

大阪府北部の地震の地震動特性に関する研究 ～兵庫県南部地震と比較して～

名古屋大学工学部環境土木・建築学科建築学コース

福和研究室 杉山充樹

1. 背景と目的

2018 年 6 月 18 日午前 7 時 58 分、大阪府北部を震源とする地震($M6.1$, 34.843°N , 135.622°E)が発生した。大阪府北部、高槻市、枚方市、茨木市、箕面市で震度 6 弱を観測し、「大阪で初の震度 6 弱」の文字が新聞などのメディアで強調された。人的被害は死者 6 名、負傷者 443 名、住家被害は大阪府、京都府、兵庫県を合わせて、全壊 18 棟、半壊 517 棟、一部損壊 57787 棟と報告されている¹⁾。震度 6 弱に対する死者 6 名は過去の地震被害と比較しても多く、大都市の地震災害に対する脆弱性を物語っている。そして、兵庫県南部地震の大阪の揺れは気象庁が管理する唯一の観測点であった大阪中央区大手前の震度 4 で代表され、大阪府北部の地震よりも小さいが、住家被害は兵庫県南部地震がはるかに大きい。そこで本研究では兵庫県南部地震と比較しながら大阪府北部の地震の地震動特性について分析を行う。

2. 地震動の分析

2.1 観測記録の概要

図 1 に観測点を原点とし、震央から観測点へ向かう直線上に速度波形をプロットした。北東、南西方向へ向かう波形は減衰が小さいことがわかる。背景を表層 30 m の平均 S 波速度(以下 AVS30)として地動最大速度(以下 PGI)の分布を示した図 2 から、ほかの地点よりも大きな値を記録する観測点は震央から北東、南西方向に多いことがわかる。表層地盤を確認すると、その方向には AVS30 の小さな柔らかい層が堆積している。震源からの距離が同じでも地盤の影響により揺れが変わることがわかる。

図 3 に距離減衰式²⁾との比較を示す。実線が距離減衰式、点線が距離減衰式に標準偏差を考えたものである。距離減衰式は平均 S 波速度 600 m/s の基盤面の値であるので、表層で記録した PGI を各観測点における地盤増幅率と文献³⁾の換算式を用いて、平均 S 波速度 600 m/s の基盤面の最大値に換算することで比較した。震源距離が短いほど距離減衰式を上回る観測点が多い。距離減衰式と比較して傾きが急であることから、減衰が大きく短周期の卓越した地震動といえる。

図 4 に震度 6 弱観測地点から 3 地点を選び速度波形を示した。三成分合成の最大加速度として 900.4 cm/s^2 を記録した K-NET 高槻をみると速度では特別大きな値をとらないことがわかる。また、震源規模が $M_w 5.6$ と大きくないことから主要動の継続時間は 5 秒程度と短かった。

2.2 兵庫県南部地震との比較

気象庁の大阪中央区大手前と関西地震観測研究協議会の記録から 9 つの共通観測地点について地震動の比較を行った。代表地点として大手前と森河内の水平成分の疑似速度応答スペクトル(減衰 $h = 5\%$)を図 5 に示す。共通観測地点からは、震源距離の違いに関係なく 1 秒以上の応答は兵庫県南部地震の方が大きいことを確認した。震源距離が短いことから大阪中央区大手前のみ地動最大加速度が大阪府北部の地震の方が大きい。

次に、計測震度と境ほか⁴⁾による震度指標(1~2 秒震度)を用いて比較を行った。計算結果を表 1 に示す。I は計測震

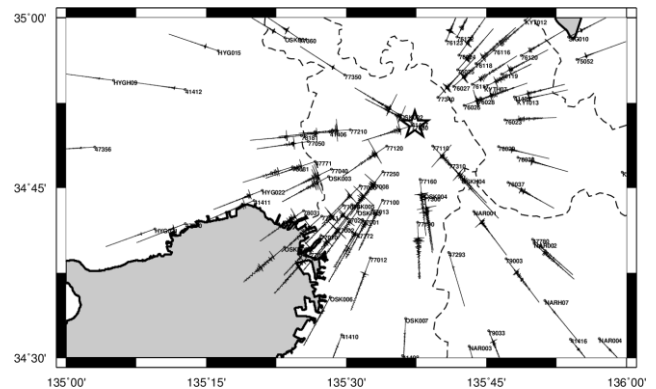


図 1 地図上への速度波形のプロット(ラディアル成分)

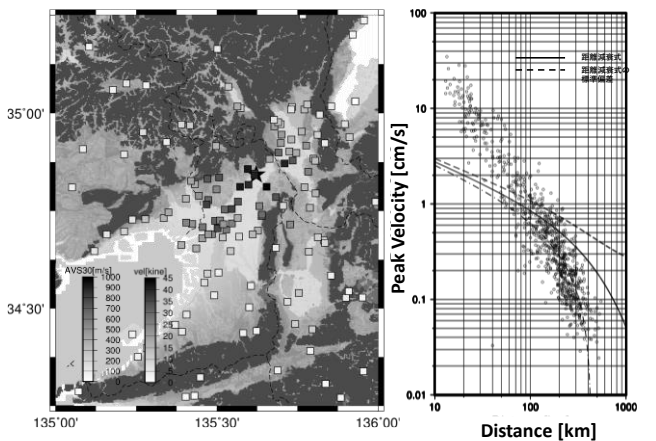


図 2 PGI の分布(背景 AVS30)

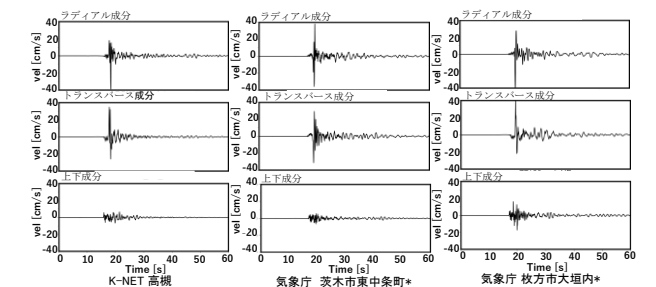


図 3 距離減衰式との比較

図 4 速度波形(上からラディアル成分, トランスバース成分, 上下成分)

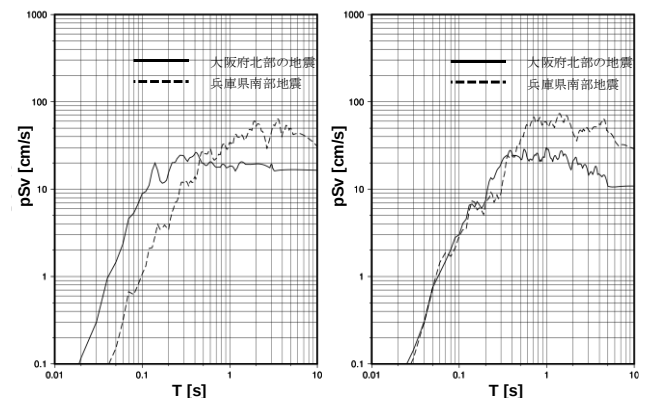


図 5 疑似速度応答スペクトルの比較(左 大手前, 右 森河内)

度、 I_p は 1～2 秒震度である。兵庫県南部地震の大阪の揺れは気象庁の大阪中央区大手前の震度 4 で代表されているが、大手前よりも震源距離の長い八重、森河内で計測震度 5 強が確認できる。大手前は上町台地の先端の比較的強固な地盤にあり、大阪の揺れを震度 4 で代表するのは過小評価と考えられる。また、計測震度では最大震度 6 弱を観測した大阪府北部の地震について 1～2 秒震度を計算すると最大でも 5 強の結果となった。これは、1～2 秒震度では高震度において 1 秒以上の応答から震度が計算されるためである。

2.3 ペーストアップ

速度波形のペーストアップを図 6 に示す。地盤増幅率で色分けをした。地盤増幅率が大きいほど後続波の振幅が大きい。走時直線からは P 波速度 6.9 km/s、S 波速度 3.6 km/s と算出され、一般的な値と近い。変位のモーショングラフを図 7 に示す。初動 P 波と主要動 S 波を確認できる波形もあるが、ラディアル成分と上下成分を掛け合わせた簡単な指標という事もあり分離の難しい観測点もある。

3. 建物被害の分析

3.1 建物被害

表 2 に被害の比較を示す。被害の総数は圧倒的に兵庫県南部地震の方が大きいことがわかる。全半壊棟数に対して一部損壊棟数が多く、57787 棟にも及ぶ。大阪府北部の地震で小さな揺れに対して一部損壊が非常に多いのは、多くの人が申請を出したことで被災者を救う側に認定が偏ったとも考えられる。被害の規模は兵庫県南部地震の方が大きい。地震保険の支払額は兵庫県南部地震の 783 億円に対し、被害の少なかった大阪府北部の地震の方が 1033 億円と多い⁵⁾。

3.2 計測震度と被害率の関係

図 8 に大阪府北部の地震による一部損壊以上率と計測震度の関係を示す。計測震度が大きいほど被害の大きくなる傾向がある。震源から近い茨木市、高槻市は一部損壊以上率が 15%以上と多くの被害が出ている。また、図 9 に被害関数と大阪府北部の地震による全半壊率を示す。全半壊率は提案されている被害関数⁶⁾に対して下回る。被害関数の作成には兵庫県南部地震の被害記録が使用されている。兵庫県南部地震では建物に被害を及ぼす周期帯の揺れが強かったが、大阪府北部の地震では短周期の揺れが卓越しており、地震動から予測される構造体への被害は小さい。計測震度は人の揺れの感じ方との対応が良いとされ、計測震度が同じであっても地震動の卓越周期によって建物被害には違いがある。地震動特性の違いから、大阪府北部の地震では既往の被害関数よりも被害が小さくなる結果となったと考える。

4. まとめ

大阪府北部の地震の地震動特性を分析し、短周期の卓越した継続時間の短い地震動であることがわかった。兵庫県南部地震との比較では共通観測地点において当時よりも揺れが小さく、卓越周期の違いから建物の構造体への影響が少ないことを確認した。しかし今回の地震では、震源近くでの一部損壊数が非常に多いことに加え、ブロック塀の倒壊やエレベーターの閉じ込め、ライフラインの停止の問題があった。地震規模に対して被害が大きいのは大都市で発生した地震の特徴であり、耐震化率のさらなる向上をはじめとする地震対策の必要性が示された。

表 1 共通観測地点の震度

観測点名	兵庫県南部地震			大阪府北部の地震		
	I	I_p	震源距離 (km)	I	I_p	震源距離 (km)
阿倍野	4.9	4.9	56.1	—	—	—
尼崎	5.7	5.6	46.1	5.0	5.0	30.2
千早	4.1	4.2	69.6	3.1	3.2	46.3
福島	5.3	5.2	52.3	4.6	4.7	26.8
神戸大学	5.6	5.3	31.2	3.6	3.9	45.5
神戸本山	6.0	5.6	34.5	4.4	4.8	41.5
森河内	5.2	5.2	62.2	4.3	4.6	22.6
堺	4.7	4.9	50.8	3.7	4.0	37.8
忠岡	5.1	5.0	46.1	3.7	3.9	48.2
八重	5.1	5.1	66.4	—	—	—
大阪中央区大手前	4.5	4.6	56.6	4.3	4.5	24.8
神戸中央区中山手	6.4	6.2	24.7	—	—	—

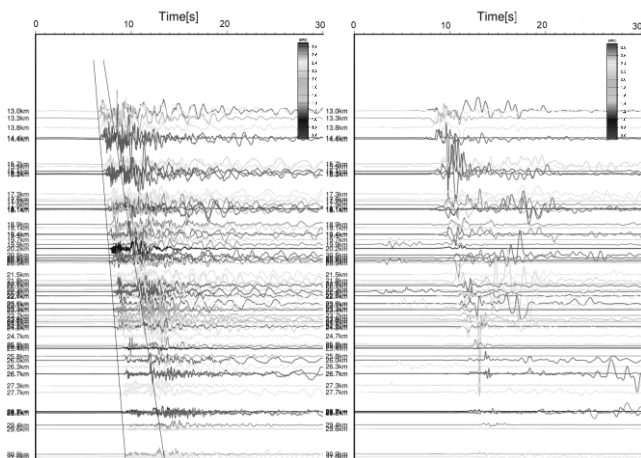


図 6 速度波形ペーストアップ(上下) 図 7 モーショングラフ(変位)

表 2 被害の比較¹⁾

	全壊[棟]		半壊[棟]		一部損壊[棟]		死者[人]	
	全域	大阪府内	全域	大阪府内	全域	大阪府内	全域	大阪府内
兵庫県南部地震	104906	894	144274	7232	390560	88538	6434	31
大阪府北部の地震	18	18	517	512	57787	55081	6	6

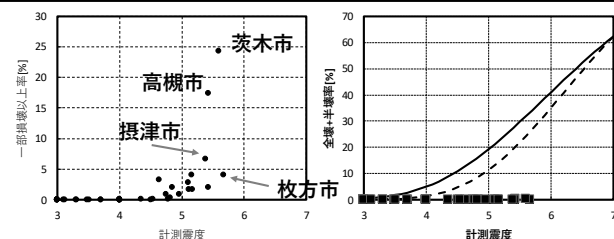


図 8 一部損壊以上率と計測震度

図 9 被害関数と全半壊率

参考文献

- 1) 大阪府防災・危機管理指令部 http://www.pref.osaka.lg.jp/shobobosai/osaka_jishin/higai.html(参照 2019-1-18)
- 2) 司 宏俊, 翠川 三郎:断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 1999.
- 3) 藤本 一雄, 翠川 三郎:日本全国を対象とした国土数値情報に基づく地盤の平均 S 波速度分布の推定, 2003
- 4) 境 有紀, 神野 達夫, 額 一 起:震度の高低によって地震動の周期帯を変化させた震度算定法の提案, 2004
- 5) 日本損害保険協会 <http://www.sonpo.or.jp/>(参照 2019-1-18)
- 6) 翠川 三郎, 伊東 佑記, 三浦 弘之:兵庫県南部地震以降の被害地震データに基づく建物被害関数の検討, 2011