

- 2 数 Hz 帯域の高周波数地震動の空間変動に関する実証的研究

Observational study on the special variation of high frequency seismic ground motion

(研究期間 平成 15～17 年度)

国際地震工学センター

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

横井俊明

Toshiaki Yokoi

A dense array observation for seismic ground motion as weak as JMA intensity 1 or less is performed in the campus of Building Research Institute where the ground condition is classified shallow Artificial Fill that is commonly found in residential area, in order to grasp the lateral variation of seismic ground motion in the frequency range from 2Hz to 10Hz. The coherence analyses show that points on the ground surface separated more than around 15m each other move almost independently at such high frequency as 5 Hz, and around 5m at 10Hz, if threshold value is taken 0.8.

【研究目的及び経過】 通常の建物の固有周期を含む数 Hz 以上の帯域の高周波数地震動の挙動が地震工学的に重要であるのは論を待たない。もし連動して振動する範囲が 10m 程度以下であれば、通常建物への影響や敷地毎の増幅特性の違いへの影響をも考慮する必要が出てくる可能性が有る。ところが、数 Hz 以上の高周波数地震動の空間変動に関する研究事例は意外に少なく、台湾やカリフォルニアで高密度アレイ観測による Coherency のモデル化の研究事例が報告されている程度である¹⁾⁻⁶⁾。

本研究に先立ち、建研構内で、観測点間隔 30m から 200m の高感度地震計アレイを使って、予備観測を実施した。その結果、数 Hz 以上の高周波数領域で、連動して振動する空間範囲を把握するには、観測点間隔をもっと短くする必要があることが判った。

本研究では、よくある地盤条件としての浅い盛土地盤での、数 Hz から 10Hz までの高周波数領域での地震動の空間変動を明らかにすることを目的とし、高感度地震計による高密度アレイ観測を実施した。

【研究内容】 本研究では、既往研究よりも観測点密度を上げたアレイ観測（間隔数 m ～ 十数 m）を建研構内の盛土上で行った（図 1）。観測記録の蓄積を早くする為に、高感度地震計を使い、震度 1（ぎりぎり体感地震）程度以下の地震動を観測対象とした。ある程度記録が蓄積した時点で、アレイの展開を変えて観測を継続し、多くの観測点間隔での記録を得た。解析においては、茨城県南部周辺のやや深い震源を持つ地震を選んだ。こうすることで、地表の観測アレイには、ほぼ真下から直達波とその重複反射波が到来し、観測アレイ周辺の地表付近に存在する媒質の不均質による散乱波は横方向に伝播すると仮定できて、震央方向から来る表面波の伝播の影響を抑制できると考えられる。

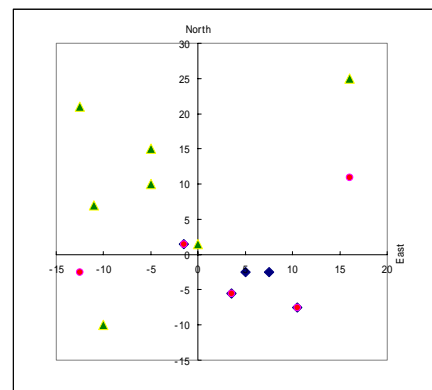


図 1 本研究での観測点配置

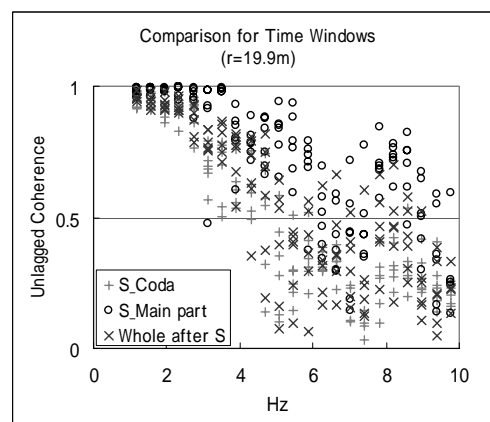


図 2 時間ウィンドウによる差(観測点間隔 19.9m)

【研究結果】

データ処理する時間ウィンドウによる coherence の違いを示す(図 2: 観測点間隔 19.9m の例、図 3 周波数 5.078Hz の例)。直達 S 波及び水平成層構造による多重反射波は全観測点に同相で入り、一方、S コーダ波部では平野の端等で二次的に発生した表面波が卓越するためと考えられる。S 波主要部(印、S 波初動から 2.5 秒間)は、S コーダ波(+印、S 波初動後 10 秒より後)に比べ、より coherent な挙動を示す。一方、S 波初動後全部で求めた coherence は S コーダ波のそれとほぼ一致する挙動を示す。これより、観測された波形のエネルギーのかなりの部分が地表付近で二次的に発生した表面波を含む散乱波で占められていると考えられる。

各波形データから求めた coherence の値は大きくばらつくが、周波数が高くなる程、また距離が長くなる程その値は小さくなるはっきりした傾向を示す。その理由としては、堆積層中での多重反射の回数が増えることや波長が媒質の不均質の大きさに近づくこと等が考えられる。

S 波主要部の観測点間隔、周波数に対する大局的な挙動を見ると(図 4、図 5)、波形が似ているための閾値を仮に 0.8 とすると、10Hz では 5m 程度、5Hz では 15m 程度の距離で coherence の中央の値がそれを下回る。この観測研究により、当該地盤での数 Hz 帯域の地震動の空間変動のスケールは一般的な敷地サイズ程度またはそれ以下であることを実証した。

【参考文献】

- 1) Abrahamson, N. A. et al, Earthquake Spectra, Vol. 7, p1-7, 1991.
- 2) Chin-Hsiung Loh and Yeong-Tein Yeh, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 16, p583-596, 1988.
- 3) Horike, M. and Y. Takeuchi, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 90, p48-65, 2000.
- 4) Hough, S. E. and E. H. Field, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 86, p1724-1732, 1996.
- 5) Hung-Chie Chiu et al., Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 85, p342-348, 1995.
- 6) Toksoz, M. N. et al., Phys. Earth Plan. Int., Vol. 67, p162-179, 1991.

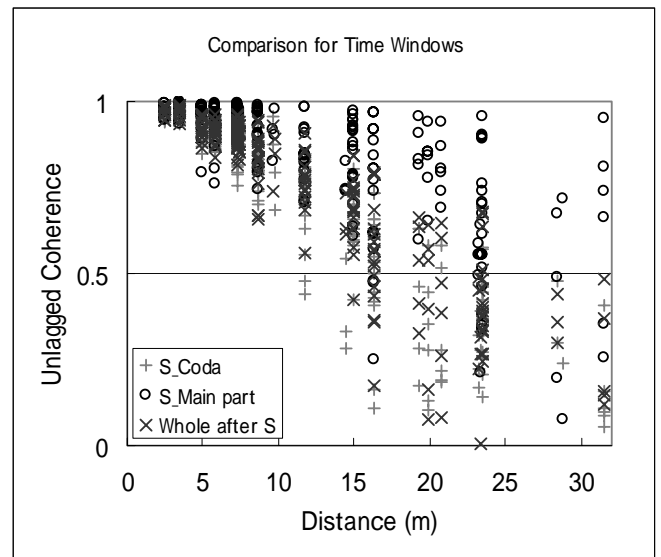


図 3 時間ウィンドウによる差(周波数 5.078Hz)

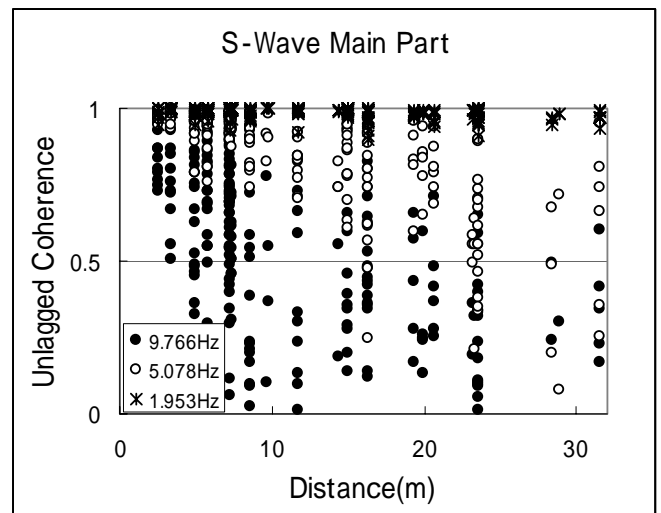


図 4 S 波主要部の coherence (周波数による違い)

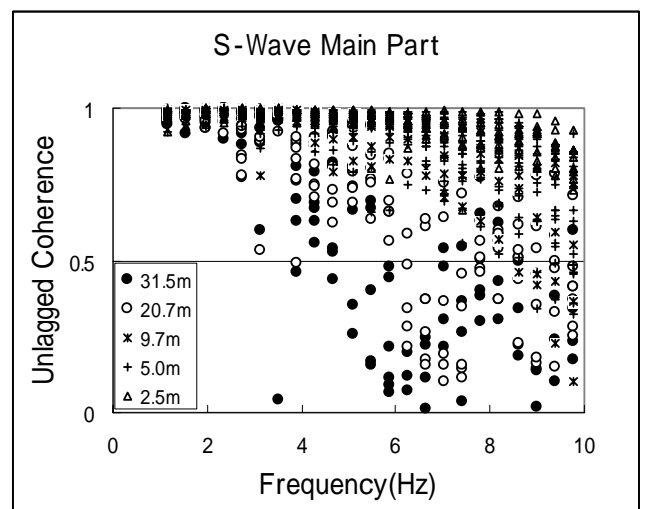


図 5 S 波主要部の coherence (距離による違い)