

高品質粘土の試験施工

高品質粘土、キャスポル、歩掛

NB 研究会○(正)成島誠一、(国際)藤原照幸、(正)水野正之、(正)稲元裕二

1. 緒言

近年土質系遮水構造は、その耐久性と安全性の高さから廃棄物処分場などに適用されその多くは、現地発生土や安価に現地調達できる原料土と粉体ベントナイトを現場混合したベントナイト混合土で施工してきた。その理由としては、現場近傍に良質な粘土がないためその代替としてベントナイト混合土を採用していることが挙げられる。しかし原料土によっては混合に適さないものがあり煩雑な品質管理あるいは混合むらなどの問題があった。そこで本報では、品質が均質であるスメクタイト系鉱山から採掘された粘土鉱石を粗砕し施工性を考慮した高品質粘土を開発し遮水性能を検討したところ有用性が認められたことから、施工方法と簡易な品質管理について試験施工をおこないその実用性を詳述する。

2. 高品質粘土の概要

高品質粘土は、モンモリロナイトを主成分としたスメクタイト系粘土 100%鉱石を粒径 25mm 以下に粗砕した粘土である。施工は、室内試験結果<sup>1)</sup>から最適含水比+4%を上限値とし下限値が自然含水比範囲最適含水比-10%で製造した材料を最大乾燥密度 85~90%程度で透水係数  $k \leq 1 \times 10^{-8}$  cm/sec の物性になる遮水層を用途に応じ厚さ  $t=50 \sim 100$ mm 程度に締固められる。なお、品質管理は簡易支持力測定器(以下キャスポル)を採用した。キャスポルは、衝撃加速度インパクト値(以下 Ia 値)を測定するもので試験施工では、予め高品質粘土の最大乾燥密度 85~90%付近における Ia 値を室内試験で測定しこの測定値を下限値として簡易的に締固め度を測定する。キャスポルが優位な点は、測定時間が数秒と短時間で測定出来るため面的な測定が可能で、さらに非破壊であることから現場密度試験のような測定後の手直し作業がないことである。試験施工では、この高品質粘土を実際に敷設することで実用化における様々な知見を示す。

3. 試験施工の概要

試験施工は、施工性、品質管理の把握と再現性の確認を目的としおこなった。高品質粘土は、最大乾燥密度  $\rho_{dmax} = 1.203$  g/cm<sup>3</sup>、最適含水比  $\omega_{opt} = 33.3\%$  であったことから含水比規定範囲は、 $23\% \leq \omega \leq 39\%$  とした。実際に納入された高品質粘土の含水比  $\omega = 31\%$  であり規定範囲内であることを確認した。高品質粘土材料は、フレコンの荷姿で搬入され基礎掘削整形転圧された基盤へ敷き均しをおこなった。ヤードは、幅 5m、厚さ  $t=50$  とした。転圧の効果は、2,4,6,8 転圧でそれぞれ転圧前敷き均し厚さを初期値とし締固めによる厚さの減少を測定することにより検討した。同時にキャスポルとポータブルコーン試験をおこない、締固め度とコーン指数を測定し転圧回数 of 妥当性をみた。

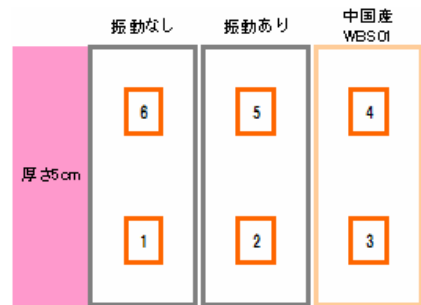


図-1 試験ヤード

また、急速施工および敷設厚さ管理が均一におこなうことを目的としたフィニッシュによる別途試験施工によってその有効性を観察し実施工における施工進捗から歩掛を算定し積算根拠を検討した。試験施工は、図-1 に示す様に無振、有振で転圧回数 2~8 回で転圧効果を観察した。なお含水比が規定範囲外の材料と比較するため、含水比 15%程度に乾燥した材料中国産 WBS01 を敷設し転圧状況を比較した。

4. 試験結果

試験結果は、転圧回数に応じた仕上がり厚さの変位については、転圧前を 100%として変位に応じた変位率を表-1 に示す。転圧状態は、振動なしが測点 No.1,6、振動ありが測点 No.2,3,4,5 であるが、No.3,4 は、乾燥状態で含水比 15%程度の材料とした。転圧は、8 回転圧まで試みた。その結果、乾燥状態の WBS01 材料 No.3,4 共に概ね変化が数%と少なく締固められていないことが推察された。またコーン指数は、 $qc \geq 1,500$  kN/m<sup>2</sup> の規格値とし表-2 に示すように乾燥状態の No.3,4 を除いたすべての測点では 2 回転圧で満足しており 8 回転圧までばらつきはあるものの増加傾向を示した。

表-1 転圧変化率

種別	測点	敷均し	2回転圧	4回転圧	6回転圧	8回転圧
振動なし	No.1	100%	91%	85%	82%	80%
振動あり	No.2	100%	76%	74%	65%	68%
振動あり(dry)	No.3	100%	94%	100%	93%	96%
振動あり(dry)	No.4	100%	110%	118%	105%	101%
振動あり	No.5	100%	86%	82%	80%	76%
振動なし	No.6	100%	83%	81%	77%	76%

表-2 コーン指数推移

		コーン指数(単位:kN/m <sup>2</sup> )				
校正係数2.928N/(1/100mm)		2回転圧	4回転圧	6回転圧	8回転圧	
振動なし	No.1	2079	1898	1491	2169	
振動あり	No.2	2169	2079	2169	2350	
振動あり(dry)	No.3	ND	ND	ND	ND	
振動あり(dry)	No.4	ND	ND	ND	ND	
振動あり	No.5	2350	1807	1627	2169	
振動なし	No.6	1853	1627	1988	2350	

Field test of high-quality clay

【NBsociety】Siichi Narushima (Seibu Construction.), Teruyuki Fujiwara(Geo-Research Institute.),Masayuki Mizuno(Hojun.), Yuji Inamoto(Accumulation Technology.)

一方 Ia 値の規定値は、含水比により増減があるが概ね Ia 値 $\geq 9$ とし、測定は、転圧回数毎 8 回転圧までおこなった。その結果を図-2 に示す。これによれば、2 回転圧でこの規定を満足する結果を得たが 8 回転圧まで増加傾向が認められた。しかし 6 回転圧まで概ね増加する測点と減少する測点と若干ばらつきが見られた。これは薄層な場合、基礎地盤の強度に依存することが考えられ、基礎地盤と Ia 値の関係について課題が残った。なお、乾燥状態の No.3,4 は規定値 Ia 値 $\leq 9$ で締固め効果が認められなかった。

### 5. フィニッシャ試験施工

高品質粘土は、透水試験において  $k=3.0 \times 10^{-9} \text{cm/sec}$  であったことから、薄層で充分遮水構造の適用が可能である。また、前述した試験施工により転圧回数は、6~8 回で充分な締固めが可能であることがわかった。従って、経済性、性能を考慮し厚さ  $t=50$  程度が妥当であると判断できたが、敷設、転圧する場合均一に施工することが課題となった。そこで、フィニッシャを適用し通常の舗装工と同様に施工が可能か検証した。

フィニッシャ試験施工は、幅員 1.3m~3.0m の舗設ができる小規模フィニッシャを適用し敷設状況および敷設速度、仕上がり状況を観察し施工歩掛の取得を目的としておこなった。敷設は、円滑にバーフィードから搬送された高品質粘土がスクリーンで形成された表層を観察することにより検証した。通常のアスファルト舗設では、合材の骨材強度と舗設温度が  $140^\circ\text{C}$  程度でおこなわれるため浮力が働きバイブレータで締固めが可能であるが、常温の高品質粘土では浮力がなく拡張したスクリーン間の幅の分だけ敷設中心部に凸部として残った。凸部は、締め固めていないため転圧すれば凸部は、平坦化することが考えられたので、写真-1 に示すように 4t 振動ローラにて転圧後の表層状況を観察した。転圧は、6 回転圧でおこない凸部がなく平坦化することがわかった。敷き均し厚 70mm 程度で転圧すると概ね仕上がり厚 50mm 以上となり仕上がり状況は、平坦性が確保され良好である結果が得られた。一方敷設速度は、高品質粘土の供給量とフィーダの性能によるが、 $V=1\text{m/min}$  の進捗が妥当であることがわかった。これはフィーダに浮力が働かないため、常時微調整による敷設が必要であり敷き均し厚 70mm で管理することが求められる。

#### 5-1. 歩掛

歩掛は、進捗  $V=1\text{m/min}$  を考慮し舗装幅 2.4m とし 7 時間連続稼働と想定すると  $A=2.4\text{m} \times 60\text{min} \times 7\text{h}=1,008 \text{ m}^2$  となり概ね一日当り  $1,000 \text{ m}^2$  になる。通常舗装の場合作業員構成は、土工一般世話役 1 人、特殊作業員 3 人、普通作業員 6 人、フィニッシャ、ロードローラ、タイヤローラ各 1 日稼働を一班とし諸雑費 12% を計上し  $100 \text{ m}^2$  換算歩掛をまとめると表-5 になる。なお高品質粘土は、 $\rho_t=1.52\text{t/m}^3$  であったことから  $100 \text{ m}^2$  当りの材料使用量を次のようにした。仕上がり厚さ 0.05m 時、 $\rho_t=1.52\text{t/m}^3$ 、ロス分 10% とすると  $100 \text{ m}^2$  当りの材料重量  $W_t=0.05 \times 1.52 \times 100 \times 1.1=8.36\text{t}/100 \text{ m}^2$  となり高品質粘土  $100 \text{ m}^2$  当り 8.36t として計上することとした。以上の歩掛は、一日当り  $1,000 \text{ m}^2$  の施工を標準工程として示す。なお基礎地盤は、不陸整正済みであることおよび少なくともコーン指数  $qc \geq 1,500 \text{ kN/m}^2$  であることが施工上の前提とする。

### 6. 結語

本報では、高品質粘土の試験施工の結果から施工および品質管理の妥当性、大規模施工を視野にフィニッシャ敷設の有効性を示した。高品質粘土を用いた事例は、処分場の底盤部遮水構造あるいは図-3 に示すように跡地構造などに適用し、耐久性、安全性の高い構造が提供できる。さらに経済性は、ベントナイト混合土などの既存工法と比較しコストが 50%削減できることが積算によりわかった。本工法は、既存工法で課題となっていた含水比調整、混合むらなどがなく品質管理は、キャスポールによる締固め試験で面的な管理でき、経済性、施工性、品質共に向上した遮水工法といえる。今後本工法が、様々なところで広く利用され社会基盤整備の一助になることを期待したい。【参考文献】1) 藤原照幸、成島誠一、水野正之、稲元裕二 高品質粘土の材料特性の検討 第 44 回地盤工学会工学研究発表会投稿中 2009

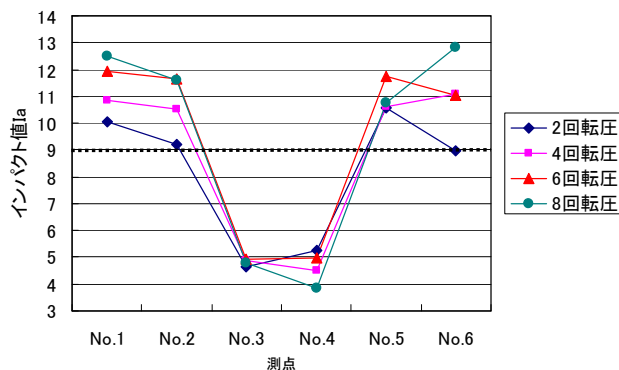


図-2 Ia 値推移



写真-1 凸部転圧状況

表-3 100 m<sup>2</sup>当り歩掛例

名称	規格	単位	数量
土木一般世話役		人	0.1
特殊作業員		人	0.3
普通作業員		人	0.6
高品質粘土		t	8.36
アスファルトフィニッシャ(排対1次)ホイール型・舗装幅2.4~6.0m		日	0.1
ロードローラ(排対1次)マカダム・質量10~12t・締固め幅2.1		日	0.1
タイヤローラ(排対1次)質量8~20t		日	0.1
諸雑費		%	12

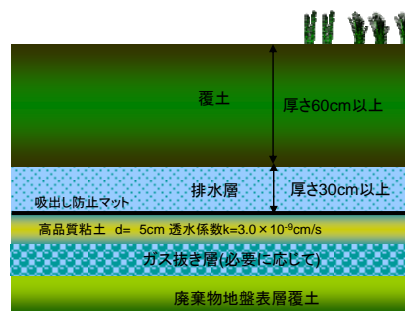


図-3 処分場跡地構造例