

## 水工用アスファルト混合物のクリープ挙動 に関する研究

STUDY ON CREEP BEHAVIOR OF ASPHALT MIXTURES IN  
HYDRAULIC ENGINEERINGS

工藤忠夫・菅原照雄\*\*  
By Tadao Kudo and Teruo Sugawara

表-1 アスファルトの物理的性状

針入度	(25°C, 100 g, 5 sec)	67
軟化点	(°C)	51.0
伸度	(15°C)	100
蒸発減量	(%)	0.005
蒸発後針入度	(原針入度に対する%)	61
四塩化炭素可溶分	(%)	99.8
比重		1.025
引火点	(°C)	318
針入度指数		-0.2
フラーク脆化点	(°C)	-19
セイボルトフロール粘度 (sec)	{ 120°C 140°C 160°C 180°C	{ 610.0 210.0 91.0 45.5

表-2 骨材の物理的性状

試験名	材料		碎石 20~5 mm	碎石 5~0 mm
	フルイ目 (mm)	粒度		
粒度	25	100	100	100
	20	99.7		
	13	82.8		
	10	65.7		
	5	24.1		
	2.5	7.5		
	1.2	5.7		
	0.6	4.6		
	0.3	3.6		
	0.15			
通過重量百分率 (%)	0.074		18.8	7.0
	比	表乾比重 (g/cm³)	2.59	2.64
	見掛比重 (g/cm³)	2.72	2.72	
	重吸水量 (%)	2.97	1.88	
	ロサンゼルスによるすりへり減量 (%)	28.2	—	
	安定性 (%)	9.60	2.66	
	加熱による破碎量 (%)	0	0	

注: オーバーサイズはプラント (フルイ) で除去

## 2. 混合物の配合および試験条件

### (1) 使用材料の物理的性状

混合物は透水係数  $10^{-7}$  以下の修正トペカで、使用し

\* 正会員 世紀建設(株)専務取締役

\*\* 正会員 工博 北海道大学教授 工学部土木工学教室

表-3 フィラーの物理的性状

フルイ目 (mm)	0.6	0.3	0.15	0.074
通過重量百分率 (%)	100	—	93	73
比重			2.71	
含水量 (%)			0.3	

た材料の物理的性状は表-1～3のとおりである。骨材は粗細ともに同一の安山岩質、フィラーは石灰岩石粉である。

## (2) 配合

配合は初めの手順としてマーシャル試験によった。ただしライニングは斜面上に舗設されるので、突き固め回数は片面25回ずつとした。採用された配合は重量比で、粗骨材：細骨材：石粉=40:51:9であり、その粒度曲線は図-1、マーシャル試験結果は図-2に示すところである。

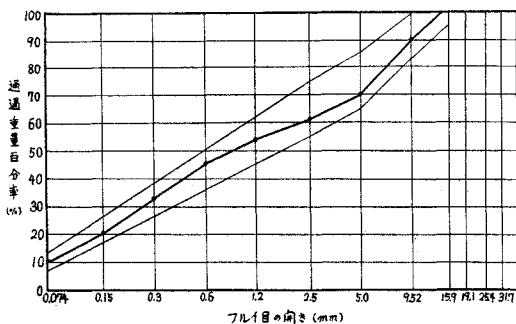


図-1 粒度曲線

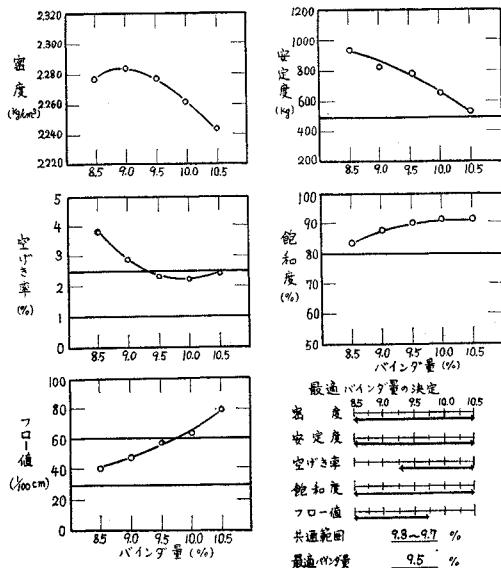


図-2 マーシャル試験結果

## (3) 曲げ試験の条件

混合物の種類：水利用修正トペカ

アスファルト量：マーシャル試験による最適量9.5と±0.5%の3点

供試体寸法：幅×厚×長=4×3×23 cm スパン20 cm

締固め：マーシャル密度を目標に静荷重にて締固め

試験温度：0°, 10°, 25°Cの3点

ひずみ制御試験のひずみ速度： $0.375 \times 10^{-2}$ ,  $0.375 \times 10^{-3}$ ,  $0.375 \times 10^{-4}$ ,  $0.375 \times 10^{-5}$  cm/cm/secの4種

クリープ試験の載荷重量： $0^\circ\text{C}$ に対し  $A_s$  量9.0%の場合49 kg,  $A_s$  量9.5と10.0%の場合41 kg,  $10^\circ\text{C}$ に対し14 kg,  $25^\circ\text{C}$ に対し2.5 kg.

## (4) 試験の方法

供試体は $30 \times 30 \times 7$  cmの型わくによって作製した版よりカッティングマシンを用いて6個ずつ切り出される。製作精度は寸法について $\pm 0.1$  cm以下、密度については表-4のとおりである。

ひずみ制御試験は、成型した供試体をいったん乾燥させたのち密度を測定し30分恒温水槽内で養生した後インストロン万能試験機にセットし、スパン中央に定速で載荷するもので、荷重の大きさとたわみ量は自記装置により記録される。

クリープ試験は、供試体の両端を単純支持し、恒温水槽内において自重ならびにスパン中央点での集中荷重によって時間経過とともに増大するたわみ量を測定記録するものである。

## (5) 試験結果の解析

### a) ひずみ制御試験

ASTM Disignation D-790-65により中央集中荷重に対し桁中央で

$$\sigma_b = \frac{3 P l}{2 ab^2} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\varepsilon_b = \frac{6 b \delta}{l^2} \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$E_b = \frac{\sigma_b}{\varepsilon_b} \quad \dots \dots \dots (3)$$

また自重に対し式(1),(2)は

$$\sigma = \frac{3 \omega l^2}{4 ab^2} \quad \dots \dots \dots (1)'$$

表-4 曲げ試験用供試体の製作精度

アスファルト量 (%)	理論密度	供試体数	見掛け密度による空げき率				見掛け密度			
			最大値	最高値	平均値	不偏分散の平方根	平均値の95%信頼区間	平均値	不偏分散の平方根	変動係数 (%)
9.0	2.350	48	2.8	~1.3	2.08	0.388	2.19~1.97	2.301	0.911	0.396
9.5	2.334	48	2.6	~1.3	1.94	0.325	2.03~1.85	2.289	0.758	0.331
10.0	2.317	48	1.6	~0.4	0.99	0.298	1.08~0.90	2.294	0.690	0.301



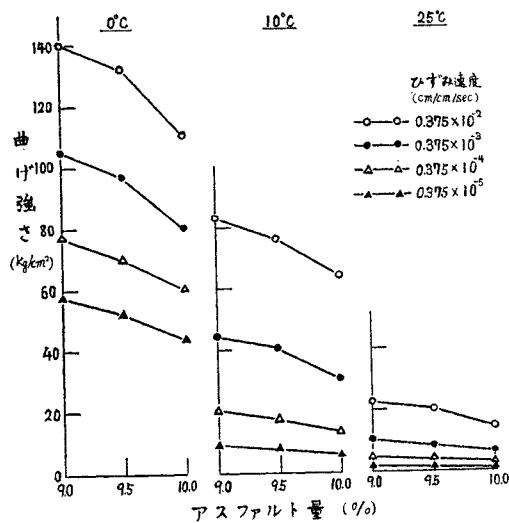


図-5 曲げ強さ-アスファルト量関係図

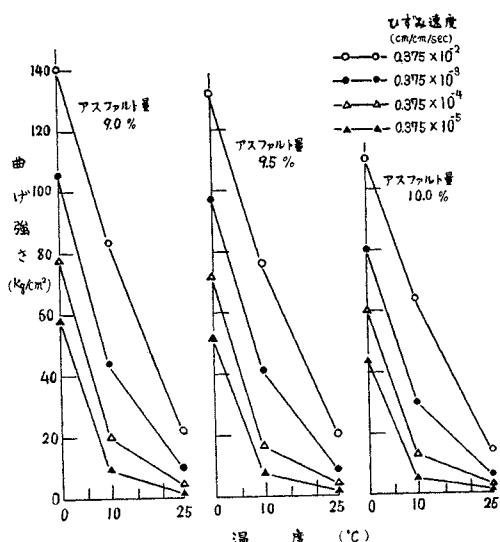


図-6 曲げ強さ-温度関係図

曲げ強さと温度の関係は図-6に示されるように、温度が高くなるにともない曲げ強さは減少する。その減少率はひずみ速度の速いほど、またアスファルト量の少ないほど大きい。また図より明らかなように曲げ強さは温度が高くなると0に收れんする。

曲げ強さとひずみ速度の関係は図-7に示される。ひずみ速度が小さくなるにともない曲げ強さは減少し、その減少率はアスファルト量が少ないほど、また温度が低いほど大きい。ひずみ速度が極端に小さくなると曲げ強さは一定値に收れんする。

#### b) 破断ひずみと諸要素との関係

破断ひずみとアスファルト量との関係は図-8に示すとおり、アスファルト量の増加にともなってひずみ量

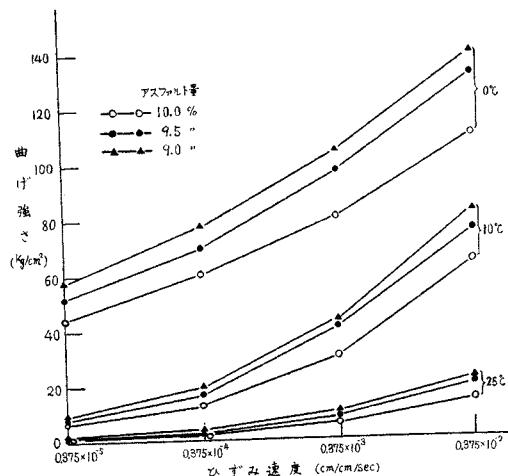


図-7 曲げ強さ-ひずみ速度関係図

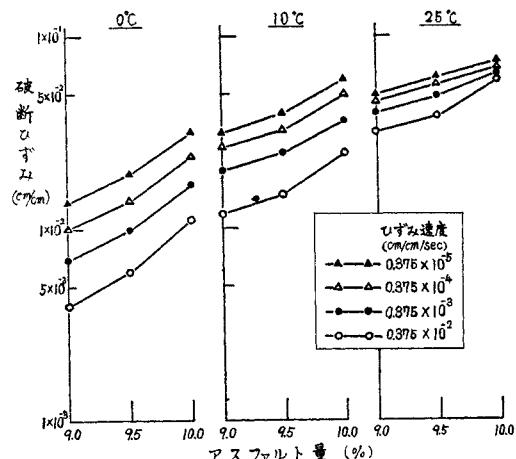


図-8 破断ひずみ-アスファルト量関係図

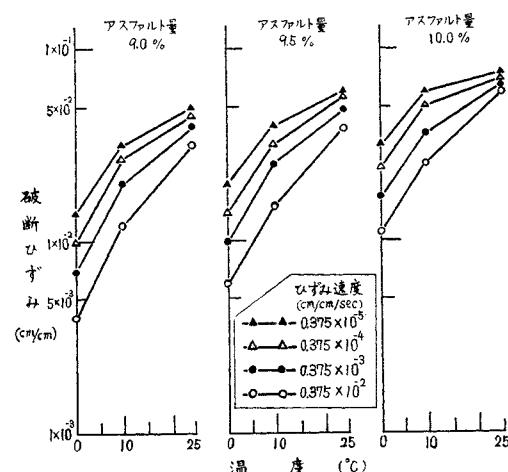


図-9 破断ひずみ-温度関係図

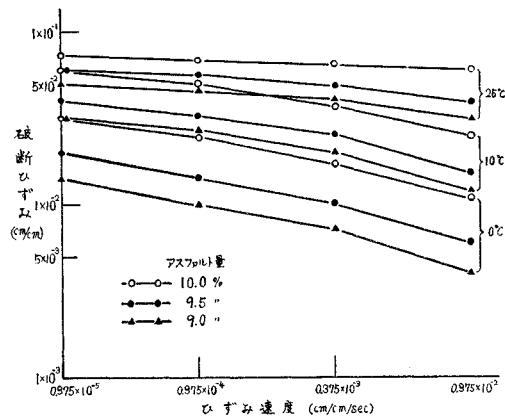


図-10 破断ひずみ-ひずみ速度関係図

は片対数グラフ上ではほぼ直線的に増大する。その増加率はひずみ速度の速いほど、また温度の低いほど大きい。

破断ひずみと温度の関係は 図-9 に示すとおり、温度が高くなるにともなって破断ひずみは増大するが、その増加は次第に抑えられて一定値に收れんする。増加率はひずみ速度の速いほど、またアスファルト量の少ないほど大きい。これは脆性領域に近づくためと考えられる。

破断ひずみとひずみ速度との関係は 図-10 に示すとおりで、破断ひずみはひずみ速度が大きくなるとやや加

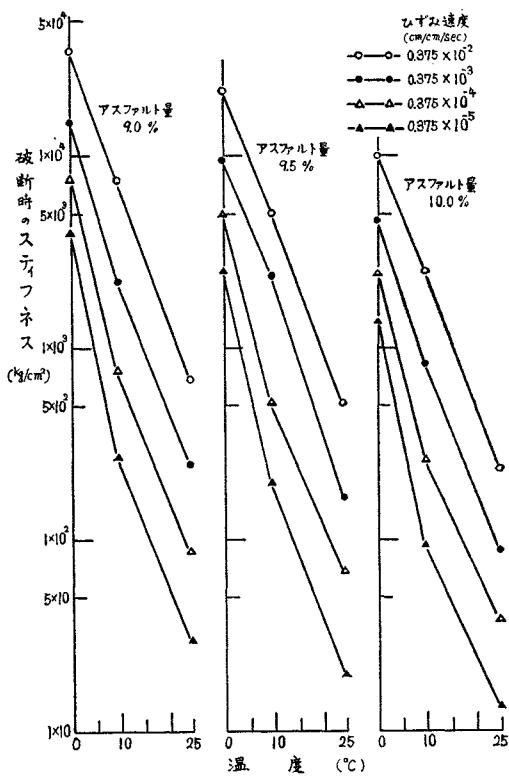


図-12 破断時のスティフネス-温度関係図

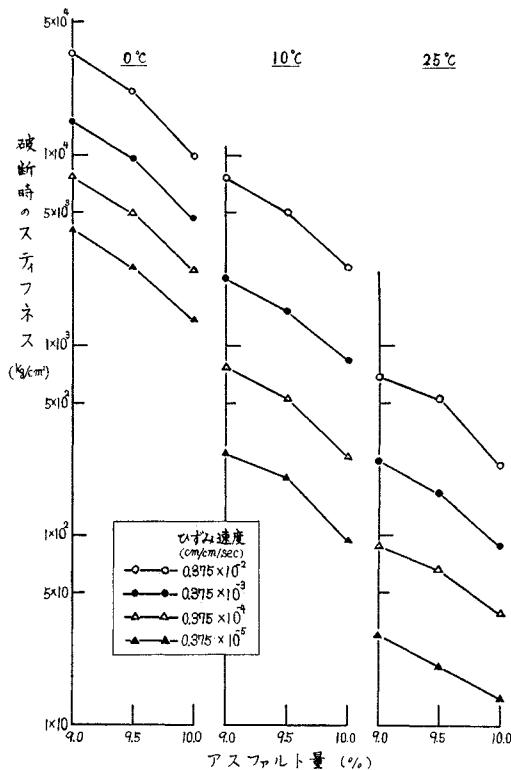


図-11 破断時のスティフネス-アスファルト量関係図

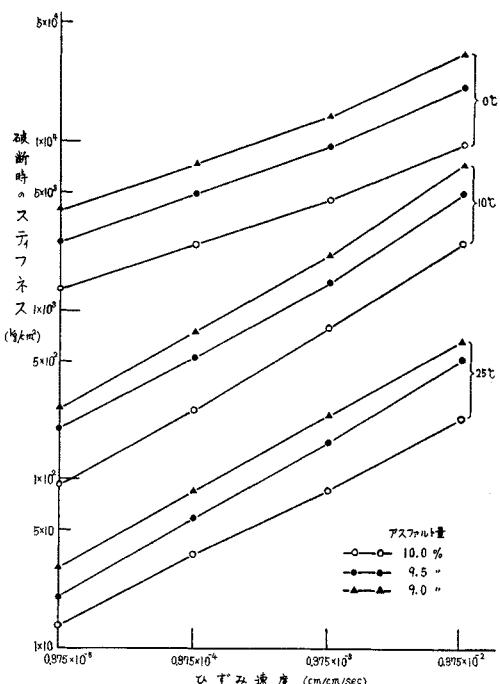


図-13 破断時のスティフネス-ひずみ速度関係図

速的に減少する。その減少率はアスファルト量の少ないほど、また温度の低いほど大きい。これも前述と同じ理由によると考えられる。

ひずみ速度がきわめて小さくなれば破断ひずみが一定値に收れんすることはこの図からも推定される。

#### c) 破断時のスティフネスと諸要素との関係

破断時のスティフネスとアスファルト量との関係は図-11に示すとおり、アスファルト量の増加にともない破断時のスティフネスは片対数グラフ上ではほぼ直線的に減少する。その減少率、ひずみ速度、温度の関係は明らかでない。

破断時のスティフネスと温度との関係は図-12に示すとおり、温度が高くなるにともない破断時のスティフネスは片対数グラフ上ではほぼ直線的に減少するが、ひずみ速度が遅くなるにともないやや凹形を画く。すなわちひずみ速度が遅くなると減少率がいく

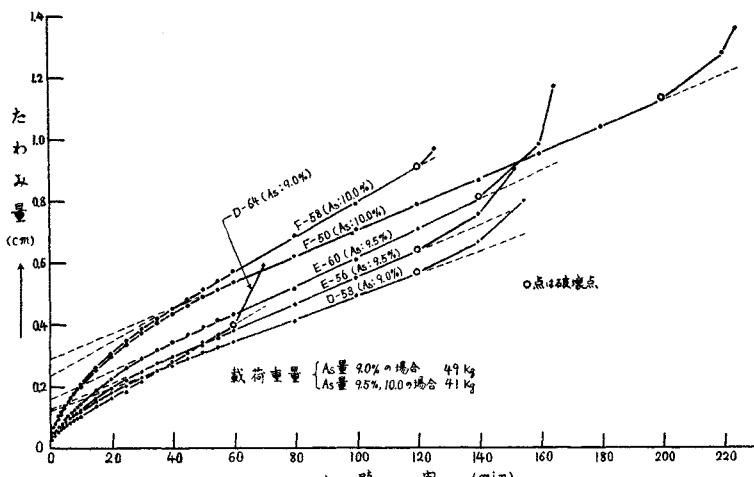


図-15 曲げによるクリープ曲線 ( $0^{\circ}\text{C}$ )

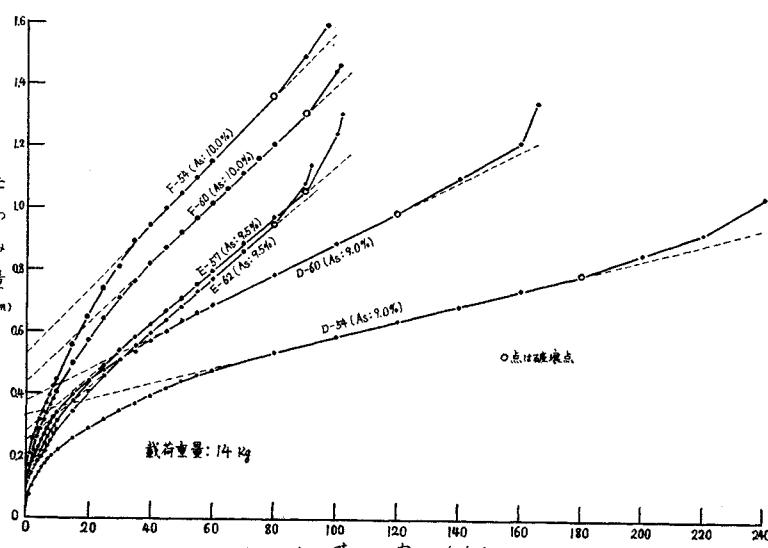


図-16 曲げによるクリープ曲線 ( $10^{\circ}\text{C}$ )

ぶん小さくなるようである。

破断時のスティフネスとひずみ速度の関係は図-13に示すとおり、ひずみ速度が遅くなると破断時のスティフネスは両対数グラフ上ではほぼ直線的に減少する。その減少率は  $10^{\circ}\text{C}$  と  $25^{\circ}\text{C}$  の場合に比較し  $0^{\circ}\text{C}$  の場合は若干小さい。これは後者が脆性領域に近いためであろう。

#### d) 曲げ強さと破断ひずみとの関係

曲げ強さと破断ひずみとの関係を片対数グラフにプロットしたものが図-14であり、両者間に一定の関係を見出すことができる。曲げ強さが小さくなるにともないクリープの影響が強くなるが、図より曲げ強さ 0 に対応するクリープ破断ひずみの平均値は  $6 \times 10^{-2} \text{ cm/cm}$  程度と推定される。

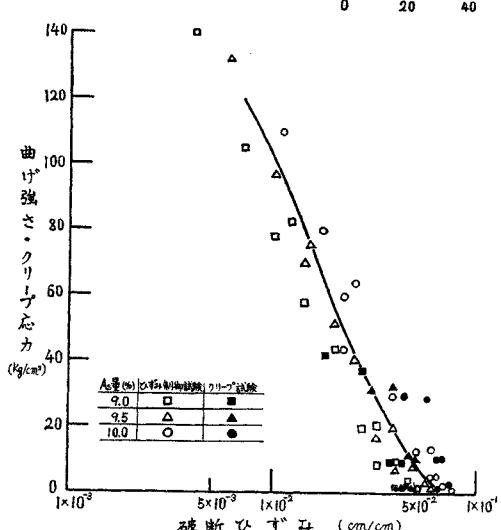


図-14 クリープ応力・曲げ強さ-破断ひずみ関係図

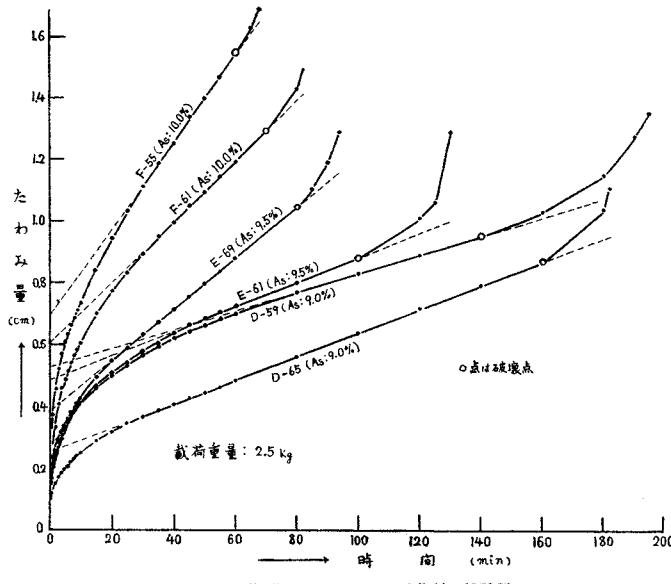
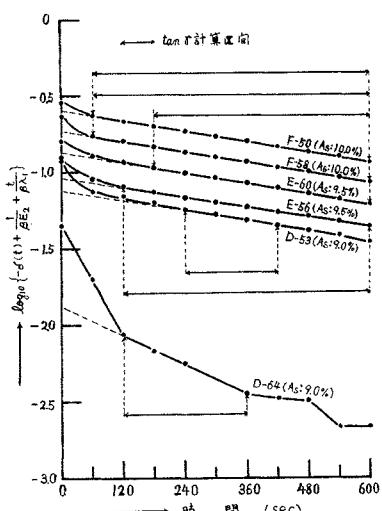
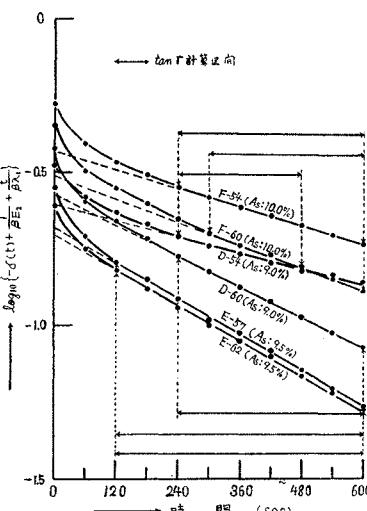
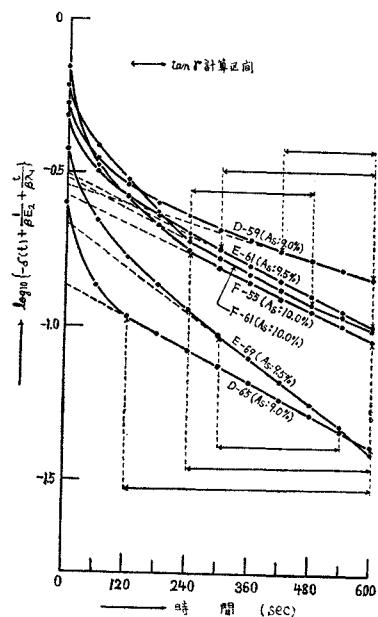


図-17 曲げによるクリープ曲線(25°C)

## (2) クリープ試験および両試験結果の比較

クリープ試験で測定したたわみ量と時間の関係を表わしたもののが図-15~17 のクリープ曲線である。この曲線形状は A.R. Lee<sup>6)</sup> らがタールマスチックの引張りクリープについて求めたものとほぼ同形となった。実測の曲線より  $\log_{10}\{-\delta(t) + 1/(\beta E_2) + t/(\beta \lambda_1)\}$  と時間  $t$  との関係を求めたものが図-18~20 である。これは前章にしたがって解析すれば表-5 を得る。

## a) 粘性係数と諸要素との関係

図-18 クリープ曲線の  $\log_{10}\left\{ -\delta(t) + \frac{1}{\beta E_2} + \frac{t}{\beta \lambda_1} \right\}$  と時間 ( $t$ ) との関係 ( $0^\circ\text{C}$ )図-19 クリープ曲線の  $\log_{10}\left\{ -\delta(t) + \frac{1}{\beta E_2} + \frac{t}{\beta \lambda_1} \right\}$  と時間 ( $t$ ) との関係 ( $10^\circ\text{C}$ )図-20 クリープ曲線の  $\log_{10}\left\{ -\delta(t) + \frac{1}{\beta E_2} + \frac{t}{\beta \lambda_1} \right\}$  と時間 ( $t$ ) との関係 ( $25^\circ\text{C}$ )

粘性係数と温度の関係は図-21、アスファルトとの関係は図-22 に示すとおり、いずれも粘性係数は温度の上昇、アスファルト量の増加とともに減少するが、温度上昇の場合は片対数グラフ上でほぼ直線的な減少を示す。

純粘性要素のせん断粘性係数  $\tau_1$  に  $0^\circ\text{C}$  で  $10^{12}(\text{g}/\text{cm}\cdot\text{sec})$ 、 $25^\circ\text{C}$  では  $10^{11}$  のオーダーである。フォートク模型の粘性係数  $\tau_2$  は  $\tau_1$  より 1 オーダー程度小さい。

## b) 弹性係数・破断時のスティフェネスと諸要素との関係

フォートク模型の弾性係数  $E_2$ 、クリープ応力  $\sigma$  と破断ひずみ  $\varepsilon_b$  との比  $\sigma/\varepsilon_b = E_b$  (仮りにクリープ試験における破断時のスティフェネスと名づける) と温度との関係は図-23 に示すとおり、いずれも温度の上昇にともない減少する。 $E_2$ 、 $E_b$  とアスファルト量との関係は図-24 に示すとおり、 $10^\circ\text{C}$  においてマーシャル試験結果に類似して 9.5% で最大値を示している。

表-5 クリープ試験結果

試験 温度 (°C)	供試体 番号	破断に要 じた時間 (min)	破断時の たわみ量 (cm)	たわみ 速度 (cm/min)	粘性係数 (g/cm·sec)		フォート模型弾性係数 $E_2$ (g/cm <sup>2</sup> )	クリープ応 力 $\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	破断時のス ティフネス $E_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )
					純粘性要素 $\eta_1$	フォート 模型 $\eta_2$			
0	9.0	D-54	120	0.57	0.005	$4.013 \times 10^{12}$	$1.621 \times 10^{12}$	$6.270 \times 10^8$	$6.398 \times 10^3$
		D-64	60	0.40	0.007	3.158 "	1.801 "	20.757 "	21.181 "
	9.5	E-56	120	0.64	0.005	3.010 "	1.390 "	5.168 "	5.273 "
		E-60	140	0.81	0.006	2.954 "	1.102 "	4.320 "	4.408 "
	10.0	F-50	200	1.13	0.006	2.745 "	4.975 $\times 10^{11}$	1.960 "	2.000 "
		F-58	120	0.91	0.008	2.012 "	6.350 "	2.409 "	2.458 "
-10	9.0	D-54	180	0.79	0.004	1.657 "	2.227 "	$6.414 \times 10^8$	$6.545 \times 10^3$
		D-60	120	0.98	0.008	1.142 "	1.126 "	6.446 "	6.578 "
	9.5	E-57	90	1.06	0.012	0.533 "	1.237 "	8.282 "	8.451 "
		E-62	80	0.95	0.012	0.554 "	1.503 "	9.990 "	10.194 "
	10.0	F-54	80	1.36	0.017	0.408 "	1.168 "	4.093 "	4.177 "
		F-60	90	1.31	0.014	0.428 "	1.094 "	4.685 "	4.780 "
25	9.0	D-59	140	0.96	0.007	$2.817 \times 10^{11}$	$2.413 \times 10^{10}$	0.823 "	0.839 "
		D-65	160	0.87	0.005	1.833 "	2.378 "	1.430 "	1.459 "
	9.5	E-69	80	1.05	0.013	1.105 "	1.460 "	1.224 "	1.249 "
		E-61	100	0.89	0.009	2.316 "	1.687 "	0.960 "	0.980 "
	10.0	F-61	70	1.30	0.019	0.740 "	1.063 "	0.603 "	0.615 "
		F-55	60	1.50	0.025	0.635 "	1.058 "	0.614 "	0.627 "

注-1 クリープ試験のクリープ応力、破断ひずみ、破断時のスティフネスは弾性計算によって求めた。

注-2 ひずみ制御の破断ひずみ、破断時のスティフネスはそれぞれのひずみ速度との関係図表により求めた。

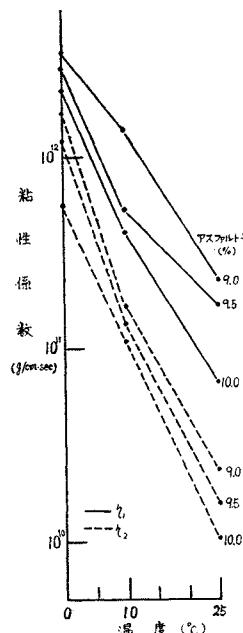


図-21 粘性係数-温度関係図 図-22 粘性係数-アスファルト量関係図

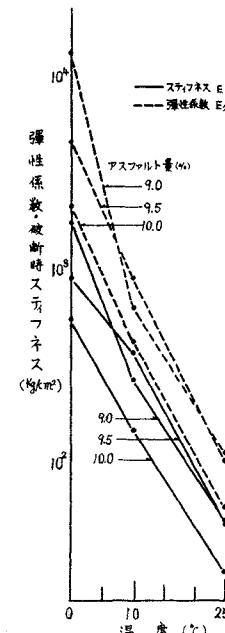
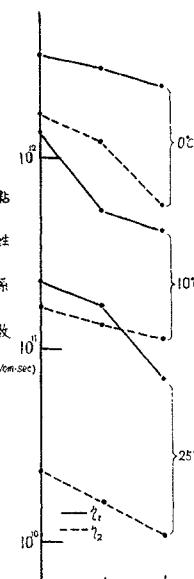


図-23 弹性係数/破断時のスティフネス-温度関係図

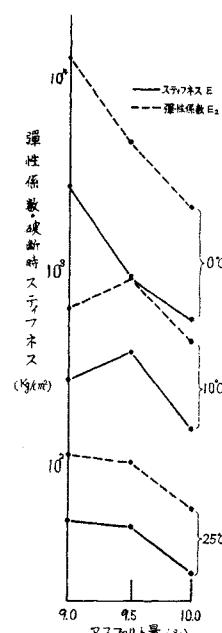


図-24 弹性係数/破断時のスティフネス-アスファルト量関係図

が、きわめて精度が良好で再現性の確実なひずみ制御試験でこの傾向が出ていないので、クリープ試験におけるこの結果について現在のところ明確な説明はできない。 $E_2$  は  $0^\circ\text{C}$  で  $10^3$ ,  $25^\circ\text{C}$  で  $10^2 \text{ kg/cm}^2$  のオーダー,  $E_b$

は  $E_2$  の 20~40% である。

#### c) 両試験結果の比較

温度、アスファルト量、ひずみ速度を同一とした両試験結果を比較して表-5に記載している。ただし、クリ

破断ひずみ $\varepsilon_b$ (cm/cm)	平均 ひずみ速度 $\dot{\varepsilon}_p$ (cm/cm/sec)	平均 ひずみ速度 $\dot{\varepsilon}_p$ (cm/cm/sec)	遅延時間 $\tau_p$ (sec)	ひずみ制御 対応の破断 ひずみ $\varepsilon_b$ (cm/cm)	ひずみ制御 対応の破断 時のスティ フネス $E_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )
$2.71 \times 10^{-2}$	$3.77 \times 10^{-6}$	$7.76 \times 10^2$	$1.40 \times 10^{-2}$	$4.10 \times 10^2$	
1.78 "	4.95 "	2.60 "	1.37 "	4.30 "	
3.02 "	4.19 "	8.07 "	1.82 "	2.70 "	
3.76 "	4.47 "	7.65 "	1.80 "	2.75 "	
5.66 "	4.72 "	7.61 "	3.14 "	1.40 "	
4.50 "	6.35 "	7.91 "	2.97 "	1.50 "	
3.82 "	3.53 "	10.41 "	3.15 "	$2.60 \times 10^2$	
4.53 "	6.28 "	5.24 "	3.10 "	3.30 "	
4.94 "	9.14 "	4.48 "	3.80 "	2.80 "	
4.38 "	9.11 "	4.51 "	3.80 "	2.80 "	
6.55 "	13.65 "	8.56 "	5.50 "	1.60 "	
6.37 "	11.79 "	7.00 "	5.60 "	1.50 "	
4.46 "	5.32 "	8.80 "	4.95 "	$3.50 \times 10^2$	
3.89 "	4.05 "	4.99 "	4.95 "	3.10 "	
4.77 "	9.94 "	3.58 "	6.00 "	3.00 "	
4.02 "	6.70 "	3.27 "	6.02 "	2.50 "	
6.48 "	15.42 "	5.29 "	6.98 "	2.30 "	
7.21 "	20.01 "	5.17 "	7.00 "	2.50 "	

クリープ試験の平均ひずみ速度に対応するひずみ制御試験の値は、図-11と図-12より推定したものである。

破断ひずみ・破断時のスティフネスとともに両試験で大きな差異はないが、低温時でひずみ制御の場合に破断ひずみはやや小さく破断時のスティフネスはやや大きい。

この理由は、クリープ試験におけるひずみ速度は平均値であり、実際の速度は載荷初期に大きく定常状態では小さくなっていること、低温で混合物は脆性領域に近づいているためと考えられる。

破断時の曲げ強さと破断ひずみの関係およびクリープ応力と破断ひずみの関係は図-14に示すとおり全く類似している。すなわちこの両関係は載荷形式と変形状態による影響をほとんど受けない。

#### 4. 結 語

本試験結果の主なる事項を列挙すれば次のとおりである。

(1) インストロン試験機によるひずみ制御試験は再現性が良好で、流動領域においても混合物の挙動を明確に把握する。

(2) 供試体の両端を単純に支持したクリープ試験はやや試験精度が劣るが再現性を有し、クリープ挙動を把握し、かつこれを3要素模型として解析することができる。

(3) 混合物の挙動はアスファルト量、ひずみ速度・

試験温度によって大きく変化する。本試験における変化範囲はおおむね次のとおりであった。

#### ひずみ制御試験

曲げ強さ  $1 \sim 140(\text{kg}/\text{cm}^2)$

破断ひずみ  $4 \times 10^{-3} \sim 7.3 \times 10^{-2}(\text{cm}/\text{cm})$

破断時のスティフネス

$1.4 \times 10^4 \sim 3.5 \times 10^4(\text{kg}/\text{cm}^2)$

#### クリープ試験

純粘性要素のせん断粘性係数

$6.0 \times 10^{10} \sim 4.0 \times 10^{12}(\text{g}/\text{cm} \cdot \text{sec})$

フォーカト模型のせん断粘性係数

$1.0 \times 10^{10} \sim 1.8 \times 10^{12}(\text{g}/\text{cm} \cdot \text{sec})$

フォーカト模型の弾性係数

$6.0 \times 10^4 \sim 2.1 \times 10^4(\text{kg}/\text{cm}^2)$

破断時のスティフネス(仮りに弾性計算した場合)

$2.6 \times 10^4 \sim 2.4 \times 10^5(\text{kg}/\text{cm}^2)$

いずれの試験においても破断時のひずみ量とスティフネスはオーダー的にほぼ同じ値を示すが、低温ではひずみ制御の場合に、脆性領域に近いのでクリープの影響が少くなり、クリープ試験に比較しひずみは小さくスティフネスは大きく出る。しかし曲げ強さまたはクリープ応力と破断ひずみの関係では両試験結果にほとんど差異はなく、曲げ強さまたはクリープ応力が0に近い完全なクリープ挙動における破断ひずみは一定値に近づき、本試験に用いた混合物に対して  $6 \times 10^{-2} \text{ cm}/\text{cm}$  近傍であることが確認された。

本研究により水利構造物の設計・施工・パフォーマンスに直接寄与するものとして次のような事項があげられる。

(1) 従来わが国のみならず諸外国においても水利アスファルト混合物のクリープ挙動に関する資料が少なく、その性状の諸数値が明確に示されていない。一般に水圧波圧を受ける水利構造物の構造設計に当り、特に試験を行なわぬ場合のアスファルトコンクリートの標準値として、現場における最高温度を漠然と対象とし許容曲げ強さ 15、許容スティフネス  $50000 \text{ kg}/\text{cm}^2$  を採用<sup>12)</sup>しているが、本研究により挙動の変化範囲がきわめて広いことが明らかとなったので、標準値も速度・温度・配合の一一定条件下で異なる数値を与える必要のあることが示唆される。

また、構造・配合設計に際して試験を行なう場合は、現場状況によく適合した条件下で実施することの重要性を示している。温度・ひずみ速度・許容ひずみ量もしくは許容曲げ強さまたは許容クリープ応力が与えられれば合理的な配合が得られる。

(2) 混合物の配合が先に定められている場合は、時

間・温度を考慮した破断ひずみと破断時のスティフネスが得られることにより、ライニングの形状や基盤の構造、貯水減水の速度など水利構造物の設計とパフォーマンスについて合理的な指針を得ることができる。

(3) ひずみ速度をきわめて遅くした場合のひずみ制御試験がクリープ試験と同じ結果を与えることは、複合変形である実際変形に対しいずれの試験結果も適用し得ることを証する。また最終的に期待できる最大破断ひずみは重要な意味をもって設計に導入できることが確かめられた。

(4) 特に大きな設備を必要としないクリープ試験により容易にせん断粘性係数が求められ、混合物の流動性と施工性の解析に対し基本的数値として導入することができる。

本論文の作成にあたり、試験について北村幸治君の協力を得た。さらに北大工学部上島壮、森吉昭博の諸君に

詳細な討議を載いた。ここに厚く感謝の意を表すものである。

#### 参考文献

- 1) 工藤忠夫：アスファルトライニング 設計法に対する一考察、土木学会論文報告集 No. 196, 1971-12.
- 2) Saal, R.N., Labout, J.W.A. : Rheological properties of asphalts, *Rheology*, Vol. 2, 1958.
- 3) 阪上信次：アスファルトのレオロジー的性質(2), 土木研究所報告 115 号の 3, 1962-6.
- 4) Nakajima, A., Sugawara, T. : Fundamental researches on rheological properties of mastic asphalt, *Bul. of the Japan Petroleum Institute*, Vol. 9, March 1967.
- 5) Sugawara, T. : Brittleness and visco-elasticity of bituminous mixtures, *Annual Report of Roads, Japan Road Association*, 1970.
- 6) Lee, A.R., Warren, J.B. and Waters, D.B. : The mechanical properties of bituminous surfacing materials, *Jour. of Inst. Petrol.*, No. 197, 1940.
- 7) 農林省農地局制定：土地改良事業計画設計基準第3部第14編水利アスファルト工, pp. 36, 昭和42年  
(1971.11.16・受付)

# 地下水の追跡に

# MITY 蛍光光度計

## ■用途

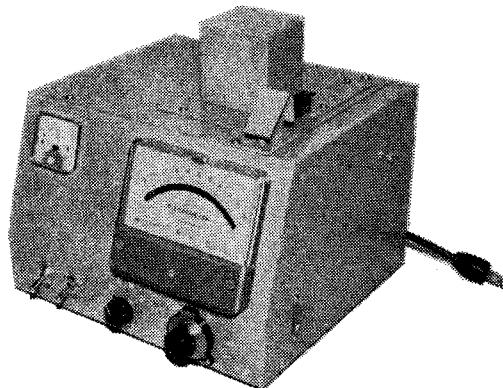
- 地下水の研究
- ダムの漏水、トンネル及農薬用水の漏水
- 地辻対策
- 岩盤の亀裂の水の関連性研究

## ■特長

- 現場に持込み可能
- 小型 (26cm × 23cm × 22cm)

## ■納入実績

大学・官庁研究所・各府県砂防、  
耕地、農地建設、治山、其他



〒140

東京都品川区西大井1丁目5番9号

電話 東京 03 772-6017

# 東京測器製作所

# 土木関係計測器

及各種土質試験機  
専門メーカー

- 1) 地すべり関係
- 2) 井筒、せん函又は擁壁関係  
及びコンクリートダム関係
- 3) トンネル関係
- 4) Open cut 又は地下鉄工事関係
- 5) シールド関係
- 6) 梁堤ならびにアースダム関係
- 7) 軟弱地盤関係
- 8) 坑、地中壁、構造物の変状関係
- 9) 地震関係
- 10) 道路関係
- 11) 各種土質試験機関係
- 12) 各種公害関係

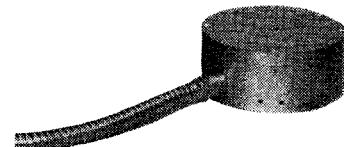
## 営業品目

坂田式各種土圧計 / 加速度計 / 变位計 / 垂計 / 傾斜計 / 間隙水圧計 / 鉄筋計 / 沈下計各種 / バイブひずみ傾斜計 /  
水平振子傾斜計 / 地すべり記録器各種 / 地下水検層器 / 水位警報装置 / 地すべり崩雪検知装置 / シールド工法進路補正装置 /  
コンクリート直視垂計 / 支柱式ロードセル / バニヤスケール各種 / 腐蝕率計 / 振動計 / 自記式三軸圧縮試験機 /  
振動三軸試験機 / 走行車両重量選別積算装置 / 道路試験車装置 / 指示騒音計外公害関係計測器 / その他電気応用計測器 /  
等の製造・販売・修理 /

差動トランス型間隙水圧計



差動トランス型土圧計



坂田電機株式会社

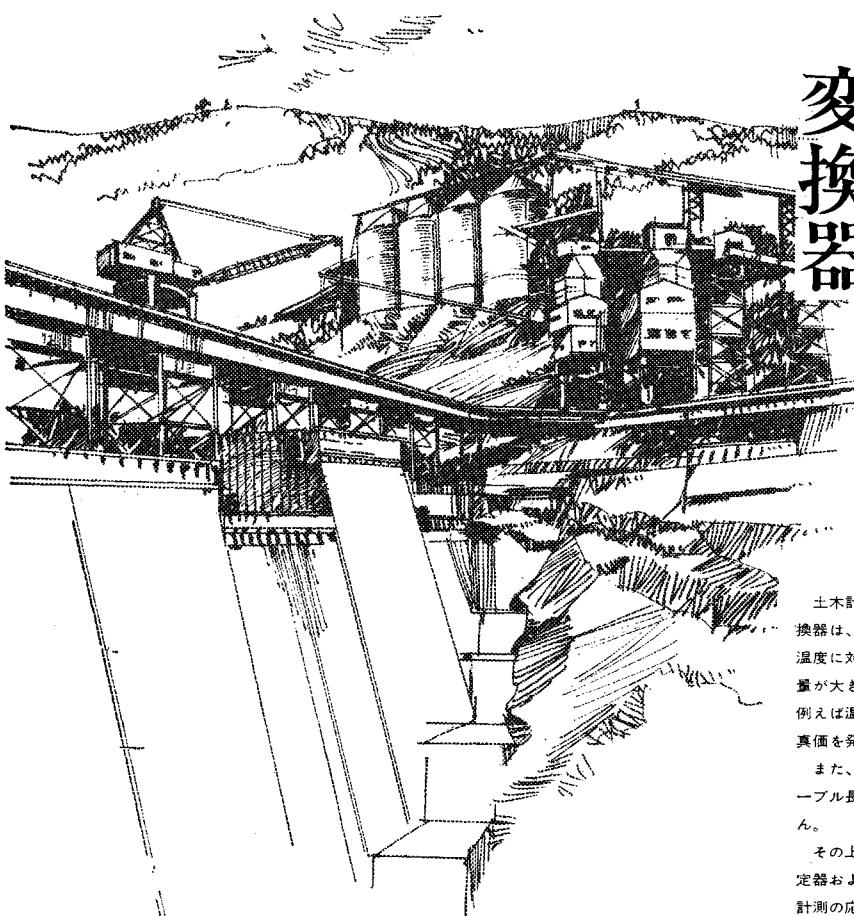
営業所 東京都保谷市柳沢2丁目17番20号

電話 0424-62-6811 代表 〒 188

昭和四十七年五月二十八日発行  
第三種郵便物認可  
(毎月二十日発行)

# 土木計測用ひずみゲージ式

## 変換器



土木計測用に開発されたひずみゲージ式変換器は、自己温度補償の原理を取り入れて、温度に対する補正が不要になりました。補正量が大きく真値のつかみにくい場での計測、例えば温度変化の大きい場などで使用すれば、真価を発揮します。

また、共和独特の指示器の採用により、ケーブル長は5kmまで感度に全く影響ありません。

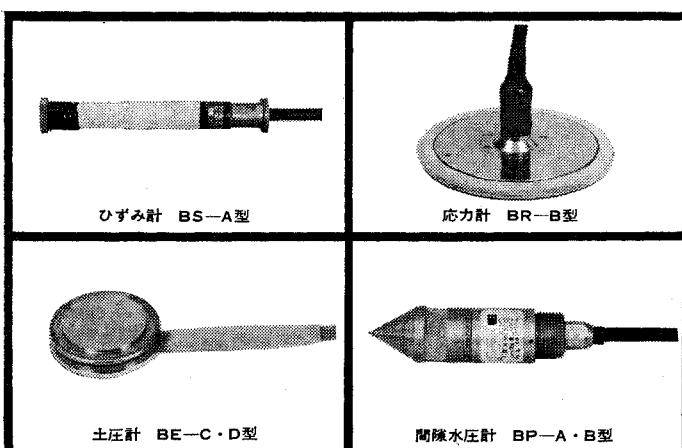
その上、市販されているすべてのひずみ測定器およびその周辺器が使用できますので、計測の応用範囲が広がり便利になりました。

### 特長

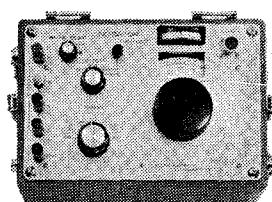
- 温度補正はいりません
- ケーブル抵抗の補正是5kmまで全く不要
- あらゆるひずみ測定器に接続できる
- 小型の構造物にも使える
- 耐環境性にすぐれ、信頼性が高い

### 種類

品名	型式名	容量
ひずみ計	BS-A型	$\pm 500 \times 10^{-6}$ ひずみ
応力計	BR-B型	20, 50, 100kg/cm <sup>2</sup>
	BP-A型	2, 5, 10, 20kg/cm <sup>2</sup>
	BP-B型	2, 5, 10, 20kg/cm <sup>2</sup>
間隙水圧計	BE-B型	2, 5, 10kg/cm <sup>2</sup>
	BE-C型	2, 5, 10kg/cm <sup>2</sup>
	BE-D型	
	BE-E型	
土圧計	BE-F型	2, 5, 10, 20kg/cm <sup>2</sup>
変位変換器	B C D 型	± 5 mm



専用指示器 BM-12A



●カタログお送りいたします。  
誌名記入のうえ広報係まで

土木計測器の専門メーカー

**共和電業**

本社・工場 東京都調布市下布田1219  
電話 東京調布0424-83-5101

営業所／東京・大阪・名古屋・福岡・広島・札幌・出張所／水戸