

## 環境負荷軽減コンクリート ～3H-CRETE～



3H-CRETE は、環境負荷の軽減に必要な施工性と耐久性、ならびに CO<sub>2</sub>排出量を削減するという特徴を有する環境負荷軽減コンクリートの一つです。

3H-CRETE の「H」は、～High-early strength (早強性)、High strength (高強度)、High flowing (高流動) を意味しており、従来の早強性高強度コンクリートと同等以上の早強性と高強度を発現し、流動性の向上による施工性向上と使用材料および製造方法の改善 (製品同一養生) によって、製品製造時の CO<sub>2</sub> 排出量を23%低減しております。

3H-CRETE は、増粘剤や分離低減剤を使用せずに材料コストの上昇を最大限に抑えた粉体系高流動コンクリートです。



### 施工

施工時の  
環境負荷を軽減

※施工性を向上させることにより、構造物施工時の環境負荷を軽減

### 材料

環境負荷  
軽減材料の適用

※環境負荷を軽減できる各種コンクリート構成材料 (リサイクル材料、結合材、骨材、混和材 (剤) 等) の研究開発・適用

### 耐久性

耐久性向上による  
環境負荷軽減

※新設構造物の耐久性を向上させることにより、施工後の補修・補強工事によって生じる環境負荷を軽減

環境にやさしいコンクリート  
～Environment-Friendly Concrete～

## 特長

3H-CRETEはプレテンション製品用に開発された、粉体系の早強性・高流動コンクリートです。

- (1) 水和熱発現速度を従来のPC用コンクリートと同等に抑えつつ、早強性と高強度を実現しました。
- (2) 土木学会高流動コンクリート施工指針に対応しますので、コンクリートの充填性に優れています。
- (3) 従来のPC用コンクリートに比べて、遮塩性能が優れています。
- (4) 従来の製品より高性能、高耐久性でありながら、プレテンション製品の価格 (TH50タイプ使用時) は従来と変わりません。

## 示方配合例

設計基準強度や耐久性に応じた3種類の配合を用意しております。

- (1) TH50タイプ  
設計基準強度50N/mm<sup>2</sup>に対応します。製品価格は従来と同様で御提供いたします。
- (2) TH70タイプ  
設計基準強度70N/mm<sup>2</sup>に対応します。
- (3) THS (超高強度) タイプ  
超高強度コンクリートへの対応と、特に塩化物イオン拡散性や、透気性、透水性を低減させる場合に用います。

■示方配合表例<sup>※4</sup>

配合の種類	粗骨材 の最大 寸法 (mm)	水結合 材比 (%)	空気量 <sup>※3</sup> (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							
				水 W	早強 セメント C	混和材 <sup>※1</sup>		細骨材		粗骨材 G	高性能 AE 減水剤 <sup>※2</sup> SP
						BS	SF	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>		
TH50	20	34.0	1.5	170	350	150	-	489	452	845	5.0
TH70	20	31.8	1.5	175	340	210	-	480	442	800	5.0
THS	20	26.8	1.5	175	347	257	50	417	393	771	13.1

※1: BSは高炉スラグ微粉末、SFはシリカフェームを表します。高炉スラグの粉末度は季節によって調整いたします。  
 ※2: 高性能AE減水剤の添加量は季節、温度によって調整いたします。骨材量は材料の品質変動によって若干修正いたします。  
 ※3: 凍結融解抵抗性を要求する場合は空気量を4.5%とすることも可能です。  
 ※4: 本示方配合は一例であり、骨材や部材の条件に応じて、適切に配合設計を行います。

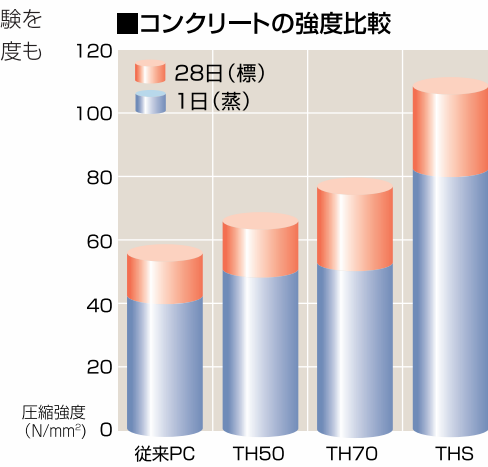


## 圧縮強度特性（円柱供試体）

打設は室温にて行い、プログラム蒸気養生槽にて養生したのち材令1日の試験を実施し、材令28日強度は20℃で水中養生後試験を行いました。いずれの強度も設計基準強度、社内目標強度を上回りました。

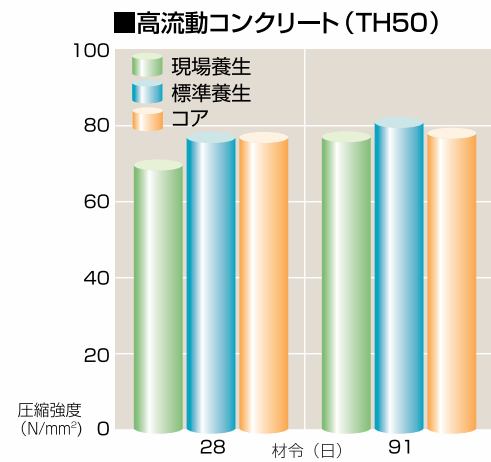
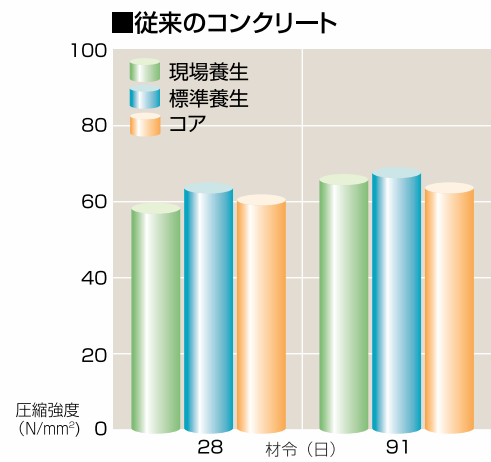
種別	材令1日の圧縮強度 (蒸気養生、N/mm <sup>2</sup> )		材令28日の圧縮強度 (標準養生、N/mm <sup>2</sup> )	
	実験値	規格値	実験値	規格値
従来PC	42.5	35.0 <sup>*1</sup>	57.6	50.0 <sup>*2</sup>
TH50	47.0	35.0 <sup>*1</sup>	63.0	50.0 <sup>*2</sup>
TH70	50.0	42.0 <sup>*3</sup>	74.3	70.0 <sup>*4</sup>
THS	82.7	70.0 <sup>*5</sup>	109.7	100.0 <sup>*5</sup>

※1：JIS A 5373-2004のスラブ橋げたでプレストレス導入時に要求される圧縮強度  
 ※2：JIS A 5373-2004のスラブ橋げたで品質保証時に要求される圧縮強度  
 ※3：JIS A 5373-2004の軽荷重スラブ橋げたでプレストレス導入時に要求される圧縮強度  
 ※4：JIS A 5373-2004の軽荷重スラブ橋げたで品質保証時に要求される圧縮強度  
 ※5：製造管理目標値



## 圧縮強度特性（コア供試体）

製品としての圧縮強度を確かめるため、長さ2,000mm×高さ1,000mm×幅700mmのプレテンションホール桁断面実物大供試体を打設し、実際の製造と同一の条件で養生し、各材令毎に横桁部よりコアを採取して、円柱供試体の強度と比較しました。その結果、全ての配合においてコンクリート強度は設計基準強度50N/mm<sup>2</sup>を上回りました。また、従来のコンクリートに比較して、各材令で高流動コンクリート(TH50)の方が高強度となり、コアの強度と標準養生した円柱供試体の強度との差は認められませんでした。



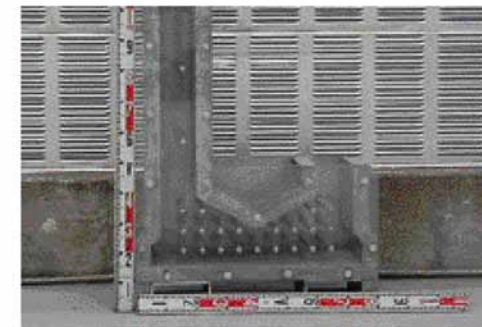
## 自己充填性

流動特性は土木学会「高流動コンクリート施工指針」を満足します。

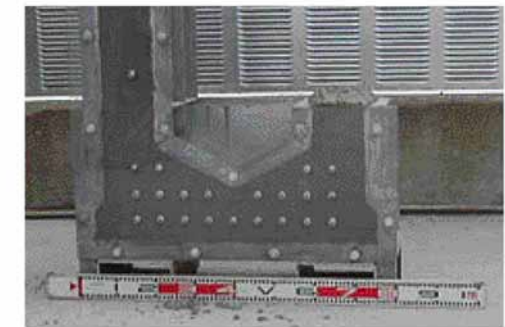
試験項目	管理基準	管理目標値	適用基準
自己充填性試験		充填されたコンクリートが装置の排出側最上段の鋼材を上回ること	高流動コンクリート施工指針 第5章5.2(1)

JIS A 5373-2004 プレキャストプレストレストコンクリート製品のスラブ橋げた (BS24断面) を模した実物大充填試験装置により、良好な自己充填性を有することを確認しています。<sup>※1</sup>

※1：高流動コンクリート施工指針第5章5.2(1)では「フレッシュコンクリートの自己充填性は、実際の構造物または部材を模擬した、これと同等の構造条件および施工条件を有する実物大模型等により照査しなければならない」と規定されています。



充填前



充填後

## 品質管理

3H-CRETEの配合決定では、自己充填性試験とともに下記の試験を行い、自己充填性を満足する各試験の管理目標値を求めます。

日常の品質管理ではスランブフローの測定を行います。また、必要に応じてVロート流下時間、U型充填装置充填高さの測定を併用します。

試験項目	管理基準	管理目標値の目安	適用基準
スランブフロー試験 <sup>※1</sup>		500~700mm	指針 II 配合設計マニュアル 第4章4.1 解説 表4.4.1 指針 IV JSCE 基準 (案) スランブフロー試験方法
Vロート流下時間 <sup>※1</sup>		4~20秒	指針 II 配合設計マニュアル 第4章4.1 解説 表4.4.1 指針 IV JSCE 基準 (案) 漏斗を用いた流下試験方法
U型充填装置充填高さ <sup>※1</sup>		B室の充填高さ300mm以上	指針 II 配合設計マニュアル 第4章4.1 解説 表4.4.1 指針 IV JSCE 基準 (案) 充填装置を用いた間隙通過性試験方法

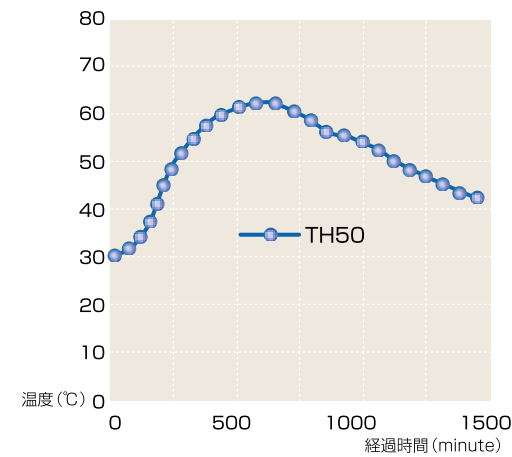
※1：自己充填性を満足する範囲で、適切な試験項目および管理目標値を設定します。



# High-Early strength High-Strength High Flowing CONCRETE

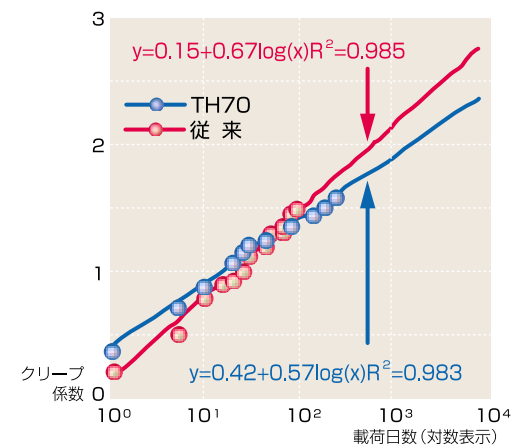
## 水和熱特性とCO<sub>2</sub>排出量

実物大の桁供試体を作成し、熱電対により水和に伴う内部温度の上昇を測定しました。高流動コンクリートは従来のコンクリートよりも粉体量が多く、水和発熱量が大きくなる懸念がありますが、内部温度の変化に応じて蒸気養生温度をコントロールすることで夏期でも最高温度を65℃以下に抑えられる事が明らかになりました。TH50配合の場合、コンクリート材料に関するCO<sub>2</sub>排出量原単位は従来のコンクリートより1m<sup>3</sup>あたり15%の削減ができます。同時に蒸気養生温度のコントロールと併用することで、製品製造にかかるコンクリート関連のCO<sub>2</sub>排出量は1m<sup>3</sup>あたり23%の大幅削減が可能となりました。



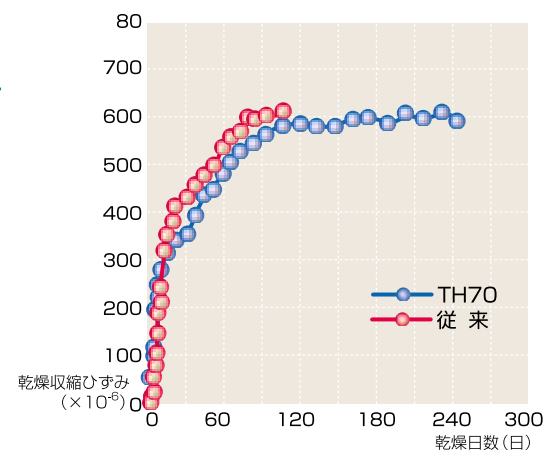
## クリープ特性

蒸気養生後材令1日のコンクリート供試体に一定持続荷重を載荷し、クリープ係数を求めました。回帰直線から材令10<sup>4</sup>日後のクリープ係数を推定すると、従来のコンクリートで2.83、高流動コンクリート (TH70) で2.42となり、いずれもプレテンション橋げたのクリープ係数の設計値3.0を下回りました。(福岡大学における試験結果)



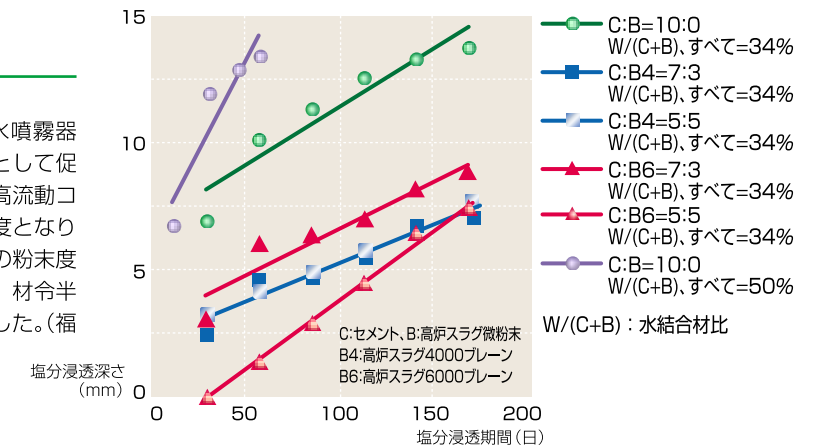
## 乾燥収縮特性

蒸気養生後材令1日のコンクリート供試体を温度20℃、湿温60℃の条件で暴露し、乾燥収縮ひずみを求めました。いずれのコンクリートも乾燥収縮ひずみは600μm/mで一定となる傾向を示し、コンクリート標準示方書に示される乾燥開始材令3日以内での収縮ひずみ730μm/mに比べて小さくなりました。(高流動コンクリートはTH70使用、福岡大学における試験結果)



## 塩分浸透性

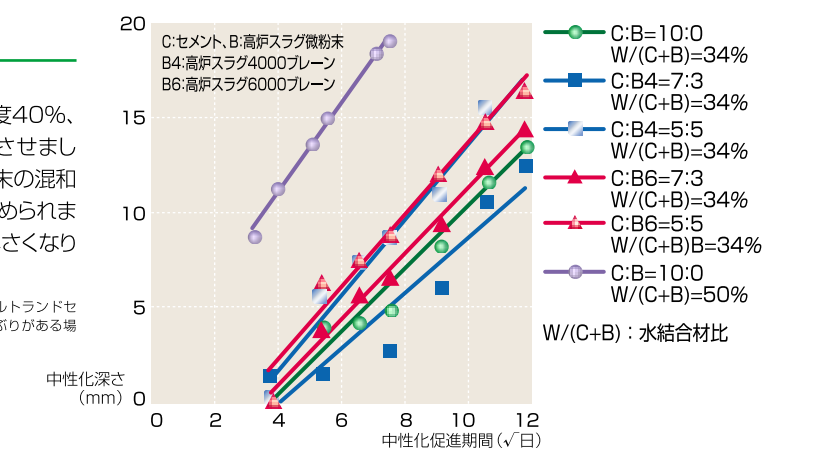
塩分浸透性はコンクリート角柱供試体を用い、塩水噴霧器によりNaCl3%溶液に浸漬期間3日、乾燥期間4日として促進試験により調査しました。高炉スラグを混和した高流動コンクリートの塩分浸透深さは未混和の場合の1/2程度となりました。置換率30%、50%の範囲で、高炉スラグの粉末度を4000ブレン、6000ブレンに変化させても、材令半年での塩分浸透深さに大きな差は認められませんでした。(福岡大学における試験結果)



## 中性化抵抗性

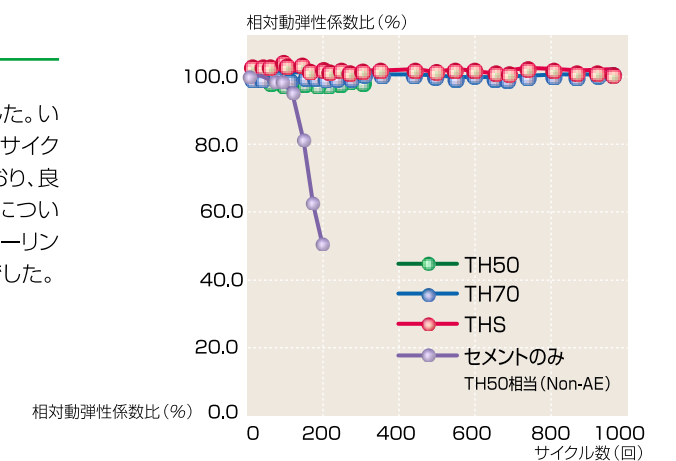
中性化試験はコンクリート角柱供試体を温度40℃、湿度40%、CO<sub>2</sub>10%の中性化促進槽の中に置き、中性化を促進させました。高流動コンクリートの中性化深さは高炉スラグ微粉末の混和に伴い、未混和の場合に比べて若干大きくなる傾向が認められましたが、W/C=50%のコンクリートに比べてはるかに小さくなりました。\*(福岡大学における試験結果)

\*1 コンクリート標準示方書[施工編]2.2中性化に関する照査(3)項には「普通ポルトランドセメントを用いてコンクリートの水セメント比を50%以下とし、30mm以上のかぶりがある場合は、一般に中性化に関する照査を行わずによい。」と規定されています。



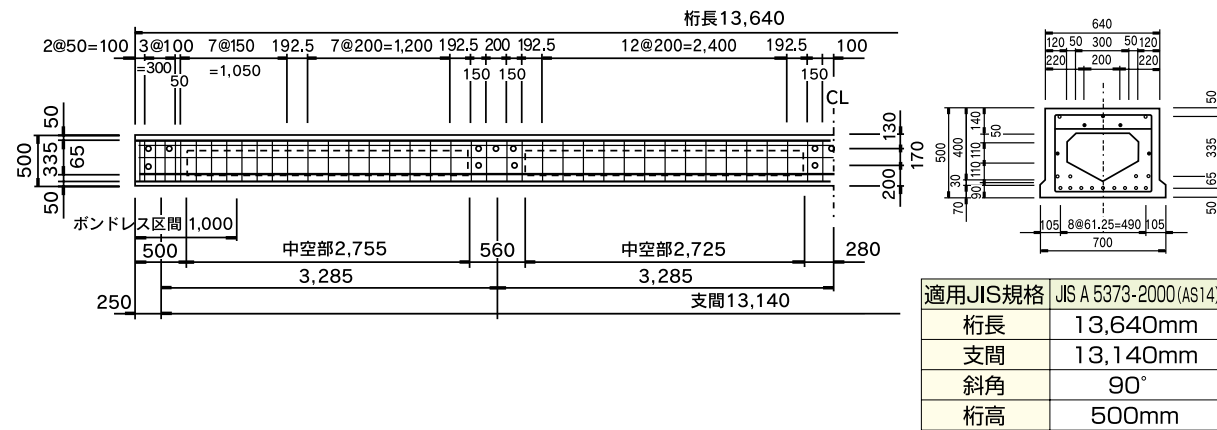
## 凍結融解抵抗性

試験はASTM C 666に準じ標準養生後28日目から実施しました。いずれの高流動コンクリートも空気量は1.5%程度ですが、300サイクル経過後の相対動弾性係数比はいずれも80%を上回っており、良好な凍結融解抵抗性を示しました。さらに、TH70、THS配合については1000サイクルまで引き続き試験を実施しましたが、スケーリングや相対動弾性係数比の低下などの異常は認められませんでした。(福岡大学における試験結果)



## PC桁の耐荷特性

高流動コンクリートTH70配合を用いて、JIS A 5373-2000 プレキャストプレストレストコンクリート製品（前規格）のスラブ橋げたAS14の製造を行い、材令14日経過後に桁の曲げ破壊試験を行って耐荷力を確認しました。



## コンクリートの性状

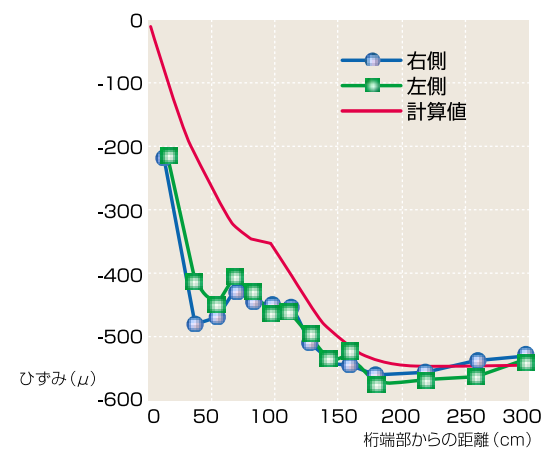
フレッシュコンクリートの流動性は高流動コンクリート施工指針の自己充填性ランク1を満足しました。また、硬化コンクリートの物理的特性はJIS A 5373-2000 プレキャストプレストレストコンクリート製品（前規格）の規格を満足しました。

項目	規格値 および管理値	実測値	判定	
コンクリート温度	—	14.0	—	
50cmフロー時間 (秒)	5~20 <sup>*1</sup>	5.3	合	
スランプフロー (mm)	600~700 <sup>*1</sup>	600	合	
Vロート流下時間 (秒)	9~20 <sup>*1</sup>	19.6	合	
U型充填装置充填高さ (mm) A・B室の高低差	80以下 <sup>*1</sup>	50	合	
圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	材令1日	35.0 <sup>*2</sup>	50.0	合
	材令14日	—	61.6	—
	材令28日	50.0 <sup>*3</sup>	74.3	合
引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	材令14日	—	3.8	—
	材令28日	—	5.7	—
弾性係数 (×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> )	材令1日	—	2.77	—
	材令14日	—	3.07	—
	材令28日	—	3.99	—

\*1: 実験時に設定した管理目標値  
\*2: プレストレスを与えるときの圧縮強度  
\*3: 設計基準強度

## プレストレス伝達長

プレストレスの伝達長はプレストレストコンクリート橋げた製造便覧に示される伝達長（図中、計算値で表示）に比べて短くなる事が確認されました。



## 耐荷性状

載荷試験時のコンクリート圧縮強度は61.6N/mm<sup>2</sup>(TH50の材令28日強度相当)でしたが、ひびわれ試験曲げモーメント、破壊抵抗曲げモーメントはともにJIS A 5373-2000 プレキャストプレストレストコンクリート製品（前規格）の規格値を満足しました。支間中央部の桁下縁ひずみはひびわれ発生まで線形性を保っており、荷重とたわみの関係もひびわれ発生まで弾性計算とほぼ一致しました。

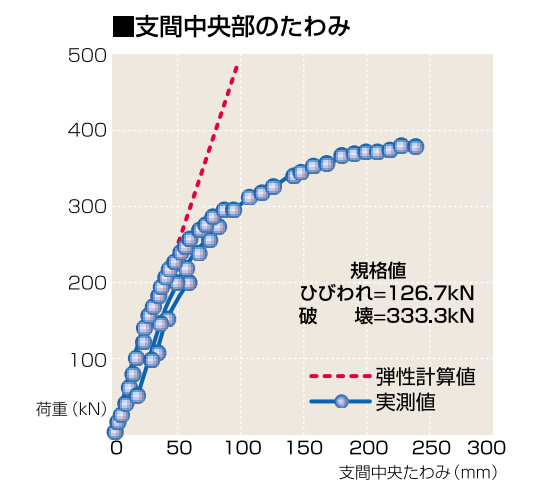
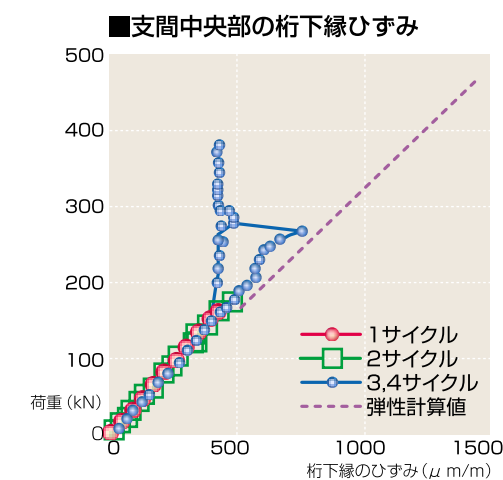
	①規格値		②実験値		②/①
	モーメント kN・m	荷重 kN	モーメント kN・m	荷重 kN	
ひびわれ試験曲げモーメント	519	126.7	621.2	161.8	1.28
再びひびわれモーメント	—	—	549.8	137.3	1.08
破壊抵抗曲げモーメント	1,120	333.3	1,251.8	378.5	1.14



載荷試験状況



破壊状況





## コンクリート強度の非破壊検査

シュミットハンマーを用いた高流動コンクリートの強度推定について検討を行いました。  
 コンクリートの非破壊試験は実物大の模型桁を対象に、最も広く使われているN型シュミットハンマーを用い、材令1、7、28、91日の反発度とコアの圧縮強度試験との関係を検証しました。また、部材厚を変化させた模型桁供試体を用いて部材厚が反発度に及ぼす影響を検証しました。  
 模型桁のコンクリートは高流動コンクリートTH50と従来、および普通コンクリートの3種類としました。(福岡大学における実験結果)

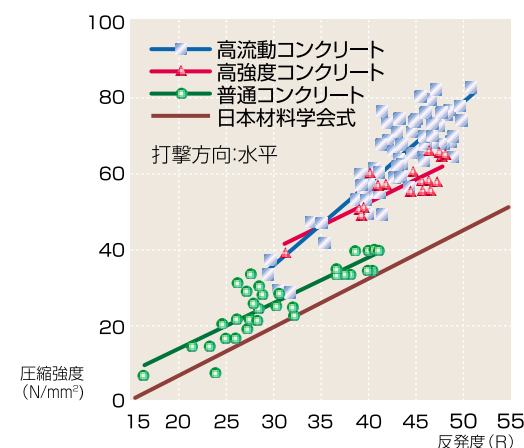


## 反発度と圧縮強度

シュミットハンマーの反発度とコンクリートの実圧縮強度の関係は右図に示す通りであり、従来提案されている日本材料学会式では、高強度コンクリートの推定圧縮強度は過小に評価され、次表に示す回帰式と比較的良好な相関が得られることが確認されました。

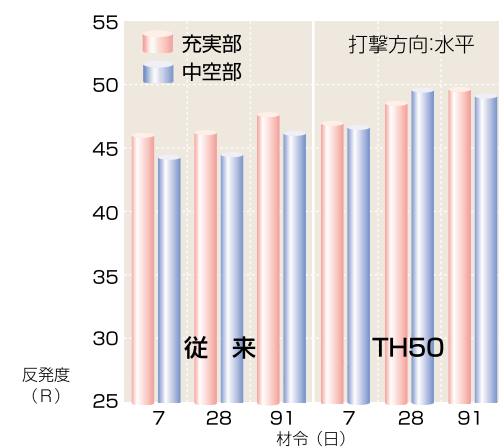
	強度推定式	相関係数
HB50	$F = -27.6 + 2.13R$	0.87
従来PC	$F = -3.87 + 1.23R$	0.83
普通コンクリート	$F = -9.30 + 1.19R$	0.88
日本材料学会 <sup>1)</sup>	$F = -18.0 + 1.27R$	-

※1)日本材料学会:コンクリート強度推定のための非破壊試験法マニュアル1983



## 部材厚と反発度

部材厚とシュミットハンマーの反発度の関係は、従来コンクリートでは充実部と中空部とで差が見られましたが、TH50では部材厚の変化による反発度の変化に明確な差が認められませんでした。



## 3H-CRETEの適用製品

3H-CRETEは各種の性能に優れておりますので、塩害を受けるような厳しい環境から一般の環境まで、幅広い用途に適用できます。地球温暖化防止のためにも3H-CRETE製品を是非ご採用ください。



プレテンション橋げた



プレテンション枕木

## 3H-CRETEの適用例



猿投高架橋



穴原高架橋(ストラット充填材)