

# [38] アルナイト系早強混和剤による型枠早期脱型工法の研究

正会員 ○田中秀男(大成建設技術研究所)

正会員 山本康弘(大成建設技術研究所)

戸祭邦之(大成建設建築技術室)

## 1. まえがき

コンクリートに早強性を付与させることは、土木・建築部門において、施工期間の短縮化、施工能率の向上などを進めるための、有力な基礎的手段の一つである。このため、本格的なセメント早強剤の出現が、以前より要望されていて、各方面で研究が成されているが、未だ、塩化カルシウム( $\text{CaCl}_2$ )系を主体としたものがほとんどであり、コンクリート中の鉄筋の腐食の恐れなどから、近年では、あまり用いられていない現状にある。このため、最近では早強セメントが使用される場合の方が、多くなってきているが、早強セメントの粉末度が微細であることなどで、表面乾燥クラックが生じる場合も時には見受けられ、積極的に使われない状況にある。しかし近年、塩化カルシウム等のコンクリートの品質を損なう原料をまったく含まない、天然鉱物であるアルナイト( $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )を焼成したものと、無水石膏( $\text{CaSO}_4$ )を主成分とした無機系セメント早強剤(以下AG剤と称する)が見出された。<sup>1,2)</sup>本研究は、このAG剤を用いたコンクリートの圧縮強度や物性について練りませ実験を行い、確認、検討するとともに、このAG剤を用いたコンクリートを実際のコンクリート構造物に使用して型枠の早期脱型をはかり、施工の合理化を行った場合について述べたものである。

## 2. AG剤を用いたコンクリートの基礎的研究

まず、早強性混和剤AG剤を添加した場合のコンクリートの練りませ実験を行い、フレッシュコンクリートの性状や圧縮強度、その他の物性について述べる。

(1) 使用材料 セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は川砂(最大径5mm, 比重2.62, 粗粒率2.76), 粗骨材は砕石(20.05, 比重2.64, 粗粒率6.86), 減水剤はポゾリスNa70, AG剤(粉末度300メッシュを90%パス, 比重2.95)を用いた。

(2) 実験方法 コンクリートの練りませは、100ℓ容量の可傾式ミキサを用いて全材料投入後3分間練りませた。

フレッシュコンクリートについては、スランプ、空気量、単位容積重量、ブリージングについて、それぞれJISA 1101, A 1108, A 1128,

A 1116, A 1123 によって測定した。

また、硬化したコンクリートに関する

測定項目と、使用供試体については、表-1に示した。

(3) 実験結果 実験に用いたコンクリートの割合と、この割合によったコンクリートのフレッシュコンクリートの性状を、表-2に示した。AG剤添加のコンクリートは無添加のものと比較して、大きな差は見られない結果を得たが、多少、空気量が減少する傾向を示した。ブリージング量は図-1に示したが、無添加のものよりおよそ23%減少する結果を示した。

硬化したコンクリート物性の測定結果のうち、圧縮強度、曲げ強度、引張強度および静弾性係数については、

表-1 硬化したコンクリートの測定項目と方法

測定項目	使用供試体	測定方法
圧縮強度	JISA 1132によるφ10×20cm	JISA 1108による
引張強度	同上	JISA 1113による
曲げ強度	JISA 1132による10×10×40cm	JISA 1106による
静弾性係数	JISA 1132によるφ10×20cm	ASTM C 469に準じた
乾燥収縮率	JISA 1132による10×10×40cm	JISA 1124に準じた
凍結融解	10×10×40cmで材令14dまで20℃水中養生をしたもの	ASTM C 665A法による
クラック	φ10×20で圧縮強度が180kg/cm <sup>2</sup> 測られた材令のもの	中軸荷重による。ブリージングベーカー型ひびきみぞを用いた。

表-3, 図-2, 図-3にそれぞれ示した。圧縮強度では, AG剤添加のものは無添加のものに対して, 材令3日で31%増強しており, また材令28日強度でも, 曲げ強度, 引張強度も同様であるが, およそ10%上まわりまた静弾性係数でも安定した値を示しており, AG剤の優れた早強性が確認される結果を示した。

次に乾燥収縮に関する測定結果は図-4に示した通りであり, AG剤添加コンクリートの場合には, 材令28日, 56日, 91日および182

日において, それぞれ, 約380, 500, 57.0 および  $650 \times 10^{-6}$  であり, 無添加のものとは比べて約10~15%小さく, AG剤は早強剤

としての効果だけではなく, 乾燥収縮緩和剤的な効果を併せ持つセメント混和剤であるといえる結果を示した。クリープ歪の測定結果は図-5に示した通りであるが, 測定条件は, AG剤添加コンクリートと無添加コンクリートの圧縮強度が約  $180 \text{ kg/cm}^2$  に達した材令, すなわちAG剤添加のものは材令3日, 無添加のものは材令5日で導入応力度は  $60 \text{ kg/cm}^2$  とした。この圧縮クリープ測定における単位クリープ歪をみると, 材令28日までは, 相方の差は認められないが, 材令91日以後においては, AG剤添加のものは, 無添加コンクリートと比較して, およそ15%小さい結果であった。

次に凍結融解試験による耐久性試験の結果は, 図-6に示す通りであり, AG剤添加の有無による差はほとんど認められず, いずれのコンクリートも, 試験開始後200サイクルで, 相対動弾性係数は97~98%と良好な値を示した。また試験終了時におけるの供試体の重量減少率は, 相方ともに, およそ2.0~2.5%の範囲と少ない結果を示した。

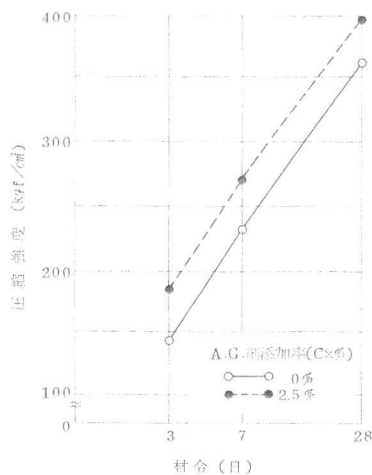


図-2 圧縮強度と材令の関係

表-2 調合およびフレッシュコンクリートの性状

実験 No.	AG剤添加率 (C%)	水セメント比 (倍)	粗骨材料 (倍)	単位水量 (kg/m³)	絶対容積 ( $\text{kg/m}^3$ )				フレッシュコンクリートの性状						
					セメント	粗骨材	骨材	水	流動性 (cm)	スランピング量 (cm)	空気量 (%)	単位容積量 ( $\text{kg/m}^3$ )	ブリージング量 ( $\text{cc/cm}^2$ )		
1	0			171	95	326	368	300	855	971	217.50 (0.5A)	18.0	4.5	2288	0.26
2	2.5	57.0	17	171	95	326	368	300	855	971	217.50 (1.0A)	17.0	4.0	2298	0.20

※ 1) 表面乾燥体状態 2) ( ) 内の値は補助AG剤Na303A使用量

表-3 各種強度および静弾性係数の測定結果

養生方法	AG剤添加率 (C%)	圧縮強度 ( $\text{kgf/cm}^2$ )			曲げ強度 ( $\text{kgf/cm}^2$ )	引張強度 ( $\text{kgf/cm}^2$ )	静弾性係数 ( $\times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ )	
		3日	7日	28日	28日	28日	7日	28日
標準養生	0	141	221	343	50.9	24.5	246	296
		144, 141	234, 233	376, 362	51.7, 49.1	28.9, 27.0	259, 255	303, 301
		136(100)	244(100)	366(100)	45.7(100)	27.7(100)	260	305
標準養生	2.5	185	273	406	52.8	31.7	306	348
		183, 185	283, 271	387, 398	56.7, 54.7	30.2, 29.8	290, 294	332, 325
		188(131)	288(116)	404(110)	54.7(111)	27.4(116)	286	325

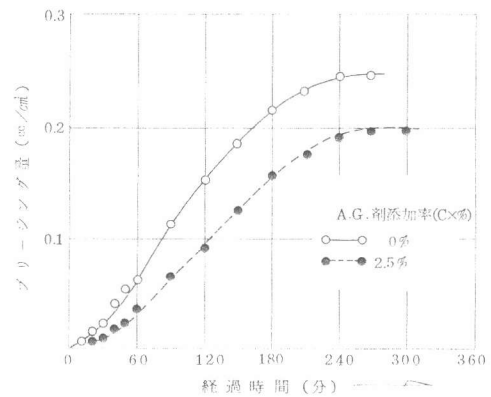


図-1 ブリージング量と時間の関係

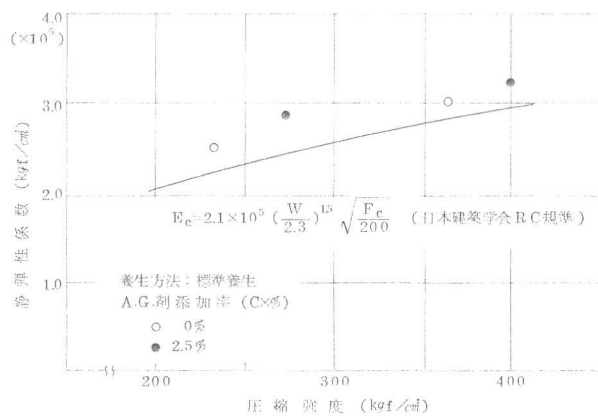


図-3 静弾性係数と強度の関係

(4) 検討 AG剤添加のコンクリートは、初期材令において、 $C \times 2.5\%$ の添加で、無添加のものに対して、およそ30%程度圧縮強度が増進し、長期材令においても上まわる安定した早強性を示し、なおかつブリージング率、乾燥収縮率を減少させる効果を併せ持つことが、本実験で確認された。またクリープ歪については、圧縮強度が無添加のものと同等であれば、同様の値を示すことが確認された。このことは、AG剤の添加による早強性コンクリートがコンクリート構造物の施工に対して、充分可能性をもたらす結果を示したといえる。

### 3. 実施施工実験

AG剤の早強性、収縮緩和性およびクリープ特性が確認されたことから、RC、SRC構造物の施工に応用して、スラブ型枠等の早期脱型を行ない、効果的な型枠転用、工期の短縮化を図るための実施施工実験を行ない、その可能性を検討した。早強性コンクリートを用いる箇所は、スラブと梁部で、型枠の解体許容条件のうち、構造計算をして設計基準強度の85%以上という条件を満足させる材令の短縮化を検討したものである。測定項目は、使用したコンクリートの物性と、型枠解体後のクリープ性状についてであり、特にクリープについては、圧縮強度との関係について、無添加のコンクリートと、同一な圧縮強度条件下で、導入応力度を圧縮強度の $1/3$ とし、対比させ検討した。

(1) 工事概要 都内豊島区内の、地下二階、地上八階、塔屋二階のSRCおよびRC構造（建築面積 $462\text{m}^2$ 、延床面積

$1154\text{m}^2$ ）の店舗および事務所ビルの新築工事で、工期はS56.5～S57.10であった。平面図は図-7に示した。

次に型枠解体のプロセスは図-8に示した通りで、スラブ型枠の解体は、コンクリート強度が設計基準強度の85%を確保し、かつ、構造計算によって、施工中の荷重および外力によって著しい変形、または亀裂が生じないことを確かめるといった条件によった。本施工では、安全側を考慮して、梁部のサポートは一部そのまま残す方法を取った。

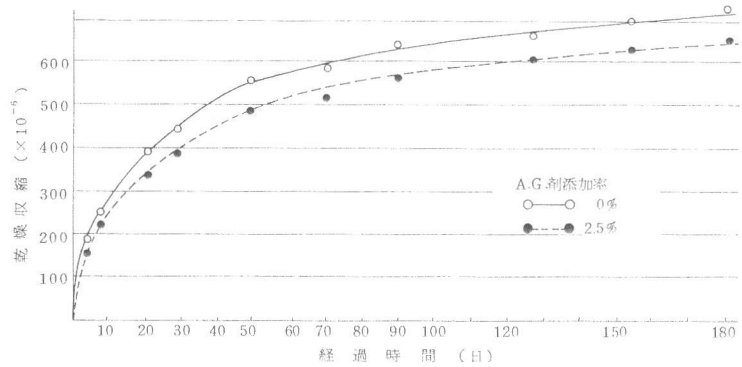


図-4 乾燥収縮と材令の関係

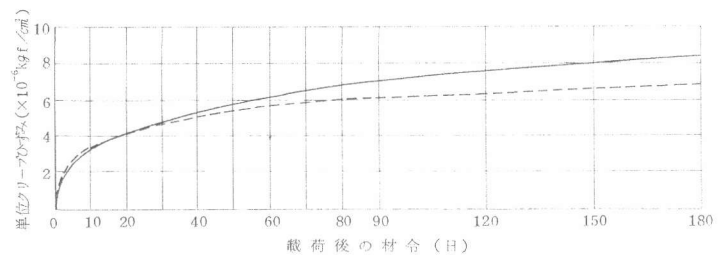


図-5 単位クリープ歪と載荷材令の関係

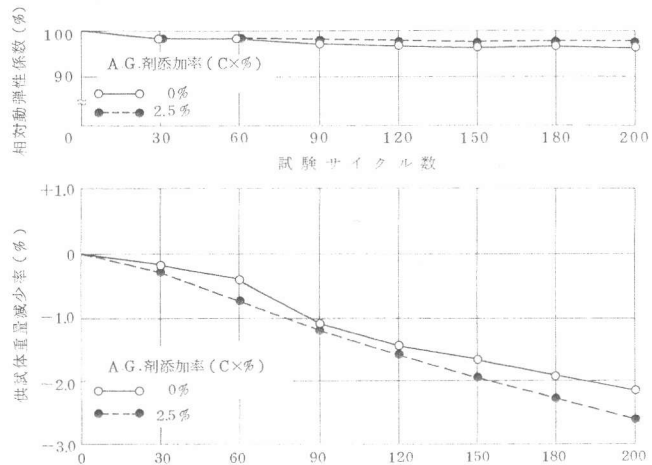


図-6 相対動弾性係数 重量減少率とサイクル数の関係

(2) 測定項目および方法 使用したコンクリートの練上り性状は、スランプと空気量について、それぞれ JIS A 1101, A 1128 に準じて測定し、硬化したコンクリートについては、 $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$  の供試体を用いて JIS A 1108 に準じて測定した。次に、大ぶり、小ぶり、およびスラブの曲げクリープによる変形の測定を、一等水準器を用いて行なった。その他に、施工後の亀裂発生の有無について、目視により調査した。

(3) 測定結果

a. 使用したコンクリートの物性 本施工に用いたコンクリートは、目標スランプが  $18 \text{ cm}$ 、設計強度が  $21.0 \text{ Kg/cm}^2$  のもので、AG 剤の添加方法は、通常はプラント添加であるが、今回は現場にて、生コン車中に後添加し、1 分間高速回転させる方法で行なった。練上り性状、現場水中養生による圧縮強度の結果は、表-4 に示す通りで、練上り性状は、AG 剤添加のものと、無添加のものとの差は認められない結果であった。又、圧縮強度の測定結果では、5 日材令で AG 剤添加の強度増進性が、無添加のもののおよそ 1.6 倍と、多少、早強性の効果が低い値を示したが、現場添加のため、混練が多少不均一であったと考えられる結果であった。

b. クリープ変形測定 測定位置とクリープ変形の測定結果を図-9 に示した。はり部のたわみは、最大で  $1.7 \text{ mm}$  で、平均的には  $1 \text{ mm}$  程度以下で  $1.7/7,500 \approx$

$1/4,400$  であり、スラブの場合では  $1.5 \text{ mm}$ 、 $1.5/2,750 \approx 1/1,800$  と、問題のない結果を示した。なお、はり、スラブ部の亀裂の発生は、材令 6 ケ月後の調査では認められなかった。

4. まとめ

AG 剤を添加したコンクリートは、優れた早強性効果を示す他に、ブリージング、乾燥収縮を減少さ

せる効果などを併せ持つことが確認された。又、コンクリート構造物の施工において、早期型枠脱型工法など施工期間の短縮化を目的とした施工に、AG 剤は充分応用出来る実用性が確認された。本研究にあたり、東京大学岸谷孝一教授をはじめ、関係者各位に多大な御助力を授けたまわり、ここに感謝の意を表します。

- 1) 昭和 57 年日本建築学会大会, 1131      2) 昭和 58 年日本建築学会大会, 1230

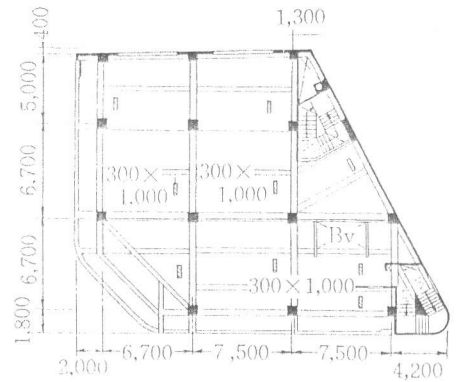
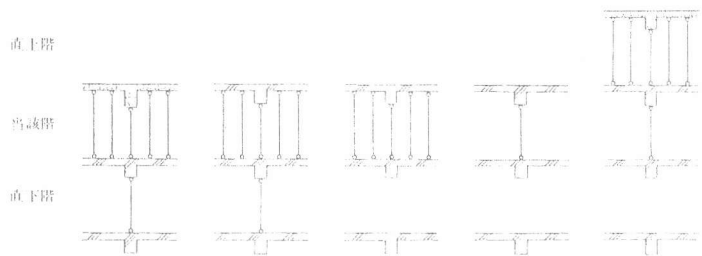


図-7 一般階平面図



①コンクリート打 ②壁・柱・梁側解体 ③直下階受底解体 ④スラブ解体 ⑤直上階コンクリート打

図-8 型枠解体のプロセス

表-4 使用したコンクリートの調合と圧縮強度測定結果

調 合		練 上 り 性 状			圧 縮 強 度 ( $\text{kg/cm}^2$ )					
AG 剤添加率 C × 100	セメント ( $\text{kg/m}^3$ )	水 ( $\text{kg/m}^3$ )	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	練上り温 (°C)	スランプ (cm)	空気量 (%)	3 日	5 日	28 日
0	321	186	58.0	165	18.0	18.5	4.2	12.6	15.1	28.9
2.5	321	186	58.0	165	18.0	18.2	4.0	13.9	17.6	30.1

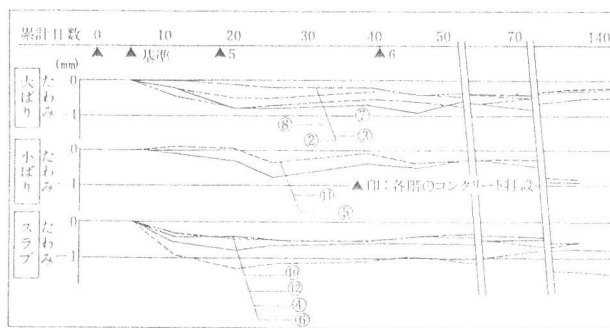


図-9 クリープによる変形の測定結果