

# 論文紹介

今月は論文集第 87 号(37 年 11 月発行)登載論文として次の 5 編を紹介します。なお 12 月号で紹介する第 88 号登載予定論文は、下記の 2 編です。

坂本真雄：鋼アーチ支保工に関する研究  
杉木六郎：鉄筋コンクリート ポールおよびくいのコンクリート

## マルチセル(Multi-cell)構造の実験的研究

桜井春輔・伊藤鉱一・成岡昌夫

Multi-cell 構造は並列の箱桁構造の下フランジ間をさらに連結して、multi-web の桁構造としたものである。この構造についての研究としては、J. Pirlet, K. Jäger, R.E. Rowe などの研究をあげることができよう。R.E. Rowe らの研究では、multi-webbed girder を直交異方性板とみなし、実験値と Guyon-Massonet の式による計算値と比較している。この研究は 5-cell の桁橋模型 2 つについて行なった室内実験結果、ならびに、これに連続した計算結果と 7-cell の桁橋である西大橋について行なった載荷実験結果を述べたものである。

直交異方性板としての解析は Guyon-Massonet の方法にしたがう。ただ、ねじり剛性については、R.E. Rowe らが、multi-cell 構造を個々の cell(box) にわけ、それらが単独に作用するものとして求めているのに対し、ここでは構造全体を一体と考えて次のようにして求めた。すなわち、multi-cell 構造に対する St. Venant のねじりせん断流の基礎方程式を求め、単位ねじれ角を生ぜしめるに必要なトルクをねじり剛性として、等間隔に隔壁の入った multi-cell 構造に対して計算した。

曲げねじり理論による解析については、小西・小松・大橋：土木学会論文集第 25 号(昭 30.3) によった。

Multi-cell 構造としてアスペクト比(巾員)/(スパン)の異なる種々のものを考えた。これを表に示すと次のようである。

巾員 2b(cm)	30	60	30	30	30
スパン 2a(cm)	42.857	100	60	75	100
b/a	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3
断面の性質	模型-2	模型-1	模型-2	模型-2	模型-2

実験は、 $b/a=0.6$  の模型-1 と  $b/a=0.3$  の模型-2 に対して行なった。他の  $b/a$  の値のものは、断面の性質はすべて、模型-2

図-1 (a)  $b/a=0.6$  の場合の分配係数  $K$

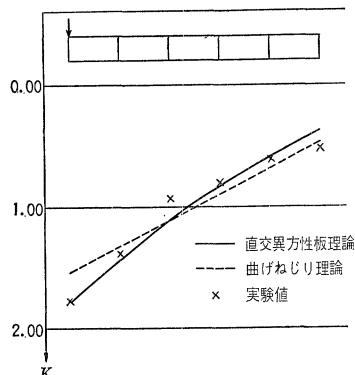
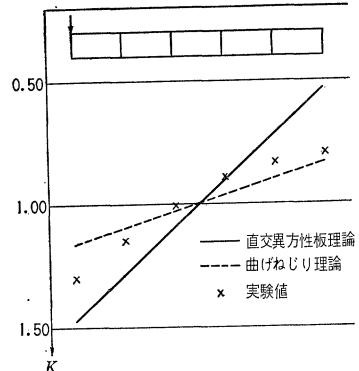


図-1 (b)  $b/a=0.3$  の場合の分配係数  $K$



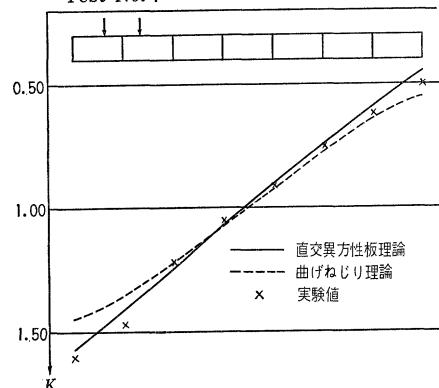
に等しく、ただ、 $2a$  の値が異なるのみである。模型-1(2) の stiffness parameter, torsional parameter は  $\theta=0.304(0.152)$ ,  $\alpha=0.758(0.764)$  である。

実験結果の一つとして、縁桁のスパン中央に載荷の場合について、実験値と計算値との比較を分配係数の形で、図-1(a), (b) に示す。

ついで、大阪市西大橋( $2b=20\text{ m}$ ,  $2a=30.6\text{ m}$ ,  $b/a=0.66$ , 7-cell)について行なった載荷試験の結果の一例を、分配係数の形で示せば、図-2 のとおりである。

図-2 西大橋の載荷実験の一例

Test No. 1



Multi-cell 構造に対して、曲げねじり理論と直交異方性板理論の双方から検討した論文が見あたらないので、本研究を実施した。巾員とスパンとの比が 0.5 以上ならば、直交異方性板理論による近似解でさしつかえなく 0.5 以下ならば、曲げねじり理論による精密解によるべきであろう。(1961.2.13-受付)

[筆者：桜井・正員 大阪市交通局高速鉄道建設部  
伊藤・正員 新三菱重工業 KK 神戸造船所  
成岡・正員 工博 名古屋大学・京都大学(併任)教授]

## 岸壁裏込間げき水による動水圧について

大原資生

### 1. 緒言

従来、岸壁の耐震設計において、この動水圧が全く考慮されなかった理由は、裏込土の透水抵抗のために、間げき水が裏込

の間げきをとおって流動することはないという多分に経験的な考えにもとづいた結果であると思う。

しかし、この動水圧については、以前に安蔵教授が間げき水を非圧縮流体として理論解を導き、岸壁の耐震設計において、これを考慮すべきことを示しておられる。

著者は先にこれについての実験を行ない、その実験結果と安蔵教授の理論値とを比較検討した結果、同教授の方法と違った、間げき水を圧縮性流体とした別の理論解を導き、実験結果と比較検討し、さらに数値計算を行なって実際岸壁に対する計算図表を作った。

## 2. 実験

間げき水による動水圧についてのわれわれの実験は振動台上に深さ、巾、奥行がそれぞれ  $40 \times 90 \times 100$  cm の鋼板製箱をおき、その中に飽和砂を入れて行なったものである。その場合、土圧計の前面に金網状のしんちゅう板をつけて動水圧だけが測定できるようにした。

試料は平均径がそれぞれ 1 mm, 5 mm の荒砂および玉砂利を使用した。それぞれの透水係数は 0.75 および 100 cm/sec である。この場合、振動初期において砂層の沈下とともになう過剰間げき水圧が生ずるという興味深い現象があり、これについては前論文で述べてあり、また、本論文では定常的な動水圧を問題としているので省略する。

以上の実験で間げき水による動水圧の存在が認められ、その分布はほぼ Westergaard の値に等しいという結果が得られた。

## 3. 理論

いま、簡単に振動によって裏込土は変位せず間げき水のみが、

図-1 動水圧合力と  $A$  との関係

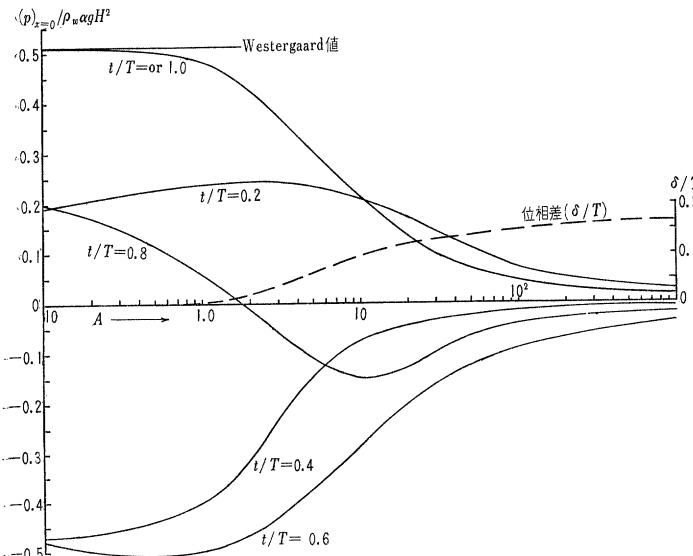
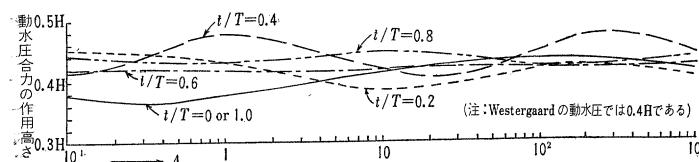


図-2 動水圧合力の作用高さと  $A$  との関係図



その間げきがとおって流動するものとし、その流動に際しては Darcy の法則による透水抵抗が働くものと考えて間げき水の運動方程式をたて、これより適当な境界条件を満たす解を求めた。その解を数値計算したのが、図-1、図-2 である。横軸  $A$  は  $\rho_w \lambda g w H^2 / K k$  で 図-1 は  $A$  による動水圧合力の変化状況を示し(縦軸  $P / \rho_w \alpha g H^2$  の  $P$  が動水圧合力), 図-2 はその合力の作用高さの変化状況を示してある。

ただし  $\rho_w$ : 間げき水の密度  
 $\lambda$ : 裏込土の間げき率  
 $w$ : 強制振動の角速度  
 $K$ : 間げき水の体積弾性率  
 $k$ : 裏込土の透水係数  
 $H$ : 水深  
 $g$ : 重力加速度  
 $\alpha$ : 震度

なお、図-1 に破線で示してあるのは動水圧合力の強制振動( $T$ : 強制周期)との位相差  $\delta$  との変化状況を示したものである。

## 4. 結語

図-1 でもわかるように、われわれの実験の場合では  $k=1.0$  cm/sec,  $K=2 \times 10^{10}$  C.G.S., 振動周期  $T=0.3$  秒,  $\lambda=0.5$ ,  $H=35$  cm というような値であるので、 $A=0.6 \times 10^{-3}$  となり、この場合の動水圧は Westergaard 値とほぼ等しい実験値の得られることが証明できた。

結局、 $A$  の値が  $A \leq 1$  の範囲では間げき水による動水圧値は Westergaard にはほぼ近似したものとなり、強制振動との位相差はないと考えてよいとの理論的結果を得る。

これは地震周期を 0.2~2 秒と考えた場合、 $H=10$  m の岸壁で裏込土の透水係数 10~1 cm/sec 以上の場合に相当する。

以上、裏込間げき水による動水圧について、実験的に、また理論的に考察した結果、地震時、岸壁に作用する振動圧力としては振動土圧とこの間げき水による動水圧とを考えなければならぬとの結論を得たことについて述べた。

(1961.5.10・受付)

[筆者：正員 工博 山口大学助教授 工学部土木工学科]

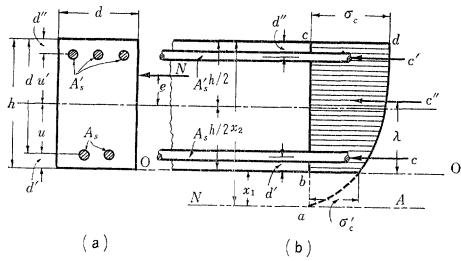
## 偏心軸圧力を受けるコンクリートならびに鉄筋コンクリート短柱の考察 —偏心距離小なる場合—

加賀美 一二三

偏心距離小なる軸圧力を受ける無筋ならびに帶鉄筋コンクリート矩形短柱の任意断面におけるひずみを破壊に至るまで各荷重段階において測定した結果によれば、それら各段階の場合におけるひずみは直線分布でないことが示された。

本文は著者がおおよそ心点の内外付近における前記のひずみ分布にもとづいて、無筋ならびに帶鉄筋コンクリート部材の応力関係を研究し

図-1



た報告であり、以下のことことが得られた。

(1) 偏心距離小なる軸圧力を受ける無筋ならびに帶鉄筋コンクリート短柱の応力分布の結果は、図-1のごとくほぼ5次放物線である。

(2) 鉄筋コンクリート部材断面において、 $\sigma_s \leq \sigma_{sy}'$  の場合の結果

(a) 中立軸の位置  $x_2$  は式(1)によって表わされる。

$$\begin{aligned} & 0.454 \sigma_{cy} \left\{ x_2^2 - (x_2 - h)^2 \left( 1 - \frac{h}{x_2} \right)^{1/5} \right\} b \\ & - 0.833 \sigma_{cy} \left\{ x_2 - (x_2 - h) \left( 1 - \frac{h}{x_2} \right)^{1/5} \right\} \left( e + x_2 - \frac{h}{2} \right) b \\ & + (u - e) \sigma_{sy}' A_s' - E_s \left\{ \frac{0.00168}{x_2} (x_2 - d) \right\}^{0.009} A_s (u + e) = 0 \end{aligned} \quad \dots \quad (1)$$

(b) 心半径  $r_K$  は式(2)

$$r_K = \frac{\left[ \mu h b \sigma_{cy} \left( \frac{2 \nu h}{\mu} - d - d' \right) - \left[ E_s \left\{ \frac{0.00168}{h} (h - d) \right\}^{0.009} A_s + \sigma_{sy}' A_s' \right] \right.}{\left. \left[ E_s \left\{ \frac{0.00168}{h} (h - d) \right\}^{0.009} A_s + \sigma_{sy}' A_s' \right. \right.} \cdot \frac{A_s - \sigma_{sy}' A_s' \left[ (d - d') \right] u}{\left. \left. + \mu \sigma_{cy} h b \right] (d - d')} \quad \dots \quad (2)$$

(3) それらの部材における  $\sigma_s > \sigma_{sy}'$  の場合の結果、 $x_2$  の最小値は式(3)によって表わされる。

$$x_2 = \frac{0.00168 d}{0.00168 - \left( \frac{\sigma_{sy}}{E_s} \right)^{1.1}} \quad \dots \quad (3)$$

$x_2$  の一般式は式(4)

$$\begin{aligned} & 0.454 \sigma_{cy} \left\{ x_2^2 - (x_2 - h)^2 \left( 1 - \frac{h}{x_2} \right)^{1/5} \right\} \\ & - 0.833 \sigma_{cy} \left\{ x_2 - (x_2 - h) \left( 1 - \frac{h}{x_2} \right)^{1/5} \right\} \left( e + x_2 - \frac{h}{2} \right) b \\ & + (u - e) \sigma_{sy}' A_s' - (u + e) \sigma_{sy} A_s = 0 \end{aligned} \quad \dots \quad (4)$$

(4) 鉄筋コンクリート短部材の設計における偏心軸圧力  $N$

(a) それら部材における  $\sigma_s \leq \sigma_{sy}'$  の場合

$$N = Fb + \sigma_{sy}' A_s' + \sigma_s A_s \quad \dots \quad (5)$$

(b)  $\sigma_s > \sigma_{sy}'$  の場合

$$N = Fb + \sigma_{sy}' (A_s' + A_s) \quad \dots \quad (6)$$

(c)  $N$  が心点に働いている場合

$$N = \mu \sigma_{cy} h b + \sigma_{sy}' A_s' + E_s \left\{ \frac{0.00168}{h} (h - d) \right\}^{0.009} A_s \quad \dots \quad (7)$$

(d) 鉄筋コンクリート短部材の中心に  $N$ 、すなわち  $P$  が働く場合の設計式

$$P = \frac{1}{S} (\sigma_{cy} A_c + \sigma_{sy}' A_{s0}) \quad \dots \quad (8)$$

(5) 極限強さ設計における式

極限強さ設計式は式(5), (6)の左辺値  $N$  を  $SN$ ,  $S$  は安全率とおきかえることによって表わされる。(1961.11.11・受付)

[筆者：正員 工博 山口大学教授 工学部土木工学科]

## 薄肉曲線桁の基礎理論

小西一郎・小松定夫

鉄筋コンクリートのような、中実断面を有する細長い線状の曲線桁に関しては、従来多くの理論的研究がなされている。この種の理論は桁軸曲線の曲率半径や桁軸方向の寸法に比して、桁断面の曲率半径方向の拡がりが小さいような場合を取り扱ったものである。だから、もっぱら断面力や変形量が桁軸方向にどのように変化するかを調べれば、一応その静力学的挙動の特性が明らかにされるものと考えられていた。しかし通常、曲率半径方向の断面寸法が大きくなればなるほど、横断面内の応力分布は直線桁についてえられた応力度の公式で与えられるものから次第に相違していく。曲率面内に曲げモーメントを受けて変形する、いわゆる曲がりばかりがよい例である。

さて、一般に薄板部材で構成され、任意断面形状を有する曲線桁が任意の外力を受けるときにも、これと類似の現象が起るものと考えられる。換言すれば、直線桁の初等曲げ理論に対して、曲りばかり理論があるように、直線桁に関する薄肉構造理論に対応して、薄肉曲線桁についての工学的基礎理論を確立することが重要であると思われる。

本文においては、まず基本的な6つの変形状態について、静力学的考察を行なった。

- (1) 単純ねじり、(2) 曲率面外の曲げ、(3) 曲率面内の曲げ、(4) 断面主軸まわりの単純曲げ、(5) 曲げねじり、(6) 単純弓張り

それぞれの場合について、円弧座標による変位とひずみ成分の関係から出発して、応力と変形量の関係式、応力間のつりあい、断面力と変形量の関係、断面諸量と断面形状、寸法の関係などを明らかにした。

これらの解析に際して、すべて桁軸曲線線形の曲率の影響ならびに横断面方向の位置による幾何学的および力学的条件を同時に考慮に入れてあるのは、注目に値すると思われる。

つぎに、橋梁構造物などに用いられている薄肉曲線桁が任意の外力の作用下に直角2方向の曲げモーメント、せん断力および軸力を生ずる、いわゆる一般的の曲げについて論じた。そしてその場合の横断面内任意点の垂直応力およびせん断応力を求める公式を誘導した。

一般に、曲線桁においては、桁軸線に直角方向の外力あるいは桁軸まわりのトルク荷重を受ける場合には、曲げとねじりの連成を生ずる。このような変形状態においては、常にせん断中心がどこにあるかが問題になる。そこでそり拘束による曲げねじりの垂直応力がそれ自身でつりあい状態にあって、軸力や曲げモーメントに関与しないという条件から、せん断中心の位置を確定する。この条件によって、曲げ直応力の合力として、曲げモーメントが明確に定義される。このようにして、曲率半径の関数の形でせん断中心の座標を与える公式を導いた。

最後に曲線桁が一般に鉛直荷重あるいはトルク荷重を受けて断面のせん断中心のまわりに回転し、同時に鉛直下方にたわむとき、断面の絶対回転角、たわみ、ねじり角ならびに弯曲変形の曲率などの間に存在する幾何学的関係を明らかにした。

以上を総合して、薄肉曲線桁についての応力および変形量の解析にあたって、従来とかくなおざりにされていた諸特性を明

確にしたものである。たとえば数本の薄肉曲線桁を強固な横繩材で結合した曲線橋を、全橋断面不变の仮定にもとづいて一体として曲げねじり理論を適用するような場合、橋巾方向の拡がりが比較的大きくなるから、本文の公式にしたがって計算すべきであると思われる。

本文の結果と関連して、単純支持および連続形式の薄肉曲線桁に関する研究結果を引き続き発表する予定である。

(1962.3.14・受付)

[筆者：小西・正員 工博 京都大学教授 工学部土木工学科]  
小松・正員 工博 大阪市立大学助教授 土木工学科]

## 行列による骨組構造物の解法

大 地 羊 三

骨組構造物の解法は、連立一次方程式を作り、これを解くことに帰一する。今までには連立一次方程式を解くために多くの時間を要したので、連立一次方程式を解く時間はあまり問題にならなかった。しかし電子計算機が実用化されるようになった現在では、事情が異なってきており、電子計算機の演算速度は非常に早いので、連立一次方程式を解く時間はあまり問題でなくなり、その代りにいかにして正確に早く連立一次方程式を作るかということが、新しい問題として発生した。このためには行列を使用すると好都合である。

欧米では1950年前後から、行列による骨組構造物の解法を論じた文献が多数発表されている。また電子計算機の利用を主題とする論文も多数発表され、その大部分が行列を利用したものである。しかし、これらの論文は原理を述べたものが多く、個々の問題に適用するにあたっては、部材の結合状態、あるいは支点の状態などを考慮しながら、各問題ごとに異なる操作によって、行列を作らなければならないものばかりである。したがって、すべての骨組構造物に共通な解式の説明が望まれるわけである。

また行列が電子計算機に有効な手段であるといつても、元数の多い行列を一時に取り扱うことができるわけではない。電子計算機にも、おのずから定められた容量（記憶できる数字の数）がある。したがって容量を上まわる行列はこれを小行列に分割して演算を実施しなければならない。

本論文は、この2つの問題（共通な解式と小行列の演算）を解決しようとするものである。まず個々の骨組構造物に固有の形状行列を導入することにより、ほとんどすべての骨組構造物に適用できる一般式を作り、さらに直交する行列および広義の逆行列を定義し、これを用いることによってある程度方程式の元数を減らした解式を作った。また、この解式の係数行列が正値対称行列であることに着目し、係数行列の逆行列を、小行列を用いて求める公式を説明し、電子計算機の記憶容量の不足を補なうことができるようとした。

(1962.4.10・受付)

[筆者：正員 工博 国鉄鉄道技術研究所]

土木工学論文抄録 第5集

A4判 378頁 頒価：1200円 会員特価：800円 (税120円)

同 第6集

A4判 500頁 頒価：2500円 会員特価：2000円 (税120円)

## コンクリートパンフレット

(67号まで一冊し欠号あり)

各号共A5判1部60円(税10円)  
御一報次第図書目録進呈

67号

## コンクリートを造るこつ

67頁 故吉田徳次郎博士遺稿集

本書は東大国分正胤博士等の御助力のもとに故吉田徳次郎博士の各種遺稿を収録したもので、先生の高邁な人格と学殖の深さがしのばれ、コンクリートに関心を持つ人々の必読の書である。

66号

## 砂防ダム

54頁 建設省河川局砂防課長  
木村正昭氏執筆

長年実地に研究、指導、施工された権威がわかりやすく執筆されたもの。

目次 1. 総論 2. 計画および構造細目 3. 断面決定法(I) 4. 断面決定法(II) 5.

施工 6. 計画および構造細目

65号

## コンクリートの施工と試験

91頁 日本セメントK.K.研究所工博  
山田順治氏執筆

練り混ぜ、コンクリートのコンシスティンシー、打ち込み、コンクリートの強度、締め固め、養生、品質管理、寒中および暑中コンクリート、AEコンクリート

翻訳3

## 舗装の維持と補修

110頁 京都大学名誉教授工博  
近藤泰夫氏訳

舗装の維持補修に従事する技術者に対する指針を与え、小規模改良工事或いは付加工事を指導するに必要な機能、設計、規準に関する参考資料を掲載（米国書の翻訳）

東京都港區赤坂台町1番地  
振替東京 196803・電 (481) 8541 (代)

日本セメント技術協会

# 試験機紹介のページ

丸東製作所

TEL  
東京  
(641)  
2661  
7749  
8735

## あらゆる力量の計測に……

### マルトー・リング(環状力計)

Patent No. 437135, 490829, 497488

マルトー・リングは高弾性鋼製の力量計で、外力の測定および力量の検定に使用されます。測定原理は極めて簡単で、リング(環)に外力を加えるとそのリングの直径が変化します。その変化量—撓み又は歪みと称する—は外力に比例します。この原理からリングの撓み量を指示器で読み取ることにより、未知の外力を知ることができます。

マルトー・リングはすべて計量器として通産省工業技術院計量研究所の国家検定を受けてあります。

#### [マルトー・リングの特徴]

##### 〔広汎な用途〕

マルトー・リングはあらゆる力量の計測に使用されます。即ち圧縮力、引張力、捩り力、曲げ力等の測定に、又物体の積載量等の重量の測定にも使用することができます。利用法によっては摩擦力、分力および推力の測定を行なうこともできる等その応用範囲は非常に広汎に亘っています。

##### 〔単純な構造・すぐれた材料〕

マルトー・リングは、高弾性鋼環に撓み指示器(ダイヤル・ゲージ又はマイクロメーター)を組み合わせただけの単純な構造と、厳密なる技術管理下に於ける加工、検査の各工程を経た高精度を兼備しています。そのため、長年に亘り、その最大能力まで反復使用しても性能上の狂いは皆無です。

##### 〔正確・簡単な力量の計測〕

マルトー・リングはすべて検定公差 0.5% ( $\pm 0.5\%$ ) 以内に規正してあるため、常に正確な力量の計測を行なうことができます。又御使用の便を計るため、検定定数表および力量換算図表を添付しており、指示器を読み取るのみで如何なる荷重も即座に求めることができます。

厳密な計測値を必要とする場合には、温度変化のために起る誤差を補正して使用することができ、極めて精密な計測が行なえます。

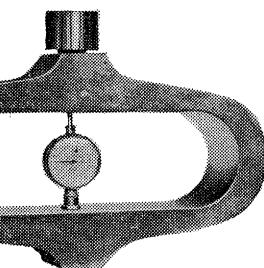
##### 〔種々な型式・形状〕

マルトー・リングは下表に示すように四種類の型式、形状のリングがあり、用途により更に圧縮用、引張用に大別され、それぞれ計測の目的に応じて選択することができます。

### マルトー・ダイジング・リング(基準力計)

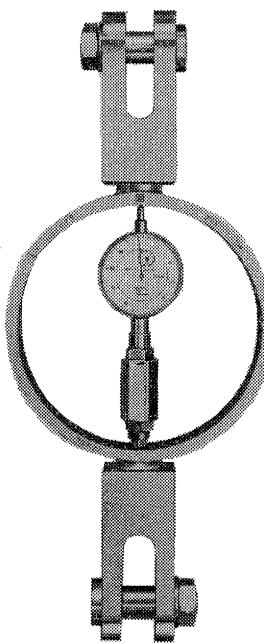
マルトー・ダイジング・リングは力量測定用基準器で、次の場合に適用します。

#### 1. 計量法による材料試験機の検定用



OT 桟円型力計(圧縮用)

#### 2. 計量法による試験機ならびに計量器の製造、修理業者の設備用



PLT 円環型力計(引張用)

基準力計は JIS B 7728 のたわみ型検定器の規準に適合しております、通産省工業技術院計量研究所の基準検定付としてあります。

基準力計の御注文に際しては、基準器検定を申請する必要上、必ず“基準力計”と御明示下さい。

形	Model	用途	撓み指示器	容量範囲	適用
円	PLK	圧縮用	D・G	50~500kgまで 5種	一般力量計測(小容量)用
		引張用	D・G	〃	
環	PLT	圧縮用	D・G	1,000~5,000kgまで 4種	一般力量計測(中容量)用
		引張用	D・G	〃	
型	DM	圧縮用	D・G & M	3,000~100,000kgまで 7種	精密力量計測(中・大容量)用
		引張用	D・G & M	3,000~10,000kgまで 3種	
楕	OK	圧縮用	D・G	300と500kgの2種	一般力量計測(小容量)用 円環型より撓み量が大きい
		引張用	D・G	〃	
円	OT	圧縮用	D・G	1,000~50,000kgまで 8種	一般力量計測(中・大容量)用 円環型より撓み量が大きい
		引張用	D・G	1,000~10,000kgまで 5種	
MOT	圧縮用	D・G & M	100,000kg以上数種	精密力量計測(大容量)用 リングの撓み量が非常に大きい	

\* D・G はダイヤル・ゲージ、M はマイクロメーター

詳細なるマルトー・リング総合カタログがございます。お問い合わせ下さい。

請求先：東京都江東区深川白河町2の7 株式会社 丸東製作所 営業部