

Ⅲ - B296 第三紀常滑層泥岩を用いたLNG地下式貯槽周辺盛土施工管理基準の設定

清水建設技術研究所 正会員 宮本武司
 知多エル・エヌ・ジー 正会員 井田康男
 清水・大林・鹿島・大成JV 正会員 永島三雄
 清水建設土木本部 正会員 高野 忠

1. はじめに

知多半島周辺に分布する常滑層の泥岩は、一軸圧縮強度が2~4Mpa程度の軟岩であるが、風化・細粒化し易く盛土に用いると、長期的な圧縮沈下を生じるとされている。今回、LNG地下タンク建設に伴って発生する泥岩をタンク周辺盛土に使うことが計画され、長期的な圧縮沈下を考慮して盛土の施工管理基準を設定する必要が生じた。

本文では、盛土材料の土質試験結果に基づき、盛土の施工管理基準を設定した事例について報告する。

2. 盛土材料と試験試料の概要

盛土材料は、泥岩と砂がほぼ7:3の割合の常滑層を掘削後1~1.5年仮置きしたものである。仮置場の6地点で底面付近(深さ3~4m)まで掘削し、土質状況を観察した結果、表面に露出した泥岩で劣化・細粒化現象が認められた。しかし、内部に埋没した泥岩では、劣化の兆候はなかった。仮置場では、地山の岩質分布を反映し、泥岩や砂が密集する部分があるため、試験試料には砂分含有率が異なるA~Dの4試料を採取した。A、B(とくにA)は砂分が多い試料で、C、Dは仮置土を代表する試料と想定される。

3. 盛土材料の基本性状

塊を解きほぐさない自然状態と、粒径4.75mm以下の細粒部を完全に分散させた時の粒度測定結果を、図-1に示す。また、その他の物理試験結果を、表-1に示す。これらの粒度試験結果は、各試料とも自然状態(現状)では、砂礫分がほぼ100%を占める粗粒土であるが、細粒化し分散すると、粒径75 μ m以下のシルト・粘土分が半分以上を占めるような細粒土に変化することを示唆する。この他、①土粒子密度は2.63~2.67 t/m³とほぼ一定でばらつきは少ないこと、②自然含水比は塑性限界よりやや大きい程度で、とくに高含水比化した試料はないこと、等が分かる。

4. 締固め試験結果

図-2に、非乾燥・非繰返し法で求めた締固め曲線を示す。許容最大粒径は37.5mmとし、これ以上の粒径の礫は、粒径19~37.5mmの礫で置換える方法により補正し試験した。

締固め曲線は左上から右下へA、B、C、Dの順に並んでおり、最大乾燥密度 ρ_{dmax} と最適含水比 W_{opt} は、それぞれ1.46~1.58t/m³、22.8~27.5%の範囲で変化し、 W_{opt} と自然含水比はほぼ一致すること、等が分かる。

図-3に、自然状態と細粒部分散後の砂分含有率と、 ρ_{dmax} 、 W_{opt} の関係を示す。このように、 ρ_{dmax} 、 W_{opt} 盛土・泥岩、締固め、圧縮沈下、施工管理基準

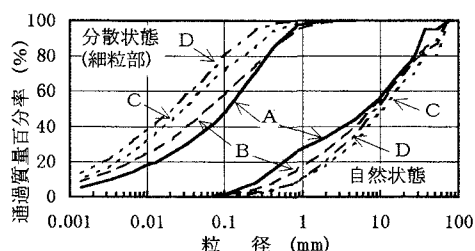


図-1 試験試料の粒度分布

表-1 物理試験結果

試料名	A	B	C	D
自然状態				
礫分	66	74	82	79
砂分	33	25	18	20
分散後				
砂分	58	46	33	26
シルト分	30	35	44	46
粘土分	12	18	23	28
自然含水比(%)	19.2	22.3	24.5	26.8
土粒子密度(t/m ³)	2.65	2.63	2.66	2.67
液性限界(%)	29.1	42.8	46.9	53.1
塑性限界(%)	15.2	17.1	19.9	19.0

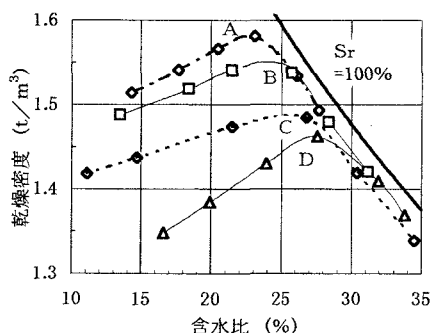


図-2 室内締固め試験結果

と砂分含有率、とくに細粒部の砂分含有率との間には明瞭な関係が認められ、砂分含有率が多いほど、 ρ_{dmax} が大きく、 W_{opt} は低下し、泥岩と砂層の混合割合が試料の締固め特性に重要な影響を及ぼすといえる。

5. 三軸圧縮試験結果と強度定数

表-2に、 ρ_{dmax} の90%相当に締固めた直径10cmの供試体に対する三軸CD試験結果（強度定数）を示す。粘着力 c は、砂分がとくに多いA試料を除いて38.2～47.0 kPaの範囲にあり、4試料の c の平均値は、35 kPaで設計強度 $c=30$ kPaを上回る。また、設計上は無視されている ϕ が $18.4^\circ \sim 36.1^\circ$ でもあることから、各試料とも ρ_{dmax} の90%以上の密度に締固めれば、設計強度は満足できると判断された。

6. 長期的な圧縮沈下と施工管理基準の検討

既往の研究によれば、盛土の長期圧縮沈下の防止には、①所定の空気間隙率 V_a 以下に締固めること¹⁾、②粉碎・スラリー化した泥岩の正規圧密曲線以下の間隙比まで締固めること²⁾、が有効とされている。

当地の盛土高は6m、有効上載圧は最高120 kPa程度であり、この有効上載圧から盛土の圧縮沈下が無視できる締固め条件を求めると、島らの報告¹⁾に従えば $V_a \leq 15\%$ 、浅岡らの報告²⁾に従えば $e \leq 1.0$ となる。

このように、施工管理基準の候補として、①締固め度 $D_c \geq 90\%$ 、②空気間隙率 $V_a \leq 15\%$ 、③間隙比 $e \leq 1.0$ 、の三つがあり、図-4には、これらの値を図示した。なお、図中に示す0.9Aとは、A試料の ρ_{dmax} の90%に相当する密度であることを意味する。

この図より、①最も緩やかな（厳しい）基準値は含水比の値や試料によって異なる、②自然含水比の主な分布範囲（19～29%）に対し単一の基準値では管理しきれない、③ $e=1.0$ は、締固め度 $D_c=90\%$ の最低値（0.9D）とほぼ一致する、④高含水比側では、 $V_a=15\%$ の値は締固め度 $D_c=90\%$ の最低値（0.9D=1.32t/m³）を下回り、高含水比側での V_a の適用性が劣ること、等が分かる。

以上のことを考慮し、盛土の安定と長期的な圧縮沈下防止のための施工管理基準を、以下のように設定した。

- (1) 締固め密度を、 V_a が15%以下で、かつ、締固め度 $D_c=90\%$ の最低値（0.9D=1.32t/m³）以上とする。
- (2) この管理基準値までの締固めが可能のように、使用する盛土材料の自然含水比を、18～35%の範囲に制限する。

なお、今回設定した管理基準を達成するための施工方法は、現場転圧試験に基づいて決定され、現在は順調に施工されている状況にある。これらの概要については別報³⁾を参照されたい。

謝辞： 本業務実施に当たり終始ご指導頂きました名古屋大学の浅岡教授、および中部電力(株)土木建築部の皆様方には、深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 島 他 (1980) ; ルーゲル材料(珪 弱岩)の圧縮沈下と対策、土と基礎Vol.28, No.7
- 2) 浅岡 他 (1995) ; 常滑泥岩粉碎試料の水浸圧縮試験、土木学会第50回年次学術講演会、Ⅲ、pp.610-611
- 3) 滝澤 他 (1997) ; 第三紀常滑泥岩を用いたLNG地下式貯槽の周辺盛土施工、土木学会第52回年次学術講演会(Ⅲ部門投稿中)

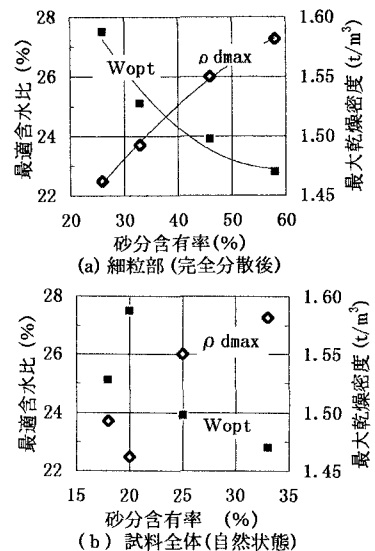


図-3 砂分含有率と最大乾燥密度、最適含水比の関係

表-2 三軸圧縮試験結果

試料名	A	B	C	D
乾燥密度 t/m ³	1.438	1.415	1.313	1.330
締固め度 %	90.9	91.3	87.9	91.0
含水比 %	24.4	27.3	27.5	29.6
間隙比	0.85	0.86	1.03	1.00
V_a %	10.9	8.18	14.5	10.6
粘着力 C kPa	7.8	47.0	38.2	44.1
内部摩擦角 ϕ	36.4	18.9	27.0	18.4

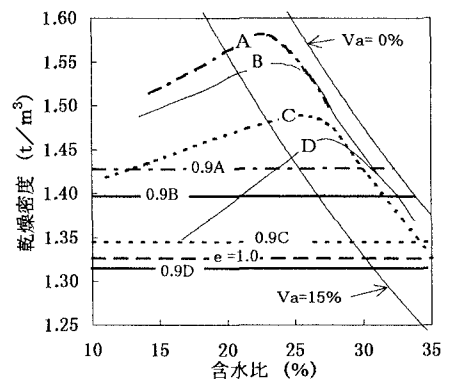


図-4 各種の締固め管理基準値の関係