

## 高強度製鋼スラグ材を用いた密度増大工法の液状化対策効果

大林組 正会員 ○伊藤 浩二  
同 上 正会員 宮岡 修二

### 1. 目的

製鋼スラグでは、物理的・化学的処理を施すことにより、品質の安定した高強度スラグ材を廉価に製造できる可能性が検討されつつある<sup>1)</sup>。密度増大工法の液状化対策であるサンドコンパクションパイルにおいては、砂杭でスラグの硬化を期待する地盤改良技術（以下、スラグコンパクションパイル）が液状化対策として有効となる可能性がある。一方で、スラグコンパクションパイルの設計では、従来のサンドコンパクションパイルと異なり、高強度の砂杭の効果を考慮した設計方法が必要となる。本報では、スラグコンパクションパイルによる液状化対策の設計方法とその効果を検討した。次に、スラグコンパクションパイルの有効応力解析を行い、その液状化対策効果をサンドコンパクションパイルと比較検討した。

### 2. 設計方法

図1にスラグコンパクションパイルによる液状化対策の設計方法を示す。従来のサンドコンパクションパイルの設計方法にスラグコンパクションパイルの杭部の強度が大きいことによる複合地盤効果を考慮するものとし、杭間の目標N値をサンドコンパクションパイルの杭間の目標N値から低減できるものとした。ここで、スラグコンパクションパイルの杭間の目標N値の設定では、複合地盤のせん断抵抗の評価、圧密沈下量の算定で用いる応力低減係数や沈下低減係数（応力分担比と改良率の関数）を援用できるものとした。

図2に代表的な埋立て地盤を対象としたレベル1地震動( $k_h=0.18$ )とレベル2、タイプI地震動( $k_h=0.4$ )における液状化対策の設計（全深度で液状化抵抗率 $F_L \geq 1.0$ を目標）で得られる改良率と杭部のN値との関係を示す。図1の設計方法に基づくと、スラグコンパクションパイルの杭部のN値の増加に伴い改良率を低減できることになり、従来法のサンドコンパクションパイルと比較して経済化を図れることになる。

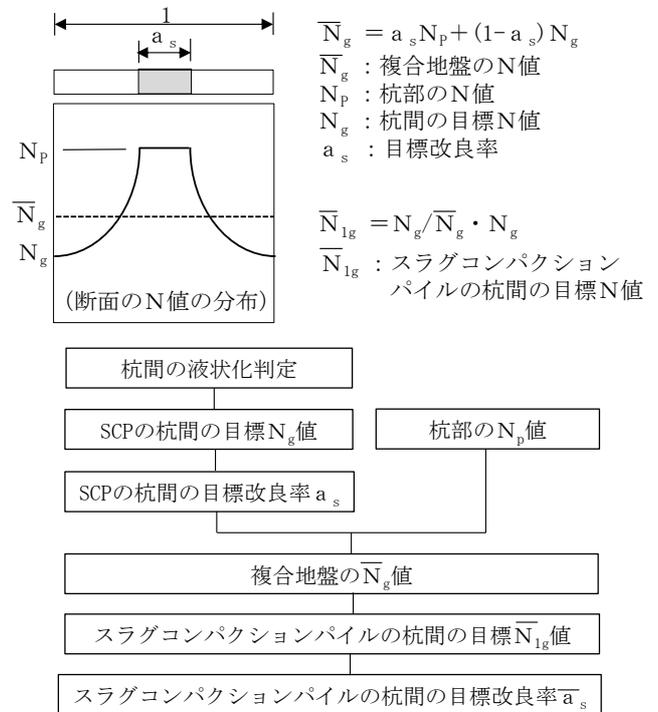


図1 スラグコンパクションパイルの設計方法

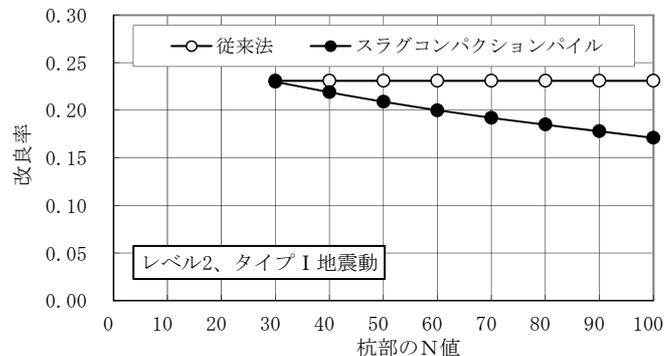
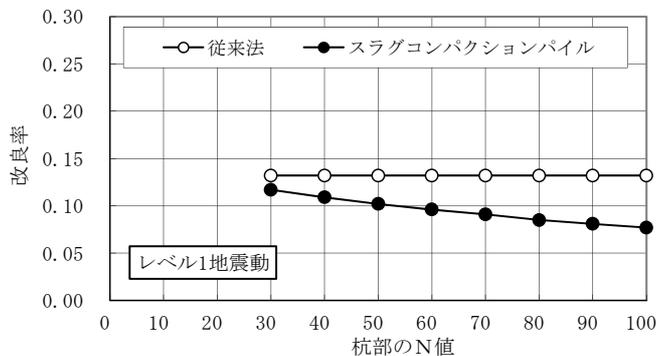


図2 スラグコンパクションパイルの改良率

キーワード 製鋼スラグ、液状化対策、密度増大工法、有効応力解析

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所 TEL042-495-1103

3. 対策効果

スラグコンパクションパイルによる液状化対策の効果を二次元有効応力解析により検討した。図3の検討断面では、原地盤（地下水位：G.L. -1.0m、液状化強度比  $R_{20}=0.2$ 、 $\gamma_{sat}=19.0\text{kN/m}^3$ 、透水係数  $k=10^{-5}\text{m/s}$ ）、盛土（ $\gamma_t=19.0\text{kN/m}^3$ ）、液状化対策の改良範囲を盛土直下（改良幅 28.6m、改良深度 10m、余改良なし）とした。杭部では三次元的な効果を考慮せず、スラグコンパクションパイルの設計で得られる必要なピッチ  $x$  と改良率  $a_s$  において、改良率  $a_s$  が等価な杭幅  $t$  の平面要素とし、解析では  $x=1.3\text{m}$ 、 $t=0.3\text{m}$  の一定で単純化した。原地盤、杭部、杭間地盤、盛土の構成モデルとして下負荷面モデルを用いた<sup>2)</sup>。地震波では、海溝型地震を想定して、極めて稀に発生する地震動の国交省告示スペクトルに適合する図4の模擬地震動を用いた。スラグコンパクションパイルでは、杭部のN値を52~100（粘着力200~500kN/m<sup>2</sup>、内部摩擦角35°）の4ケースを想定し、杭間の液状化強度比  $R_{20}$ （=0.4~0.8）を変数とした。

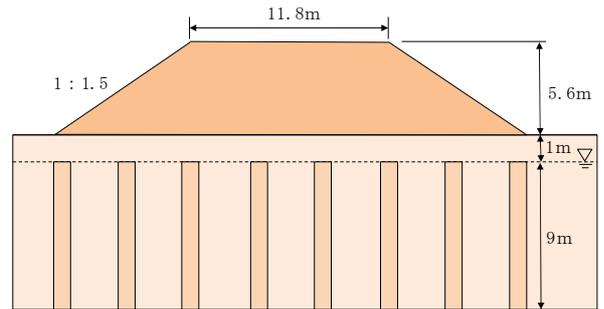


図3 検討断面

図5に対策なし、サンドコンパクションパイル、スラグコンパクションパイルで得られた地震時（=81.92s）の盛土天端の平均沈下と杭間の液状化強度比との関係、図6に対策なし、サンドコンパクションパイル、スラグコンパクションパイル（粘着力500kN/m<sup>2</sup>、 $R_{20}=0.5$ ）で得られた地震時の残留変形と液状化程度（ $=1-\sigma'_m/\sigma'_{m0}$ 、 $\sigma'_m$ ：平均有効応力、 $\sigma'_{m0}$ ：初期平均有効応力）を示す。杭部のN値（粘着力）が大きいほど盛土天端の平均沈下が低減する。したがって、サンドコンパクションパイルと同等の性能（盛土天端の平均沈下）を得るには、スラグコンパクションパイルの粘着力を大きくするほど杭間の液状化強度比（必要な改良率と同意）を小さくでき、スラグコンパクションパイルの設計で得られる傾向と整合する。

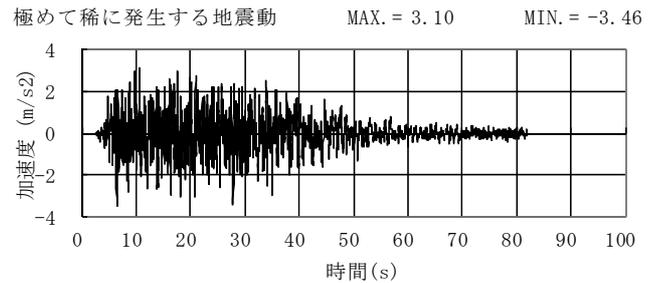


図4 地震波

4. まとめ

高強度製鋼スラグ材を杭部に用いた密度増大工法による液状化対策では、従来のサンドコンパクションパイルと同等の性能を経済的に得られ、複合地盤効果を考慮した設計方法により改良仕様を設定できる可能性がある。

参考文献

- 1) 財団法人沿岸技術研究センター：「エコガイアストーン（固結タイプ）」「エコガイアストーン（摩擦タイプ）」、港湾関連民間技術の確認審査・評価報告書、2010.12.
- 2) 伊藤浩二、江尻譲嗣（2015）：地震時および地震後の液状化地盤上道路変状防止対策の有効応力解析、第50回地盤工学研究発表会.

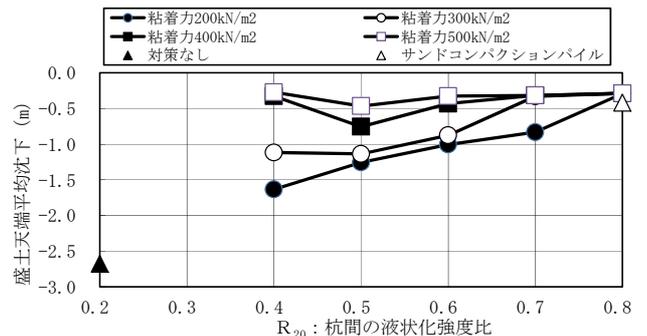


図5 盛土の天端沈下と杭間の液状化強度比

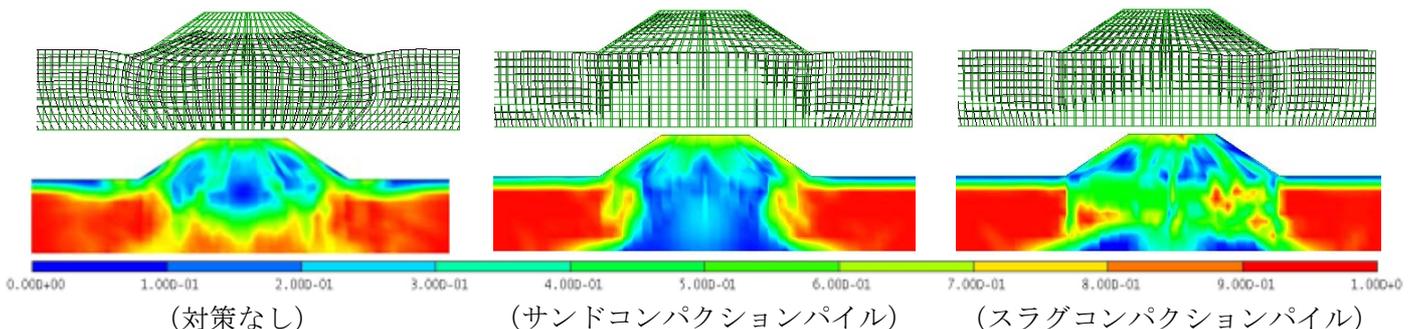


図6 地震時の残留変形と液状化程度（変位倍率：等倍）