

【2】

島根県内の盛土材料の締固めについて

(株) 藤井基礎設計事務所 神門 誠

1. はじめに

島根県の土質は、出雲地域から石見地域に至るまで地質的に、特に防災上・土木工事施工上問題となる土質を形成している。

盛土の締め固めは一見単純で、基本にしたがってやれば問題になることはそう多くない。とくに土質の特徴を知っておれば品質の差異は少なくトラブルも少ない。

私は、今までに県内のいろいろな所の土質を取り扱ってきたが、これらの土質の特徴を盛土の締め固めの観点から整理してみることにした。今なぜ締め固めなのかについては、そう特別な意味はないが、工事完了後に圧縮沈下や崩壊を起こした事例が多いため、盛土材の特徴を理解してもらい実務に当たって適正な応用ができる資料になればと考えたからである。

2. 島根の地質概要

島根県の地質概要図を図-1に示す。

○島根県東部地域

北部には地質的にグリーンタフ地域に属し、泥岩（頁岩）、砂岩、緑色凝灰岩などの新第三紀層が分布する。これらの岩は風化が進み土砂化している（土質的には粘土、砂質土に属する）。

また土工事には、土砂化され易い。その南部（県南東部）には、花崗岩類が分布しており、風化作用を受けて、まさ土化が進んでいる（砂、砂質土に属する）。まさ土においても地域的な特徴があり雲南と飯石・仁多とでは可成の相違がある。防災上では、グリーンタフ地域では地すべりが多く発生し、花崗岩地帯においてはまさ土の斜面崩壊が多く発生している。

○島根県中央部地域（大田から江津市）

大田以西には、第四紀洪積世の堆積物である都野津層が広く分布している。この地層は、新期の堆積物であるため未固結な状態を呈している（礫質土、砂質土、粘質土に属する）。昭和58年の山陰豪雨災害で崖崩れを起こした土砂は大半がこの地層である。また、県中央部の大田市南部地域を中心に三瓶山の噴火により形成された火山灰質土やシラスが分布している。この土砂も都野津層同様に未固結であり、軽石などを多く含有していることなどから土工上問題となる土砂である。朝山から波根にかけては、凝灰岩が分布するところでこの原石からベントナイトが産出される。土工上は、膨潤性に富むため要注意な土質である。

○島根県西部地域

古期の岩が分布する地域であり、三郡変成岩を始めとする地層が見られる。三郡変成岩は、結晶片岩を主体とするものであるが、大半は泥質片岩（泥岩・頁岩・千枚岩を源岩と



図-1 地質概要図

する結晶片岩)が主体である(土質的には粘質土に属する)。泥質片岩は、比較的風化した状態にあり、その分布域では各所で地すべり災害を起こしている。

3. 盛土材料としての工学的性質

特徴的な土質である泥岩と流紋岩質凝灰岩の工学的性質について整理考察する。

1) 泥岩

①: X線分析

粘土鉱物について、平田地域と松江地域では、かなり相違がある。

- ・平田地域では、雲母が多く、モンモリナイト及び緑泥石も含まれている。
- ・松江地域は、緑泥石が多く、そのほかは平田地域より少ない。
- ・雲母鉱物は、松江地域については風化による変化が少ないのに対し、平田地域では増加している。

②: 粒度組成

両地域とも粘土に属し、CL・CH・MHに分類される。平田地域が松江地域に比べ粘土分が多い。

③: コンシステンシー

未風化土、風化土いずれもA線に沿って分布するが、未風化土はB線より左側、風化土は右側に位置する。地域的な関係は、平田地域が塑性の高い土質である。

④: 締固め特性

締固め回数 80, 55, 30の締固め曲線を図-2に示す。

- ・松江地域と平田地域と比較した場合、松江地域の土質が高い密度が得られる。
- ・両地域とも W_{opt} より低い含水比の領域では、締固めるほど密度は高まる。
- ・ W_{opt} より高い領域になると湿潤側になるほど締固め回数には関係なく同一な締固め度を得られる。逆に回数を多くするとオーバーコンパクションになり低くなることもある。(このことは、泥岩に限らずどの土質でも言えることである。)

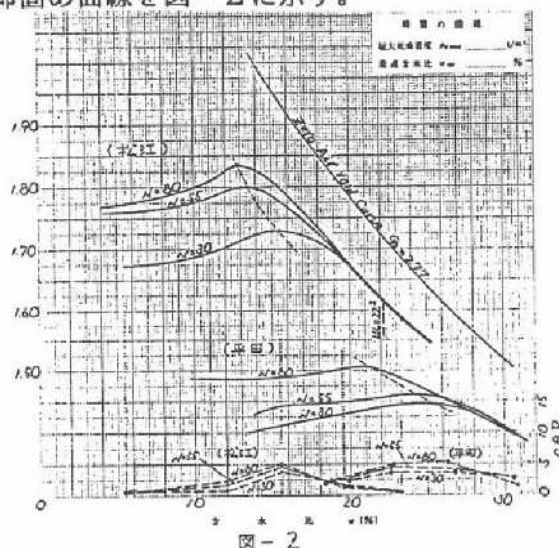


図-2

- ・7日水浸後の含水比の変化について調べると、締固め回数に関係なく同一の締固め度を得られる含水比までは、増加する。(約10%程度)この変化は、含水比が低いほど著しい。
- ・水浸後の飽和度は、85~90%で、これ以下の飽和度の場合は全て含水比が増加している。
- ・密度も含水比が低いほど水浸による変化が大きい。

⑤: 強度特性

図-2にCBRとの関係について示した。

- ・水浸による影響は、含水比の場合と同様に著しい強度低下がある。

Woptより低い含水比領域の締固めでは、この変化が大きい。Woptより高い領域では、さほど変化が見られず、高い含水比になるほど水浸することによる変化は少ないことが解る。

- ・締固め回数との関係は、締固めるほど強度は上がるが、高い含水比になるほど逆にオーバーコンパクションとなり強度が低下している。
- ・CBR値は、Woptよりやや湿潤側で3～5%程度であり、これ以上は期待できない。

2) 流紋岩質凝灰岩

大田市朝山から波根にかけては、同岩の分布する地域である。この凝灰岩は、粘土鉱物であるモンモリロナイトを多量に含んでいるため、これを主成分にベントナイトが製造されている。ベントナイトは、モンモリロナイトを主成分とし、石英、クリストバラスト、沸石等を含む粘土で、膨潤性の著しい粘土である。ベントナイト工場では、採取岩の約60%をベントナイトとして製品化されている。ベントナイトの品位は、膨潤度による品位等級で示すと、表-1より膨潤度=4であり、低膨潤なベントナイトと言える。

道路土工指針では、ベントナイト・酸性白土・多量の腐植土などの膨潤性、圧縮性が特に大きな土は盛土材料として禁ずるとしている。

表-1 ベントナイトの膨潤度の等級
(本文2.4.2項参照)

等級	膨潤度
特等	9.0以上
高	7~9
中	5~7
低	3~5

①: X線分析

モンモリロナイト・クリストバラスト・沸石・その他が含まれている。

②: 分類特性

スレーキングを起こしやすい岩質で、粒度組成からの分類は難しい。細粒化又は粘土化されることからコンシステンシー特性から考察する。

物理試験結果は、次の通り。

比重 : 2.65
含水比 : 46~55%
液性限界 : 110~115%
塑性指数 : 66~68
土の分類 : CH

- ・液性限界は、一般の粘土に比べ高い。
- ・塑性図で示すとA線上にプロットされる。
- ・分類特性からの膨潤性の程度をみると、一般に表-2のようであり、Ipから膨潤性は非常に高いといえる。

③: 締固め特性

締固め曲線を図-3に示す。

- ・自然含水比は、Woptより乾燥側に位置する。
- ・水浸による体積変化は、含水比が低いほど大きく、飽和度で見ると95%に近づくほど変化が少ない。

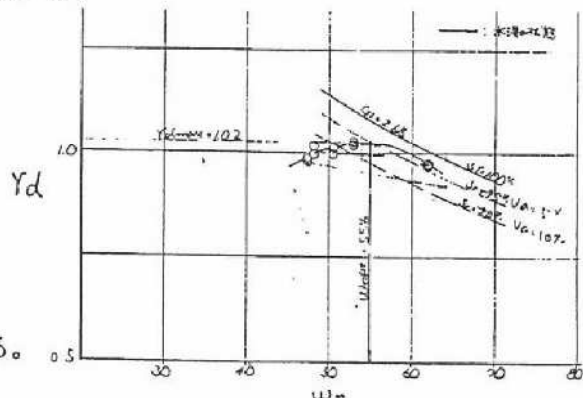


図-3

表-2

膨潤性土の分類 (単位: mm)			
液性限界 (LL)	塑性指数 (PI)	膨潤率 (e)	膨潤率 (e)
>40	>17	>10	>10
30~40	17~14	10~8	8~6
20~30	14~10	8~6	6~4
<20	<10	<6	<4

※ 膨潤率 (e) は、土の膨潤率を測定して求めた値である。
※ (kg/m³) の膨潤率を加えたときの膨潤率。

・ $r_{dmax} = 1.02 \text{ g/cm}$, $W_{opt} = 55\%$ で非常に小さい密度である。

含水比と膨張・収縮率の関係を図-4, 締固め時の含水比と水浸後の含水比の関係を図-3に示した。これより, 同一乾燥密度でも締め固め時の含水比が低いと膨張量が大きい。 W_{opt} より乾燥側の領域では膨張過程を示す。自然含水比内で生じる膨張率は, 最大2%程度が予想される。膨張性の程度を表-2より求めると低い範囲に属す。

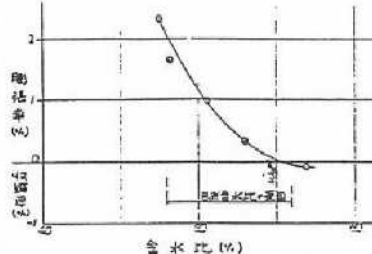


図-4 含水比と膨張・収縮率の関係

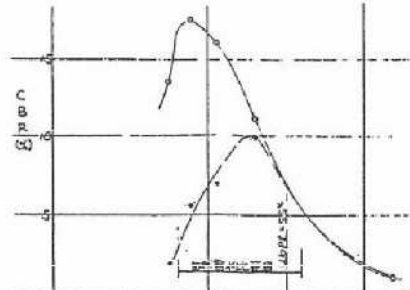


図-5

④：強度特性

・ 三軸圧縮試験結果 (u u)

試験は, 自然含水比について, $90\% r_{dmax}$ 付近と $80\% r_{dmax}$ 付近の密度状態の結果である。

$90\% r_{dmax}$ 付近: $C = 0.52 \text{ kg/cm}$, $\phi = 18.6^\circ$

$80\% r_{dmax}$ 付近: $C = 0.23 \text{ kg/cm}$, $\phi = 19^\circ$

粘着力は, 締固め度が増すと増大する傾向にあるが, ϕ は一定した値が得られる。

・ CBR試験

水浸による強度低下は, 図-5に示す。

非水浸時のCBR値は, W_{opt} より乾燥側で最大値が得られ, W_{opt} 付近の値に比較して2倍近い値が得られる。水浸後のCBR値は, 逆に約半分以下となり乾燥側になるほど減少量が大きくなる。しかし, W_{opt} 付近で締め固められた場合は, 非水浸・水浸の影響は, 殆ど現われていない。

4. あとがき

本文のまとめとして, 全資料について締固め試験結果の最大乾燥密度と最適含水比との関係を図-6に示した

盛土を締固める目的は, 供用後盛土自体が安定であり, 要求される支持性能を発揮し続けられるようにすることである。特に細粒土の場合は, 水浸前後の飽和度の差が大きい場合は, 著しい強度低下を来す。したがって, 締固め時には予想される浸水時の飽和度の差をなるべく小さくなるように配慮する。

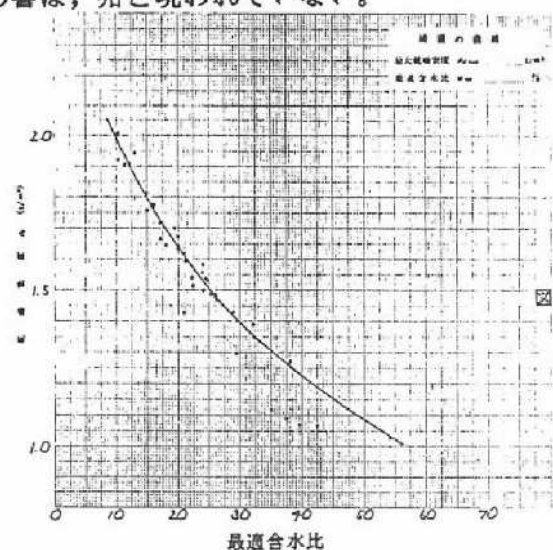


図-6

今回概略県下の盛土材の一部を紹介した。今後, これを参考にして更に特性を追求して, 要求に合致した適切な締固めの実行を進めたい。