

第 I 部門

大阪府北部の地震における大阪平野での表面波の震動特性

神戸大学大学院 正会員 ○ 鯨田 泰子
 神戸大学工学部 学生会員 小松 秀晃

1. はじめに

盆地構造を持つサイトでは、周期数秒から 10 秒程度に卓越した表面波が励起することが確認されており、長周期の表面波は盆地内に留まり、揺れが平野外に逃げずに長時間継続するため、構造物に与える影響は大きいと考えられる。大阪平野でも南海トラフ巨大地震などの海溝型地震における長周期地震動への地震対策が課題となっている。2018 年 6 月 18 日 07 時 58 分に大阪府北部で発生した $M_J 6.1$ の地震では大阪平野でも強震動が観測された。本研究では、著者らの研究室で設置している地震計の記録¹⁾を用いて本地震の表面波の震動特性を明らかにした。

2. 大阪府北部の地震における表面波の確認

著者らの研究室が大阪市福島区に設置している地震計とその周辺の関西地震観測研究協議会による既存観測点の FKS (図-1) 参照を用いて、2018 年 6 月 18 日 07 時 58 分に大阪府北部で発生した $M_J 6.1$ の本震とその後二日間で発生した震度 3 以上の 4 つの余震の観測記録を用いて、非定常スペクトルを求め、表面波の有無を調べた。非定常スペクトルとは、時間軸の加速度記録を用いて、時刻ごとに周波数のウィンドウを掛けることで求められ、時刻ごとと周期毎の振幅を示したものである。表面波が含まれると、限られた周期帯において継続して伝播することから、表面波の有無を確認できる。その結果、明瞭な表面波を確認することができたのは本震時のみであった。余震では SN 比が小さく明瞭な表面波は確認できなかった。図 2 は例として OSA の本震 EW 成分の非定常スペクトルを示す。図より、4.6 秒付近で S 波が到達し、その 5 秒後に周期 1~3 秒にかけて振幅が卓越し、表面波が確認できる。震源から約 20km 南西に位置する観測点では、実体波と表面波がほぼ近い時間で到来することがわかった。更に、その継続時間が 70 秒ほどであった。

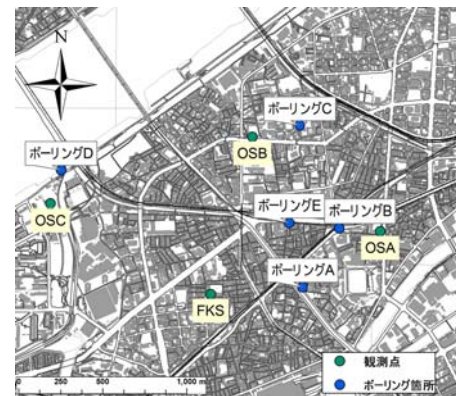


図-1 観測点分布図

3. センブランス解析

表面波の到来方向と位相速度を調べるために、センブランス解析を行った。センブランス値は複数の波形のコヒーレンスを示すもので、ある方向からの平面波の伝播を仮定してそれに応じた各観測点の時間ずれを考慮し、到来方向と位相速度を推定している。研究室の OSA, OSB, OSC の 3 観測点と FKS の本震速度記録に 0.1Hz から 0.5Hz のバンドパスフィルタを施した波形を用いた。ラブ波、レイリー波の分離が難しいことから、鉛直成分における波形からレイリー波の到来方向を確認した。センブランスを求めるにあたり、時間ウィンドウはバンドパスフィルタの中心周波数の逆数の 3 倍とし、スローネスpektrルの推定には、0.0~3.3s/km を動径方向に 0.04s/km ずつ、角方向に 1° ごとずらして最大値を求めた。図-3 は、各時刻のセンブランス値、位相速度、到来方向（北から時計回り）を示す。時刻 10 秒付近において、センブランス値は 0.78 と高い値を示しており、この時の到来方向は N72°E 付近で安定している。さらに位相速度では、実体波と到来した 5~10 秒付近では、3~4km/s 付近を示し、一方表面波と考えられる箇所においては 0.7km/s 付近で安定している。このことから、表面波は実体波よりも遅い波が継続して訪れるため、ひずみで評価する場合には表面波による影響

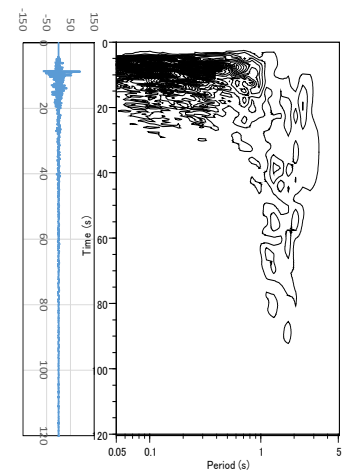


図-2 OSA 本震 EW 成分の非定常スペクトル

は大きいと考えられる。

各測点から震源の方向は $N50^{\circ}E$ 付近であるのに対し、表面波が東側から到来した要因として、J-SHIS²⁾の深部地盤データを用いて考察した。震源から観測点の間に上町断層の影響により南北に基盤層が隆起していることが確認できる。そのため地震動は、上町断層の S 波速度の速い層から伝播する際に回折し、観測点に到達したと考えられる。つまり大阪市福島区の観測点では、東側の上町断層帯の影響を大きく受けるということが分かった。

4. ひずみの算定

鉛直方向の表面波は $N72^{\circ}E$ 方向から到来していたことから、ラブ波は $N72^{\circ}E$ の直交方向、レイリー波は $N72^{\circ}E$ の放射方向における軸ひずみを検討する。福島区の 4 つの地震計の各測線のうち、 $N28^{\circ}W$ に近い $N64^{\circ}W$ 方向の測線 (OSC-FKS 測線) と、レイリー波を示す $N72^{\circ}E$ に近い $N69^{\circ}E$ の測線 (OSB-FKS 測線) において、変位波形から軸ひずみを求めた。

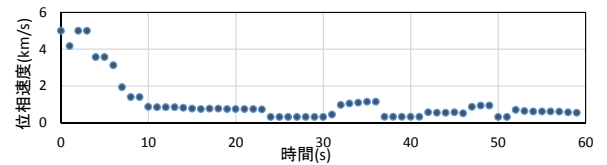
各測線のひずみを図-6、図-7 に示す。観測波に 0.1Hz のハイカットフィルタをかけた波形と、0.1~0.5Hz のバンドパスフィルタをかけた波形の軸ひずみを示している。バンドパスフィルタのひずみは図-6 では 16-18 秒で、図-7 では 20-22 秒で最も大きくなることから、ラブ波では 16-18 秒時点、レイリー波では 21 秒時点で到達していると考えられる。また、時刻 8-9 秒における黒色の波形の振幅が大きくなっているのは実体波による影響を示しているが、このひずみは後続の赤色の波形の最大振幅と比べてあまり大きな差がないこと、さらに表面波による軸ひずみの影響は長時間継続していることなどから、軸ひずみにすれば表面波による影響は実体波と比べてほぼ同等であることが確認できた。

5. まとめ

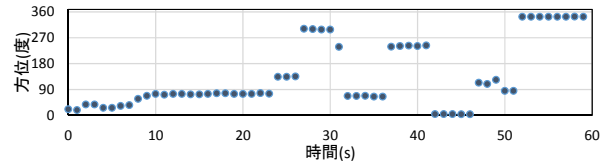
大阪府北部の地震では大阪市福島区で表面波が観測され、これらの到来方向は東側にある上町断層帯の影響を強く受けることがわかった。また、ひずみの算定から、表面波のひずみは実体波のひずみと同等であった。今後は、遠方の地震においてもさらに検討していくことが必要である。

【参考文献】

- 1) 水上昌, 鉄田泰子, 後藤浩之, 福島康宏: 大阪平野における高密度地震観測システムの構築, 平成 30 年度土木学会関西支部年次学術講演会概要集, 2018.
- 2) J-SHIS 地震ハザードステーション <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>



(a) 位相速度



(b) 方位

図-3 センブランス解析

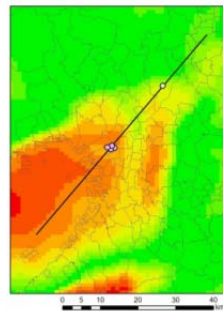


図-4 $V_s=1000\text{m/s}$
深度コンター図

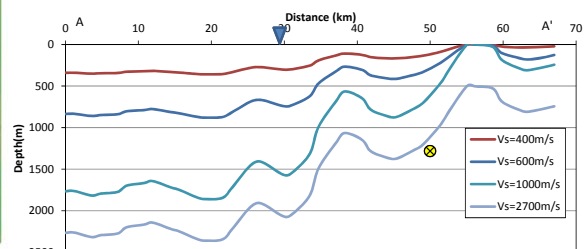


図-5 測点-震央断面の V_s
による地盤構造深

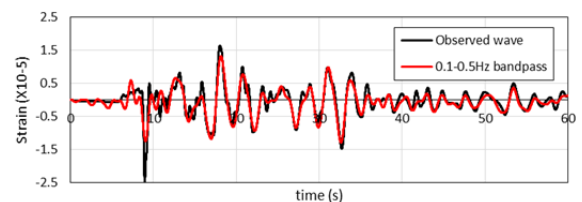


図-6 OSC-FKS 測線の軸ひずみ ($N64^{\circ}W$)

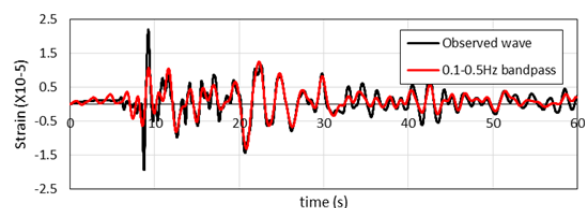


図-7 OSB-FKS 測線の軸ひずみ ($N69^{\circ}E$)