# 基盤が不整形な軟弱地盤の地震応答特性に関する解析的検討

東京電機大学	フェロー	会員 安田	進
東京電機大学	正会員	〇田中	智宏
日本ガス協会		初田	義人

### 1. 目的

軟弱地盤の層厚が急変する不整形地盤では地震動の増幅の違いから,種々の構造物に被害をもたらすことが ある。2007年に発生した新潟県中越沖地震では柏崎市や刈羽村において,埋設されたガス導管の長柱座屈等 の被害が発生した<sup>1)</sup>。柏崎平野の基盤面は起伏が激しく局所的に不整形な地盤構造であり,そのような地盤に おいて被害を受けたガス導管が存在することから,不整形地盤における複雑な地盤変状が被害要因の一つとし て考えられる。そこで本報告では,地震時の不整形地盤中における地盤変状に関する検討を行うため,2次元 の地震応答解析を実施した。そして,基盤面の傾斜角の変化により発生する地盤の水平変位やひずみについて 検討した。

#### 2. 解析モデルおよび条件

解析モデルの模式図を図-1 に示す。また解析モデル条件を表-1 に示す。モデル基盤層は地表面に露出させ 堆積層厚 H を 30m と固定し,基盤層の傾斜角 θをパラメータとして 2.5~90°まで変化させた。解析領域の長 さは基盤傾斜角 θによって異なるが、モデル境界部で異常な応答値が発生しないよう充分な長さを確保した。

地盤は柏崎市半田地区の地盤調査結果<sup>1)</sup>を基に軟弱な堆積層と基盤層の2層構成と簡略化し,物性値は表 -2に示すように設定した。地下水面位置は地表面とした。また,堆積層と基盤層についてはせん断剛性Gと 減衰定数hのひずみ依存性を考慮し,安田・山口<sup>2)</sup>によって提案された式を用いて設定した。

解析には有限要素法に基づく2次元地震応答解析 FLUSH (ソルバー: ADVANF/Win Ver. 3.0) を使用した。 境界条件として側方は粘性境界,底面は粘性境界(弾性基盤境界)とした。

入力波は新潟県中越地震の際に柏崎刈羽原子力発電所において記録された地震記録を使用した。なお、同所 内の地震計は建屋南北軸に揃えてあるため、方向調整を施した EW 成分を入力した。入力波形を図-2 に示す。



#### 3. 解析結果

解析結果は、ガス導管の埋設深度である解析モデル地表面から 1.5m 下における、地盤の水平変位および水 平ひずみに着目して整理した。図-3 には基盤傾斜角 θ=10°の最大水平変位および最大水平ひずみの分布図を

キーワード 地震,不整形地盤,ガス導管,地震応答解析

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学理工学部理工学科建築・都市環境学系 TEL: 049-296-3293

示す。水平変位は、堆積層と基盤層が地表で接している上部境界付近から堆積層厚が厚くなるに伴って増加し、 下部境界から離れた箇所で最大値となった。さらに下部境界から離れると、ある一定の残留値に収束した。上 部境界付近における水平変位の急増に伴い、水平ひずみも上部境界付近で増加した。基盤傾斜区間では水平ひ ずみは少しではあるが減少し、下部境界から離れた箇所ではほぼゼロに近くなった。



図-3 基盤傾斜角 θ=10°における最大値分布図

図-4には各基盤傾斜角 θが異なった場合の地盤の最大水平ひずみの分布図を示す。紙面スペースの都合上, 全てのケースの結果を掲載していない。θ=5°と基盤傾斜が緩くなると上部境界付近で水平ひずみが増加する が、下部境界に近い基盤傾斜区間で最大値となった。また、最大水平ひずみの値は θ=10°より小さい。一方、 θ=20°と基盤層の傾斜が急になると、最大水平ひずみ分布は θ=10°と同様の傾向であるが、最大水平ひず みの値は θ=10°より増加した。 θ=45°では上部境界付近で発生する最大水平ひずみが急増する結果となっ た。これらのことは、基盤層の傾斜により最大水平ひずみが発生する箇所は異なることを示唆している。図-5 には基盤傾斜角 θと地盤の最大水平ひずみの関係を示す。地盤の最大水平ひずみは基盤傾斜角の増加に伴い大 きくなるが、 θ=45°でピークとなり、これよりさらに基盤傾斜が急勾配になると減少する傾向となった。



図-4 各基盤傾斜角における最大水平ひずみ分布図

## 4. まとめ

地震時の不整形地盤中における地盤変状に関する検討を行うた め、2次元の地震応答解析を実施した結果、堆積層と基盤層の上 部境界付近で地盤の最大水平ひずみが大きくなるが、基盤傾斜角 によってその発生箇所は異なる結果となった。また、基盤面の傾 斜が急勾配になると地盤の最大水平ひずみ値は増加するが、θ =45°でピークとなる傾向にあった。

地盤の水平ひずみが増加する要因として基盤傾斜角の他に,堆 積層の厚さ,堆積層と基盤層のインピーダンス比,地震動等が複 雑に寄与しているものと考えられ,今後これらについても検討し たいと考えている。





謝辞:本研究は(社)日本ガス協会が主催する「柏崎と同様の地形・地盤条件に係る技術調査研究会」の調査研究の一環として 行われたものである。また本報告で用いた地震動は,東京電力(株)から提供された地震観測記録を使用した。関係各位に謝意 を表す。参考文献:1)総合資源エネルギー調査会,都市熱エネルギー部会ガス安全小委員会,新潟県中越沖地震における都市ガ ス事業・施設に関する検討会:新潟県中越沖地震における都市ガス事業施設に関する検討会報告書,経済産業省監修,2008.2) 安田進,山口勇:種々の不撹乱土における動的変形特性,第20回土質工学研究発表会講演集,pp.539-542,1985.