

4.12 免震構造物の液状化対策工事～臨海地区における医療施設～

4.12.1 はじめに

本建物は石川県七尾市における能登の医療を支える拠点として、2013年10月に建設された総合病院（写真4.12.1、写真4.12.2）である。構造形式は免震構造を有したRC造の7階建で、建築面積3700m²、延べ面積約16000m²である。建設地は臨海立地であり、2007年に発生した能登半島地震において、敷地周辺で噴砂など液状化による地盤変状が確認・報告¹⁾されている。

本節では地盤の液状化対策として実施した格子状地盤改良²⁾について紹介する。



写真4.12.1 建物全景（北側）



写真4.12.2 建物全景（南側）

4.12.2 敷地・地盤概要

本建物の建設地位置を図4.12.1に示す。本建設地は能登半島東側にあり、港湾に面している。敷地内の地盤調査は、図4.12.2に示すとおり、合計4カ所で行われた。



図4.12.1 建設地位置³⁾

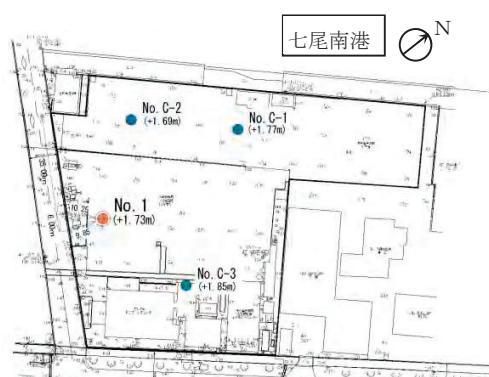


図4.12.2 地盤調査位置

土層断面想定図を図 4.12.3 に示す。地表から約 10m 近辺までは主に粘土やシルト質粘土で構成され、一部砂質シルトなど砂分が混入した層が存在する。地下水位は GL-1.3m である。GL-10m 以深では、砂岩からなる基盤岩層が出現する。当該地層は N 値が 60 以上あり、支持層として適している。また、弾性波速度検層（PS 検層）の結果、せん断波速度（Vs）約 600m/s が得られている。各種土質試験結果を踏まえ液状化判定を実施した結果、地表面最大加速度 350gal（マグニチュード 7.5）において、一部の層（GL-10m 近辺の砂層）で液状化の可能性が確認された。2007 年に発生した能登半島地震における周辺地盤での噴砂、液状化の状況を写真 4.12.3 に示す。

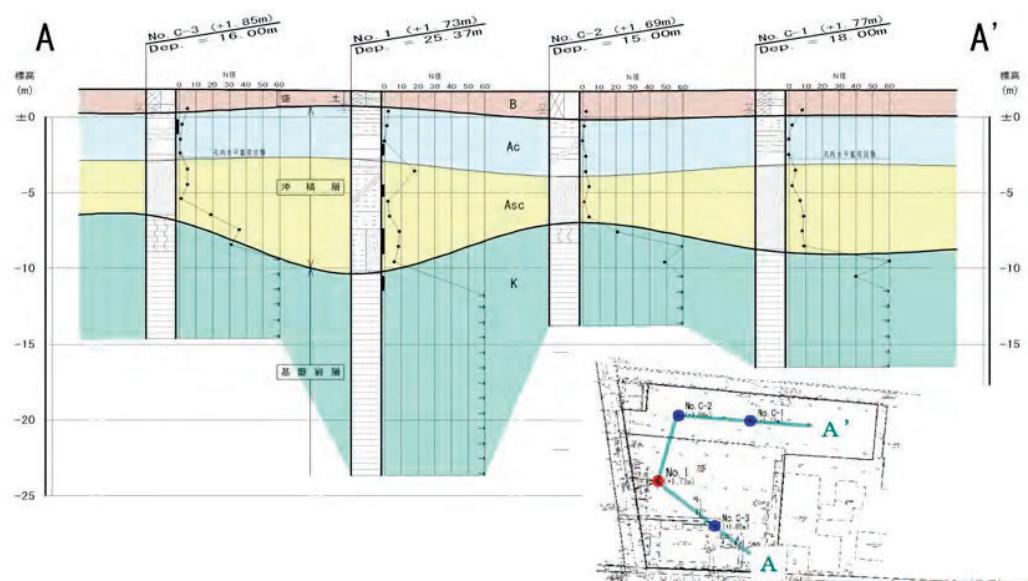


図 4.12.3 土層断面想定図



写真 4.12.3 2 年能登半島地震における周辺地盤変状¹

4.12.3 地盤改良・基礎構造の計画概要

本建物の地盤改良・基礎構造の計画方針を以下に示す。

①液状化する可能性のある地盤であるため、地盤改良にて液状化対策を行う。

②地表付近の N 値が低く、支持層の深度が比較的浅いので、深層地盤改良を行い直接基礎とする。

③鉛直力の大きさにより、地盤改良体の本数を調整し、圧縮応力度のばらつきを小さくする。

①～③の計画方針から、地盤改良体の配置が決定された。改良体配置図を図 4.12.4 に、軸組図を図 4.12. に示す。

①については、基盤岩層（支持層）まで地盤改良体を格子状に配置し、地盤を拘束することで、格子内地盤の地震時せん断応力度を低減し、液状化を防止する計画とされた。

②については、①の地盤改良体を利用し建物を支持する直接基礎（べた基礎）とされた。また、地盤改良体の配置を上部架構の柱スパンと合わせることで、上部架構の鉛直力・水平力を直接改良体に伝達する計画とされた。

③については、建物内部柱は鉛直力が大きいため、内部柱下の地盤改良体本数を増す計画とされた。また、今回の施工では 2 軸の重機を用いるために、改良体が偶数本となるような配置計画とされた。

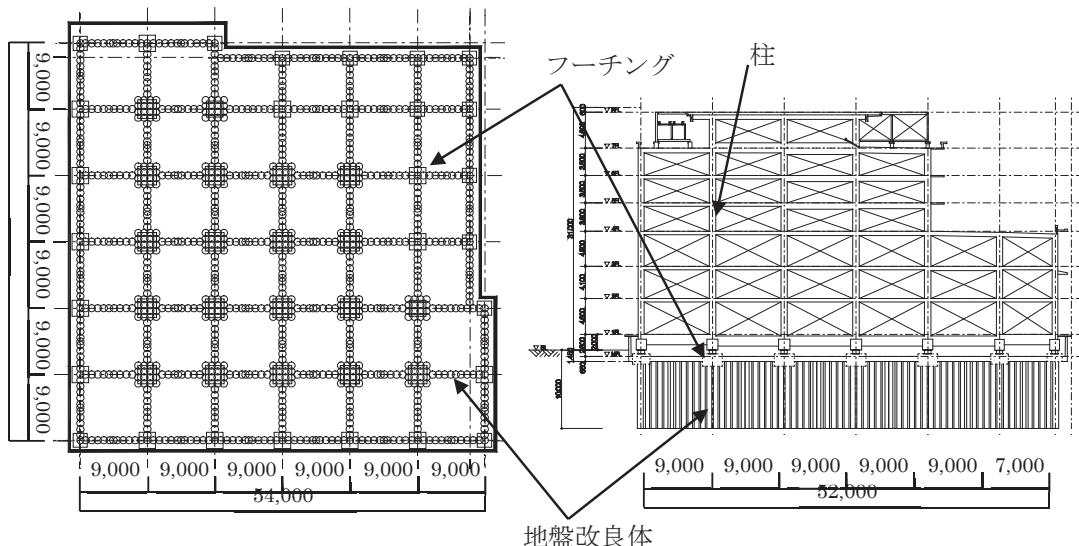


図 4.12.4 改良体配置図

図 4.12. 軸組図

以下に設計および検討結果の一部を示す。

直接基礎（べた基礎）の許容支持力度は下記条件の値の小さい方で設定された。

- ・複合地盤（地盤改良と格子内地盤を一体としたブロック）とする場合
- ・地盤改良を壁杭とする場合

許容支持力度の決定条件は「地盤改良を壁杭とする場合」であり、長期許容支持力度は 355kN/m^2 に設定された。長期荷重時接地圧の最大値は 127kN/m^2 であり、十分な余裕がある。

格子状地盤改良体による液状化抑止効果の確認は、図 4.12. に示す 2 次元 FEM 解析モデルが用いられ、時刻歴応答解析を実施することにより行われた。地盤改良体の設計基準強度は予備検討より 2000kN/m^2 に設定された。極稀に発生する地震動時（レベル 2 地震動時、告示波神戸位相）の格子状地盤改良体に囲まれた地盤と地盤改良体の最大せん断応力度を図 4.12. に示す。また、図 4.12. に応答値より算定された改良範囲①～③（図 4.12. ）の FL 値（液状化に対する抵抗率）を示す。地盤改良後の FL 値はいずれも 1 を超え、液状化が抑止されていることが分かる。

地盤改良体の安定性は下記の検討により確認された。

- ・長期荷重時の地盤改良体の圧縮応力度は改良率 0.23 から 552kN/m^2 であり、長期許容圧縮応力度 666kN/m^2 を下回っている（検定比 0.83）。
- ・レベル 2 地震動時の地盤改良体底面におけるせん断応力度は 615kN/m^2 であり、終局せん断応力度の 693kN/m^2 を下回っている（検定比 0.89）。

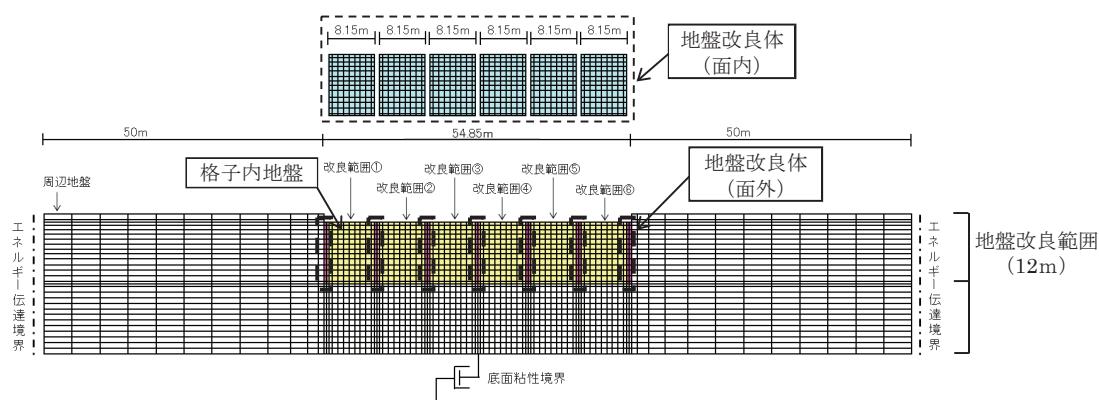


図 4.12. 2 次元 FEM 解析モデル

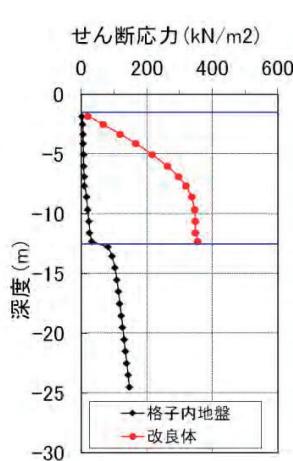


図 4.12. せん断応力度

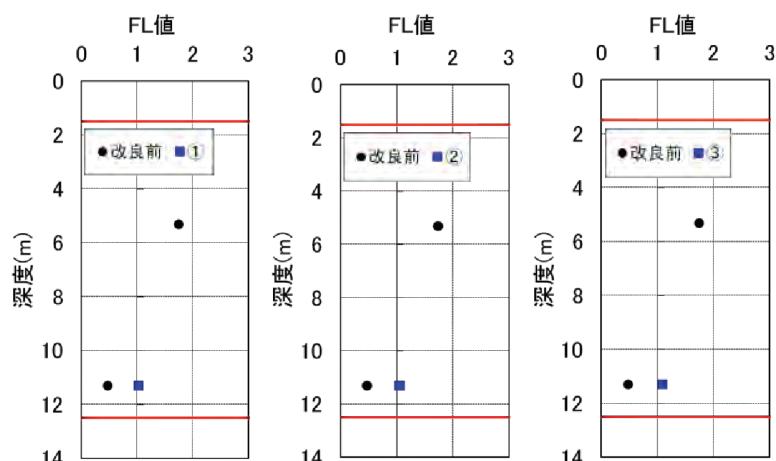


図 4.12. 各部位の FL 値

4.12.4 室内配合試験

地盤改良体の施工前に地盤のサンプルを採取し室内配合試験を行い、設計基準強度 2000kN/m^2 を満足する改良体の配合が決定された。使用する固化材種類を2種類、添加量を3種類の合計6種類の配合による供試体が作製され、材齢7日と28日の一軸圧縮試験によって強度確認が行われた。その結果、表4.12.1に示す地盤改良体の仕様が設定された。

表4.12.1 地盤改良の仕様

項目	仕 様
工法	機械攪拌工法（格子状）
対象土	粘土および砂混じり粘土
改良深さ (m)	12
改良径 (mm)	$\phi 1000$ (200mm ラップ)
改良本数 (本)	1119
現場目標強度 (kN/m ²)	3120
固化材の種類	汎用固化材
固化材添加量 (kg/m ³)	330
添加方法	スラリー添加 (W/C=70%)

4.12. 施工概要

今回用いた施工重機を写真4.12.4に、地盤改良施工状況を写真4.12.に示す。地盤改良の施工計画図を図4.12.に示す。敷地内にプラントを2基配置し、重機2台($\phi 1000\text{mm}$ 、2軸機)で施工された。地盤改良天端は施工地盤・2.0m程度である。掘削後の地盤改良体天端の状況を写真4.12.に示す。掘削後に地盤改良体位置をマーキングし、形状・位置の確認が行われた。

地盤改良体の強度はコア採取された試料により確認された。材齢7日および28日で一軸圧縮試験が行われ、材齢28日の供試体の一軸圧縮強さは採取箇所や深さでばらつきがあるが、約4400～11600kN/m²であり、現場目標強度3120kN/m²を全ての供試体が満足した。



写真 4.12.4 施工機械



写真 4.12. 施工状況

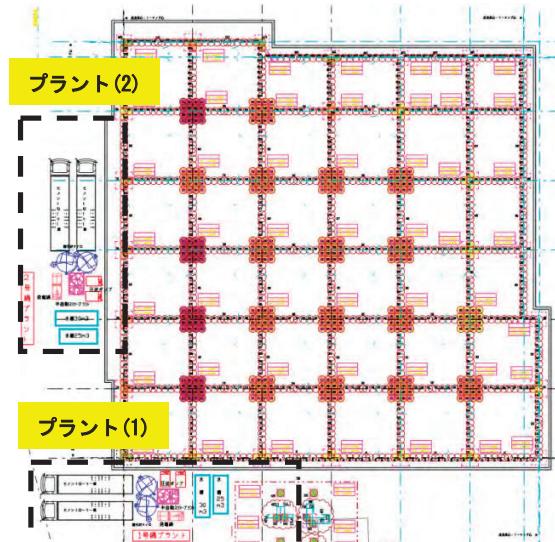


図 4.12. 施工計画図



写真 4.12. 地盤改良体の天端の状況

4.12. おわりに

臨海立地であることから、地盤の安全性や海の脅威など詳細設計時に様々な解決する方策が検討された結果、災害時の揺れによる医療機器の破損、家具の転倒による患者の負傷等を低減するため免震構造が採用され、地盤の液状化対策として有効な格子状地盤改良工事が実施された。また水害・津波対策として1階床のかさ上げ、屋上ヘリポート設置、1階ホール等を利用してトリアージスペースの確保など、災害時の安全と安心、さらには地域の救護拠点としての役割を果たすとともに、防災、安心の要となっている⁴⁾。

【参考資料】

- 1) 土木学会・地盤工学会：2007年能登半島地震被害調査報告書 2007.12
- 2) 竹中工務店ホームページ
<http://www.takenaka.co.jp/solution/needs/earthquake/service09/index.html>
- 3) 国土地理院「地理院地図（電子国土 Web）」をもとに（一社）セメント協会が作成
- 4) 恵寿総合病院：広報誌「恵寿」別冊 2014.1