

# プレストレス合成鋼桁橋の振動について

兵庫県 土木建築部      岩 本 幸 二  
新三菱重工神戸造船所    伊 藤 鉦 一  
同                              白 木 万 博

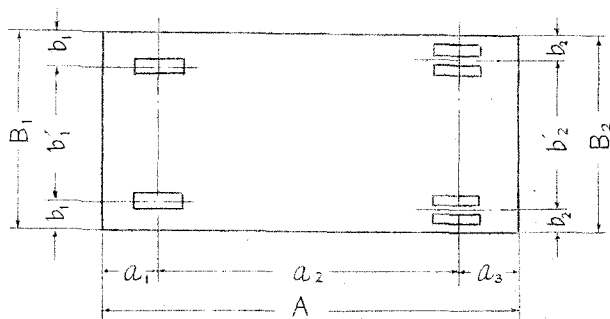
## § 1. 緒 言

本橋は兵庫県養父郡大屋町に架設せられた本邦最初のプレストレス合成鋼桁橋「筏橋」であり、支間25 m有効巾員6.0 mの2等橋である。昨年4月竣工とともに現地において静的並びに動的載荷実験を行ない、本橋の各種特性を検討するため種々の計測を行つた。ここでは主として本橋の動的載荷実験結果を示し、あわせてその挙動特性の検討を行つたので、以下それについて報告する。

## § 2. 動的試験要領

### (2-1) : 載 荷 方 法

動的載荷実験に使用したトラックは静的試験に使用せるものと同一であり、第1図および第1表に示す通りである。



また試験時のトラック走行要領は第2表の通りである。

第 1 図

### (2-2) : 計 測 方 法

動的載荷実験時に計測せる諸点は次の通りである。

#### (i) 橋桁の撓み

第2図に示す○印点4ヶ所にインダクタンス型変位計を取付け動的撓みを電磁オシログラムに記録。

第 1 表

| 自動車<br>種類 | 車<br>型      | 車 輛 番 号     | 前車輪重量<br>( ton ) | 後車輪重量<br>( ton ) | 全 重 量<br>( ton ) | 車 輛 寸 法 ( m ) |                |                |                |                |                |                  |                | 積載物  |                |                  |
|-----------|-------------|-------------|------------------|------------------|------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|------|----------------|------------------|
|           |             |             |                  |                  |                  | A             | a <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> | B <sub>1</sub> | b <sub>1</sub> | b <sub>1</sub> ' | B <sub>2</sub> |      | b <sub>2</sub> | b <sub>2</sub> ' |
| A         | いすゞ<br>58年型 | 兵1す<br>4140 | 2.66             | 10.15            | 12.81            | 7.05          | 0.91           | 4.02           | 2.08           | 1.93           | 0.24           | 1.45             | 2.26           | 0.32 | 1.66           | 砂利               |
| B         | いすゞ<br>54年型 | 兵1す<br>3814 | 2.50             | 9.85             | 12.35            | 6.60          | 0.69           | 3.97           | 1.90           | 1.95           | 0.25           | 1.45             | 2.18           | 0.30 | 1.58           | 砂利               |

第 2 表

| Test<br>No      | 走 行 状 態 | ト ラ ッ ク |     | 走行位置 | 走行方向  | 走行速度  |      |
|-----------------|---------|---------|-----|------|-------|-------|------|
|                 |         | 種 類     | 台 数 |      |       | m/sec | Km/h |
| D- 1            | 中央普通走行  | B       | 1   | B桁振分 | S → F | 4.29  | 15.4 |
| 1 <sup>I</sup>  | "       | "       | "   | "    | F → S | 2.79  | 10.1 |
| 1 <sup>II</sup> | "       | A       | "   | "    | S → F | 2.76  | 10.0 |
| D- 2            | "       | "       | "   | "    | "     | 5.52  | 20.0 |
| 2 <sup>I</sup>  | "       | B       | "   | "    | F → S | 5.00  | 18.0 |
| D- 3            | "       | A       | "   | "    | S → F | 6.76  | 24.4 |
| 4               | "       | "       | "   | Aⓐ間  | "     | 5.05  | 18.2 |
| 5               | 縁桁上走行   | "       | "   | ⓐB間  | "     | 3.04  | 10.9 |

〔註〕

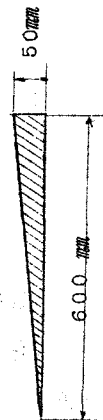
(i) 走行位置Aⓐ間の○印はトラック

片側車輪がB桁上走行を示す。

(ii) 走行方向のS・FはMovable

SideおよびFix Side を示す

(iii) 衝撃合寸法は下記の如くである。



(IV) 走行速度は実測値より算出

|      |                      |       |   |       |                  |   |              |            |
|------|----------------------|-------|---|-------|------------------|---|--------------|------------|
| D-7  | "                    | "     | " | "     | B <sup>⊙</sup> 間 | " | 2.89         | 10.4       |
| 7'   | "                    | "     | " | "     | "                | " | 2.93         | 10.6       |
| D-9  | 2 台併行走行              | A & B | 2 | A B C | "                | " | 1.88<br>1.90 | 6.8<br>6.8 |
| D-10 | 2 台対行走行              | "     | " | "     | S → F<br>F → S   | " | 1.48<br>1.38 | 5.3<br>5.0 |
| 10'  | "                    | "     | " | "     | "                | " | 1.52<br>1.62 | 5.5<br>5.8 |
| D-11 | 中央衝撃台上走行             | A     | 1 | B 桁振分 | S → F            | " | 2.64         | 9.5        |
| 11'  | "                    | "     | " | "     | "                | " | 3.04         | 10.9       |
| 11"  | "                    | "     | " | "     | "                | " | 0            | 0          |
| D-12 | 中央普通走行<br>(トラック振動計測) | "     | " | "     | "                | " | 2.48         | 8.9        |
| 12'  | " ( " )              | "     | " | "     | "                | " | 4.72         | 17.9       |
| D-13 | 中央衝撃台上走行<br>( " )    | "     | " | "     | "                | " | 2.78         | 10.0       |

1) 各部応力

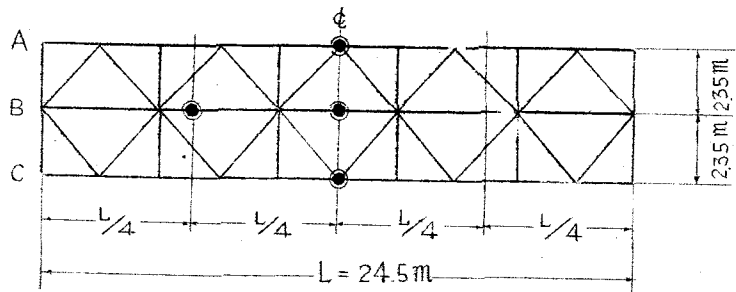
B桁およびC桁の下側フランジ応力(B-5, C-6)、床板応力(conc-2)、PS鋼棒応力(B, -e<sub>0</sub>)、計4点の動的応力を計測。

2) トラック走行速度

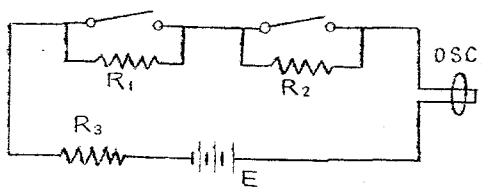
第3図に示すように橋両端間を走行する際通過接点をオシログラム上に記録させ、その走行に要した時間から平均速度を求め、トラック走行速度とした。

3) 走行中のトラックの振動

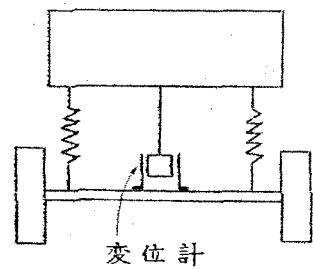
橋桁の振動挙動を検討するに際し、その加振力となるトラックの荷重変動を考察するため第4図のように、トラック後輪車軸と荷台との間にインダクタンス変位計を設置し、その相対変位をオシロ上に記録計測した。



第 2 図



第 3 図



第 4 図

### § 3. 動的試験結果

計測せるオンログラムを整理し、計測結果を表示すれば次の第3表および第4表のようである。また橋桁スパン中央における撓み量の計算値、静的実測値および動的実測値をそれぞれ比較し、グラフに表示すれば第5図のようになる。

第 3 表 撓 み 量 計 測 結 果

| Test No | 計 測 位 置 | 最大静的撓み(%) |       |       | 衝撃による最大撓み(%) | 最大振巾(%) | 衝 撃 率 (%) | 自 由 振 動 周 期 (sec) |
|---------|---------|-----------|-------|-------|--------------|---------|-----------|-------------------|
|         |         | 実 測 値     | 計 算 値 | 撓 み 比 |              |         |           |                   |
| D- 1    | L.G. 1  | 1.30      |       |       | 1.48         | 0.34    | 13.9      | 0.200             |
|         | 2       | 1.74      | 2.711 | 0.641 | 2.20         | 0.48    | 26.4      |                   |
|         | 3       | 1.93      | 2.923 | 0.660 | 2.51         | 0.48    | 23.1      |                   |
|         | 4       | 1.90      | 2.564 | 0.713 | 2.50         | 0.49    | 31.6      |                   |
|         |         |           |       |       |              |         | 23.8      |                   |
| D- 1'   | L.G. 1  | 1.24      |       |       | 1.47         | 0.17    | 18.5      | 0.200             |
|         | 2       | 1.77      | 2.711 | 0.653 | 1.97         | 0.24    | 11.3      |                   |
|         | 3       | 1.98      | 2.923 | 0.673 | 2.18         | 0.27    | 10.1      |                   |
|         | 4       | 1.85      | 2.564 | 0.721 | 2.06         | 0.28    | 11.3      |                   |
|         |         |           |       |       |              |         | 14.1      |                   |
| D- 1''  | L.G. 1  | 1.32      |       |       | 1.55         | 0.26    | 17.4      | 0.200             |
|         | 2       | 1.80      | 2.711 | 0.665 | 2.11         | 0.33    | 17.2      |                   |
|         | 3       | 2.04      | 2.923 | 0.698 | 2.35         | 0.35    | 15.2      |                   |
|         | 4       | 1.97      | 2.564 | 0.739 | 2.30         | 0.36    | 16.7      |                   |
|         |         |           |       |       |              |         | 16.6      |                   |
| D- 2    | L.G. 1  | 1.26      |       |       | 1.51         | 0.22    | 19.8      | 0.199             |
|         | 2       | 1.67      | 2.711 | 0.616 | 2.03         | 0.36    | 21.6      |                   |
|         | 3       | 1.96      | 2.923 | 0.670 | 2.37         | 0.37    | 20.9      |                   |
|         | 4       | 1.93      | 2.564 | 0.753 | 2.32         | 0.39    | 20.2      |                   |
|         |         |           |       |       |              |         | 20.6      |                   |

| Test No | 計測位置   | 最大静的撓み(%) |       |       | 衝撃による最大撓み(%) | 最大振巾(%) | 衝撃率(%) | 自由振動周期(sec) |
|---------|--------|-----------|-------|-------|--------------|---------|--------|-------------|
|         |        | 実測値       | 計算値   | 撓み比   |              |         |        |             |
| D- 2'   | L.G. 1 | 1.26      |       |       | 1.49         | 0.37    | 18.3   | 0.200       |
|         | 2      | 1.71      | 2.711 | 0.631 | 2.05         | 0.59    | 19.9   |             |
|         | 3      | 1.94      | 2.923 | 0.663 | 2.19         | 0.52    | 12.9   |             |
|         | 4      | 1.87      | 2.564 | 0.729 | 2.13         | 0.46    | 13.9   |             |
|         |        |           |       |       |              |         | 16.2   |             |
| D- 3    | L.G. 1 | 1.26      |       |       | 1.55         | 0.23    | 23.0   | 0.200       |
|         | 2      | 1.74      | 2.711 | 0.642 | 2.11         | 0.30    | 21.3   |             |
|         | 3      | 2.02      | 2.923 | 0.690 | 2.36         | 0.39    | 16.8   |             |
|         | 4      | 1.96      | 2.564 | 0.765 | 2.38         | 0.37    | 21.4   |             |
|         |        |           |       |       |              |         | 20.6   |             |
| D- 4    | L.G. 1 | 1.17      | —     | —     | 1.40         | 0.28    | 19.7   | 0.200       |
|         | 2      | 2.58      | 3.381 | 0.763 | 3.11         | 0.51    | 20.5   |             |
|         | 3      | 2.02      | 2.810 | 0.719 | 2.44         | 0.46    | 20.8   |             |
|         | 4      | 1.27      | 1.931 | 0.657 | 1.54         | 0.41    | 21.3   |             |
|         |        |           |       |       |              |         | 20.6   |             |
| D- 5    | L.G. 1 | 1.10      | —     | —     | 1.19         | 0.20    | 8.2    | —           |
|         | 2      | 2.90      | 4.060 | 0.714 | 3.09         | 0.40    | 6.6    |             |
|         | 3      | 2.00      | 2.854 | 0.701 | 2.07         | 0.37    | 3.5    |             |
|         | 4      | 0.95      | 1.312 | 0.724 | 1.13         | 0.37    | 19.0   |             |
|         |        |           |       |       |              |         | 9.3    |             |
| D- 7    | L.G. 1 | 1.09      | —     | —     | 1.26         | 0.17    | 15.6   | —           |
|         | 2      | 0.98      | 1.312 | 0.746 | 1.90         | 0.19    | 9.4    |             |
|         | 3      | 2.01      | 2.854 | 0.705 | 2.26         | 0.33    | 12.4   |             |
|         | 4      | 3.04      | 4.060 | 0.749 | 3.34         | 0.37    | 9.9    |             |
|         |        |           |       |       |              |         | 11.8   |             |

| Test No | 計測位置  | 最大静的撓み(%) |       |       | 衝撃による最大撓み(%) | 最大振巾(%) | 衝撃率(%) | 自由振動周期(%) |
|---------|-------|-----------|-------|-------|--------------|---------|--------|-----------|
|         |       | 実測値       | 計算値   | 撓み比   |              |         |        |           |
| D-7'    | L.G.1 | 1.03      | —     | —     | 12.6         | 0.14    | 22.3   | 0.199     |
|         | 2     | 0.91      | 1.312 | 0.694 | 12.1         | 0.27    | 33.0   |           |
|         | 3     | 1.91      | 2.854 | 0.670 | 2.24         | 0.26    | 17.3   |           |
|         | 4     | 2.84      | 4.060 | 0.700 | 3.27         | 0.35    | 15.3   |           |
|         |       |           |       |       |              |         | 22.0   |           |
| D-9     | L.G.1 | 2.66      |       |       | 2.96         | 0.17    | 11.5   | —         |
|         | 2     | 4.19      | 4.928 | 0.850 | 4.38         | 0.32    | 4.5    |           |
|         | 3     | 4.17      | 5.654 | 0.737 | 4.50         | 0.33    | 7.9    |           |
|         | 4     | 4.08      | 5.220 | 0.781 | 4.49         | 0.32    | 11.8   |           |
|         |       |           |       |       |              |         | 8.9    |           |
| D-10    | L.G.1 | 2.27      | —     | —     | 2.32         | 0.06    | 2.2    | —         |
|         | 2     | 3.84      | 5.149 | 0.746 | 3.88         | 0.19    | 1.0    |           |
|         | 3     | 3.91      | 5.650 | 0.692 | 3.96         | 0.15    | 1.3    |           |
|         | 4     | —         | 5.329 | —     |              |         |        |           |
|         |       |           |       |       |              |         | 1.5    |           |
| D-10'   | L.G.1 | 2.55      |       |       | 2.43         | 0.09    | 3.4    | —         |
|         | 2     | 4.06      | 5.149 | 0.791 | 4.16         | 0.19    | 2.5    |           |
|         | 3     | 3.83      | 5.650 | 0.678 | 3.93         | 0.17    | 2.6    |           |
|         | 4     | 3.61      | 5.329 | 0.678 | 3.70         | 0.16    | 2.5    |           |
|         |       |           |       |       |              |         | 2.8    |           |
| D-11    | L.G.1 | 1.35      |       |       | 2.04         | 0.80    | 51.1   | 0.200     |
|         | 2     | 1.82      | 2.711 | 0.671 | 3.08         | 1.17    | 69.2   |           |
|         | 3     | 1.98      | 2.923 | 0.676 | 3.24         | 1.22    | 63.6   |           |
|         | 4     | 1.93      | 2.564 | 0.752 | 3.06         | 1.16    | 58.5   |           |
|         |       |           |       |       |              |         | 60.6   |           |

| Test No            | 計測位置   | 最大静的撓み(%) |       |       | 衝撃による最大撓み(%) | 最大振巾(%) | 衝撃率(%) | 自由振動周期(sec) |
|--------------------|--------|-----------|-------|-------|--------------|---------|--------|-------------|
|                    |        | 実測値       | 計算値   | 撓み比   |              |         |        |             |
| D-11 <sup>I</sup>  | L.G. 1 | 1.38      |       |       | 2.19         | 0.97    | 58.7   | 0.200       |
|                    | 2      | 1.97      | 2.711 | 0.727 | 3.50         | 1.53    | 77.6   |             |
|                    | 3      | 2.17      | 2.923 | 0.741 | 3.63         | 1.50    | 67.3   |             |
|                    | 4      | 1.99      | 2.564 | 0.776 | 3.32         | 1.44    | 66.9   |             |
|                    |        |           |       |       |              |         | 67.6   |             |
| D-11 <sup>II</sup> | L.G. 1 |           |       |       |              |         |        | —           |
|                    | 2      |           |       |       |              |         |        |             |
|                    | 3      |           |       |       |              |         |        |             |
|                    | 4      |           |       |       |              |         |        |             |
|                    |        |           |       |       |              |         |        |             |
| D-12               | L.G. 1 | 1.26      |       |       | 1.46         | 0.23    | 15.9   | —           |
|                    | 2      | 1.91      | 2.711 | 0.705 | 2.22         | 0.31    | 16.2   |             |
|                    | 3      | 1.91      | 2.923 | 0.653 | 2.33         | 0.34    | 22.0   |             |
|                    | 4      | 1.81      | 2.564 | 0.706 | 2.06         | 0.28    | 13.8   |             |
|                    |        |           |       |       |              |         | 17.0   |             |
| D-12 <sup>I</sup>  | L.G. 1 | 1.31      |       |       | 1.61         | 0.23    | 22.9   | 0.199       |
|                    | 2      | 2.08      | 2.711 | 0.767 | 2.50         | 0.46    | 20.2   |             |
|                    | 3      | 2.02      | 2.923 | 0.690 | 2.44         | 0.41    | 20.8   |             |
|                    | 4      | 1.76      | 2.564 | 0.686 | 2.13         | 0.41    | 21.0   |             |
|                    |        |           |       |       |              |         | 21.2   |             |
| D-13               | L.G. 1 | 1.38      |       |       | 2.14         | 1.06    | 55.1   | 0.200       |
|                    | 2      | 1.86      | 2.711 | 0.686 | 3.16         | 1.29    | 69.9   |             |
|                    | 3      | 1.93      | 2.923 | 0.660 | 3.62         | 1.33    | 87.5   |             |
|                    | 4      | 1.85      | 2.564 | 0.722 | 2.94         | 1.20    | 59.0   |             |
|                    |        |           |       |       |              |         | 67.8   |             |

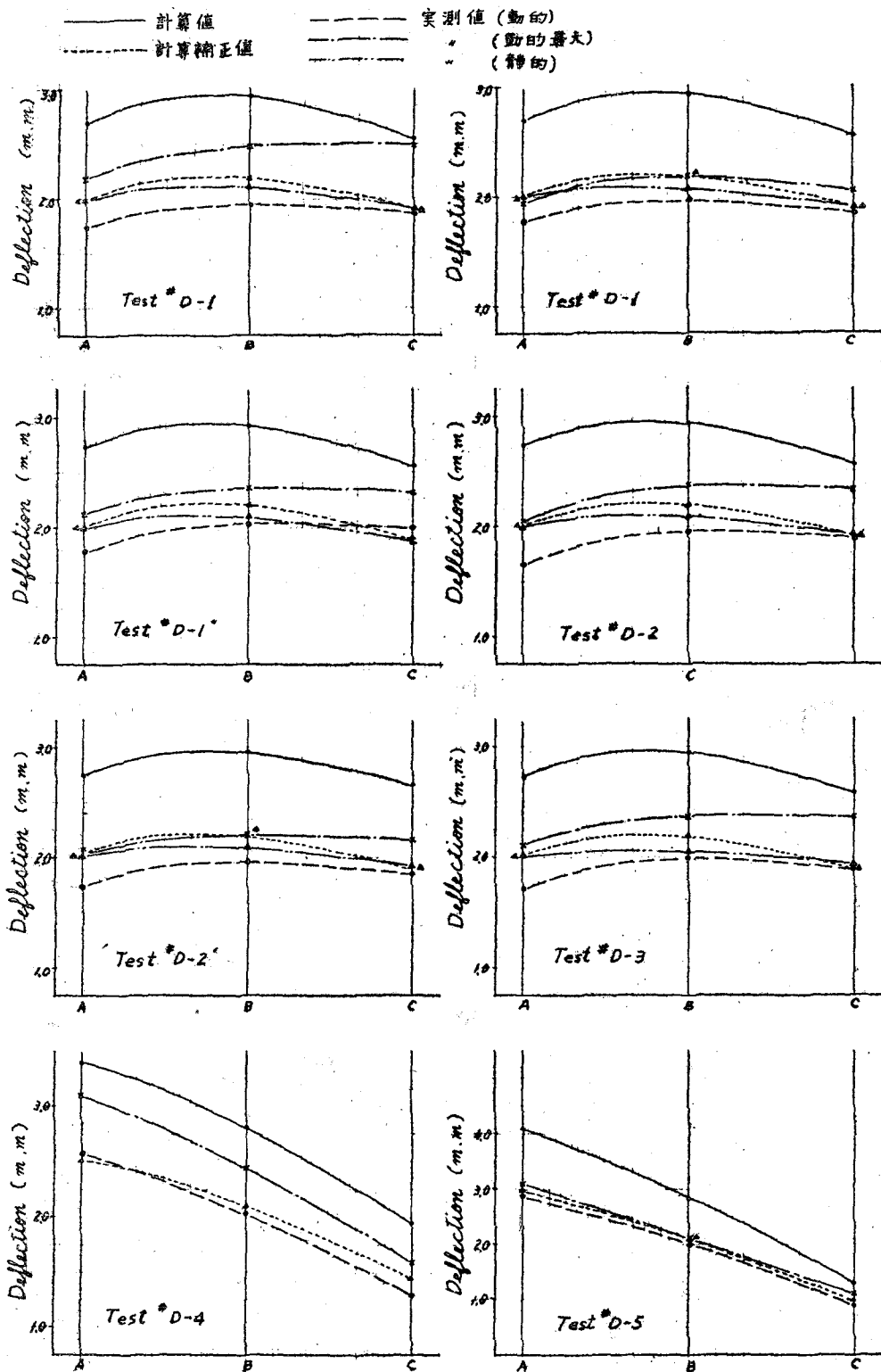
第 4 表 応力値計測結果

| Test No | 計 測 位 置                         | 最大静的応力 ( $K_g/cm^2$ ) |       |         | 衝撃による最大応力 ( $K_g/cm^2$ ) | 最 大 応力振巾 ( $K_g/cm^2$ ) | 衝 撃 率 (%) | 自 由 振 動 周 期 (sec) |
|---------|---------------------------------|-----------------------|-------|---------|--------------------------|-------------------------|-----------|-------------------|
|         |                                 | 実 測 値                 | 計 算 値 | 応 力 比   |                          |                         |           |                   |
| D- 1    | B - 5                           | 100.0                 | 134.3 | 0.744   | 139                      | 25.0                    | 39.0      | 0.200             |
|         | C - 6                           | 84.8                  | 128.9 | 0.658   | 106                      | 20.8                    | 25.0      |                   |
|         | B <sub>s</sub> - e <sub>u</sub> | 22.2                  | 58.8  | (0.378) | 26                       | 7.1                     | 17.1      |                   |
|         | Conc-2                          | -1.3                  | -     | -       | 3.5                      | (5.9)                   | -         |                   |
|         |                                 |                       |       |         |                          |                         | 25.7      |                   |
| D- 1'   | B - 5                           | 94.6                  | 134.3 | 0.705   | 106                      | 11.1                    | 12.1      | -                 |
|         | C - 6                           | 77.9                  | 128.9 | 0.605   | 85                       | 9.8                     | 9.1       |                   |
|         | B <sub>s</sub> - e <sub>u</sub> | 25.2                  | 58.8  | (0.429) | 28                       | 4.6                     | 11.1      |                   |
|         | Conc-2                          | -1.1                  | -     | -       | 3.2                      | (2.3)                   | -         |                   |
|         |                                 |                       |       |         |                          |                         | 10.8      |                   |
| D- 1''  | B - 5                           | 100.0                 | 134.3 | 0.744   | 115                      | 14.0                    | 15.0      | 0.199             |
|         | C - 6                           | 84.0                  | 128.9 | 0.652   | 97                       | 11.8                    | 15.5      |                   |
|         | B <sub>s</sub> - e <sub>u</sub> | 18.7                  | 58.8  | (0.318) | 22.1                     | 4.0                     | 18.2      |                   |
|         | Conc-2                          | -0.7                  | -     | -       | 3.5                      | (4.6)                   | -         |                   |
|         |                                 |                       |       |         |                          |                         | 16.2      |                   |
| D- 2    | B - 5                           | 94.6                  | 134.3 | 0.705   | 117                      | 18.1                    | 23.7      | 0.200             |
|         | C - 6                           | 83.5                  | 128.9 | 0.649   | 103                      | 13.9                    | 23.4      |                   |
|         | B <sub>s</sub> - e <sub>u</sub> | 18.8                  | 58.8  | (0.320) | 22                       | 4.0                     | 17.0      |                   |
|         | Conc-2                          | -1.0                  | -     | -       | 4.0                      | (2.9)                   | -         |                   |
|         |                                 |                       |       |         |                          |                         | 21.4      |                   |
| D- 2'   | B - 5                           | 100.0                 | 134.3 | 0.744   | 106                      | 16.7                    | 6.0       | 0.200             |
|         | C - 6                           | 80.6                  | 128.9 | 0.626   | 91                       | 16.7                    | 12.9      |                   |
|         | B <sub>s</sub> - e <sub>u</sub> | 29.4                  | 58.8  | (0.500) | 34                       | 6.7                     | 15.6      |                   |
|         | Conc-2                          | -0.8                  | -     | -       | 3.4                      | (4.2)                   | -         |                   |
|         |                                 |                       |       |         |                          |                         | 11.5      |                   |

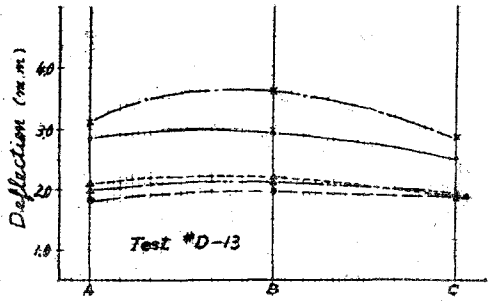
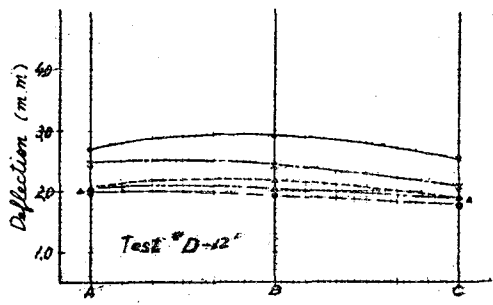
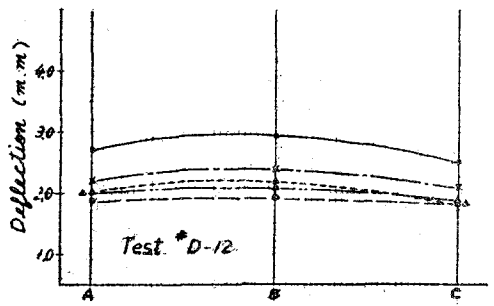
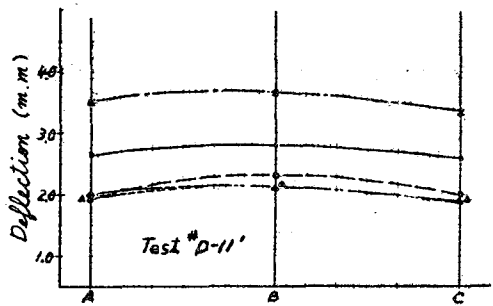
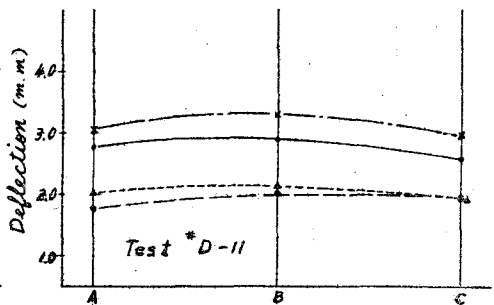
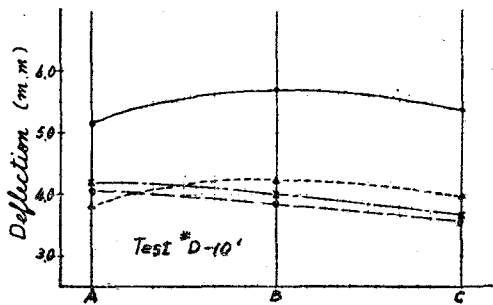
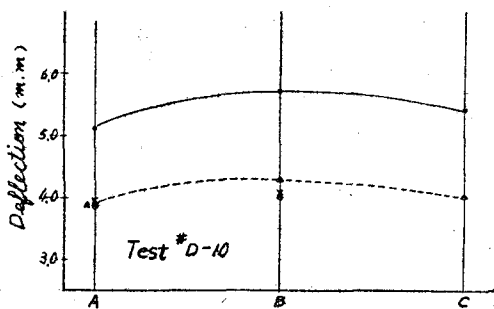
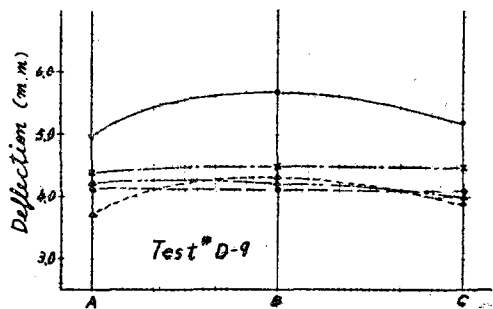
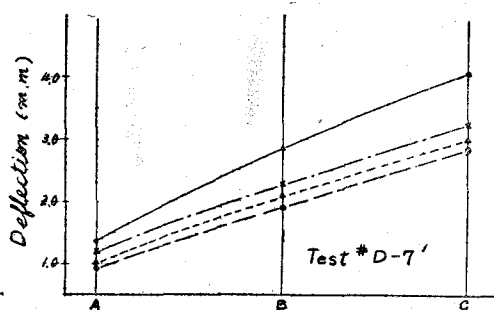
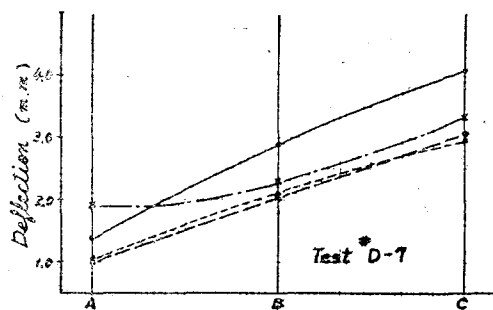
| Test No | 計測位置                           | 最大静的応力 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) |       |         | 衝撃による最大応力 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) | 最大応力振巾 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) | 衝撃率 (%) | 自由振動周期 (sec) |
|---------|--------------------------------|------------------------------------|-------|---------|---------------------------------------|------------------------------------|---------|--------------|
|         |                                | 実測値                                | 計算値   | 応力比     |                                       |                                    |         |              |
| D- 3    | B - 5                          | 101.5                              | 134.3 | 0.755   | 117                                   | 13.9                               | 15.3    | 0.200        |
|         | C - 6                          | 89.0                               | 128.9 | 0.691   | 103                                   | 12.5                               | 15.8    |              |
|         | B <sub>s</sub> -e <sub>u</sub> | 14.7                               | 58.8  | (0.250) | 19                                    | 4.7                                | 29.2    |              |
|         | Conc-2                         | -0.7                               | -     | -       | 3.5                                   | (4.6)                              | -       |              |
|         |                                |                                    |       |         |                                       |                                    | 20.1    |              |
| D- 4    | B - 5                          | 91.7                               | 133.7 | 0.686   | 101                                   | 13.9                               | 10.1    | 0.200        |
|         | C - 6                          | 47.2                               | 98.9  | 0.478   | 59                                    | 11.8                               | 25.0    |              |
|         | B <sub>s</sub> -e <sub>u</sub> | 21.0                               | -     | -       | 25                                    | 4.2                                | 16.0    |              |
|         | Conc-2                         | -0.3                               | -     | -       | -0.7                                  | (0)                                | -       |              |
|         |                                |                                    |       |         |                                       |                                    | 17.1    |              |
| D- 5    | B - 5                          | 83.4                               | 137.5 | 0.606   | 90                                    | 12.5                               | 7.9     | 0.200        |
|         | C - 6                          | 33.4                               | 67.2  | 0.497   | 38                                    | 9.8                                | 7.8     |              |
|         | B <sub>s</sub> -e <sub>u</sub> | 18.9                               | -     | -       | 22                                    | 4.2                                | 16.4    |              |
|         | Conc-2                         | -0.4                               | -     | -       | -1.3                                  | (0)                                | -       |              |
|         |                                |                                    |       |         |                                       |                                    | 17.1    |              |
| D- 7    | B <sub>s</sub>                 | 91.8                               | 137.5 | 0.667   | 99                                    | 7.2                                | 7.9     | -            |
|         | C                              | 136.2                              | 195.9 | 0.695   | 139                                   | 8.4                                | 2.1     |              |
|         | B <sub>s</sub>                 | 21.0                               | -     | -       | 25                                    | 5.8                                | 19.5    |              |
|         | Conc-2                         | -1.1                               | -     | -       | 2.5                                   | (3.2)                              | -       |              |
|         |                                |                                    |       |         |                                       |                                    | 9.8     |              |
| D- 7'   | B - 5                          | 89.0                               | 137.5 | 0.647   | 99                                    | 8.6                                | 10.1    | -            |
|         | C - 6                          | 129.9                              | 195.9 | 0.663   | 147                                   | 13.9                               | 13.2    |              |
|         | B <sub>s</sub> -e <sub>u</sub> | 21.0                               | -     | -       | 24                                    | 3.2                                | 14.3    |              |
|         | Conc-2                         | -0.8                               | -     | -       | 2.0                                   | (3.2)                              | -       |              |
|         |                                |                                    |       |         |                                       |                                    | 12.5    |              |

| Test No | 計測位置             | 最大静的応力 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) |       |         | 衝撃による最大応力 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) | 最大応力巾振 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) | 衝撃率 (%) | 自由振動周期 (sec) |
|---------|------------------|------------------------------------|-------|---------|---------------------------------------|------------------------------------|---------|--------------|
|         |                  | 実測値                                | 計算値   | 応力比     |                                       |                                    |         |              |
| D-9     | B-5              | 172.2                              | 265.0 | 0.650   | 177                                   | 7.0                                | 2.8     | —            |
|         | C-6              | 17.9                               | 259.7 | 0.685   | 189                                   | 11.1                               | 6.3     |              |
|         | B <sub>a</sub> - | 52.5                               | 113.2 | (0.464) | 74                                    | 4.2                                | 41.0    |              |
|         | Conc-2           | -1.4                               | —     | —       | 2.9                                   | (3.5)                              | —       |              |
|         |                  |                                    |       |         |                                       |                                    | 16.7    |              |
| D-10    | B-5              | 143.2                              | 266.3 | 0.537   | 145                                   | 4.2                                | 1.3     | —            |
|         | C-6              | 166.8                              | 263.8 | 0.632   | 171                                   | 7.0                                | 2.5     |              |
|         | B <sub>a</sub> - | 49.2                               | —     | —       | 51                                    | 2.6                                | 3.7     |              |
|         | Conc-2           | -1.8                               | —     | —       | 2.7                                   | (3.5)                              | —       |              |
|         |                  |                                    |       |         |                                       |                                    | 2.5     |              |
| D-10'   | B-5              | 136.2                              | 266.3 | 0.511   | 142                                   | 5.6                                | 4.3     | —            |
|         | C-6              | 150.0                              | 263.8 | 0.569   | 157                                   | 8.4                                | 4.7     |              |
|         | B <sub>a</sub> - | 50.4                               | —     | —       | 52.5                                  | 2.6                                | 4.2     |              |
|         | Conc-2           | -1.4                               | —     | —       | 2.4                                   | (3.5)                              | —       |              |
|         |                  |                                    |       |         |                                       |                                    | 4.4     |              |
| D-11    | B-5              | 104.2                              | 134.3 | 0.775   | 136                                   | 48.0                               | 30.5    | —            |
|         | C-6              | 79.2                               | 128.9 | 0.615   | 114                                   | 41.7                               | 44.0    |              |
|         | B <sub>a</sub> - | 22.1                               | 58.8  | (0.376) | 36                                    | 14.2                               | 62.9    |              |
|         | Conc-2           | -1.6                               | —     | —       | 2.7                                   | (3.7)                              | —       |              |
|         |                  |                                    |       |         |                                       |                                    | 45.7    |              |
| D-11'   | B-5              | 97.4                               | 134.3 | 0.725   | 136                                   | 52.9                               | 38.6    | 0.200        |
|         | C-6              | 89.0                               | 128.9 | 0.691   | 125                                   | 50.0                               | 40.5    |              |
|         | B <sub>a</sub> - | 23.8                               | 58.8  | (0.405) | 44                                    | 17.8                               | 85.0    |              |
|         | Conc-2           | -1.1                               | —     | —       | 2.5                                   | (3.2)                              | —       |              |
|         |                  |                                    |       |         |                                       |                                    | 54.6    |              |

| Test No | 計測位置                           | 最大静的応力 ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ) |       |         | 衝撃による最大応力 ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ) | 最大応力振中 ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ) | 衝撃率 (%) | 自由振動周期 (sec) |
|---------|--------------------------------|------------------------------------|-------|---------|---------------------------------------|------------------------------------|---------|--------------|
|         |                                | 実測値                                | 計算値   | 応力比     |                                       |                                    |         |              |
| D-11"   | B - 5                          |                                    | 134.3 |         |                                       |                                    |         | —            |
|         | C - 6                          |                                    | 128.9 |         |                                       |                                    |         |              |
|         | B <sub>s</sub> -e <sub>u</sub> |                                    |       |         |                                       |                                    |         |              |
|         | Conc-2                         |                                    | —     | —       |                                       |                                    |         |              |
|         |                                |                                    |       |         |                                       |                                    |         |              |
| D-12    | B - 5                          | 94.5                               | 134.3 | 0.703   | 107                                   | 12.5                               | 13.2    | 0.199        |
|         | C - 6                          | 77.9                               | 128.9 | 0.605   | 89                                    | 9.7                                | 14.3    |              |
|         | B <sub>s</sub> -e <sub>u</sub> | 18.9                               | 58.8  | (0.321) | 25                                    | 4.4                                | 32.2    |              |
|         | Conc-2                         | -1.1                               | —     | —       | 2.1                                   | (3.2)                              | —       |              |
|         |                                |                                    |       |         |                                       |                                    | 19.9    |              |
| D-12'   | B - 5                          | 97.4                               | 134.3 | 0.725   | 108                                   | 11.8                               | 10.9    | 0.200        |
|         | C - 6                          | 69.5                               | 128.9 | 0.540   | 81                                    | 11.8                               | 16.6    |              |
|         | B <sub>s</sub> -e <sub>u</sub> | 19.3                               | 58.8  | (0.328) | 27                                    | 6.3                                | 34.7    |              |
|         | Conc-2                         | -0.6                               | —     | —       | -1.3                                  | (1.4)                              | —       |              |
|         |                                |                                    |       |         |                                       |                                    | 20.8    |              |
| D-13    | B - 5                          | 89.0                               | 134.3 | 0.662   | 126                                   | 47.3                               | 41.6    | 0.200        |
|         | C - 6                          | 80.7                               | 128.9 | 0.627   | 115                                   | 45.9                               | 42.5    |              |
|         | B <sub>s</sub> -e <sub>u</sub> | 22.1                               | 56.8  | (0.376) | 40                                    | 14.7                               | 81.0    |              |
|         | Conc-2                         | -0.7                               | —     | —       | -1.8                                  | (2.8)                              | —       |              |
|         |                                |                                    |       |         |                                       |                                    | 55.0    |              |



第 5 圖 (1)  
(95)



第 5 图 (2)

#### § 4. 実測結果の考察

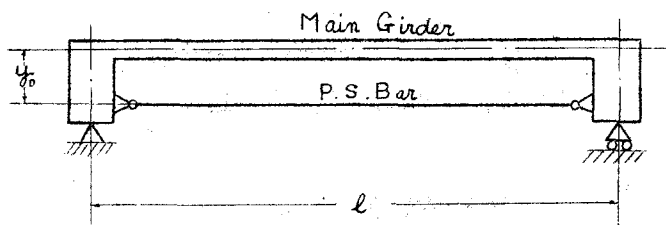
##### (4-1) : プレストレス桁橋の固有振動数について

橋梁の振動固有値問題については古くから種々の研究が行なわれており、橋梁を単一梁と考えた場合の固有値あるいは異方性板と考えた場合の固有値等種々の見地より取扱われているようである。

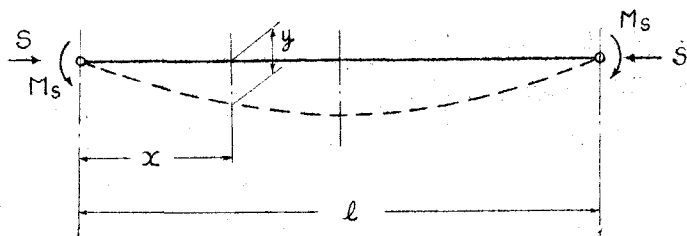
本橋は3主桁の比較的簡単な構造であり、従来の実験および解析の結果より推して、単純梁と考えて計算しても実験値と比較的に良く合致することから、ここでは簡単のためI型単純プレスト桁橋として、プレストレス力の橋桁の振動固有値におよぼす影響を考案した。

第6図(a)のように主桁下部にプレストレス部材をもつてプレストレス力を与えた場合の振動挙動を考えるため、同図(b)のように表わすとすれば、振動方程式は

第 6 図



( a )



( b )

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} (E_G I_G \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}) + \frac{\partial^2}{\partial x^2} (S y) - \frac{\partial^2}{\partial x^2} (M_S) = - \frac{A_G r_G}{g} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{ここで } S &= S_0 + s \\ M_S &= M_{S0} + m s = S_0 \cdot \eta_0 + s \eta_0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

なる関係があるから結局(1)式は

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( E_G I_G \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right) + \frac{\partial^2}{\partial x^2} (S_0 + s) y - \frac{\partial^2}{\partial x^2} s \eta_0 = - \frac{A_G r_G}{g} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \dots\dots\dots (3)$$

(3)式において簡単のため  $y_{\max} \ll \eta_0$  より  $s y \ll s \eta_0$  と仮定して  $s \eta_0$  を省略し、かつ  $s$  は  $y$  に比例するとして  $s = \frac{\alpha}{\eta_0} y$  で表しうるとすれば

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( E_G I_G \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right) + S_0 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \alpha \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = - \frac{A_G r_G}{g} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \dots\dots\dots (4)$$

(4)式を解くにあたりまず規準振動を考え

$$y = X(x)(A_i \cos P_i t + B_i \sin P_i t) \dots\dots\dots (5)$$

〔ただし、 $X(x)$  は振動の基準型を定める座標  $x$  の函数、すなわち正規函数である。〕

で表わしさらに長さの方向に曲げ剛性が一定であるとする

$$E_G I_G \frac{d^4 x}{dx^4} + [S_0 - \alpha] \frac{d^2 x}{dx^2} = - \frac{A_G r_G}{g} P_i^2 X \dots\dots\dots (6)$$

次に、ノーマル函数  $X(x)$  は単純支持梁の場合

$$X(x) = \sin \frac{i\pi}{\ell} x \dots\dots\dots (7)$$

ただし  $i = 1, 2, 3, \dots\dots\dots$

となるが、本橋桁の場合にも初期プレストレス力に基づく端モーメントは振動型には影響をおよぼさないの、微小変位に対しては、近似的に(7)式で表わしうものと考えれば(7)と(6)式より

$$E_G I_G \frac{i^4 \pi^4}{\ell^4} - [S_0 - \alpha] \frac{i^2 \pi^2}{\ell^2} = - \frac{A_G r_G}{g} P_i^2 \dots\dots\dots (8)$$

これより橋桁の固有角振動数は

$$P_{i^2} = \frac{E_G I_G g i^4 \pi^4}{A_G \gamma_G \ell^4} \left\{ 1 - \frac{S_0}{i^2 \pi^2 E_G I_G} + \frac{\alpha}{i^2 \pi^2 E_G I_G} \right\} \quad (9)$$

で与えられる。

一方  $\alpha$  の値は  $S = \frac{\alpha}{\eta_0} y$  において P. S 鋼棒の不静定計算より

$$\alpha = \frac{6 E_G I_G}{\left\{ \frac{\eta_0^2}{4} + \left( \frac{I_G}{A_G} + \frac{I_G E_G}{A_B E_B} \right) \right\} \ell^2} \quad (10)$$

なる関係があるから(9)式を書き直して

$$P_i = \frac{a i^2 \pi^2}{\ell^2} \sqrt{1 - \frac{S_0 \ell^2}{i^2 \pi^2 E_G I_G} + \frac{6 \eta_0^2}{i^2 \pi^2 \left\{ \frac{\eta_0^2}{4} + \left( \frac{I_G}{A_G} + \frac{I_G E_G}{A_B E_B} \right) \right\}}} \quad (11)$$

ただし 
$$a^2 = \frac{E_G I_G g}{A_G \gamma_G}$$

すなわち(11)式における  $\sqrt{\quad}$  中、第1項は一樣断面の単純支持梁の値に相当し、第2項は初期プレストレス力  $S_0$  に基づく軸力の影響項、第3項は P. S. 棒の2次的不静定力に基づく影響を示すものである。

さて、基本一次振動のみを考えると、 $i = 1$  なるから

$$P_1 = \frac{a \pi^2}{\ell^2} \sqrt{1 - \frac{S_0 \ell^2}{\pi^2 E_G I_G} + \frac{6 \eta_0^2}{\pi^2 \left\{ \frac{\eta_0^2}{4} + \left( \frac{I_G}{A_G} + \frac{I_G E_G}{A_B E_B} \right) \right\}}} \quad (12)$$

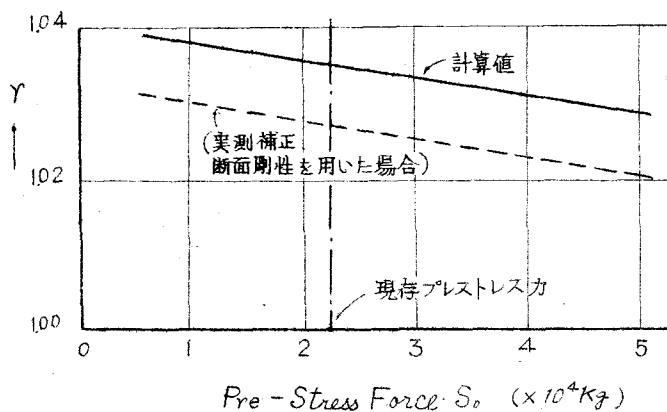
これより

(a) プレストレス力の固有振動数におよぼす影響は

$$\gamma = \frac{\frac{a\pi^2}{\ell^2} \left( 1 - \frac{S_0}{\pi^2 E_G I_G} + \frac{6\eta_0^2}{\pi^2 \{ \eta_0^2 / 4 + ( ) \}} \right)}{\frac{a\pi^2}{\ell^2}} \approx \left( 1 + \frac{\beta}{2} \right) \left( 1 - \frac{1}{2} \frac{\alpha}{1+\beta} S_0 \right)$$

$$\text{ただし } \beta = \frac{6 \eta_0^2}{\pi^2 \left\{ \frac{\eta_0^2}{4} + \left( \frac{I_G}{A_G} + \frac{I_G E_G}{A_B E_B} \right) \right\}} \quad \alpha = \frac{1}{\pi^2 E_G I_G}$$

この関係をグラフで表示すると第7図のようである。



第 7 図

(b) また(12)式より

$$S_0 = \frac{6 E_G I_G \eta_0^2}{\ell^2 \left\{ \frac{\eta_0^2}{4} + \left( \frac{I_G}{A_G} + \frac{I_G E_G}{A_B E_B} \right) \right\}}$$

なる場合は橋桁の固有振動数はプレストレス力によつて影響されない。

(c)

$$S_0 \leq \frac{6 E_G I_G \eta_0^2}{\ell^2 \left\{ \frac{\eta_0^2}{4} + \left( \frac{I_G}{A_G} + \frac{I_G E_G}{A_B E_B} \right) \right\}}$$

なる場合はプレストレス力の影響で橋桁の固有振動数は  $\begin{matrix} < \text{上昇} \\ > \text{下降} \end{matrix}$  する傾向にある。

なお梁の固有振動数は梁の撓みの平方根に逆比例すると考え、略算的にこれを計算しても結果的には(12)式とほとんど一致し、わずかに第3項  $\pi^2$  が8になるに過ぎない。

(数値計算)： 上記(12)式に基づき実際に数値計算を行えば次のようになる。

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \quad I = \{2.014 + 2 \times 1.912\} \times 10^6 = 5.838 \times 10^6 \text{ cm}^4$$

$$\ell = 2.45 \times 10^3 \text{ cm} \quad S_0 = 3 \times 7.5 \times 10^4 = 2.25 \times 10^5 \text{ kg}$$

$$A_G r_G = 1.05 \times \{(\text{Steel Girder}) + (\text{Concrete})\} = 1.05 \{ (3 \times 2.601 \times 7.8 \times 10^{-2}) + (5.578 + 2 \times 5.413) \times 2.3 \times 10^{-1} \} = 4.65 \text{ ton/m}$$

従つて

$$a^2 = \frac{E_G I_G}{A_G r_G} \cong 2.58 \times 10^{14}, \quad \frac{6 \eta_0^2}{\pi^2 \left\{ \frac{\eta_0^2}{4} + \left( \frac{I_G}{A_G} + \frac{I_G E_G}{A_B E_B} \right) \right\}} = 0.0795$$

$$\frac{S_0 \ell^2}{\pi^2 E_G I_G} = 0.0112$$

$$\therefore n = 4.20 \times 1 - 0.0112 + 0.0795 = 4.34 (\text{cps})$$

静的試験結果と計算値の応力および撓み分布を比較するに、その分布傾向は両者ともよく一致しており、単に絶対値の上で計算値の方が実測結果よりやや大きく出ている。これは各断面剛性の取り方の相違に基づくもので、もし断面剛性が適当に計算されていたとすれば、絶対値においても両者は良く合致したものと考えられる。さてこれらの諸点を考慮に入れ、断面剛性が桁の撓みと逆比例関係にあると考えれば、実際の断面剛性値は静的試験結果より

$$\frac{\delta_{\text{act}}}{\delta_{\text{cal}}} = \frac{(EI)_{\text{cal}}}{(EI)_{\text{act}}} \cong 0.747$$

$$\therefore (EI)_{act} = \frac{1}{0.747} \times (EI)_{cal} = 1.338 (EI)_{cal}$$

さて、このように実際の挙動時の断面剛性値を考え前記の固有振動数の補正を行えば

$$n \cong 4.86 \quad 1 - 0.0084 + 0.0599 \cong 4.99 \text{ cps}$$

この結果は実測値 5.00 cps と良く合致し、わずか 0.2 % の相違にすぎない。結局本橋は初めその固有振動数 4.86 cps であつたものが、プレストレスの影響で 4.99 cps に上昇したものと考えられる。

(4-2) : 衝撃率について

橋梁の動的挙動に対して重要な factor の一つの衝撃率がある。衝撃率は

$$\xi = \frac{Y_{i \max} - Y_{s \max}}{Y_{s \max}} \times 100(\%) \quad (13)$$

で与えられる。今通過車輛重量を  $W$ 、通過車輛の周期的外力変動量を  $P$  で表わせば

$$\left. \begin{aligned} Y_{s \max} &= \frac{2W\beta^3}{EI\pi^4} \\ Y_{i \max} &= Y_{s \max} + \frac{2P\beta^3}{EI\pi^4} \times \frac{1-\alpha}{[1-(\beta+\alpha)][1+(\beta-\alpha)]} \\ &= \frac{2W\beta^3}{EI\pi^4} \left\{ 1 + \frac{P}{W} \frac{1-\alpha}{[1-(\beta+\alpha)][1+(\beta-\alpha)]} \right\} \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

となるから、衝撃率

$$\xi = \frac{P}{W} \frac{1-\alpha}{[1-(\beta+\alpha)][1+(\beta-\alpha)]} \times 100(\%) \quad (15)$$

で表わされることになる。さて(15)式の  $\frac{P}{W}$  の値は路面上通過による自動車の過渡的振動を取扱わねば判明しない。実際にこれを想定することは困難であるから、われわれはトラック後車輪と荷台の間に第4図に示したように変位計を取付け、後輪荷重変動量の実測値より  $P/W$  を推定することとした。実測の結果においてもそれぞれの場合で非常にまちまちであり、その推算が困難であるが大別して(a)定常走行時と(b)衝撃台上走行時に分類し、単純に平均すれば第5表の値をうる。

|        | (a) 定 常 走 行 時                                                                                     |                   |                   |                   |                    |                   |                   |                   |                    |                   |                   |                   | 平 均               |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|        | (1)                                                                                               |                   |                   |                   |                    |                   |                   |                   |                    |                   |                   |                   |                   |
|        | (2)                                                                                               |                   |                   |                   |                    |                   |                   |                   |                    |                   |                   |                   |                   |
|        | (3)                                                                                               |                   |                   |                   |                    |                   |                   |                   |                    |                   |                   |                   |                   |
| ゲージ位置  | L-1                                                                                               | L-2               | L-3               | L-4               | L-1                | L-2               | L-3               | L-4               | L-1                | L-2               | L-3               | L-4               |                   |
| 静的最大撓み | 6.3                                                                                               | 18.5              | 17.0              | 15.5              | 10.0               | 24.2              | 22.8              | 20.0              | 11.2               | 20.5              | 16.2              | 13.6              |                   |
| 変動複振巾  | 2.2                                                                                               | 5.0               | 4.3               | 4.0               | 2.8                | 5.5               | 4.3               | 4.0               | 2.2                | 6.8               | 5.0               | 5.0               |                   |
| 換算加振分  | $177 \times 10^3$                                                                                 | $137 \times 10^3$ | $128 \times 10^3$ | $129 \times 10^3$ | $142 \times 10^3$  | $115 \times 10^3$ | $096 \times 10^3$ | $102 \times 10^3$ | $100 \times 10^3$  | $168 \times 10^3$ | $157 \times 10^3$ | $186 \times 10^3$ | $137 \times 10^3$ |
| (平 均)  | $1.43 \times 10^3$                                                                                |                   |                   |                   | $1.14 \times 10^3$ |                   |                   |                   | $1.53 \times 10^3$ |                   |                   |                   |                   |
| 移動周期外力 | 0.393                                                                                             |                   |                   |                   | 0.440              |                   |                   |                   | 0.410              |                   |                   |                   | 0.415             |
|        | 従つて $P = 1.37 \times 10^3 \text{ Kg}$ $\beta = \frac{\tau}{\tau_2} = \frac{0.220}{0.415} = 0.482$ |                   |                   |                   |                    |                   |                   |                   |                    |                   |                   |                   |                   |

|        | (b) 衝擊台上走行時            |                   |                   |                   | 平均                                    |
|--------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------|
|        | (1)                    |                   |                   |                   |                                       |
|        | L-1                    | L-2               | L-3               | L-4               |                                       |
| ゲージ位置  |                        |                   |                   |                   |                                       |
| 静的最大撓み | 12.0                   | 25.0              | 22.0              | 20.0              |                                       |
| 変動複振巾  | 14.5                   | 35.0              | 30.0              | 25.0              |                                       |
| 換算加振分  | $614 \times 10^3$      | $710 \times 10^3$ | $691 \times 10^3$ | $635 \times 10^3$ | $663 \times 10^3$                     |
| (平均)   | $6.63 \times 10^3$     |                   |                   |                   |                                       |
| 移動周期外力 | 0.510                  |                   |                   |                   | 0.510                                 |
|        | $P = 6.63 \times 10^3$ |                   |                   |                   | $\beta = \frac{0.200}{0.510} = 0.392$ |

(数値計算) :

以上の値を用いて(5)式により衝撃率を求めると

$$\alpha = \frac{\tau}{2\tau_1} = \frac{\tau}{2l/v} = \frac{0.100}{24.5} v$$

よりトラックの通過速度 $v$ に対してそれぞれ第6表のようになる。すなわち定常走行時の衝撃率は約18%、衝撃台走行時で約80%となつている。

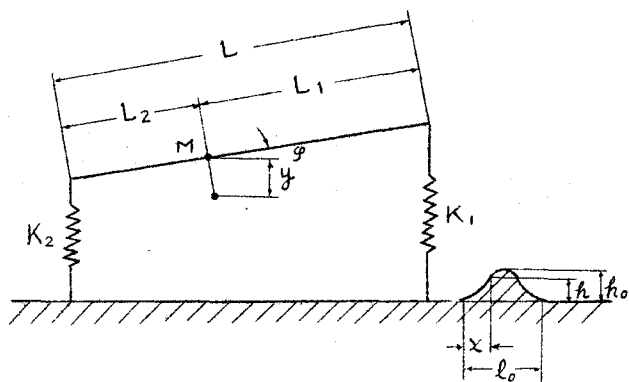
一方実測結果においては定常走行時約20%、衝撃台上走行時約60%とほゞよく似た値を示す。

両者をそれぞれ比較するためグラフに表示すると次の第9図のようになる。

ここで実測結果において定常走行時の衝撃率が自動車速度4 m/sec附近でやや共振状態を呈しているが、これは $\frac{P}{W}$ の値が実際には路面の凹凸条件および自動車速度の関数になつてゐるためであり、さらに前車輪とも関連して、自動車の実際の過渡的振動状況が第8図のように充分把握できるならば、これらの諸点も一層計算値に近くなるであろうと推察することができる。

表 6

| 自動車速度<br>$v$ m/sec | 定 常 走 行                                                           |            | 衝 撃 台 上 走 行                                                       |            |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------|------------|
|                    | $\frac{1 - \alpha}{[1 - (\beta + \alpha)][1 + (\beta - \alpha)]}$ | $\eta(\%)$ | $\frac{1 - \alpha}{[1 - (\beta + \alpha)][1 + (\beta - \alpha)]}$ | $\eta(\%)$ |
| 0                  | 1.300                                                             | 17.5       | 1.180                                                             | 77.1       |
| 2                  | 1.320                                                             | 17.8       | 1.192                                                             | 78.0       |
| 4                  | 1.332                                                             | 18.0       | 1.206                                                             | 78.7       |
| 6                  | 1.355                                                             | 18.3       | 1.225                                                             | 80.0       |
| 8                  | 1.378                                                             | 18.6       | 1.238                                                             | 80.8       |
| 10                 | 1.392                                                             | 18.8       | 1.248                                                             | 81.5       |



第 8 圖

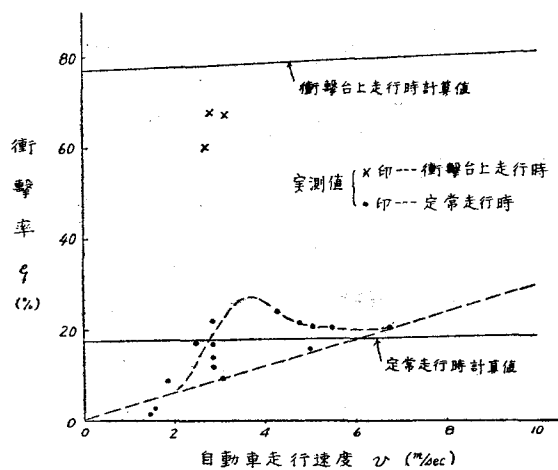


Fig. 9

第 9 圖

## § 5 結 言

以上簡単ではあるが、プレストレス合成鋼桁橋の動的性状につき実測結果と共に、二、三考察を加えてみた。この結果本橋のような簡単な構造の橋桁においては計算値と実測値は比較的良く合致することが判つた。さらに、プレストレス力が橋梁の固有振動数におよぼす影響についても興味ある結果を得た。

ここでは主として本橋の動的挙動についてのみ述べたが不十分な点多々あると考へられるので御批判願えれば幸甚である。