

## 橋 梁

高田 孝信\* ・伊藤 文人\*\*  
吉田 巖\*\*\* ・国広 哲男\*\*\*\*

### 1. ま え が き

橋梁はその用途により荷重条件が異なり、設計基準および管理は道路橋、鉄道橋により異なっている。したがって、測定すべき事項および方法にも異なった点があるが、大部分は共通的なものが多い。本講座では、(1) 計画・調査・設計、(2) 製作・施工、(3) 維持・管理等の各段階において行なうべき測定事項について、上部工、下部工に分けて記述することとした。

### 2. 上部工に関する測定

#### (1) 計画・調査・設計の段階における測定

##### a) 自然条件に対する測定

設計を行なう場合、架橋地点の自然条件を度外視できない場合がある。設計荷重については、道路橋、鉄道橋ともそれぞれの示方書<sup>1)</sup>でその標準値を示しているが、特殊な橋梁については、風、地震、雪、温度変化等の自然条件の測定が必要となる。

風に対しては、必要に応じて風向、風速を測定するが、風速については、鉄道および水平分布についても測定せねばならぬことがある。風速計は従来風杯式を用いていたが、最近は風向観測も兼ねて感度のよいプロペラ式が多く利用されている。

地震荷重の取り方については、現在もなお疑問の点があり、重要な橋梁に対して架橋地点の地震記録が必要となる。地震記録を取るには架橋地点の地盤に地震計(加速度計の場合が多い)を設置しておき、地震時に作働させて記録を取る。地震記録は多いほどよいので、現在重要な橋梁にはその橋脚およびその付近の地盤に強震計が設置されつつある。

\* 正会員 工博 東洋大学教授

\*\* 正会員 国鉄構造物設計事務所

\*\*\* 正会員 建設省土木研究所

\*\*\*\* 正会員 建設省土木研究所

温度変化については年間における状態を観測する。

鋼材の腐食は大気中に含まれる有害成分の量に左右される。したがって、架橋地点の大気成分のいかんは、鋼橋かコンクリート橋かいずれを採用すべきか、あるいはまた耐候性鋼の使用、塗装の程度に対する判定の手がかりとなる。有害成分として湿度、塩分、亜硫酸ガス等が考えられているが、腐食に対して最も影響が大きいとされているものは亜硫酸ガスである。

亜硫酸ガスの測定法として一般に過酸化鉛法<sup>2)</sup>が用いられている。この方法では過酸化鉛( $PbO_2$ )の表面に大気中の亜硫酸ガス( $SO_2$ )を反応させて測定する方法である。

大気中の塩分に対する測定は空気中の海塩粒子を空気と一緒にポンプ等で吸引し、洗気ビンに入れた蒸留水をくぐらせるか、布またはスライドビンガラスフィルムのような物体の表面に付着させて行なう等<sup>3)</sup>がある。

#### (2) 製作・架設(施工)の段階における測定

##### a) 使用材料の特性に関する測定

橋梁に使用する材料の材質については、それぞれの示方書<sup>1), 4), 5), 6), 7)</sup>に規定され、それらを基にして設計されているので、実施に当っては、使用材料の化学成分や機械的性質の確認を行なわねばならぬことがある。特に機械的性質に対しては、引張り、曲げや衝撃試験が行なわれ、溶接部についてはさらに疲労試験のほか各種の物理試験、特に放射線透過、超音波探傷、けい光浸透探傷、磁気粉末検査等による各種の検査測定が行なわれている。衝撃や疲労試験、溶接部探傷測定等は、活荷重が苛酷な鉄道橋において特に強く要求されている。

##### b) 寸法に関する測定

スパン長の測定は鋼橋において特に注意深く行なわねばならない。その際注意すべきことは、製作工場における寸法誤差で、その一つの原因としては製作工場と架設現場に使用するテープの精度が考えられ、両テープに相違があれば架設が困難となり、あるいはまた設計応力以外の応力を誘発することになる。アーチやラーメン橋、長大スパンの連続桁橋では、この点特に注意を要する。PC鋼材や鉄筋位置の狂いにも同様なことが起こるので、型わく寸法とともに鋼材位置の測定は注意深く行なわねばならない。

##### c) 架設に関する測定

架設に際しては各段階、各部における変形状況を考慮して施工せねばならぬが、ここでは国鉄で実施している連続鉄道橋に対する支点反力の調整について紹介することにする<sup>8), 9)</sup>。

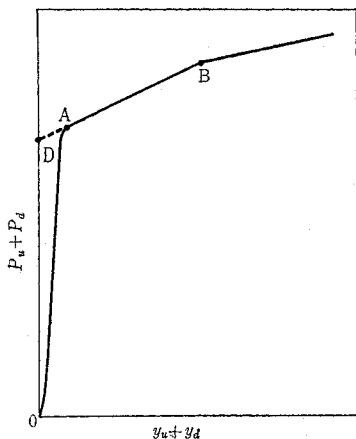
連続桁は外的に不穩定構造物であるから、支点反力の配分は桁全体の応力状態に影響をおよぼすので、設計応

力に対応した応力状態にするには反力の調整をする必要がある。その方法としては、つぎのような方法が考えられている。

- ① 各支点における反力の測定
- ② 測定結果から所要調整量の算出
- ③ 計算結果による反力調整作業の実施

各支点における反力の測定は、つぎのようにして行なう。すなわち、橋台または橋脚上で荷重計を介して2台のジャッキによって支点を持ち上げられるように準備し、支点の持ち上り量(変位)をダイヤルゲージで測定しながら、その変位と荷重との関係を求める。この場合、左右の変位を  $y_u, y_d$ 、荷重を  $P_u, P_d$  としたとき、 $(y_u + y_d)$  と  $(P_u + P_d)$  の関係は図-1 のようになる。図-1 中 OA は支点の接触が完全に離れるまでの過渡的な範囲で、B点における折点は隣接する他の支点が浮き上がり初める点である。

図-1 連続桁支点の変位と反力増分との関係



AB は測定支点だけがジャッキによって押し上げられている状態で、直線状となる。この直線 AB を外挿して座標軸との交点 D を求めれば、OD が求める支点の反力(左右の和)である。実際には温度分布の影響により測定値は変動する。この影響を最小にするためには、反力の測定を日没後1時間以上たった夜間に行なわねばならない。

反力調整の方法には二通りある。その一つは、適当な部材を切断して連続橋を単純桁に分解し、適当に支点を持ち上げ切断点における応力を無応力状態にして接合し直し、支点を元位置にもどす方法である。この場合には測定反力から計算されるものは、面接合時の各支点の所要上り量である。

他の方法は完成した橋梁には手を加えず、各支点のすえつけ高さを変更することによって、計算するものはその変更量であり、原則として両端支点には変更を加えない。国鉄では従来大部分後者によっており、必要な計算は

等断3径間連続橋については計算表がつくられている。

#### d) プレストレスに関する測定

プレストレスを与える場合には、常に正しく所定の力を与えられたかどうかを確認しなければならない。プレストレス力はほとんどの場合、水圧または油圧式のジャッキにより与えられ、力の大きさはジャッキの圧力計により測定される。そのため、しばしば使用前圧力計の補正をしておくことが必要である。またジャッキの圧力計は精度の点でも不十分であるから、常に別の方法でチェックしておく必要がある。たとえば、PCの場合緊張に当り必ず伸びの測定も実施しなければならない。PC鋼材の伸びの測定には、ジャッキのラムの移動量、あるいはPC鋼材の抜け出し長さを直接スケールをあてて測る方法が一般に行なわれている。PC鋼材の場合には、突出長測定器でアンカープレート面からの鋼棒突端の突出長を測定し、緊張前後における両者の差から伸びを知る方法や、緊張後定着用ナットをまわして締めるときのナットの移動量(すなわち鋼棒伸び)をジャッキについているカウンターにより測定する方法があるが、これらは、いずれも1/10 mmの高精度で測定可能である。また緊張材を用いないで、たとえばアーチの閉合前に拱頂でジャッキを操作してプレストレスを与える場合とか、連続桁で支点をジャッキで上下することによってプレストレスを与える場合でも、ジャッキの圧力計の示度と同時に変形量にもスケールをあてるとか、レベルを用いるとかの方法で測定する必要がある。さらにプレストレス力の推定精度をたかめるためには、プレストレスによって部材に生ずる応力(ひずみ)を主要な位置について測定するという方法を併用するのもよい。

PC鋼材を緊張する場合、引張力の減少は鋼材、さびの程度、配置状態等により異なり、引張力  $P$  は次式で表わされる。

$$P = P_0 e^{(\mu\alpha + \lambda l)}$$

$\alpha$ : PC鋼材の圆心線の角変化(ラジアン)

$\mu$ : 角変化1ラジアン当りの摩擦係数

$\lambda$ : PC鋼材の長さ1m当りの摩擦係数

$l$ : PC鋼材の長さ(m)

$P_0$ : PC鋼材のジャッキ位置の引張力

$\mu, \lambda$  の値については、設計に際してはその標準値が与えられている<sup>10)</sup>。しかしこれらの値は、実際とはかなり異なる場合があり、実橋については  $\mu, \lambda$  を測定し、これによって緊張端において与えるべきPC鋼材の引張力  $P_0$  を定めねばならぬ。測定の方法はつぎのとおりである<sup>11)</sup>。

1本のPC鋼材の両端にジャッキを取り付け、一端のジャッキを作動させて、それぞれのジャッキの圧力計の読み  $P_1$  (作動端)、 $P_2$  を測定する。 $\mu, \lambda$  については次式が成立する。

$$\mu a + \lambda l = \log_e a^2 \cdot \frac{P_1}{P_2}$$

$a$  はジャッキ、定着装置の組み合わせによる摩擦損失に関係する係数<sup>12)</sup>である。未知数  $\mu$ ,  $\lambda$  を求めるにはなるべく多数の鋼材について測定を実施し、最小自乗法を用いて決めるのがよい。すなわち、多くの測定により得られるつぎの連立方程式を解いて求める。

$$\mu \sum \alpha_i^2 + \lambda \sum \alpha_i l_i = \sum \alpha_i (\log_e a^2 P_1/P_2)_i$$

$$\mu \sum \alpha_i l_i + \lambda \sum l_i^2 = \sum l_i (\log_e a^2 P_1/P_2)_i$$

ここに、 $\alpha_i$ ,  $l_i$ ,  $(\log_e a^2 P_1/P_2)_i$  は  $i$  番目の測定における  $\alpha$ ,  $l$ ,  $\log_e a^2 P_1/P_2$  の値を意味する。以上の測定は現場での実施も比較的容易である。

#### e) 高力摩擦接合ボルト軸力に関する測定

高力摩擦接合継手の場合には、ボルトに所定の軸力を与えねばならぬ。ボルト軸力の測定には、与えたトルク大きさを測る方法と、ナットに与える回転角を測る方法とがある。前者では使用ボルトナットの任意についてあらかじめトルクと軸力との関係を求めておき、トルクレンチまたはインパクトレンチを用いてボルトに所定の軸力を与える。後者の方法では、鋼板のはだすきがなくなるよう密着させた状態でのナット位置を基点とし、これから所要の回転角だけ回転させて、ボルトに所要の軸力を与える。しかし、以上二方法とも軸力を正しく測定するには不十分で、締めつけ器具の開発が期待されている。

#### f) コンクリートの施工管理のための測定

RC, PC 橋には十分な圧縮強度を確保するための品質試験が要求され、マス コンクリート部分に対しては熱応力に対する測定が必要になる。

### (3) 維持・管理のための測定

橋梁の維持・管理に対して鉄道橋と道路橋とではかなりの相違がある。国鉄では建造物検査基準規程により常時検査測定が義務付けられ、道路橋に対して建設省は耐荷力および供用限界に対する標準的な試験実施要領を製作し、それにもとづく測定要領を示している<sup>13)</sup>。測定方法の内容は本質的には両者において特に異なるわけではないが、つぎの3項に分けて記述する。なお、ひずみ測定法そのものについては、基礎編その1を参照されたい。

#### a) 鉄道橋において行なわれている測定

① 寸法測定：建造物の変状による位置のずれ、傾斜、沈下あるいは腐食した部材断面寸法、洪水時の水位等をトランシット、レベル、スケール等で測定する。

② 振動および動的変形の測定：上部工では、ゆるみやすいトラス アイバーの張力状況<sup>14)</sup>、フィンク補強桁水平バーの固有張力等を、振動数測定により推定してい

る。

鉄道橋の列車荷重によるたわみ、横振動等は多くの場合地上または他の建造物上の固定点からパネを介してピアノ線を張り、変位計によって記録する方法がとられている。この方法の精度は測定系の固有振動数、使用パネのパネ定数とピアノ線の長さおよびピアノ線の張力に左右され、ピアノ線が余り長くなると良い結果は得られない。10 CPS 程度までの振動を正しく測定するためには、ピアノ線の長さは 10~20 m 程度までと考えるべきで、その範囲内でもピアノ線の横振動により縦振動を励起される領域があるので注意した方がよい。なお、ピアノ線の初張力  $T_0$  は  $A_p$  をピアノ線断面積 ( $\text{mm}^2$ )、 $l_p$  をピアノ線の長さ (m) としたとき、

$$T_0(\text{kg}) > A_p l_p^{2/3}$$

を満足するように与えておかねばならない<sup>15)</sup> (本方法は道路橋でもしばしば採用されている)。

可動支承部の移動量や橋脚の沈下を測定する場合等、高速の振動成分を無視してよいような場合にはダイヤルゲージが記録型変位計の代りに用いられることもある<sup>16)</sup>。

③ ひずみ測定：橋梁の現有強度について特に確認を要する場合、現場では簡易連続式ひずみ計等が用いられがちであったが、精度の点から抵抗線ひずみ計を用いられることが多くなった。しかし鉄道橋では、ゲージ用コードが長くなるにつれ、また特に交流電化区間ではノイズの発生が多い。この影響をおさえるには、被測定体を測定点付近でアースし、シールド線を一種の3線リード結線法によって使用するのがかなり効果的である<sup>17)</sup>。また使用する増幅器の種類によって、この種のノイズの入り易いものとそうでないものがあるので、使用計器の選定には十分な注意を要する。

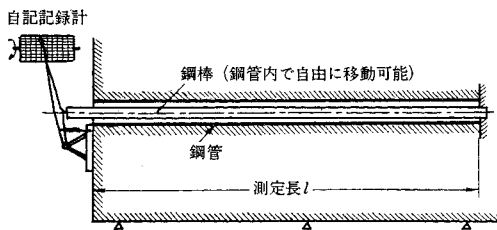
④ 材質試験：架設時期や過去の経過が明らかでないような橋梁については、場合により試験片を切り取って材質試験を行なわねば耐荷力の判定ができない場合がある。その場合には、簡便な火花調査法、化学分析、硬度試験、顕微鏡による組織の調査等により材質を推定する方法がある。塗料の劣化程度は、目視による検査のほか塗膜診断器を用いて測定することも行なわれている。

#### b) クリープ変形に関する測定

PC 橋では、コンクリートの乾燥収縮、クリープ等によって変形を生ずる。これらは、架橋位置の自然条件、使用するコンクリートの性質等多くの要素の影響を受ける。実橋におけるクリープ変形の測定に当っては、ひずみあるいはたわみを対象とするが、いずれも測定には長時間にわたるものであり、かつ測定量も余り大きくないので、ひずみの測定には図-2<sup>12)</sup>に示すような自記装置を取り付けたゲージ長の大きい測定器が用いられる。こ

の装置は、桁にそわせて配置した鋼棒の一端をコンクリート中に埋め込み、鋼棒他端においてコンクリートとの間の相対移動を生じ得るようにし、この移動量をふりこ式に拡大して自記装置によって記録するものである。クリープによるたわみの変化は、一定期間ごとにレベルによって測定することがよく行なわれているが、この場合日照の影響によって桁の上下面で温度差があると、この影響によって桁が吊れ下ったりするので、桁上下面の温度差のないようなときに測定を実施することが必要である。

図-2 長時間にわたってコンクリート変形を測定する方法



### c) ひびわれに関する測定

コンクリート橋では、ひびわれが橋の耐久性に大きな影響を与える。ひびわれは、ある程度の幅以上になるとコンクリート内部に配置された鉄筋やPC鋼材を腐食させる等有害なものとなる。したがって、コンクリート橋に生じているひびわれ幅が有害な値であるかどうかを知るために、ひびわれの幅を測定することが必要となる。ひびわれ幅の測定には、一般にマイクロメーターを取り付けた顕微鏡を用いるのが便利である。このマイクロメーターによると、顕微鏡の倍率にもよるが、0.01 mm程度まではかなりの精度で読みとることが可能である。

## 3. 下部構造に関する測定

### (1) 調査段階における測定

#### a) 地盤（主として土）のせん断定数測定

せん断定数の測定法には多くの方法がある。方法の選定、結果の解釈にはおのおのの持長を良く把握した上で行なう。調査地盤が粘性土で乱されない試料が取れる場合は、コアの一軸、三軸圧縮試験や直接せん断試験等からせん断定数が求まる。しかし砂質土や種々の地層から成り立つ地盤では、以下述べる原位置試験を利用して求める。

標準貫入試験は最も代表的な方法で、JIS A 1219 (1961) に規定される。直径 51 mm、長さ 810 mm のサンプラーを 30 cm 打込むに要する打撃数を  $N$  値と称し、この値で地盤の締り具合を判定し、同時にサンプラ

ーに入る乱した試料で土質を判定する。この両者を同時に対応させるところにこの方法の優れた点である。 $N$  値は砂質土では相対密度、内部摩擦角、粘性土では一軸圧縮強度との相関<sup>19)</sup>が成り立ち、せん断定数が求まる。 $N$  値の判定の際には、ボーリング孔の崩落、礫をたいていないかどうか孔底の水圧が適正かどうかを考慮する必要がある。また上載圧<sup>20)</sup>、ロッド長<sup>21)</sup>の影響による補正をしなければならない。

スウェーデン式サウンディング法も広く利用される。JIS 原案（土質工学会 1963）<sup>22)</sup>に示されるように、長さ 200 mm、最大径 33.3 mm のスクリーウ杖ポイントを地中に押し込むときの抵抗を計る装置である。本法で得る値は、最大 100 kg までのおもりで自沈する限度の値と、100 kg で貫入しない場合に回転力を与え 1 m 当りの貫入に要する半回転数である。この値から粘性土で一軸圧縮強度、砂質土では  $N$  値への換算<sup>23)</sup>をしてせん断定数を求める。本装置は簡単であるから、広範囲のサウンディングに適する。しかし、要所では標準貫入試験等を併用して土質の判定、 $N$  値との相関性をチェックする必要がある。探查深さは最大 30 mm、深くなるとロッドの周面摩擦が影響して不正確となる。その他コーン貫入試験も多用されるが、結果の解釈方法は上記と同様である<sup>24)</sup>。

粘土地盤のみで使用するものにベーンテスト法<sup>25)</sup>がある。これは 4 枚翼十字断面のベーンを地中に圧入ロッドを回転させて、地盤を円筒形にせん断する。ロッドに与えた回転モーメントから計算でせん断力を求めることができる。

#### b) 地盤の変形係数測定

乱さない試料がとれる場合は、コアの一軸、三軸圧縮試験で求めることができる。他の場合には、せん断定数の測定と同様、原位置試験による。測定点が浅いときはテストピットを掘り、平板載荷試験<sup>26)</sup>を行なうのがよい。ボーリング孔を利用するものとしてはプレシオメーター<sup>27)</sup>、土研式ゴムチューブ法<sup>28)</sup>はその代表的なものである。前者は直径 56 mm、長さ 500 mm の測定管を用い、最大圧力は 30 kg/cm<sup>2</sup> 程度、後者は直径 110 mm、長さ 2 m のゴムチューブを用い最大圧力は 5 kg/cm<sup>2</sup> 程度である。変形係数は前者では弾性円筒理論から、後者は Köglér の直線状応力分布理論から求める。両測定法で求めた結果と  $N$  値に相関性が見出される。土研式の  $K$  値と  $N$  値<sup>29)</sup>、プレシオメーター変形係数と  $N$  値<sup>29)</sup>の相関から変形係数を概算できる。

### (2) 施工段階における測定

#### a) 杭の支持力測定

杭の支持力測定には、打込み試験、鉛直、水平載荷試

験等を行なう。いずれも実杭または試験杭を用いるが、結果の判定には実荷重と試験荷重の作用の仕方が異なることを考慮する必要がある。特に打込み試験は、衝撃荷重に対する杭の支持特性であるから、打込み地盤の動的性質に支配される。

① 杭の打込み試験：試験法は、実際の施工と同じ条件で杭を打込み、貫入量を測定する。この際、ハンマー重量の選定と地盤の土質の判定に注意する。貫入量の測定は、杭に適当な標尺を設け、打撃回数と貫入量を記録するが、打止め付近では、リバウンド量を含めた杭の挙動を mm 単位で正確に記録する。測定方法は自記記録が杭に記録紙を張りつけ、基準線を手持ちのペンでスライドさせる。打込みに当っては杭の鉛直性をトランシット等で常にチェックする。打込み結果の解析は、支持力公式の選定が最も大切である。静的載荷試験との相関性が高い公式を選ばねばならない。

② 杭の載荷試験：杭の載荷試験は、実杭または試験杭に対して行なわれ、加力の方向、速度、くり返しのサイクル等により種々の試験方法に分けられるが、いずれも実際の荷重条件に近似した方法をとる。加力の方向で、鉛直、水平、引抜き試験に分類する。反力設備の容易さから、単杭試験が普通である。反力には控え杭、または実荷重を利用し、通常載荷ガーダーを用いて、分離式油圧ジャッキで載荷する。変位量はダイヤルゲージで杭頭変位等を測定する。杭体各部の応力を測定する場合は、杭の長さ方向に抵抗線ひずみゲージを取り付けて行なう。これにより、鉛直載荷試験では周面摩擦の影響、水平載荷試験では曲げモーメント、せん断力、地盤反力、変位等を求めることができる。その際、ゲージの絶縁性には特に注意を要する。載荷試験の結果から、極限支持力、降伏点荷重が求まる<sup>30)</sup>。水平載荷試験では、杭頭変位と荷重の関係から横方向  $K$  値を求める。この場合杭は弾性床上のはりとし、深さ方向の  $K$  値は一定とする<sup>26)</sup>。

#### b) ケーソンの支持力測定

ケーソンの支持力測定は空気ケーソン作業室での平板載荷試験とオープンケーソンで行なう直接載荷試験がある。両者とも予定深度まで掘削が終了した後支持力の確認のために行なう。前者は地上の場合と同様で、反力は作業室の天井である。最大荷重は極限状態が設計荷重の 1.5 倍とする。本試験では、支持力と変形係数が求まるが、その値は小載荷板による値で、基礎全体に対するものではないので、つぎの注意を要する。土質は少なくともケーソン幅の 1.5 倍までは均質であること、砂質土の変形特性は載荷幅根入れの影響が大きいこと、基礎地盤の支持力は載荷幅と根入れの関数であること等である。したがって変形係数、支持力とも、実基礎では土質条件

を加味した上で修正し、判断しなければならない。オープンケーソンの直接載荷試験は、支持力に疑問がある場合に限られる。その場合、最大荷重は設計荷重の約 2 倍以上で、所定の安全率を確認するまでとする。

#### e) ケーソン沈下作業中の測定

工事中の地中構造物は、地盤の力学的特性が複雑なため、その応力状態を完全に把握することはできない。しかるに、ケーソンの断面は沈下中の応力により定まることが多いので、設計のための資料収集とともに沈下作業中の異常発見のための施工管理手段として各種の測定が行なわれている。測定項目は、基礎工の応力、作用土圧および間げき水圧である。応力測定用としてカールソンメーター、および鉄筋計を用い、土圧、水圧測定用にはカールソン型、差動トランス型、ゴールトベック型等が使用される。計器の選定には、容量と予想作用圧とを考慮して決め、計器の埋設には防湿と機械的防護を施さねばならぬ。

#### d) 杭、ケーソンの動的性状測定

杭、ケーソン等の構造物の耐震性を検討するため加振実験を行ない、地盤のパネ定数、固有振動数、減衰定数、振動モード等の動的特性を測定する。加振法の差異により、強制振動法と自由振動法に分けられる。一般に採用する強制振動の加振装置は、不平衡質量を回転させる方法、油圧によるピストンの運動を利用する方法があり、前者は 3~50 c/s の正弦波振動に適し、後者は 0~50 c/s の任意波形を与えることができる。自由振動は、構造物に外力を作用させ、一定の初期変位を与え、瞬時に外力を解放する方法をとる。振動性状の測定は構造物の各所に配置した加速度計、土圧計、間げき水圧計そのほか必要に応じて速度計、変位計により各成分を取り出しオシログラフ、磁気記録装置等に自記させて行なう。これら測定計器の選定に当っては、適用振動数および感度の範囲を十分考慮しなければならない。記録の解析法はすでに本講座（基礎編その 2）に述べているので参照されたい。上記の振動試験により得られる資料は、地盤の線形領域での振動性状で、大きな外力が作用し振動が非線形領域に達する場合には別個の検討を要する。

### (3) 維持・管理のための測定

維持・管理のために行なっている測定は、比較的少ないが、国鉄では橋脚の健全度を推定する一手段として、振動測定を行なうことがある。その方法は、機関車によってけん引される列車による橋脚の振動を測定し、その振幅、周期、波形等を、変位(沈下)の測定結果とともに判定資料とするものである。詳細は文献 31)、32)、33)を参照されたい。

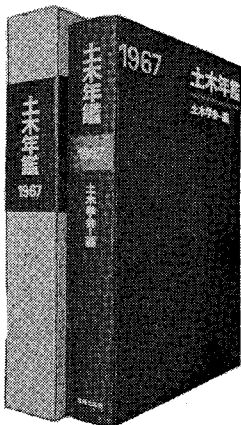
参 考 文 献

- 1) 日本道路協会：鋼道路橋設計示方書，昭和 39 年 6 月  
土木学会：鋼鉄道橋設計示方書，昭和 31 年 9 月
- 2) 英国理工学研究局編，寺部本次訳：大気汚染測定法
- 3) 神山恵三：海塩粒子の測定法，防錆管理
- 4) 日本道路協会：鉄筋コンクリート道路橋設計示方書，昭和 39 年 6 月
- 5) 日本道路協会：鋼道路橋の合成ゲタ 設計施工 指針，昭和 40 年 6 月
- 6) 日本道路協会：溶接鋼道路橋示方書，昭和 39 年 5 月
- 7) 土木学会：プレストレストコンクリート設計 施工 指針，昭和 36 年
- 8) 阿部：連続ゲタの反力調整，鉄道土木，6 巻 7 号，昭和 39 年 7 月
- 9) 高橋他：連続ゲタの反力調整，鉄道土木，6 巻 8 号，昭和 39 年 8 月
- 10) 土木学会：プレストレストコンクリート設計 施工 指針，昭和 36 年
- 11) 猪股俊司：プレストレストコンクリートの設計および施工
- 12) 同上，p. 654 参照
- 13) 建設省道路局，建設省土木研：「既存橋梁の耐荷力と供用限界に関する調査」実施要領，昭和 41 年 2 月
- 14) 西村：ピン結合鉄道トラス橋の変状とその対策，鉄道技術研究所報告，第 483 号，昭和 40 年 7 月
- 15) 橋本他：ピアノ線による橋梁 および橋脚の水平動の計測法，鉄道業務研究資料，第 7 巻，第 19 号
- 16) 建部他：沈下試験による橋梁下部構造の健全度判定法，鉄道土木，5 巻 6 号，昭和 38 年 6 月
- 17) 伊藤：応力測定，鉄道土木，5 巻 11~12 号，昭和 38 年 11~12 月
- 18) 文献 11) の p. 661 より
- 19) Terzaghi, K. and Peck, R.B.: Soil Mechanics in Engineering Practice, 1948;
- Peck, R.B., Hanson, W.E. 他：Foundation Engineering, 1953. その他
- 20) Schultze E. and Menzenbach E.: Standard Penetration Test and Compressibility of Soil, Proc. 5th, I.C.S.M.F.E. Vol. 1, その他
- [21] 福岡 保：標準打込み試験の実用性拡張の問題，土と基礎，Vol. 14, No. 2.  
池田俊雄：サウンディング (II)，土質試験法解説，土質工学会
- 22) 土質工学会：土質調査法，1963
- 23) 稲田倍穂：スウェーデン 試験結果の使用について，土と基礎，Vol. 8, No. 1.
- 24) 室町忠彦：粘性土におけるコーン 貫入抵抗と一軸圧縮強度との関係，土木学会誌，Vol. 42, No. 10.  
三木五三郎：基礎地盤に用いる各種のサウンディング法について，生産技術研報，Vol. 11, No. 3.
- 25) Calding, L. and Odenslad, S.: The Vane Borer, Royal Swedish Geotec. Inst. Proc. No. 2, 1950.
- 26) 吉田 巖：くい設計に用いる横方向地盤係数について，土木技術資料，5-11, 6-11
- 27) 国際土質研究所：ルイ・メナールのプレシオメーター法について，1963
- 28) 福岡正巳・宇都一馬：ボーリング孔を利用した基礎地盤の横方向 K 値測定について，土と基礎特集号 No.1 (1959)
- 29) コンクリートボールパイル協会：コンクリートパイルハンドブック，p. 961, 1966.
- 30) 日本建築学会：建築基礎設計基準・同解説，昭 35
- 31) 建部他：振動測定による橋りょう下部構造の健全度判定法，鉄道土木，6 巻 4 号，昭和 39 年 4 月
- 32) 後藤他：鉄道橋脚の健全性に関する振動調査，鉄道土木，5 巻 7 号，昭和 38 年 7 月
- 33) 建部他：橋脚振動計の使用法，鉄道土木，5 巻 7 号，昭和 38 年 7 月

土木学会責任編集による待望の年鑑，いよいよ発売!!

# 土木年鑑

# 1967



社団法人 土木学会 土木年鑑編集委員会編  
編集委員長 八十島義之助  
B 5 判上製箱入/特織クロース装  
550頁/口絵写真30葉/本文中写真図版400葉  
定価 3,500円

本年鑑の 5 大特色

- ① 広い視野に立った編集方針
- ③ 豊富な内容，系統だった分類
- ④ 見て楽しめるビジュアルな年鑑
- ⑤ 美麗・堅牢な造本と鮮明な印刷

第 1 編＝論説／第 2 編＝展望／第 3 編＝工学技術  
および関連資料／第 4 編＝事業／第 5 編＝資料

鹿島研究所出版会

■ 東京都港区赤坂六丁目 5-13 / 電話 (582) 2251 振替東京 180883

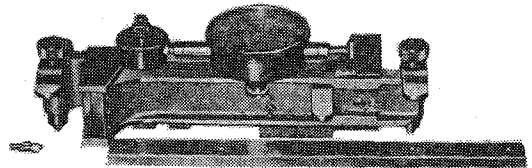
## 改良型ホイットモア・ストレインゲージ Rs-10

本器は歪量がそのままダイヤル・ゲージで読取れる機構の不拡大型ストレイン・ゲージです。

一式は写真に示す如く、本体を初め各種付属品はすべて格納箱に収納されております。

### 仕様

- ① 本体および標準ゲージ  
インバー鋼製 標点距離 250 mm
- ② ダイヤルゲージ  
精度 1 / 1000 mm, 働長 5 mm
- ③ 付属品  
ポンチ 2 種, チップ, ハンマー,  
センター・ドリル, ハンド・ドリル
- ④ 格納箱付



Rs-10

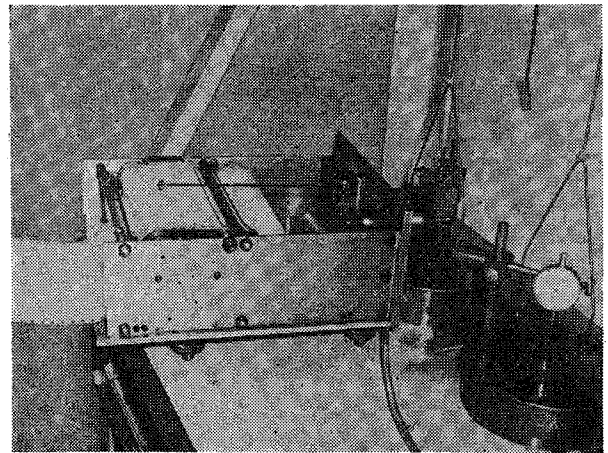
## 土の圧密沈下量自記々録装置 SC-22

(Patent 申請中)

本装置は土の圧密試験の沈下量を自記するのに使用するもので、既設の装置に連結して電動式自記々録ドラムを規定速度で回転させ、変位があらわれると変位探知部が働き、測定量を機械的拡大機構により拡大し、曲線として記録用紙上に描かせるものです。

### 仕様

- ① 記録装置  
記録方式 自記ペン式  
有効記録巾 200 mm  
使用電力 100 V. A C  
器体寸法 高さ 21、巾 53、奥行 30 cm
- ② 変位探知部  
測定範囲 4 mm、測定高さ調節ネジ  
(約 5 mm) 装備
- ③ 付属品  
電源コード、記録ペンおよびインキ、  
記録用紙



SC-22

営業品目 丸東万能・圧縮材料試験機 (リーレ式) ・土質・アスファルト試験機・  
セメント・コンクリート試験機・マルトーリング (力計) 各種材料試験機



株式会社 丸東製作所

本社 東京都江東区深川白河町 2-7 電話 東京 (642) 5121 (代表)  
京都出張所 京都市中京区壬生西土居の内町 3 の 1 電話 京都 (84) 7992  
北海道出張所 札幌市南十条西十三丁目 9 7 0 電話 札幌 (56) 1409