

## 【討 議】

## 高田 彰著 “波の遡上，越波および反射の関連性について” への討議

(土木学会論文報告集第182号, 1971年10月所載)

討議者：椎貝博美 (東京工業大学工学部)

上記の論文は、討議者も特に越波の問題に深い関心をもっての興味深く拝見した。特に、相互に関連性はあるが、それぞれに複雑な特性を有する問題について一貫した明確な像をもたれている点はこの論文の優れた点であると評価される。

次に述べるのは討議者のもつ疑問点、および意見であるのでご回答頂ければ幸いである。ただし、そのうちのいくつかは方法論の相違により生じたものであるため、主観的な回答を頂ければ適当であろう。

1. 最大遡上高，越波量の最大値を与えるのり勾配がほぼ一致するという意見はすでにたびたび提出されているのではないと思われる。たとえば文献 1) の 20 ページには——元来この論文は最大遡上高の生ずる場合が越波量の最大値を与えるという立場から書かれているが——所々越波量を最大遡上高との混同がみられるが、そのような記述が見られるし、この論文を引用した他の文献もそのような立場に立っている。また、討議者らは文献 2) の 113 ページにおいて、越波量の大きさを表わす  $k$  とのり勾配を比較して同様のことを具体的に表わし、さらにこれを岩垣ら (たとえば文献 4)) の結果と比較したものを文献 3) で発表している。ただし広範囲にわたって具体的に越波量と最大遡上高とを比較して一つの結論を導かれている点では本論文の価値が劣るものではない。

2. 越波量は波の周期にも関係するのではないと思われる (たとえば文献 4) p. 28)。この点については論文中全く触れておられないようであるが著者の考えを知りたい。討議者らの提案した式 (1) または (2) (後述) には当然周期の影響が  $L$  の影響とは別に含まれる。この点については著者はどう考えられるか。なお周期は式 (2) においては複雑な影響をもつ。周期の影響は後述の simulation を行なう時には無視することはできないと考えられる。

3. 波の遡上部分を側面より写真にとり、それによ

て得られた体積と越波量とを比較するのは巧妙な方法である。しかし、a) 遡上高，越波量ともに 1 回ごとの測定値はかなり変動する<sup>2)</sup>。変動の割合は討議者らの測定によれば、越波量において 300% にも達する。そこで係数  $a$  の値は 1 回だけの測定値 (つまり写真測定) と平均値 (10 波位の) との比較になるので結果にバラツキの生ずるのはやむを得ないのではないか。その意味で  $a$  の値が急勾配で 0.3~1.0、緩勾配で 0.7~1.3 の範囲にあることは、かなり良い相関関係があることを示している。しかし、 $a$  が系統的に説明されない後に困難を生ずるのではないか。b) もしも遡上波形が近似的にでも求められるのであれば、適当に  $a$  を推定することにより予測に用いられる可能性がある。しかし、常に写真観測との比較が必要だとすれば、予測が困難にならないか、の 2 点についてはどのように考えられるか。

4. 図-14 は  $H_o/L_o$  の値が一種類だけなので測定方法の判定については多少問題が残るのではないか。

5. 討議者らは以前に越波量を与える式 (1), (2) を発表している<sup>2)</sup>。

$$\left. \begin{aligned} \frac{Q}{TH_o\sqrt{2gH_o}} &= \frac{2}{15}mk^{3/2}\left(1-\frac{Z_o}{kH_o}\right)^{2/5} \\ &= 0 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} (Z_o \leq kH_o) \\ (Z_o > kH_o) \end{array} \dots\dots\dots (1)$$

または

$$\frac{Q}{TH_o\sqrt{2gH_o}} = \frac{4}{3}M\frac{1}{T}\int_{t_1}^{t_2}\{F(t)-K_o\}^{3/2}dt\dots\dots\dots (2)$$

ここに、 $T$ : 周期,  $m=0.6$  (これは斜面の粗度によって変化する),  $Z_o$ : 堤防高 (論文中の  $H_c$  に相当),  $k$ : 係数で 0.4~1.6 の範囲にあり風速, のり勾配,  $H_o/L_o$  等の関数,  $F(t)$ : 波の形状を表わす関数,  $M, K_o, t_1, t_2$ : パラメーターである。その他の記号はほぼ著者のものと同じ意味である。討議者は応答関数という意味でとりあつかいやすい式 (1) を推称している。式 (1) を慣習的な形に書き直すと式 (1') がえられる。

$$\frac{2\pi Q}{H_o L_o} = \frac{4\pi}{15} \sqrt{2} g H_o k^{3/2} \frac{Tm}{L_o} \left(1 - \frac{Z_o}{kH_o}\right)^{5/2} \dots\dots\dots (1')$$

いま式 (1) に  $m=0.6$ ,  $T=1.6 \text{ sec.}$ ,  $H_o=7.6 \text{ cm}$ ,  $Z=9.0 \text{ cm}$ ,  $L_o=400 \text{ cm}$  を代入して, 図-11(a) より  $k$  を逆算すると表-A をえる。

cot $\theta$		$k$	
0	1.21	2.25	1.33
0.5	1.26	2.5	1.37
1.0	1.28	2.75	1.36
1.5	1.30	3.0	1.31
2.0	1.30	4.0	1.30

$H_o/L_o$  の値は 0.019 (著者の場合) であるが,  $k$  の値のばらつきは意外なほど小さく,  $\cot \theta=2.5$  で最大値に達する。この傾向は  $\theta$  の大きい所を除いては図-A に示すように討議者らの求めた傾向と一致する。 $\theta=\pi/2$  に近い所では  $k$  の値は討議者らの求めたものの 2 倍位の値となっている。この理由は明らかではないが  $k$  の値があまり動かない方が望ましいのでその意味では著者の実験値の傾向は歓迎すべきことである。著者らの実験では複合勾配を用いているので反射が少なかったためかもしれない。このような  $k$  を用いて整理する方法は, 討議者はユニークなものと考えているが, 著者の考えを聞きたい。なお  $H_o/L_o=0.051$  の時はもしも  $\times$  印の傾向が正しいとすれば, 図-A の下のカーブのピークの位置はもっと右に動くことになるが, こ

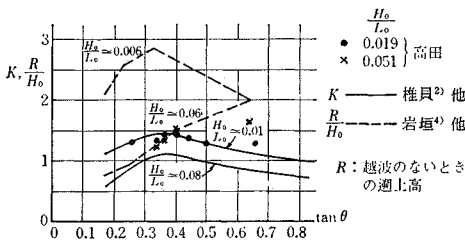


図-A 波の遡上変  $R$ , 越波係数  $k$  とのり面勾配との比較

れは著者の結果の方が正しいと思われる。この場合でも  $k$  は 1.60~1.45 の間にある。なお式 (1) で  $\partial Q/\partial k$  を作ると  $k$  が増加すれば  $Q$  も増加することは簡単にかかる。ただし,  $\partial Q/\partial k$  の大きい所では  $k$  がほんの少し変化しても  $Q$  が大きく変化するため,  $k$  の値がそうすることは必ずしも自慢にはならない。しかし  $k$  の値が系統的に変わることは現象解明の手掛りとなることのように思われる。

6. 討議者は, 越波の問題は最終的には, 応答関数を求めておき, 入力としての不規則波を与えて出力としての越波量を求め, 統計的な意味で越波量を推定する予測法を考えている。実はこのような試みは鶴田ら<sup>5)</sup> が式 (1) を元にして行なったのが最初である。しかし式 (1) は両辺に統計的な変量を含むためにはやや不適當である。それで討議者らは文献3) において, 式 (1) を書きかえて

$$\frac{Q}{Z_o^2} = \frac{2}{15} \sqrt{2} m \frac{\left(k \frac{H_o}{Z_o} - 1\right)^{5/2}}{k \frac{H_o}{Z_o}} T \sqrt{\frac{g}{Z_o}} \left. \begin{array}{l} k \frac{H_o}{Z_o} > 1 \\ \\ k \frac{H_o}{Z_o} \leq 1 \end{array} \right\} = 0 \dots\dots\dots (3)$$

とした式をこの目的のために提案している。もちろん, 最終的な目的として何をとりか, ということにはいろいろと問題のあるところである。しかし, 予測ということに目的をおくとき, 著者の推定方法は多少不便であるように思われる。いまのところ不規則波に対しては討議者の提案する方法他に有効な越波量の推定方法はないと思われるが, これについて著者の考えをお聞かせ頂きたい。

なお最後に著者の得られた結果ならびに払われた努力について深い敬意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) Model study of overtopping of wind-generated waves on levees with slopes of 1:3 and 1:6, Dept. of the Army Corps of Eng., Tech. Memo. No. 80, April, 1956.
- 2) H. Kikkawa et. al.: Fundamental study of wave overtopping of levees, Coast. Eng'g m Japan, Vol. 11, 1968.
- 3) H. Shi-igai et. al.: Analytical approach on wave overtopping on levees, Proc. of Coastal Engineering, a) Preprint, Printed on Sept., 1970. b) Final Print, in Printing, Washington.
- 4) 岩恒雄一: 海岸堤防論, 水工学シリーズ, 64-08, 土木学会水理委員会, 1964 年 7 月
- 5) S. Tsuruta et. al.: Expected discharge of irregular wave overtopping, Proc. of Coastal Engineering, Vol. II, 1968, London.

## 【回 答】

著 者：高田 彰（中部工業大学）

惟貝博美氏の有益なご討議を感謝したい。  
ご質問の項目にしたがい回答する。

1. ご指摘のとおりであるが、これまでの研究において定量的に十分検討がなされているとはいえない。

そこで、著者は波の遡上高、遡上波形容積、越波量および反射率の相互の関連性を重複波水深領域の壁体を対象にして定量的に明らかにしたものである。

著者の意図は、最大遡上高、最大遡上波形容積および最大越波量を生ずるときの波形勾配とのり勾配の関係を見出し、その条件が反射率および波の形態（Surging Wave と Breaking Wave）とどのような相関特性があるかを総合的に検討することにある。

なお、討議者は波の打ち上げ高と越波量を最大にするのり勾配が常に一致するという考え方で議論されているが、このことは重複波水深領域の壁体においてのみ成り立つことであり、砕波点および砕波で浅領域の壁体の場合は一般に成り立たないことを文献 1) で発表している。

2. 微小振幅深水波の一周期  $T$  の移動水量  $Q_0 = H_0 L_0 / (2\pi)$  を基準量として整理しているので、深水波長  $L_0$  の中に  $T$  の影響を考慮している。

討議者は、越波現象を非定常なせきの越流現象とみなして解析されているので、平均越波流量  $q_i$  が基本となるが、著者は波の打ち上げ空間波形を対象としているので一周期の越波量  $Q_i$  が基本となる。

しかし、 $Q_i = q_i T$  となり、両者を関連づけることができるので、結果的には同じことを意味している。

また、 $T$  は  $L_0$  の従属関数であるから、 $L_0$  で統一して議論できると考えている。

3. 波の打ち上げ高、打ち上げ空間波形および越波量は同一条件の実験であっても測定ごとに微妙に変化することは事実であるが、著者の実験方法では、実験値のパラッキが平均値に対して  $\pm 20\%$  の程度の変動であった。

具体的には、打ち上げ空間波形は第 6 波を対象として 20 回の写真測定より読み取り、仮想天端上の打ち上げ波形の容積を求め、それらの平均値を採用した。

越波量の測定においては、第 5 波～第 9 波の累積越波量を 5 回～10 回測定し、それらの平均値を採用した。

また、第 6 波の越波量を単独に 10 回測定し、それらの平均値が前述の連続越波の測定の平均値とほぼ等しいことも確かめた。

なお、打ち上げ空間波形の写真測定は、波が壁面に最高に昇りきったときのシャッターのタイミングに個人差があり、人為的な誤差の入る恐れがあるので、ストロボ装置あるいは高速度撮影機による測定が望ましいと考えている。

さて、著者の論文の式 (40) の越波係数  $\alpha$  の系統的な説明およびこの方法による越波量の予測についてはその後研究を進めており、鉛直壁の場合については文献 2) に発表している。また、斜面壁の場合については、近いうちに発表の予定でいる。

4. ご指摘のとおりであるが、その後の追加実験で図 1 (a), (b) に示されるような結果が得られた。

図 1 (a) は  $H_0/L_0 = 0.0198$ ,  $h/L_0 = 0.080$  の波について、天端高を 3 種類変化させた場合の実験結果を示し、図 1 (b) は  $H_0/L_0 = 0.031$ ,  $h/L_0 = 0.0935$  の波について、 $H_c/H_0 = 0.715$  の場合の実験結果を示している。

これらより、波の特性および天端高を変化させた実験においても、著者の論文の図 14 と定性的に同じ傾向にあるとみなすことができるので、原著の一実験例に基づく議論の一般性は失われていないと考えている。

5. 侵入波に対する越波量の応答関数を決めるとき、波の打ち上げ空間波形を用いる場合と壁面の波の打ち上げ時間波形を用いる場合があり、前者は著者の方法、後者は討議者の方法として分類できる。

いずれの方法であっても、適合性がよく、使いやすい応答関数を見出すことができれば、それなりに意義のあることと考えている。

しかし、物理的な意味では討議者の方法が越波象をより的確に説明できることを認めたい。

なお、越波現象を非定常なせきの越流現象とみなして解析する討議者の方法は、すでに文献 3) および 4) の津波を対象にした研究においても見ることができる。

また、著者は討議論文の式 (1) および式 (2) の解析方法に疑問を持っているので、その問題点を指摘しておきたい。

討議論文の式 (1) の  $k$  は式の誘導過程からして越波時の波の相対打ち上げ高  $R'/H_0$ 。あるいは無越波時の波の相対打ち上げ高  $R/H_0$  を表わしているのので、 $k$  は測定可

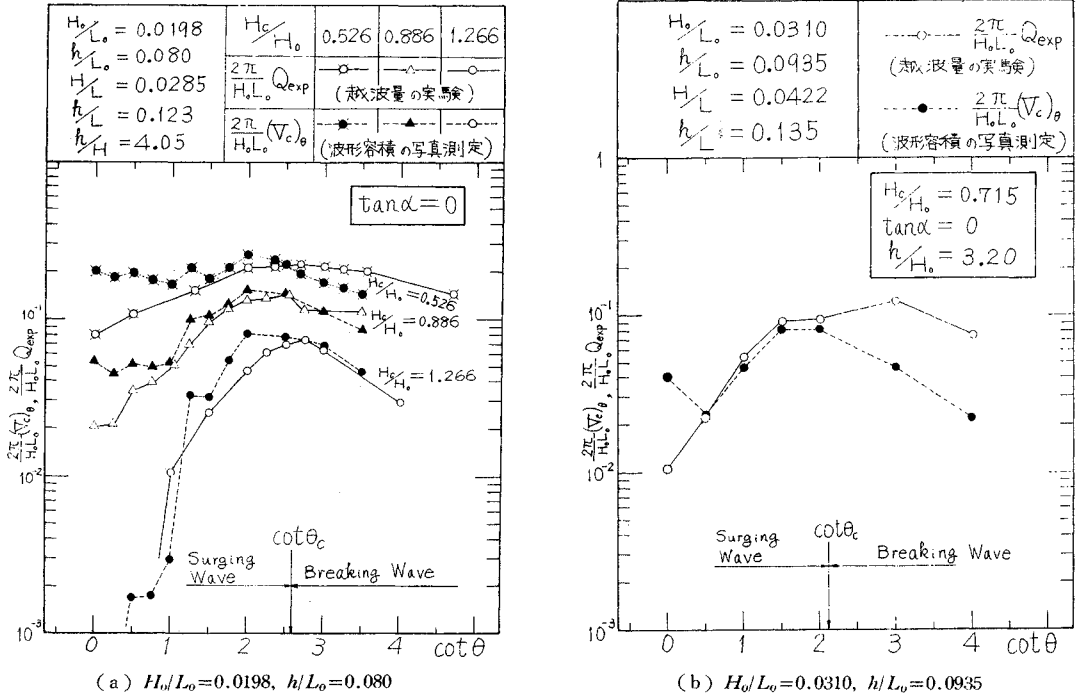


図-1 波の打上げ波形容積と越波量の関係

能な物理量である。

討議者は  $k$  を越波係数として取り扱い、式(1)と実験越波量  $Q_{exp}$  が等しくなるように  $k$  を求め、 $k$  の系統的な説明を試みているが、著者は  $k$  に人為的な要素を入れない方がよいと考えている。

また、討議者は  $m=0.6=const.$  (文献5) では  $m=0.5$  となっているが? とされているが、 $m$  の実験値は波形勾配、比水深、天端高、のり勾配および風速などによってかなり変化すると考えている<sup>2)</sup>。

さらに、討議者は壁面での時間波形を三角波形に近似しているが、著者は台形波形に近似する方がよりの確であると考えている<sup>6)</sup>。

6. 討議者の考え方と基本的には同意見であるが、上述のようにその解析方法に二、三の問題点があるように考えている。

著者は規則波の越波の解明が先決問題であり、規則波の越波量の応答関数を見い出すことが不規則波の越波量を推定する場合の重要な手掛かりになると考えている。

なお、不規則波の越波と規則波の越波の相関特性が明らかにできれば、その意義は非常に大きいといえるの

で、越波の研究の一つの方向として押し進めなければならないと考えている。

最後に、討議者より貴重なご批判を賜わり、示唆されるところが非常に多くあった。

ここに、討議者に対して深く謝意を表したい。

参考文献

- 1) 高田 彰: 波の遡上、越波および反射の関連性について(第2報)——堤脚水深の影響——, 第17回海岸工学講演会論文集, pp. 113~123, 1970-11.
- 2) 高田 彰: 波の遡上、越波および反射の関連性について(第3報)——有限振幅重複波の水面波形と越波量の相関特性——, 第18回海岸工学講演会論文集, pp. 249~258, 1971-10.
- 3) 福井芳郎・中村 充・白石英彦・佐々木泰雄: 津波の研究(II)——一般津波の堤防におよぼす影響——第9回海岸工学講演会講演集, pp. 50~54, 1962-10.
- 4) 福井芳郎・中村 充・白石英彦・佐々木泰雄: 堤防の津波対策に関する水理学的研究, 農林省農業土木試験場報告, 第1号, pp. 281~328, 1963-2.
- 5) 吉川秀夫・椎貝博美・河野二夫: 海岸堤防の越波に関する基礎的研究(1), 第14回海岸工学講演会講演集, pp. 118~122, 1967-10.
- 6) 高田 彰: 有限振幅重複波の水面波形と越波量の相関特性, 土木学会第26回年次学術講演会講演集, 第II部, 1971-10.

- 高い粘性によるコストダウン
- 高い膨潤
- 少ない沈澱
- 品質安定

業界に絶対信用ある…  
山形産ベントナイト

基礎工事用泥水に

# クニゲル



国峯砒化工業株式会社

本社 東京都中央区新川1-10 電話(552)6101代表  
工場 山形県大江町左沢 電話大江 2255-6  
山形県大江町月布 電話貸見 14

## 地下水の追跡に

# MITY 蛍光光度計

### ■用途

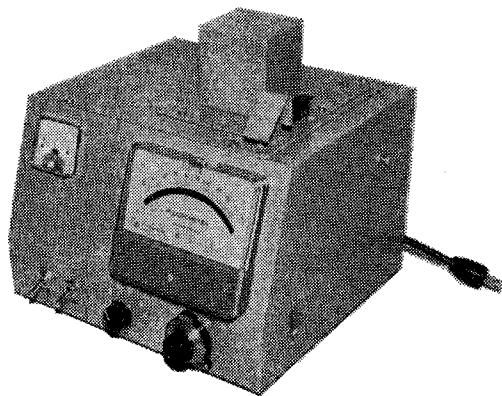
- 地下水の研究
- ダムの漏水、トンネル及農薬用水の漏水
- 地対策
- 岩盤の亀裂の水の関連性研究

### ■特長

現場に持込み可能  
小型 (26cm×23cm×22cm)

### ■納入実績

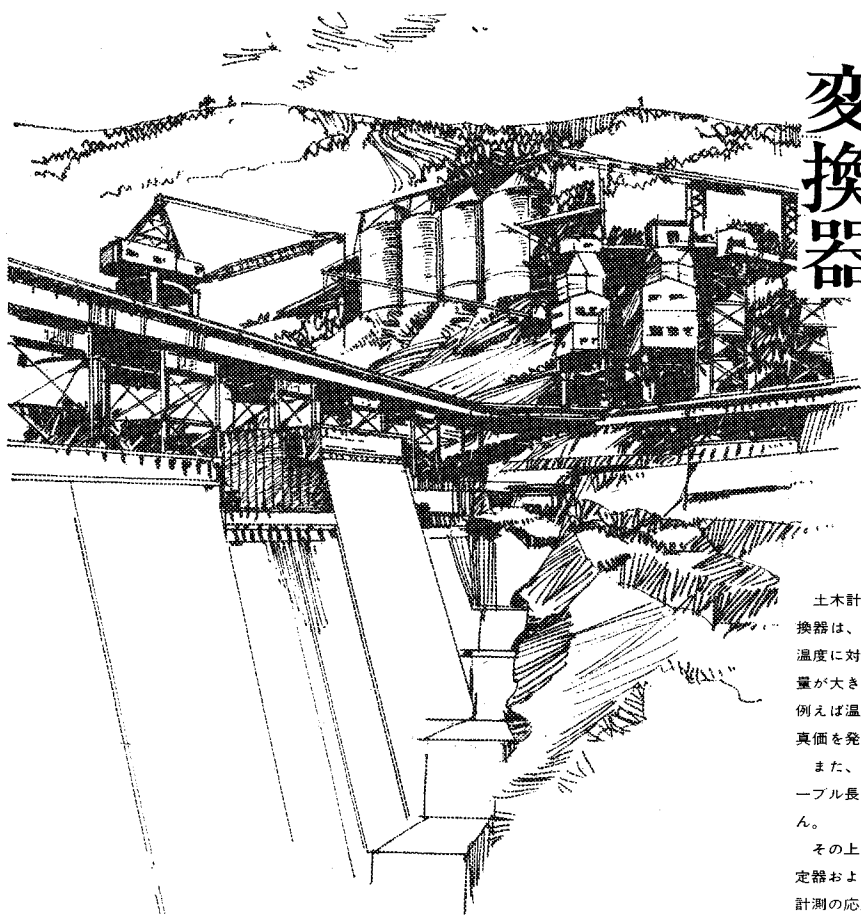
大学・官庁研究所・各府県砂防、  
耕地、農地建設、治山、其他



## 東京測器製作所

〒140  
東京都品川区西大井1丁目5番9号  
電話 東京 03 (772) 6017

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

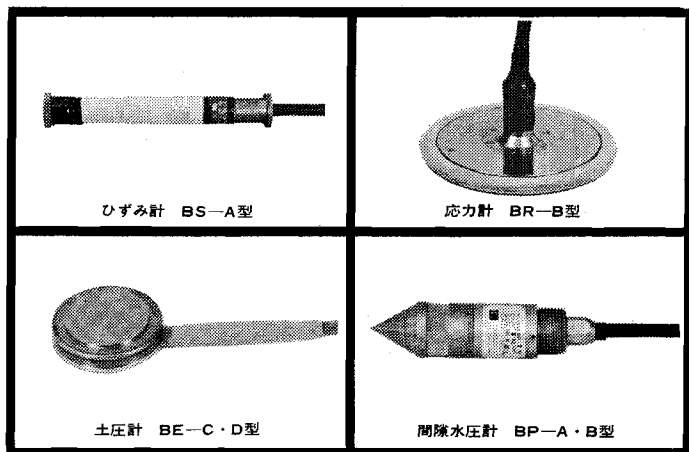
- カタログお送りいたします。  
誌名記入のうえ広報係まで

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

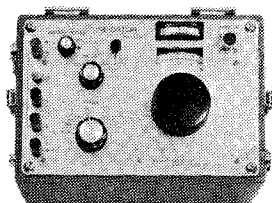


ひずみ計 BS-A型

応力計 BR-B型

土圧計 BE-C・D型

間隙水圧計 BP-A・B型



専用指示器 BM-12A