

# 格子状改良による改良地盤の等価 S 波速度の評価 (その 1 : 設計概要)

正会員 ○山縣 信一郎\*<sup>1</sup> 正会員 片岡 達也\*<sup>1</sup>  
正会員 大西 智晴\*<sup>2</sup>

深層混合処理工法 格子状改良地盤  
せん断波速度 液状化

## 1. はじめに

長崎県対馬市内の埋立地に免震構造の医療施設（以下、本建物）が計画された。本建物は、硬質な頁岩層と液状化の恐れのある埋立層を跨ぐ配置計画となることから、埋立層の地盤特性を考慮した基礎設計が要求された。そのような中、筆者らは埋立層を深層混合処理工法の改良体を格子状に配置（以下、格子状改良地盤）することで、本建物の支持地盤に必要な鉛直支持性能と水平剛性を確保できる基礎地盤を提案し、施工後の各種計測により設計の妥当性を確認した。

その 1 では基礎の設計概要について報告する。

## 2. 建物概要と地盤概要

### 2.1 建物概要および格子状改良地盤

本建物および格子状改良地盤の概要について以下に示す。また、本建物の全景を図 1 に示す。

#### 【建物概要】

建設場所：長崎県対馬市美津島町内  
構造・規模：RC 造地上 5 階 地下なし  
建物用途：医療施設  
基礎構造：直接基礎（布基礎）  
設計接地圧：340kN/m<sup>2</sup>（長期）



図 1 建物全景

#### 【格子状改良地盤】

設計基準強度： $F_c=1,150\text{kN/m}^2$   
現場目標強度： $q_{ur}=1,704\text{kN/m}^2$ （変動係数=0.25）  
改良径・改良形式： $\phi 1,300$  格子状配置  
削孔長： $L=6.5\sim 19.8\text{m}$

### 2.2 地盤概要

本建物の計画された敷地（以下、本敷地）は対馬市美津島町の沿岸埋立地の一角に位置しており、部分的に堆積泥岩（頁岩）層が露出しているものの、大部分が頁岩

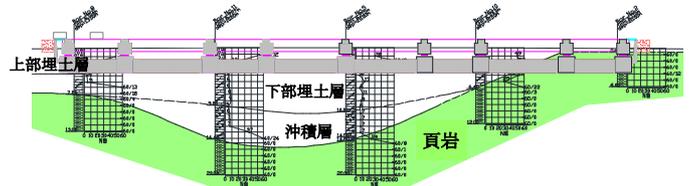


図 2 地盤構成と基礎の関係

の岩層による埋立地盤である。図 2 に本敷地の地盤構成と本建物の基礎の関係を示す。埋立地盤は地表面（GL）から約-5m～-17m 付近まで堆積しており、主体は玉石混じり砂質土と礫混じり砂質粘土である。それ以下は層厚 1～7m 程度の礫・貝殻混じり砂質粘土層主体の沖積層、頁岩層と続いている。地下水位は本敷地が海から 50m 程度に位置しているため海面水位とほぼ同じと考えられるが、概ね GL-4m 付近である。

## 3. 基礎設計と要求性能

### 3.1 基礎設計の方針

本建物と頁岩層および埋土層の関係を図 3 に示す。本建物の基礎は、頁岩層を支持層とする直接基礎とする。建物の北側と南東側の一部は頁岩層が基礎底レベルに発現するが、埋土部分は、建物を直接支持するには支持力が不足していることから、深層混合処理工法による格子状改良で頁岩層に支持させる計画とした。

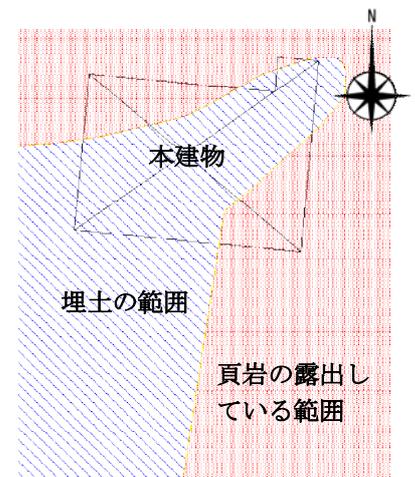


図 3 本建物と支持地盤の関係

### 3.2 改良地盤の要求性能

本建物の基礎は、地盤の特性と建物荷重を勘案して格子状改良地盤で支持する布基礎とした。格子状改良を採用した目的は、常時・地震時の支持力を確保するとともに、地震動の増幅低減に必要な地盤剛性として工学的基礎と評価される剛性と同等以上の剛性（ $V_s \geq 400\text{m/s}$ ）を確保するためである。設計では改良地盤の等価 S 波速度の目標性能を  $V_{Seq} \geq 400\text{m/s}$  とし、設計値（推定値）を安全

側に  $V_{seq}=500\text{m/s}$  と設定した。さらに、地盤調査報告書では地表面加速度  $350\text{cm/s}^2$  の地震時に、埋立地盤の一部で液状化の危険度が中～高いとなっていることから、万一の液状化にも備えた。

なお頁岩層は一軸圧縮強さが  $21.28\sim 22.16\text{MN/m}^2$  と非常に硬質で、かつ大きく傾斜していることからロックオーガーで改良地盤先端部分を事前に解すことで確実に頁岩に着底させる計画とした。

#### 4. 液状化に対する検討

格子状改良地盤の格子間隔は、液状化対策として地盤改良指針案（2006年）に示されている改良対象地盤の強度（ $N$  値）、層厚  $D$ 、格子間隔  $L$  をパラメータとした既往の解析結果を参考にして設定した。具体的には、図4に示すように、改良対象地盤の強度を  $N=5$ 、地盤調査結果による液状化層厚を  $D=13\text{m}$  として、格子間隔を  $L=7.5\text{m}$  以下とした。この改良仕様により大地震時の液状化にも対応可能となる。

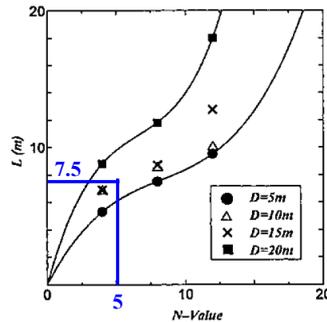


図4 格子間隔の設定

#### 5. 等価 S 波速度の設計値 $V_{seq}=500\text{m/s}$ の確保

##### 5.1 格子状改良地盤の等価 S 波速度の評価方法

格子状改良地盤の等価 S 波速度については既往の研究により具体的な評価方法が提案されている<sup>1)</sup>。また、文献1)を参考にした既往の報告においてもその評価方法の妥当性が検証されている<sup>2)</sup>。

よって、筆者らもこれらの文献に準じて格子状改良地盤の等価 S 波速度を推定し設計を行った。

##### 5.2 格子状改良の設計

格子状改良地盤の等価 S 波速度  $V_{seq}$  は、原地盤の S 波速度  $V_{SG}$ 、改良体の S 波速度  $V_{SI}$ 、改良率  $R$  をパラメータとして図5から予測することができる。本件では、事前の地盤調査において原地盤の S 波速度  $V_{SG}=230\text{m/s}$  が得られていることから、 $V_{seq}/V_{SG}$  の目標値を 2.17 とした。これに加え建物のスパンおよび建物荷重の関係から定まる改良率の最も小さい箇所が  $R=48.5\%$  であることから改良体の S 波速度の目標値を  $V_{SI}=700\text{m/s}$  とした。改良体の S 波速度に基づくパラメータ  $a$  は、 $a=V_{SI}/V_{SG}=700/230=3.04$  となる。

##### 5.3 改良体の設計基準強度

図6に既往の研究によるセメント系改良地盤の一軸圧縮強さ  $q_u$ （室内強度）と S 波速度の関係<sup>3)</sup>を示す。改良体の S 波速度の目標値を  $V_{SI}=700\text{m/s}$  としたことから、格子状改良地盤の設計基準強度は  $F_c=1,150\text{kN/m}^2$  となる。（図6における  $11.7\text{kgf/cm}^2$  となる）これは、文献2)の結果と

もほぼ一致している。

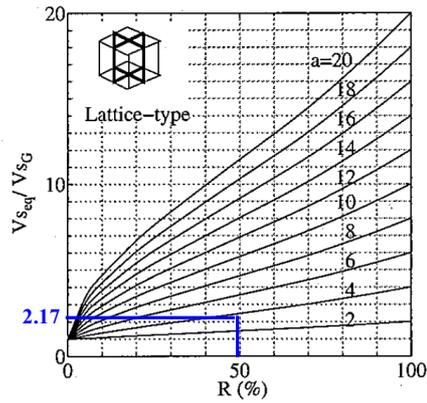


図5 等価 S 波速度の予測図<sup>1)</sup>

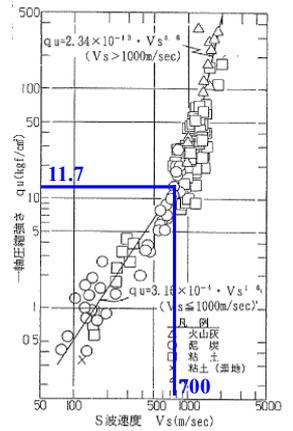


図6  $q_u$  と  $V_S$  関係<sup>3)</sup>

#### 6. まとめ

図7に格子状改良地盤図を示す。格子状改良地盤の基礎底面深度と頁岩の分布に加え、荷重支持、液状化対策および地盤の水平剛性の確保（ $V_S \geq 400\text{m/s}$  の確保）を考慮して配置している。

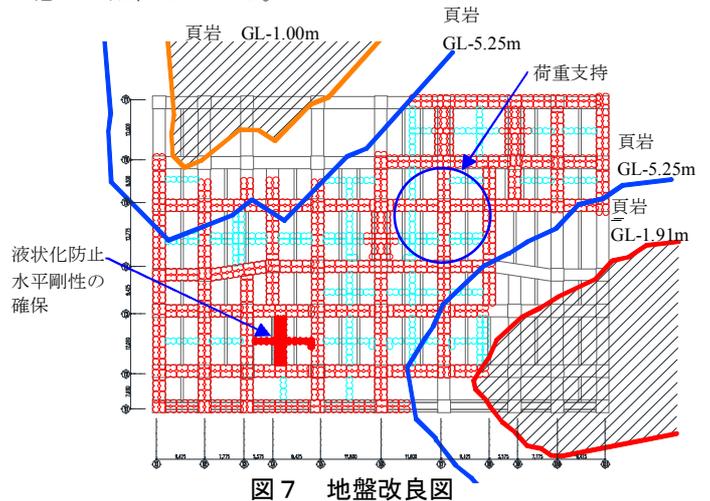


図7 地盤改良図

本工程では、改良地盤の施工検証として多くの事後調査を計画している。それらの検証結果については、その2「施工、検証」で報告する。

#### 【参考文献】

- 1) 石川ほか：均質化法を用いた部分改良地盤の等価 S 波速度の簡易評価法，日本建築学会構造系論文集，第 613 号，pp.67-72，2007.03
- 2) 鈴木ほか：改良地盤の微動アレー探査による  $V_S$  評価，日本建築学会大会学術講演梗概集（東海），pp.571-572，2012.09
- 3) 阿部ほか：速度検層によるセメント系地盤改良工法の評価について，第 28 回土質工学研究発表会，pp.2513-2516，1993.06

\*1 山下設計  
\*2 不動テトラ

\*1 YAMASHITA SEKKEI INC.  
\*2 FUDOTETRA Corporation