

徳島大学大学院 学生員○名木田 達也

徳島大学工学部 正会員 三神 厚

東北工業大学 正会員 神山 眞

徳島大学工学部 正会員 成行 義文

1. はじめに

地表面に置かれたフーチングに対し、コヒーレントなせん断波が鉛直入射する時、キネマティック相互作用による地震動の入力損失は生じない。しかし、入射波が地中の不均質性や斜め入射による影響でインコヒーレントとなる場合には、入力損失が生じることになる。

キネマティック相互作用は、無質量基礎の地震応答を自由地盤地震動で除した伝達関数の形で表現されることが多い。これを建物-地盤系の同時強震観測記録を用いて推定する。Veletsos(1989)¹⁾らは、剛基礎に対してインコヒーレントな地震動が鉛直入射する問題に対し、基礎スラブ平均化効果(Base Slab Averaging)を解析的に取り扱った。その際、キネマティック相互作用効果をインコヒーレンスパラメーターとして代表させている。Kim and Stewart(2003)²⁾は、建物と自由地盤の多くの同時強震観測記録を用い、インコヒーレンスパラメーターのキャリブレーションを行っており、最終的に、このパラメーターを表層地盤の平均的なせん断波速度の関数で表現している。本研究では、インコヒーレンスパラメーターに対する震源特性の影響について検討する。

2. 実観測記録に基づく基礎/地盤伝達関数の算出

本研究では、建物周辺の自由地盤表面で観測された強震記録と、建物基礎レベルで観測された強震記録から地震の主要振動であるS波記録部分のみを抜き出し、次式により伝達関数を算出する。

$$|H(f)| = \sqrt{\frac{S_{yy}(f)}{S_{xx}(f)}} \quad \begin{array}{l} S_{yy}(f): \text{出力(基礎)のパワースペクトル} \\ S_{xx}(f): \text{入力(地表面)のパワースペクトル} \end{array}$$

S波抜き出しの一例を図-1に示す。ここでの平滑化は、バンド幅0.6(Hz)のParzenウィンドウによって行う。

3. 強震観測サイト

本研究では、東北工業大学工学部6号館で観測された強震記録を用いる。本建物は、地階の無い鉄骨鉄筋コンクリート造4階建て、1969年築の典型的な学校建物である。基礎構造は、先端支持型PC杭とフーチング、フーチングを連結する基礎梁からなる。杭径は30cm、杭長は8m、杭本数は101本である。地盤は、約8mの深さでN>50の固結砂岩が基礎基盤を形成する形で存在する。強震計位置は建物4階と1階、建物周辺の自由地盤に設置されている。本研究の解析では建物1階長辺方向と周辺の自由地盤の記録を用いる。

4. 実記録に基づいた入力損失効果の評価

実地震記録による伝達関数に対し、Veletsosの方法²⁾から得られる解析的伝達関数を最も適合させるように右式の γ を決定する。

その際、基礎レベルと自由地盤における強震記録のコヒーレンスの値が周波数とともに低下し、ある周波数以上では変動をするが、Mikamiら³⁾のプロトコルでは、コヒーレンスがランダムな様相を呈する部分よりも低い周波数帯に着目し、イ

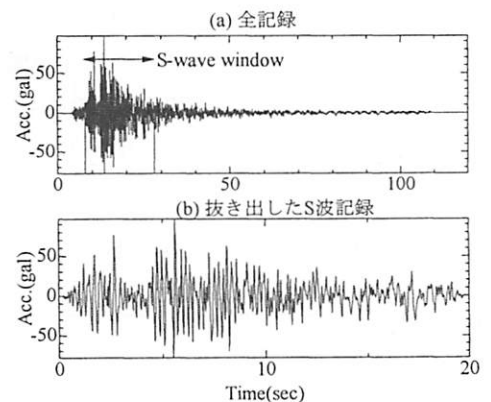


図-1: S波記録の抜き出し

$$\Gamma(|r_1 - r_2|, \omega) = \exp \left[- \left(\frac{\gamma \omega |r_1 - r_2|}{V_s} \right)^2 \right]$$

$|r_1 - r_2|$: 2点間の距離
 V_s : 地盤のS波速度
 ω : 円振動数
 γ : インコヒーレンスパラメーター

ンコヒーレントパラメーターの評価を行っている。このことから、本研究ではコヒーレンスの値が 0.8 より大きく、かつ安定して高いコヒーレンス値を与える低周波数域のデータのみを取り出し γ を算出する。このときノイズと考えられる高周波数域は各地震データによって若干異なるため、データごとに取り出す振動数幅を変えている。一例として 2003 年の宮城県北部地震 (M=6.2)による記録を図-2 に示す。

5. 入力損失効果に及ぼす震源特性の影響

(1) インコヒーレンスパラメーター γ と震源特性の相関性

本研究の解析には、解析サイトより得られた 100 の実地震記録のうち、PGA が 10gal を超える約 50 の記録を使用する。解析サイトで得られた実記録から算出した γ と震源特性との相関を調べる。ここで、地震および震源特性を代表するパラメーターとして、マグニチュード、震源距離、鉛直方向の入射角度、水平方向の入射角度について検討する。

(2) 解析結果と考察

マグニチュード、震源距離 R、水平方向の入射角度 θ_1 、鉛直方向の入射角度 θ_2 と γ をそれぞれ $x-y$ 平面にプロットし、相関係数を算出する。それぞれの震源特性と γ の散布図を図-3～図-6、各震源特性と γ の相関係数を表-1 に示す。

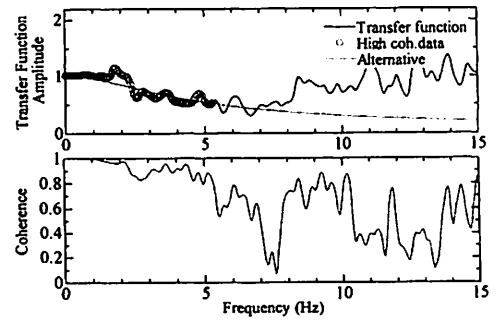


図-2 実記録と解析解

	γ
Magnitude	-0.013709
R(km)	-0.083000
$\theta 2(\text{degree})$	-0.167505
$\theta 1(\text{degree})$	-0.116261

表-1: 震源特性と γ の相関係数

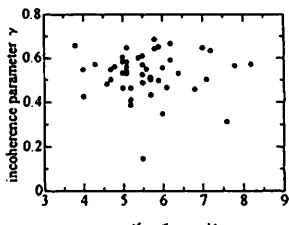


図-3 マグニチュード- γ

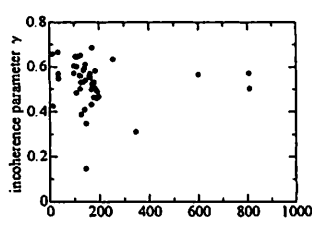


図-4 震源距離 R- γ

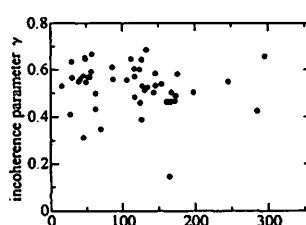


図-5 $\theta 1$ - γ

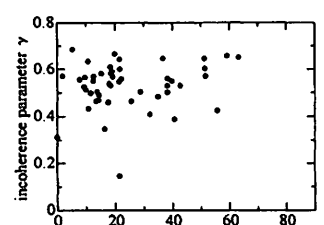


図-6 $\theta 2$ - γ

6. まとめ

本研究では、基礎と地盤のキネマティック相互作用に基づく入力損失効果に及ぼす震源特性の影響を、インコヒーレンスパラメーターと代表的な 4 つの震源特性との相関を調べることで検討した。その結果、いずれの震源特性もインコヒーレンスパラメーターとの相関性は低いことが認められた。この結果から、地震動や震源特性が入力損失効果に及ぼす影響は小さいと考えられる。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、科学研究費補助金・基盤研究(C) (課題番号=19560477, 研究代表者=三神厚) を使用させて頂きました。

参考文献

1) Kim S, Stewart J: Kinematic Soil-Structure Interaction from Strong Motion Recordings, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol.129, No.4, pp.323-335, 2003.

2) Anestis S. Veletsos・Anumolu M. Prassad : SEISMIC INTERACTION OF STRUCTURES AND SOILS: STOCHASTIC APPROACH, Journal of Structural Engineering, Vol.115, No.4, 1989

3) A. Mikami・J.P. Stewart・M. Kamiyama : Effects of time series analysis protocols on transfer functions calculated from earthquake accelerograms, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 28 , 695-706, 2008