

格子状改良による改良地盤の等価 S 波速度の評価 (その 2 : 施工、検証)

正会員 ○片岡 達也*¹ 正会員 山縣 信一郎*¹
 正会員 武田 尚也*² 正会員 田中 均*³

深層混合処理工法 格子状改良地盤
 せん断波速度 微動アレイ探査

1. はじめに

前報(その 1)に引き続き本報では、格子状改良地盤の等価 S 波速度の検証を行う。格子状改良地盤の改良効果の検証として微動アレイ探査、常時微動測定を、改良体の検証として PS 検層、ベンダーエレメント試験、一軸圧縮試験を実施した。これらの試験結果を用いて設計の検証を行った。

2. 地盤改良の施工

2.1 配合試験

現地の試料を採取し室内配合試験より固化材の添加量を決定した。目標とする改良体の S 波速度 $V_{SI}=700\text{m/s}$ から設計基準強度が $F_c=1,150\text{kN/m}^2$ となることから(その 1 図 6 参照)現場目標強度を 1704kN/m^2 とし、それを満足する固化材添加量を 210kg/m^3 に決定した。

3. 改良後調査結果

3.1 調査項目

改良後に実施した調査項目を表 1 に、微動アレイ探査、PS 検層および常時微動測定位置を図 1 に示す。

表 1 調査項目

調査項目	箇所数
抜き取りコアの一軸圧縮試験	23
微動アレイ探査	1
PS検層(ダウンホール法)	1
常時微動測定	3
ベンダーエレメント試験	5

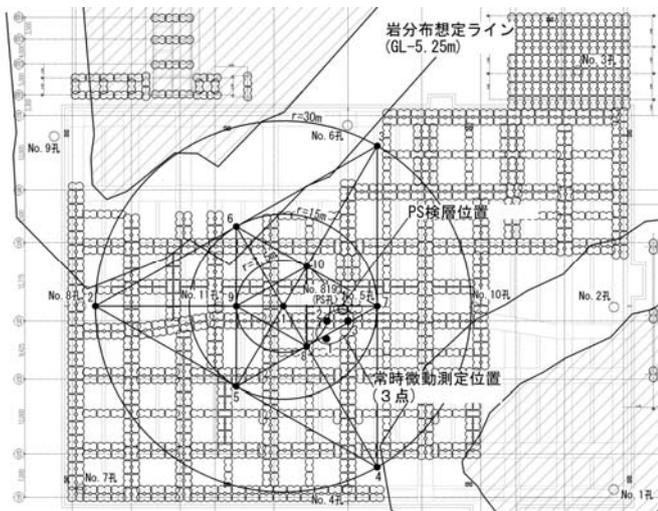


図 2 微動アレイ探査、PS 検層、常時微動測定位置図

3.2 改良体の試験

一軸圧縮試験においては、全供試体において目標強度である 1704kN/m^2 を満足した。

改良体の PS 検層の結果、 $V_{SI}=950\text{m/s}$ が得られた(表 2)。また、ベンダーエレメント試験の結果、 $V_{SI}=705\sim 907\text{m/s}$ が得られた(表 3)。いずれも目標値である 700m/s を上回っている。

表 2 PS 検層結果

土質名	掘削面からの深度 GL-(m)	P波速度 $V_p(\text{m/s})$	S波速度 $V_s(\text{m/s})$	湿潤密度 $\rho_t(\text{g/cm}^3)$	ポアソン比 ν_d	ヤング率 $E_d(\text{kN/m}^2)$	剛性率 $G_d(\text{kN/m}^2)$
改良体	0.00 ~ 12.40	2480	950	1.93	0.414	4926000	1742000
頁岩	12.40 ~ 18.00	3420	1610	2.40	0.358	16890000	6221000

表 3 ベンダーエレメント試験結果

No.	設計 GL-(m)	湿潤密度 $\rho_t(\text{g/cm}^3)$	S波速度 $V_s(\text{m/s})$	改良体の目標 $V_s(\text{m/s})$
1	5.3	1.944	864	>700
2	7.6	1.982	894	>700
3	9.4	1.969	841	>700
4	11.35	1.915	907	>700
5	15.15	1.819	705	>700

3.3 格子状改良地盤の試験

アレイ観測から求めた改良前後の位相速度の分散曲線を図 2 に示す。改良後の位相速度に調和的な理論位相速度を持つ地盤速度構造を、逆解析により推定した。同図に理論位相曲線を示すとともに、推定した速度構造を図 3 に示す。この速度構造より、岩盤以浅の格子状改良地盤の等価 S 波速度は $V_{s_{eq}}=550\text{m/s}$ と得られ、目標性能である $V_{s_{eq}} \geq 400\text{m/s}$ を確保していることを確認した。

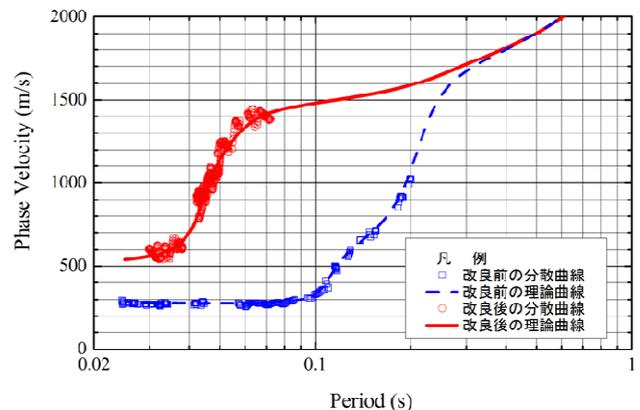


図 2 改良前後の位相速度の分散曲線

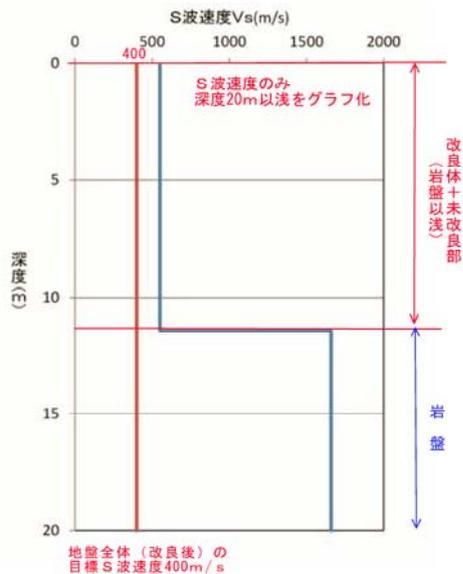


図3 アレイ観測から推定した速度構造

4. 改良効果の検証

改良体の試験結果と格子状改良地盤の試験結果の整合性について考察する。Bor.No.5 地点付近で PS 検層用に実施したボーリング結果より、掘削面から岩盤までの層厚は 12.4mと得られている。ここで、アレイ観測より推定した速度構造で岩盤までの層厚を 12.4mとして理論 H/V スペクトルを計算した。この結果を図4に示す。この理論 H/V スペクトルと同地点付近で実施した常時微動測定から求めた H/V は概ね調和的であることから、設定した地盤モデルは妥当であると考えられる。

さらに、PS 検層とバンダーエレメント試験結果から得られている改良体の S 波速度を用いて、図5より格子状改良地盤の等価 S 波速度 V_{seq} を推定した。

PS 検層結果より得られた改良体の S 波速度は $V_{SI}=950\text{m/s}$ であった。原地盤の S 波速度は、 $V_{SG}=230\text{m/s}$ であるので $a=V_{SI}/V_{SG}=950/230=4.1$ となり、図5より $V_{seq}/V_{SG}=2.8$ となる。これより $V_{seq}=2.8 \times 230=644\text{m/s}$ が得られる。

バンダーエレメント試験より得られた改良体の S 波速度の最小値は $V_{SI}=705\text{m/s}$ であった。原地盤の S 波速度は、 $V_{SG}=230\text{m/s}$ であるので、 $a=V_{SI}/V_{SG}=705/230=3.1$ となり、図5より $V_{seq}/V_{SG}=2.2$ となる。これより $V_{seq}=2.2 \times 230=506\text{m/s}$ が得られる。

よって、改良体の S 波速度から推定される格子状改良地盤の等価 S 波速度は $V_{seq}=506\sim 644\text{m/s}$ となる。アレイ観測から求めた岩盤以浅の等価 S 波速度は $V_{seq}=550\text{m/s}$ であるのでこの範囲内の値となる。よって、アレイ観測結果は PS 検層、バンダーエレメント試験結果とも整合性がとれている。また、設計時の推定値である等価 S 波速度 500m/s と同等の結果が得られた。

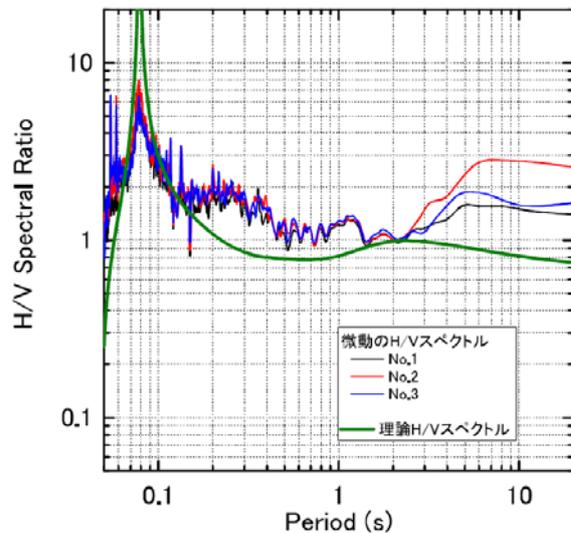


図4 常時微動の H/V スペクトルと推定地盤によるレイリー波の理論 H/V スペクトル

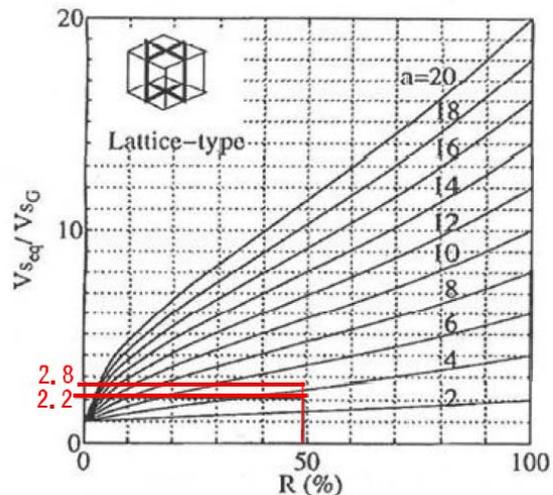


図5 格子状改良地盤の等価 Vs チャート¹⁾

5. まとめ

今回、深層混合処理工法により格子状改良を実施し、格子状改良地盤の等価 S 波速度 V_{seq} について複数の試験結果を用い検証を行った。その結果、設計時に推定した V_{seq} と同等の値が得られ、改良目標を達成していることを確認した。また、改良体と格子状改良地盤の試験結果についても整合性がとれた。

謝辞

本報告の作成に当たり、発注者の長崎県病院企業団のご理解、ならびに施工者である鹿島・梅村・早田 JV より多くのご協力を頂きました。ここで感謝の意を表します。
[参考文献] 1) 石川ら：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 (関東) 第 613 号, 2007.3

*1 株式会社山下設計
*2 株式会社不動テトラ
*3 株式会社東京ソイルリサーチ

*1 YAMASHITA SEKKEI INC.
*2 Fudo Tetra Corporation
*3 TOKYO SOIL RESEARCH Co.,Ltd