

# 太平洋スーパーミックス

技術資料

## 目次

1. 太平洋スーパーミックスについて
2. 高強度の発現機構
3. 太平洋スーパーミックスの使用方法
4. 太平洋スーパーミックスを用いた  
コンクリートの蒸気養生方法
5. コンクリートの配合と  
圧縮強度の関係について
6. 高強度コンクリートの諸物性
  - (1) 乾燥収縮
  - (2) クリープ
  - (3) 中性化
  - (4) 凍結融解
  - (5) 長期的性状
7. 太平洋スーパーミックスを用いた  
高強度コンクリートの応用例
  - (1) プレストレストコンクリートくい
  - (2) ヒューム管
  - (3) その他

# 1. 太平洋スーパーミックスについて

## 性能

太平洋スーパーミックスは粉体の無機質混和材であり、セメント重量の10%程度混和して常圧蒸気養生することにより、早期の強度発現に寄与します。また、高性能減水剤と併用すれば、さらに高強度のコンクリートを得ることができます。

## 用途

太平洋スーパーミックスはあらゆるコンクリート製品に適用することが可能ですが、特に、高い圧縮強度が要求される分野において有効に使用できます。一例として高強度プレストレストコンクリートに使用した場合のメリットをあげると、

- ① オートクレーブ養生を行わずに高強度を得ることができ、養生のエネルギー費および設備投資の費用を大幅に節減できます。
- ② 常圧蒸気養生を行うだけで7日程度の早期材齢での出荷が可能です。
- ③ オートクレーブと比較して養生温度が低いため、PC鋼材のリラクセーションが小さくなります。
- ④ リラクセーションが小さいことと、脱型時の強度が高いことにより、大きな有効プレストレス量のくいの製造が可能になります。

太平洋スーパーミックスの化学成分と物理的性質は表-1に示す通りです。また、出荷時の製品管理は高強度のモルタルを用いて行っております。

表-1 太平洋スーパーミックスの化学成分

化学分析値(%)						物理的性質	
ig.loss.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	密度	粉末度(cm <sup>2</sup> /g)
1~2	4~8	1~2	0.5~1.5	40~55	30~40	2.9~3.0	5,000~6,000

# 2. 高強度の発現機構

## 水セメント比と圧縮強度の関係

一般に、コンクリートの圧縮強度は水セメント比と強い相関関係を有し、水セメント比が小さくなるほど強度は大きくなります。そして、高性能減水剤を用いてもこの直線関係はほとんど変わりません。しかし、太平洋スーパーミックスを使用すると、図-1にみられるように水セメント比と圧縮強度の関係は変化します。

太平洋スーパーミックスを使用した場合、同一水セメント比で得られる圧縮強度が大幅に上回る主な理由は、コンクリートの組織中に生成される微細な結晶と係わりがあります。この結晶はエトリンガイト( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ )と呼ばれるもので、写真-1にみられるような非常に微細で安定度の高いものです。また、エトリンガイトは図-2に示すようにX線回折によっても確認することができます。

## 高強度の発現機構

このエトリンガイトを早期に生成させて高強度を発現させるためには、蒸気養生が非常に有効な手段になります。なお、セメントの水和初期あるいは膨張材を使用した場合にもエトリンガイトが生成されますが、前者とは安定度が、後者とは結晶の形態が異なります。このため通常の使用量の範囲内では、太平洋スーパーミックスに膨張機能はありません。

微細な結晶の生成が組織を緻密にして高強度を実現するわけですが、緻密さの程度は水銀圧入法による細孔径分布の測定等で確認されます。図-3にその一例を示してありますが、太平洋スーパーミックスを使用することにより空隙量の減少の様子がみられます。

図-1 太平洋スーパーミックスを使用したときの水セメント比と圧縮強度の関係

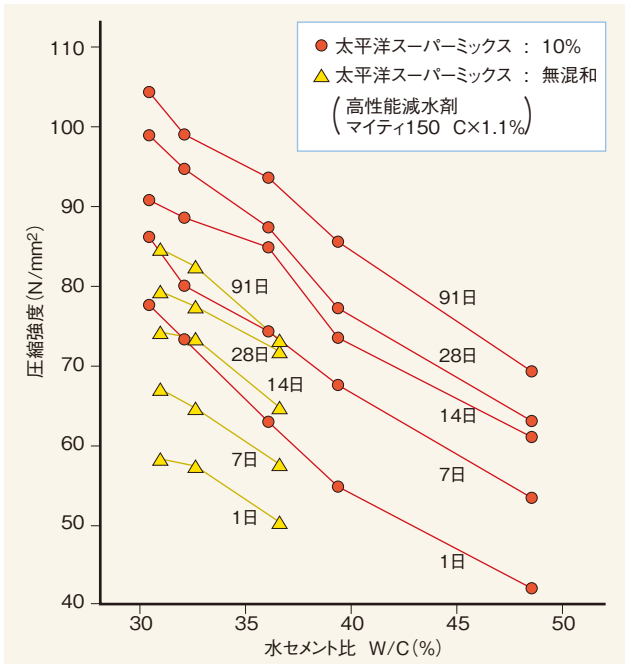


図-2 太平洋スーパーミックスを混和したモルタルのX線回折図

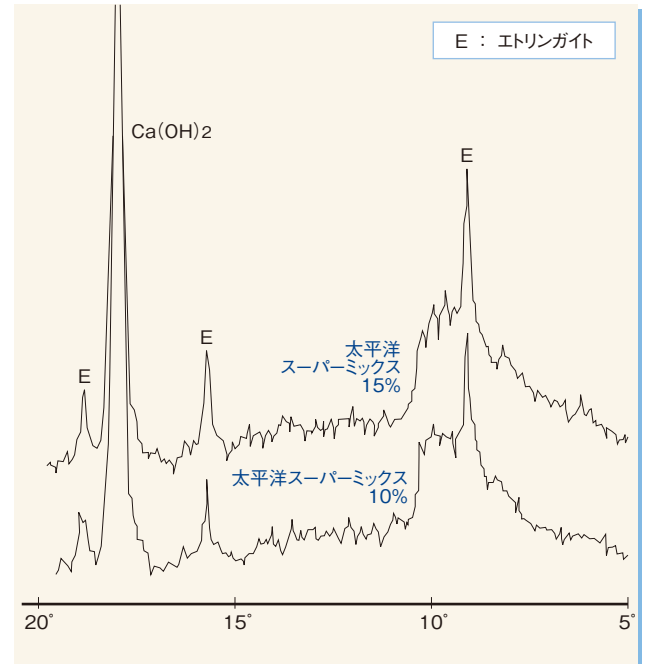


写真-1 コンクリート破断面の電子顕微鏡観察

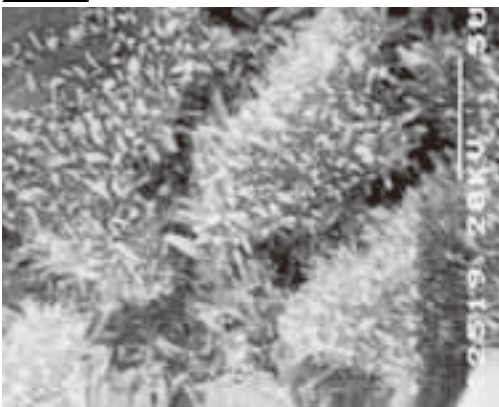
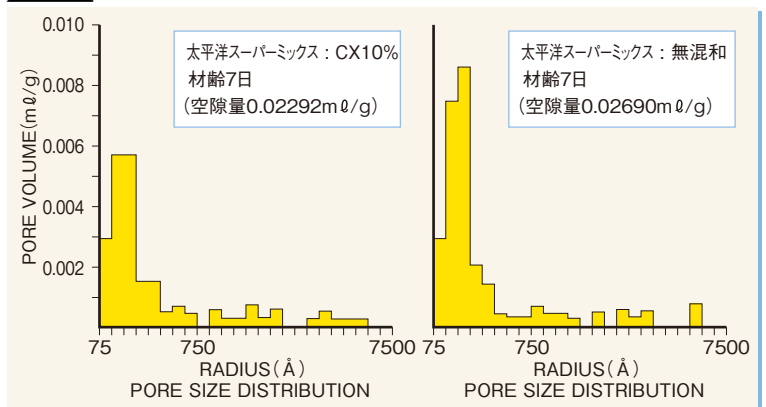


図-3 モルタルの細孔径分布図



# 3. 太平洋スーパーミックスの使用方法

## 使用方法

粉体の混和材ですから、他の混和材と同様の取り扱いおよび使用方法をとることができます。

## 混和量

標準的な混和量は単位セメント量の10%ですが、図-4にみられるように混和量を10%以上にすると強度はある程度まで漸増します。また、単位セメント量等によっても最適の混和量が若干異なりますが、通常は10%の混和で十分な強度向上の効果を期待できます。

## 配合設計

配合設計の方法は、太平洋スーパーミックスを使用しない場合と基本的には変わりませんが、無混和のコンクリートから太平洋スーパーミックスを使用する配合に修正する場合には表-2に示す手順で行うと便利です。

図-4 太平洋スーパーミックスの混和量と圧縮強度の関係

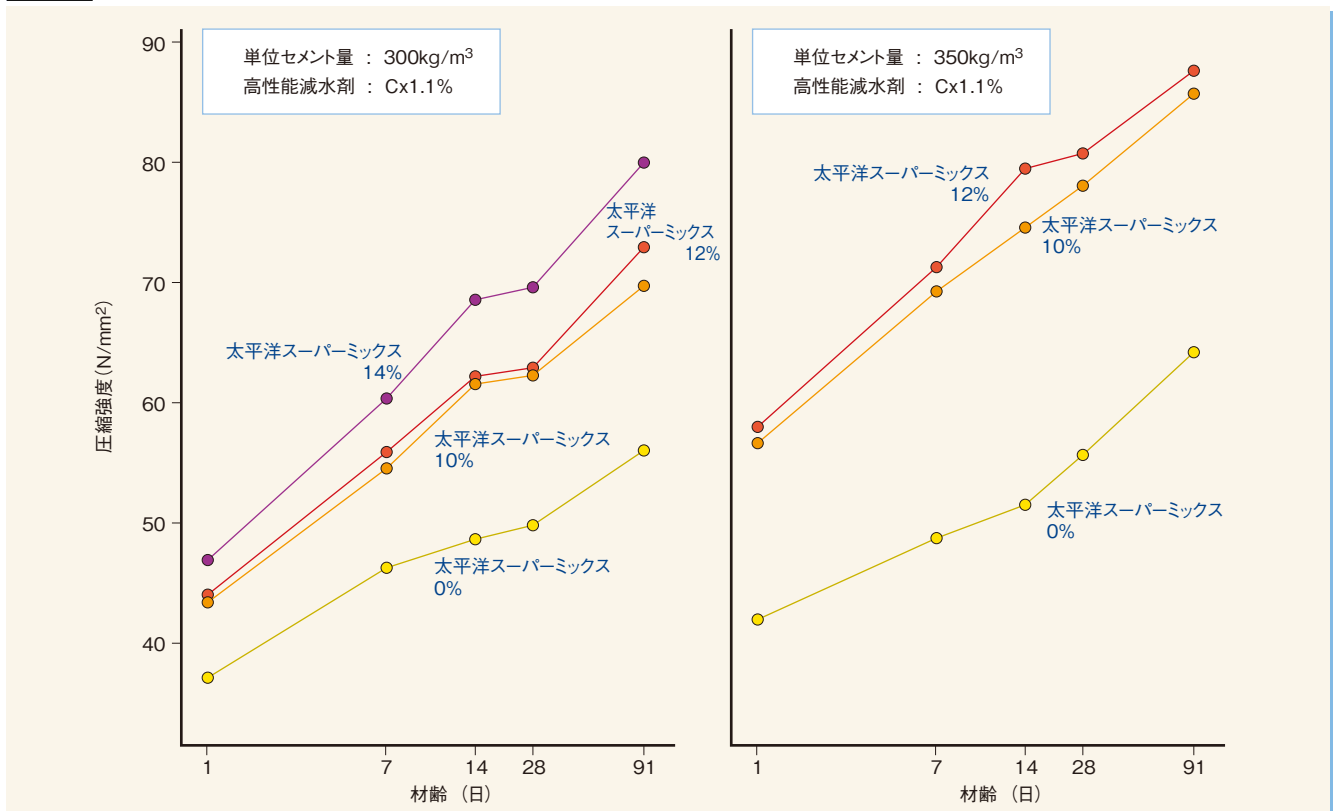


表-2 太平洋スーパーミックスを用いる場合の配合設計例

太平洋スーパーミックス 無混和		→	10%使用の場合	
単位セメント量	450kg/m³	→	450kg/m³	} (変わりません)
高性能減水剤量	4.5kg/m³ (Cx1%)	→	4.5kg/m³	
単位水量	146kg/m³		143kg/m³	(2~6kg/m³減少できます)
太平洋スーパーミックス	0		45kg/m³	(細骨材の容積と置換します)
細骨材率	40.0%		38.5%	(1~2%減少します)

# 4. 太平洋スーパーミックスを用いた コンクリートの蒸気養生方法

## 養生条件

通常、8時間から1日程度の工程で蒸気養生が行われますが、強度、耐久性等に及ぼす養生条件の影響は一般的な場合と同様です。すなわち、十分な前置時間とゆるやかな昇温速度をとればコンクリートの加熱による損傷程度を小さくすることができます。

必要な前置時間は雰囲気温度およびコンクリートの練上り温度で異なりますが、高強度コンクリートに対しては20℃の場合で3～4時間が標準になります。昇温速度は前置時間と関連があり、十分な前置をとってればかなり早い昇温速度でも強度低下はそれほど起きません。通常は20℃/h程度が適当です。

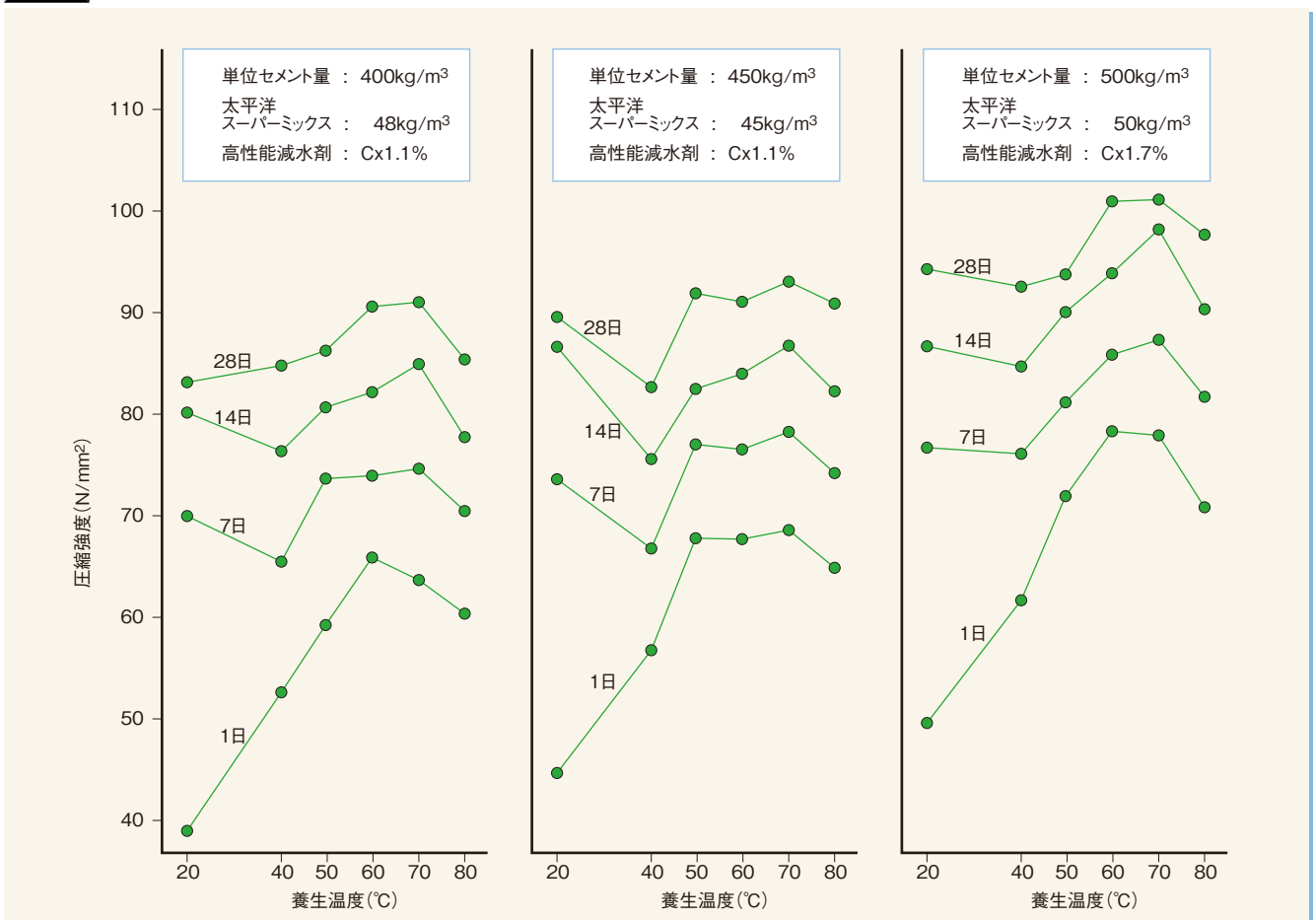
## 太平洋スーパーミックスを用いたコンクリートの養生特性

一般のコンクリートの場合、蒸気養生温度が高くなるほど短期強度は向上しますが、長期強度の伸びは低下します。しかし、太平洋スーパーミックスを使用した場合には、結晶生成との関連から比較的高温側に最適の温度範囲が存在します。蒸気養生温度の影響は図-5に示す通りです。

一般のコンクリートは、材齢7日程度から蒸気養生した供試体の強度が20℃の標準養生を行ったものより下回ってきますが、太平洋スーパーミックスを用いて蒸気養生を行ったコンクリートは材齢にかかわらず標準養生のものより高く、最高温度が60～70℃の場合に最も高い強度発現を示しています。しかし、80℃で養生を行った場合は、セメントそのものの水和に対する悪影響が生じるため短期、長期材齢とも圧縮強度が低下します。

これらデータ、現場における蒸気養生槽の条件等を考慮に入れ、太平洋スーパーミックスを使用したコンクリートの最適養生温度は70℃程度と考えられます。

図-5 蒸気養生の最高温度と圧縮強度の関係



# 5. コンクリートの配合と圧縮強度の関係について

## 単位セメント量と圧縮強度の関係

太平洋スーパーミックスを使用した場合でも水セメント比と強度の関係は成立しますから、一定のワーカビリティを保持したうえで水セメント比を小さくしていけばより高い強度を得ることができます。すなわち、太平洋スーパーミックスの混和率を一定にした場合、同一スランプ、同一高性能減水剤使用量であれば図-6のように単位セメント量の増加にしたがって圧縮強度はほぼ直線的に増加します。

図-6 単位セメント量と圧縮強度の関係

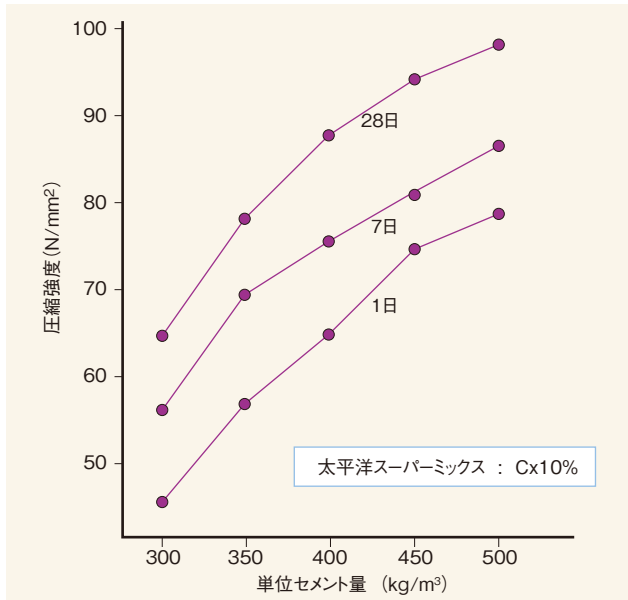
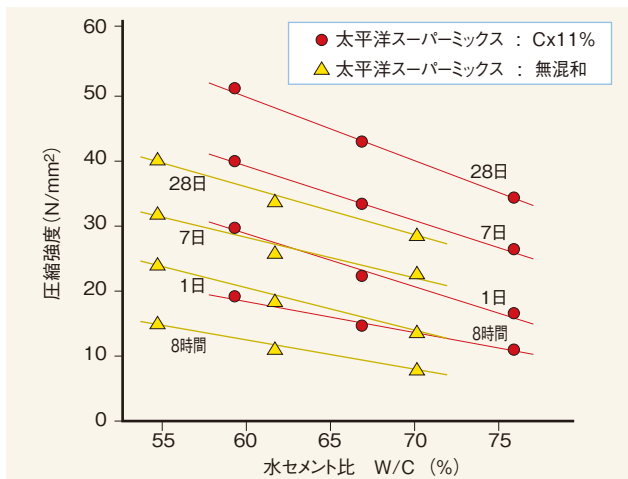


図-8 太平洋スーパーミックスを用いた貧配合のコンクリートの試験結果



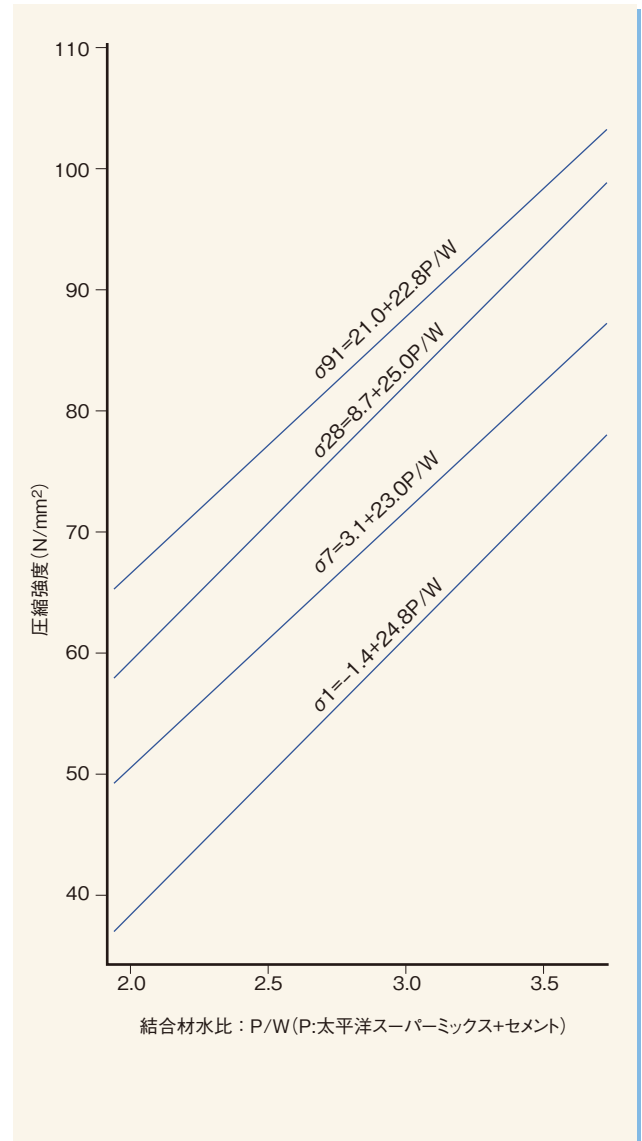
## 結合材水比と太平洋スーパーミックスを用いたコンクリートの圧縮強度の関係

高性能減水剤量を0~1.7%、太平洋スーパーミックスの混和率を10~14%に変化させた場合の結合材(セメント+太平洋スーパーミックス)・水比と強度との関係を示すと図-7の通りです。

図-7は高性能減水剤を併用した比較的富配合のコンクリートの圧縮強度ですが、図-8は短いサイクルの蒸気養生を行った単位セメント量が234~340kgの比較的貧配合のコンクリートの試験結果です。

コンクリートの強度水準が低い場合であっても、太平洋スーパーミックスの効果が明らかで、および水セメント比と圧縮強度がほぼ直線関係にあることが分ります。

図-7 結合材水比と太平洋スーパーミックスを用いたコンクリートの圧縮強度の関係



# 6. 高強度コンクリートの諸物性

## 乾燥収縮

高強度コンクリートの場合、一般に単位セメント量が多くなりますが、高性能減水剤等の利用によって単位水量が著しく小さいため乾燥収縮はそれほど増加しません。単位セメント量500kgで太平洋スーパーミックスの無混和および混和コンクリートの乾燥収縮の測定結果の一例を図-9に示します。太平洋スーパーミックスを混和すると、乾燥収縮量は無混和とほぼ同等、もしくは若干小さくなります。

## クリープ

クリープは太平洋スーパーミックスを使用することによって相当に減少します。その理由の主なもの、太平洋スーパーミックスが早期材齢からの圧縮強度の増大をもたらし、かつ組織を緻密にした結果と考えられます。図-10は乾燥条件下におけるクリープの経時変化を示したもので、載荷時における弾性ひずみとの比からクリープ係数を求めると表-3に示す通りです。

図-9 高強度コンクリートの乾燥収縮

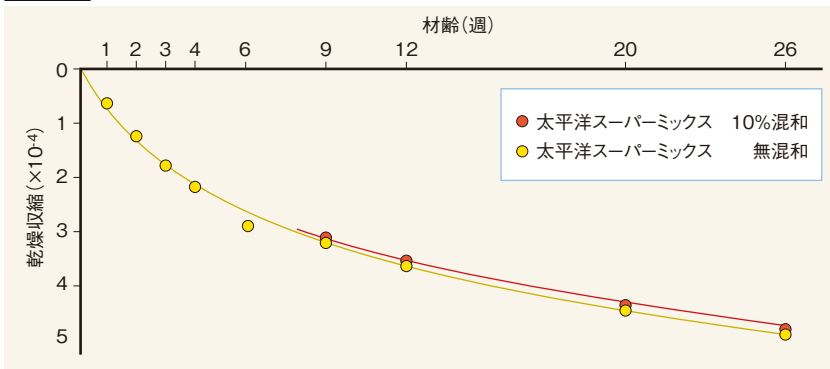
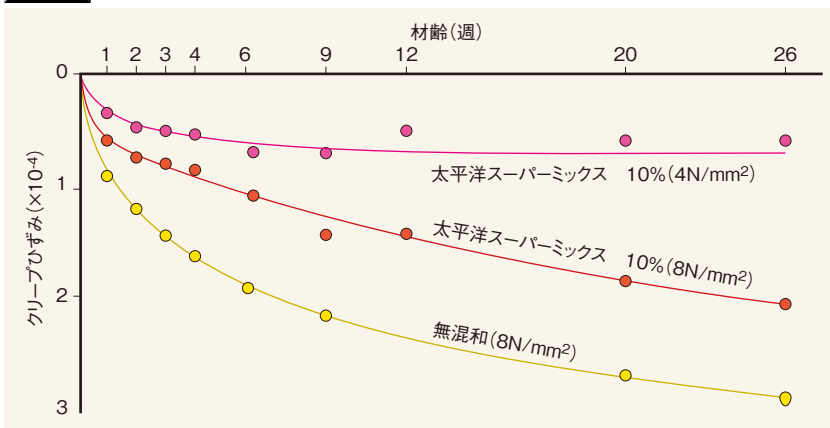


図-10 高強度コンクリートのクリープ



## 中性化

高強度コンクリートは一般に単位セメント量が多く、PHも12.5~13.0と高い値を有しています。これに太平洋スーパーミックスを使用してもPHは変化しません。しかも初期材齢から密実な組織を有しているため、中性化および鋼材の発錆に対し非常に有利です。

写真2および3は太平洋スーパーミックスを用いたコンクリート供試体における屋内曝露1年経過後の断面ですが、フェノールフタレインによって赤色を呈し、完全なアルカリ性であることを示しています。屋外に曝露したものはさらに中性化に対する問題は少なく、いずれの供試体においても埋め込んだ鋼材に発錆はまったく認められません。

表-3 太平洋スーパーミックスを用いた高強度コンクリートのクリープ係数

種類 載荷応力 材齢	無混和	スーパーミックス10%使用	
	8N/mm <sup>2</sup>	8N/mm <sup>2</sup>	4N/mm <sup>2</sup>
4週	0.72	0.35	0.54
12週	1.00	0.61	0.50
26週	1.32	0.88	0.59

写真-2 太平洋スーパーミックスを用いたPC供試体の断面

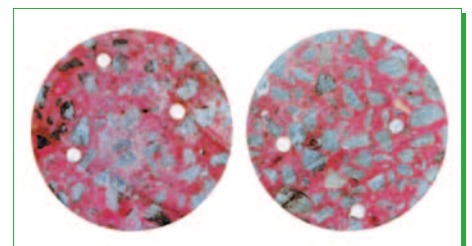
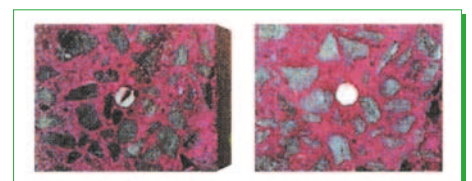


写真-3 太平洋スーパーミックスを用いたPC供試体の断面



## 凍結融解

一般に、凍結融解に対する十分な耐久性を持たせるにはAE剤によってコンクリート中に微細な空気泡を連行する必要がありますが、この場合は強度を若干犠牲にしなければなりません。しかし、水セメント比を非常に小さくしてコンクリートの組織を密実にしてやれば、AEコンクリートとしなくとも必要な耐久性を得ることもできます。

図-11は太平洋スーパーミックスを10%混和したコンクリートで水セメント比を変化させた試験結果ですが、水セメント比が30%程度以下になると十分な耐久性が確保されています。

また、図-12は太平洋スーパーミックス無混和の供試体と比較したのですが、太平洋スーパーミックスの混和によって耐久性も若干向上しています。さらに、AEコンクリートとすると、凍結融解の繰り返しによる動弾性係数の低下はまったく認められません。

図-11 太平洋スーパーミックスを用いたコンクリートの耐久性

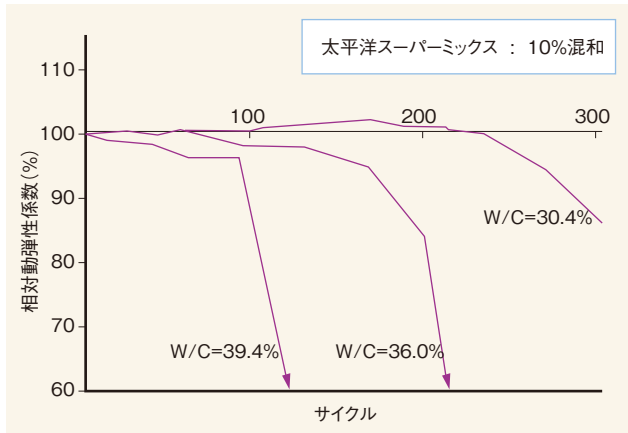
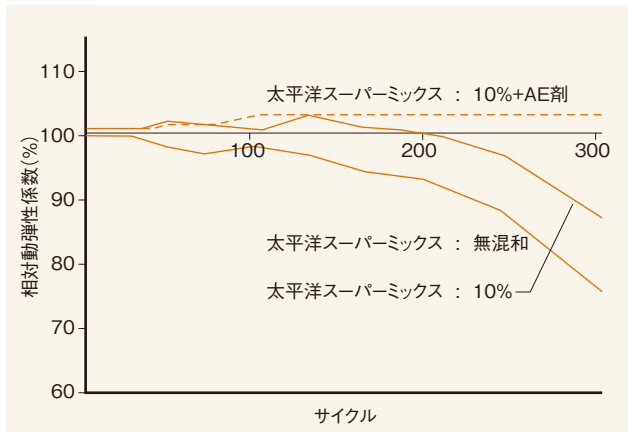


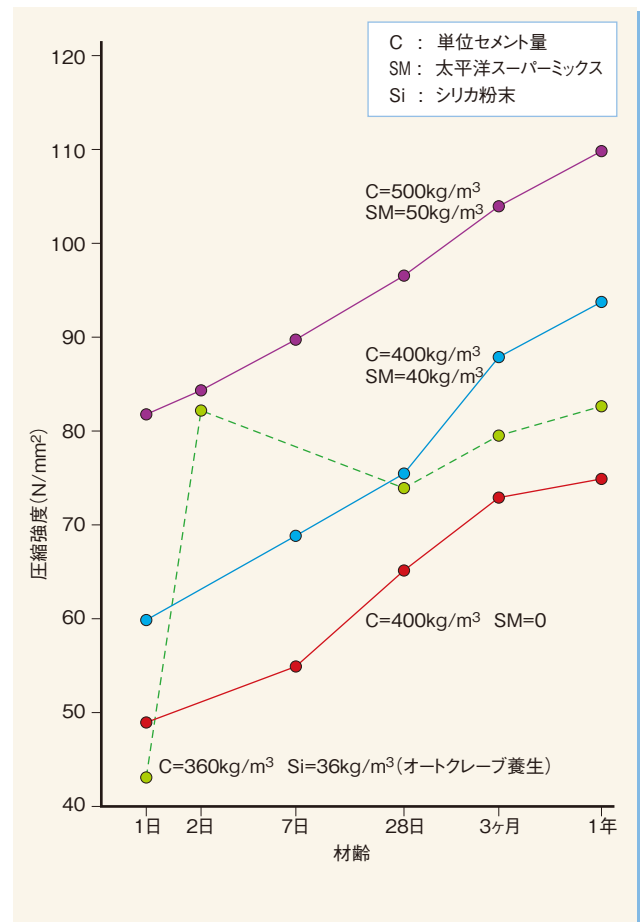
図-12 太平洋スーパーミックス混和の有無の比較



## 長期的性状

太平洋スーパーミックスを用いたコンクリートは、長期にわたり安定した高強度を維持します。図-13は太平洋スーパーミックスを用いた2種類のコンクリートの強度推移を無混和のもの、およびオートクレーブ養生したものと比較して示したもので、材齢1年迄強度発現が持続しています。

図-13 太平洋スーパーミックスを用いたコンクリートの長期圧縮強度性状



# 7. 太平洋スーパーミックスを用いた高強度コンクリートの応用例

## プレストレストコンクリートくい

コンクリートの圧縮強度が78.5N/mm<sup>2</sup>以上の高強度くいは、JIS A 5337「プレテンション方式遠心力高強度プレストレストコンクリートくい」として1982年にJIS化されましたが、太平洋スーパーミックスを使用すれば、常圧蒸気養生のみでオートクレーブ養生品と同等の高性能のくいを容易に製造することができます。

高強度くいへの利用例は数多くありますが、例えば表-4に示した配合のコンクリートを使用することによって、所要の圧縮強度、および曲げ耐力ならびに図-14に示すような十分な耐打撃性能を得ることができます。くい体の許容圧縮応力度等の取り扱いに関しても、オートクレーブ品と同一であり、オートクレーブ関係の設備投資を行うことなく経済的に高強度くいを製造することができます。

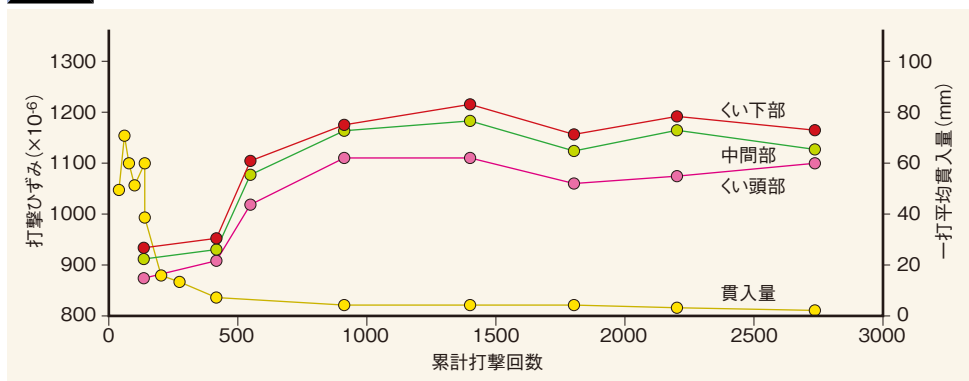
また、オートクレーブ養生と比較して養生温度が低いためPC鋼材のリラクセーションが小さくなること、および脱型時（プレストレス導入時）の圧縮強度が非常に高いことを利用すれば、上記JISに定められた値以上の有効プレストレスを導入したくいを製造することも可能です。

また、通常のJIS A 5373「プレキャストプレストレストコンクリート製品」附属書5（規定）プレストレストコンクリートくいの製造に太平洋スーパーミックスを使用すれば、材齢8時間程度で所要の圧縮強度を得ることも可能で製品の早期出荷の点で非常に有利になります。

表-4 太平洋スーパーミックスを用いた高強度コンクリートの配合例

コンクリートの配合条件				蒸気養生方法	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	
スランプ	単位セメント量	太平洋スーパーミックス	高性能減水剤		1日	7日
2~8cm	450~500kg/m <sup>3</sup>	45~50kg/m <sup>3</sup>	5~10kg/m <sup>3</sup>	65~70℃×4~8hr	75~85	90~100

図-14 太平洋スーパーミックスを使用した高強度くいの打撃試験結果



## ヒューム管

近年、肉厚のヒューム管を使用し推進工法によって管路の埋設工事を行う例が増えています。この種の管は推進時に大きな軸方向の圧縮力を受けるため、コンクリートを高強度化することによるメリットが生じます。すなわち、高強度化によって1回の推進距離を長くでき、かつ外圧荷重に対する安全率が高くなります。

外圧荷重に対して設計されるヒューム管に対しては、現在膨張材を多量に使用してコンクリートにケミカルプレストレスを導入し、高い曲げ強度を付与する方法が用いられています。こうしたCP管に太平洋スーパーミックスを使用してコンクリートを高強度化すれば同時に曲げ強度も向上しますから、導入すべきケミカルプレストレスが小さくてすむか、あるいは場合によっては不要になります。

図-15・16は太平洋スーパーミックスおよび太平洋ジブカルを使用した各種コンクリートの圧縮強度ならびに曲げ強度を示したものです。太平洋スーパーミックスを使用すると圧縮強度だけでなく曲げ強度も相当に向上し、ケミカルプレストレスと同様な効果が得られます。

表-5は2種管(CP I種管)および3種管(CP II種管)に太平洋スーパーミックスを使用した内径1000mmのヒューム管の外圧ひびわれ強度試験結果です。膨張材を使用し、ケミカルプレストレスを導入した管を上回るひびわれ荷重を得ることは困難ですが、管の規格値を十分満足する結果が得られています。ケミカルプレストレスが小さい場合には拘束鉄筋量を小さくでき、また置場等で発生するひびわれの危険性を著しく低くすることができるので、大きな経済的効果を期待できます。さらに、他の製品の場合と同様に早期出荷の点でも非常に有利です。

## その他

以上、くいおよびヒューム管を例にとり太平洋スーパーミックスの効果を説明しましたが、これらの他にもプレストレスコンクリート、矢板、セグメント、ボックスカルバート等のように高強度を要求されるもの、あるいは各種製品で早期出荷が必要とされるものに対して太平洋スーパーミックスの利用が十分可能です。

図-15 2種類の混和材を使用したコンクリートの圧縮強度

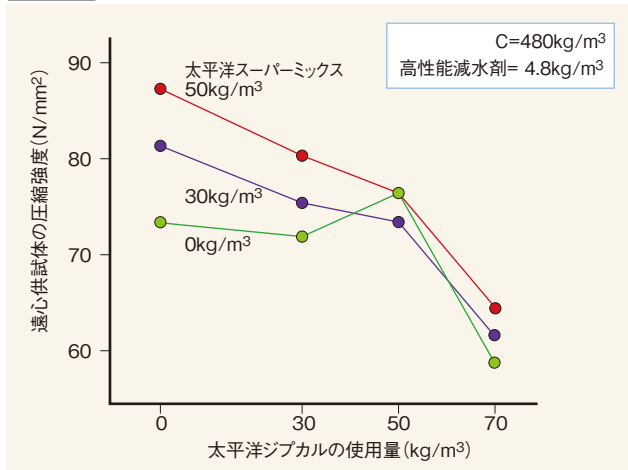


図-16 2種類の混和材を使用したコンクリートの曲げ強度

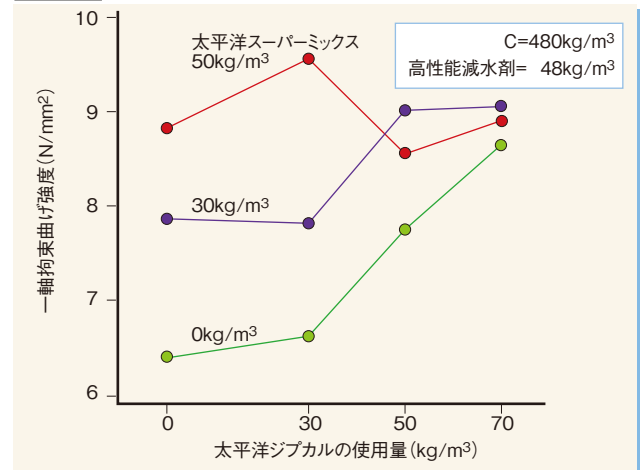


表-5 ヒューム管の外圧強度試験結果(B-1000)

種類	配合条件(kg/m³)				鉄筋比 (%)	圧縮強度 (N/mm²)	膨張率 (×10 <sup>-4</sup> )	外圧ひびわれ荷重 (試験値/規格値)
	C	太平洋ジブカル	太平洋スーパーミックス	高性能減水剤				
2種管 (CP I種)	440	60	—	—	1.0	53.0~55.9	6.0~7.9	1.42~1.81
	450	—	45	4.5	0.6~0.8	65.7~72.6	1.5~2.1	1.13~1.28
	450	20	30	4.5	0.6~0.8	63.7~68.6	2.5~3.5	1.25~1.32
3種管 (CP II種)	480	70	—	—	1.5	48.0~51.0	8.8~10.5	1.32~1.47
	480	—	50	7.2	1.0	68.6~77.5	1.4~1.9	0.94~1.00
	480	55	35	4.8	1.0	62.8~66.7	5.4~9.2	1.11~1.26

 **太平洋マテリアル株式会社**

〒135-0064 東京都江東区青海2-4-24 青海フロンティアビル15階

☎ 03-5500-7510 Fax.03-5500-7542

URL <http://www.taiheiyo-m.co.jp>

営業本部 基盤材料営業部

海外営業部	〒135-0064	東京都江東区青海2-4-24 青海フロンティアビル15階	☎ 03-5500-7518
北海道支店	〒060-0004	北海道札幌市中央区北4条西5-1-3 日本生命北門館ビル	☎ 011-221-5855
東北支店	〒980-0804	宮城県仙台市青葉区大町1-1-1 大同生命仙台青葉ビル	☎ 022-221-4511
北東北営業所	〒020-0832	岩手県盛岡市東見前1-33-2	☎ 019-639-1260
<b>東京支社</b>			
東京支店	〒135-0064	東京都江東区青海2-4-24 青海フロンティアビル15階	☎ 03-5500-7531
西関東営業所	〒192-0065	東京都八王子市新町1-8 カンペビル5階	☎ 042-645-8831
関東支店	〒330-0843	埼玉県さいたま市大宮区吉敷町4-262-6 ニューセンチュリービル	☎ 048-614-8470
新潟営業所	〒950-0911	新潟県新潟市中央区笹口2-9-21 森本ビル	☎ 025-244-7799
中部支店	〒453-0801	愛知県名古屋市中村区太閤3-1-18 名古屋KSビル	☎ 052-452-7141
北陸営業所	〒920-0919	石川県金沢市南町5-20 中屋三井ビルディング	☎ 076-234-1670
静岡営業所	〒421-0112	静岡県静岡市駿河区東新田4-9-37	☎ 054-256-8280
関西支店	〒532-0011	大阪府大阪市淀川区西中島4-3-2 類ビル4階	☎ 06-7668-6001
中国支店	〒732-0828	広島県広島市南区京橋町1-23 三井生命広島駅前ビル	☎ 082-261-7191
山陰営業所	〒683-0823	鳥取県米子市加茂町2-180 国際ファミリープラザ710号	☎ 0859-33-7843
四国支店	〒760-0050	香川県高松市亀井町7-15 セントラルビル	☎ 087-833-5758
九州支店	〒810-0001	福岡県福岡市中央区天神4-2-31 第2サンビル	☎ 092-781-5331
大分営業所	〒870-0105	大分県大分市西鶴崎1-1-11 トパーズM502	☎ 097-523-4911
長崎営業所	〒854-0014	長崎県諫早市東小路町11-1 塩塚ビル103号	☎ 0957-21-1290
熊本営業所	〒862-0913	熊本県熊本市東区尾ノ上1-25-21 阿部ビルⅢ302号	☎ 096-381-8513
鹿児島営業所	〒890-0052	鹿児島県鹿児島市上之園町24-2 第12川北ビルBOIS鹿児島	☎ 099-812-7131
沖縄営業所	〒900-0015	沖縄県那覇市久茂地2-22-10 那覇第一生命ビルディング3階	☎ 098-867-9663

◎本製品の仕様は、予告なしに変更することがありますので御了承願います。