

## トルコ・コジャエリ地震におけるアダバザル盆地の 強震動シミュレーション

京都大学工学研究科 学生員 ○後藤 浩之  
京都大学防災研究所 正会員 澤田 純男

### 1. はじめに

1999年に発生したトルコ・コジャエリ地震時にサカーリヤ県の中心都市、アダバザルでは壊滅的な被害を生じた。最も被害を受けたアダバザルの市街地は震源断層から8-10 kmも離れているため、アダバザル盆地の深層地盤構造により地震動が増幅されたと考えられる。本研究では、深層地盤構造が地震動に与えた影響について着目し、アダバザル盆地の3次元地盤構造<sup>1)</sup>と有限差分法とを用いて強震動シミュレーションを実施した。

### 2. アダバザル盆地の地盤構造

アダバザル盆地で実施された各種物理探査記録から、アダバザル盆地の3次元地盤構造を推定した<sup>1)</sup>。図-1にアダバザル盆地の地形図、図-2に基盤面の鳥瞰図を示す。アダバザルの市街地は盆地状の厚い堆積層の上に位置していることから、エッジ効果による地震動の増幅が予想される。

### 3. 強震動シミュレーション

#### (1) シミュレーション条件

強震動シミュレーションの手法は有限差分法とする。震源はSekiguchi and Iwata<sup>2)</sup>によって推定された破壊過程のうち計算領域に含まれる部分のみを用いる。計算領域はアダバザル市街地と強震動観測点SKR(Sakarya)を含む図-2地盤構造モデルの範囲で、東経30°09'55"、北緯40°34'43"を原点とした東西方向49.4 km、南北方向37.4 kmの直方体である。モデルの深さは、震源とした破壊過程ではアスペリティが浅いところに偏り、深いところで解放されたモーメントの影響が比較的小さいと仮定できることから、13.5 kmまでとした。格子間隔は100 m、時間刻みは0.0079秒である。計算領域の物理パラメータを表-1に示す。堆積層1層目から基盤層2層目までは推定されている地盤構造とし、それ以深はSekiguchi and Iwataが破壊過程を推定する際に用いた水平地盤構造を用いている。減衰は $Q = V_S/15$ と仮定し、Gravesの方法<sup>3)</sup>を用いて導入する。また、このシミュレーションでは0.4 Hz以下の長周期成分までしか正しく表現されていないため、0.4 Hz以上の短周期成分をフィルタを用いて除去している。

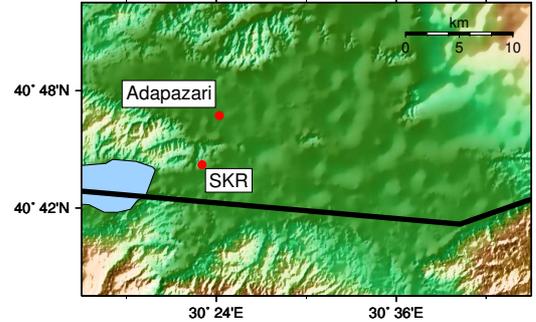


図-1 アダバザル盆地

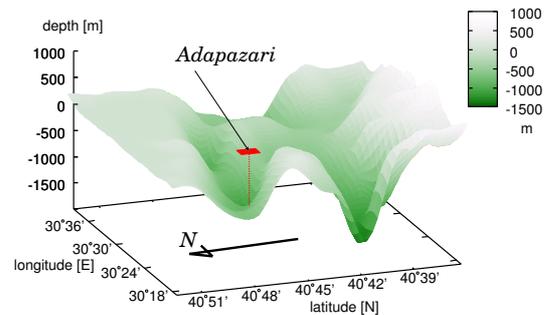


図-2 アダバザル盆地の基盤面<sup>1)</sup>

表-1 計算領域の物理パラメータ

|         | $V_P$<br>(m/sec) | $V_S$<br>(m/sec) | Density<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |
|---------|------------------|------------------|---------------------------------|
| 堆積層 1層目 | 1500             | 200              | 1.68                            |
| 2層目     | 1800             | 500              | 1.95                            |
| 3層目     | 2250             | 1000             | 2.30                            |
| 基盤層 1層目 | 3800             | 2190             | 2.50                            |
| 2層目     | 5000             | 2890             | 2.75                            |
| 3層目     | 5150             | 2970             | 2.75                            |
| 4層目     | 5380             | 3110             | 2.75                            |
| 5層目     | 5640             | 3250             | 2.75                            |
| 6層目     | 5870             | 3390             | 2.75                            |
| 7層目     | 6060             | 3500             | 2.75                            |
| 8層目     | 6170             | 3560             | 2.75                            |
| 9層目     | 6230             | 3600             | 2.77                            |

(2) 結果と考察

アダパザル盆地内で唯一コジャエリ地震の強震動を記録した観測点SKRの観測波形と、シミュレーションによる計算波形とを図-3に併せて示す。観測記録の南北成分は欠測である。計算波形は、東西・上下成分の5秒付近に見られる特徴的な長周期のフェーズをよく再現している。図-4にアダパザル市街地での計算波形を示す。図-1で示したようにアダパザル市街地はSKRより震源断層から遠いにも関わらず、計算波形は大きな振幅を示しており、盆地状の地盤構造による増幅効果が表れていると考えられる。

そこで、3次元的地盤構造の効果がどの程度であるかを確認するために、水平地盤構造による結果と比較した。水平地盤構造はアダパザル直下の地盤構造と同じ層厚・物理パラメータを持ち、Haskell Matrix法<sup>4)</sup>によって基盤層波形から地表の波形を計算した。図-5に水平構造による地表波形と3次元地盤構造による地表波形とを併せて示す。最大速度値が3倍程度異なり、アダパザル付近の盆地状の地盤構造による地震動の増幅が確認された。

また、アダパザル盆地における最大速度の分布を図-6に示す。震源断層付近で最大速度の大きな領域が見られるが、アダパザル付近でも島状の最大速度の大きな領域が確認できる。基盤面の形状(図-2)と比較すると深い凹地部分と最大速度の大きな領域が対応しており、このことからアダパザル市街地の地震動が盆地状の地盤構造によって増幅されたと考えることができる。

4. まとめ

有限差分法を用いた強震動シミュレーションにより、アダパザル市街地で地震動の増幅が確認された。アダパザル市街地の計算波形は同じ層厚・物性の水平地盤構造による波形と比較しても3倍程度大きく、またアダパザル付近では島状の最大速度の大きな領域が認められることから、アダパザル付近の3次元的地盤構造によってアダパザル市街地の地震動が増幅されたと考えられる。

参考文献

- 1) 後藤浩之, 澤田純男, 盛川仁, 規矩大義: トルコ・コジャエリ地震で被害を受けたアダパザル市周辺の深層地盤構造, 第38回地盤工学研究発表会予稿集, 2003, 投稿中.
- 2) Sekiguchi, H. and T. Iwata: Rapture process of the 1999 Kocaeli, Turkey, earthquake estimated from strong-motion waveforms, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 92, pp.300-311, 2002.
- 3) Graves, R. W.: 3D elastic finite-difference modeling of seismic motion using staggered grids with nonuniform spacing, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 86, pp.1091-1106, 1996.
- 4) Haskell N. A.: Crustal reflection of plane SH waves, *J. Geophys. Res.*, 65, pp.4147-4150, 1960.

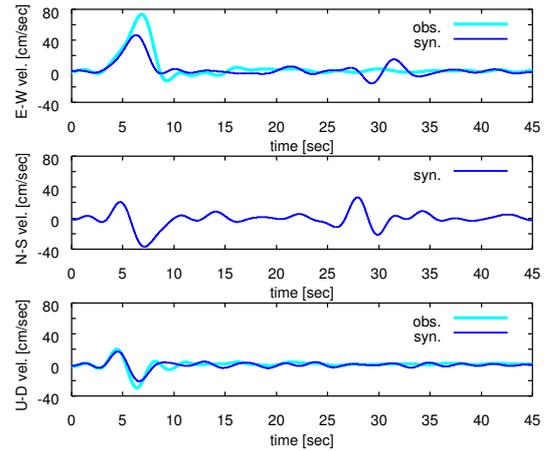


図-3 SKRにおける観測記録と計算結果の比較

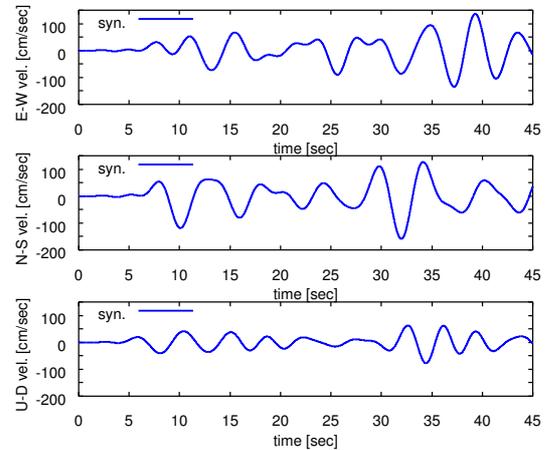


図-4 アダパザル市街地における計算結果

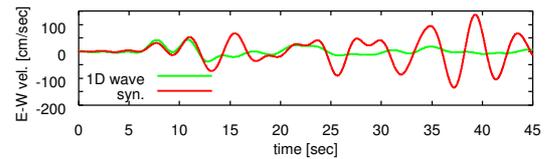


図-5 水平地盤構造を仮定した波形との比較

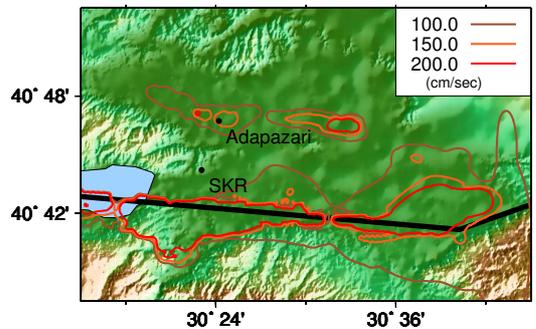


図-6 最大速度値の分布