

# 萩原橋の応力測定結果

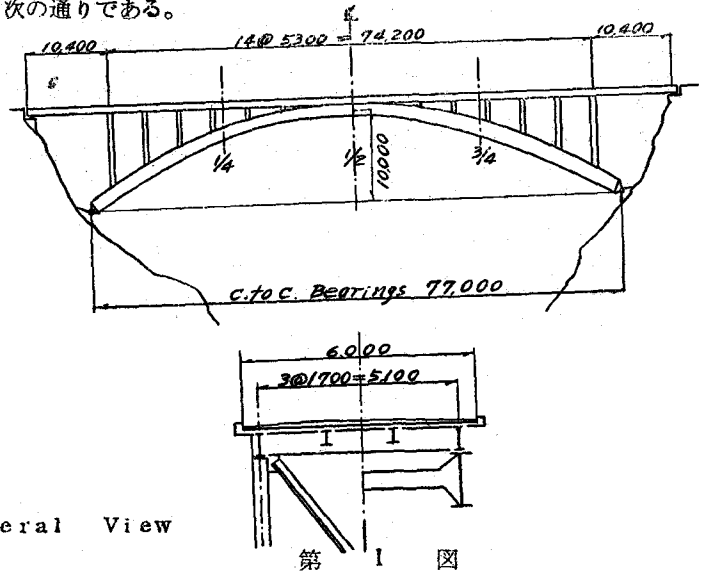
東大生産技術研究所 工博 福田 武雄

〃 〃 久保 慶三郎 ※

〃 〃 中村 卓次

## § 1. 概 説

萩原橋（図-1参照）は三重県多気郡萩原村に昭和31年4月に架設されたる2ヒンチリ  
ブアーチ橋で、その概要は次の通りである。



- 1) 橋 長; 9 6,000 m
  - 2) 有効巾員; 6,000 m
  - 3) 設計荷重; ㉞ 2 種
  - 4) 床 版; 鉄筋コンクリート、厚さ=15cm
  - 5) 鋼 重; 152.472 ton (総鋼重)
- 1平方米当り 267.5 kg

本橋は柱にパイプを使用している点が構造的に特異である。リブは全面的に溶接を使用した、現場溶接は行っていない。

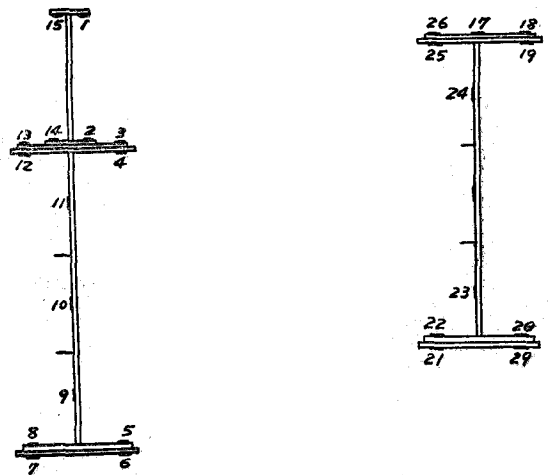
※は講演者

今回の測定は4月5日より15日までの期間に行われ、

- 1) 静的試験； 活荷重(トラック2台=  $17.8 \text{ ton}$ ) による応力およびたわみの測定。
  - 2) 動的試験； 走行荷重(トラック1台=  $8.9 \text{ ton}$ ) による動的応力、動的たわみの測定、および減衰率の測定。
  - 3) 振動測定； 起振機による固有振動の測定。
- の3種について試験した。

以上の測定に用いた機器をあげると、ひずみ計は共和無線製KB-1。インジケータは同研究所製SM-4JおよびSM-3F、動的応力測定用に、同研究所製DPM-3B、記録用に三栄測器製の12エレメントのオツシログラフである。たわみ計は田辺式たわみ計2台を使用した。振動測定は、起振機(偏心荷重  $7.49 \text{ kg}$  長大起振力  $254.7 \text{ kg}$ ) で振動を発生せしめ、その記録は保坂振動計製作所製の地震計(自己振動周期  $1.5 \text{ sec}$  倍率30倍)を用いた。

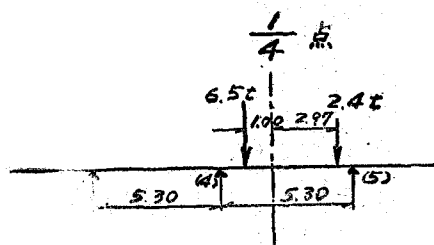
応力およびたわみはアーチの  $\frac{1}{2}$  と  $\frac{3}{4}$  の2ヶ所で測定した。クラウンではリブと縦げたとが溶接されているので、この断面では図-2のごとくゲージを貼付した。荷重は橋軸に対し対称であつたので、測定はすべて上流側の断面についてのみ行つた。このようにゲージを貼付したので、応力の影響線と同時に各断面の応力分布を求めることが出来た。



ゲージ貼付位置  $\frac{1}{2}$  及び  $\frac{3}{4}$   
第 2 図

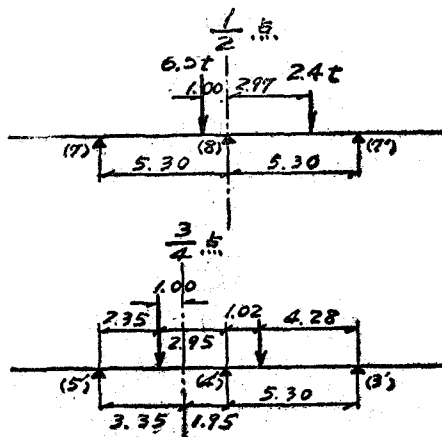
使用したトラックは総重量  $8.9 \text{ ton}$  で、前輪荷重は  $2.4 \text{ ton}$ 、後輪荷重は  $6.5 \text{ ton}$  であつた。これ等の重量は桑名の計量所において計量したものである。活荷重を  $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$  および  $\frac{3}{4}$  に停止させたときの応力およびたわみを測定したのであるが、停止位置は、自動車の重心がそれぞれ  $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ 、および  $\frac{3}{4}$  に来たときにした。車の停止位置と、そ

の附近の柱との相対位置は図-3  
に示す通りである。



## § 2. 測定結果

静的試験の実験番号と車の停止位置との関係は表-1に示す通りである。ひずみ計の0点が時間と共に移動してしまうため、0点の調整から0点の調整までの時間があまり長いと測定の精度が低下する。それ故に、静的応力の測定に当つては各回ごとに、測定の前後に0点を読み、測定精度をあげることが出来た。



車の停止位置  
第 3 図

表 - 1

| 試験番号  | 停止位置          | 試験番号  | 停止位置          | 試験番号  | 停止位置          |
|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|
| No. 1 | $\frac{1}{4}$ | No. 4 | $\frac{1}{4}$ | No. 7 | $\frac{1}{4}$ |
| No. 2 | $\frac{1}{2}$ | No. 5 | $\frac{1}{2}$ | No. 8 | $\frac{1}{2}$ |
| No. 3 | $\frac{3}{4}$ | No. 6 | $\frac{3}{4}$ | No. 9 | $\frac{3}{4}$ |

クラウンおよび  $\frac{3}{4}$  における各ゲージの応力をそれぞれ表-2および表-3に示す。

表 - 2

| 実験No.<br>ゲージNo. | 1       | 2       | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|-----------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1               | - 8505  | - 17640 | + 3780 | + 1575 | - 8505 | + 1575 | + 2835 | - 6615 | + 1575 |
| 2               | - 14475 | - 2520  | + 2205 | + 315  | - 4410 | - 8505 | - 315  | - 2835 | - 745  |
| 3               | - 10710 | - 3150  | + 1260 | - 315  | - 6930 | - 6930 | - 315  | - 3150 | - 630  |

| 実験No.<br>ゲージNo. | 1      | 2      | 3     | 4     | 5      | 6      | 7      | 8      | 9     |
|-----------------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 4               | -12285 | -8820  | +3150 | +630  | -3465  | -8790  | -315   | -2205  | 0     |
| 5               | +5355  | -630   | +5355 | -8190 | +10395 | -2520  | +17640 | -      | -     |
| 6               | -16380 | +945   | +315  | -4410 | +6415  | -5355  | -5355  | +6930  | -3150 |
| 7               | -16065 | +2520  | 0     | -2835 | +7875  | -5355  | -4410  | +7560  | -3780 |
| 8               | -13545 | +2520  | +315  | -3150 | +7245  | -6300  | -3150  | +6930  | -8790 |
| 9               | -12915 | +2520  | -630  | -2835 | +5785  | -7245  | -2835  | +5355  | 0     |
| 10              | -9765  | +1890  | 0     | -945  | +2520  | -7875  | -1575  | +4095  | 3150  |
| 11              | -5985  | -945   | +1260 | +630  | -315   | -8190  | -315   | -2205  | -630  |
| 12              | -5670  | -3465  | +2205 | +315  | -4410  | -8190  | +945   | -3465  | 0     |
| 13              | -11655 | -9135  | +8780 | +2205 | -3465  | -11890 | +315   | -3780  | -315  |
| 15              | -13545 | -17755 | +9465 | +2205 | -12285 | 0      | +2835  | -11025 | +315  |

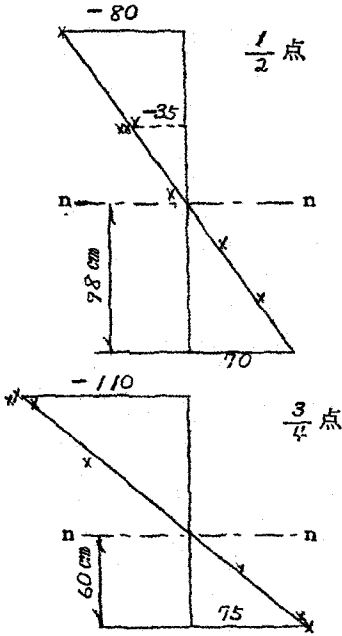
表 - 3

| 実験No.<br>ゲージNo. | 1     | 2     | 3      | 4     | 5     | 6      | 7     | 8     | 9      |
|-----------------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|
| 17              | +2100 | +1313 | -11708 | +3413 | -263  | -12338 | +3413 | -525  | -12075 |
| 18              | +2540 | +1313 | -11025 | +3413 | -263  | -11550 | +3413 | 0     | -11813 |
| 20              | -4725 | -4410 | +8400  | -4463 | -5513 | +6038  | -4725 | -5513 | +7350  |
| 21              | -3728 | -5985 | +8400  | -4200 | -5250 | +7088  | -4988 | -5250 | +7560  |
| 22              | -3738 | -5513 | +7613  | -4200 | -5250 | +7088  | -4988 | -4725 | +6713  |
| 24              | +1050 | -1313 | -7613  | +1313 | -788  | -7875  | +1575 | +578  | -7350  |
| 25              | +2363 | -263  | -10500 | +3150 | 0     | -10763 | +3150 | +263  | -10605 |
| 26              | +2100 | +2363 | -10238 | +3885 | -263  | -11288 | +3675 | -525  | -11288 |
| 29              | -5250 | -5250 | +8400  | -4515 | -5513 | +6563  | -5303 | -5775 | +7875  |

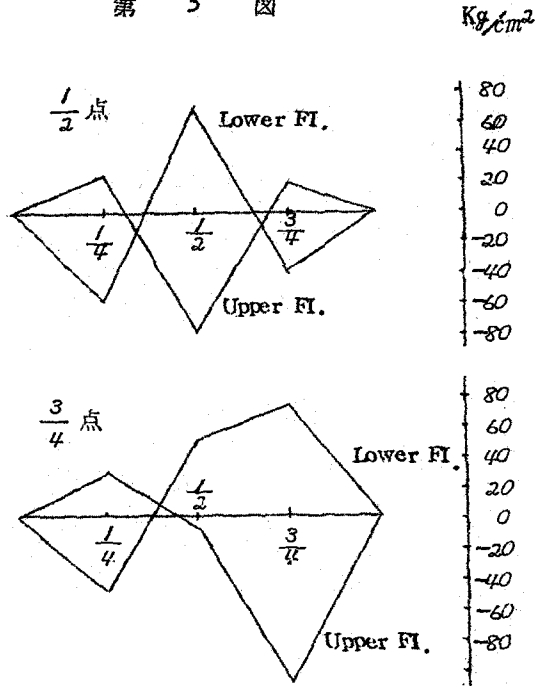
車の停止位置が  $\frac{1}{2}$  のときの  $\frac{3}{4}$  点の応力、および、車の停止位置が  $\frac{1}{4}$  ,  $\frac{3}{4}$  のときの  $\frac{1}{2}$  点の応力は小さいので、応力分布が明かでないが、クラウンおよび  $\frac{3}{4}$  点におい

て、測定点上に車が停止したときの応力は絶対値が大きいので、応力分布を明瞭に求めることが出来た。(図-4 参照)

第 4 図



第 5 図



この結果によると曲げ応力は直線的に分布をなしており、特にクラウンにおいては縦げともアーチリブと共に曲げに抵抗していることが明かになった。

応力の影響線を実験的に求めたのが図-5である。

各点の静的たわみと車の停止位置との関係を表-4に示す。

表 - 4

| 車の停止位置<br>測定点 | た わ み         |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
|               | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{4}$ |
| $\frac{1}{2}$ | 0.6           | 4.5           | 0.8           |
| $\frac{3}{4}$ | -4.4          | 0.6           | 6.8           |

註 (1) 単位はmm

(2) たわみは下向きを正とする。

表4の結果を用いて滑かな線で内挿した影響線を描くと図-6のごとくなる。

次に動的試験について述べる。

走行荷重はトラック1台を使用し、橋の中心線上を表-5に示す諸速度で走らせ、それによるたわみおよび応力を  $\frac{1}{2}$  点および  $\frac{3}{4}$  点で測定した。測定は動的ひずみ測定器が3点しか測定出来なかつたので、クラウンにおいては下側フランジのゲージ番号7の応力、 $\frac{3}{4}$  点においては上側フランジの中央と内側の2ヶ所の応力を測定した。

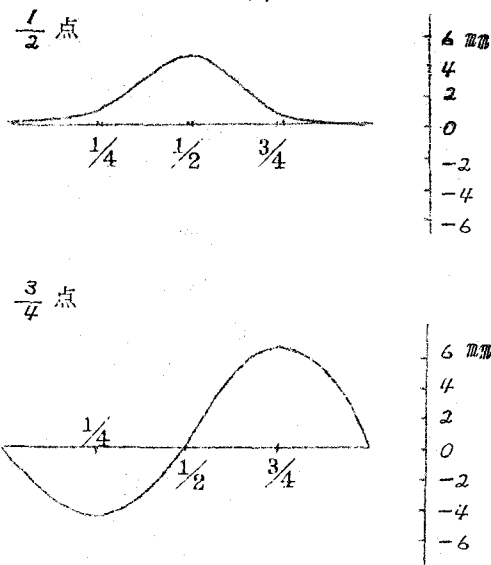
走行自動車の速度は親柱間を通過するに要する時間をストップウォッチで測つて求めたものである。

測定結果の記録を写真-1に示す。

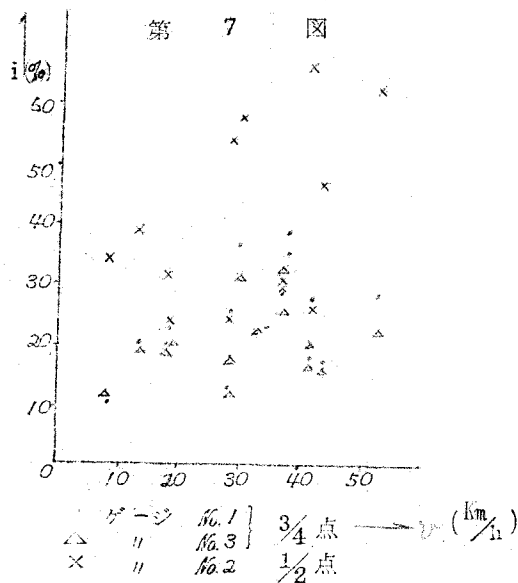
応力が最大になる所の最大値  $\sigma_{\max}$  と最小値  $\sigma_{\min}$  を記録紙からよみとつて、  
 $(\sigma_{\max} + \sigma_{\min}) / 2$  をもつて静的応力と考えこの値と、最大値との比から1を引いたものを衝撃率とした。衝撃率と速度との関係を図-7に示す。

またトラック通過後の減衰自由振動から振動周期を求めると、振動周期の平均は0.303secで、対数減衰率は平均0.0170で、この橋は非常に減衰率の小さい橋であることが明かになった。しかしながら橋の減衰率は応力の大きい所では大きく、最大0.0320になつており、応

第 6 図



第 7 図



力の減少とともに対数減衰率も減少してゆく事が明かになった。

自動車が  $\frac{1}{4}$  を通過する附近においては可成り長い周期の振動がみられるが、その周期は 0.454 sec であつた。これはアーチが対称振動と非対称振動とを行うために、前記の 0.303 sec と 0.454 sec とが卓越して出たものと考えられる。

起振機を  $\frac{1}{2}$  点のストラットにボルト締して、自由振動周期を求めると、0.295 sec で、対数減衰率は 0.0178 であつた。

以上の実験結果と計算値とを比較すると表-6のごとくなり、設計計算に用いる仮定より橋は可成り強くなつてゐることが明かにされた。

表 - 6

| 測定の対象                         | 実測 値                                | 計算 値                                  | 実測値/計算値 | 備 考              |
|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------|------------------|
| $\frac{1}{2}$ のたわみ            | 4.5 mm                              | 6.88 mm                               | 0.654   | 車は $\frac{1}{2}$ |
| $\frac{3}{4}$ のたわみ            | 6.8 mm                              | 11.13 mm                              | 0.611   | 車は $\frac{3}{4}$ |
| $\frac{3}{4}$ のフランジ<br>上側の応力  | 249 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ | 110 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$   | 0.441   | 車は $\frac{3}{4}$ |
| $\frac{3}{4}$ のフランジ<br>下側の応力  | 204 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ | 75 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$    | 0.368   | "                |
| $\frac{1}{2}$ のアーチリ<br>ブ下側の応力 | 70 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$  | 78.80 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ | 0.880   | 車は $\frac{1}{2}$ |
| $\frac{1}{2}$ のアーチリ<br>ブ上側の応力 | 35 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$  | 122.2 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ | 0.286   | "                |

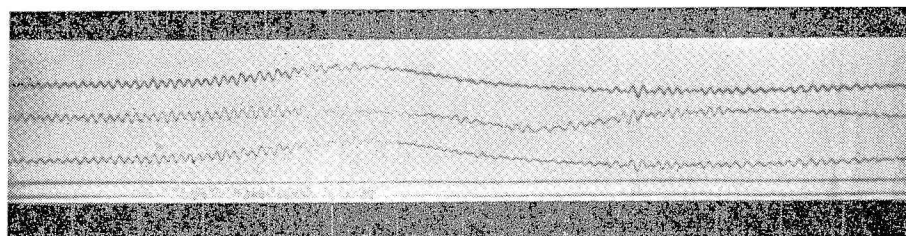
以上の計算は設計に用いたのと同じ仮定で行つたものであるが、縦げたとアーチリブとが一体として作用していることは実験的に明かにされたので、両者が一体として作用すると仮定して計算した結果、クラウンのアーチリブの下側の応力と、縦げたの上側の応力との実験値と計算値との比がそれぞれ 0.675 および 0.591 となり、たわみの実験値と計算値との比に近い値をえた。

表 - 5

| 実験 No. | 予定速度 ( $\frac{\text{Km}}{\text{hr}}$ ) | 実際速度 ( $\frac{\text{Km}}{\text{hr}}$ ) |
|--------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 1      | 10                                     | 13.4                                   |
| 2      | 10                                     | 9.1                                    |
| 3      | 20                                     | 18.5                                   |
| 4      | 20                                     | 18.0                                   |
| 5      | 30                                     | 30.2                                   |
| 6      | 30                                     | 29.2                                   |
| 7      | 35                                     | 37.4                                   |
| 8      | 35                                     | 37.0                                   |
| 9      | 40                                     | 41.5                                   |
| 10     | 40                                     | 41.5                                   |
| 11     | 35                                     | 33.4                                   |
| 12     | 30                                     | 28.7                                   |
| 13     | 45                                     | 44.1                                   |
| 14     | 45                                     | 53.0                                   |



# 写真-1 動的応力測定結果



ゲージ

No. 1

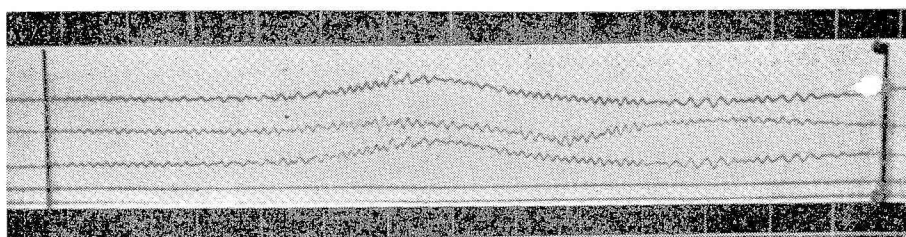
No. 2

No. 3

ベースライ

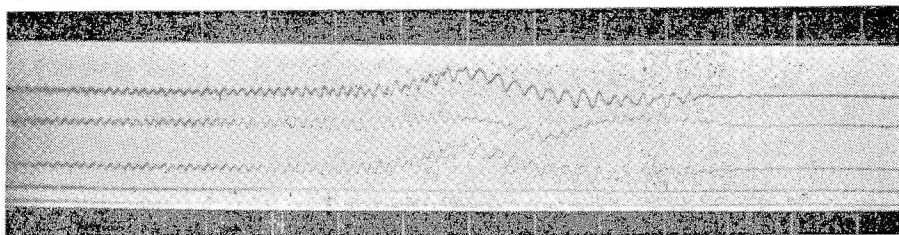
タイム・マ

実験 No. 1, 走行速度  $13.4 \text{ km/h}$



No. 3,

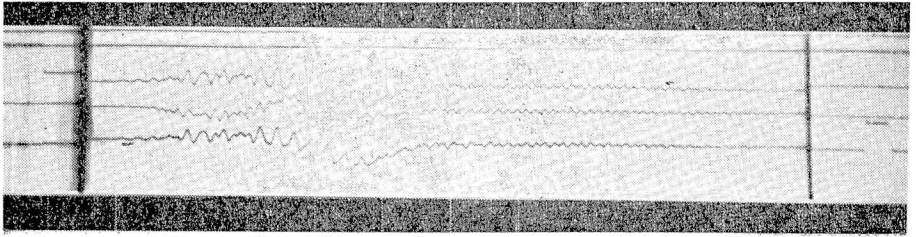
$18.5 \text{ km/h}$



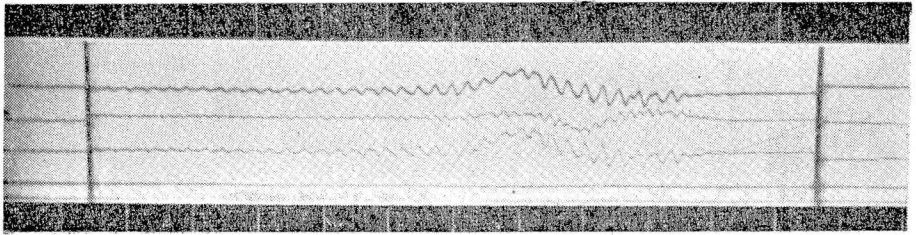
No. 5,

$30.2 \text{ km/h}$

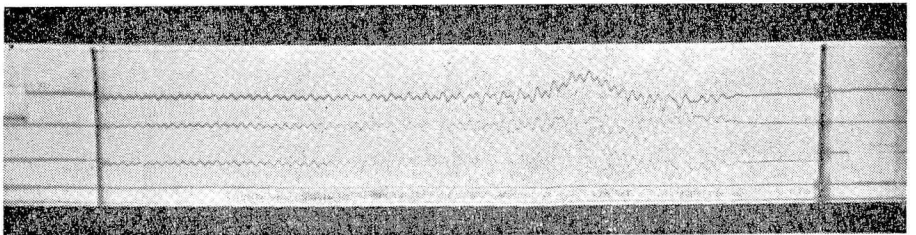
写真—1 動的応力測定結果(つき)



実験 No. 8, 走行速度  $37.0 \text{ km/h}$



No. 10,  $41.5 \text{ km/h}$



No. 14,  $53.0 \text{ km/h}$