

## 新たな温度ひび割れ抑制技術の実用化展開について

日本コンクリート技術(株) ○野島省吾  
 青木あすなろ建設(株) 駒田憲司  
 東亜建設工業(株) 羽瀨貴士  
 ドーピー建設工業(株) 岡田規子  
 徳倉建設(株) 三ツ井達也

### 1. 背景

下端を拘束された状態でコンクリートを打ち込むと、水和発熱に伴う膨張・収縮が大きく制限される。特に壁状構造物では、断面を貫通する温度ひび割れの発生が懸念される。著者らは温度ひび割れ対策として、図-1 に示すような超遅延剤を添加したコンクリートを層状に配置することで下面からの拘束を低減し、温度ひび割れ対策とする方法の実用化に向けて検討を重ねている。この工法においては図-1 に示す超遅延剤使用コンクリートの表面部分に薄型埋設型枠を併用することで、いくつかの課題を解決できる見通しを得ている。また本検討においては、土木工事に広く使用されている高炉セメントB種を用いることとした。しかしながら、高炉セメントB種の品質変動と、超遅延剤の影響は不明確な点が多い。以上より、初めに室内試験を行い、高炉セメントB種使用コンクリートと超遅延剤の関係、およびこれに影響を与える要因を明らかにした、その結果を踏まえて、実証試験において本工法の温度応力低減効果を確認した。

### 2. 室内試験

#### 2.1 試験概要

実施工に超遅延剤を使用する場合、現場の状況によって変化する項目として、遅延剤の添加率、環境温度、遅延剤の添加方法が挙げられる。これらを諸元として室内試験を行った。表-1 に諸元を、表-2 に使用材料を、表-3 に配合を示す。作製したコンクリートに対し、遅延期間を推定するために、円柱供試体による圧縮強度試験に加えて、ウレタンフォーム製の容器(200×200×

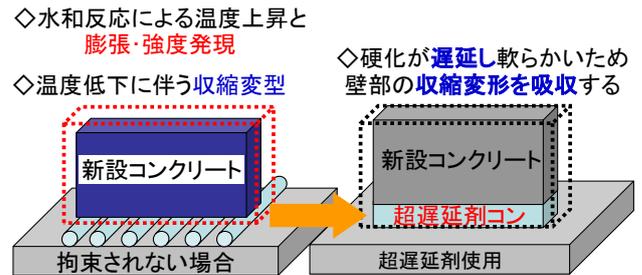


図-1 温度応力低減工法概念図

表-1 室内試験 諸元

諸元	
セメント種類	高炉セメントB種
超遅延剤添加前スランブ(cm)	10±1.5
空気量(%)	4.5±1.5
環境温度(°C)	20, 30
超遅延剤 添加方法	練混ぜ水の一部として(同時)
	練上がり後直後(0分)
	静置30分後(30分)
超遅延剤 添加率(%/C)	0, 1.0, 1.3, 1.5, 1.8, 2.0
※試験ケース名は「環境温度」-「添加方法」-「添加率」とする	

表-2 室内試験 使用材料

使用材料	記号	物性
高炉セメントB種	C	密度:3.04g/cm <sup>3</sup>
細骨材	S	掛川産山砂 表乾密度:2.64 吸水率:2.08% FM:2.79
粗骨材	G	青梅産碎石 表乾密度:2.64 吸水率:0.70% FM:6.71
混和剤	Ad1	AE剤減水剤:リグニンスルホン酸塩 およびオキシカルボン酸塩
	Ad2	超遅延剤:オキシカルボン酸塩
練混ぜ水	W	上水道水

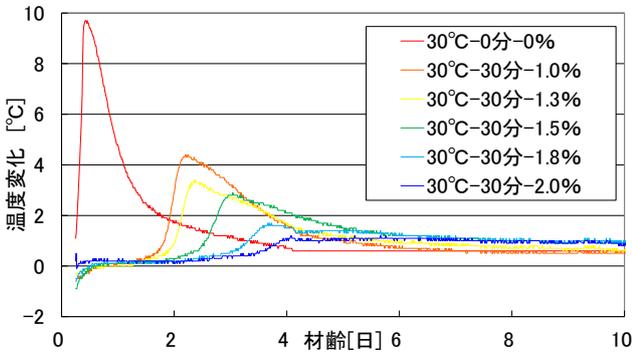
表-3 室内試験 配合

W/C	s/a	単位量 [kg/m <sup>3</sup> ]				Ad1 %/C
		C	W	S	G	
52.5	36.5	286	150	679	1184	1.30
練混ぜ方法: G+1/2S+C+1/2S→10sec→W+Ad1→90sec→排出						

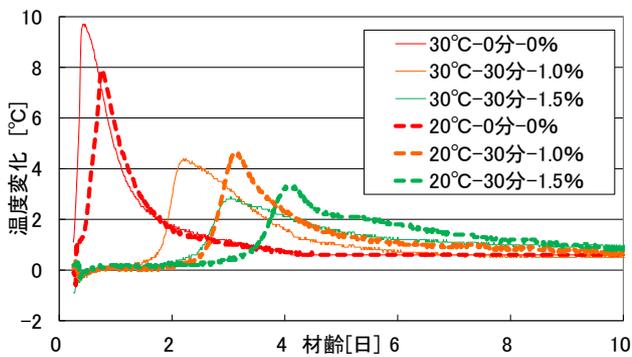
270mm)と約 350g のウェットスクリーニングモルタルを用いて、簡易断熱試験方法を行った。

## 2. 2 試験結果

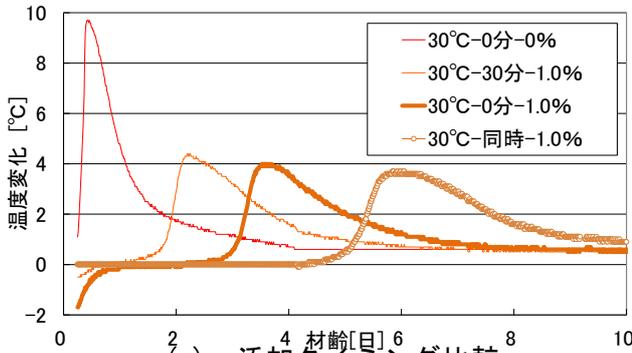
室内試験結果として、簡易断熱試験結果を図-2(a)~(c)に示す。(a)に示すように、超遅延剤の添加率を大きくするとピーク材齢≒遅延期間の差)が大きくなる。またピーク温度が小さくなる。(b)において環境温度20℃と30℃を比較すると、30℃の方が遅延効果が小さくなる傾向が確認された。また(c)において遅延剤の投入方法を比較すると、投入時期が遅いほど遅延効果が小さくなる傾向が確認された。(b)(c)における傾向は従来の普通セメントを主体とした知見<sup>1)</sup>とは異なるものである。



(a) 添加率比較



(b) 環境温度比較



(c) 添加タイミング比較

図-2 室内試験 簡易断熱試験結果

簡易断熱試験結果において、超遅延剤を添加していない試験ケースとのピーク温度材齢の差を推定遅延期間として整理した。表-4に、推定遅延期間と、圧縮強度試験結果と合わせて示す。表-4中、色つきで示した超遅延剤を添加していないケースと比較して、超遅延剤を添加すると、推定遅延期間に係らず、材齢28日圧縮強度が上回る結果となった。

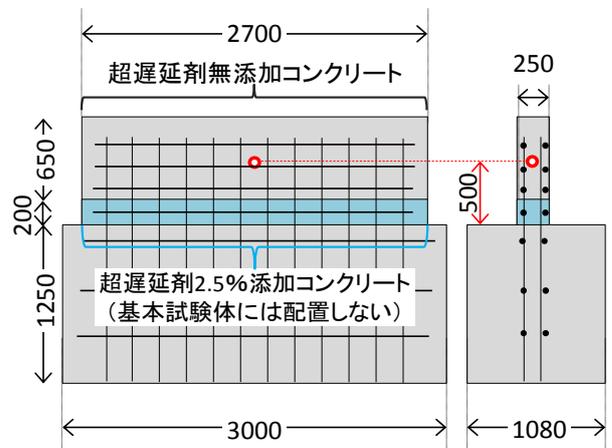
表-4 室内試験 圧縮強度試験結果

試験ケース名	推定遅延期間[日]	圧縮強度 [N/mm <sup>2</sup> ]	
		14日	28日
30°C-0分-0%	0	28.9	34.1
30°C-30分-1.0%	1.7	32.6	39.9
30°C-30分-1.3%	1.9	34.5	41.5
30°C-30分-1.5%	2.5	30.7	37.7
30°C-30分-1.8%	3.1	25.1	36.8
30°C-30分-2.0%	3.5	18.4	35.0
20°C-0分-0%	0	25.2	31.1
20°C-30分-1.0%	2.3	27.1	37.0
20°C-30分-1.5%	3.2	27.0	36.8
30°C-0分-1.0%	3.1	31.2	38.4
30°C-同時-1.0%	5.3	31.9	42.8

## 3. 実証試験概要

### 3. 1 試験概要

実証試験体の形状・計測点を図-3に示す。またコンクリートの配合を表-4に示す。コンクリートは実施工を再現することから、生コンプラントから購入・使用した。



主筋: D13 配力筋: D10

○: ひずみ・温度計測点

図-3 実証試験 試験体形状

表-4 実証試験 配合

使用部位	種類	W/C	単体量 [kg/m <sup>3</sup> ]				Ad1 %/C
			C	W	S	G	
超遅延剤使用コンクリート	普通27-8-20BB	50.0	322	161	760	1068	1.1
超遅延剤無添加コンクリート	普通27-15-19BB	50.0	346	173	766	1009	1.1

遅延剤添加方法:アジテータ車への投入  
 攪拌方法:投入後 高速攪拌30秒→アップリフト→高速攪拌30秒

試験体作製に当たっては、マスコンクリート相当の温度履歴を再現するため、打込み後 2 日間断熱材による養生を行った。これは、温度応力上厳しい条件であり、より明確に工法の応力低減効果を確認することを狙いとしたものである。この条件を基に、温度応力解析を行い、事前に効果の予測を行った。図-4 に解析モデル図を、図-5 に解析結果を示す。(a)温度履歴に示すように、超遅延剤を添加しないコンクリートの水和発熱による温度上昇は、材齢 1 日程度でピークを迎える。その後、材齢 4 日程度で内部温度が外気温程度まで低下する。この間の大きな膨張・収縮変型を、剛性の低下した超遅延剤コンクリートが吸収することで(b), (c)設定遅延期間 4 日のケースが示すような十分な温度応力低減効果が得られることを解析上確認した。また、設定遅延期間 2 日のケースが示すように、遅延期間が短いと、かえって発生応力が増大する可能性が示唆された。

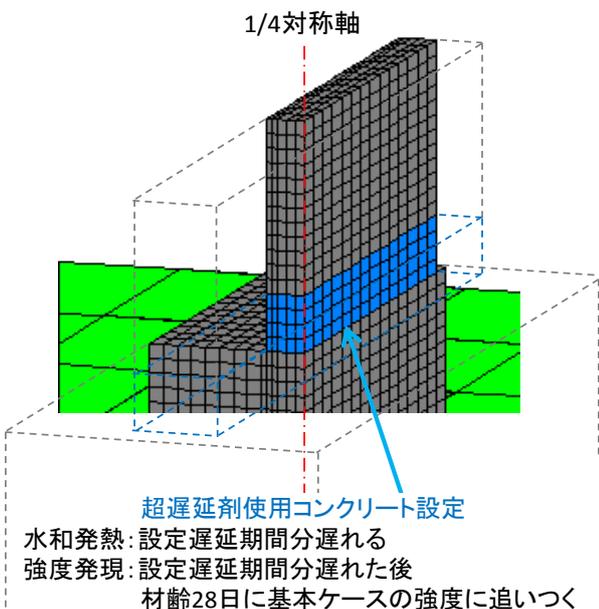
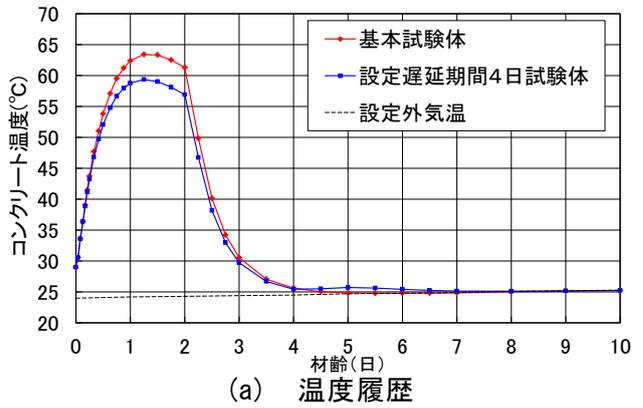
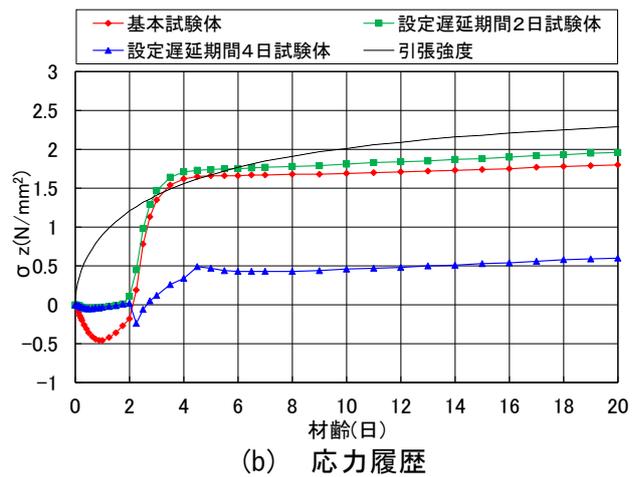


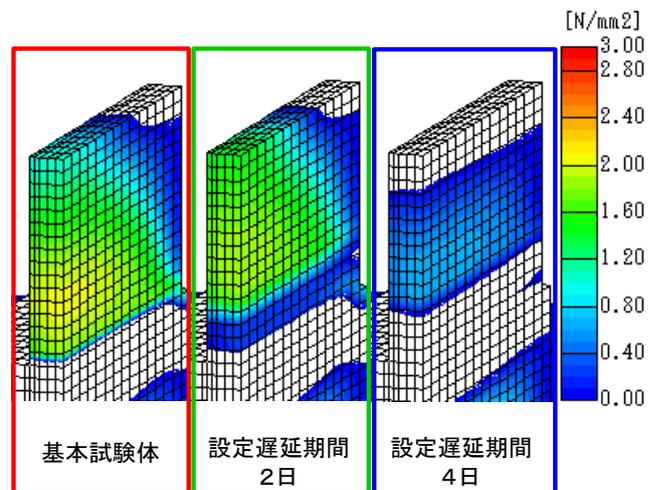
図-4 事前解析モデル概略図



(a) 温度履歴



(b) 応力履歴



(c) 応力分布図

図-5 事前解析結果

また、図-2 に示した室内試験結果より、超遅延剤はその効果が温度・投入方法の影響を受けることが判明している。実証試験においてこれらに影響を与える要因を表-5 に示す。表中環境温度条件は特に遅延期間を短くする可能性があり、実証試験における諸条件は環境温度 30℃、静置 30 分後に超遅延剤を添加したケースより厳しい条件であると言える。これより、本工法の効果を確実に確認する目的で、遅延期間 4 日以上を目標とする超遅延剤の添加率を 2.5% とした。

表-5 実証試験 条件整理

環境温度	7/17打込み 当日平均気温:28.5℃(気象庁) 当日最高気温:34℃(気象庁) コンクリート荷卸し温度:33℃(実績) 2日間の保温養生を実施 上部打重ねコンクリートの 水和発熱あり
遅延剤添加 タイミング	生コンプラント～現場:約20分 現場到着～超遅延剤添加:約10分

### 3. 2 計測結果

図-6 に、図-3 中に示す計測点における温度履歴を示す。超遅延剤試験体においては、打重ね上部コンクリートの体積が基本試験体と比較して少なくなるため、温度上昇量も低減されている結果となった。また材齢 4 日前後でコンクリート内部温度が外気温程度まで低下しており、図-5(a) に示す事前解析結果とも概ね一致している。

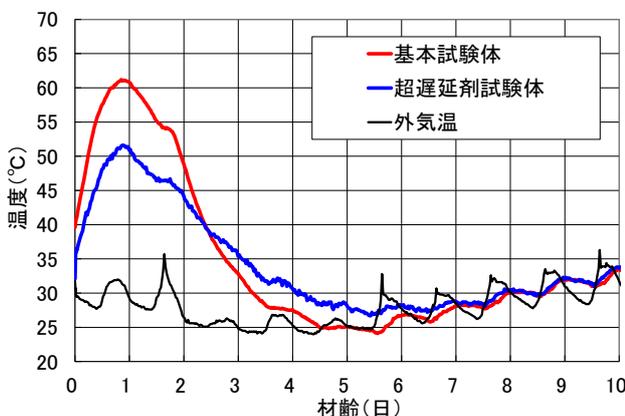


図-6 実証試験 温度計測結果

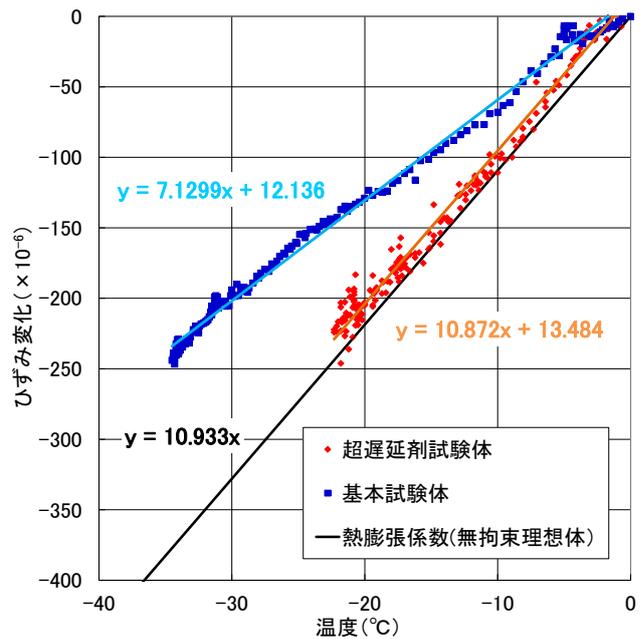


図-7 実証試験 温度-ひずみ関係(温度下降時)

図-7 に温度下降時の温度-ひずみ関係を示す。図-7 より超遅延剤試験体は、基本試験体と比較して、新設コンクリート部分がより熱膨張係数に近い挙動をすることが分かる。温度変化に対して無拘束状態でのひずみ変化が熱膨張係数であることから、超遅延剤使用コンクリートの上部に打重ねられたコンクリートは、下端を拘束されることなく自由に収縮していることが分かる。これより、拘束体と被拘束体の間に超遅延剤使用コンクリートを配置することにより、図-1 に示した理想の状態を、超遅延剤試験体において再現できたと言える。

### 4. まとめと今後の課題

実証試験結果より本工法の優れた温度応力低減効果が確認された。今後は室内試験により明らかとなった遅延効果に与える要因に対して、いかに精度よく遅延期間をコントロールするかが課題となる。

#### 参考文献

- 1) 例えば竹下治之, 超遅延剤を添加したコンクリートの基礎的特性に関する研究, 土木学会論文集 第 378 号/V-6 1987 年 2 月