

III-A 164

液状化防止のための地盤改良設計手法について

熊本大学工学部 正員 ○松本英敏  
 熊本大学工学部 正員 秋吉 卓  
 若築建設（株）設計部 正員 兵頭武志  
 熊本大学工学部 学生員 苑田貴文  
 八代工業高等専門学校 正員 澹田邦彦

1. はじめに

現在のサンドコンパクションパイル（SCP）設計法<sup>1)</sup>は過去の施工実績に基づき、初期N値と置換率( $a_s$ )による改良後のN値のみで評価されており、締固めの論理的根拠に乏しいため耐震的評価が困難であるといえる。さらに、慣用設計法では、有効上載圧や細粒分含有率( $F_c$ )などの影響を考えると、かなり過剰な設計になっている可能性が高い。そこで本研究では、SCPの打設を動的に評価しうる波動累積プログラム「WAP3」<sup>2)</sup>と、道路橋示方書<sup>3)</sup>による簡易手法を用いた液状化判定を行い、最適なSCP設計用パラメータについて検討した。

2. 解析方法

今回は実現場の施行実績データ7個を用いて解析を行った。また、SCP工法の地盤改良効果は静的圧入効果と振動締固め効果が考えられるが、WAP3では両方をシミュレートした。その後の液状化判定では簡易手法として一般的によく用いられている道路橋示方書（地震時せん断応力比Lの算出には1次元全応力解析プログラム「SHAKE」<sup>4)</sup>を採用）により、種々の条件に対して液状化判定を行った。

3. 解析手法の妥当性

図1は実地盤の1つのデータについて、道路橋示方書よりN値からせん断弾性定数Gに換算したもので、施工後実測値○、従来の設計法△、およびWAP3による締固め解析結果●であり、解析値が実測値にかなり近い値をとっていることがわかる。さらに残り全部（6ケース）の現場データについても同様に解析し、施工後の実測N値と解析N値を比較したものが図2である。実測値と解析値がほぼ近い値をとっておりかなり高い線形性（相関係数  $r=0.881$ ）が得られた。以上のことからWAP3が十分使用可能であることが確かめられた。次に、図3は、図1におけるSCP施工後のN値（Gから換算）から、道路橋示方書に基づいて液状化抵抗（ $F_L$ ）を求め解析値と実測値を比較したものである。これについても同様に実測値と解析値がよく合っており、WAP3、SHAKE、道路橋示方書を連結させた一連の液状化判定処理を行う根拠が得られた。

4. SCP設計用パラメータ

今回は地盤の物性や深さ方向を考慮して設計を行った。設計のパラメータとして、地盤については初期N値（ $N_0$ ）、細粒分含有率（ $F_c$ ）、有効上載圧（ $\sigma_v'$ ）などを用い、また施工条件については、加振力、自重等は現場データをそのまま用い、加振時間（T）、置換率（ $a_s$ ）のみをパラメータとした。図4は、N値の増分（ $\Delta N$ ）について、有効上載圧の影響を考慮した

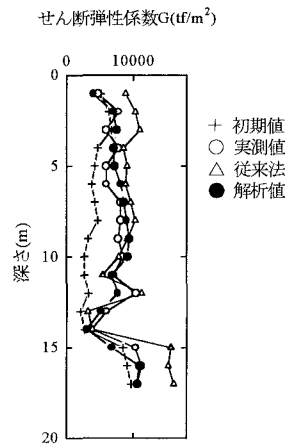


図1 WAP3による締固め

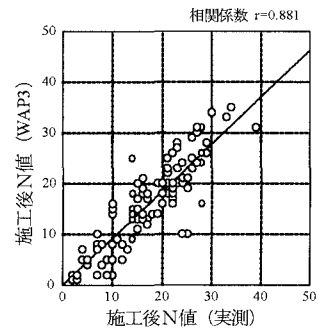


図2 解析と実測の比較

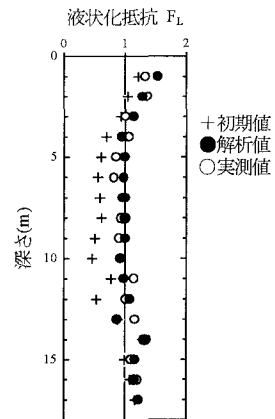


図3 道路橋示方書による液状化解析

基準化N値 ( $N_t = N_0 / \sqrt{\sigma'_v}$ ) と細粒分含有率の関係を施工条件を一定（加振時間 150sec、置換率 0.2）にして解析した一例である。この図より、 $\Delta N$  値は細粒分含有率が少ないほど、また初期N値が小さい地盤ほど締固まり具合が大きいことがわかる。このように細粒分含有率やボーリングによるN値等がわかれば、施工条件を決定することにより、施工後のN値をある程度推測することができる。

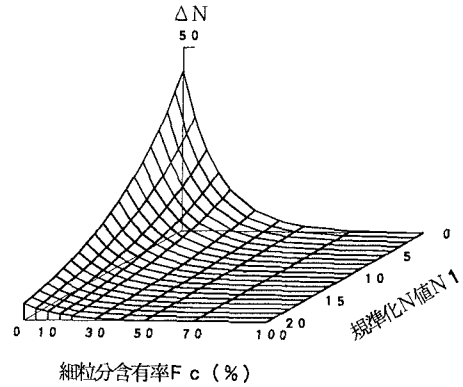


図4 WAP3によるN値の増分 $\Delta N$

図4は施工条件を固定した例であったが、図5では、施工条件の違いによる地盤の改良効果を平均増分N値 ( $\Delta \bar{N}$ ) として表し、置換率 ( $a_s$ ) と加振時間 ( $T$ ) をパラメータにしたものである。この場合も、置換率が大きくなるにつれて、また加振回数を多くするにつれて地盤全体が締固まっていくことがわかる。当然のことながら、 $T$ ,  $a_s$  がある施工条件以上になるとSCPの締固めは頭打ちの傾向がみられ、最小間隙比に近づいているものと思われる。

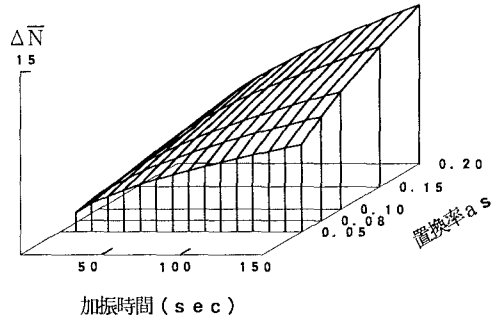


図5 施工条件の違いによる平均増分N値

次に、道路橋示方書による簡易手法により液状化抵抗  $F_L$  を求めた。解析に際し、地震時せん断応力比  $L$  はSHAKEにより土の最大せん断応力  $\tau_{max}$  を求め、有効上載圧で除して求めた。その結果が図6であり、細粒分含有率  $F_c$  が多いほど、また施工後N値 ( $N_t$ ) が大きいほど液状化しにくいことがわかる。設計手順としては、初期の地盤N値と細粒分含有率  $F_c$  を図6にプロットし、液状化の判定をする。もし、液状化の可能性があれば図5の加振回数（時間）と置換率より、改良目標N値の増分を決定する。そして、図4より各深度ごとの施工後N値を求め、再度図6により判定する。以上のことを繰り返すことで設計が可能と思われる。

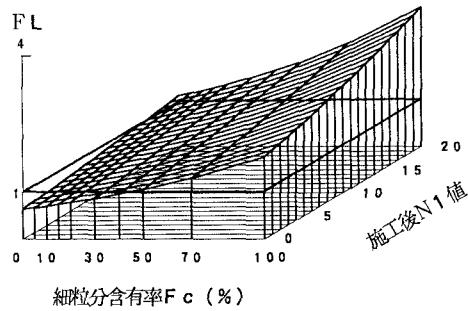


図6 地盤改良による液状化抵抗  $F_L$

### 5. おわりに

WAP3、SHAKE、道路橋示方書を連結させた一連の処理プログラムにより、液状化抵抗  $F_L$  を求めてみた。しかしながら、今回は入手した実施工データ個数が少なかったため、どこまで実際の地盤に適用できるか多少の疑問が残る。しかしながら、このような設計手法が確立されれば、従来より簡易かつ最適な施工が可能と思われる。今後は、データを増やすことで、より現実的な設計方法を確立したい。

### 【参考文献】

- 1) 和泉聡ほか：軟弱地盤対策工法—調査・設計から施工まで—、土質工学会、pp.119-136
- 2) Akiyosi, T. et al., "Simulation of sand compaction pile method", Proc. 9JEES, pp.949-954, 1994.
- 3) 道路橋示方書・同解説、V耐震設計編（社）日本道路協会、
- 4) Schnable, P.B., Lysmer, J. & Seed, H.B., "SHAKE. A computer programme for earthquake response analysis of horizontally layered sites", EERC report, No. EERC 72-12, 1972.