地盤条件変化点における地震動(その2、地震応答解析による検討結果)

前橋工科大学 学生会員 関塚尚貴 前橋工科大学 フェロー会員 那須 誠

## 1.はじめに

1995 年兵庫県南部地震における被害集中領 域は、岩盤と土砂堆積地盤の境界部の後者側で 発生した<sup>1</sup>)。また、2005 年福岡県西方沖地震に おいても断層近くの地盤条件変化点で構造物等 の被害が多く見られた。本研究では、本学卒業 生の作成した地盤条件変化点に着目した簡易モデル<sup>2</sup>) を実際の規模に拡大し、さらに堆積地盤層を複数に分 割した解析モデルを作成して地震応答解析を行って地 盤状態と地震動の関係を調べた。

2. 地震動と地盤・地形との関係の例

(1)兵庫県南部地震の地震動記録と地形の関係

1995 年兵庫県南部地震(M=7.2)の際に発生した構造 物の集中被害領域である震度 の領域(震災の帯)は伏 在活断層の位置とは必ずしも一致せず、伏在断層がつ くる大きな段差の下盤側、即ち硬軟地盤境界部の軟質 地盤(堆積土層)側(図1参照)で発生している<sup>1)</sup>。その被 害領域は山側の基盤面と海側の堆積土層の境界面(図 1のF)の角度が緩くなるにつれて海側に離れていく 傾向も認められる<sup>1)</sup>。また、地盤の等高線の密なとこ ろの地震動記録の粒子軌跡は長円形を示し、その長軸 方向は等高線に対してほぼ直角方向になっている<sup>1)</sup>。 全体的に見ると岩盤のある山側で振幅は小さく、堆積 層の厚い海側で大きな振幅を示している傾向がある<sup>1)</sup>。 (2)福岡県西方沖地震の被害と地震動と地形の関係

2005 年 3 月 20 日、福岡市の北西約 40km を震源と する福岡県西方沖地震(M=7.0)が発生した。この地震に おいても警固断層周辺に壁や柱、家屋等の損傷、プロ ック塀の崩壊などの構造物の被害集中領域が発生して いる(図 2)<sup>3</sup>。警固断層は基盤(砂岩、礫岩、シルト岩 よりなる)の深さが大きく変化するところに位置し、断 層の西側は基盤面が浅くなっているのに対して東側は 基盤面が深く、その上に粘土や砂などの厚い堆積層が 形成されている(図 2)<sup>4</sup>。また、警固断層から東側の 領域で比較的大きな地震動が観測されるとともに特に



被害が集中している。

3. 地震応答解析

今回の解析では地震応答解析プログラム FLUSH Complex<sup>5)</sup>を用いた。被害集中領域の発生位置や規模 は地盤状態が大きく関係していると考えられる。山側 の基盤面と海側の堆積地盤との境界面形状(図1のF) は断層によって異なるため、基盤の傾斜面を 20°、 30°、45°、60°、90°、 60°に変化させた2次元 モデルを作成し、それぞれの場合について解析を行っ た。堆積地盤は3層に分割し、それぞれの土層につい てせん断波速度( $V_s$ )等の物性値を既存のデータ<sup>6)</sup>を もとに決定し、地盤の剛性と減衰定数に歪非線形性を 考慮した。地震動の入力波形としては兵庫 県南部地震において神戸海洋気象台で観測 されたNS成分(図3)を用い、解析モデル 基盤底面側から入力して水平方向に加振し た。地震応答解析モデルを図4に示す。

4.解析結果

今回の解析では地表面における最大加 速度、速度、変位、せん断応力、せん断歪 み等を求め、それぞれの解析モデルについて検討 した。図5,6には基盤面傾斜角度と地表面に おけるせん断歪みの最大ピーク値、その発生位置 の関係を表している。せん断歪みは地表面の硬軟 地盤境界部である400m地点(図4のB地点)を境 に、基盤側と堆積層側の値が大きく変化し、基盤 面の傾斜角度が緩やかな場合は小さな値を示し、角 度が大きくなるにつれてその値も大きくなっていく。 図5に示した点線はせん断歪みの最大ピーク値を絶対 値表示したものであり、角度が90度のときにその値 が最も大きい。そのピーク発生位置は基盤面傾斜角度

が垂直に近いほど境界部に近い位置に現れ、傾斜が 緩やかになるほど境界部から離れていく傾向がわかる。 これは被害集中領域(震災の帯)の発生とその特徴<sup>1)</sup> に対応していると推測される。加速度など他の結果も 境界部で数値が変化しており、地盤状態の影響が地表 面の地震動に現れている。

5.まとめ

以上により兵庫県や福岡県その他の地域における地 盤条件と地震動の関係から、地盤状態の不連続性が構 造物の被害集中領域発生の要因の1つであり、その状 態が被害の位置や規模に関係していると考えられる。 即ち、地盤のせん断歪みが大きく影響したと推定され る。地震動は等高線が密な領域では地表面や基盤面の 傾斜の影響により等高線に対してほぼ直角な方向に卓 越する場合が多く、さらにその挙動は地盤条件の不連 続点の軟弱地盤層の厚いところほど顕著に現れている と推定される。

終わりに、参考や引用させて頂いた文献の著者に厚 く御礼を申し上げます。

## 参考文献

1)那須誠:兵庫県南部地震による被害集中領域発生と地盤の 関係,第7回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震 設計に関するシンポジウム講演論文集,pp. 359-366,2004.1. 2)高田健太郎:震災の帯(震度7の領域)発生原因の研究-簡



表 1

基盤

解析定数

土層 1

土層2

土層3



-60

-80

略モデルによる解析-、平成 12 年度前橋工科大学工学部建設 工学科卒業研究論文,2001.2.

- 3) 笠間清伸他:市街地域における被害概要と地質・地盤特性、 福岡県西方沖地震における被害調査報告、(社)地盤工学会、 福岡県西方沖地震地盤工学会調査団発行、pp.87-92、 2005.6.
- 4) 佐藤研一: 地質・地盤条件、福岡県西方沖地震・土木学会被 害調査団速報第2報、土木学会ホームページ、2005.4.
- 5)(株)基礎地盤コンサルタンツ編:Flush Complex マニュアル、2000.
- 6) 足立紀尚他:新関西地盤、神戸および阪神間、関西地盤情 報活用協議会発行、1998.10.