

SCPによる液状化防止設計について

熊本大学工学部 正 員 秋吉 卓
 熊本大学工学部 正 員 松本 英敏
 熊本大学大学院 学生員 加藤 政彦
 熊本大学工学部 学生員 ○森 大輔

1. はじめに

近年多くの地震が発生して、地震による液状化の甚大な被害が報告されている。現在、液状化対策工法として軟弱地盤の地盤改良にサンドコンパクションパイル(SCP)工法は最も多く採用されているが、その従来設計法では地盤にかなり安全側の強度をもたせてあり、必ずしも液状化を考慮した効果的な設計でない。そこで本研究室で開発した波動累積プログラム(WAP3)と液状化解析プログラム(NUW2)とを組み合わせたSCPによる地盤改良の設計法を提案し、実地盤におけるSCP施工条件のパラメータ(杭間距離、締固め回数、締固め加振力等)を変化させ、液状化防止限界値を解析的に求め、これを用いた設計法について考察したのでここに報告する。

2. 設計法概要

従来の標準的なSCP設計法は、原地盤土質調査によるN値と上部工条件による改良後目標N値のみを用いて砂の必要置換率 a_s を求め、杭間距離を決定するという簡易的な静的手法を採用している。

これに対して提案する地盤改良設計法は、図-1のような波動累積プログラムWAP3と液状化解析プログラムNUW2とを組み合わせた、液状化防止を考慮した地盤改良の設計フローチャートとなる。これは最初に、SCP打設に関する様々なパラメータのうち、事前情報として土質条件、加振機の条件及び最大せん断弾性定数 G_{max} (又は N_{max})に対する目標改良率を設定し、SCP打設締固め過程をケーシングの静的圧入効果と振動締固めの波動の累積による間隙比の減少・剛性の増加という動的効果¹⁾の2つから改良率を求め、目標に達しなければ施工条件のパラメータを修正するものである。続いて液状化判定を行ため、Biotの2相混合体理論を基に井合氏らの理論による構成式²⁾を組み込んだ非線形の2次元有効応力法に基づく液状化解析プログラムNUW2より求める過剰間隙水圧比等を用いて行い、杭間隔の縮小や締固め回数(時間)の増加等の施工条件の修正をして解析を繰り返すことにより最終的に液状化の発生に関する各限界値を見つけたして、このSCPの地盤改良の設計法は完了する。

3. WAP3解析結果

実地盤における改良後の現場実測値と提案法及び従来法とによる改良後のせん断弾性定数 G の一例を比較したものが図-2である。提案法では実際の施工条件(杭間距離、加振回数、締固め加振力等)を用いてWAP3で解析しているが、従来法に比べてWAP3による設計法の有用性が証明される。

4. 液状化判定解析結果

SCP打設を実際の現場で行う場合の施工条件には様々なパラメータが存在しているが、ここでは3つのパラメータ(杭間距離、締固め回数(時間)、締固め加振力)に注目してそれぞれについて解析を行い、各種パラメータにおける効果の違いや液状化発生防止限界値を求めて検討した。

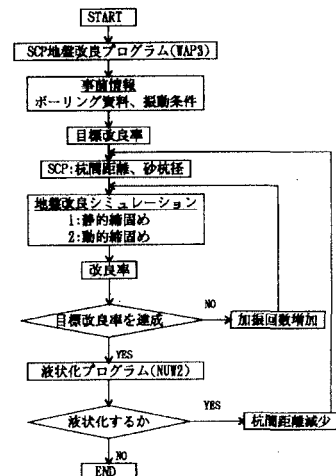


図-1 SCP地盤改良の設計フローチャート

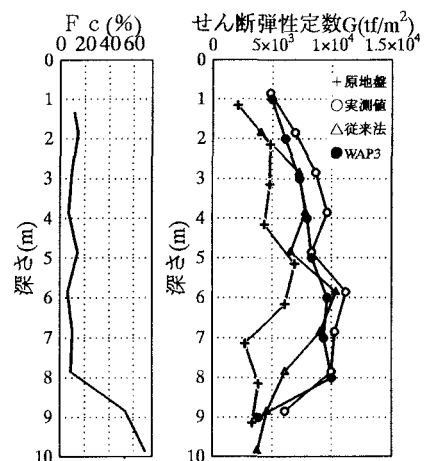


図-2 現場地盤における実測値と従来法とWAP3での解析値との比較

表-1 現場施工条件

杭間距離(m)	締固め回数	起振力(tf)
1.5m	1395回	60tonf

今回使用した実地盤の施工条件は表-1に示すものであるが、まずここで各種パラメータの内の1つのみを変化させ、波動累積プログラムWAP3により施行条件を変えてその実地盤の剛性を求めた。求めたせん断弾性定数を用いて、液状化解析プログラムNUW2により、最大130galに調節したエルセントロ地震波を10秒間入力して過剰間隙水圧比による液状化判定を行った。図-3は杭間の変化に伴う過剰間隙水圧比を縦軸にとったものだが、過剰間隙水圧比が0.5以上になった場合を液状化発生とすると、杭間距離は約4.4m付近で液状化が発生しているといえる。同様に図-4より締固め回数では約250回付近、図-5より締固め加振力では約5tonf付近で液状化することがわかり、この2つの条件はかなり小さい値でも液状化しないので、これらにこだわるのは設計上得策ではないといえる。また、杭間距離の増減が最も液状化に敏感で効果がある。これらの結果により実際の改良工事施工後の地盤には安全を考慮して液状化を防止できる強度よりもかなり大きな強度を持たせているといえる。

次に各種パラメータの中で、経済的にも時間的にも効果に影響があると考えられる杭間距離と締固め回数（時間）の2つのパラメータに注目して、異なる施行条件について過剰間隙水圧比による液状化判定を行い液状化発生を■、未発生を□でプロットしたものが図-6である。これにより杭間距離と締め固め回数による液状化発生限界曲線が求まり、ほぼ放物線状であることがわかる。現場の施工条件をこの2つのパラメータに限定すると、液状化未発生の限界領域で設計を効果的に行うことが可能である。

5. おわりに

本提案法は、SCPによる地盤改良のより効率的で効果的な設計法が可能であることを示した。このWAP3設計プログラムは様々なパラメータを扱え従来法と比較すると効果的である。今後は条件の異なる地盤においても最適設計が行えるように解析方法の改良をしていくつもりである。

参考文献

- 1) 秋吉・淵田・松本・兵頭・方：サンドコンパクション工法による地盤剛性改良の動的評価について，土木構造・材料論文集，第8号，pp.51-60，1992.
- 2) S. Iai, Y. Matsunaga, and T. Takeoka, Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, Soils and Foundations, Vol. 32, No. 2, JSSMFE, 1992. 6, pp. 1-15.

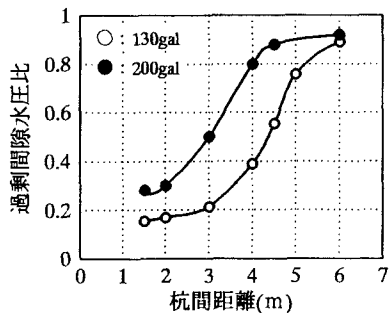


図-3 過剰間隙水圧比と杭間距離の関係

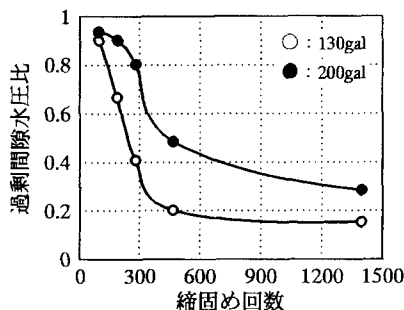


図-4 過剰間隙水圧比と締固め回数の関係

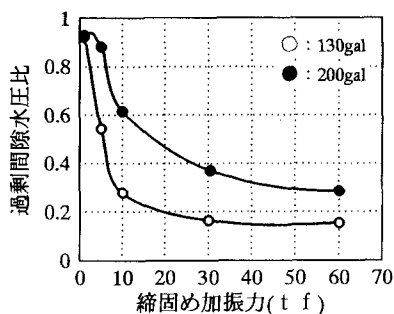


図-5 過剰間隙水圧比と締固め加振力の関係

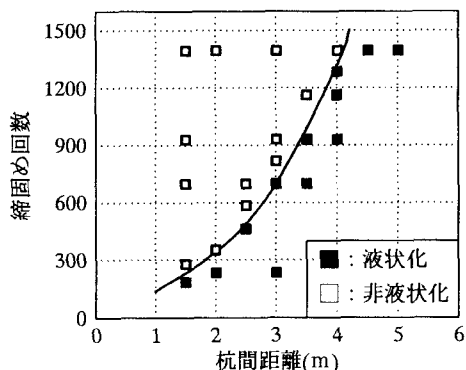


図-6 杭間距離と締固め加振力の関係