

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)

箴島 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、長崎工場を対象として、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、B～B'方向に岩盤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。一方、B～B'直角方向には概ね成層構造となっている。地層構成は、地表から埋土(N値10)、細砂・中砂(N値12)、風化岩、凝灰角礫岩の順となっており、埋土および細砂・中砂が液状化の対象層となる。

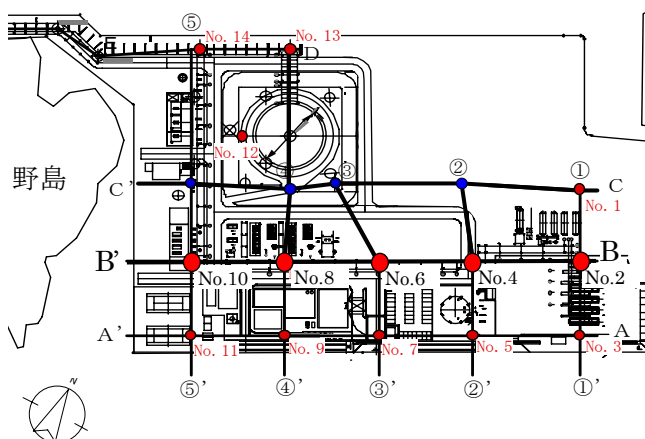


図-1 敷地平面図

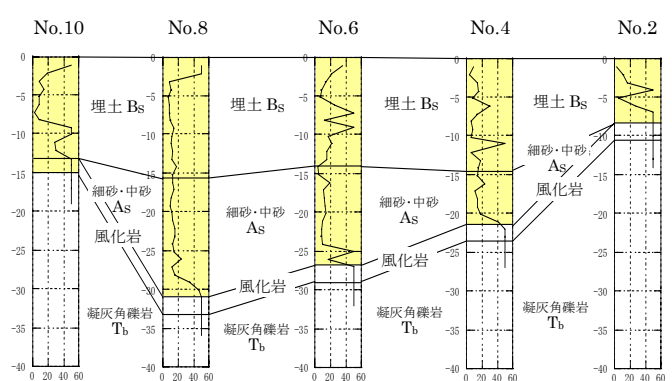


図-2 地層断面図 (B～B'断面図)

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。

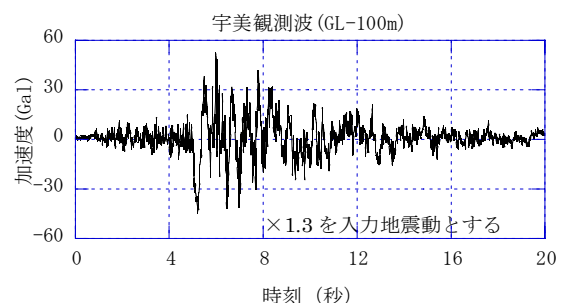


図-3 入力地震動

(2) 解析モデル

図-1に示した敷地を対象に、地盤の不整形性、LNG地下タンク、岸壁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-2.0m以深にある埋土および細砂・

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

中砂を有効応力要素として扱い、非排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 Y 方向ローラとした。地震方向は、水平一方向(Y 方向)とした。

(3) 解析結果

埋土および細砂・中砂の過剰間隙水圧比分布を図-5 に示す。過剰間隙水圧比は表層地盤の層厚が薄い敷地端部の細砂・中砂層で最大 0.5 程度であり、対象敷地全面にわたり液状化は生じていない。一方、表層地盤の層厚が厚い敷地中央部では 0.1 程度とほとんど水圧上昇が認められない。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 1.23cm、最大鉛直変位(沈下)は 1.08cm と僅かであるが、支持層の深い地盤部でより大きな残留変位が生じており、表層地盤の厚さの影響を受けているものと考えられる。

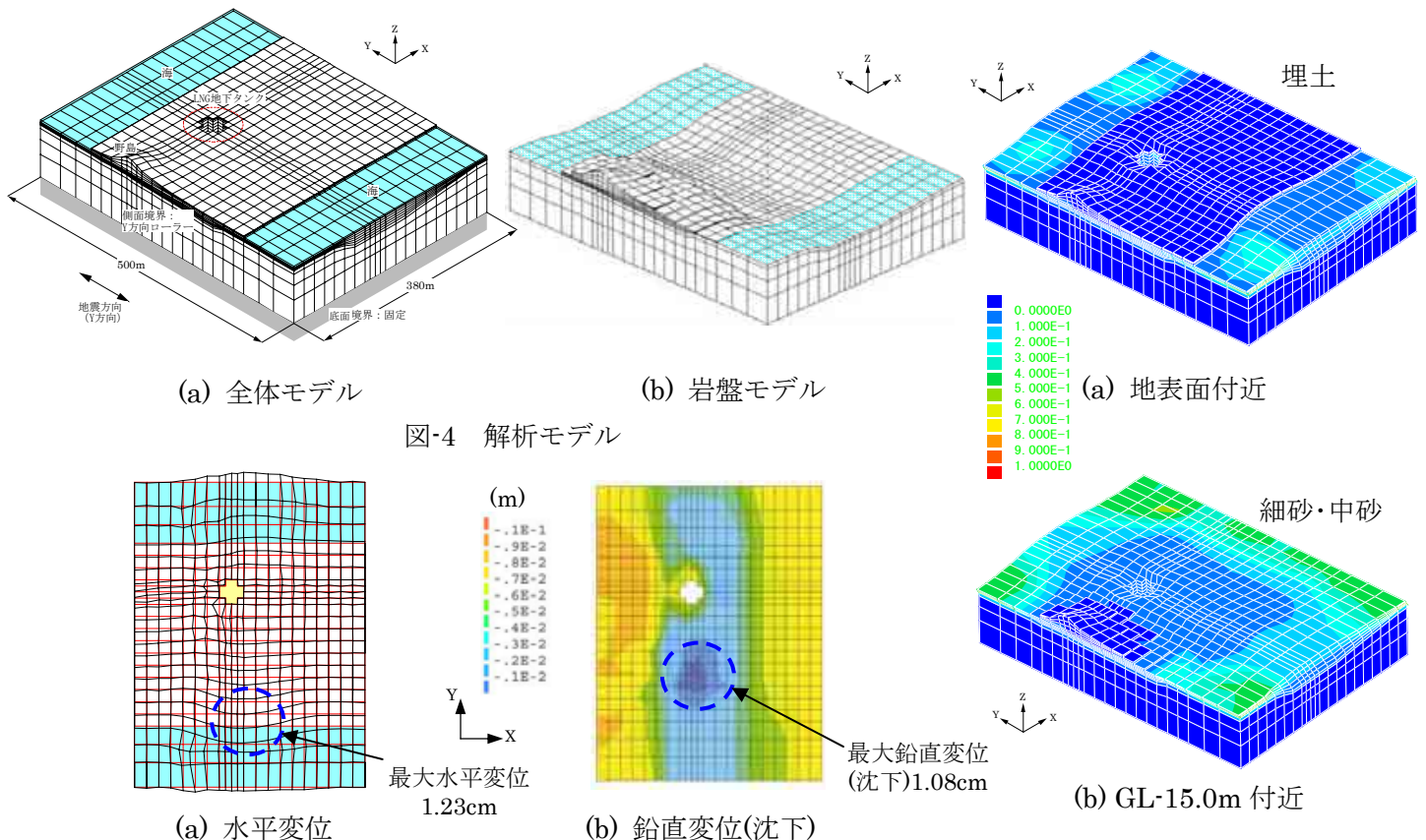


図-4 解析モデル

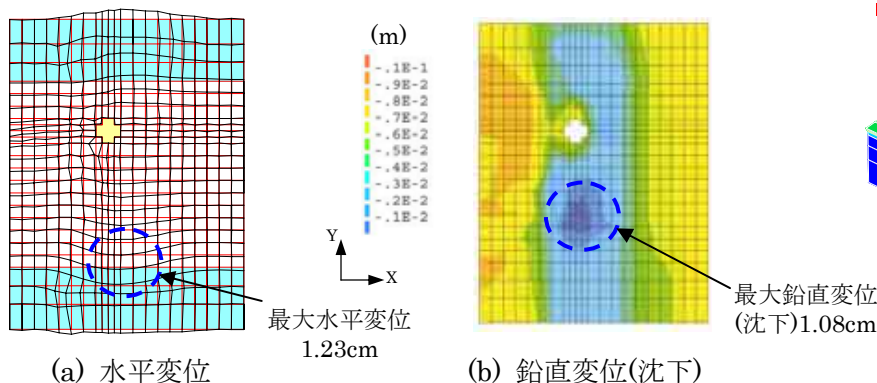


図-6 地震後の残留変位

図-5 過剰間隙水圧比分布

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、長崎工場の三次元有効応力解析による地盤変状予測を行った。当該敷地地盤に発生する過剰間隙水圧比の最大値は 0.5 程度で、敷地全面にわたり液状化は生じないことが予測される。地震後の地表面の残留変位は 1cm 程度と僅かであり、地盤の不整形性に起因して、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シーの統一的解釈,土木学会論文集,No.412/III-12,1989.