

水平振動の振動感覚について

金沢大学工学部 正会員 小 堀 為 雄
福井工業大学 正会員 ○梶 川 康 男

1 まえがき 土木構造物の多くは横方向からの荷重(風・地震・波浪など)を受けて振動を生ずる。従来、これらの荷重は動的外力として扱われずに、静的外力として扱われ安定性が検討されてきた。近年、大きな構造物が計画されるようになり、その外力も動的に扱われて動的安定性に関する研究が多く見られるようになった。その結果、超高層ビルや長大支間橋梁の建設を可能としたことは周知の通りである。ところが、従来の「剛なる揺れない構造」から、今日の「柔なる揺れる構造」への転換はいくつかの新しい問題を投げかけた。それらの問題は荷重係数設計法において使用限界状態(疲労や振動など)として現われる点である。その一つである振動については、特に日常の弱い風や弱い地震によって生ずる振動がその構造物の機能を損うことのないようにしなければならぬ。建築物や海洋構造物のうち居住を目的とする場合、この種の問題は特に重要である。著者らは中小支間の道路橋を対象として短周期の上下振動に着目し、その使用性を考えてきた。¹⁾²⁾ 今後の設計においては、このような要素をも考えていかねばならぬだろう。そこで、すでに発表した上下振動に続いて水平方向の振動により人間がどのような感じを持つかについて検討したので、その方法および結果について述べる。

2 水平振動実験 実験装置—H型鋼で組立てた振動台(幅1.2m, 長さ6.5m, 重さ1.2ton)を2台の台車に載せ、横方向から力を作用させるような構造とし、金沢大学大型構造物振動実験装置(島津サーボパルスEHF-40)の上下方向の振動を水平方向へ変換する装置を製作した。(写真参照)。変換の性能を検定した結果、6Hz以上振動数域では振動台がローリングを生ずるため実験は6Hzまでとした。なお、振幅はサーボパルスの特性から振動速度値にして10 cm/secまでとした。振動感覚テストはデータレコーダーに前もってプログラムしておき、その再生によって被験者(金沢大学工学部学生)10名に対して実施した。

振動刺激と感覚の大きさ—振動刺激として物理量(変位・速度・加速度)を考えると、それと感覚とがどのような関係にあるかを求めるために、直接的尺度構成法の一つであるマグニチュード推定法による実験を行った。この方法は基準の振動によって生ずる感覚の大きさを10として、他の振動による感覚がいくつに相当するかを数値によって答えるものである。振動数範囲は0.5~6 Hz、被験者の姿勢と振動方向は立位で前後と左右、歩行位で左右とした。各被験者の答えた数値を対数平均した一例(立位・左右)を図-1に示した。図-1 マグニチュード推定法の結果

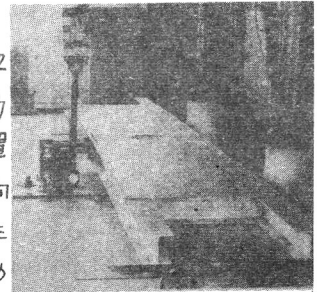
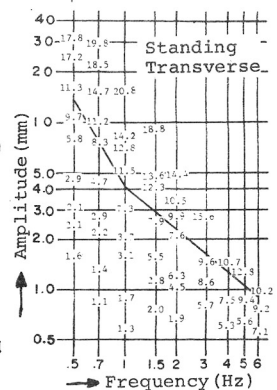


写真 水平方向振動台



図中に引いたマグニチュード等値線から、ほぼ1 Hzあたりで等感度を生ずる物理量が変わるこ
とがわかる。すなわち、1 Hz以下では等加速度によって、1 Hz以上では等速度によって等
感度が生じている。図-1は立位・左右方向について示したが前後方向も同じ傾向である。
ところが、歩行位の場合には等値線は折れることなく全振動数域にわたり等感度は等速度
によって生じている。つぎに、マグニチュードと物理量との関係を図-2に示した。一般に
直接的尺度構成法による実験結果はStevensのn乗法則を満足あるとされている。図-2
においてもほぼ成立しているものとみなされる。そして、その指数nは様相特性指数と呼
ばれ、図-2の直線の勾配より求めることができる。

振動刺激と感度—人間が水平振動を受けた場合、どの程
度の刺激で「感ずる」「歩きにくい」「不快」などの感じをも
つのであろうか。これを調べるために一種のアンケート調
査である系列カテゴリ法を用いた。表-1のようなカテゴ
リを用意し、いろいろな振動を受けた場合、その感じがど
のカテゴリに属するかを答えるものである。図-3はその
結果の一例であり、振動刺激(姿勢方向により加速度ある
いは速度)と評定分布とを示したものである。各姿勢振動
方向振動数範囲に対して求められる評定率10・50・90%に対
応する刺激値を表-2に示した。参考までに垂直振動に対
する値をも示した。

3 考察 本研究で得られた結果と従来の研究結果^{1)~4)}
とを総合して、つぎのことが言えよう。(1) 1 Hz以下の振
動数では歩行位(水平)を除いて振動刺激として加速度を、1 Hz
以上ではすべて速度を考えればよい。(2) 振動の大きさと
刺激との関係においてn乗法則が成立し、その指数として刺
激の小さい範囲ではほぼ1.0、大きい範囲でほぼ0.6となる。
(3) 水平振動の閾値は立位で1 Hz以下の時2 cm/s²、1 Hz以上
では0.5 cm/s、歩行位では1.0 cm/s程度である。(4) 水平振
動の忍限度は垂直振動にくらべて2~3倍高い。(5) 構造
物における振動忍限度はその目的によって適宜決める必要
がある。例えば、橋梁では気にならな程度に、建築では
あまり感じない程度に抑えるべきであろう。

最後に、実験に際し協力いただいた金沢大学工学部学生
小川克美君をはじめ、同橋梁研究室の諸氏に感謝いたします。

参考文献 1) 小堀・梶川; 道路橋の振動とその振動感覚, 土木学会論文
集第222号, 1974.2 2) 小堀・梶川; 橋梁振動の人間工学的評価法, 土木学会論文集第236
3) 三輪・米川; 振動の評価法 1, 2, 3, 日本音響学会誌 27巻1号, 1971.1
4) P.W.Chen & L.E.Robertson; Human perception threshold of horizontal motion, A.S.C.E. ST 8 (p168) 1972.8

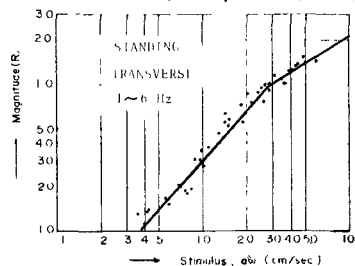


図-2 振動刺激とマグニチュード

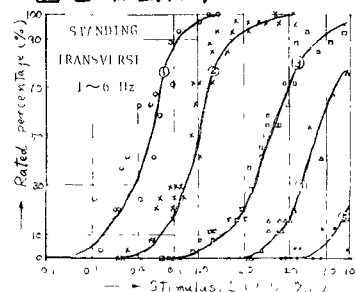


図-3 振動刺激と評定分布

表-1 各カテゴリの内容

姿勢	立位	歩行位
カテゴリ	1	2
番号	3	4
番号	5	5

表-2 評定率10・50・90%の振動刺激

評定率	水平振動				垂直振動			
	10%	50%	90%	100%	10%	50%	90%	100%
1	2.0	1.0	0.5	0.3	1.0	0.5	0.3	0.2
2	4.0	2.0	1.0	0.6	2.0	1.0	0.6	0.4
3	6.0	3.0	1.5	0.9	3.0	1.5	0.9	0.6
4	8.0	4.0	2.0	1.2	4.0	2.0	1.2	0.8
5	10.0	5.0	2.5	1.5	5.0	2.5	1.5	1.0

1は1 Hz以下, 11は1 Hz以上を要する。△は10%の値(%)