

振動現象における等価振動数の物理的意味とその利用

— 時間領域における振動数次元諸量、人工振動・地震動において —

三祐コンサルタンツ 正会員○富樫 豊
 首都高速道路公団 正会員 植木 博
 名城大学理工学部 正会員 影山英史

1. はじめに 環境振動・機械振動・地震動に関連する問題では、より効果的な設計(対策工)を行うために振動レベルの評価に加えて振動源の特性、伝播特性の把握も重要とされ、主に加速度の最大値・二乗平均値、卓越振動数に着目して、構造物系や(走行物を含む)機械系における共振現象の有無、保有耐力の評価、機械等の機能維持・安全性の検討が行われている。しかしながら、既往の方法を画一的に適用するには以下のように問題があることがわかってきた。(1)加速度次元の波よりも速度次元の波が重要;被害地震動の大きさの評価、長周期構造物設計用入力地震動、機械の安全性評価。(2)複峰型スペクトルの卓越振動数の利用が不十分;波形の各次元(α 、 v 、 u)間の対応づけが困難。以上のような問題が生じてきた根本原因はひとえに各次元間の波形の特徴がよく理解されていないこと、振動数領域と時間領域との橋わたしが十分でないことによると考えられる。そこで本稿では、この点に鑑みて時間領域の諸量を基準にして振動数領域の世界をつくり、その特性を探ることとする。具体的には、等価振動数・等価振幅・差振幅・差振動数の概念を提案し、それらが振動現象をどのように特徴づけているかを検討する。

2. 時間領域からの振動数次元の諸量2.1 諸量の定義 設計では、各次元の波最大振幅値が利用されているので、これより等価振動数・等価振幅・差振幅・差振動数を次式群で定義する。

①等価振動数;
 $f_{av} = \alpha_{\max} / v_{\max} / 2\pi$, $f_{vu} = v_{\max} / u_{\max} / 2\pi$, ②等価振幅(v_{\max} を基準); $\alpha_{\max}' = f_{uv} v_{\max}$,
 $u_{\max}' = f_{av} v_{\max}$, ③差振幅; $\Delta\alpha = (\alpha_{\max} - \alpha_{\max}')$, $\Delta u = (u_{\max} - u_{\max}')$, ④差振動数; $\Delta f_{av} = f - f_{av}$, $\Delta f_{vu} = f - f_{vu}$ 。ここに、 α 、 v 、 u 、 f は加速度、速度、変位、卓越振動数である。また各次元の最大振幅値は同時刻であることを必要とせず。

2.2 特性 A. 等価振動数はどちらかといえば狭い時間帯における波形の振動数を表したものと考えられるので、波形の全継続時間を対象とした卓越振動数と一致することはなく、スペクトルの形状との関連で卓越振動数との大小関係が決まる。このことより、逆に卓越振動数と等価振動数によってスペクトル特性を規定できると考えられる。(図1の地震動のスペクトルを参照)。

B. 等価振幅は、波形においてパルス成分が時折混合した場合、パルスの影響をとり除いた振幅を与えるものと考えられる。これより速度成分が地震被害に関与するときに、逆に地震被害に関与する加速度成分を評価することにも使うことができると考えられる。

3. 人工振動における等価諸量の特性

地盤上の道路での人工振動を例として、図2にそのスペクトルを示す(水平成分記録)。この例では高い振動数成分が著しく卓越しているので、等価振動数は(極大)卓越振動数よりもかなり大きくなっている。これより振幅レベルの評価の際、設定の振動数は大きくなることを考慮しなければならない。

4. 地震動波形における等価諸量の特性

地震動の波形そのものと地震動特性を特徴づけている各種因子(マグニチュード M 、震央距離 Δ 、地盤種別 SC)との関連で等価諸量のうち等価振動数の特性について検討する。4.1 スペクトル特性 宮城県沖地震芝浦記録(1978.6.18)を例にとる(図1)²⁾。等価及び卓越の振動数について大小関係は、地震によって異なっているが、 $f_{uv} < f_{av} < f$ のパターンが多いものと思われる。4.2 等価諸量に対する各種因子の影響 1953-1978の強震記録(78地震156水平波)を対象とする¹⁾。等価振動数の特性をみるために① α と v 、 v と u の関係(図3、4)、②等価振動数と α 、 v の関係(図5-7)、③等価振動数間(図8)、④等価振動数における地震緒元・地盤種別も影響(図9-1)を検討するとつぎのことがわかる。① α と v には明瞭な相関性はないが、② v と u には相関性がある。これより④ f_{av} 対 v よりも f_{vu} 対 v の関係には相関性がみいだせ、 v が大きくなると等価振動数が低下する傾向があることが確認できる。また④等価振動数には Δ 依存性がみられないけれども(もともと α 、 v 、 u にも Δ 依存性なし)、⑥ M については M の増加に対し等価振動数が減少する特徴を有しており、⑥等価振動数は地盤条件の影響を受けている。⑦速度成分を基準にした等価諸量は加速度を基準とするものよりも地震緒元・地盤条件とよい対応がみいだせるので、加速度波はかなりゆらぎの強いものであることがわかる。よってこれらのことより速度成分を規定において諸量の特徴を明かにしていくことが重要と考えられる。

A. 参考文献

1) World Data Center; Strong Earthquake Records in Japan. 2) 横田; 地震と地盤、付録、日本建築学会。

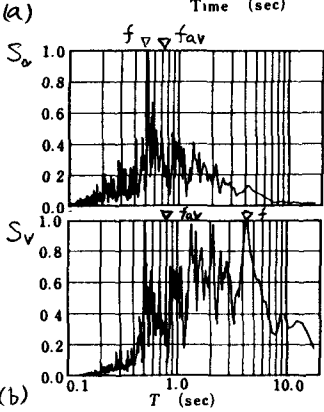
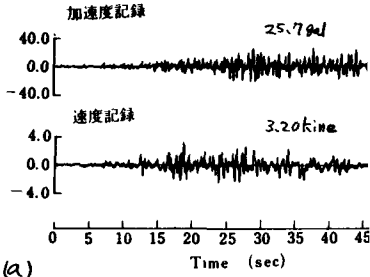


図1 地震動の波形・スペクトル形 (宮城県沖地震芝浦記録)²⁾

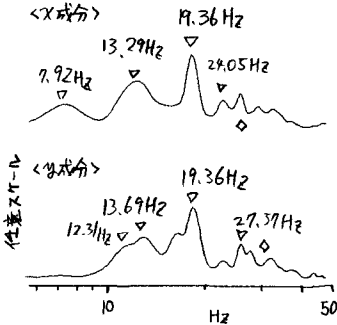


図2 人工振動のスペクトル例 (▽: f, ◇: f_{av})

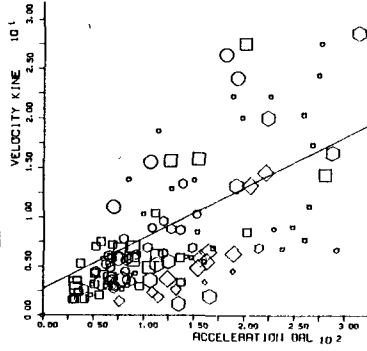


図3 aとvの関係

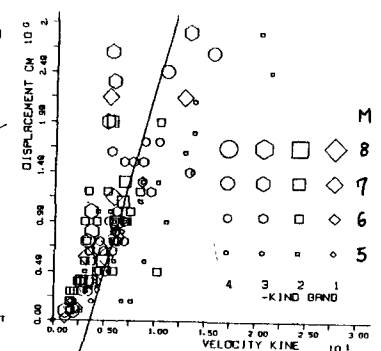


図4 vとuの関係

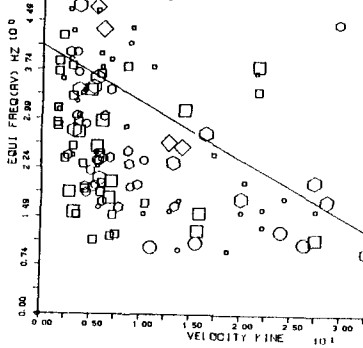


図5 vとf_{av}の関係

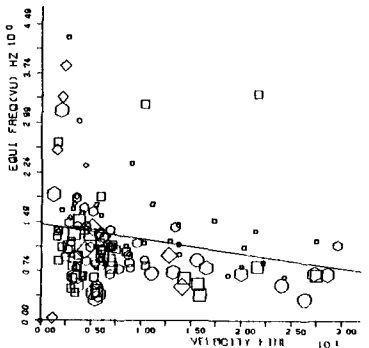


図6 vとf_{vu}の関係

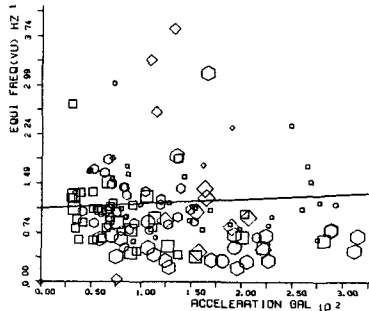


図7 aとf_{vu}の関係

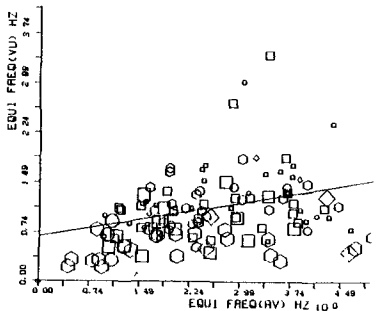


図8 f_{av}とf_{vu}の関係

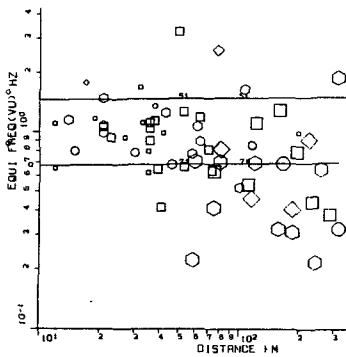


図9 Δとf_{vu}の関係

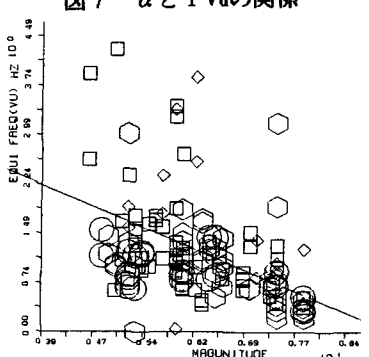


図10 Mとf_{vu}の関係

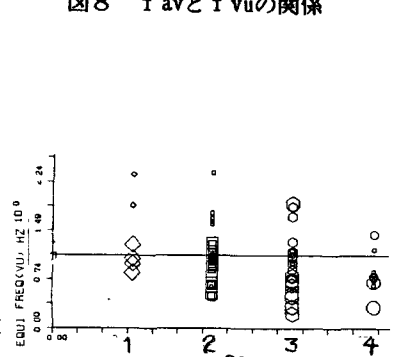


図11 地盤種別SCとf_{vu}の関係