

地表断層による永久変位を考慮した震源近傍における強震動計算法
(その2: Fling 効果を考慮した計算例)

正会員 久田 嘉章*

地表断層 永久変位 震源近傍
強震動計算法 平行成層地盤 グリーン関数

1. はじめに

(その1)の定式に続き、本手法を用いて様々な震源近傍における計算例を紹介する。

2. 断層すべりによる永久変位を考慮し、成層地盤のグリーン関数を用いた震源近傍における効率的な強震動計算例

a. 半無限一様地盤における地表横ずれ断層

図1に示すような左横ずれ震源による震源近傍における強震動の計算例を示す。地盤は半無限一様地盤 ($\rho = 2.5 \text{ t/m}^3$, $V_p = 5 \text{ km/s}$, $V_s = 3 \text{ km/s}$) とし、断層面のすべりは1 m一定、すべり速度関数は継続時間1秒の三角形関数とする。

(その1)の(4)式を用いて強震動を計算するが、(4)式にある

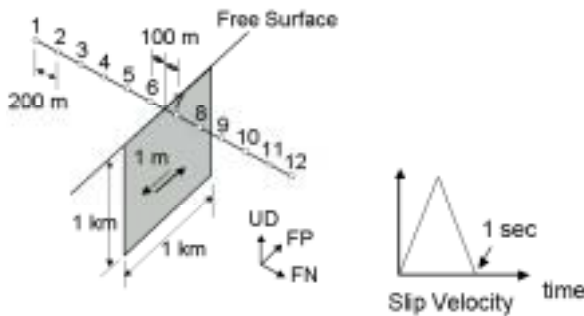


図1: 半無限一様地盤における地表横ずれ断層

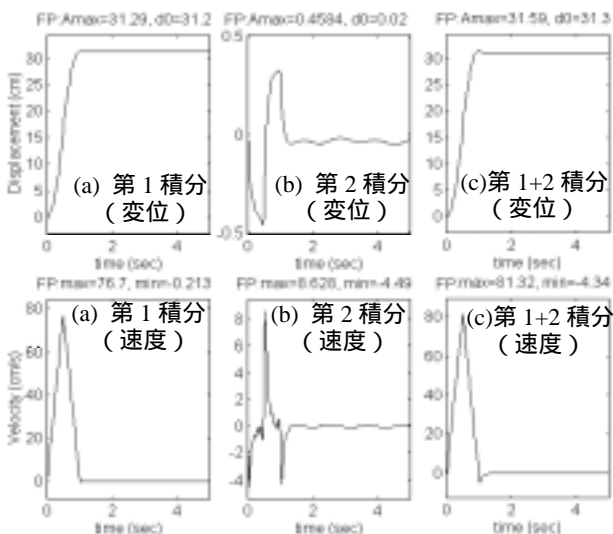


図2: 観測点7における変位(上)と速度波形(下)

2つの積分ごとに分けた結果を図2に示す。観測点は図1の7で、断層面から100 m離れた地表面上である。図2(a)は(4)式の第1積分による断層平行成分で、静的解の寄与である。波形はすべり関数の形状に等しく、片側すべり量の50 cmの約6割である30 cmの永久変位を示している。同様に図2(b)は(4)式の第2積分で、動的解の寄与である。静的解に比べ、振幅は1/10程度に小さく、永久変位も生じていない。図2(c)は(a)と(b)の和による完全解である。震源近傍では静的解による断層すべり(fling)が支配的であることが確認できる。

図3に、図1の各観測点における断層平行成分の速度・変位解を示す。観測点6, 7を境に位相が逆転し、断層面近くの観測点ではすべり関数の形状に似ているが、断層面から離れると振幅は急激に減少している。これは静的解の距離減衰が $1/r^2$ であるためである。

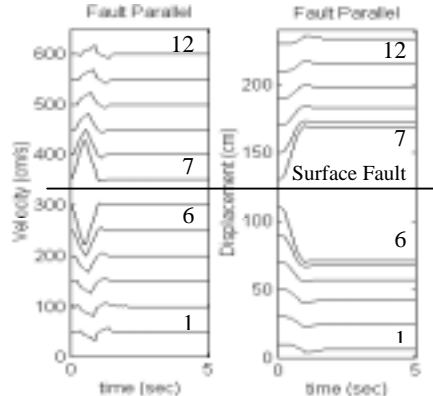


図3: 図1のモデルによる速度波形(左)と変位波形(右)

b. 半無限一様地盤における地表逆断層

図4に示すような30度の傾斜角を持つ地表逆断層による強震動の計算例を示す。地盤・震源パラメータは図1と同じであるが、観測点1~6は下盤側、7~12は上盤側になる。

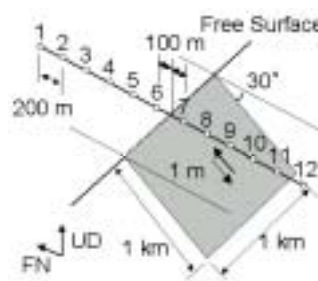


図4: 半無限一様地盤における地表逆断層

図5に速度・変位波形(断層直交成分と上下成分)を示す。下盤側より上盤側の方が大きな振幅となり、また断層面近傍ではすべり関数に近い大振幅を示すが、張られるとともに小さな振幅になっている。

c. Fling vs Directivity Pulse、地表断層 vs 伏在断層

図6に示すように、横長な横ずれ断層に破壊伝播速度(2.5 km/s)を与え、破壊伝播効果の影響を調べる。同時に地表断層と深さ0.5 kmの伏在断層の比較を行う。観測点は図に示すように断層と平行の地表面上とする。

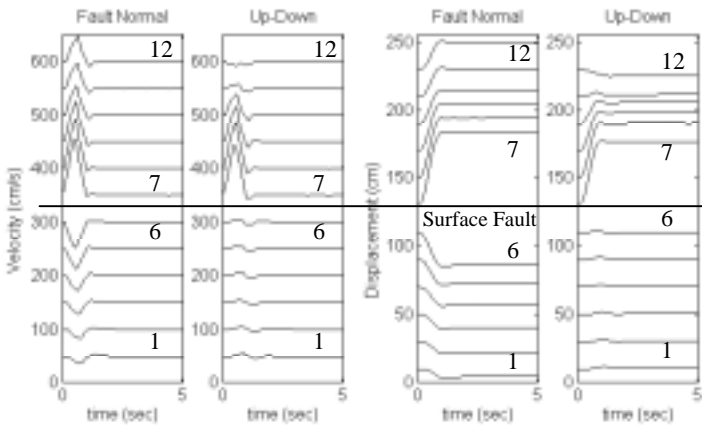


図5：図4のモデルによる速度波形(左)と変位波形(右)

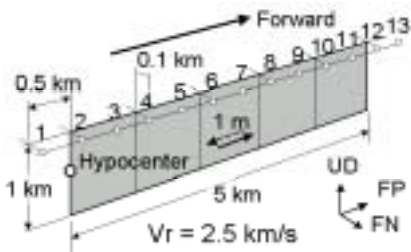


図6：FlingとDirectivity Pulse波を調べるための横ずれ断層モデル(地表断層vs伏在断層)

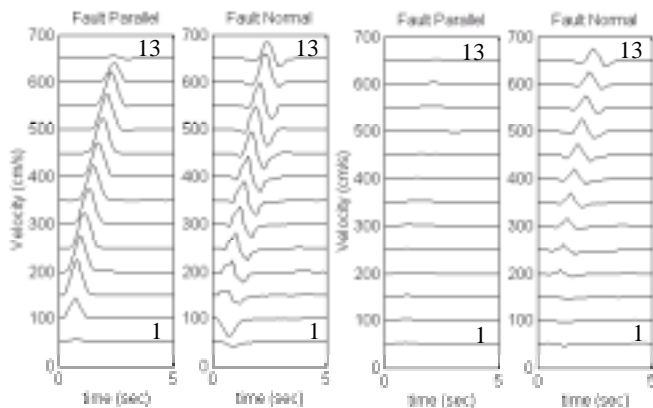


図7：速度波形(左2つ：地表断層、右2つ：伏在断層)

図7に速度波形を示す。左2つが地表断層による断層平行成分と直交成分である。平行成分には断層すべり変位に起因するflingが現れている。一方、直交成分には破壊伝播効果によりパルス波がForward方向に成長している。それに対し図7の右2つは伏在断層による断層平行成分と直交成分だが、直交成分にはパルス波が現れているのに対し、平行成分のfling波は消えている。これはdirectivity pulseが実体波であるのに対し、flingは断層運動の静的解の寄与であり、距離減衰が $1/r^2$ と大きいためである。従って、flingは地表断層の断層

面近傍でのみ卓越する現象である。

c. 仮想国府津 - 松田断層による震源近傍の計算例

地震調査研究本部によると国府津 - 松田断層では、すべり量10 mにおよぶM8クラスの地震が近い将来に起こる可能性が指摘されている。巨大な地表断層の出現による震源近傍の強震動特性を調べるため、ここで国府津 - 松田断層による地震動の計算例を示す。Wald and Somerville (1995)による1923年関東地震モデルの浅部20 kmの中央部分のすべり分布とすべり速度関数を用い、長さ20 km、幅10 km、傾斜角45度の逆断層(すべり角80度)を仮定する(図8)。すべり量を10 mとし、Sato他(1998)によるKR1地盤モデル(最上層を除く6層モデル)を用いる。図9に地表断層から1 kmの距離にある上盤側観測点における波形を示す(1 Hzまで計算)。速度波形にはFling Pulse波が現れ、上下で約6 m、NSで約3 m、EWで約2 m近い大きな変位が現れている。ちなみに断層面近傍の静的項が厳密に評価されない従来の手法を用いると低振動数の誤差が大きく、図9とは異なる波形になってしまう。

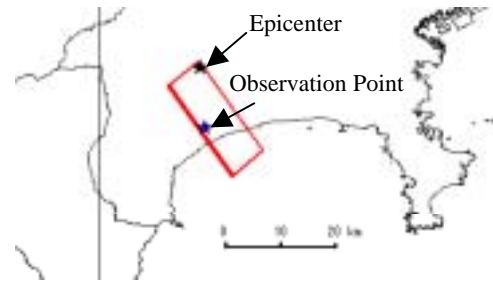


図8：国府津 - 松田断層による仮想断層モデル

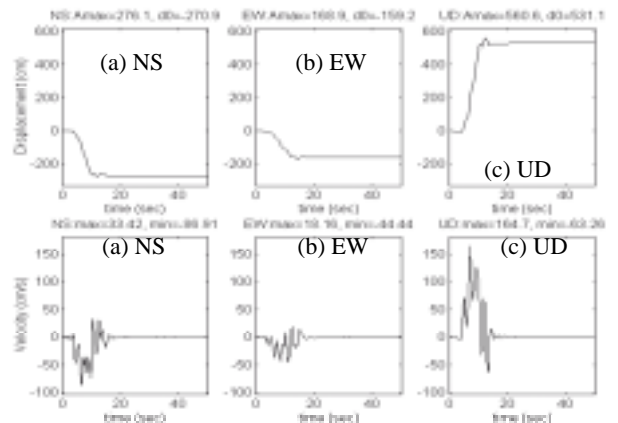


図9：上盤側の変位波形(上)・速度波形(下)

3. まとめ

提案した手法を用いて震源近傍における様々な計算例を紹介し、静的解の寄与の重要性を指摘した。