

(VI-38) ビデオカメラの画像記録を利用した地震振動の推定に関する基礎検討

武蔵工業大学 熊谷 信・五十嵐 貴紀 (株)地崎工業 正会員 須藤 敦史
東京大学地震研究所 正会員 堀 宗朗 前田建設工業(株) 正会員 斉藤 芳人

1. はじめに

既存構造物の耐震性能や都市防災を考える際には、狭い範囲における地盤震動やその分布の評価が重要である。しかし、地震振動は地質構造に依存して比較的狭い範囲で変化し、加えて強震観測点はそれほど密に設置されていないため、狭い範囲における地盤振動(震度)の正確な推定は難しいのが現状である。そこで、経済的かつ高密度な観測網として機能し、既存の地震観測を補完するネットワークとして、銀行やコンビニエンスストアなどに設置されている監視用カメラを地震計として利用する方法が提案されている^{1), 2)}。これにより、特別な装置を新たに設置する必要がなく、都市内において密な地震観測ネットワークを構築することが可能となるが、振動の定量的な算出法は確立されていない。そこで、本研究では画像解析から入力最大加速度の定量的な算出法の基礎検討を実地震により得られた画像記録より試みている。

2. 振り子による地震観測

振り子による地震観測は、監視用カメラに取り付けた幾つかの固有周期の異なる振り子の振動状態を画像から追うものである。この方法の利点は簡単な振り子の設置のみであるため、低コストで観測システムが完成する。本研究では、図-1に示すように固有周期の異なる3つの振り子を用いて解析を行っている。これらの振り子は室内の監視を妨げないような小さなもの、加えて他の振り子や背景と一体化しないような色を選定する必要がある。

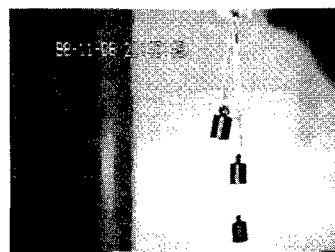


図-1 振り子のビデオ画像

3. 画像解析と最大加速度の同定

振り子による最大加速度の算定には(1)画像解析、(2)入力加速度の同定と二段階の解析が必要となる。つまり、ビデオ画像の解析により振り子の変位を定量的に算出し、さらに定量化された振り子の変位から入力した最大加速度を同定するものである。

(1) 画像解析

監視用カメラを用いた地震動観測ネットワークでは、膨大な画像データを解析しなければならないため、解析は可能な限り簡素化する必要が生じる。そこで、簡単に振り子の位置を定量化するパターンマッチングを利用する。まず、画像の中でコントラストが明確な振り子に対して、ピクセル(画素)単位で数値化するRGB処理を行い、特定のパターンを抽出する。次に、監視用カメラは一般に1秒間に30枚の画像(0.033sec 間隔)を撮影するため、ビデオ画像を静止画像(画像フレーム)に分解し、分解された各画像フレームに対してパターンマッチングを行い、振り子の重心の移動量を順次求めていく。最後に、求められた各移動量を時間方向にプロットして行くことで振り子の時刻歴変位波形(図-2)が得られる。また、本解析では解析時間を短縮するために、解析範囲を画像全体ではなく振り子の揺れに合わせて解析範囲を限定(縮小)させている。

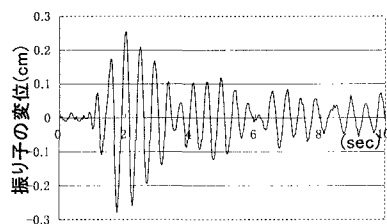


図-2 画像解析により得られた変位波形

Key words : ビデオカメラ, 画像解析, 最大加速度同定, 震度同定
〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 03-3703-3111

(2)最大加速度の同定

画像解析から振り子の時刻歴変位波形を求め、振り子に入力した最大加速度を算出する。振り子の運動方程式が1自由度系単振動の運動方程式で近似できると仮定すると

$$m_0 \ddot{u}(t) + m_0 \omega_0^2 u(t) = m_0 a(t) \quad \cdots \cdots \cdots (1)$$

$$\ddot{u}(t) + \omega_0^2 u(t) = a(t) \quad \cdots \cdots \cdots (2)$$

となる。ここで m_0 、 $u(t)$ 、 $a(t)$ は振り子の質量、変位と入力加速度である。振り子の固有振動数 ω_0 が既知であるとする $u(t)$ は求めているため、 $\ddot{u}(t)$ は次式のように表される。

$$\ddot{u}(t) = \frac{u_{n+1} - 2u_n + u_{n-1}}{\Delta T^2} \quad \cdots \cdots \cdots (3)$$

次に、時刻歴変位波形の大きく揺れた1波を抽出する。この1波の変位の最大値・最小値（絶対値）の平均をとる。得られた平均値を振幅とする。抽出した1波の変位が0になるときの時刻 t を算出し、適当なsin波の変位0となる時刻 t との比を求めて、波長を合わせる。以上の計算から求められたsin波（図-3）を（3）式に代入し、振り子の加速度： $\ddot{u}(t)$ を求める（図-4）。この作業を2波、3波、4波と順次行う。最後に、求められた振り子の加速度と、近傍で地震計により観測された加速度（図-5）の最大値を比較する。

このとき、振り子の加速度から入力最大加速度の推定には、実験より得られている入力加速度と応答加速度の関係式（図-6）を用いている。

4.まとめ

画像解析より得られた振り子の最大加速度と推定された振り子の最大入力加速度をまとめたものを表-1に示す。ここで地震計により観測された最大加速度は、図-5より25~30gal程度であり、糸長の1番短い振り子による推定値では誤差が大きくなっているが、共振などの影響を受けてしまったためと考えられる。

しかし、その他の振り子の推定結果からは、振り子による地震観測では、入力加速度波形までは得ることができないものの、最大入力加速度に対しては、ほぼ正確な推定値を得られることが実地震により得られた画像記録から検証されたと言える。

(参考文献)

- 1) 須藤敦史,堀宗朗,斉藤芳人:画像記録を利用した地震動同定システムの基礎検討,第24回地震工学研究発表会,A8-1,pp.229-232,1997.
- 2) 水谷俊夫,堀宗朗,須藤敦,斉藤芳人:ビデオカメラを利用した強震計の提案,第25回関東支部技術研究発表会,I-50,pp.67-68,1998.

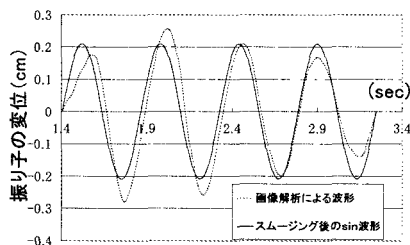


図-3 スムージング後の sin 波形 (4 波)

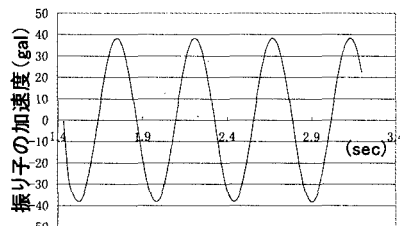


図-4 振り子の加速度

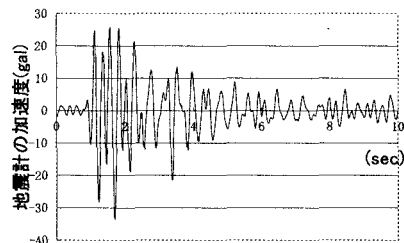


図-5 地震計の加速度

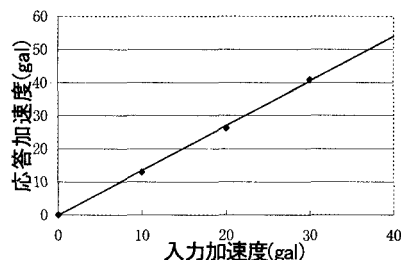


図-6 入力・応答加速度の関係

表-1 最大加速度

	短	中	長
振り子の加速度(gal)	73.3	37.6	33.9
推定入力加速度(gal)	54.3	27.9	25.1