

I-510

進行性地震を受ける立体フレームの不規則振動解析

鹿島建設(株) 情報システム部 正員 ○右近 八郎
 鹿島建設(株) 情報システム部 正員 沖見 芳秀
 鹿島建設(株) 情報システム部 正員 吉清 孝

1. 緒言

社会資本の充実に向けて人工島、海洋横断道あるいは長大橋梁といった未曾有の長大構造物が数多く計画されている。本報告では長大構造物の設計、特に耐震設計にあたって重要と考えられる入力位相差の影響を評価するために、長大橋梁を例にとり進行性地震を受ける場合の不規則振動解析を試みた。本研究は既報¹⁾で提案した、Vanmarckeの提唱する確率場理論²⁾(Random Fields Theory)を応用した立体フレームの動的信頼性解析を、均質異方性確率場に適用したものである。さらに地震動の見掛けの速度ベクトルと主軸ベクトルをパラメータとした最大RMS値の算定を行っている。

2. 解析概要

入力モデル化では対象となる地盤を定常(均質)な異方性確率場とみなして、入力損失および入力位相差を評価した各入力点でのスペクトル密度関数および相互スペクトル密度関数を算定している。構造モデルは確定線形の立体フレームを採用している。応答特性の算定は、多点入力形式の運動方程式を基本として周波数応答解析により応答のスペクトル密度関数を求めている。最大RMS値の算定では3方向感度解析の結果を用いてRMS値を2次形式で表し最大値を求めている。

(1). 入力の相互スペクトルマトリックス

地震動の見掛けの速度ベクトル $\{V\}$ 、任意の入力点の対でできる位置ベクトル $\{v\}$ とすれば、入力位相差あるいはラグシフト d は、 $d=\{V\}\{v\}/V^2$ で与えられる³⁾。入力の相互スペクトルマトリックス $[G^I]$ は、固有のパワースペクトルを $G(\omega)$ とすれば、次式で与えられる。

$$[G^I] = [\gamma_{ij}(D, \omega) G_{ij}(d, \omega)] \quad \text{-----} \quad (1)$$

ここに、

$\gamma_{ij}(D, \omega) : i=j$ 領域 D および周波数に依存する分散関数

$i \neq j$ 領域 D および周波数に依存する相互分散関数

$G_{ij}(d, \omega) : i=j$ 自己パワースペクトル関数 $= G(\omega)$

$i \neq j$ 相互パワースペクトル関数 $= G(\omega)e^{-i\omega d}$

(2). 応答の相互スペクトルマトリックス

多点入力形式の運動方程式で、入力点 i で単位調和加速度入力を仮定して、その伝達関数 $\{H_i(\omega)\}$ を求める。各入力点について伝達関数を算定すれば、伝達関数マトリックス $[H_{ij}]$ が求められる。応答の相互スペクトルマトリックス $[G_{ij}^R(\omega)]$ は、 N を入力点の総自由度とすれば、次式で与えられる。

$$G_{ij}^R(\omega) = \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N H_{ik}^* G_{kl}^I(\omega) H_{lj} \quad \text{-----} \quad (2)$$

(3). 最大RMS値の算定

自由度 p での x 方向加振による応答量のRMS値 R_x は、伝達関数マトリックスを x 方向加振によるものとして、 $i=j=p$ での(2)式の全周波数積分値で与えられる。図-1に示すような、地震動の見掛けの速度ベクトル $\{V\}$ および $\{V\}$ に直交し中心が支点1である単位円の直径で与えられる主軸ベクトル $\{a\}$ の2つのベクトルをパラメータとして考える。位相差を考慮した場合の k 方向加振による応答と l 方向加振による応答のクロススペクトルの積分値を kl 成分とする共分散マトリックス $[S]$ を用いて、全応答のRMS値 R は、次式で与えられる。

$$R^2 = \{a\}^T [S] \{a\} \quad \text{-----} \quad (3)$$

結局、主変数を $\{V\}$ および $\{a\}$ として、(3)式の最大値が求める最大RMS値である。尚、 $\{V\}$ および $\{a\}$ は球座標パラメータ ϕ および θ で書くことができる。

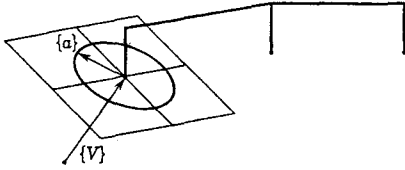


図-1 見掛けの速度ベクトルおよび主軸ベクトル

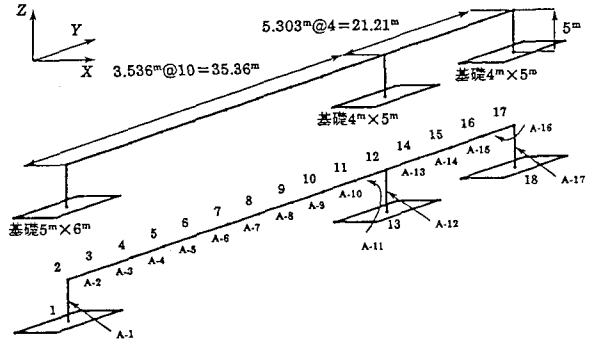


図-2 解析モデル(仕様および要素構成)

3. 数値解析例

図-2に解析モデルを示す。入力的时间方向にはElcentro波(NS)、空間方向には参考文献(3)による相関関数を用いた。図-3と図-4にx方向加振による加速度と応力のRMS値を示す。図-5と図-6にy方向加振とz方向加振による応力を示す。図-7と図-8に(3)式による加速度と応力の最大RMS値を示す。尚、図中の"UNIFORM"は一樣入力による結果を、"DRESS"は分散効果を評価した結果¹⁾を、"TRAVEL"はさらに伝播効果を評価した本解析法による結果を示す。

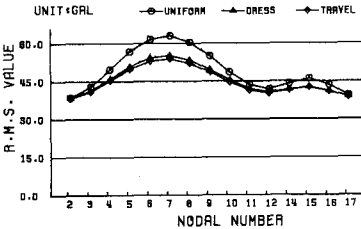


図-3 加速度のRMS値(x加振)

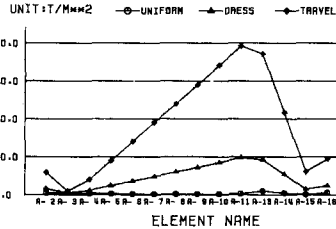


図-5 応力のRMS値(y加振)

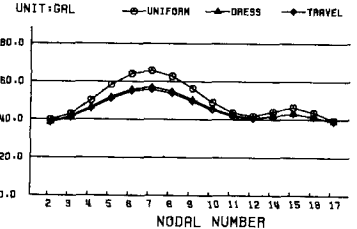


図-7 加速度の最大RMS値

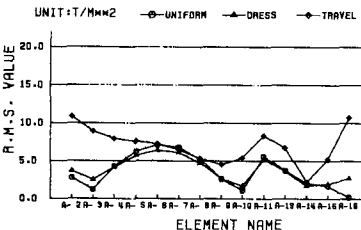


図-4 応力のRMS値(x加振)

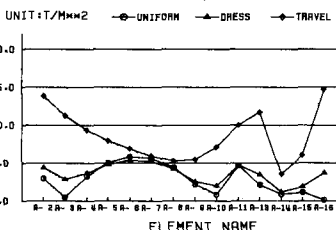


図-6 応力のRMS値(z加振)

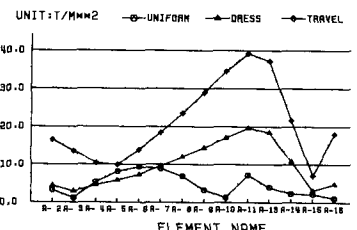


図-8 応力の最大RMS値

4. 結言

本論文で提案した解析手法は長大構造物の包括的耐震解析を可能としており、入力から応答まで時間軸で表される波動(サンプル関数)を意識せずに母集団の統計的諸量のみで構造物の応答評価を行うことができる。入力位相差の影響度合いは基本的に地盤依存性を有しており、その算定にあたっては、分散効果と伝播効果の評価および両効果の卓越度合いの検討が必要である。以下の結論が得られた。

- (1) 加速度応答RMS値に対する入力位相差の影響は一般に小さい。
- (2) 入力位相差は応力応答RMS値に多大な影響を与える。数値解析例では入力位相差を考慮した場合、入力位相差を考慮しない場合の約2倍の最大RMS値となっている。
- (3) 入力位相差の影響は構造内の位置に著しく依存する。数値解析例では柱頭部での応力応答RMS値が非常に大きな値となっている。

参考文献

- (1) 右近:「地盤を考慮した立体フレームの動的信頼性解析」,土木学会第41回年次学術講演会梗概集,I-140,1986
- (2) Vanmarcke,E.H.: "Random Fields:Analysis and Synthesis", the MIT Press, Cambridge, Mass. and London, England, 1983
- (3) Harichandran,R. and Vanmarcke,E.H.: "Stochastic Variation of Earthquake Ground Motion in Space and Time", EM. Div. ASCE, April, 1986