

4.13 免震構造物の液状化対策工事～臨海地区における化学工場～

4.13.1 はじめに

本建物の概要を表 4.13.1、建築地位置を図 4.13.1、耐震グレードを表 4.13.2 に示す。本施設は事業継続の点から、重要性が非常に高い生産拠点であり耐震性能はグレード S とされた。さらに、免震構造としての性能発揮および基礎の安全性確保のために建物本体の耐震グレードに加え液状化防止の規準も定められた。

地表面加速度 350gal および想定南海・東南海地震において液状化を防止するために、9m 間隔で GL-20m まで格子状地盤改良を実施することが計画された。建物全景を写真 4.13.1 に示す。

表 4.13.1 建物概要

建築地	徳島県阿南市
敷地面積	106,102.14 m ²
構造	S 造 免震構造 (告示)
規模	B-F6 P1
建築面積	12,500m ²
延床面積	73,400m ²
建物高さ	39.2m
着工/竣工	2012.2 月 - 2013.8 月 (19 カ月)



図 4.13.1 建築地位置¹⁾

表 4.13.2 耐震グレード

耐震性能		液状化	
		判定基準	液状化が生じる場合の対策
グレード S	基準法外力の 2 倍程度	地表面加速度 350gal 想定南海・東南海地震	杭の耐力向上または地盤改良 (TOFT) による液状化抑止
グレード 3	基準法外力の 1.5 倍程度 (病院・防災関係施設)	地表面加速度 200gal	杭の耐力向上または地盤改良 (TOFT) による液状化抑止
グレード 2	基準法外力の 1.25 倍程度 (文化施設)	地表面加速度 200gal	杭の耐力向上または地盤改良 (TOFT) による液状化抑止
グレード 1	基準法外力 1.0 倍 (一般建物)	地表面加速度 150gal	杭の耐力向上または地盤改良 (TOFT) による液状化抑止



写真 4.13.1 建物全景

基礎・杭伏図を図 4.13.2 に、免震構造の概要を図 4.13.3～4.13. に示す。

本建物は、9m グリッドの整形なスパン構成に対し、外周部及び中央コア部分にブレースを集約した鉄骨造建物である。免震構造による地震時の安全性確保に加え、当該敷地が海浜地域であることから一階床レベルを GL+2,000 とするなど津波対策も見据えた総合的な災害対策が実施された。

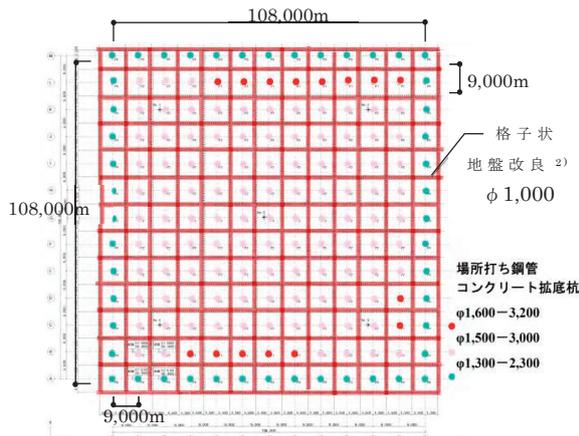


図 4.13.2 基礎・杭伏図

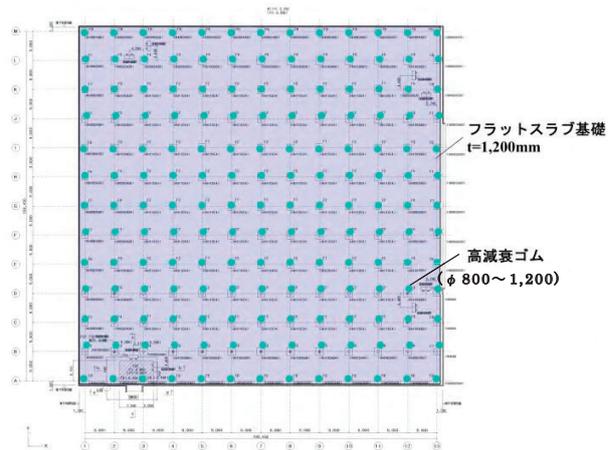


図 4.13.3 免震材料伏図

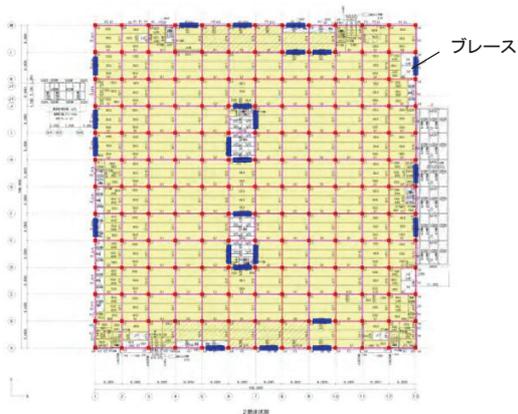


図 4.13.4 2階伏図

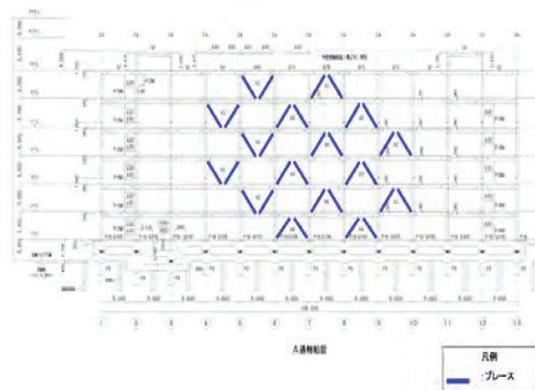


図 4.13. 通軸組図

4.13.2 格子状地盤改良の概要

当該敷地内のボーリング調査結果および改良深度を図 4.13. に示す。建築地の土層は表層から部分的に礫を含む砂層、それ以深は砂質シルト層、シルト質粘土層により構成されている。本工事では、GL-17m 付近まで N 値 10～20 前後の砂層の液状化対策として格子状地盤改良が行われた。改良長は、外周部では GL-2m～-17m 間の 15m、外周部以外では GL-3m～-17m 間の 14m とされた。格子状地盤改良体の設計基準強度は GL-2m～-10m 間で $F_c=1500\text{kN/m}^2$ 、GL-10m～-17m 間で $F_c=2100\text{kN/m}^2$ とされた。

表 4.13.3 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	礫混じり砂、シルト混じり砂、シルト質土
改良深さ (m)	外周部:15 (GL-2m~-17m)、外周部以外:14 (GL-3m~-17m)
改良径 (mm)	φ 1000
設計基準強度 (kg/m ²)	GL-2m~-10m : 1500、GL-10m~-17m : 2100
固化材の種類	高炉セメント B 種
固化材添加量 (kg/m ³)	100 および 160
添加方法	スラリー添加 (W/C=80%)

4.13.4 施工結果

格子状地盤改良体は、φ 1000mm、2 軸の深層混合処理施工機械により構築された。施工に用いた機械および攪拌翼を写真 4.13.2 および写真 4.13.3 に示す。試験施工において、GL-6m~-10m の N 値が 20 程度と硬く、削孔・攪拌できないことが明らかになったため、本施工においては、固化材スラリーの注入量を 15%程度増加させ、地盤の流動性を向上させることにより掘削・攪拌された。

現地で施工した地盤改良の品質に関する調査は、採取したコア試料を用いて一軸圧縮強さおよび湿潤密度が測定された。試験結果の一例として、地盤改良体の一軸圧縮強さの深度分布を図 4.13. に示す。地盤改良体は、いずれも合格判定値 ($F_c=1500\text{kN/m}^2$ 部分は $X_L=2200\text{kN/m}^2$ 、 $F_c=2100\text{kN/m}^2$ 部分は $X_L=3100\text{kN/m}^2$) 以上であり、所定の品質を満足していることが確認された。なお、本工事では一部の地盤改良に高炉スラグを多く配合した固化材も使用された。



写真 4.13.2 2 軸地盤改良機



写真 4.13.3 攪拌翼の詳細

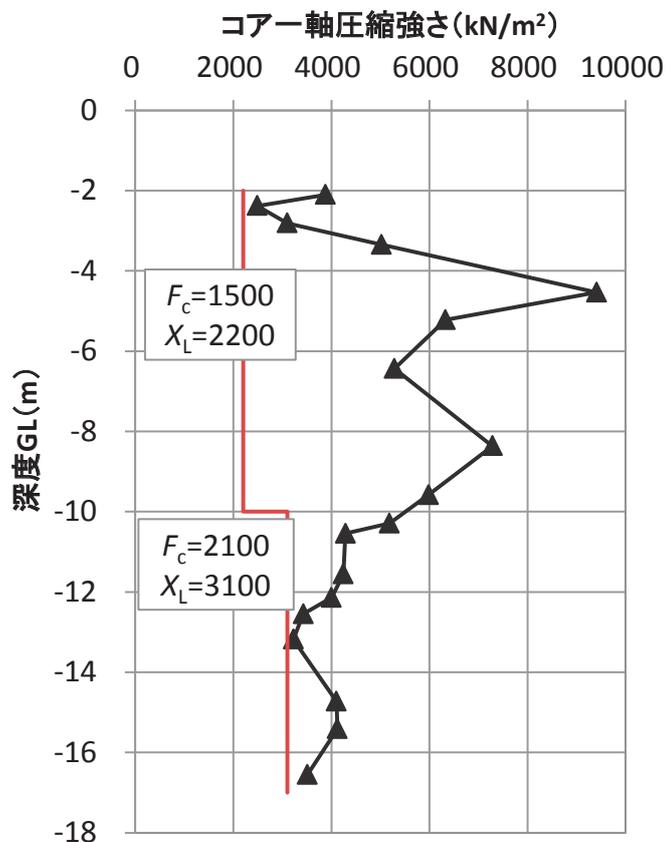


図 4.13. 一軸圧縮強さの深度分布

4.13. おわりに

本建物は事業継続の観点から重要度が高く設定されたため、免震構造が採用され、液状化対策および津波対策が行われた。格子状地盤改良は地表面加速度 350gal および想定南海・東南海地震に対して有効な液状化対策として実施された。

【参考資料】

- 1) 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
- 2) （株）竹中工務店ホームページ
<http://www.takenaka.co.jp/solution/needs/earthquake/service09/index.html>
- 3) （財）日本建築センター：建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針ーセメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法ー、pp.218-221、2002