

I-413 三次元離散化波数法による震源近傍における地震動の解析

電源開発株式会社 正員 中村 洋一
 東京工業大学総合理工 正員 大町 達夫
 東京工業大学総合理工 正員 年縄 巧
 東京工業大学総合理工 学生員 茂木 秀則

【1】はじめに

震源近傍における地震動は地震工学上非常に重要であるが、これまでに得られている強震記録は少ない。従来その予測には、短周期側では経験的手法が多用されているが、一方で、地震動の長周期成分を対象としたシミュレーション解析も行われている。本研究では、三次元弾性場における離散化波数法¹⁾を用いて、1930年北伊豆地震のシミュレーション解析を行い、この地震における地動変位およびひずみを計算した。

【2】離散化波数法の概要

本手法では、 $x-y$ 平面上に無数に分布する震源を仮定し、離散化表現された周波数応答関数を用いて計算を行う。時間的に調和である外力が均一な三次元弾性体に作用するとき、ある一点 (x, y, z) での応答関数は式(1)で表される。ここで、 f は震源モデルと地盤モデルによって定まる関数であり、 k_x 、 k_y はそれぞれ x 軸、 y 軸方向の水平波数を意味する。また、 L_x 、 L_y は震源間隔を表す。

$$G(x, y, z; \omega) = \exp(i\omega t) \frac{(2\pi)^2}{L_x L_y} \sum_{n_x=-\infty}^{\infty} \sum_{n_y=-\infty}^{\infty} f(k_{xn}, k_{yn}, z) \cdot \exp(-ik_{xn}x - ik_{yn}y) \quad (1)$$

$$k_{xn} = \frac{2\pi}{L_x} n_x, \quad k_{yn} = \frac{2\pi}{L_y} n_y$$

【3】1930年 北伊豆地震のシミュレーション解析

1930年北伊豆地震 ($M=7.3$) のシミュレーション解析を行い、観測されている永久変位 (図1) と比較することによって本解析の妥当性を検討するとともに、動的な変位およびひずみについて考察した。

計算では、Chinnery(1961)によって提案された断層モデル³⁾を参考にして、図2に示すような半無限体のモデルを設定した。断層の破壊は南側から開始し、その食い違い量は3.8mとされている。実際の断層面上の縁は地表面に達しているが、本手法では、極端に浅い震源に対しては十分な収束を得ることが困難となるので、ここでは $d=1\text{km}$ とした。なお、震源の時間関数は立ち上がり時間2.0秒の Ramp Function を用い、破壊の伝播速度 c を 2.6km/s (V_s の0.8倍) とした。



図1 北伊豆地震による地盤変位図
 (矢印：水平動， 上下動の単位はcm<斜線部は沈降>)

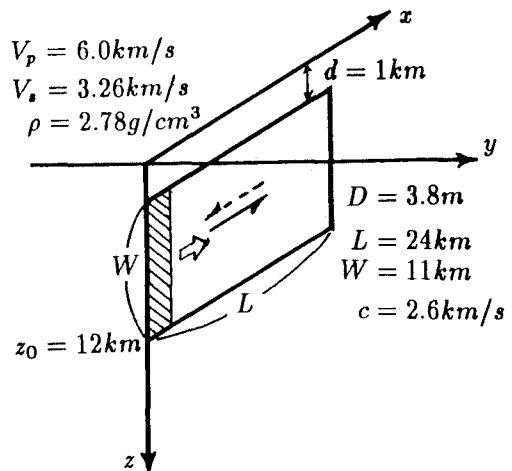


図2 計算に用いたモデル

図3に、計算結果の一例を、破壊開始点からの距離を縦軸にとって示す。y方向変位の変化を見ると、破壊の伝播方向に向かって動変位が増加しており、その最大変位量は85cmである。せん断ひずみについても同様な傾向がある。全体的に見て、震源域における動的ひずみは、破壊開始点付近では小さいものの、残留ひずみの数倍以上に達している。特に、断層面の終端部近くではその倍率が大きい。

各計算点におけるせん断ひずみの最大値分布を図4に示す。移動震源の影響が顕著に見られ、その最大値は断層終端部付近で 9.8×10^{-5} であった。これは地殻ひずみの限界値（オーダーとして 10^{-4} ）に匹敵する。

北伊豆地震にともない、丹那断層のほぼ中央部を横切る丹那トンネル（地下160m）に、2.7mの残留食い違い変位が観測されている。本計算では $d=1\text{km}$ としたために、断層面のごく近傍における変位量は観測と異なるものの、計算で求めた永久変位の分布図（図5）、および断層面中央部で断層面からの距離に対する断層に平行な水平変動量との比較（図6）から、計算結果は観測に調和的な値を示していると言える。

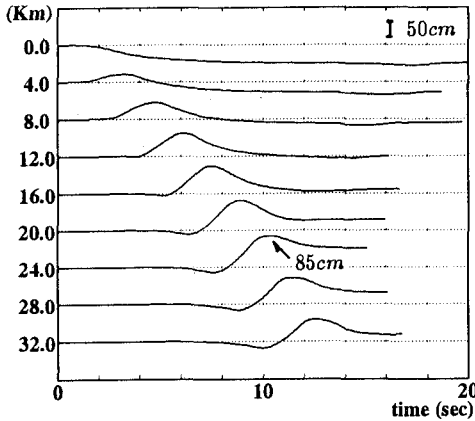
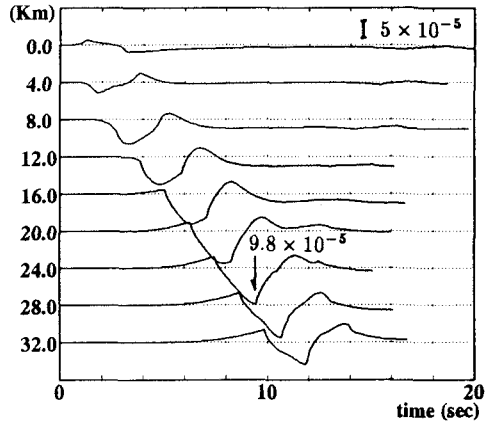


図3 計算波形（ $y=-4\text{km}$ ）：y軸方向変位



計算波形（ $y=-4\text{km}$ ）：せん断ひずみ

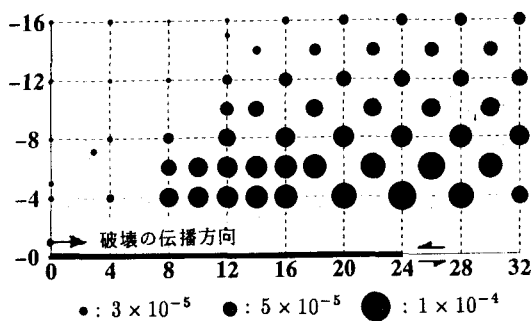


図4 各計算点における最大せん断ひずみ e_{xy} の分布

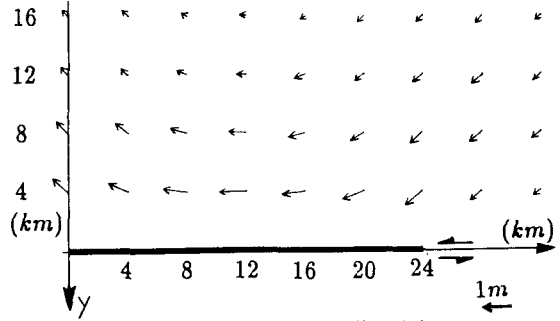


図5 計算された永久変位の分布

【4】おわりに

- (1) 三次元離散化波数法により、1930年 北伊豆地震のシミュレーション解析を行い、永久変位の観測記録と比較することによって本解析の妥当性を確認した。
- (2) 移動震源が動的な変位およびひずみに及ぼす影響を明らかにし、また、震源域における動的な応答は、残留した変位・ひずみよりもはるかに大きくなる可能性があることを確認した。
- (3) より現実に則した地盤モデルと断層モデルを用いれば、さらに合理的な地震動が合成できると展望している。

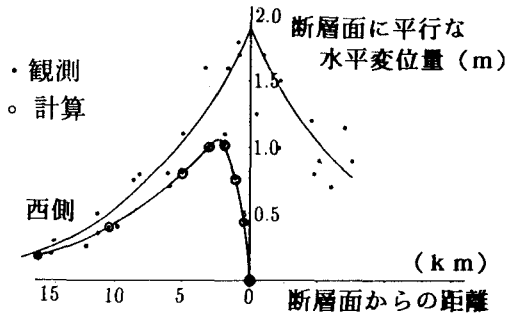


図6 $x=12\text{km}$ における水平変位量の比較

【参考文献】1) Bouchon, M. (1979). Discrete Wave Number Representation of Elastic Wave Fields in Three-Space Dimensions, JGR, Vol. 84, No. B7, pp. 3609-3614. 2) Chinnery, M. A. (1961). The Deformation of the Ground Around Surface Faults, BSSA, Vol. 51, No. 3, pp. 355-372. 3) 佐藤良輔 他、日本の地震断層パラメータ・ハンドブック、鹿島出版会、pp. 163