

橋梁上の門型柱に対する動的解析手法の一考察

東北学院大学工学部 学生会員○大嶋 一仁
東北学院大学工学部 正会員 李 相勲

1, はじめに

橋梁上に設置される標識柱や照明灯などの橋梁付属構造物である門型柱は、構造物に入射する地動が地盤との接続部ごとに異なるため、一般の解析手法は使用できない。これらの問題は解決すべく、実測された加速度データ、または与えられた地震動の加速度データに対し、手を加える作業をなるべく少なくして済む解析手法の開発が要望されている。

本研究では、現地から計測した加速度を1回のみ積分した速度を用いて動的解析する手法について考察する。

2, 速度入力解析プログラムの定式化

確立された変位入力解析のプログラムをベースに、そのプログラム内で行なわれる外力算定の計算を修正し、速度入力解析のための定式化を行なう。速度入力解析における外力算定の運動方程式は下式の様になる。

$$\mathbf{M}_s \ddot{\mathbf{x}}_s + \mathbf{C}_{11} \dot{\mathbf{x}}_s + \mathbf{K}_{11} \mathbf{x}_s = -(\mathbf{C}_{12} \dot{\mathbf{u}}_1 + \mathbf{C}_{12} \dot{\mathbf{u}}_2 + \mathbf{K}_{12} \mathbf{u}_1 + \mathbf{K}_{13} \mathbf{u}_2)$$

ここで $\dot{\mathbf{u}}_1, \dot{\mathbf{u}}_2, \ddot{\mathbf{u}}_1, \ddot{\mathbf{u}}_2$ は、実測から得られている基部振動の速度と加速度である。ただし、 $\mathbf{x}_s^1, \dot{\mathbf{x}}_s^1, \ddot{\mathbf{x}}_s^1$ は $\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2$ の強制変位 $\mathbf{x}_s^0$ を与えたときの変位から計測として表示される変位、速度、加速度でもある。

3, 対象構造物の概要および構造物のモデル化

図-1 に示すような検証の対象として柱構造物を想定した。その構造物の基盤に地動を入射し、構造物の応答を定式化したプログラムで検証する。

解析に用いた構造物の諸特性としては、材料を鋼とし、ヤング係数 $E_s=2.00 \times 10^{11}(\text{N/m}^2)$, 柱構造物の断面積 $A=0.04(\text{m}^2)$, 断面二次モーメント $I=1.33 \times 10^{-4}(\text{m}^4)$, 頂点の質量を $m=10^4(\text{kg})$, 高さ $H=5(\text{m})$ と設定した。

解析モデルの概要を図-1 に示す。全要素数を7、節点数を8とし、それぞれの要素長さは総て1mとしてモデル化した。頂点である6点を質量 $m=10^4(\text{kg})$ を設定し解析を行い節点番号6番の変位を求める。

4, 解析手法の検証

次に、速度入力の解析手法における解析を検証するため、図-2 のモデルを用いて解析する。解析結果の比較の行なうため、変位入力解析に同じ地動を入力し両波形を比較検討するため、それぞれに入力する地動は速度入力解析が $\dot{y}_0 = \pi \cos \pi t$ 、変位入力解析に $y_0 = -\sin \pi t$ を入力する。両波形の比較を図-3 に示す。

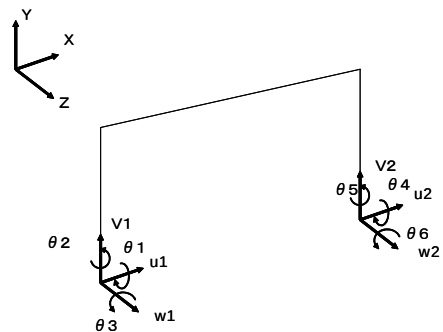


図-1 門型柱と基部の自由度

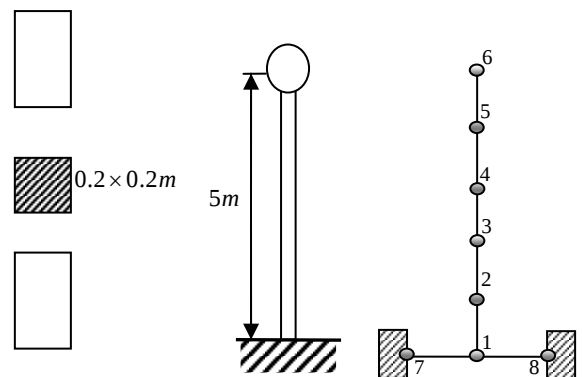


図-2 断面積・対象構造物・および解析モデル

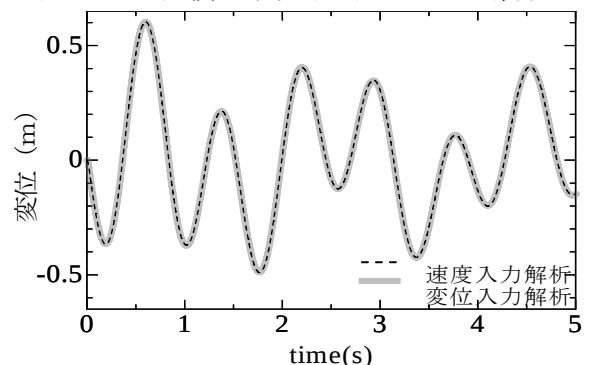


図-3 速度、変位入力解析の波形

5、速度入力プログラムの簡易化

速度入力プログラムにおいて、プログラム内における外力算定式の部分に速度項と加速度項の部分があり、その加速度のみを考慮し解析を行なった際の精度の変化を検証する。図-4に速度入力解析と加速度項のみを考慮した解析を示す。

6、簡略化における減衰定数の影響

今回の解析対象物は鋼であり、その減衰定数は 0.01～0.03 に設定されるのが一般的である。もし解析対象物がコンクリート構造物などの場合、減衰定数は 0.05 まで広がる。この場合、減衰定数によって加速度項のみを算出する変位にどれほどの誤差が生じるかを検討する。

図-6～9 に速度入力解析と加速度項のみを考慮した解析波形を減衰定数の値ごとに示す。減衰定数の上昇と共に精度が減少していくのがわかる。

7、実際の構造物における検証

実際の構造物における変位を実測し、その地動データ（加速度）を積分し変位に換え解析を行った。ここでは、速度入力プログラムが実際の構造物に適応できるかどうか検証するため、変位入力プログラムで用いた実測データを速度に積分し、速度入力による門型柱の解析を行った。比較する門型柱の変位計測場所を梁中央とし総時間 40 秒で、鉛直方向に対する加速度を求める。

構造物を図-5の様に全要素数を 58、節点数を 42 とし、x 軸全長を 18.682m、z 軸最大高さ 5,736m で鋼管を用いて全質量を対応する節点に集中質量として与え、境界条件は基部を全自由拘束とした。(図-7)

8、結論

解析手法について考察し以下の結論にいたる。

- 1) 基部ごとに異なる地動を入力する、さらにこの地動として速度データを用いる動的解析手法を定式化した。
- 2) 理論解や他の解析手法を用いて本解析手法を検証することができた。
- 3) 減衰定数に比例する若干の誤差は生じるものの、荷重項における運動方程式の速度項を無視することでさらに、解析手法を簡易化できることが分かった。

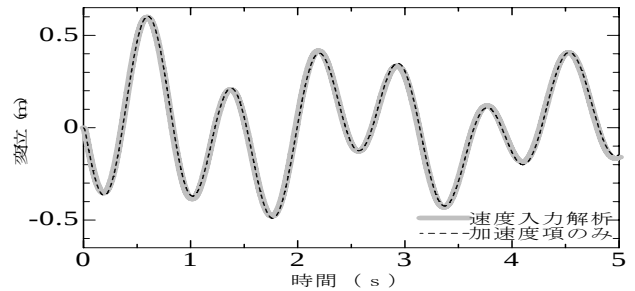


図-4 速度入力、加速度項のみの比較

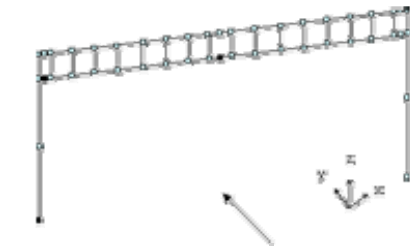


図-5 門型柱モデル

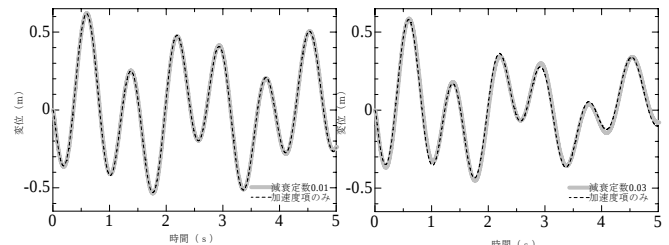


図-6 減衰定数 0.01

図-7 減衰定数 0.03

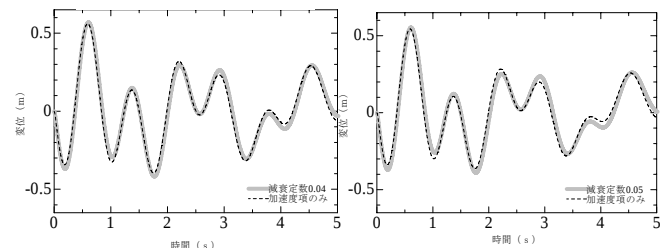


図-8 減衰定数 0.04

図-9 減衰定数 0.05

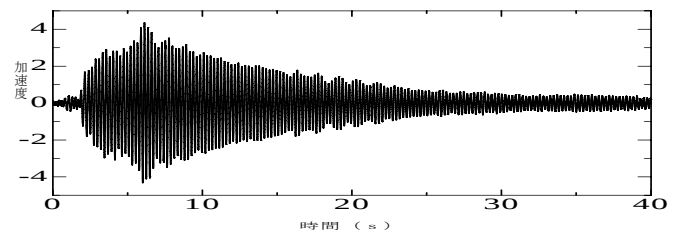


図-10 実測

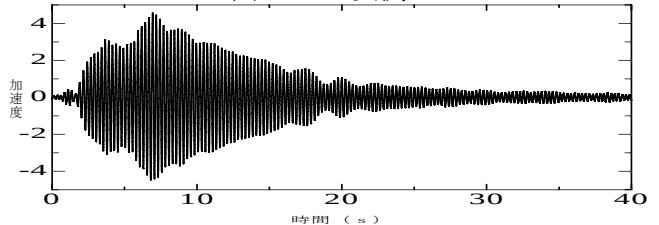


図-11 速度入力解析

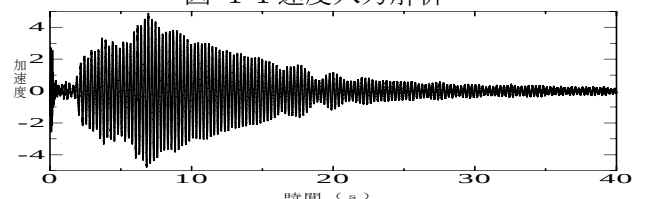


図-12 変位入力解