

I - B312

運動学的断層モデルによる地震動の波形作成

日本シビックコンサルタント株式会社(元宮崎大学大学院)	正会員 奥倉 英世
日本工営株式会社	正会員 大角 恒雄
宮崎大学工学部	正会員 原田 隆典

1. まえがき

地震学の分野で発展してきた運動学的断層モデルを工学分野に適用するために、本研究では、Bouchon(1979)の研究を拡張して、半無限地盤の地震波動場に関する解析解を導びく。半無限地盤上の表層地盤の地震動への影響は、表層地盤を水平成層地盤と仮定して剛性マトリックス法によって取り扱う。数値計算の安定性と容易性を実現するために、水平成層地盤の各層に対応する要素剛性マトリックスの解析解を示す。本研究によって提案した定式化の妥当性を既往の厳密解や既往の数値計算結果との比較によって確認する。

工学的応用として、振動数約1Hz以下の長周期領域に対して本研究で提案した解析解とその数値計算プログラムを用いて、Parkfield地震による変位波形、速度波形、加速度波形を計算する。振動数1Hz以上の短周期領域に対しては、地震断層を考慮した確率論的モデル(大角、他1997)によって計算する。これらを合成し、観測記録と比較する。

2. 地震波動場の定式化と検証

半無限地盤の地表面変位 $u(x, z_0, t)$ は、波数-振動数領域での変位を次式のフーリエ変換によって計算される。

$$u(x, z_0, t) = \frac{1}{8\pi^3} \int \int \int u(\kappa, z_0, \omega) e^{i[\kappa \cdot x - \omega t]} d\kappa d\omega \quad (1)$$

ここに、 $u(\kappa, z_0, \omega)$ は波数-振動数領域での地震動変位を表わす。 $\kappa = (\kappa_x, \kappa_y)$ はx軸、y軸方向の波数を、 ω は振動数を表わす。水平成層地盤の地表面変位は、剛性マトリックス法によって波数-振動数領域での変位を計算し、(1)式のようにそのフーリエ変換から地表面変位の時刻歴を計算する。剛成マトリックスと $u(\kappa, z_0, \omega)$ の解析解は、紙面の制約のため省略する。

Bouchon(1980)は、半無限地盤上に1層の表層地盤がのったときの表層地盤の地表面変位を計算しているので、これらと比較して、本研究の定式化と計算機プログラムとを検証する。地点 $(x, y) = (28260, 3925)$ での断層直角方向変位を図1に示す。ただし、変位は断層の変位量で基準化している。

3. Parkfield地震

図2に示すように半無限地盤上にのる1層の表層地盤を考慮した場合の地表面変位、地表面速度、地表面加速度を求める(0~1.25 Hzを対象とする)。

1966年Parkfield地震の際に断層の破壊終了付近の断層直角方向に約80m地点において、断層直角方向の加速度波形が観測されている。この加速度波形とそれからこの加速度波形を積分して計算で求めた速度、変位波形を図3に示す(Housner and Trifunac, 1967)。

図4には、断層モデルから計算で求めた地点 $(x, y) = (7065, 785)$ での直角方向の加速度波形、速度波形、変位波形を示す。

図5は、1Hz以上の短周期地震波を断層を考慮した確率論的モデル(大角、他1997)で計算し、これを図3の波形を合成したものである。

4. まとめ

(1) 既往の厳密解や数値計算結果と比較して、本研究の定式化とその計算機プログラムの妥当性を確認した。(2) 横ずれ断層であるParkfield地震(M5.5)における観測点以外での計算結果から、表層地盤の有無にかかわらず断層の直角方向の揺れが卓越し、断層の破壊伝播方向に位置している点での揺れが強くなること、断層に平行な約5 km以内での揺れが強くなることがわかった。加速度においては、断層からS波が伝わった時間に約1秒という周期で非常に大きな振幅を示すことがわかった。これらの特徴は1995年兵庫県南部地震による地震動の特徴でもあったことより、横ずれ断層による地震動の普遍的特徴であるといえる。(3) 約1Hz以上の短周期地震動を考慮するために、断層を考慮した確率論的モデルによる波形を運動学的断層モデルによる

波形 (0~1Hz) にたし合わせて Parkfield 地震の波形と比較した。観測点が断層近のため、この例では、運動学的断層モデルの波形の方が卓越していた。参考文献 1) Aki, K., Seismic displacements near a fault, *J. Geophys. Res.*, Vol.73, pp.5359-5375, 1968. 2) Bouchon, M., Predictability of ground displacement and velocity near an earthquake fault: An example: The Parkfield Earthquake of 1966, *J. Geophys. Res.*, Vol.84, No.B11, pp.6149-6156, 1979. 3) 大角、奥倉、原田, 地震断層を考慮した強振動の波形作成第 52 回土木学会年次講演, 1997.

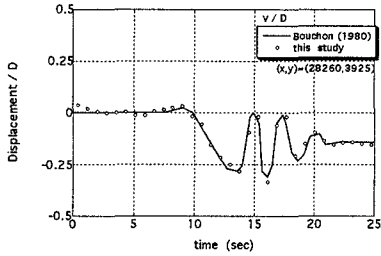


図 1 直角方向の基準化変位

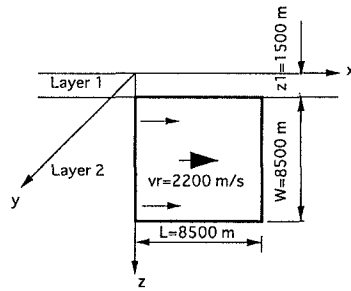


図 2 Parkfield 地震のモデル図

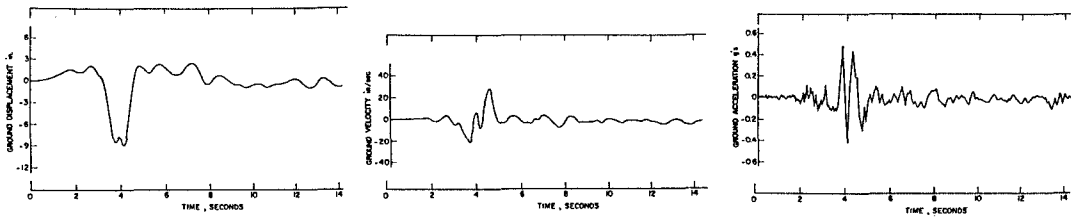


図 3 観測波形 (左:変位、中央:速度、右:加速度)

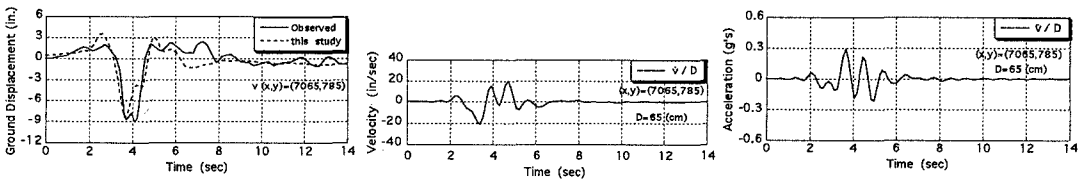


図 4 運動学的断層モデルによる計算波形 (左:変位、中央:速度、右:加速度) (0~1.25 Hz)

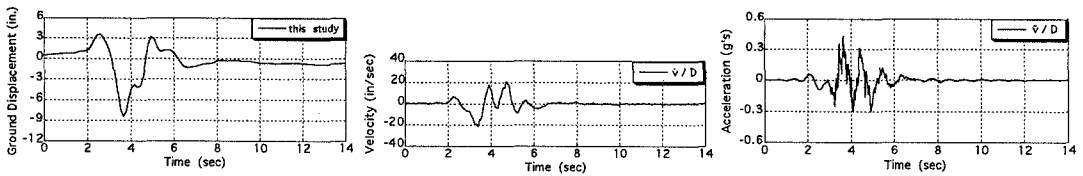


図 5 運動学的断層モデルにと確率論的モデルの合成波形 (左:変位、中央:速度、右:加速度) (0~10 Hz)