $1 \text{ psi} = 0.0703 \text{ kgf/cm}^2$ )、Rシリーズでは $70 \sim 300 \text{ psi}$ となり、同一圧縮強度に対応する貫入抵抗値は、凝結遅延剤の種類によって大きな差を生じることが分かる。このような結果から、凝結遅延性コンクリート(旧コンクリート)の打継時期の管理は、ブロッカー貫入抵抗値よりも圧縮強度で行うのが妥当であると考えられる。

以上のような結果から、次に述べる打継強度試験では、凝結遅延剤として、強度増加傾向が通常コンクリートのそれにより類似しているTを選定し、その添加量はセメント重量の0.3%とした。また打継時期の管理は圧縮強度で行った。

### 3.2 打継強度試験

#### (1) Aシリーズ

表-6にAシリーズの打継強度試験結果を、図-6に打継時の凝結遅延性コンクリート(旧コンクリート)の圧縮強度と打継目のない基準供試体A0に対する打継強度比の関係を示す。同図から、打継時の旧コンクリートの圧縮強度が大きくなるにつれて、打継強度は減少するが、約 $3.7 \text{ kgf/cm}^2$ の圧縮強度においても、基準供試体とほぼ同等の強度を有していることが分かる。また、破断位置は新コンクリートに集中したが、これは、新コンクリート打設時の再振動により、凝結遅延性コンクリートが再圧密され強度が増加したため、と考えられる。このように、打継強度の点からは、凝結遅延性コンクリートの圧縮強度が約 $3.7 \text{ kgf/cm}^2$ 以下で打継を行えば問題ないと考えられる。

#### (2) Bシリーズ

表-7にBシリーズの打継強度試験結果を、図-7に凝結遅延性コンクリートの層厚と打継目のない基準供試体B0に対する打継強度比の関係を示す。これらの図表から分かるように、凝結遅延性コンクリートは、層厚が10cm以下では基準供試体とほぼ同等の強度を有し、15~20cmではそれ以上となっている。これは、層厚がある程度大きくなると、締め固めの振動により、凝結遅延性コンクリートの流動性がよくなり、新コンクリートとの一体化がより促進されるため、と考えられる。図-8に、凝結遅延性コンクリートの層厚を15cmとした場合の打継時の凝結遅延性コンクリートの圧縮強度と打継強度比の関係を示す。図から分かるように、打

表-5 凝結遅延性コンクリートの再振動時の性状

打継強度 ( $\text{kgf/cm}^2$ )	確 固 め 状 況	確認済表面脱型時のコンクリートの表面及び界面の性状
0.5	容易にバイブレーションで流動化可能。バイブレーションの残存可能。	表面にバイブレーションの穴が少し残る。界面は簡単に充填される。
1.0	流動化はほとんど不可。バイブレーションの残存可能。	表面に大きな穴が残る。
2.7	流動化は不可。バイブレーションの残存可能。残存は困難。	界面は硬化し後に充填される。
5.0	固	表面に大きな穴が残る。界面に硬化の層が見られる。

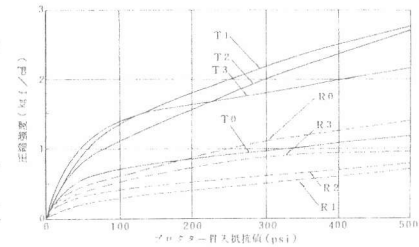


図-5 ブロッカー貫入抵抗値と圧縮強度との関係

表-6 Aシリーズの試験結果

供試体番号	打継時の最終圧縮強度 (kgf/cm²)	打継時の打継強度 (kgf/cm²)	A0に対する打継強度比
A0	(基準)	4.06	1.00
A1	0.43	3.03	1.24
A2	0.75	4.93	1.21
A3	0.91	4.82	1.19
A4	1.94	4.54	1.17
A5	4.0	3.98	0.98

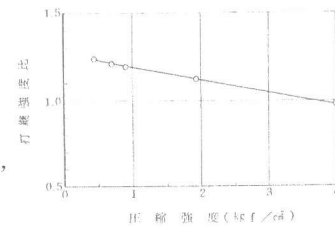


図-6 打継時の凝結遅延性コンクリートの圧縮強度と打継強度比との関係

表-7 Bシリーズの試験結果

供試体番号	打継時の最終圧縮強度 (kgf/cm²)	打継時の層厚 (cm)	打継時の打継強度 (kgf/cm²)	B0に対する打継強度比
B0	(基準)	-	4.30	1.00
B1	0.5	5	4.45	1.01
B2	0.5	10	4.42	1.01
B3	0.5	15	5.72	1.19
B4	0.5	20	5.66	1.16
B5	1.0	15	4.65	1.06
B6	2.7	15	4.06	0.93
B7	5.0	15	3.91	0.89

継時の圧縮強度が約 $2^{kg/cm^2}$ までは、基準供試体の打継強度を上回ったが、圧縮強度がそれ以上になると、打継強度も次第に低下し、 $5^{kg/cm^2}$ では、基準供試体の89%となった。

以上のような結果と実工事の施工性などを考慮し、凝結遅延性コンクリートを用いた打継目

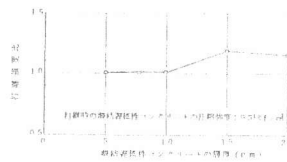


図-7 凝結遅延性コンクリートの層厚と打継強度との関係

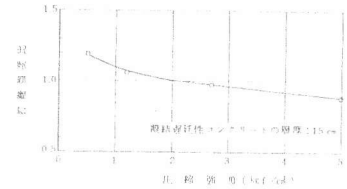


図-8 打継時の凝結遅延性コンクリートの目標強度と打継強度との関係

が構造上問題ない強度を有するのは、凝結遅延性コンクリートの層厚を10~15cmとし、その圧縮強度が約 $0.5^{kg/cm^2}$ 以下の時に新コンクリートを打設するのが好ましいと考えられる。

### (3) Cシリーズ

表-8にCシリーズの打継強度試験結果を示す。表から分かるように、レイタンスを除去せずに打ち継いだC1の場合は、基準供試体の打継強度を大きく下回ったが、凝結遅延剤を散布した後、水で洗浄し打ち継いだC3の場合は、基準供試体とほぼ同等の強度となった。また、凝結遅延剤を散布せず、高圧水で洗浄した後、セメントペーストを塗布したC6の場合でも、基準供試体の94%の強度となった。このように、従来の打継方法によっても、強度上ほとんど問題のない施工ができることが分かったが、打継面処理に要する時間及び労力の点で問題があるように思われる。

表-8 Cシリーズの試験結果

供試体番号	打継面処理状態	打継強度 (kg/cm²)	C0に対する打継強度比
C0	(基準)	3.81	1.00
C1	レイタンス除去せず	1.77	0.36
C2	同上	1.68	0.44
C3	レイタンスは除去せず 洗剤は付いた	3.62	0.95
C4	同上	3.06	0.80
C5	レイタンスの除去は 不完全、洗剤を要する	3.39	0.89
C6	同上	3.58	0.94

以上のような一連の試験結果から、本研究で採り上げた旧コンクリートの上層部に凝結遅延性コンクリートを打設しておき、新コンクリート打設時に振動機により新旧コンクリートの一体化を図る方法は、強度上、水密性、気密性あるいは耐久性などの点からも有効な打継方法と考えられる。

## 4. まとめ

比較的長時間を経て新旧コンクリートの水平打継ぎを行う場合、旧コンクリートの打継部分に凝結遅延性コンクリートを使用して凝結速度を調整し、新コンクリート打設時に、旧コンクリート表面の特別な処理を行うことなく新旧コンクリートを同時に締め固め、構造の一体化を図る打継方法について、その凝結遅延性コンクリートの凝結特性及びこれを用いた打継目の強度に関して実験的検討を行った。その結果、以下のようなことが明らかとなった。

- (1) 凝結遅延剤の種類によって、凝結特性はかなり異なる場合がある。特に、2種類の凝結遅延剤を使用した今回の試験結果では、短期及び長期における強度発現傾向に大きな相違が見られた。
- (2) 凝結遅延剤の種類によって、凝結遅延性コンクリートに対するブロッカー貫入抵抗値と圧縮強度の関係及び同一圧縮強度に対応するブロッカー貫入抵抗値は大きく異なるため、打継時期の管理は圧縮強度による方が好ましいと考えられる。
- (3) 打継時の凝結遅延性コンクリートが新コンクリートと一体化する限界(打継限界)は、圧縮強度で $2 \sim 3.7^{kg/cm^2}$ であったが、実工事の施工性などを考慮して、約 $0.5^{kg/cm^2}$ 程度と考えられる。また、この時期に打ち継いだ供試体の打継強度は、打継目のない基準供試体の約101~119%であった。
- (4) 打継部の凝結遅延性コンクリートの層厚は、ある程度厚い方が、打継強度は大きくなる傾向になるが、実工事での施工性を考慮し、10~15cmが適当であると考えられる。
- (5) 本研究で採り上げた凝結遅延性コンクリートを利用した打継工法は、打継目のない基準供試体に比べても同等以上の打継強度を有し、構造の一体化が可能な有効な打継方法と考えられる。

謝辞 本研究を行うにあたり、日本国土開発(株)近藤時夫氏、同三浦篤氏の協力及び助言を得ました。ここに記して謝意を表します。

参考文献 1)村田二郎他「超遅延性混和剤に関する研究」セメント・コンクリート No.385 1979. 4

2)笠井芳夫「コンクリートの凝結・硬化に関する一考察」セメント技術年報 No.111 1969