

III-762

岩ずりて埋立てられた地盤の動圧密による改良効果について

○正会員 大成建設 田中裕美
正会員 大成建設 石井敏量
大成建設 新居田孝昭

1. はじめに

本報告は、愛媛県越智郡菊間町に建設が進められている国家石油備蓄基地建設工事のうち、陸上シフトタンク（原油タンク）建設に係わる地盤改良結果についてまとめたものである。当工事では、埋立層（岩ずり）の空隙低下と沖積砂質土層の液状化防止（締固め）を目的として、動圧密工法が採用された。ここでは、その施工結果から、①岩ずり層の空隙低下効果、②沖積砂質土層の締固め効果（N値の増加）と改良影響深度（改良効果が認められる範囲）について考察を加えている。

2. 地盤概要

当該タンクの建設される地盤は、旧海底面上を隣接する地下岩盤備蓄タンクの掘削により生じた岩ずり（新鮮な花崗岩主体）で、埋め立てられたものである。従って、危険物を貯蔵するタンク基礎地盤としては、岩ずりによる埋立層の長期安定性（空隙）、沖積砂質土層の液状化、及び沖積粘性土層の沈下等の問題を有していた。図-1に当地盤の代表的な土層断面図を示す。当地は旧河口付近に当たるため、基盤層（風化花崗岩層）の不陸、また沖積層の土質性状（細粒分含有率、礫の混入状況等）、及び分布状況にかなりのバラツキが見られる。

柱状図	土 層	層 厚	備 考
	岩ずり埋立層	6~9m	・粒径φ200 ~φ300主体 ・φ1000程度のものも点在
	沖積層	1~5m	・N=3~10主体 ・細粒分含有率のばらつき大
	強風化花崗岩	0~3m	・N=6~28主体 ・部分的に粘土化
	風化花崗岩		・N>50 ・基盤層

図-1 モデル土層図

3. 改良仕様

動圧密工法による改良仕様（打撃仕様）は、①必要改良深度と打撃効率（ $\alpha=0.6$ ；仮定値）からハンマー重量と落下高さを決め、②増加N値と打撃エネルギーの関係図（過去の施工実績による）から必要な打撃エネルギーを求め、③設定したハンマー重量と落下高さに対する打撃点間隔と打撃回数を設定し、④試験工事を行い以上の改良仕様の妥当性をチェックする、という手順で設定した。タンク毎の改良仕様を表-1に示す。尚、沖積層（特に粘性土層）の厚い部分では、タンク荷重と同等のプレロード工の併用も行っている。

表-1 動圧密による改良仕様

タンク番号	改良深度	改良目標	重錘重量	落下高	打撃回数	打撃間隔
T K-6	10.0m	$\Delta N=8$	25tf	20m	17~20回/点	5m
T K-7	12.0m	$\Delta N=8$	25 & 12tf	25 & 20m	37 & 18回/点	7.5m
T K-8	10.5m	$\Delta N=6$	25tf	20m	19~22回/点	5m

4. 改良効果について

4.1 埋立層の空隙低下について

れき質地盤の定量的な評価方法は、未だ確立されたものがないため、以下の点に着目して改良効果を確認した。

(1) 間隙比の低下

改良深度に対する圧縮率は7~12%で、過去の施工実績（5~10%程度）と同等、またはそれ以上の結果が得られた。また、打撃エネルギーが大きいくほど圧縮率も大きくなっている。地盤の状況から、この体積圧縮の大部分は埋立層で生じたものと考えられ、その結果、埋立層の間隙比は40~50%低下し、単位体積重量は10%程度増加したと推定される。

(2) 岩ずりの細粒化

岩ずりの細粒化は、レイモンドサンプラーによる採取試料の目視、及びその粒度試験結果から確認できた。図-2に代表的なレイモンドサンプラー試料（TK-107、深度5.15~5.45m）の状況を示す。また、図-3に粒度試験結果のまとめを示すが、特にれき分の細粒化が認められ、空隙の低下（長期安定性）にも大きく貢献していると考えられる。

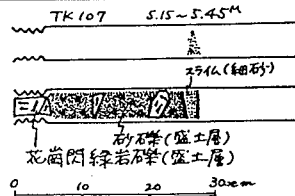


図-2 サンプラー試料状況（改良後）

（3）タンク水張り試験による沈下量

水張り試験時（水張り期間；1カ月余）のタンク基礎の沈下量は、最大でも32mm程度であり、十分な改良効果が得られたと判断される。

4.2 沖積砂質土層の締固め効果

図-4に深度と改良効果（N値の増加）の関係を、また図-5に細粒分含有率と改良効果の関係を示す。ただし、これら図中の改良効果の中には、プレロードや、埋立終了後の時間経過による強度増加の影響も一部含まれていることに留意する必要がある。

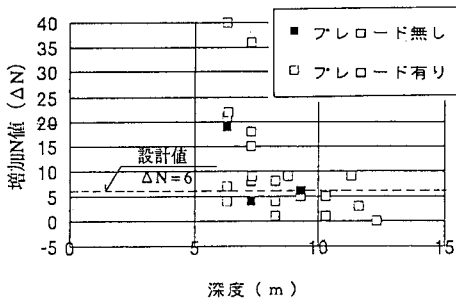


図-4 深度-増加N値の関係図（沖積層）

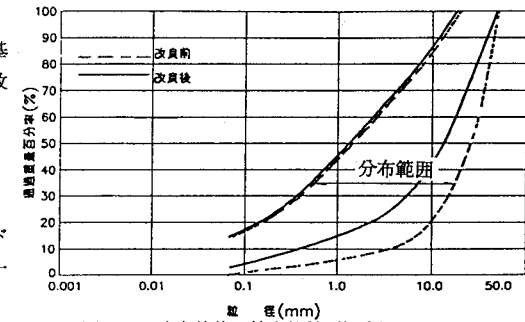


図-3 改良前後の粒度比較（埋立層）

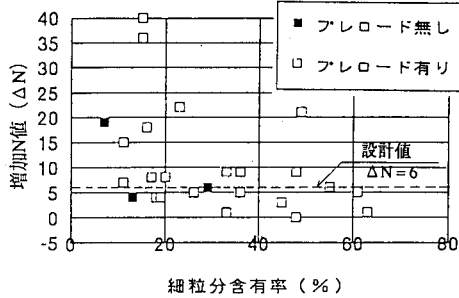


図-5 細粒分含有率-増加N値関係図（沖積層）

「2. 地盤概要」に示したように、土質性状（特に細粒分含有率）のバラツキが大きいことや、先に述べたプレロード等の影響のため厳密な評価は困難であるが、これらの図から動圧密による明らかな改良効果と判断できるのは、細粒分含有率 F_c が30%以下、または深度が7～8m以浅の部分である。 F_c については一般的な砂質土の範囲で有効であると捉えることができるが、深度方向に対して明確な改良効果が確認できたのは設計改良深度（10～12m）より2～3割浅い範囲内であった。沖積層の細粒分含有率が比較的高かったこと、表層部分の岩ずり層が先に締固まるなどの影響で、打撃エネルギーが深部に伝わり難かったことがこの理由と考えられる。

また、現在一般的に使用されている動圧密工の設計方法では、打撃エネルギーを設定する場合、改良範囲（深度方向）内でのN値の平均増加量という捉え方をしているが、実際は浅い部分での締固め効果に比べて、深部の改良効果が低下していることが分かる。従って、液状化対策工のようにある層（深度）に着目して改良したいというような設計条件の場合は、この点に配慮した設計方法を確立させる必要がある。

5. まとめ

以上の考察結果より、次の結論が得られた。

- 1) 新鮮な岩ずり（花崗岩主体、一軸圧縮強度800kgf/cm²程度）に対しても、従来の設計方法（比較的風化の進んだ岩ずりに適用したものが多く）により、ほぼ同様の改良効果（圧縮率）が得られた。
- 2) タンピングにより岩ずりの細粒化が進み、その結果長期安定性の向上（空隙の低下）に大きく貢献していると思われる。今後はこの効果を定量的に評価する方法を探る必要が有ると考える。
- 3) 沖積砂質土層で明確に改良効果（N値の上昇）が認められるのは、 F_c に関しては一般的な砂質土の範囲（ $F_c \leq 30\%$ ）と捉えて良いが、深度方向については土層構成、土質性状等に影響される要素が強く、注意が必要である。

動圧密工法は、環境問題（振動、騒音）、施工スペース等に制約があるが、砂礫質地盤に対して比較的安価で大きな改良効果が得られる地盤改良工法である。しかし、その改良メカニズムを定量的に評価することが困難なことや、元々評価の難しい地盤（礫質地盤、産廃等）に適用されることが多いことから、事前に改良効果を推定するのが難しい。従って、このような施工実績の積み重ねやデータベース化が重要である。