

北九州市における活断層を考慮した入力地震動の作成について

九州工業大学大学院 学生員 高田泰行  
 パシフィックコンサルタンツ（株） 正会員 濱本朋久  
 （株）CRC ソリューションズ 井上哲也  
 九州工業大学工学部 正会員 永瀬英生

1.はじめに

1995年兵庫県南部地震により構造物が多大な被害を受けたことは記憶に新しい。それに伴いレベル2地震、つまり内陸直下型地震で、土木構造物の供用期間中に発生する確率は低いが極めて強い地震の対策にはより高い関心が寄せられ、それに関する検討も行われてきている。これまでの設計用入力地震動は、全国一律の基準値に地域による差である地域別補正係数を乗じる方法で設定されてきたが、今後は設計地点近傍の活断層およびその地域特有の地盤特性の影響を考慮し、適切な断層モデルに基づく評価が必要であると考えられる。そこで本研究では、北九州市を対象に半経験的手法を用いて入力地震動を設定した。

2.解析に必要なパラメータの決定

入力地震動の作成は、観測記録から得られた情報をうまく利用し、半経験的に地震動を予測する方法で行った。半経験的手法は、実際に対象とする震源付近で発生し、建設地点近傍で得られた小地震の記録を経験的グリーン関数として、大地震の地震動を推定することができるもので、震源での予測し難いパラメータ（震源特性）および伝播経路特性、などの複雑な影響を考慮したレベル2の地震動を推定できる極めて有効な方法である。なお、解析プログラムには「D-WAVE」を用いた。



図1 小倉東断層の位置

本研究では、北九州市の小倉東断層による地震を想定し試算を行った。これは市内の人口密集地域を通過しており、確実度は、活動度はB級、地震規模はM=7クラスとされている。小倉東断層の位置を図1に示す。また断層パラメータを表1に示す。各々の値は過去の観測記録や実績のある経験式から算出した。

表1 断層パラメータ

断層の長さ (km)	断層の幅 (km)	走向方向 (°)	傾斜角度 (°)	ライズタイム (s)	地震モーメント (dyne·cm)	せん断波速度 (km/s)	破壊伝播速度 (km/s)
17.0	8.0	20	90	0.5	1.65E+25	3.5	2.5

小地震としては、防災科学技術研究所の基盤強震観測網（KiK-net）のデータの中で、推定地点近傍で2000年1月17日に深度200(m)の地中基盤上で観測されたものを使用した。震源位置は北緯33.80°、東経131.40°であり、マグニチュードは4.4、震源深さは10(km)で

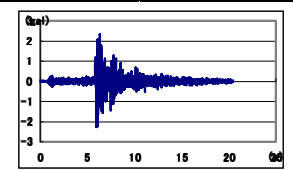
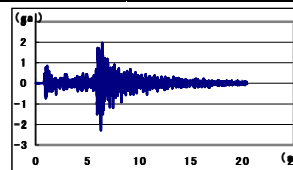


図2 時刻歴（EW成分） 図3 時刻歴（NS成分）

ある。地震モーメントは広帯域地震観測網（Freesia-net）から  $9.94 \times 10^{14}$  (dyne·cm) とした。観測された小地震の加速度時刻歴、フーリエスペクトルをそれぞれ図2～図4に示す。通常、加速度フーリエスペクトルは低振動数になるに従って小さくなるが、今回選択した波では0.1Hz近辺でもスペクトルが大きくなっていた。この現象から低周波領域はノイズを含んでいる可能性があるため、解析では小地震動を1.0～10.0Hzのバンドパスフィルターを通して用いた。なお、観測位置と震源位置を図1に併せて載せている。

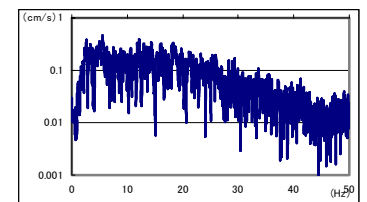


図4 フーリエスペクトル（EW成分）

キーワード：入力地震動、半経験的手法、地震モーメント、アスペリティ、応力降下量

連絡先：〒804-8500 北九州市戸畑区仙水町1-1 TEL 093(884)3111 FAX 093(884)3100

本研究では、破壊断層をモデル化する場合は断層全体を破壊させるのではなく、断層面上に2つ程度のアスペリティ（破壊域）を設定し、このアスペリティ部分から集中的に地震を発生させる方法で行った。断層破壊によって発生する地震動は破壊が推定位置に向かって進行していく場合により大きくなるので、それを考慮してアスペリティの分布および破壊開始位置を決定した。破壊の進行も小さいアスペリティの破壊開始後、2.42秒遅れて大きいアスペリティが破壊するようにした。また、面積、地震モーメントの分担率などについては経験式を用いて設定した。さらにアスペリティの分布については、深さ方向に最大のものと最小のもの二通りを仮定した。アスペリティの分布を図5、図6に示す。

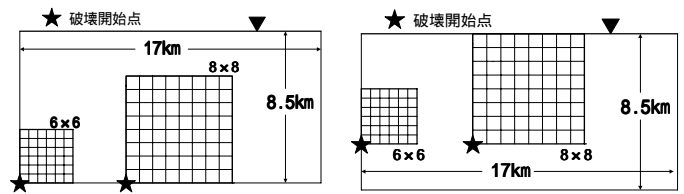


図5 アスペリティ分布(1) 図6 アスペリティ分布(2)

**3.解析に必要な補正值**

入力地震動を作成するために、経験的グリーン関数を用いる場合はいくつかの補正を必要とする。まず、想定する断層が大きい場合、断層近傍では断層面上の各点から推定地点までの距離は大きく変化する。その場合、減衰の補正は幾何減衰のみではなく、伝播媒質の減衰(Q値)を考慮しなくてはならない。しかし今回断層と推定位置の距離が非常に小さいためQ値の影響はほとんど無視できると考えられた。Q値の補正を行うと地震動を過大に評価してしまう可能性があるため、Q値の補正は行わなかった。

次に、想定地震と小地震との間の応力降下量の違いによる補正についてであるが、観測された小地震の応力降下量  $\sigma_0$  が 25.39 (bar)、想定地震の応力降下量  $\sigma_0$  が 23.14 (bar) となり、今回は両者がほぼ同じとみなし補正は行わなかった。

**4.解析結果**

以上のパラメータを用いて想定地震の解析を行った。得られた想定地震の加速度波形、応答スペクトルを図7～図12に示す。これらの図にはアスペリティの分布の違いによる2つのパターンを示している。これよりアスペリティの位置を地表面近くにおいた場合の方が大きな地震波を得ることができた。しかし、アスペリティの位置を最も危険側で地震動が大きくなるように推定しても、スペクトルはそれ程大きくはならなかった。本研究では基盤波を試算したため、サイトの増幅特性を考慮して地表面波を算出することは今後の課題である。また、いろいろな小地震波を用いて試算を繰り返し推定波の精度を上げること、各補正についても慎重に検討すること等も課題ではあるが、本研究の試算結果は、北九州市近傍の設計用入力地震動が現行のものよりも小さくなる可能性を示しており、安全性を確保しつつ、より経済的な設計が行える可能性があることを示している。

**5.まとめ**

半経験的手法により、北九州市の小倉東断層を考慮した入力地震動を想定した結果、構造物の耐震設計においては対象地域特有の入力地震動を想定することが必要であることが明らかになった。

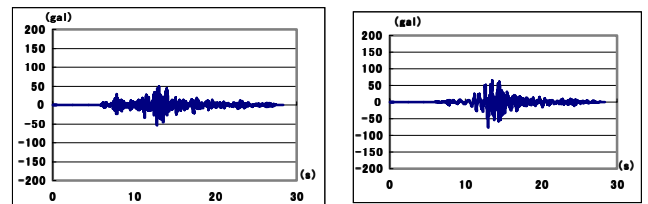


図7 時刻歴 (EW成分) 図8 時刻歴 (NS成分)  
アスペリティ分布(1) アスペリティ分布(1)

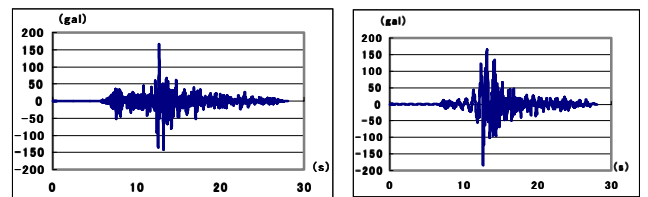


図9 時刻歴 (EW成分) 図10 時刻歴 (NS成分)  
アスペリティ分布(2) アスペリティ分布(2)

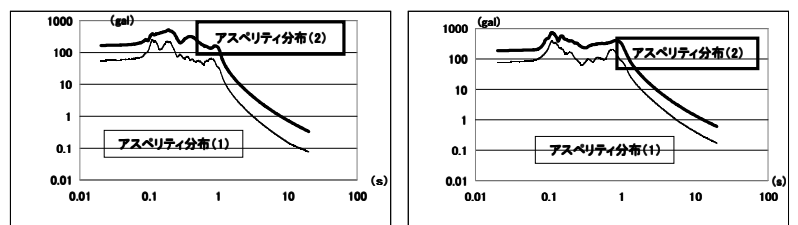


図11 応答スペクトル (EW成分) 図12 応答スペクトル (NS成分)