

三次元有効応力解析によるガス製造工場の地盤変状予測

西部ガス(株) 正会員 田和 政行 篠島 秀利

清水建設(株) 正会員 杉本 盛明 木全 宏之 藤田 豊 ○宮元 大輔

1. はじめに

2005年3月20日に発生した福岡県西方沖地震において、ガス製造工場である福北工場の敷地内の一部で液状化に伴う地盤変状が生じた。このため、三次元有効応力解析による地盤変状のシミュレーション解析を行い、敷地全体の地盤変状を把握して、設備の耐震対策を実施した。本報は、北九州工場を対象として、同規模の地震に対する耐震対策のための基礎資料を得るため、同様の三次元有効応力解析による地盤変状予測解析を行った結果について示したものである。

2. 地盤概要

当該地盤は図-1, 2 に示すように、岩盤(頁岩)レベルが大きく変化しており、不整形地盤であることが特徴的である。地層構成は、地表から埋土(N値5)、礫混じり砂(N値3)、シルト(N値2)、礫混じり砂(N値10)、粘土(N値5)、砂礫(N値35)、岩盤(頁岩)の順となっており、礫混じり砂が液状化の対象層となる。

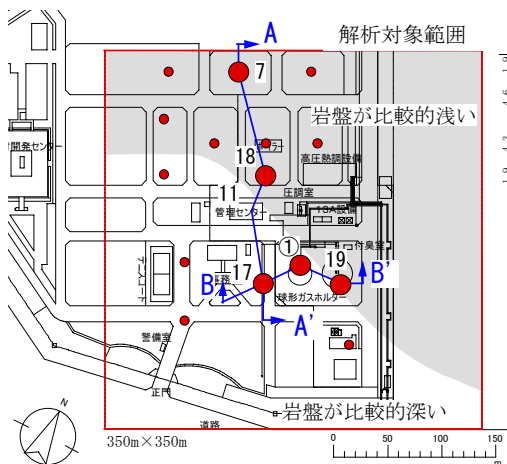
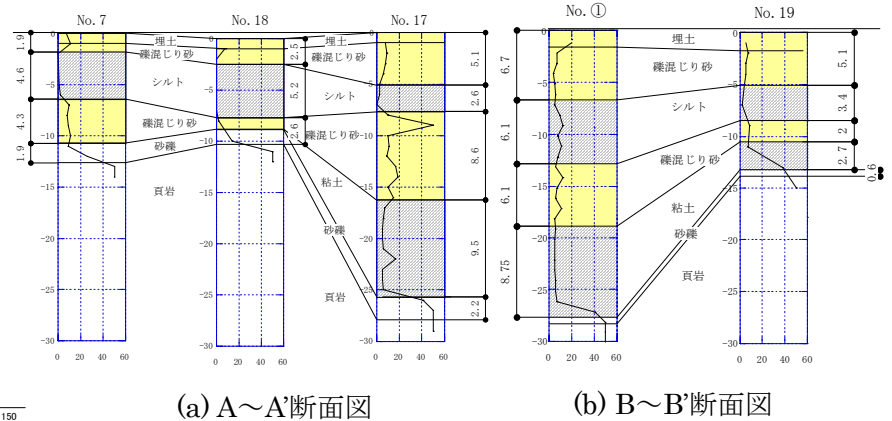


図-1 敷地平面図



(a) A~A'断面図

(b) B~B'断面図

図-2 地層断面図

3. 三次元有効応力解析

(1) 入力地震動

入力地震動は、前報¹⁾と同様に2005年福岡県西方沖地震の基盤強震観測網(KIK-net)²⁾で得られた岩盤内(観測点:宇美, GL-100m)の加速度波形(図-3)を適用した。前報¹⁾では観測点と福北工場地点の震源距離の違いを考慮し、司・翠川の距離減衰式³⁾から観測波形を1.3倍した振幅調整波を適用したが、本解析でも同様の振幅調整波を適用し、GL-100mにおける入力地震動とした。

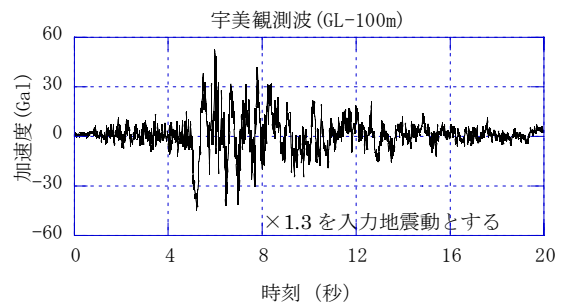


図-3 入力地震動

(2) 解析モデル

図-1 に示した範囲を対象に、地盤の不整形性を適切に表現できる三次元有限要素を用いてモデル化を行った。解析モデルを図-4 に示す。地盤は非線形ソリッド要素とし、応力-ひずみ関係に修正 R-O モデル⁴⁾、過剰間隙水圧モデルに Bowl モデル⁵⁾を用いた。GL-1.0m 以深にある礫混じり砂を有効応力要素として扱い、非排

キーワード: 地盤変状, 液状化, 有効応力解析

〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S 館 TEL 03-5441-0598 FAX 03-5441-0512

水条件を課すことで過剰間隙水圧の上昇を考慮した。解析モデルの境界条件は、モデル底面を固定とし、側面を水平ローラとした。地震方向は、岩盤の不陸面に直交する方向(X 軸から+45° 方向)とした。

(3) 解析結果

礫混じり砂の過剰間隙水圧比分布を図-5 に示す。GL-5m 程度までの礫混じり砂は敷地全面に亘って水圧比が 1.0 近傍(赤色)となっており、液状化を生じるが、GL-10m 付近の礫混じり砂は支持層が浅い地層のみで液状化が生じている。これは、支持層が浅い地層では、深い地層に比してせん断ひずみが集中し大きくなったためであると考えられる。また、地震後の地表面の残留変位を図-6 に示す。最大水平変位は 2.06cm で、最大鉛直変位(沈下)は 1.20cm である。地盤の不整形性に起因し、岩盤の不陸面付近や支持層の深い地盤部でより大きな残留変位が生じている。

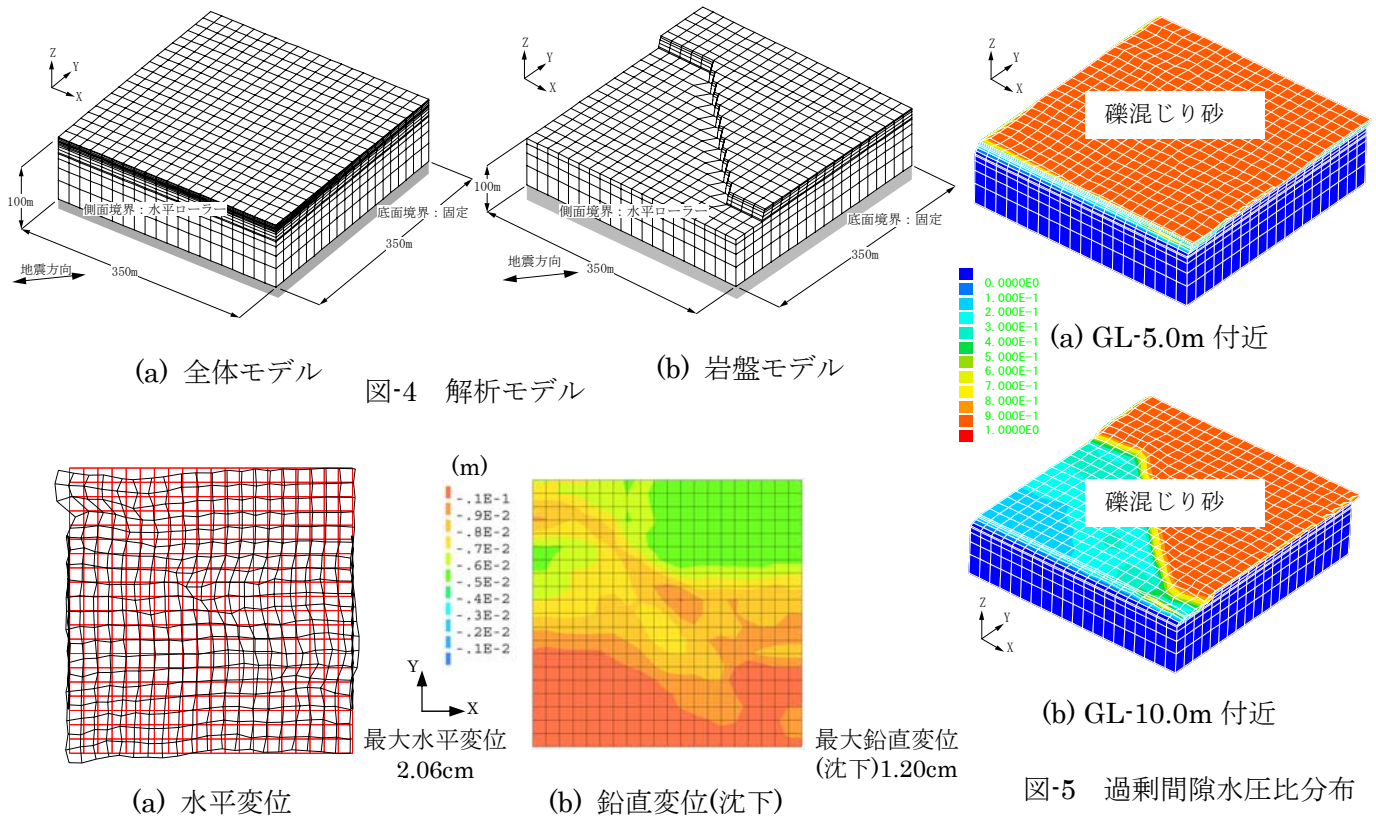


図-6 地震後の残留変位

4. まとめ

2005 年福岡県西方沖地震の強震加速度記録を用い、北九州市の三次元有効応力解析による地盤変状予測解析を行った。当該敷地地盤は不整形地盤であり、支持層の浅い地層では深い地層に比してせん断ひずみが大きくなり、液状化発生が顕著となることがわかった。また、地震後の地表面の残留変位は、地盤の不整形性に起因して、岩盤の不陸面付近や支持層の深い地盤部でより大きな残留変位が生じることがわかった。本解析結果を当該工場の耐震対策のための基礎資料とするとともに、他工場でも同様の手法を適用した地盤変状予測解析を実施している。

参考文献

1)田和政行他：2005 年福岡県西方沖地震における護岸隣接工場の地盤変状に関する一考察,土木学会第 61 回年次学術講演会講演概要集,2006. 2)http://www.kik.bosai.go.jp/kik/ 3)司宏俊,翠川三郎：断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式,日本建築学会構造系論文集,第 523 号,1999. 4)龍岡文夫,福島伸二：砂のランダム繰返し入力に対する応力～歪関係のモデル化について,生産研究,1978. 5)福武毅芳,松岡元：任意方向単純せん断におけるダイレイタンスの統一的解釈,土木学会論文集,No.412/III-12,1989.