

地盤の非線形性を考慮した福岡の地震危険度評価

九州大学工学部 学生員 ○永松 義敬
九州大学工学部 フェロー 大塚 久哲

九州大学工学部 正 員 松田 泰治
九州大学工学部 学生員 中尾由紀子

1. はじめに

兵庫県南部地震以来、各地で断層活動に伴う地域災害を予測しようとする動きが活発になっている。しかし、その解析に必要となるデータベースは十分とは言えず、広域的な予測を行う上での障害となっている。また、予測を行う上で近傍の地震のように大ヒズミの発生が予想されるにもかかわらず、震源付近の応答解析に等価線形化手法(SHAKE)をベースとした解析を行っているケースが多く見られる。更に、等価線形手法と非線形手法を比較検証した研究はあるものの、あくまで弱非線形領域を対象としたものがほとんどである。そこで、本研究では地盤の強非線形領域に至る特性を考慮したモデルを利用し、表層の地震時応答を予測・評価するとともに、等価線形手法で予測したものと比較検討を行った。

2. 手順と解析手法

福岡市とその周辺から得られたボーリングデータをデジタル化し、それをもとに地盤の固有周期を推定、等価線形、非線形両手法により地震応答加速度を求める。これにより得られた加速度より対象地域の危険度を表し、比較検討を行う(図-1)。

等価線形の応答解析にはSHAKEを使用し、非線形応答解析は、せん断バネモデル(図-2)を採用した。せん断バネモデルの採用の理由として、このモデルを利用することにより、地盤のモデルを簡便に構築する事ができ、解析を行う際にも強非線形領域の履歴特性が再現可能なためである。せん断非線形バネモデルとしてはR-Oモデルを採用した。今回の研究では非線形地盤モデルでの減衰定数は履歴減衰を考慮して解析を行っているため、減衰定数は0.02とした。

本研究で対象とする地震は、内陸の活断層による直下型地震であり、等価線形化解析と非線形解析の差異を明確にするために、大ヒズミが発生するようなものでなければならない。この2点を考慮し、福岡市南部に位置する警固断層を採用する(図-3)。距離減衰式はJoyner and Boore、地震波形はJMAKOBENSをそれぞれ採用した。

3. 解析結果

解析結果(図-4、図-5) からわかることは、等価線

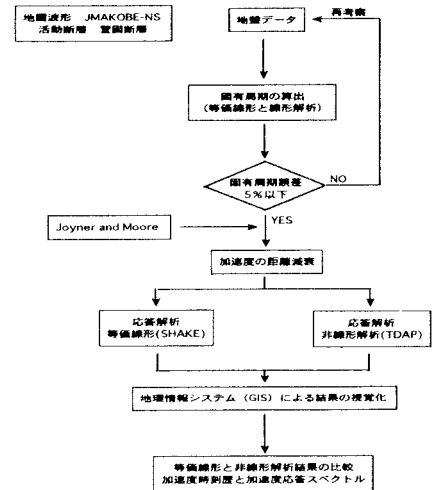
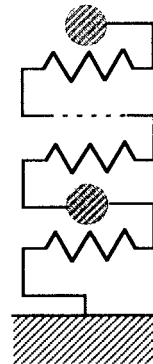


図-1 解析手順



$$\alpha = \left(\frac{2}{\gamma_{0.5} G_{\max}} \right)^{\beta}$$

$$\beta = \frac{2\pi h_{\max}}{2 - \pi h_{\max}}$$

図-2 解析地盤モデル（左）

図-3 地震位置図（右）

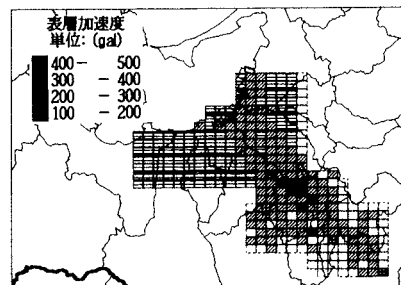


図-4 等価線形化解析による表層加速度予測

形化手法に比べ、非線形手法の方が全体的に表層加速度が安定化しているということである。図からも150-200gal程度の加速度が非常に多く存在することが分かる。これに対して等価線形化手法による解析では200gal近傍の加速度が多く予測され、その一方で中には400gal超過の地点も存在した。

また、等価線形化手法では粘性地盤(埋め立て)などによる大きな加速度増幅があるのに対して、非線形解析を行うと、粘性地盤の履歴減衰によるエネルギー吸収により、応答倍率が等価線形化手法かなり小さい値を示し、その結果表層加速度が小さく予測される場合が多く見られた。特に地盤周期0.3秒程度までは等価線形化手法と非線形手法に大きな差異は認められなかったが(図-6)、非線形解析では0.3秒をピークにして応答倍率の低下が見られ、東神戸大橋の観測波形による応答倍率は非線形解析の延長上に近い位置に存在する。

4. 本解析手法の検証

本研究は、地盤の非線形性を考慮して地震時の地盤応答加速度の推定を行ったものである。等価線形化解析と非線形解析の応答推定に対する比較では(図-7)、非線形解析による加速度応答スペクトルのほうが非線形化解析手法より観測波形の加速度応答スペクトルに近い。これから非線形解析が、地盤の応答解析に優れたものであることが分かる。この非線形解析手法は時間、手間はかかるものの大ヒズミに対する挙動については、等価線形化手法に比べ、より観測に近い結果を与えている。

5. おわりに

今後は、福岡県にこの非線形モデルを拡大して適用し、特に福岡県における地震災害が最も予想される久留米などの南部地域と、周防灘などのある北九州地域を含めた更に広域的な地震危険度を予測、検討する一方で、点震源ではなく面震源を考えた予測にも着目して解析を進めていく予定である。

6. 謝辞

東神戸大橋の波形を提供して下さいました土木研究所振動研究室の方々に心より感謝の意を表する。

参考文献

- 1). 荻野 宏之：都市震害分析のための防災 GIS の構築 第23回 地震工学学会論文集、1995.
- 2). 中村 豊：強震記録に基づいた地盤非線形化分析-手法と事例- 第23回 地震工学学会論文集、1995.
- 3). William B.Joyner and David M.Boore：Perk Horizontal Acceleration And Velocity From Strongmotion Records Including Records From The1979 Imperial Vally,CALIFORNIA,Earthquake.BSSA 1981

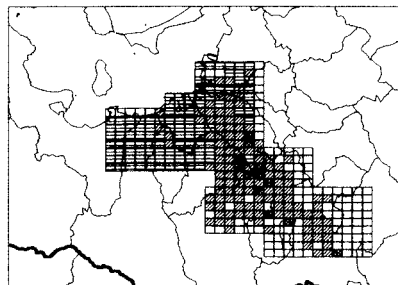


図-5 非線形解析による表層加速度予測

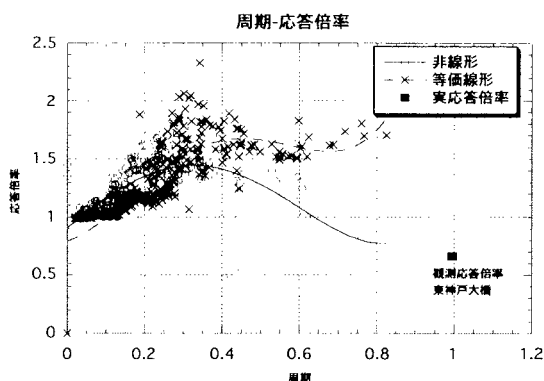


図-6 応答倍率比較

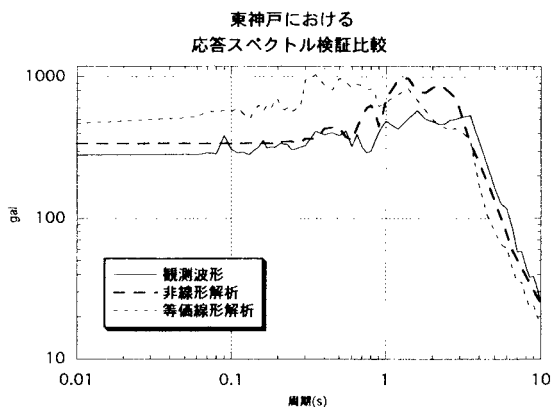


図-7 検証(東神戸大橋)