

## 低角逆断層面直上の近地場地震動：浜岡の場合

Near-field strong motion on the hanging wall of low angle thrusting: a case of Hamaoka

\*川崎 一朗<sup>1</sup>\*Ichiro Kawasaki<sup>1</sup>

1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所

1.Tono Research Institute of Earthquake Science, Association for the Development of Earthquake Prediction

■近地場強震動について次のようなエポックがあったと考えている。

- (1) Maruyama (1963) や Burridge and Knopoff (1964) による転位震源から放出される弾性波の厳密解の定式化。
- (2) Aki (1968) による, 1966年6月M6.6のパークフィールド地震のときに断層線から80mのところを得られた記録の解析。
- (3) Haskell (1969) による矩形断層面による地震波の計算。
- (4) Kanamori (1972) による1943年鳥取地震のライズタイムと実効応力の推定。
- (5) Kawasaki et al. (1973) による, 半無限媒質における弾性波の定式化。
- (6) 安藤・川崎 (1975) による, 1945年三河地震の非対称被害分布の解析。
- (7) 岡田(1980)による弾性歪み波形などの定式化。
- (8) 梅田・他 (1986) などによる, 1984年長野県西部地震のときに跳んだ石の発見。
- (9) 1995年兵庫県南部地震に震災の帯の周辺で1m/s近い強震動を記録。
- (10) 1999年台湾地震の時に, 低角逆断層面上盤で3m/s近い地震記録を記録 (Ma et al., 2001)。
- (11) 2011年M9.0東北地方太平洋沖地震の22MPaの大きな応力降下 (Hasegawa et al., 2011)。

■(1)~(10)から, 低角逆断層面直上の強震動の特徴は, 単純化して次のように箇条書きできる。ただし, 対象となるのはライズタイムより長周期である。なお, 本稿では, 強震動と言えば速度と加速度を指すものとする。

- ①強震動の波形は, 観測点近傍の断層滑り時間関数に強く支配され, 周期はライズタイムに規定される。
- ②変位の断層滑り平行成分は滑り時間関数に似た波形になり, 断層面直交成分は平行成分波形を1回微分したような波形になる。
- ③強震動の最大振幅は直交成分の方が大きい。
- ④低角逆断層面で滑り面が地表に突き抜けた場合, 見かけ上, 断層滑りの多くを上盤側が受け持ち, 断層線に近いほど, その割合が大きくなり, 強震動は激烈になる。
- ⑤断層面直近の強震動の最大振幅は1m/s, 1g を越える。

■東北地震の22MPaの大きな応力降下 $\Delta\sigma$ は, 断層面近傍の強震動予測に大きな問題を突きつけた。単純化して, 起震応力 $\sigma_e$  (effective tectonic stress) は $\Delta\sigma$ と同じとする。Starr (1928)の定式化に従うと $\Delta\sigma$ は滑りの大きさ $D_0$ と断層の幅 $W$ の比 $D_0/W$ に比例し, Brune (1970) や Ida and Aki (1972) の定式化に従うと, 平均的滑り速度 $D_0/t_0$  ( $t_0$ はライズタイム) は $\sigma_e$ に比例する。 $W$ は一定とすると,  $D_0$ も $D_0/t_0$ も $\sigma_e$ に比例し, その結果, 『断層近地場の強震動は $\sigma_e$ にほぼ比例して大きくなる』という基本的な「応力-強震動関係」が導かれる。なお, 東北地震の平均的滑り速度は 2.6-6.5m/s となる。

■フィリピン海プレート境界面の直上ほぼ10kmという極端な断層近地場に位置している浜岡の場合を考えてみよう。断層の長さ100km, 幅50km, 傾き15度, 断層面下端の深さ18km,  $V_p$ 6.8km/s,  $V_s$ 3.9km/sとし, 断層面下端中央から長さ方向にはバイラテラルに, 上方にユニラテラルに, それぞれ3.5km/sの速度で拡大するモデルを考える。中央防災会議 (2012) の「南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告)」の「津波断層モデル編」のケース①は駿河湾周辺の $D_0$ を 15m~20m と想定している。 $D_0$ を15~20mとすると $\Delta\sigma$ は11~14MPaとなり, 滑り速度の範囲は1.3m/s~4.2m/sになるので, 1m/s, 3m/s, 5m/s の3つのケースの理論合成波形を示したのが Fig.1 である。計算には, Kawasaki et al. (1973) と岡田(1980)の半無限媒質のプログラムを用いた。

(上下成分の速度の最大振幅, 加速度の最大振幅) は, 図示していないものも含めて, 滑り速度1m/s (0.5m/s,

0.3m/s/s), 2m/s (0.9m/s, 0.6m/s/s), 3m/s (1.4m/s, 0.9m/s/s), 4m/s (1.9m/s, 1.2m/s/s), 5m/s (2.3m/s, 1.5m/s/s) である。「応力-強震動関係」に従った振幅変化をしていることが分かる。滑り速度が 3m/s を越すと加速度は  $g$  を越える。

この断層モデルは単純化されたもので、多くの不確定要素が残るが、その多くは、強震動を大きくする方向に働く。しかし、一番肝心の駿河湾周辺の起震応力も強震動生成域の分布がしっかり分かっていないので、議論を本質的にこれ以上煮詰めることは出来ない。

■短周期の場合は、遠地場項が相対的に優勢になり、散乱や減衰などの要素の比重が大きくなるので、ここまでの論理は該当しなくなる。とはいえ、

(a) マルチ・スケールのあらゆるスケールの破壊で「応力-強震動関係」が成り立つ、

(b) レベル2の超巨大地震における起震応力は、レベル1の巨大地震における起震応力より何倍も大きい、という2つの仮定が正しいとすると、レベル2の大津波が浜岡を襲う寸前に、短周期も長周期も含めて、昭和東南海地震や安政東海地震のときを何倍も上回る強震動が襲うと想定することが出来る。

■以上の議論から、地震学の現在の段階では、レベル2の超巨大地震のときの低角逆断層直上の浜岡の強震動を適切に予測することは無理と言うほかない。適切な強震動予測を行うためには、直下のプレート境界面の強震動生成域の分布と、南海トラフ巨大地震の一部として駿河湾が破壊するときの起震応力の把握が不可欠であろう。

■Fig.1 本文に述べた断層モデルを仮定した浜岡の理論合成波形。左から、変位(U)、速度(V)、加速度(A)。上行(添字 x)は断層走向に直交方向の水平成分、下行(添字 z)は上下成分。Doは15m。各パネルの3つのトレースは、下から、滑り速度 1m/s, 3m/s, 5m/s。浜岡は断層面中央の下端から断層面上30km海溝よりの地表投影点で、断層面までの距離は10km。

キーワード：断層近地場、低角逆断層、起震応力、滑り速度、強震動、浜岡

Keywords: near-field, low angle thrusting, earthquake generating stress, slip velocity, strong motion, Hamaoka

