

# N値ゼロの砂層及び低塑性シルト層の密度増大工法による地盤改良工事

大成建設株式会社 正会員 廻田 貴志

日石菱油エンジニアリング株式会社 大井 勝

日石菱油エンジニアリング株式会社 津田 剛

大成建設株式会社 正会員 武者 浩透

## 1. まえがき

当工事は、平成9年に高圧ガス設備等耐震設計指針が改訂された後に実施された工事事例の1つである。当該プラント建設予定地の地盤は、貯木場を浚渫土にて埋め立てた地盤であり地震時の液状化が懸念された。そこで液状化の検討を行い、密度増大工法（SCP）にて地盤改良することとした。改良仕様を決定する上で大きく2つの問題があった。1つはBs層に存在したN値0の砂の、もう1つはBc層に存在した低塑性シルトの、それぞれの改良効果予測であった。ここでは、N値0、1といった極めて緩い砂層と、低塑性シルト層の両者における密度増大工法の効果について報告する。

## 2. 地盤の概要

土層構成を表-1に示す。Bs層は、シルト質砂を主体とし、その細粒分含有率はFc=3~47%と非常にばらつきがある。また、含水比は大きく、地下水位以深のN値はN=0~3と極めて緩い状態であった。Bc層は、砂質シルトを主体とし、微砂を全体に混入する。細粒分含有率はFc=52~99%と高い値を示している。その内、Fcが70%未満のものは塑性指数Ipが15以下の低塑性シルトに分類できる。平均N値はN=1と軟質であった。

表-1 土層構成

土質名	N値	層厚(m)
Bs(シルト質細砂)	0~5	5~10
Bc(砂質シルト)	0~3	0~6
Ac1(砂質シルト)	0~4	1~2
As(シルト混り細砂)	5~30	9~15
Ac2(砂質シルト)	5~10	0~3
Dsg(粘土質砂礫)	5~50	0~6
Mo(凝灰質砂岩)	50	-----

## 3. 地盤改良検討方法

### (1) 改良前相対密度Dr<sub>0</sub>について

通常、相対密度はマイヤホッフの式に従って算出される。今回の土質調査結果によると、Bs層にはN値0で細粒分含有率Fcが30~40%前後という特殊な砂が含まれており、初期相対密度を0に設定すると、地盤改良の効果を過

小に評価する可能性があった。そこで相対密度を与える他の方法を探ることとした。(式1)は時松・吉見によって示された、マイヤホッフの変形式である。同式のサンプルデータは「Gibbs and Holtz 1957」によ

$$Dr_0 = 21 \sqrt{\left( \frac{N}{\sigma_v' + 0.7} \right) + \frac{\Delta N_f}{1.7}} \quad \text{--(式1)}$$

って示された細粒分含有率Fc=14%の砂の試験結果である。同式を使えば、N=0であっても細粒分により初期相対密度Dr<sub>0</sub>=0にはならない。しかし時松・吉見も自ら、(式1)

細粒分含有率Fc(%)	Nf
0~5	0
5~10	内挿補間
10~	0.1Fc+4

により細粒分を含む砂の相対密度を推定することの適用性については、まだ証明されていないと述べている。また各種既往文献によるN値と相対密度の関係図をみると、N=0の場合の結果はないものの、Dr<sub>0</sub>の最低値は20~30%程度である。そこで我々は相対密度の設定にあたり、少なくともFc 14%の砂については、初期相対密度Dr<sub>0</sub>の最低値が30%であると仮定した。

### (2) 低塑性シルトの改良効果

一般のシルト層では、SCP等の密度増大工法はあまり効果が無いことが知られている。現状では低塑性シルトの特性を考慮した密度増大効果の判定法が無い。しかし我々は通常のシルト層よりも密度増大効果が現れると考え、固化改良に比べて低コストであるSCPによる改良を採用した。なぜならば、液状化は負のダイレイタンス現象により、間隙水圧が上昇しておこる現象であり、低塑性シルトが液状化対象となるならば、砂質土と同様に密度増大が生ずると判断したためである。なお、改良効果の推定については、それを過小に評価する可能性があるものの、細粒分による低減を考慮した判定法(方法C\*)を用いることとした。

低塑性シルト、N値ゼロの砂層、密度増大工法、地盤改良、液状化

#### 4. 地盤改良結果

地盤改良は「3.」に示した設計法により以下の仕様にて実施した。

改良率：as=11.1%（2.0m正三角形配置）改良深度：10m

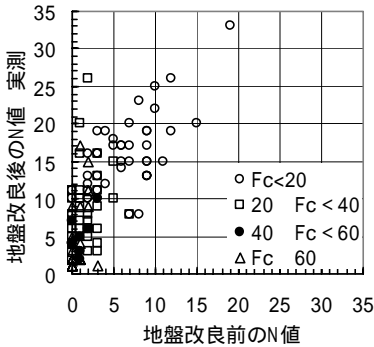


図-1 改良前後のN値 全試料

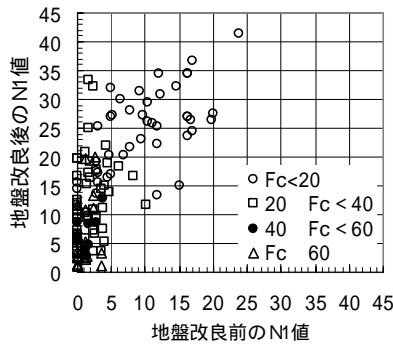


図-2 改良前後のN1値 全試料

地盤改良の本施工後のチェックボーリング箇所は10箇所であるが、試験施工後の4箇所を含め、14箇所のデータで改良効果を検討した。図-1に全試料の地盤改良前後のN値の関係を、図-2に有効上載圧98kN/m<sup>2</sup>（1kgf/cm<sup>2</sup>）相当に換算したN値N1の、改良前後の関係を示す。また、全試料の中からBs層のN値が0及び1である箇所の結果を抽出し、改良後予想N値と実測N値の関係を図-3に

示す。これより、改良後実測N値が予想を上回る結果となったことがわかる。我々は設計にて最小相対密度Dr<sub>0</sub>=30%と仮定するなど、大きめに改良後N値を想定したつもりであったが、実際にはそれ以上の効果が得られた。しかしながら、N値は2~11と非常にばらついている。このばらつきの要因としては、細粒分含有率によらず一律に初期相対密度Dr<sub>0</sub>を30%と与えたことが考えられる。つまり時松・吉見によって示されたマイヤホッフの変形式のように、同じN値であっても細粒分含有率によって初期の相対密度が異なっていた可能性があると考えられる。このことはN値が小さくなれば、相対密度を決定する要因として細粒分含有率の影響を無視できないことを示唆している。

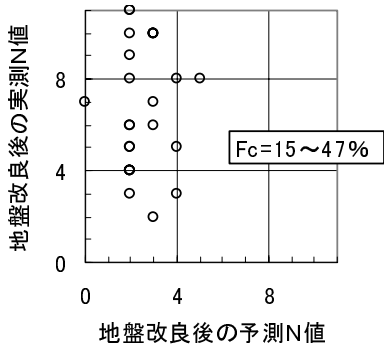


図-3 N値0.1の改良後予想及び実測N値

次に、図-4にBc層の低塑性シルトにおける改良後予想N値と実測N値の関係を示す。これについても、改良効果にばらつきはあるが、実測N値がほとんどの点で予想を上回る結果であった。予想を上回ったのは、同じ細粒分含有率であっても、低塑性シルトの方が通常のシルトより密度増大効果が上がるためだと考えられる。この結果だけを見れば、低塑性シルトにC法の細粒分含有率による低減は大きいと言える。上記に述べた2つの点については、データの数が少ないこと、結果のばらつきの要因を特定するに

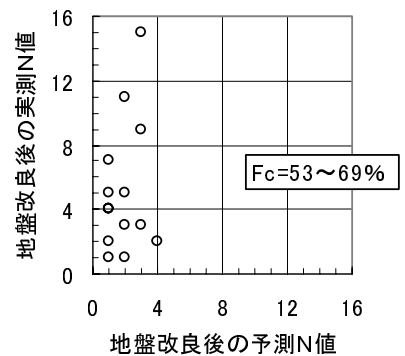


図-4 低塑性シルトの改良後予想及び実測N値

るにいたっていないこと、改良率の違いによるデータが無いことなどを考えれば、推測の域を超えないことも否めないであろう。

5. あとがき 平成9年に高圧ガス設備等耐震設計指針が改訂され、新たな液状化判定法が示された。これにより従来液状化対象外とされていたシルト層なども、低塑性であれば対象となる可能性がある。今後、このような低塑性シルトの液状化対策についても実績が増えていくと考えられる。また、埋め立て地盤における、N値0といった特殊な砂についての改良実績は少ない。今後類似工事における計画にあたり、参考になれば幸いである。

（参考文献）

- 1) 時松孝次・吉見吉昭：Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on SPT N-value and Fines Content, 土質工学会論文報告集、Vol.23, No.4, pp.56~74, 1983
- 2) 高圧ガス設備等耐震設計指針レベル1耐震性能評価（耐震設計設備・基礎）編 高圧ガス保安協会 平成9年
- 3) \*液状化対策の調査・設計から施工まで P189 土質工学会