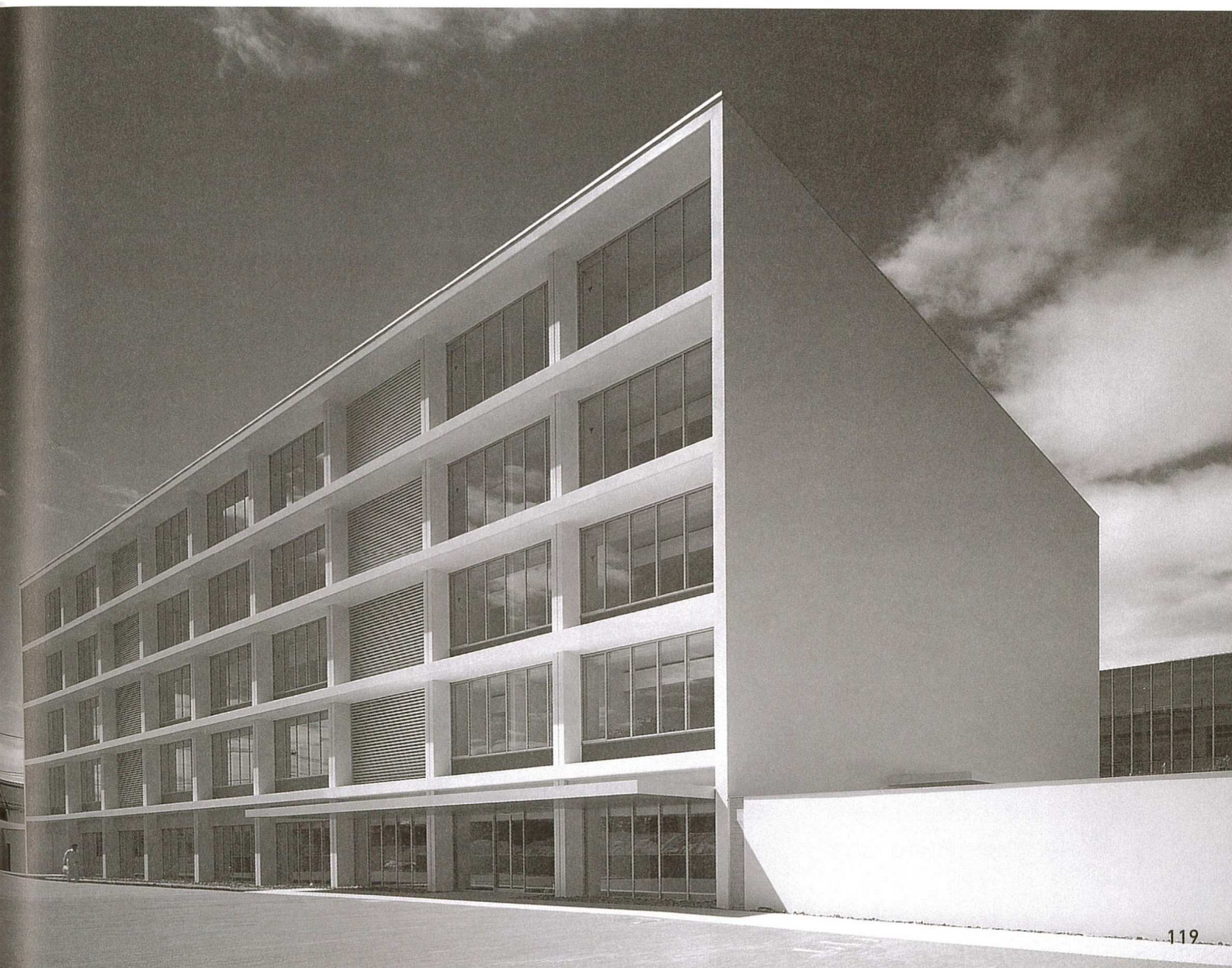


CHAPTER 9

選択肢が広い混和剤 適材適所で有効活用



過剰な期待は禁物 膨張材を賢く活用

➡ ベースコンクリートの乾燥収縮率が重要に

ひび割れ抑制の切り札として、利用されることが多い膨張材。

しかし、決して万能薬ではない。

機能上の限界と使用上の注意点をよく知って、効果的に活用することが重要だ。

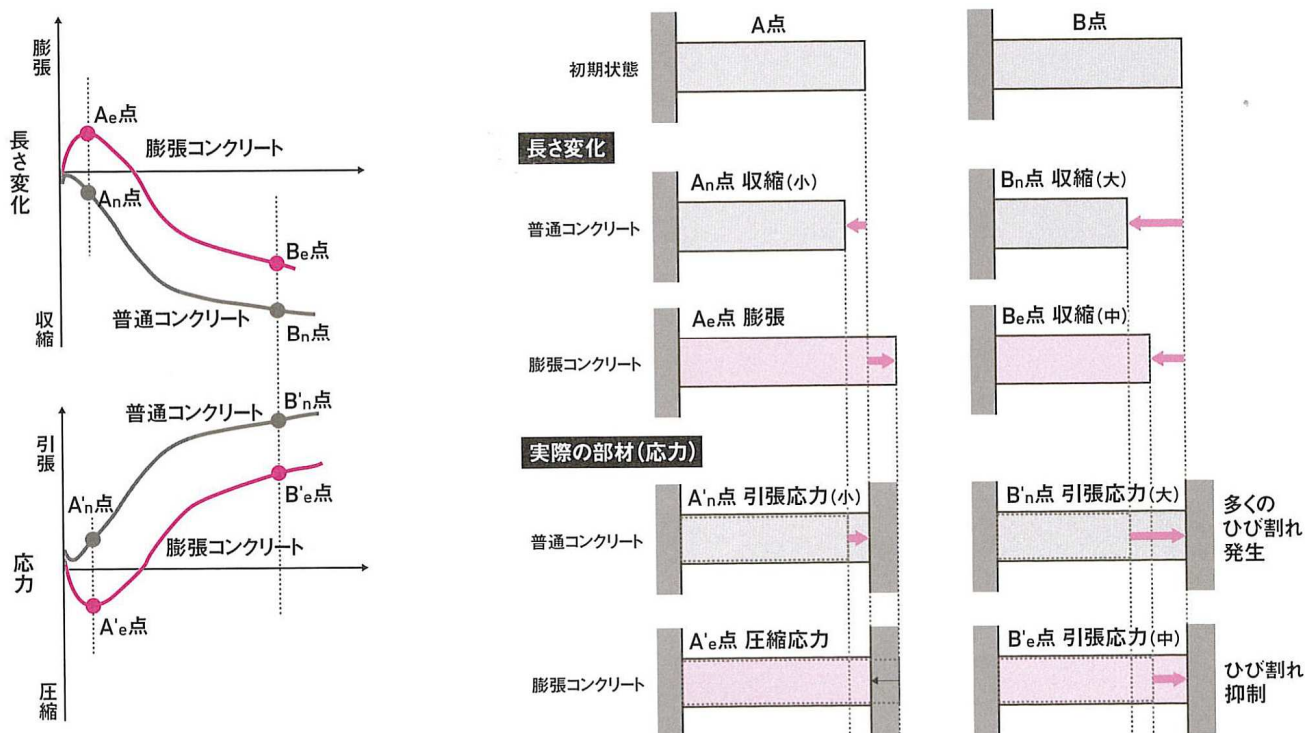
コンクリートのひび割れを抑制するため、広く採用されているのが膨張材だ。膨張材を用いたコンクリート（以下、膨張コンクリート）は、汎用材料としては最も優れたひび割れ抵

抗性を示すが、万能ではなく、使用に際して注意すべき点もある。ここでは、膨張コンクリートのひび割れ抵抗のメカニズムを示し、その効果と留意点を解説する。

最近、膨張コンクリートを採用する工事は増えているが、その効果や使い方を誤解している技術者も少なくない。最も多い誤解は、以下の3つだ。
(1) 膨張コンクリートを採用すれば、

【図1】 硬化初期段階の膨張で圧縮応力を発生させる

膨張材は、硬化初期段階にコンクリートを膨張させて圧縮応力を発生させ、その後の収縮による引張応力を緩和する。膨張材によるひずみは約200 μ （マイクロ）。一般的なコンクリートの乾燥収縮率の約4分の1だ（資料：【図5】まで特記以外は関田 徹志）



ひび割れが無条件に無くなる。(2) 乾燥収縮率が大きなコンクリートに採用すると、ひび割れの抑制効果が大きい。(3) 普通コンクリートと同じく、発注すれば自動的に供給され、施工にも特別な配慮は要らない。

それぞれ、なぜ間違っているのか、順に説明したい。

ひび割れが完全に無くなる？

まず、1番目の誤解を解くために、膨張コンクリートのひび割れ低減のメカニズムから解説する(図1)。

簡単に述べると、硬化初期段階にコンクリートが膨張することで圧縮応力を発生させて“貯金”とし、その後の収縮による引張応力を緩和する。これが、膨張コンクリートの仕組みである。

膨張量はひずみにして200μ(マイクロ=10⁻⁶)程度で、膨張による圧縮応力は0.5N/mm²程度だ。200μの膨張ひずみは、膨張コンクリートが膨らむという一般のイメージからはほど遠く、わずかな量である。一般的なコンクリートの乾燥収縮率は800μ前後だが、それに比べると4分の1程度。また、圧縮応力についても、ひび割れ強度が2N/mm²程度であるので、同じく4分の1程度の貯金ということになる。

このように膨張量と、それによって生じる圧縮応力の影響を合わせて考えると、膨張コンクリートを採用したからといって無条件にひび割れが無くなるのではなく、ひび割れ数が少なくなると考えるのが妥当だ。

図2 膨張材利用の注意点

1

膨張材投入手順、練り混ぜ時間延長などの生コン製造条件を、生コン会社、膨張材メーカーと事前に協議する

2

通常のコンクリートに増して、初期養生を徹底する

3

冬季は膨張材の反応が遅れるので養生期間を延長する

膨張コンクリートは普通コンクリート以上に、より慎重な取り扱いが求められる。特に冬季には膨張材の反応が遅れるので、十分な養生期間を確保することが重要だ

図3 主な膨張材メーカーと製品名

メーカー名	膨張材製品	
	通常型	水和熱抑制型
電気化学工業	デンカパワー CSA タイプ S	デンカパワー CSA タイプ R
太平洋マテリアル	太平洋ハイパーエクスパン	太平洋ハイパーエクスパン M
住友大阪セメント	スーパーサクス	—

上は主な膨張材メーカーと製品名。投入手順については、メーカーと事前協議するのが望ましい

収縮率が大きいものに効果？

次に、2番目の「乾燥収縮率が大きなコンクリートに採用すると、ひび割れの抑制効果が大きい」という誤解について述べる。

先に述べた膨張ひずみ、膨張による圧縮応力は、ベースとなるコンクリートの乾燥収縮率によらず、ともに一定と考えてよい。これは、乾燥収縮率の小さなコンクリートに使用の方が効果は高く、乾燥収縮率が大きくなるほど効果が顕著でなくなることを意味する。

従って、膨張コンクリートを採用する場合は、品質向上への投資を有効とするためにも、ベースコンクリートの

乾燥収縮率を調べるのが重要だ。

以上2つの誤解は、いずれも膨張材の材料特性をよく知らないことから生じている。この点を認識しないまま使用すると、「膨張コンクリートを採用したのにひび割れが生じた」と建築主からのクレームに発展する事態になりかねない。注意が必要だ。

3番目の誤解も解いておきたい。これは、多くの施工者が陥っている問題ではないかと推察する。膨張コンクリートには使用上の3つの留意点があり、普通コンクリートと違う取り扱いが必要だ(図2 図3)。

膨張コンクリートは、生コン工場で膨張材をミキサーに投入して練り混ぜる。このとき、他のセメントなどの

写真1

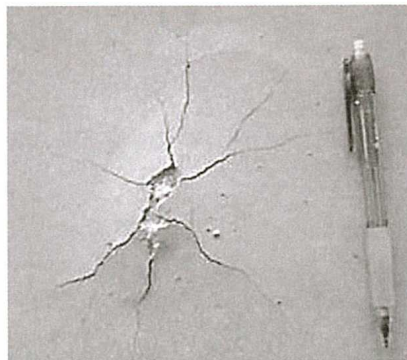
多すぎると膨張ひび割れも



膨張材が過剰に使用されると、膨張ひび割れが生じる場合がある（写真：右も日経アーキテクチャ）

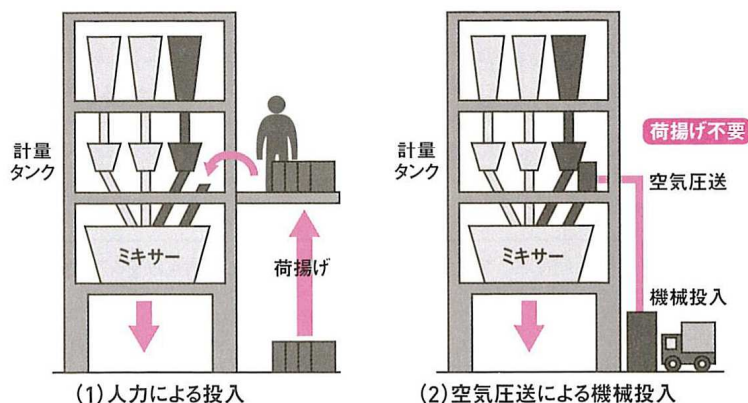
写真2

練り混ぜ不足もトラブルに



膨張材の練り混ぜ時の分散が不十分だと、躯体表面にポップアウトが生じることもある

図4 膨張材の投入方法は2種類



ミキサーに膨張材を人力で直接投入する人力投入法と、圧送装置を用いて送り込む圧送法のいずれかで製造する

（資料：日本建築学会「膨張材・収縮低減剤を使用したコンクリートに関する現状」をもとに日経アーキテクチャが作成）

原材料と異なり、膨張材を計量して自動投入する設備を生コン工場が備えていることはまだだ。代わって、**図4**のようにミキサーに膨張材を人力で直接投入するか（人力投入法）、外付けの圧送装置を用いて膨張材をミキサーに送り込む方法（圧送法）のいずれかで製造する。どちらを選ぶかは、施工者の判断であり、膨張材メーカー、生コン工場と事前によく相談して決定する。

人力投入法は、生コン工場のプラ

ント棟に専門の投入作業員を配置し、トランシーバーなどで生コン工場のオペレーターからタイミングの指示を受けながら、20kg詰めの紙袋を解体して膨張材をミキサーに落とし込むものだ。この方法には長い歴史があり、熟練の作業員が行うことからミスはほとんど起こらないと言われているが、投入のトレーサビリティが取れない点など、最近の生コン製造の技術水準からすると時代遅れの感は否めない。

一方、圧送法では、外付けの圧送装置をあらかじめ設置しておくことで、生コン工場のオペレーターがスイッチを自ら押して投入することができる。記録も残るので、投入のタイミングなどを間違うリスクも格段に少ない。従って、筆者は圧送法による膨張コンクリートを強く推奨している。しかし、膨張コンクリートの発注量が100m³/日にも満たない場合などは、圧送法を準備することは不経済で必ずしも現実的ではない。やむなく人力投入法を選ばざるを得ないケースも少なくない。

冬季の養生期間は十分確保

膨張材の投入管理が不適切だと、**写真1** **写真2** に示すような事故を引き起こす恐れがある。例えば、膨張材が過剰に使用されると異常膨張が起こり、写真1の膨張ひび割れが生じる。また、膨張材の練り混ぜ時の分散が不十分な場合には、**写真2**のように、打ち込み後の躯体表面にポップアウト（コンクリート表面が部分的に剥離する現象）が生じる例が報告されている。これらの例からも、投入管理の重要性が分かる。

2番目の留意点は、養生である。膨張コンクリートは、通常のコンクリートよりも養生条件に敏感であり、初期に湿潤養生を怠ると膨張が十分に生じない。床スラブの施工では特に養生が不十分になりやすい（**写真3** **写真4**）。膨張コンクリートを使用した場合には、散水など湿潤養生を徹底する必要がある。

3番目は、冬季における留意点で

ある。冬季低温時には膨張材の反応が遅れ、効果が十分に発揮されるまでに夏季よりも長い時間を要する。従って、養生期間も長くなると考えるべきで、安全をみて7日程度の養生を行うことが必要となる。

施工者側は膨張量の確認を

最後に、膨張コンクリートの性能に関する責任区分を 図5 に示す。一般的なコンクリートに要求される圧縮強度などの基本的な性能と品質については、生コン工場が保証すべきものである。

しかし、膨張コンクリートの重要な性能である膨張量については、JIS A 6202 レディミクストコンクリートには規定がない。従って、コンクリート工場ではなく、施工者側の責任範囲となる可能性がある。このことから、施工者は膨張量について何らかの確認を品質管理の一環として実施することが望ましい。

膨張量の確認には、日本コンクリート工学会の「円筒型枠を用いた膨張コンクリートの拘束膨張試験方法」(http://www.jci-net.or.jp/j/jci/study/jci_standard/JCIS-009-2012_v2.pdf) が参考になる。ここに示されている実験方法は比較的容易であり、工事管理にも利用できると思われる。

膨張材の採用が、現状では最も汎用的で効果的なひび割れ対策であることは明かだ。ここで述べたポイントを踏まえ、膨張材メーカーや生コン会社などと協議を重ね、ひび割れを抑制する効果を最大限に引き出してほしい。



写真3
床スラブの施工は特に注意
床スラブはひび割れ誘発目を施工できないため、ひび割れが生じやすい。膨張材を使うときにも、十分な配慮が必要だ
(写真：下も鹿島)



写真4
養生期間は十分に確保
床スラブを打設し終わったあとは、散水など湿潤養生を徹底する必要がある

図5 膨張コンクリートに関する責任区分

品質項目	責任区分	
	生コン工場	施工者
スランプ、空気量、 圧縮強度、塩化物含有量	○	—
膨張量	—	○

膨張量については JIS A6202 のレディミクストコンクリートに規定がないので、施工者の責任範囲となる可能性が高い。注意が必要だ

ここがポイント

膨張コンクリートの膨張量は 200 μ程度。
コンクリートの乾燥収縮率の 4 分の 1 程度である

性能確保は、施工者の責任範囲となる可能性がある。
管理試験で膨張量を確認することが望ましい

高コストでも効果大 収縮低減剤を利用

➡ 水分が逸散しても収縮を抑制する働き

膨張材と同様に、収縮低減剤もコンクリートのひび割れを抑制する働きを持つ。
しかし、働きのメカニズムや使い方はまったく違う。
両方の違いを知って、賢く使い分けたい。

ここ数年、ひび割れを抑制するために収縮低減剤が使用されるケースが増えている。液体の薬剤である収縮低減剤は、膨張材に比べ少量で効果を発揮する。ここでは、収縮低減剤を用いたコンクリート（収縮低減コンクリート）のひび割れ抑制のメカニズムと、効果や留意点などについて説

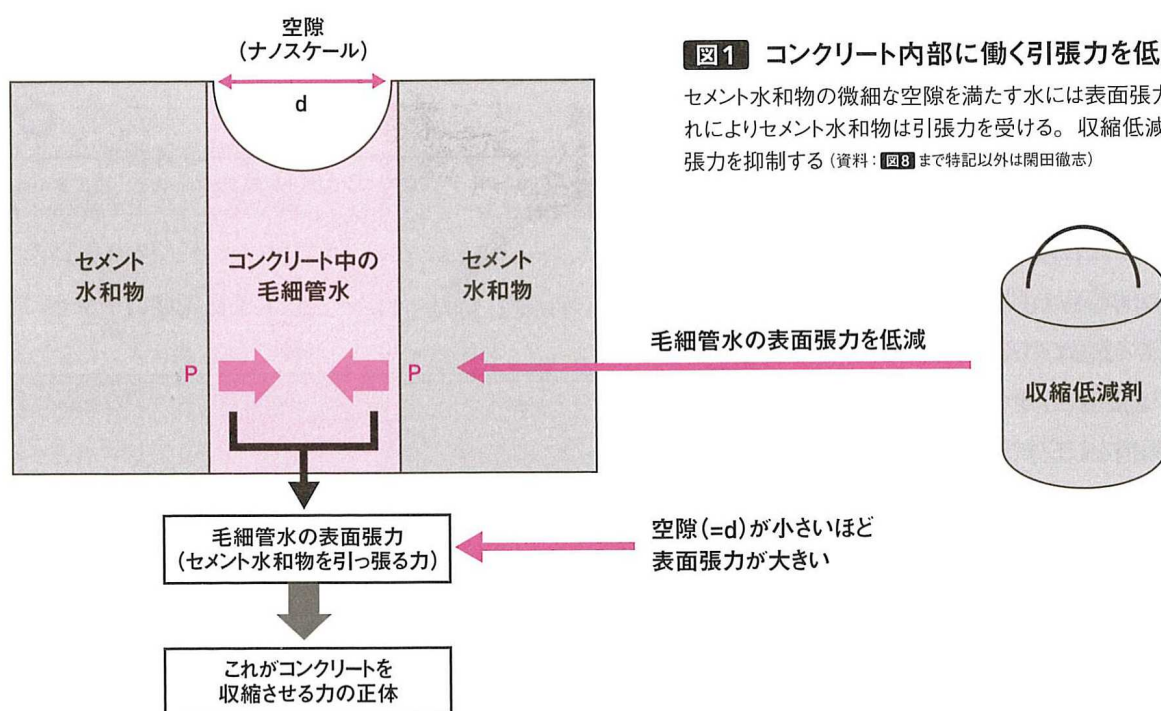
明する。

膨張材と異なるメカニズム

コンクリートの乾燥収縮は、コンクリート中の水分が逸散することで生じるが、収縮低減剤には水分が逸散しても、それに伴う収縮を抑制する働き

がある。そのメカニズムについてはよく分かっていない点もあるが、一般には図1のように解釈されることが多い。

水とセメントの化学反応によって生成されるセメント水和物には、ナノスケールの微細な空隙が数多く分布し、養生中はその空隙に水が満たされている。これを毛細管水という。



【図2】 目的は同じでも添加方法などに大きな違い

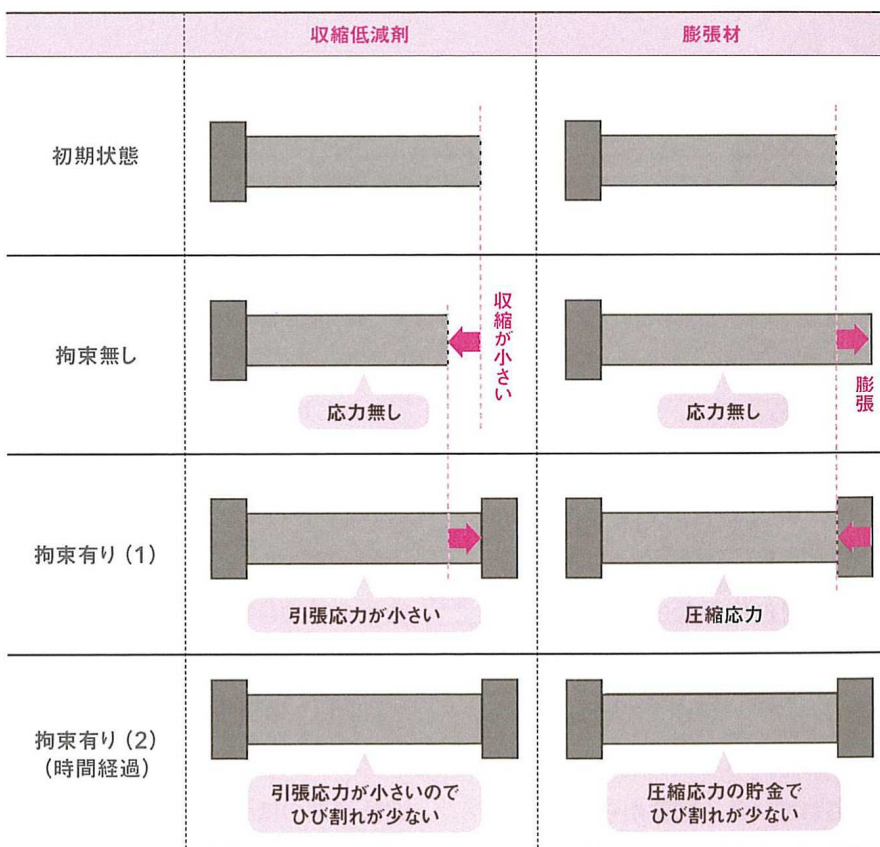
項目	混和材料	
	収縮低減剤	膨張材
荷姿	液体	紛体
コンクリートへの添加	主として生コン車へ現場で後添加	生コン工場での練り混ぜ時に添加する
ひび割れ低減のメカニズム	乾燥収縮を低減	硬化初期に膨張して圧縮応力を付与することでその後の乾燥収縮を緩和
ひび割れ低減の効果	収縮低減剤の使用量を増やせるので、乾燥収縮率の大きなベース生コンでも有効	膨張材の使用量を換えられないので、乾燥収縮率の大きなベース生コンでは効果が小さい
生コン材料単価の増加割合	20～50%	10～20%
材料規格	JIS規格は無く、JASS5の独自規格であるJASS5 M-402がある	JIS A 6204
混和材料を使った生コンの法規上の取り扱い	生コン JIS A 5308 に適合しているとの解釈が可能	生コン JIS A 5308 に適合しているとの解釈が一般的

収縮低減剤と膨張材は、ともにひび割れを抑制するのが目的だが、メカニズムや添加方法などは大きく異なる。収縮低減剤は、添加量を増やすことができる

乾燥が始まると、大きな空隙から順に毛細管水が蒸発し、小さな空隙にだけ水分が残る。このとき、水には表面張力という内側に引き込む力が作用する。コンクリート中では、毛細管水が存在する空隙の直径が小さいほど、表面張力が大きくなる性質がある。つまり、小さな空隙ほど周囲のセメント水和物を引っ張る力が大きく働く。このセメント水和物を引っ張る力こそ、コンクリートを収縮させる力の正体だ。

収縮低減剤には、毛細管水に作用する表面張力を小さくする働きがある。その働きによって、コンクリートの収縮を抑制し、ひび割れ発生を緩和する。

【図3】 ひび割れ抑制のメカニズムも異なる



収縮低減剤と膨張材の比較

次に前述した膨張材と収縮低減剤を比較する(【図2】)。

まず、収縮低減剤は液体であるが、膨張材は紛体である。また、どちらも

ひび割れ低減という同じ目的で用いる混和材料であるが、メカニズムは大きく異なる(【図3】)。膨張材を使ったコンクリート(膨張コンクリート)は、初期膨

張によって圧縮応力を発生させ、その後の収縮による引張応力を緩和する。一方、収縮低減コンクリートは、収縮自体を小さくすることで引張応力

図4

使用量を増やすほど 乾燥収縮率が小さくなる

収縮低減剤の添加量を増やすほど、コンクリートの乾燥収縮率は小さくなる
(資料：図6まで日本建築学会「膨張材・収縮低減剤を使用したコンクリートに関する技術の現状」をもとに本誌が作成)

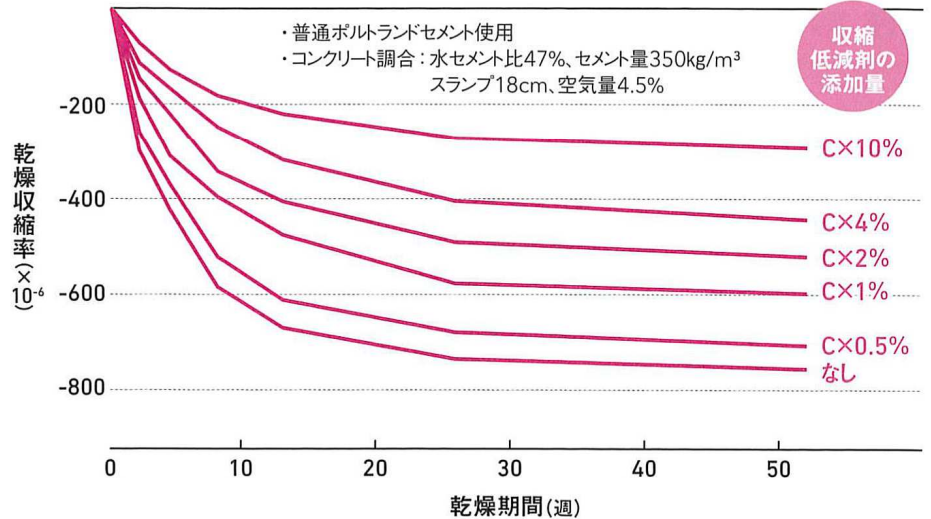
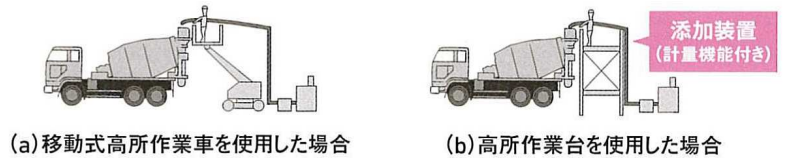


図5

ミキサー車に直接投入するのが主流

収縮低減剤の添加方法には、生コン工場で添加する直接混練法とミキサー車に投入する後添加法とがある。実務では後添加法を用いることが多く、高所作業車や作業台から投入する



1

直接混練法

収縮低減剤
投入

生コンプラントでコンクリートを
通常通り練り混ぜ

アジテート

運搬

荷卸し

打設

2

後添加法

ベースコンクリート
製造

アジテート

運搬

トラックアジテータに
収縮低減剤添加後、かくはん

荷卸し

打設

を抑制する。

収縮低減剤の特徴は、ベースとなるコンクリートの乾燥収縮率が高いときほど効果を発揮する点にある。収縮低減剤の使用量は、単位セメント量に対する質量の比率で表す。通常は1～2%の範囲で用いるが、5%程度まで増やしても実用上は問題ないとされている。図4から分かるように、使用量が増えるほど乾燥収縮率は小さくなる。

この特性を踏まえ、ベースコンクリートの乾燥収縮率と最終目標とする乾燥収縮率の値から、収縮低減剤の使用量を決定できる。

これに対し、膨張材は使用量が決まっており、原則として勝手に増やすことができないため、乾燥収縮率が高いベースコンクリートでは十分な効果を発揮しにくい。この点では収縮低減剤の採用が有利となる。

しかし、経済性の面では、同レベルの効果をj得るための材料単価は収縮低減剤のほうがやや高い。特に使用量を増やすと、コストの負担も大きくなる。例えば、使用量5%の場合、生コンの材料単価は一般的なコンクリートの約1.5倍になることもある。効果と経済性とのバランスを考えて判断したい。

収縮低減剤の使用方j法

膨張材は紛体であるため分散が難しく、生コン工場での練り混ぜ時に添加するのが鉄則である。投入管理が不適切だとトラブルを生むリスクもある。

その点、収縮低減剤は液体のため分散が容易で、図5に示すように生コン工場で添加する方法(直接混練法)もあるし、ミキサー車に直接投入する方法(後添加法)もある。

実務で用いることが多いのは後添加法だ。この場合、収縮低減剤を図5のように高所作業車や作業台から直接ミキサー車に投入し、高速で

図6 アルコール系の寒冷地での使用は避ける方が安全

タイプ	メーカー名	商品名	標準使用量	
			C×%	kg/m ³
アルコール系	太平洋マテリアル	テトラガード AS20	0.5 ～ 2.0	7.5 ～ 10.5
		テトラガード AS21	—	6 ～ 9
		テトラガード PW（粉体）	1 ～ 3	—
	電気化学工業	エスケーガード	1 ～ 4	3 ～ 12
	フローリック	チヂミガード	—	2 ～ 12
		ヒビガード	1 ～ 4	—
	竹本油脂	ヒビダン	2 ～ 6	—
		ヒビダン B	0.5 ～ 10	—
	日本シーカ	コントロール	—	1 ～ 8
	花王	SR-1000	—	0.5 ～ 3
	ライオン	レオソルブ 703B	0.6 ～ 1.8	2 ～ 6
	ADEKA	セムサーフ DSR-350	1 ～ 5	—
	グレースケミカルズ	e-SRA	1 ～ 3	—
	日油	シュドックス DSP-E40	2 ～ 6	—
		シュドックス DSP-E60	2 ～ 6	—
鉱物油系	フローリック	シュリンクガード	—	2 ～ 12
保水系	日本触媒	アクアガード	—	10 ～ 30

表中のアルコール系は、コンクリートの収縮を抑制する効果が高いが、耐凍害性能を低下させるので寒冷地での利用は避けた方が安全だ

かくはんした後に荷卸して施工する。高速かくはんの時間は一般に2分前後である。

入手可能な収縮低減剤の製品名とメーカー名を図6に、使用上の留意点を図7にまとめた。多くの製品がアルコール系と呼ばれるカテゴリーに属し、前述の表面張力を抑制する働きが強い。

ただし、アルコール系には弱点があり、耐凍害性を著しく低下させる場合がある。このため、北海道など寒冷地ではアルコール系を使用しないことが原則で、図6の鉱物油系、保水系を選定する。

図7

圧縮強度は最大で10%程度低下する

コンクリート中の空気量が安定しないので、AE剤で頻繁に空気量を調整する。また、圧縮強度が最大で10%程度低下するので、水セメント比を通常より低めに設定する

強度低下にも要注意

このほか、収縮低減剤を用いるときの留意点として、空気量のばらつきと強度低下がある。

収縮低減コンクリートの空気量が安

性能	注意点
耐久性	アルコール系の場合、凍結融解抵抗性が低いものがあり、寒冷地での使用は原則として避ける方が安全
フレッシュ性能	空気量が不安定となる場合がある
圧縮強度	10%程度の強度低下が生じる場合がある

定しないのは、収縮低減剤が空気量を変動させる性質を持っていることに起因する。従って、出荷時の空気量をチェックしたうえで、頻繁にAE剤による空気量調整をするように生コン工場へ依頼するほうが安全である。



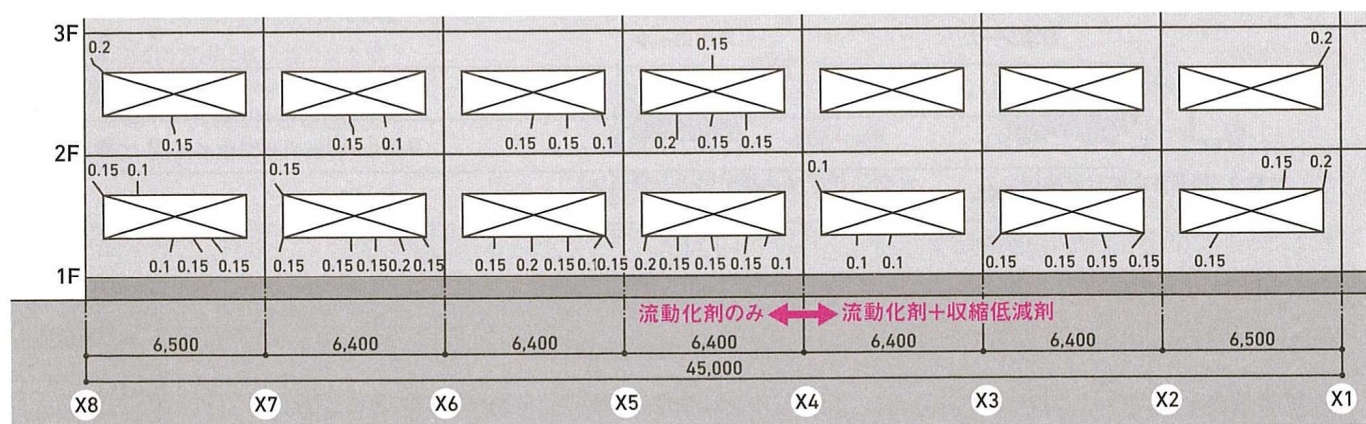
写真1

仕上げ材との接着性に注意

床スラブの使用時にブリーディングが多い場合、仕上げ材との接着性に注意する（写真：鹿島）

図8 収縮低減剤を使用した領域ではひび割れが少ない

収縮低減剤を使わない領域（左側）より、使った領域（右側）のほうが、ひび割れが少ないことが分かる
（資料：日本建築学会「膨張材・収縮低減剤を使用したコンクリートに関する技術の現状」をもとに日経アーキテクチャが作成）



また、圧縮強度については最大で10%程度低下することが知られている。調査を決める際には必ず試し練りを行い、同じ呼び強度の普通コンクリートよりも水セメント比を若干低め（例えば、3%程度低め）に設定することを推奨する。

施工における留意点にも触れておきたい。床スラブに収縮低減コンクリートを用いる際には、通常と同様の施工（写真1）と養生でよいが、ブリーディングが多いときには、収縮低減剤が水分と一緒に床スラブ表面に湧出する場合がある。このとき、床スラブ表面に収縮低減剤の成分が残るので、その上に仕上げを施す仕様では、仕上げ材との接着を阻害して剥

離などを引き起こすことがある。仕上げがあるときは、接着性を実際のスラブで事前に確認したい。

最後に、収縮低減剤を使用したときの効果を示す（図8）。この図は開口付の外壁について、収縮低減剤を使用した領域と使用しない領域に分け、ひび割れ発生状況を調べたもの

だ。全体的に拘束が強い1階でのひび割れ発生量が多いが、1階、2階ともに収縮低減剤を使用した領域のほうがひび割れが減少している。ただし、収縮低減剤を使用してもひび割れがなくなるわけではなく、発生量を抑制するにすぎない。これは、前述した膨張材と同様である。

ここがポイント

収縮低減剤には、水分が逸散しても
コンクリートの収縮を抑制する働きがある

使用時には、空気量のばらつきと
強度低下に注意を払う必要がある

目地なしでもひび割れなし 無収縮コンクリートの威力

➡ 長期にわたって圧縮応力が残存

ひび割れの発生を極限まで抑えたい。そんなニーズに応えてくれるのが無収縮コンクリートだ。
目地を打たなくても、有害なひび割れをほとんど抑制できる。
そのメカニズムから導入方法まで幅広く解説する。

ひび割れを抑制する切り札として無収縮コンクリートが最近の研究により開発され、実際の建築物に採用されている。ここでは、現状では最もひび割れ抑制効果が高い無収縮コン

クリートに焦点を当てる。

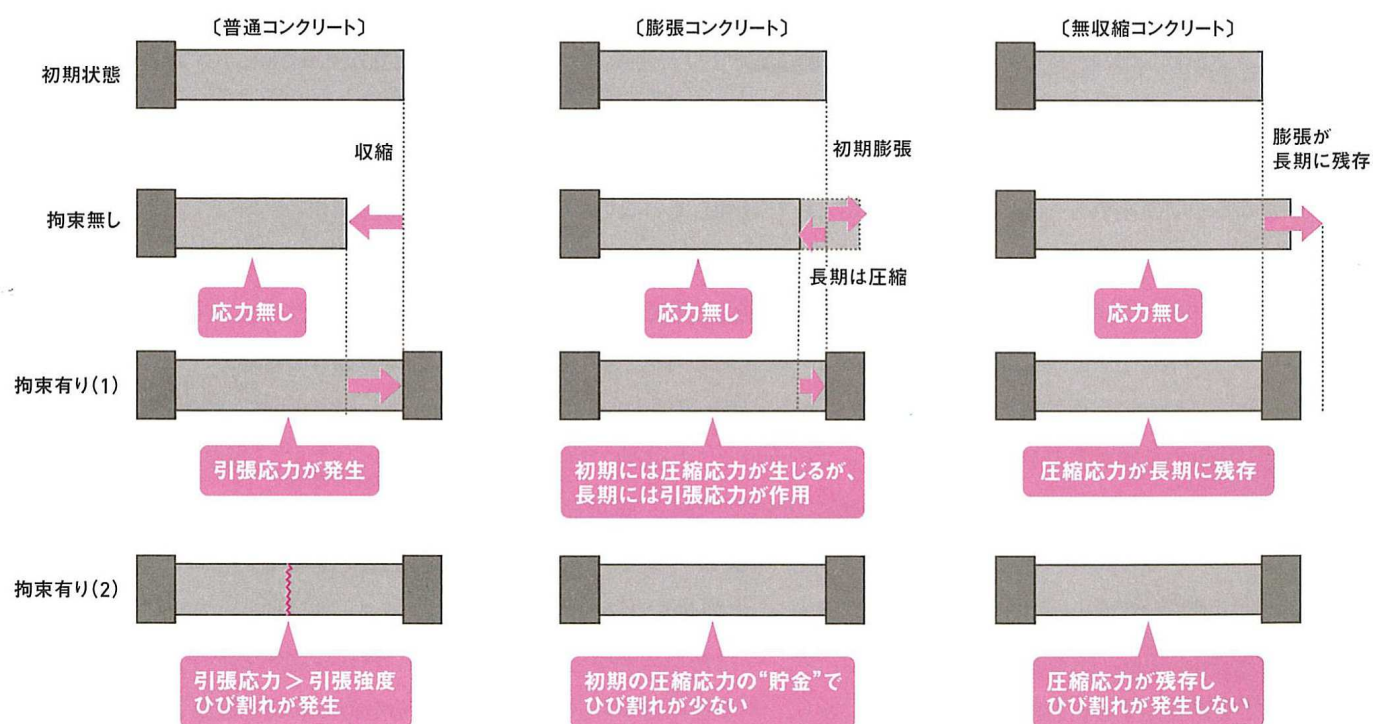
従来技術とはここが違う

無収縮コンクリートは、前に説明し

た膨張コンクリートの性能を高めたもので、膨張材の利用が前提となる。

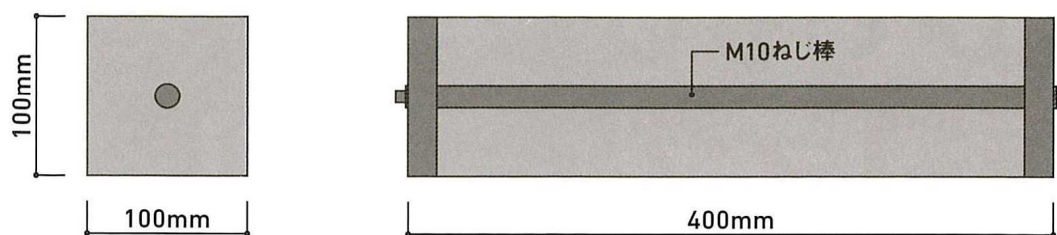
図1で無収縮コンクリートのひび割れ低減効果を、普通コンクリートや膨張コンクリートと比べた。普通コンク

図1 無収縮コンクリートは圧縮応力が残存する



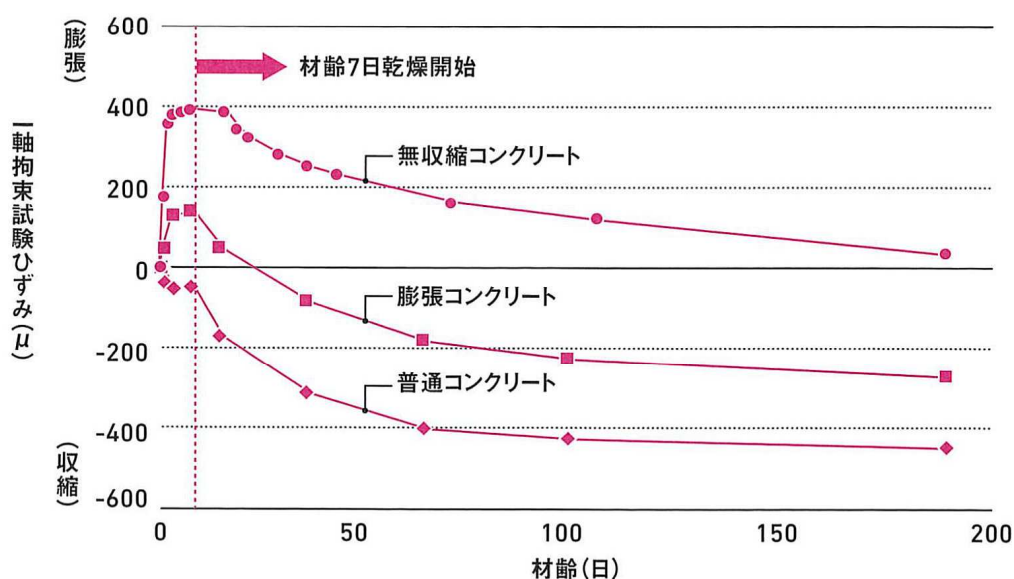
無収縮コンクリートは、初期の膨張による圧縮応力が大きいうえ、その後の収縮が小さい。圧縮応力が長期にわたって残存するのが特徴だ
(資料: 図8 まで特記以外は関田徹志)

【図2】 コンクリートの膨張量を測定（一軸拘束試験）



この試験は、膨張材を使用したときのコンクリートの膨張量を測定するもの。JIS規格（JIS A 6202）に沿って実施する試験だ

【図3】 半年経過しても膨張ひずみが残存



無収縮コンクリートは、初期の膨張ひずみが400μ程度と大きい。さらに、半年経過した段階でも膨張ひずみが残存している。ひずみ特性は、ほかのコンクリートと大きく異なる

リートでは大きな収縮が発生するが、外部の拘束によって収縮が妨げられることで引張応力が生じ、引張強度を超えたところでひび割れが発生する。膨張コンクリートは、硬化の初期段階に膨張し、外部の拘束によって圧縮応力が発生する。初期の圧縮応力の「貯金」によって、その後の収縮による引張応力を緩和しひび割れ発生を抑制する。

無収縮コンクリートは初期の膨張による圧縮応力が大きいうえ、その後の収縮が小さいことから、圧縮応力が長期にわたって残存する。このため、引張応力がほとんど発生せず、ひび割れの発生リスクを非常に小さくできる。

無収縮コンクリートの定義

無収縮コンクリートはまだ一般的な名称として定着していないが、筆者は以下のように定義している。

【図2】は、膨張材を使用したときのコンクリートの膨張量を測定する試験だ（一軸拘束試験）。JIS規格（JIS A 6202）に沿って行うが、この試験で約半年の乾燥期間を経た後も、膨張ひずみが残るものを無収縮コンクリートと呼ぶ。

【図3】に試験結果の例を示す。普通コンクリートは初期段階から収縮領域にあり、半年後には400μを超える大きな収縮ひずみを示す。これに対し、膨張コンクリートでは初期に200

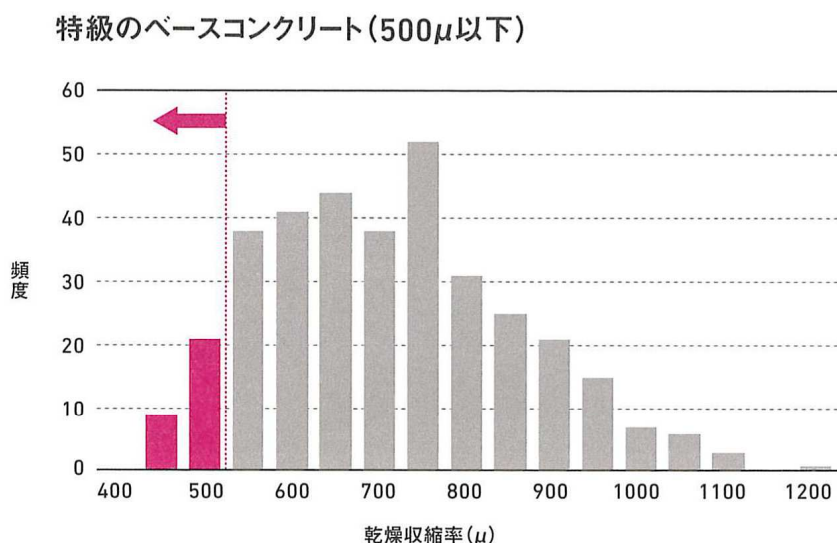
μ程度の膨張を示すが、数週間後に収縮が始まり、最終的には250μ程度の収縮ひずみを記録する。一方、無収縮コンクリートでは、初期の膨張ひずみが400μ程度と大きく、その後の収縮が小さいので、最終ひずみが膨張側にとどまっている。無収縮コンクリートのひずみ挙動は、ほかのコンクリートと大きく異なることが分かる。

特級仕様の生コンを採用

次に、無収縮コンクリートを実現するための手順を【図4】に示す。

第1のステップは、生コンの乾燥収縮率を調べ、500μ以下の特級仕

図4 無収縮コンクリートの必須条件



1

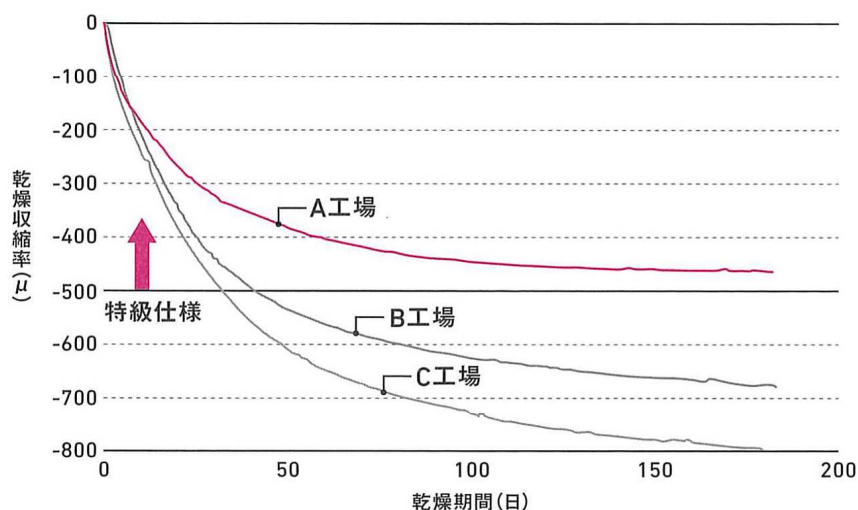
事前の調査などにより、ベースとなるコンクリートの乾燥収縮率を特級レベル(500 μ 以下)に抑制する

2

膨張材に加え、セメントに中庸熱または低熱ポルトランドセメントを採用するか、もしくは収縮低減剤を採用する

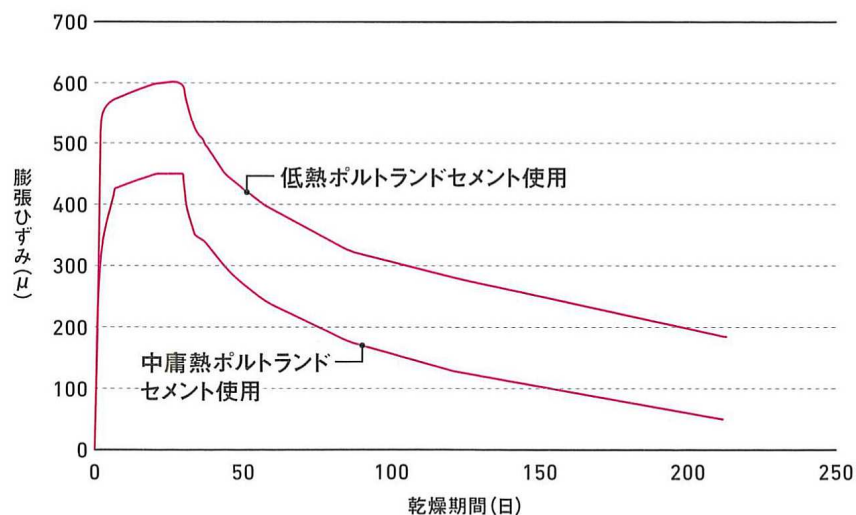
無収縮コンクリートを施工するには、特級仕様の生コンが必須。乾燥収縮率が500 μ 以下のものを選択する。左のグラフは、全国各地の生コン工場を対象に調べた乾燥収縮率の分布

図5 導入前に実験によって生コンの収縮ひずみを確認



生コンの乾燥収縮率を調べるため、A、B、Cの3工場を対象として乾燥収縮試験を実施。A工場が特級仕様のコンクリートを供給できると分かり、同工場の生コンの採用を決めた

図6 低熱ポルトランドセメントの残存膨張ひずみが大きい



A工場でセメントの種類別に残存膨張ひずみを測定した。その結果、低熱系の2つのセメントのうち、中庸熱より低熱ポルトランドセメントのほうが、残存膨張ひずみが大きいことが分かった



写真1 ひび割れリスクがある建築物に導入

7種類のサイズを持つボツ窓が、ランダムに配置された建築物。開口の隅角部からのひび割れや漏水が懸念されるので、無収縮コンクリートを採用した。竣工後6年経ても有害なひび割れがない(写真:日経アーキテクチャ)



写真2 大面積の妻壁を目地なしで施工

鹿島技術研究所の妻壁には、無収縮コンクリートを採用している。これほどの大面積で、目地なしのコンクリートを打設することは通常ありえない。無収縮コンクリートだから実現できた事例だ(写真:鹿島)



写真3 ひび割れリスクのあるデッキ床スラブに導入

鉄骨造の駐車場のデッキ床スラブに無収縮コンクリートを導入した。一般に、デッキ床スラブは鉛直力による曲げ応力によって、ひび割れが発生しやすい。無収縮コンクリートは、こうしたリスクが高い場所で効果的に使いたい(写真:鹿島)

様を選ぶことだ。生コンの乾燥収縮率は地域により大きく違うので、特級仕様の生コンをどの工事でも必ず調達できるわけではないが、例えば東京地区では入手できる可能性が高い。第2のステップは、膨張材に加えて、低熱系セメント(中庸熱もしくは低熱ポルトランドセメント)か収縮低減剤のどちらかを採用することだ。

図5 は、無収縮コンクリートの導入に当たり、生コンの乾燥収縮率を調

べるため、A、B、Cの3工場を対象に実施した乾燥収縮試験の結果である。工場間の乾燥収縮ひずみの差は大きく、最大のC工場と最小のA工場では300 μ 以上の差があった。A工場が特級仕様のコンクリートを供給できると分かり、採用を決定した。

図6 は、そのA工場で調合した無収縮コンクリートの試験結果である。工場内で試し練りをして、どの程度の残存膨張ひずみが期待できるか調

べたものだ。低熱系の2つのセメントのうち、中庸熱より低熱ポルトランドセメントのほうが残存する膨張ひずみが大きい。ただし、低熱セメントは気温が低くなる秋以降には適していないうえ、中庸熱よりコストが高い。

実プロジェクトで効果を実証

膨張材と低熱系セメントの無収縮コンクリートを実際の建物に適用した当

図7

床スラブのひずみを計測

デッキ床スラブのコンクリートのひずみを実測した。一般に、床スラブは梁際とスパン中央でひび割れが発生しやすい。こうしたポイントに計測点を置いた

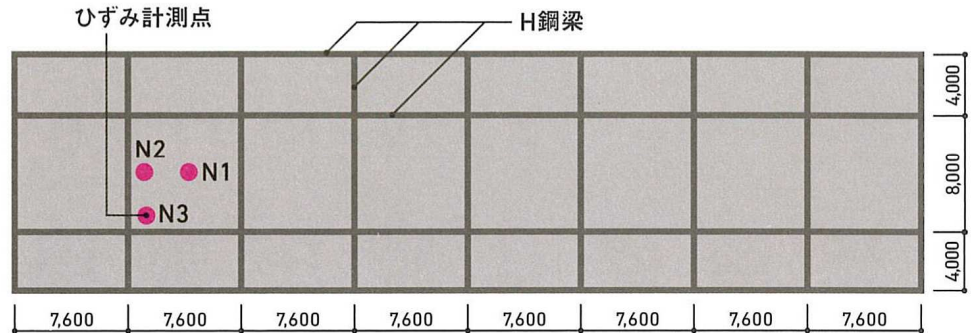
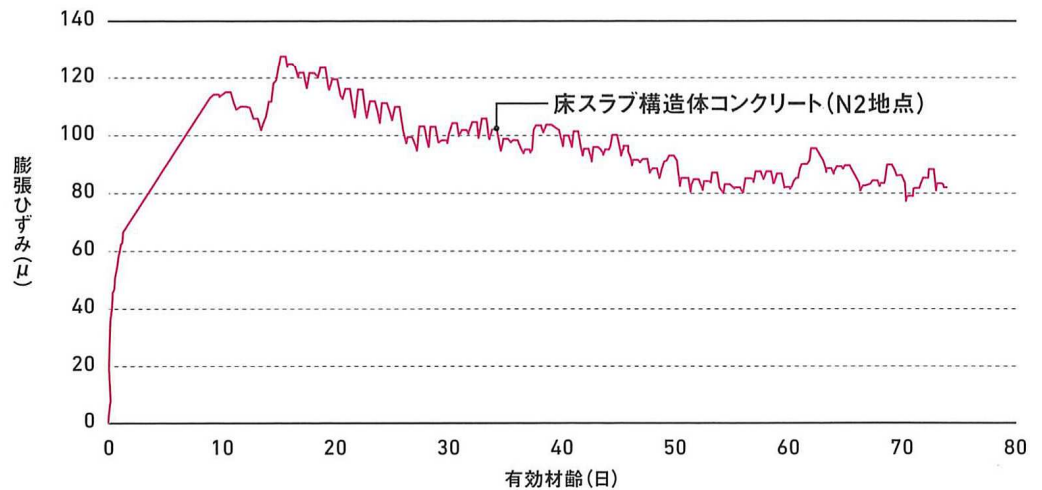


図8

2 カ月以上経過しても膨張ひずみが残存

膨張ひずみの推移。硬化初期に120 μ の膨張ひずみが計測され、その後80 μ 程度まで減少しているが、2 カ月以上経過しても安定的に推移している



社の施工例を紹介する。

写真1 は煙突状の外殻壁式免震建物で、外壁にはランダムに窓を多数配置している。計画段階で、ランダムに配置された開口の隅角部からのひび割れや漏水の発生が懸念された。そこで無収縮コンクリートを導入した結果、竣工後6年を経ても建物に有害なひび割れは観察されず良好な状態を保っている。

写真2 は、当社の技術研究所に導入した例である。大面積（20×30m）の妻壁（耐震壁）に無収縮コンクリートを導入した。フラットな平面外装を実現するため、目地なしで施工している。このような大面積の外壁をひび割れ誘発目地なしで施工することは一般にはありえない。無収縮コンクリートだ

からこそ実現できた例だ。

次に、膨張材と収縮低減剤を併用した無収縮コンクリートの適用例を**写真3**に示した。この工事では、鉄骨造の駐車場建物のデッキ床スラブに無収縮コンクリートを採用した（**図7**）。床スラブの構造体コンクリートのひずみを実測したところ、硬化初期に120 μ の膨張ひずみが計測され、その後80 μ 程度まで減少しているが、安定

的に推移している（**図8**）。竣工して3年後でもほとんどひび割れが発生していない。

無収縮コンクリートは、材料供給上の制限やコスト面の課題（材料単価は、普通コンクリートの約4割増）があり、ひび割れが完全になくなる保証はないが、抑制効果は顕著だ。ひび割れリスクが懸念される建物には有効な解決策になる。

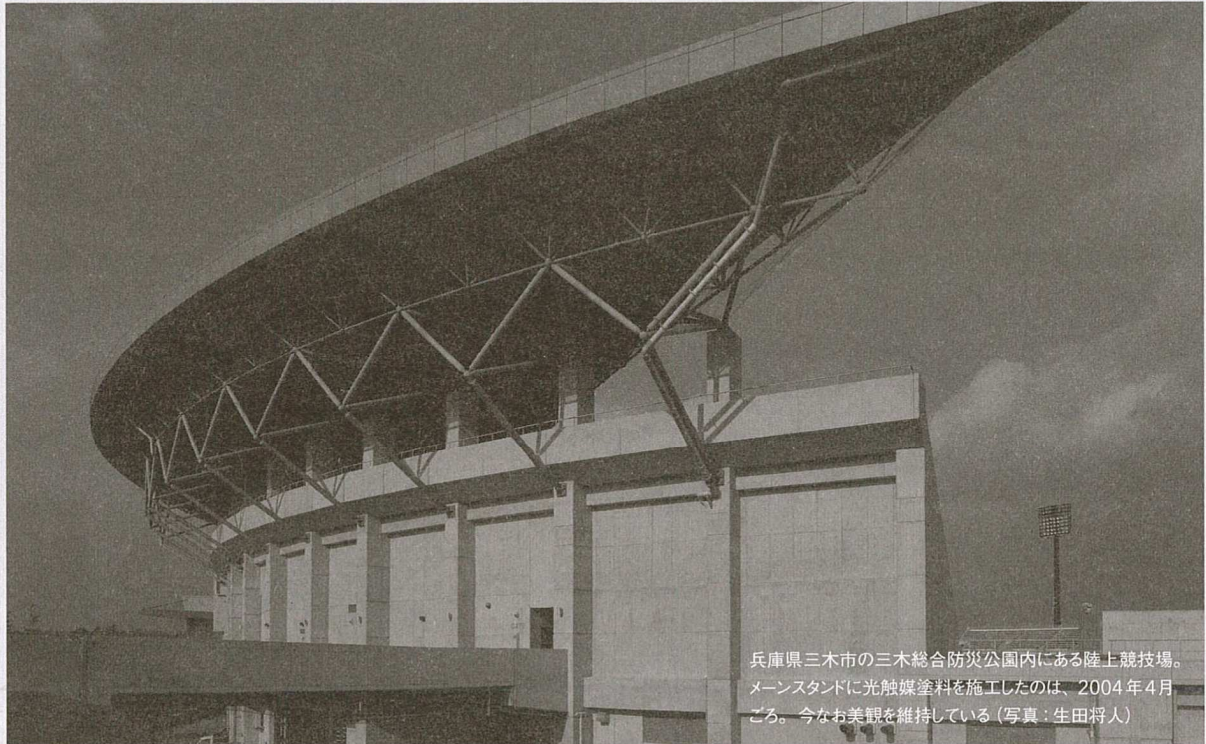
ここがポイント

圧縮応力が長期にわたって残存するので、
ひび割れ発生リスクが非常に小さい

厳格な品質管理が求められるが、ひび割れリスクが
懸念される建物では有効な解決策になる

コンクリートこぼれ話 ④

光触媒は膜圧管理が重要



兵庫県三木市の三木総合防災公園内にある陸上競技場。メインスタンドに光触媒塗料を施工したのは、2004年4月ごろ。今なお美観を維持している（写真：生田将人）

今 なお意匠設計者の間で根強い人気があるコンクリートの打ち放し。しかし、安易に導入すると耐久性や美観が短期間で損なわれ、建築主からクレームを受けることになりかねません。特に気になるのが汚れ。アクリルやウレタンなどの塗料をクリア仕上げで塗装すると、完成後2、3年で汚れが目立ち始めます。

そこで、長期の美観維持を目的として、光触媒塗料が採用されることがあります。特徴は、セルフクリーニング機能を備えていること。紫外線を当てるだけで、有機物（汚れ）を分解します。その効果のほどは、兵庫県三木市にある三木総合防災公園内の陸上競技場で垣間見ることができます（写真上）。

塗料を施工したのは2004年4月。既に10年以上経過していますが、今なお美観を保っています。公園内で同時期に施工した別区画の打ち放しは、雨水のくさび状の汚れが目立ちます（写真右）。両方を比べると、光触媒塗料の効果を実感できます。

ただし、光触媒塗料を導入した建物がすべて美観を維持しているわけではありません。なかには、効果が現れていない建物も少なくありません。主な理由は膜圧管理の難しさにあります。光触媒塗料の塗膜の厚さは、通常1ミクロン以下。普通の塗料は10～20ミクロンですから、それと比べると相当な薄さです。塗り過ぎると白濁やチョーキングが生じるし、逆に不足すると汚れが目立ちます。

三木陸上競技場では、光触媒塗料メーカーのピアレックス・テクノロジーズが直接施工を担当しました。当時は厳格な膜圧管理ができる専門工事がまだ少なかったため、慎重を期して塗料メーカーが直接施工したそうです。これほど大規模な打ち放しが美観を保っているのは壮観です。

（文責＝日経アーキテクチャ編集）

