

I-193 通行荷重による橋の振動の人体への感じについて

武蔵工業大学 正員 西脇威夫
" " 嶋村幸志
長大橋設計センター 中島清

1. まえがき

最近架設される橋は、古く架設された橋に比べ振動し易いことは否定出来ない。これは、橋の軽量化と、それによる活荷重(起振荷重)の相対的増大、高強度材料の使用に伴う剛性の低下、溶接の採用による内部摩擦の減少などがその理由と挙げられようが、材料の疲労がそれ程重大な設計因子とされない道路橋では、振動し易いといことが、長大支間の橋梁ではその固有振動数や減衰特性が耐震設計または耐風安定性に重大な意味を持つ橋以外は、工学的にどのような意味を持つかが判然としていなかった。

ところで、橋の使命が、交通流の処理の円滑化のためであり、人間も交通流の一要素であると考えると、歩道橋あるいは歩行者の通行を認める橋梁において、歩行者自身あるいは走行車輛によって引き起された振動が、歩行を不能とするという極めて特殊な場合も含めて、少なくとも歩行者に不快感を与えたとすれば、橋はその使命を十分に果たしているとは言え難くなる。橋は見こ美しく、渡ると快適であること加、安全であるという最低の条件に加えて要求されなければならない。

従来多くの橋の振動実験が実施されているが、その目的は上述した耐震・耐風設計の資料となる橋の動特性の蒐集か、設計に採用する衝撃係数の数値の妥当性の検討などが主であった。筆者らは、前述のような橋の使命を考え、橋の振動の人体に与える感覚を測定し、それと橋の設計に用いられる工学的パラメーターとの関係を調べ、橋が振動していると感じられることが工学的に有害であるか否か。振動しない橋の方が歩いて渡ると快適であるから、振動していることをあまり感じない橋を設計するために設計上採上げべきパラメーターは何か。またどのようなしたら良いかなどを検討しようとした。

人間の振動に対する感覚はかなり個人差があり、感覚的に振動を評価することはむづかしい。しかし、車輛の乗り心地に対する研究、工場または建設現場の発生する振動の人体への影響などの研究は40年程前から研究されており、最近それらが振動公害として採上げられるに至って、三輪・米川の人体感覚への評価法に対する広範な研究²⁾が実施されている。またそれによる東京都の規制基準も本年2月に発表され³⁾、いなり客観的・定量的な評価が出来ようになつて来た。

2. 振動の人体感覚への評価法

三輪は人体加振用振動台によって10名の被験者の振動感覚を測定して図-1に示す等感度曲線と求めた。加速度レベルとしては、

$$VAL = 20 \log_{10} a/a_{ref} \quad (dB) \quad (1)$$

を用いた。三輪は a_{ref} を 5 Hz の加速度実効値 1 cm/sec^2 ととつており、ISO 2¹⁾ は 10^{-3} cm/sec^2

を採っているので ISO の 0dB は VAL 60dB である。我々はピーク値による加速度そのままを表示した。振動の強さレベルを "20Hz を基準振動数として、他の振動数の振動をこれに感覚的に等値した場合の 20Hz の振動の VAL 値" で表はし、この単位を VGL とした。たとえば図-1 において 10VGL の線上の点の振動は振動数は異っているが、人体には同じレベルの振動として感ずる。さらに三輪は、振動の大きさとし 40VGL を 1VG とし、Garner の比率修正法によって VG-VGL の関係を実験的に次式で与えた。

$$\left. \begin{aligned} \log VG &= 0.030 VGL - 1.20 && 1VG \text{以下} \\ \log VG &= 0.023 VGL - 0.92 && 1VG \text{以上} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

さらに複合正弦振動またはランダム振動の場合の感覚値の荷重加算法を実験的に次式で与えた。

$$\left. \begin{aligned} VG_T &= VG_{M,1} + 0.3 \left\{ \sum VG_{i,1} - VG_{M,1} \right\} \\ VG_T &= VG_{M,\frac{1}{2}} + 0.13 \left\{ \sum VG_{i,\frac{1}{2}} - VG_{M,\frac{1}{2}} \right\} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

上式中、 VG_T は合成された振動の大きさ、 VG_M は各振動数成分 VG_i 中の最大値、1 または $\frac{1}{2}$ は振動数スペクトラムの振動数のバンド幅である。

3. 測定と解析

測定対象は都内の歩道橋9橋、東京近郊・秩父・奥多摩・中央道の上路型アーチ橋または補剛アーチ橋8橋である。測定対象橋梁になるべく各種の荷重が載った場合、感覚的に激しく振動している場合、大型車両1台が走行する場合の支間中央の加速度を測定した。測定結果の1例を図-2、図-3に示す。

図-2A は歩道橋の振動波形、図-2B はアーチ橋のそれである。両図とも横軸と縦軸を同じ縮尺とつて示してある。それらの振動数スペクトラムを求めて感度曲線を記入したものが、図-3A と図-3B である。

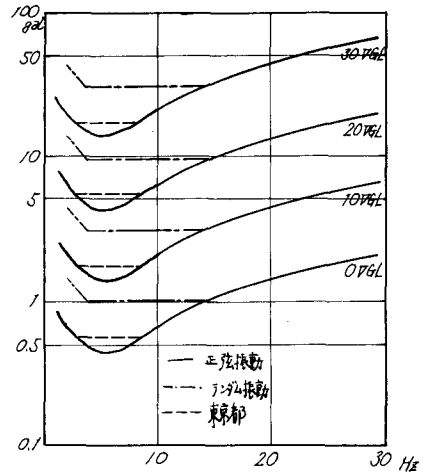


図-1 等感度曲線

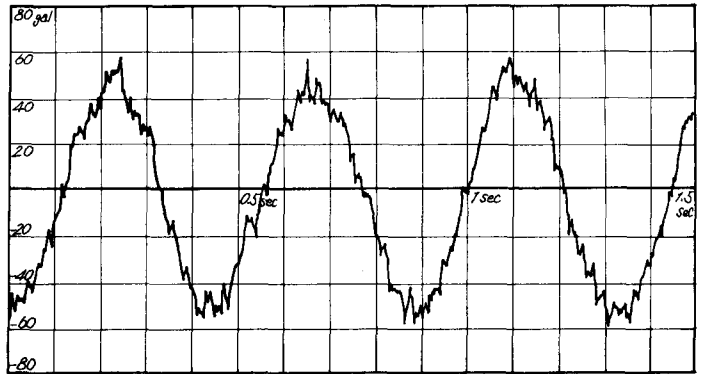


図-2A 歩道橋実測例

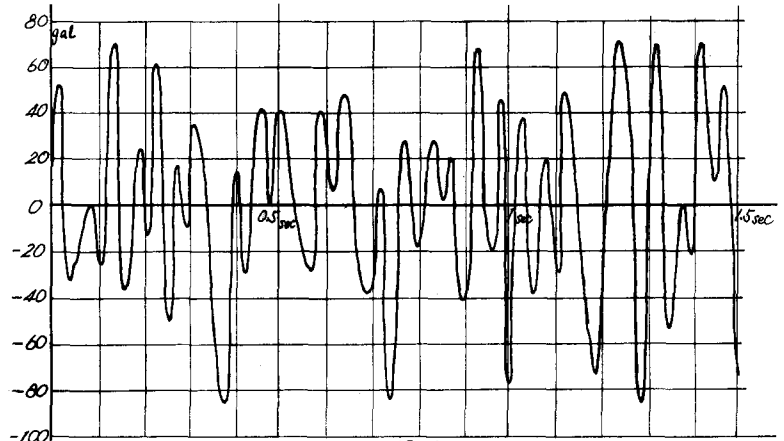


図-2B アーチ橋実測例

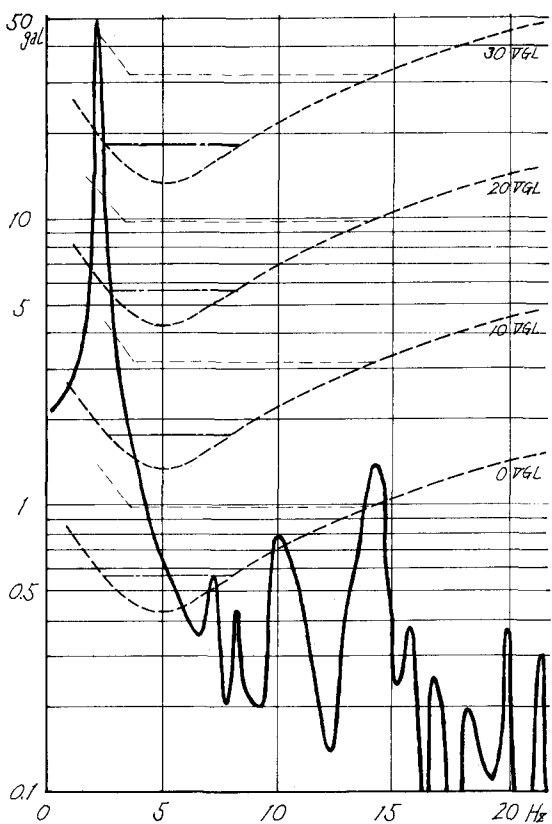


図-3A 歩道橋解析例

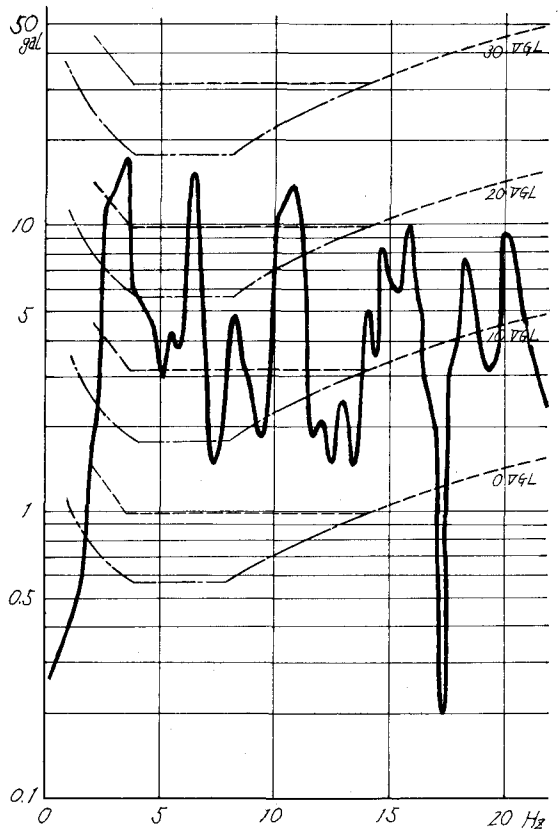


図-3B 7-ヶ橋解析例

4. 考察

すでに述べたように測定データが少ないのでこの測定結果より一般的な性質を把握することは困難であり、誤った推論を行うおそれもあるが、この測定結果から推定されることを記す。

図-4Aは東京都の規制曲線の最も厳しい線よりさらに10dB下げた線より上の振動成分のある場合、これらの単純な合計と V_{GT} との関係を示し、歩道橋と7-ヶ橋の振動特性の相異を明らかにしている。

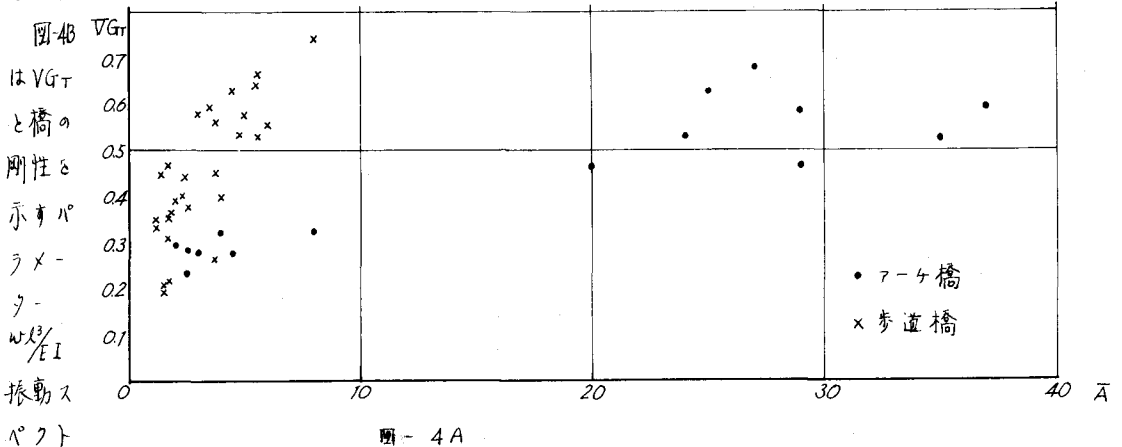


図-4A

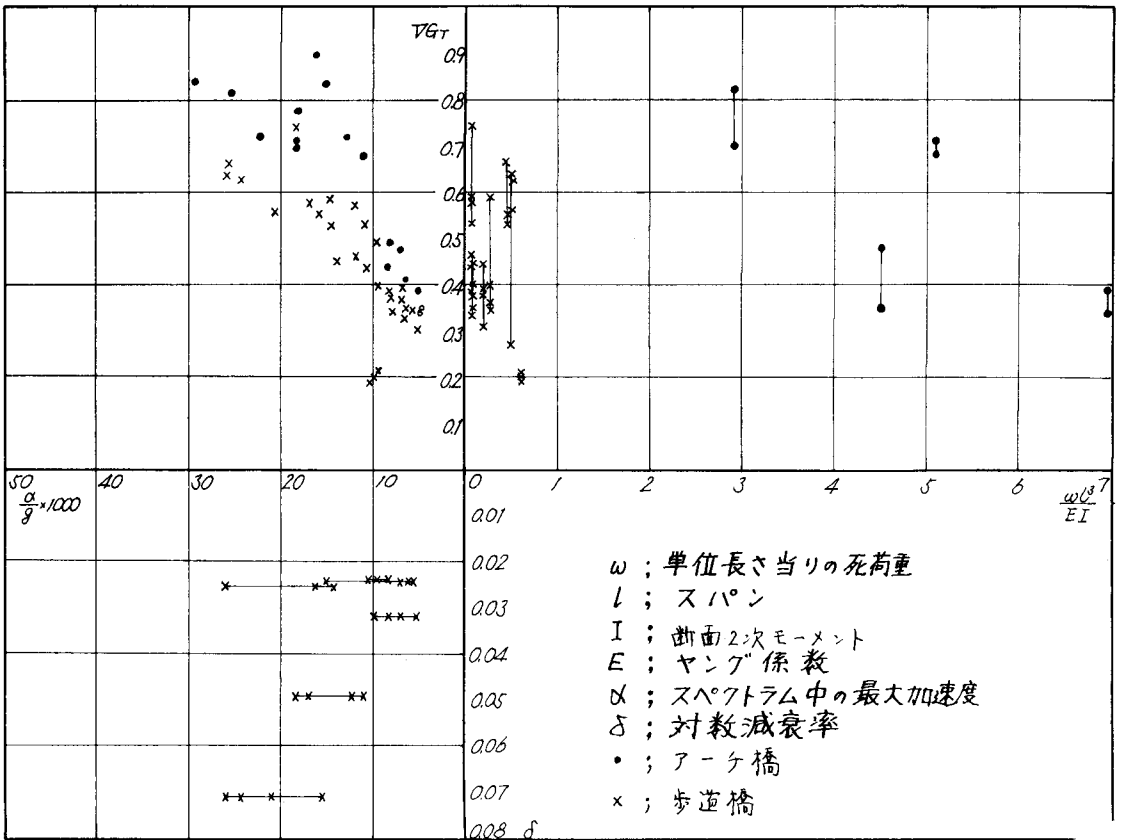


図 - 4B

ラム中の最大加速度ならびに対数減衰率との関係を示している。同じ VG_T でも歩道橋の方が最大加速度が大きくなる傾向を示しており、このことは同じ VG_T で揺れておるならば、歩道橋の方がアーチ橋より振動応力は大きいことを示している。 $\omega l^3/EI$ は歩道橋では狭い範囲に分布しているが、それが大となる方が VG_T は小さくなる。アーチ橋でもやや強引ではあるがその傾向を認めうる。ここに示しては無いが、対数減衰率や固有振動数などとの関連はあまり明瞭に把握出来ないが、対数減衰率の増大とともに VG_T は下がる傾向を認めうることも出来る。アーチ橋と特長周期 $l/2$ との関連は明瞭ではない。補剛アーチ橋において $I_G/I_A = 1$ の附近で VG_T に極値が出たが、今後の測定によりこの性質は検討する必要がある。

6. あとがき

本研究を行うにあたり、測定や資料の蒐集に關し、関東地方建設局道路建設課及び東京国道工事事務所、東京都建設局道路管理課、相模川県土木部、埼玉県土木部、日本道路公団の関係各位にひとたにらぬ御配慮を頂いた。ここに記して感謝の意を表はしたい。

7. 参考文献

- 1) 葛山通隆；振動の人体感覚とその評価，土木学会関西支部講習会レキヤスト，1972. 2.
- 2) 三輪俊輔；正弦振動の評価法，ほか，日本音響学会誌，Vol. 27, No. 1, 1971. p. 11 ~ p. 39
- 3) 振動の規制基準について，東京都都市公営住宅審議会資料，1972. 2.